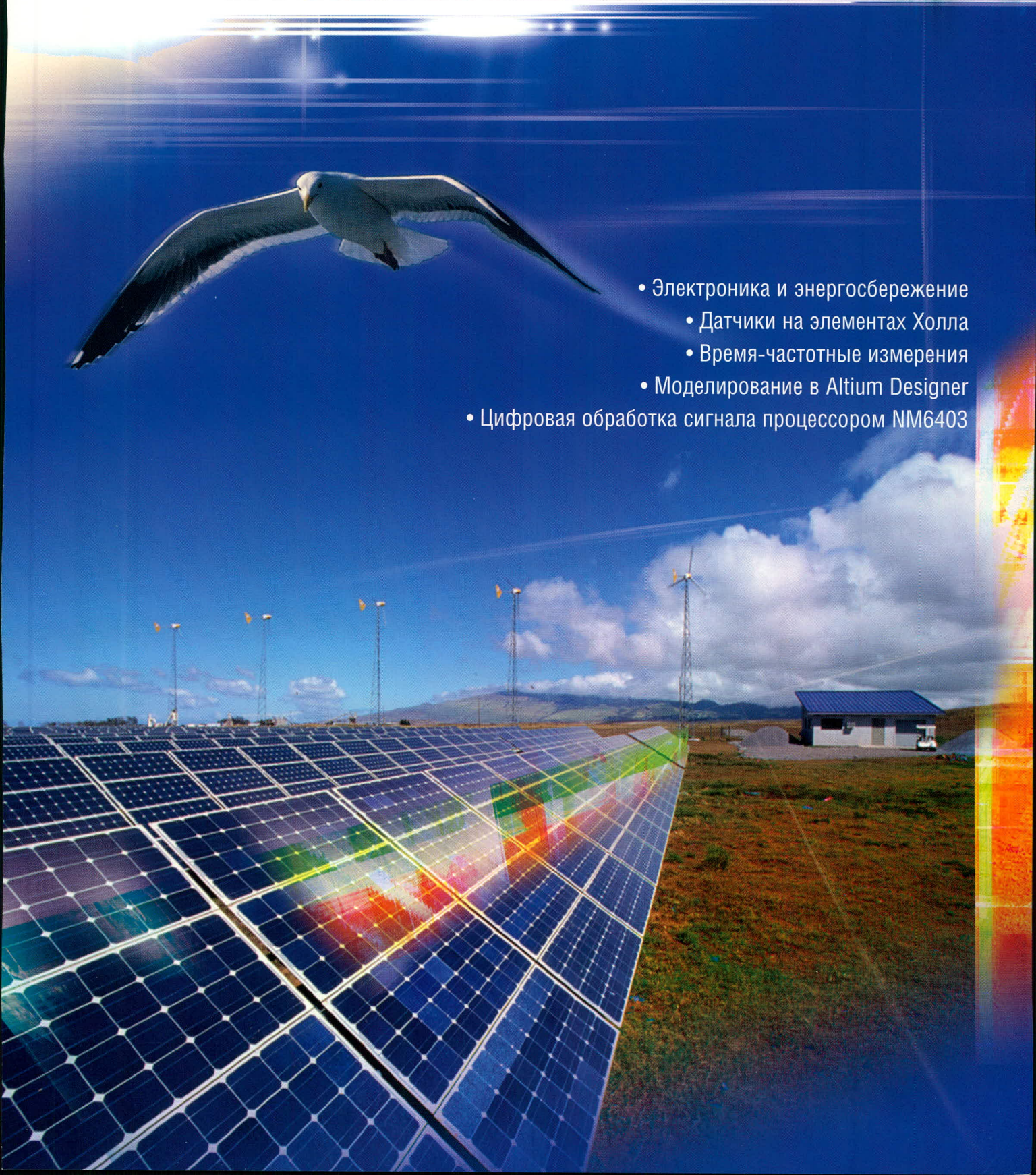


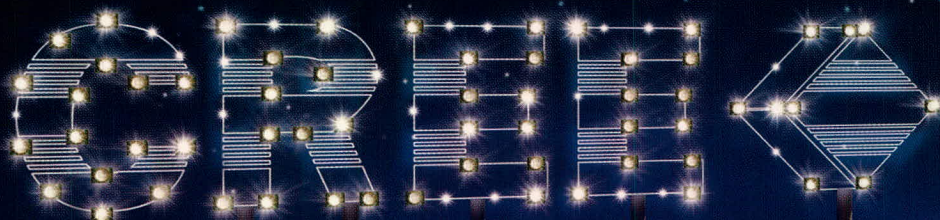
СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 6 2009

www.soel.ru

- Электроника и энергосбережение
 - Датчики на элементах Холла
 - Время-частотные измерения
- Моделирование в Altium Designer
- Цифровая обработка сигнала процессором NM6403



Ярче — только звезды!



Архитектурное, общее, уличное освещение

Официальный дистрибьютор Cree в России и странах СНГ

PROSOFT[®]

Тел.: (495) 232-25-22 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru, www.cree.ru

Главный редактор

Александр Майстренко

Зам. главного редактора

Татьяна Крюк

Редакционная коллегия

Андрей Данилов, Олег Фёдоров

Вёрстка

Александр Либков

Обложка

Дмитрий Юсим

Служба распространения

(info@soel.ru)

Мария Кашайкина

Служба рекламы

(advert@soel.ru)

Ирина Савина, Александр Максимов

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

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 партнеров Торгово-

промышленной палаты Российской Федерации

Цена договорная

Отпечатано:

ОАО «Полиграфический комплекс

«Пушкинская площадь»»

Адрес:

109548, г. Москва, ул. Шоссейная, д. 4д

Перепечатка материалов допускается только

с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы

несут рекламодатели.

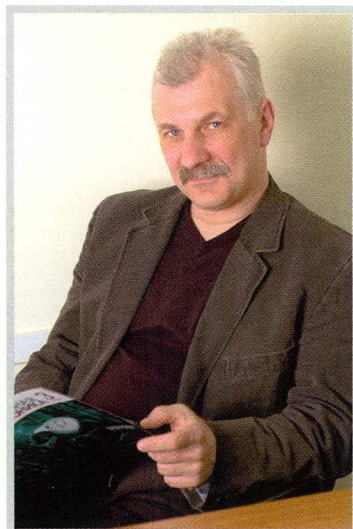
Ответственность за содержание статей

несут авторы.

Материалы, переданные редакции,

не рецензируются и не возвращаются.

© СТА-ПРЕСС, 2009



Уважаемые читатели!

Из всех событий последних дней наиболее интересным мне показалось сообщение о допуске в российский оборонно-промышленный комплекс зарубежных технологий. О возможности закупок иностранной военной техники российские военные публично заговорили после того, как на российских танках стали устанавливаться французские тепловизоры. Ещё в апреле министр обороны РФ Анатолий Сердюков и начальник Генштаба армии Николай Макаров сообщили, что Россия закупает в Израиле партию беспилотных летательных аппаратов. На прошедшем недавно в Петербурге военно-морском салоне главнокомандующий ВМФ РФ Владимир Высоцкий заявил, что не исключает возможности закупки за рубежом боевых кораблей.

Наши руководители должны понимать, что, приобретая готовую высокотехнологичную технику за рубежом, они фактически создают там дополнительные рабочие места, уничтожая их в России. Я считаю, что логичным шагом в сложившейся ситуации должно стать существенное расширение списка зарубежных электронных компонентов, разрешённых к применению в ВПК. Кроме того, должна существенно упроститься процедура аттестации этих компонентов для применения в аппаратуре военного назначения. Я уверен, что, располагая всем спектром современной компонентной базы, российские разработчики вполне в состоянии создать высокотехнологичную аппаратуру военного назначения, не уступающую зарубежным аналогам. И тепловизоры наши могут быть не хуже французских, и беспилотники не хуже израильских. Вопрос, по сути, только в условиях работы наших специалистов и материальных ресурсах, которыми они располагают. А что касается интеллектуальных ресурсов, то тут мы можем дать фору кому угодно.

*С уважением,
Александр Майстренко*

Market

News from the Russian Market	4
Successful Business Communication at Exhibition	8
<i>Natal'ya Kashirina</i>	

Modern Technologies

Energy Saving and Electronics – Inevitable Integration	12
<i>Aleksei Lutovinov</i>	

Elements and Components

Development and Application of Dedicated Sensors Applying Miniature Hall Cells and Compact Magnetic Systems	14
<i>Igor' Buslov, Valerii Bautkin, Aleksandr Drapezo, Vyacheslav Yarmolovich</i>	
Power LEDs of High Power Lighting Company	18
<i>Ivan Syrovatkin</i>	

Practical Electronics

Digital Methods of Time-Frequency Measurements	20
<i>Sergei Zaitsev</i>	
Self-Synchronizing Codes and Their Converters (Part 3)	24
<i>Sergei Goncharov, Oleg Ostrovskii, Gennadii Shishkin</i>	
Digital Signal Processing Applying NM6403 Processor	28
<i>Aleksei Grebennikov</i>	
Ultrasonic Inhaler	32
<i>Sergei Shishkin</i>	

Design and Simulation

Altium Designer – Circuit Simulation and Types of Models	36
<i>Aleksei Sabunin</i>	
MathSpice: Analytical PSpice-Engine for OrCAD and MicroCAP Part 2: MSpice Commands	42
<i>Oleg Petrakov</i>	
Identification of Integrated Transistor Model Parameters Part 2: Identification of the Model Parameters Describing Current-Voltage Characteristics of Bipolar Transistors	52
<i>Oleg Dvornikov, Yurii Shul'gevich</i>	
Practical Course of End-to-End Design of Digital Devices Based on Xilinx FPLD (Part 24)	62
<i>Valerii Zotov</i>	

Devices and Systems

Some Issues Related to Development of Embedded Computer Systems	72
<i>Dmitrii Gamanyuk</i>	
Fiber Optic System of Fluid Level Measurement	76
<i>Dmitrii Serebryakov, Tat'yana Murashkina, Oleg Graevskii, Ol'ga Yurova</i>	

Events

«Display Technologies Day» Gathers Students of St. Petersburg Technical Universities	78
--	----

РЫНОК

- 4 Новости российского рынка
- 8 Успех деловых коммуникаций на выставке
Наталья Каширина

Современные технологии

- 12 Энергосбережение и электроника: неизбежная интеграция
Алексей Лутовинов

Элементы и компоненты

- 14 Разработка и применение специализированных датчиков с использованием миниатюрных преобразователей Холла и малогабаритных магнитных систем
Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Драпезо, Вячеслав Ярмолович
- 18 Мощные светодиоды High Power Lighting
Иван Сыроваткин

Практическая электроника

- 20 Цифровые методы время-частотных измерений
Сергей Зайцев
- 24 Самосинхронизирующиеся коды и их преобразователи (часть 3)
Сергей Гончаров, Олег Островский, Геннадий Шишкин
- 28 Цифровая обработка сигнала с помощью процессора NM6403
Алексей Гребенников
- 32 Ультразвуковой ингалятор
Сергей Шишкин

Проектирование и моделирование

- 36 Altium Designer – схемотехническое моделирование и типы моделей
Алексей Сабунин
- 42 MathSpice – аналитический PSpice-движок для OrCAD и MicroCAP Часть 2. Директивы MSpice
Олег Петраков
- 52 Методы идентификации параметров моделей интегральных транзисторов
Часть 2. Идентификация параметров модели, описывающих вольтамперные характеристики биполярных транзисторов
Олег Дворников, Юрий Шульгевич
- 62 Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx (часть 24)
Валерий Зотов

Приборы и системы

- 72 Некоторые вопросы разработки встраиваемых компьютерных систем
Дмитрий Гаманюк
- 76 Волоконно-оптическая система измерения уровня жидкости
Дмитрий Серебряков, Татьяна Мурашкина, Олег Граевский, Ольга Юрова

События

- 78 «День дисплейных технологий» соберет студентов технических вузов Петербурга

Новости российского рынка

Элементы и компоненты

Программируемый блок управления шаговыми двигателями SMSD-9.0

В январе 2009 г. компания ООО «НПФ Электропривод» представила новую разработку – программируемый блок управления шаговыми двигателями SMSD-9.0. Он позволяет работать с двух- и четырёхфазными шаговыми двигателями с максимальным током фазы до 9,0 А. Блок предусматривает управление шаговым двигателем в трёх режимах.

В режиме драйвера блок управляется сигналами 0/5 В «Шаг», «Направление», «Разрешение» (TTL). В этом режиме блоки могут работать с LPT-портом и чаще всего используются в составе станков ЧПУ.

В ручном режиме плавное регулирование скорости производится потенциометром или аналоговым сигналом 0...5 В. Работа в этом режиме даёт возможность изменять скорость в реальном времени, не останавливая двигатель.

В режиме контроллера блок принимает ASCII-команды от компьютера через порт USB. Возможно составление сложных алгоритмов движения, синхронизация с внешними устройствами. Командами программируются скорость, ускорение, направление, режим дробления шага. Можно задавать величину перемещения, составлять циклы, ожидать сигналы от внешних устройств, подавать сигналы внешним устройствам, устанавливать паузы. Составленная программа записывается в энергонезависимую память блока. Запуск записанной в блок программы возможен как командой от компьютера, так и нажатием кнопки на корпусе блока или подачей сигнала 5 В на вход блока. Режим работы в автономном режиме даёт возможность использовать блок удалённо от компьютера.

Предусмотрены два дополнительных сигнала «реврес» и «авария». Направление движения меняется по фронту сигнала

«реврес», сигнал «авария» снимает питание с обмоток двигателя.

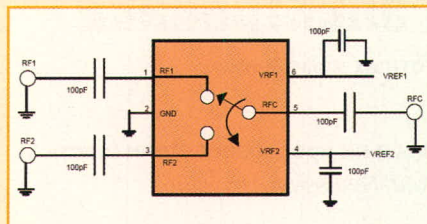
<http://electroprivod.ru/>,

<http://pneumoprivod.ru>

Тел./факс: (812) 493-2726, (812) 703-0981

RFMD представляет новые ВЧ-ключи RF302X для беспроводных применений

RF Microdevices анонсирует обновления в линейке высокочастотных ключей. Новинки компании RF3023/RF3024 представляют собой широкополосные ВЧ-однопозиционные (SPDT) ключи для беспроводных применений диапазона 10 МГц...3 ГГц. Микросхемы отличаются обратной логикой переключения.



Основные особенности микросхем RF3023/RF3024:

- однополярное питание от 2,5 В;
- потери 0,25 дБ (на частоте 1 ГГц);
- развязка более 27 дБ на частоте 3 ГГц;
- уровень мощности в линейном режиме 30 дБм.

Кроме того, компания представила более высокочастотную новинку – ключ RF3021, обеспечивающий работу в диапазоне 10 МГц...6 ГГц.

Микросхемы RF202X рекомендованы для применения в составе антенных блоков, устройств развязки в составе приёмно-передающих модулей различных диапазонов и применений.

Весь спектр технической поддержки по RFMD доступен через официального представителя в России и СНГ – компанию Макро Групп.

www.macrogroupp.ru

Тел.: Тел. (812) 370-6070

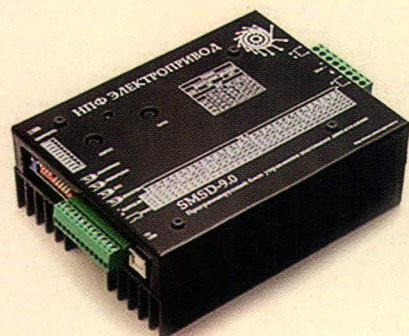
Семейство малогабаритных, низкопрофильных («плоских») прецизионных маломощных кварцевых генераторов с широкими адаптивными возможностями для различных проектов

ОАО «МОРИОН» (Санкт-Петербург) – ведущее предприятие России и один из миро-

вых лидеров в области разработки и серийного производства пьезоэлектронных приборов стабилизации и селекции частоты – представляет семейство малогабаритных, низкопрофильных («плоских») прецизионных маломощных кварцевых генераторов с широкими адаптивными возможностями для различных применений.

Это – модели ГК197-ТС, ГК199-ТС, ГК200-ТС, ГК201-ТС со следующими особенностями:

- высокая стабильность частоты в интервале рабочих температур: до 2×10^{-10} для ГК200-ТС и $(5...10) \times 10^{-10}$ для других моделей;
- высокая долговременная стабильность частоты: до $(2...3) \times 10^{-8}$ за год;
- исполнение с выходным сигналом SIN или HCMOS;
- исполнение с напряжением питания 12 или 5 В;
- возможность реализации ужесточенных требований к кратковременной нестабильности частоты (девиации Аллана) – вплоть до $7 \times 10^{-13}/с$, а также времени установления частоты – вплоть до 1 мин;
- низкий уровень фазовых шумов, с возможностью выбора исполнения при заказе – от стандартного до маломощного (опция LN), улучшенного маломощного (ILN) и ультрамаломощного (ULN). Реализованные уровни шумов генераторов на 10 МГц: ≤ -108 дБ/Гц для $\Delta f = 1$ Гц и ≤ -157 дБ/Гц для $\Delta f = 100$ Гц;
- низкий «профиль»: реализованная высота корпуса до 10 мм для ГК197-ТС и ГК200-ТС; 12,7 мм для всех моделей;
- исполнение в популярных стандартных корпусах с размерами в плане от миниатюрного 20×20 мм (ГК199-ТС) до малогабаритных 36×27 мм (ГК197-ТС), 51×41 мм (ГК201-ТС) и – для наиболее высокого уровня параметров – 51×51 мм (ГК200-ТС).



Новости российского рынка

Генераторы освоены в серийном производстве и уже успешно применяются во многих видах современной радиоэлектронной аппаратуры самого различного назначения.

Диапазон частот: 10...20 МГц для ГК197-ТС и ГК199-ТС, 10...40 МГц для ГК201-ТС и 10...100 МГц для ГК200-ТС.

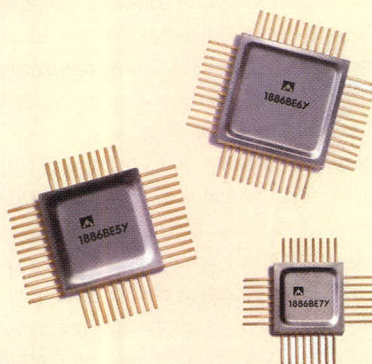
Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на обновлённом сайте ОАО «МОРИОН» www.morion.com.ru.

www.morion.com.ru

Тел. (812) 350-7572, (812) 350-9243.

Новому автотранспорту – новые микросхемы

Тенденции создания нового транспорта (автомобильного, авиационного, морского, железнодорожного) привели к появлению та-



ких новых интерфейсов, как CAN и LIN. Модульность построения изделия, надёжность при передаче данных, допустимость отказа отдельных блоков, простота реализации – лишь некоторые из достоинств этих интерфейсов. В России данные интерфейсы только начали находить широкое применение в изделиях отечественных разработчиков. Первые микросхемы в данном направлении были разработаны компанией «Миландр». Это три микроконтроллера (1886BE5Y, 1886BE6Y, 1886BE7Y) и два приёмопередатчика интерфейсов CAN и LIN (5559ИН14Y и 5559ИН15Y). В микроконтроллере 1886BE5Y встроены CAN-, LIN-интерфейсы и 10-разрядный 8-канальный АЦП. В микроконтроллере 1886BE6Y – LIN-интерфейс, 12-разрядный АЦП и 12-разрядный ЦАП. Из отличительных особенностей 1886BE7Y – наличие LIN-интерфейса и 28-выводной микрокорпус, в котором реализована данная микросхема. Все эти новинки работают в расширенном диапазоне температур и могут быть использованы для изделий специального назначения. Поставки данных ИМС уже начаты компанией «Миландр».

www.milandr.ru

Тел.: (495) 601-9545

Новые усилители мощности D-класса от MPS – КПД от 90% и выше!

Компания Monolithic Power Systems (MPS) обновила линейку усилителей мощности класса D тремя новыми продуктами – MP7740, MP7742 и MP7745. Новые микросхемы обладают низкими шумами, могут работать при более высоких напряжениях, требуют меньше внешних компонентов.

В отличие от традиционных усилителей класса АВ, работающих в линейном режиме, выходные каскады усилители D-класса работают в ключевом режиме и выдают ШИМ-модулированный сигнал. Благодаря этому режиму, КПД усилителя достигает 90% и более, что при большой выходной мощности позволяет отказаться от радиатора или использовать небольшой радиатор. Микросхема MP7742 совмещает два одинаковых кристалла MP7740 в одном корпусе. Микросхемы MP7742 и MP7745 полностью совместимы с выпускающимися MP7722, но по сравнению с ними обладают рядом конкурентных преимуществ: низкими шумами, более высокими рабочими напряжениями, меньшим числом внешних компонентов.

Новые усилители мощности класса от MPS предназначены для применения в звуковоспроизводящей аппаратуре: домашних кинотеатрах, музыкальных центрах, автомагнитолах и телевизорах.

Приобрести микросхемы Monolithic Power Systems (MPS) можно у официального дистрибьютора – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

XP Power представляет первый 250-Вт источник питания AC/DC с КПД 95%

XP Power представляет новые 250-ваттные источники питания AC/DC серии CCM250, КПД которых достигло значения 95%, что позволяет значительно уменьшить тепло, рассеиваемое в медицинских, промышленных и ИТ-системах. Конкурирующие изделия обычно работают с КПД максимум 90. Пятипроцентное повышение значения КПД, предлагаемое CCM250, означает, что источник рассеивает только половину тепла, сокращая или исключая необходимость иметь теплоотводы, вентиляторы или принудительное охлаждение.

Исключение вентиляторов значительно повышает надёжность при одновременном снижении стоимости, акустического шума, упрощает систему и уменьшает её размеры. Исключение акустического шума особенно важно в медицинских приложениях,



где он тревожит пациентов. Кондуктивные и излучаемые помехи лежат ниже ограничений для аппаратуры класса В, как определяется стандартом EN50111; другим важным качеством является сертификация источников питания для применения в медицинской аппаратуре.

Источники питания способны обеспечивать в нагрузке полную мощность при конвекционном теплоотводе в диапазоне входных напряжений от 90 до 275 В и 200 Вт при входных напряжениях от 80 В, при температуре окружающей среды от –10 до +50°C. Габариты всего лишь 152,4 × 101,6 × 39,1 мм, что является наименьшими размерами для источников подобного класса. Модули идеально приспособлены для установки в конструктивы 1U. Источники питания способны отдавать в нагрузку пиковую мощность до 300 Вт в течение 500 мс, что очень важно в приложениях, где необходима кратковременная мощность, например при запуске электромоторов.

Модули оснащены полным набором функций для управления и мониторинга состояния, включая 5-В канал для организации дежурного режима, дистанционное включение/выключение и сигналы состояния входного и выходного напряжения.

Конструкция CCM250 сочетает стандартные и новые технологии конструирования, что позволяет достичь скачкообразного изменения в значениях удельной мощности и КПД. Трёхкаскадный преобразователь использует резонансную технологию коммутации ключей, полумостовую структуру, а два относительно небольших трансформатора заменены одним большим, что позволяет сэкономить площадь печатной платы.

Для повышения точности преобразования используется заварцованный генератор, а сигналы управления формируются цифровым способом. Частота преобразования фиксирована.

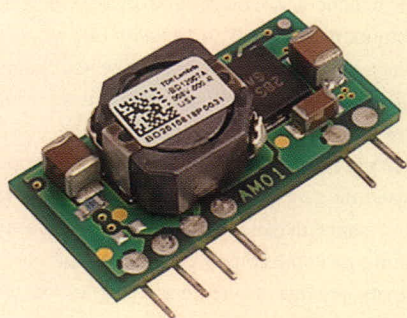
Новости российского рынка

Площадь источника питания уменьшена благодаря применению передовой механической конструкции. Нагревающиеся компоненты прикреплены к П-образному шасси, а от магнитных компонентов тепло отводится кондуктивно, позволяя использовать компактные компоненты.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

TDK-Lambda представила компактные 7-А DC/DC-преобразователи POL

Компания TDK-Lambda расширила свой ряд DC/DC-преобразователей без гальванической развязки между входом и выходом, предназначенных для установки в непосредственной близости от питаемой нагрузки (point-of-load – POL), начав выпуск DC/DC-преобразователей серии iBD. Это 7-амперные устройства, выполненные в корпусе SIP (single-in-line) и предназначенные для монтажа в отверстия печатной платы. Характеризующиеся расположением выводов в соответствии с требованиями DOSA (Distributed Open Standards Alliance), модули серии iBD предназначены для широкого ряда применений, включая оборудование средств связи, вычислительную технику, средства передачи данных, медицинское и промышленное оборудование. Эти очень маленькие модули имеют габариты только (Д × В × Ш) 1" × 0,5" × 0,33".



Широкий диапазон входного напряжения от 6 до 14 В модулей серии iBD особенно важен для обеспечения питанием обширного ряда современных нагрузок в ряде архитектур систем питания, включая распределённые системы питания и системы с промежуточными шинами нестабилизированного напряжения (4 : 1 и 5 : 1). Кроме того, широкий диапазон регулировки выходного напряжения от 0,8 до 5,5 В, способность запускаться при запитанном выходе и максимальный выходной ток 7 А позволяют использовать их для питания ASIC, FPGA и других приложений, где может потребоваться много различных напряжений.

Специальное внимание было обращено на проработку конструкции для увеличения эффективности преобразования – КПД достигает значения 92%. В сочетании с тщательной проработкой размещения компонентов, это позволяет модулям серии iBD обеспечивать лучшие температурные показатели по сравнению со многими подобными устройствами. Это даёт возможность более эффективного использования при более высокой мощности для данных температурных условий или меньшего теплового воздействия при одной и той же выходной мощности.

Стандартными функциями преобразователей серии iBD являются: постоянная частота преобразования для уменьшения высокочастотных помех, дистанционное включение/выключение, гибкость в последовательности установления выходного напряжения, защита от пониженного входного напряжения и перенапряжения с самовосстановлением. Доступны также следующие дополнительные функции: включение/выключение сигналом отрицательной полярности, более узкий диапазон входных напряжений 9,6...14 В и более короткие выводы 0,13" (стандартная длина выводов 0,20").

Все модели поддерживаются трёхлетней гарантией и соответствуют требованиям директивы RoHS.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Уникальные солнечные батареи Sharp – в России!

Компания Sharp обладает 50-летним опытом в фотовольтаике и статусом «первопроходца» в солнечных технологиях. Солнечные модули Sharp PV в сериях NT и NU, которые будут поставляться на российский рынок, разработаны для приложений с высоким энергопотреблением. Многолетний опыт производства этих монокристаллических модулей позволил компании Sharp достичь высочайшего качества, гарантирующего безупречную работу даже в сложных условиях эксплуатации.

Все модули серий NT и NU предполагают интеграцию в систему, обоснованную с технической и экономической точки зрения. Они подходят для установки как системы on-grid (PV-модуль подсоединён к общественной электрической сети), так и в виде систем off-grid, когда не подсоединённые к обычным электросетям PV-модули используют аккумуляторные батареи, сохраняющие полученную энергию.

Высокоэффективные солнечные батареи Sharp, произведённые из монокристал-



лического кремния, состоят из 72 ячеек (серия NT) или 48 ячеек (серия NU).

Серия NT (солнечные батареи с площадью поверхности ячейки 126 мм²) представлена двумя моделями с мощностью 170 и 175 Вт, КПД до 13,5%.

Серия NU (солнечные батареи с площадью поверхности ячейки 156,5 мм²) представлена четырьмя моделями с мощностью от 170 до 185 Вт, КПД до 14,1%.

Качество солнечных батарей Sharp предполагает непрерывную эксплуатацию в течение 10 лет с уровнем выходной мощности 90% от первоначального значения. При непрерывной эксплуатации в течение 25 лет производитель гарантирует 80% от первоначального значения выходной мощности.

Область возможного применения солнечных модулей Sharp PV в сериях NT и NU – регионы с недостаточным энергоснабжением, например, районы добычи и транспортировки углеводородных энергоресурсов, необслуживаемые железнодорожные переезды. Расширенный диапазон рабочих температур (–40...+90°C) позволяет использовать модули в качестве питающих станций для базовых вышек GSM в отдалённых районах. Солнечные батареи от Sharp могут применяться и для решения бытовых задач, например, для организации энергоснабжения частного жилья в регионах с большим количеством солнечных дней в году.

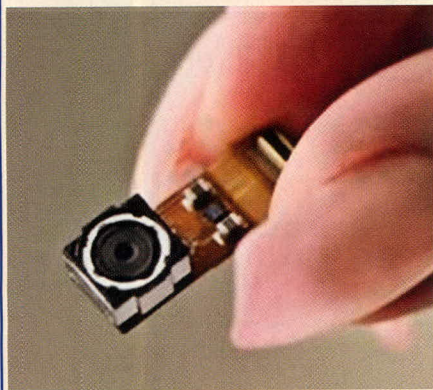
Приобрести солнечные батареи Sharp можно у официального дистрибьютора Sharp в России и странах СНГ – компании ПРОСОФТ.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

Модули камер Sharp в суперкомпактном исполнении

Впервые компания ПРОСОФТ предлагает российским производителям мобильной

Новости российского рынка



техники и охранных систем видеонаблюдения малогабаритные модули CMOS-видеокамер LZ0P39HA производства SHARP.

Модули камер имеют сверхмалые габариты, при этом особенности конструкции позволяют вращать модули вокруг собственной оси на 360°. Это конструктивное преимущество позволяет использовать модуль камеры, например, в промышленном коммуникаторе с попеременной съёмкой объектов перед устройством и позади него.

Цветной CMOS-сенсор модуля имеет оптическое разрешение 2 Мпиксела. Камера имеет встроенную функцию автофокусировки на объекте съёмки. Используемая линза оптического формата 1/4 обеспечивает угол обзора камеры 53,2° по горизонтали.

На выходе модуля 10-битный АЦП позволяет получить готовый видеосигнал в формате UYVY с 8-битным параллельным цифровым потоком.

Модули камер соответствуют стандарту UXGA (1600 × 1200 пикселей). Наличие ряда встроенных сервисных функций, таких как прогрессивное сканирование, RGB-первичный цветной мозаичный фильтр, электронный затвор, инверсия вверх-вниз/вправо-влево, обеспечивают превосходную чувствительность и кристальную чистоту получаемого видеосигнала.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

Магнитные энкодеры austriamicrosystems

Компания austriamicrosystems – признанный лидер в производстве круговых магнитных датчиков угла поворота. Магнитные энкодеры, которые предлагает austriamicrosystems, используют в своей работе эффект Холла. Система измерения угла состоит из микросхемы и небольшого магнита, размещённого на небольшом расстоянии над микросхемой.

Датчики Холла, размещённые на кристалле микросхемы, фиксируют напряжён-



ность магнитного поля магнита, а встроенный в микросхему DSP рассчитывает абсолютное значение угла поворота магнита. Функциональные возможности микросхемы позволяют запрограммировать «нулевое» положение магнита, относительно которого будет рассчитан угол, произвести диагностику и откалибровать положение магнита над микросхемой для лучшей точности.

Бесконтактный метод измерения угла и отсутствие движущихся частей обеспечивают высокую надёжность и долговечность изделия, а использование датчика в виде чипа позволяют использовать энкодер в неблагоприятных условиях с диапазоном рабочих температур –40...+150°C.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

Приборы

Новые ВЧ-генераторы АКИП™ на базе ПК

Линейка ВЧ-генераторов АКИП пополнилась 12 моделями с ультранизким значением уровня фазовых шумов в трёх вариантах исполнения (1, 4, 8 каналов). Новинки представляют собой лабораторные генераторы в портативном исполнении производства компании Holzworth Instrumentation (США). Управление осуществляется по интерфейсу USB от внешнего ПК.

Основные технические характеристики:

- максимальная частота выходного сигнала: до 300 МГц/1 ГГц/2 ГГц/3 ГГц;

- диапазон уровней –110...+15 дБмВт/+12 дБмВт;
- генерация непрерывных сигналов и сигналов с аналоговой модуляцией: AM, ЧМ, ФМ, ИМ, режим линейного качания частоты (ГКЧ);
- источник модуляции: внутренний (sin)/внешний;
- минимальные фазовые шумы (<–151 дБ/Гц, отстройка 10 кГц);
- выход/вход опорного генератора (100 МГц);
- время перестройки не более 1 мс (t уст. < 1 мкс);
- опция батарейного питания для 1-канальных моделей (до 2 ч в полевых условиях).



Штатное ПО крайне нетребовательно к памяти ПК (<2 МВ) и при необходимости может быть запущено даже с USB-карты памяти (flash). Кроме того, доступны DLL библиотеки для написания пользователем собственного ПО на базе VISA, LabVIEW™, MATLAB™ и др.

www.prist.ru

Тел.: (495) 777-5591

Программное обеспечение

Wind River становится подразделением Intel и расширяет поддержку новых микропроцессоров Intel, Freescale и RMI

Корпорация Intel объявила о приобретении полного пакета акций компании Wind River – производителя средств разработки ПО встраиваемых микропроцессорных устройств. Сумма сделки \$884 млн. Wind River

войдёт в группу компаний Intel Software & Service Group. Руководство Intel и Wind River заверили пользователей, что никакого изменения в структуре бизнеса Wind River не будет.

Выпущена новая версия 3.1.1 среды разработки и JTAG-отладки Wind River Workbench On-Chip Debugging. В эту версию включена поддержка новых микропроцессоров Freescale QorIQ P2020, MPC8536E и

MPC560x, Intel Atom и RMI XLR/XLS. Среда Workbench OCD работает совместно с JTAG-адаптерами Wind River Probe для одноядерной отладки и Wind River ICE2, поддерживающим одновременную синхронизированную отладку до 16 ядер встраиваемых многоядерных микропроцессоров.

Дистрибьютор Wind River – компания AVD Systems.

www.avdsys.ru

Тел.: (499) 148-9677

Успех деловых коммуникаций на выставке

«Одно и то же слово и совет на пользу мудрецу – глупцу во вред»
Ю.Баласагунский

Наталья Каширина (Москва)

Коммерческий успех сопутствует всем, кто сможет эффективно построить свою работу и поддержит диалог со своими покупателями. Возможно, заметки с практическим опытом помогут создать свои уникальные методы работы на выставке. Некоторым компаниям понадобилось несколько лет, чтобы понять и выработать свой единственно правильный подход и правильно использовать многофункциональный характер выставочных мероприятий.

каждого слова. Можно сделать видеозапись и в дальнейшем использовать видеодемонстрацию для работы со своими партнёрами. Старайтесь разными способами привлечь внимание посетителей к своему стенду и обязательно пригласите фотокорреспондентов. Фотографии могут пригодиться в дальнейшем для рекламных буклетов и пополнения новостей на сайте вашей компании. Присутствие на выставке представителей средств массовой информации даст возможность увидеть материал о себе по телевидению, радио или в прессе.

Охватить более широкую аудиторию заинтересованных специалистов поможет участие в деловой программе выставки. В этом случае потребуется подготовить не только речь, но и электронную презентацию, постараться построить запоминающееся и интересное выступление. Ваша речь должна стать убедительным инструментом продаж, а не только способом заявить о себе и удовлетворить собственные амбиции. Возможно, регламент делового мероприятия ограничит вас по времени; будьте готовы, что заинтересованные слушатели придут к вашему стенду, чтобы получить ответы на свои вопросы и наглядно увидеть образцы предлагаемого оборудования. Если у стенда никого не будет, можно считать подобное участие в выставке напрасной тратой денег. Угостите посетителей, ведь они приходят «в гости». Надо позаботиться о том, чтобы каждый посетитель имел возможность взять на память о вашем выступлении полезные информационные материалы с собой в офис, иначе всё забудется очень скоро.

Имиджевая составляющая. Если вы намерены напомнить своим клиентам о себе и не хотите оставлять никаких сомнений в том, что вы – лидер в данной области, то потребуется иной подход. Вашей целью будет создание прекрасного стенда, на котором всё должно быть наивысшего качества, стенда, как бы говорящего о том, что вы находи-

Как это ни странно выглядит на первый взгляд, работу по оценке эффективности выставки следует начинать не после выставки и не во время выставки, а на этапе принятия решения об участии и определения цели участия в выставке. Для начала нужно представлять себе – чего необходимо достичь, участвуя в выставке. Отсутствие чётко сформулированных целей участия в конкретной выставке – основная причина того, что эти цели не достигаются, а значит, и оценка полученных результатов не удовлетворяет.

Самая распространённая цель – это новые деловые знакомства, которые впоследствии перерастут в крепкие партнёрские отношения. Выставка создаёт благоприятные возможности для разнообразных встреч с важными для вас людьми в течение непродолжительного времени, определяемого работой выставки. Специализированные выставочные мероприятия дают хорошие шансы привлечь крупных потребителей и торговых агентов в данной области. Участие в выставке даёт возможность встретиться с ними. Необходимо правильно оформить стенд, чтобы с первого взгляда у посетителя появлялась «зацепка», заинтересованность. Большинство посетителей приходят на стенд не случайно, а в силу того, что их заинтересовало что-то из увиденного на стенде. Особого внимания требует персонал, работающий на выставке. Неграмотная, неэффективная работа необученного персонала способна свести на нет все усилия по подготовке. Менеджер стенда ведёт первичные переговоры с по-

сетителями, поэтому очень важен его имидж. Ведь на выставке он представляет лицо компании. Разговор на стенде должен получиться с первого раза, «второй попытки» может не представиться. Менеджер должен быть очень активным, обязан регистрировать посетителей (потенциальных партнёров), а также владеть информацией о продукте, о предприятии, знать политику продвижения продукции, располагать повышенной коммуникабельностью, иметь достаточные полномочия для принятия решений. Заранее надо продумать формы анкет и подготовить удобный, многофункциональный, запоминающийся раздаточный материал, для разных категорий посетителей стенда – различные раздаточные материалы.

Многие предприятия, предлагающие высокотехнологичную продукцию, проводят демонстрацию оборудования на стенде, которая позволяет привлечь дополнительное внимание к преимуществам этого оборудования. Посетители смогут увидеть экспонаты в работе. В этом случае необходимо тщательно подготовиться к запланированному мероприятию. На выставке вы свободны в выборе формы – это может быть демонстрация, мастер-класс, презентация. Продумайте своё выступление! Произнесите хорошую речь, и люди потянутся к вашему стенду. Если же вы не уверены в своих ораторских талантах, наймите человека с хорошими дикторскими способностями, – люди вряд ли пойдут туда, куда их пригласили срывающимся от волнения голосом, запинаясь после



Новые DC/DC преобразователи С БОЛЬШИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

- Диапазон рабочих температур от -40 до +100°C
- Одно-, двух- и трёхканальные модели
- Входы с диапазонами напряжений 2:1 и 4:1
- Широкий набор сервисных функций
- Гарантия 3 года



Серия JCA

- Выходные мощности 2,3,4 и 6 Вт
- Небольшие габариты металлического корпуса: 25,4×20,3×10 мм
- Встроенный П-образный фильтр на входе



Серия JTB

- Выходные мощности 3 и 5 Вт
- Габариты: 20,3×31,8×10,2 мм
- Встроенный П-образный фильтр на входе



Серия JTC

- Выходные мощности 4 и 6 Вт
- Габариты: 21,35×27,54×10,5 мм
- Встроенный П-образный фильтр на входе



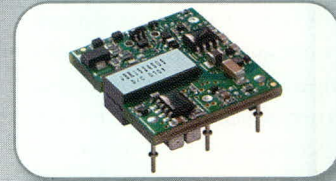
Серия JCF

- Выходная мощность 10 Вт
- Габариты: 20,3×31,8×10,2 мм
- КПД до 89%
- Встроенный П-образный фильтр на входе



Серия JCN

- Выходные мощности 10 и 20 Вт
- Габариты: 50,8×50,8×10,16 мм
- КПД до 91%



Серия JVB

- Выходная мощность 15 Вт
- Габариты открытого корпуса: 24,4×27,9×9,1 мм
- КПД до 89%
- Исполнения для монтажа в отверстия печатной платы и SMD
- Дистанционное вкл./выкл.



Серия JTN

- Выходная мощность 15 Вт
- Габариты: 25,4×50,8×10,16 мм
- КПД до 86%
- Дистанционное вкл./выкл.



Серия JCL

- Выходная мощность 25 Вт
- Габариты: 40,64×50,8×11,43 мм
- Исполнение в металлическом корпусе и бескорпусное
- КПД до 90%



Серия JCP

- Выходная мощность 40 Вт
- Габариты: 50,8×50,8×10,2 мм
- КПД до 92%
- Дистанционное вкл./выкл. внешняя обратная связь

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

PROSOFT®

МОСКВА
С-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ
САМАРА
НОВОСИБИРСК
КИЕВ
УФА
КАЗАНЬ
ОМСК
ЧЕЛЯБИНСК
КРАСНОДАР

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
 Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail: info@prosoft-ua.com • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • E-mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (843) 291-7555 • E-mail: kazan@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (3812) 286-521 • E-mail: omsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (351) 239-9360 • E-mail: chelyabinsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
 Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • E-mail: krasnodar@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

тись здесь не только затем, чтобы заключать торговые сделки, а скорее, для закрепления уже достигнутого успеха. Для того чтобы выгодно отличаться от конкурентов, можно придумать что-то действительно интересное, допустим, для оформления стенда. Тогда в головах потенциальных и реальных потребителей выставочный имидж перейдёт на деятельность компании вообще. Конкуренты поймут, как у вас идут дела, посмотрев на оформление стенда вашей фирмы, – и уж ваша задача сделать так, чтобы им стало по меньшей мере завидно. Выставка даёт в определённой степени нейтрализацию значения размеров предприятия в пользу менее крупных фирм в результате сосуществования разномасштабных предприятий в одной и той же среде и при одинаковых условиях, ярмарки и выставки стали незаменимым помощником каждого предпринимателя в продвижении имиджа компании, формирования узнаваемого бренда. Участие в промышленных выставках играет первостепенную роль в предпринимательском становлении компании и в закреплении завоёванных позиций для ведущих предприятий, формирует общественное мнение, демонстрируя общую картину предприятия в его отношениях с клиентами, конкурентами, структурами финансирования и средствами массовой информации. «Если меня нет на выставке, то меня нет и на этом рынке», – такую позицию занимают многие компании.

Встречи с партнёрами, коллегами – причина, побуждающая к участию в выставках. Только здесь, в выставочном зале, реальный покупатель находится на нейтральной территории. Он может беседовать непринужденно с вашими сотрудниками. Здесь он не на вашей территории, а вы не на его. Это является большим стимулом для многих заказчиков, особенно для тех, которые, как правило, не имеют возможности прийти и побеседовать с вами из-за контактов с вашими конкурентами или по другим «политическим» мотивам. Специализированные выставки – особенный повод для встреч, прекрасная возможность для встреч с партнёрами из различных городов, регионов и зарубежных стран. Выставка способствует более раскрепощённой обстановке при переговорах благодаря тому, что стороны находятся на нейтральной территории. Не забудьте заранее отправить приглаше-

ния и спланировать встречи и переговоры.

Выставки – самый эффективный способ вывести на рынок новый товар или услугу. Если вы создали новое изделие, то показ его на коммерческой выставке – простой и дешёвый способ сделать маркетинговое исследование, запустить это изделие в производство. Можно использовать своё пребывание на выставке для изучения спроса. Демонстрируя образец и обсуждая его коммерческий потенциал с посетителями вашего стенда, вы получаете неплохую возможность анализа потенциального рынка для нового товара. Альтернативными способами выявить потребительскую удовлетворённость клиентов могут быть и специальное исследование, и методы директ-маркетинга (в том числе sales-маркетинга). На выставки посетители приходят специально для заключения контрактов и сами целенаправленно ищут там продавцов с подходящим коммерческим предложением. Кроме того, тематические выставки дают возможность с высокой степенью точности оценить перспективный спрос и просчитать наиболее «правильные» продукты, поскольку на выставку приходит «концентрат» целевой аудитории.

Если вы планируете выйти на новый для себя рынок, выставка может эффективно вам помочь, и многие экспоненты, мечтающие охватить в своей работе новые рынки, идут по данному пути. Поскольку многие из посетителей увидят вашу продукцию впервые, это опять-таки будет способствовать расширению потенциального рынка для вашей продукции. Нужные связи и знакомства – это то, что вы гарантированно получите на мероприятии. Конечно, зависит от вас, будет ли это случайная встреча или долгосрочное партнёрство, но вы сможете составить отличную базу контактов. Даже если вы в ближайшее время не сможете открыть свое представительство, вы сможете построить дилерскую сеть.

Смысл участия для большинства экспонентов по-прежнему остаётся заключение как можно большего количества контрактов за те дни, в течение которых проходит выставка, повышение уровня продаж своих товаров или услуг, увеличение прибыли компании. Что касается продаж розничным клиентам, то, как правило, компании не ставят себе цель использовать выставку как канал сбыта. На выставочных ме-

роприятиях велика вероятность привлечения крупных потребителей и торговых агентов в данной области. Участие в выставке усиливает лояльность покупателей к вашему продукту, повышает авторитет предприятия. Ваше уникальное положение как продавца и рекламодателя поможет найти на выставке нужных заказчиков и создаст возможности для непосредственной встречи с ними, причём заказчиков будет гораздо больше, чем можно встретить их в течение одного обычного рабочего дня у себя в офисе. Вы встретитесь здесь с заказчиками, которых бы не встретили ни при каких других обстоятельствах. На промышленной выставке затраты на рекламу в расчёте оценочной стоимости на одного посетителя значительно ниже, чем для каких-либо других видов рекламы, а эффективность больше, чем в случаях с традиционными видами торговых контактов. По оценкам крупных компаний, именно после выставки идёт «всплеск» покупательской активности постоянных клиентов и «приток» новых заказчиков. Нередко результаты работы на выставке проявляются только через несколько недель или месяцев. Подобные долгосрочные заказы также можно считать положительным итогом участия в работе выставки.

Инвестиции. Конечно, нельзя всерьёз верить, что по выставке ходят инвесторы, готовые вложить деньги в любой проект. Тем не менее, промышленные выставки посещаются ими обязательно. Если вы сумеете представить себя правильно и грамотно, сможете заинтересовать эту аудиторию, то успех организации гарантирован. Помимо этого, вы получаете прекрасный шанс найти партнёров для совершенствования производственного процесса, процесса сбыта или производственной программы.


Маркетинговые исследования. Заказанные у профессионалов, они стоят денег. Выставка же – это бюджетный способ контроля конкурентоспособности предприятия, изучения состояния отрасли, получения информации о текущей ситуации на рынке, наблюдения за конкурентами, проверки реакции на товар, на цены, контроля эффективности существующих каналов сбыта, оценки новых покупательских сегментов, получения данных о потребительских предпочтениях, презентации новинок, расширения ассортимента, развития

нового направления своей коммерческой деятельности.

Проще всего составить список целей, которых вы хотите достичь в результате выставки: от обмена опытом и исследования конкурентоспособности собственной продукции до получения прибыли. Лучше всего, если компания уделит максимум внимания постановке чётких целей, иначе можно упустить хорошие возможности. Выставка – это праздник. Если современ-

ная реклама сама «охотится» на потребителей, то сюда посетители идут добровольно и с радостью. Они открыты для получения новой информации, проявляют искреннюю заинтересованность. Какими ещё средствами рекламной коммуникации можно добиться такого отношения? В рамках выставок на одной площадке собираются эксперты, представители государственных структур, профильных ассоциаций, СМИ, представители банков-

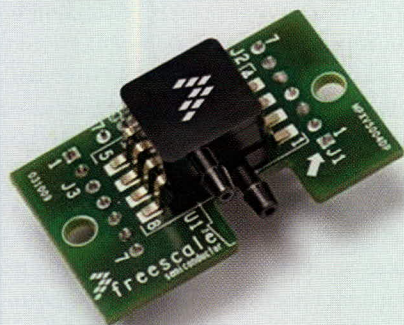
кого и административного сектора, компании-производители, партнёры-смежники, продавцы и покупатели. Придумайте нестандартные, креативные способы поддержать диалог со своими покупателями, создайте «свежие» идеи – как «запомниться» новым клиентам, чтобы они захотели с вами работать в дальнейшем.

За вами выбор – оставаться в стороне или извлечь максимальную пользу из участия в выставках. 

Новости мира News of the World Новости мира

Миллиард MEMS-сенсоров от Freescale Semiconductor

На конференции IEEE Transducers 2009 в Денвере (Denver) Freescale Semiconductor сообщила о миллиардном MEMS-датчике, выпущенном компанией. Согласно исследованию аналитиков из iSuppli, бывшее подразделение Motorola с 30-летней историей стала мировым лидером по производству автомобильных сенсоров. В связи с таким достижением Freescale анонсировала на своём сайте полный комплект документации и ряд программных продуктов под названием Sensor Toolbox для разработчиков систем на MEMS-чипах компании. Всего в арсенале чипмейкера более десятка различных акселерометров, датчиков давления и бесконтактных емкостных сенсоров (proximity).



Каждый тип датчика снабжён специальной USB-платой для демонстрации возможностей MEMS-чипов и примерами использования в технике. Главный менеджер Freescale по продажам MEMS-чипов Джим Грот (Jim Grothe) заявил, что хотя рынок автомобилестроения всё ещё является главным потребителем сенсоров, наблюдается устойчивый рост спроса для потребительских, промышленных и медицинских продуктов.

Eetimes

Панели будут дорожать в III квартале

По словам вице-председателя компании Chi Mei Optoelectronics (CMO) Вю Бин-

ь-Сеня (Wu Bing-Seng), руководство CMO ожидает продолжения роста цен на панели, как минимум, до конца третьего квартала текущего года. Но, так как экономический спад всё ещё влияет на рынок, вопрос развития отрасли в четвёртом квартале пока остаётся открытым.

Один из главных конкурентов CMO, AU Optronics (AUO), также считает, что в третьем квартале будет наблюдаться рост цен на панели. Председатель компании Ки Ли (Ky Lee) с оптимизмом смотрит в будущее отрасли и не видит никаких негативных факторов для успешного развития этого рынка.

Вице-председатель CMO поделился также планами компании по выпуску новой продукции. В настоящее время CMO работает над разработкой сенсорных панелей типов in-cell и on-cell. In-cell-панели будут использоваться в устройствах малого и среднего формата, тогда как on-cell-решения более универсальны. В 2008 г. компания запустила массовое производство ТВ-панелей со светодиодной подсветкой. CMO считает, что к 2010 г. все её панели для ноутбуков будут оснащаться LED-подсветкой.

Digitimes

DisplaySearch: продажи ТВ в 2009 сократятся на 3%

Согласно последнему прогнозу, опубликованному на днях маркетинговыми аналитиками из DisplaySearch, в нынешнем году глобальные продажи телевизоров составят порядка 200,4 млн. аппаратов. Примечательно, что в структуре поставок ТВ продолжатся изменения и доля ЖК телевизоров вырастет, несмотря на 3%-ное снижение количества общих продаж по сравнению с прошлым годом.

Аналитики, между тем, отмечают, что снижение объёма поставок будет кратковременным, поскольку понемногу становятся заметны первые признаки выхода

мировой экономики из кризиса, к тому же рынки развивающихся стран начали активное вхождение в первые фазы перехода к массовому использованию ЖК-телевизоров и переходу на цифровое ТВ.

Это подтверждается неплохими – лучшими, чем предсказывалось, – результатами продаж в первом квартале 2009 на рынках развивающихся стран. По мнению аналитиков DisplaySearch, продажи ЖК телевизоров в 2009 г. составят около 127 млн. аппаратов (предыдущий прогноз – 120 млн.), что составит 21%-ный рост по сравнению с 2008 г. и 63% от мировых продаж всех телеприёмников. Несмотря на значительно увеличенный прогноз доходности продаж ЖК ТВ – до \$76 млрд. за весь 2009 г. (против \$66 млрд. в предыдущем прогнозе), – доходность этого сектора по сравнению с предыдущим годом всё же не дотянет до показателей 2008 г. на 6%, – главным образом, за счёт тенденционного сдвига массовых продаж в сторону розничных дискаунтеров, даже несмотря на значительный рост популярности новейших моделей с 120/240-Гц развёрткой и светодиодной подсветкой.

По некоторым прогнозам ожидается, что продажи 120-Гц моделей ЖК ТВ в нынешнем году принесут доходы примерно на уровне 29%, 240-Гц моделей – около 5%. Однако уже к 2013 г. оборот продаж 120-Гц моделей вырастет до 31%, а 240-Гц моделей – более чем до 20% от всех мировых продаж ЖК ТВ. Ожидается, что продажи плазменных моделей сократятся в этом году на 2% – примерно до 14,1 млн. телевизоров, после 28%-ного прироста в 2008 г. Количество плазменных моделей с поддержкой стандарта 1080p вырастет в 2009 г. лишь до 32%, однако далее прогресс будет ещё более стремительным – до 50% в 2010 г. и 80% в 2013.

Digitimes

Энергосбережение и электроника: неизбежная интеграция

Алексей Лутовинов (Санкт-Петербург)

В последние годы энергосбережение стало ключевым направлением производственной и маркетинговой деятельности многих компаний. В статье рассмотрены элементы энергосбережения, связанные с электронными компонентами и устройствами.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Столкнувшись с проблемой зависимости от импортных углеводородных ресурсов и ростом выбросов углекислого газа в атмосферу, правительства ведущих стран мира обратили внимание на развитие энергетики, основанной на возобновляемых источниках, в частности, ветровой энергии. Только в 2008 г. в мире введены в строй ветровые электростанции суммарной мощностью свыше 115 МВт.

Общая мощность ветровой энергетики России составляет немногим более 17 МВт. Примерно столько же было в Финляндии в 1997 г., после чего мощность росла год от года и теперь составляет 260 МВт. Толчком к росту подобной энергетики в России должно послужить распоряжение Правительства РФ № 1-р от 9 января 2009 г., определившее целевые показатели объёма производства электроэнергии на основе возобновляемых источников в 4,5% от совокупного по стране к 2020 г. Не дожидаясь масштабного решения указанной задачи, всё больше владельцев индивидуальных хозяйств задумываются об организации автономного энергоснабжения на основе ветровых энергоустановок небольшой (2...10 кВт) мощности.

Эффективность ветровой энергоустановки зависит не только от аэродинамики лопастей и механической конструкции, но и в значительной мере от стоимости системы преобразования энергии. В её основе, как правило, находится генератор на постоянных магнитах. С освоением производства редкоземельных магнитов, обладающих высокой остаточной индукцией, имеется возможность производства сегментов из материала NdFeB (неодим-железо-бор) различного размера и направления вектора намагничивания. Использование этого материала

снижает весогабаритные параметры «головы» ветрогенератора, что облегчает её ориентацию на ветер и упрощает монтаж.

Являясь сложным электромеханическим устройством, ветровая энергоустановка (ВЭУ) обладает, по крайней мере, двумя узлами, основанными на современной электронике. Прежде всего, это блок управления, который не только контролирует заряд аккумуляторов, но и регулирует режим работы ветрогенератора и скорость вращения лопастей. Производители ВЭУ поставляют в комплекте штатные блоки управления, апробированные в работе с конкретной моделью, поэтому самостоятельная доработка или замена нежелательны. А вот второй электронный узел – инвертор – оставляет конфигуратуру энергосистемы определённую свободу выбора.

Внутри граничных условий – входного постоянного напряжения и выходного 220 В/50 Гц – существует целый ряд схемотехнических решений. Рекомендуется использование инверторов со схемой, характерной для источников бесперебойного питания (ИБП) телекоммуникационных систем, – байпас для переменного тока с возможностью зарядки внешних батарей. Такое решение позволяет, не полагаясь целиком на силы природы, использовать резервный дизельный генератор для зарядки батарей в безветренные дни.

Следует учесть, что рабочее напряжение ветрогенераторов зарубежных производителей находится в диапазоне 120...400 В (в зависимости от мощности), поэтому не каждый инвертор, рассчитанный на работу со стандартным «телекоммуникационным» напряжением 48/60 В, применим к ветроустановкам. В общем случае правильный выбор типа инвертора позволяет не только обеспечить надёжность системы, но и снизить потери на преобразование.

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИЛЫ

Однако альтернативная энергетика – даже при ускоренном развитии – остаётся технологией будущего. Актуальной задачей является оптимизация существующей энергосистемы с целью минимизации потерь.

В процессе получения и преобразования электроэнергии, получаемой из общей распределительной сети, всегда остаётся место для использования технологий, позволяющих уменьшить её расход. Так, накопленный опыт разработки точных изделий позволил успешно производить тороидальные сетевые трансформаторы мощностью до 10 кВт. Тороидальная конструкция даёт в сравнении с Ш-образной или броневой наилучшие весогабаритные показатели одновременно с высокими параметрами электромагнитной совместимости и снижением потерь.

Важным фактором является использование эффективных материалов сердечников. Например, обладающие повышенной индукцией сердечники из аморфных и нанокристаллических сплавов российского производства (АМАГ, 5БДСР и др.) обеспечивают высокую эффективность преобразования как для сетевых, так и для импульсных трансформаторов. Устойчивость к жёстким температурным условиям позволяет применять такие сердечники в аппаратуре аэрокосмического и военного назначения.

Энергоёмкость уже существующей системы потребления можно снизить на 10...15% за счёт энергосберегающей установки FORCE. Монтируемая на входном распределительном устройстве (трансформаторной подстанции, кабельном киоске), она за счёт слабого электромагнитного поля улучшает параметры электрического тока, фильтруя паразитные гармоники. Разработка южнокорейской фирмы Enross нашла успешное применение, в частности, в Испании, где крупным супермаркетам удалось получить до 20% экономии электроэнергии. Система FORCE имеет модификации как для небольших потребителей (10...20 кВА), так и для объектов мегаваттной мощности.

СВЕТ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Как известно, значительная часть потребляемой электроэнергии расходуется на освещение. Подавляющее большинство объектов промышленного и коммунального значения оснащено газоразрядными лампами типа ДРЛ и ДНаТ. В последнее время появилась возможность замены распространённых моделей ДРЛ250, ДНаТ250, ДРЛ400 на светодиодные светильники как минимум вдвое меньшей потребляемой мощности. Так, световой поток 10 000 лм, свойственный ДРЛ400, реализуется светильником Sveteco на 96 светодиодах мощностью 110 Вт. Помимо этого, светодиодные светильники характеризуются длительным сроком службы, надёжной работой при низких температурах, а также устойчивы к частым включениям, что позволяет использовать различные датчики для оптимизации режима их работы.

В то же время использование светодиодов имеет ряд особенностей. Перед разработчиками светильников стоит задача не только реализовать не свойственную светодиодам диаграмму освещённости с широким углом раскрытия и обеспечить отвод тепла от излучающего кристалла, но и организовать питание светодиодов в режиме стабилизации постоянного тока.

Как правило, осуществляется стабилизация тока 350 мА (для 1-Вт светодиодов) и 700 мА (для 3-Вт). Иногда производят «раскачку» светодиодов на токе до 1000 мА, что даёт повышенную светоотдачу, но сокращает срок службы светодиодов. Такие источники питания (драйверы LED) должны быть вписаны в габарит корпуса светильника, что представляет определённую сложность.

Существует широкий ряд изделий, позиционируемых производителями как драйверы светодиодов. Кроме блоков Meanwell серии ELN, PLN, LP, выполненных в корпусе по стандарту IP64 и IP67, хотелось бы отметить драйверы AMLDL фирмы Aimtec. Реализованные в корпусе DIP14/DIP16 и обладающие температурным диапазоном $-40...85^{\circ}\text{C}$, эти драйверы имеют также управляющий вход для управления яркостью свечения. С другой стороны, драйверы AMLDL являются по сути DC/DC-конверторами, т.е. требуют дополнительный AC/DC-преобразователь для питания светильника от сети.

Драйверы с питанием от постоянного тока также имеют свою сферу применения – освещение салонов автомобильного и железнодорожного транспорта, светильники, совмещённые с солнечны-

ми энергосистемами и др. На практике реализация конкретного светильника или световой системы требует организации питания светодиодов, исходя из требуемой мощности, входного напряжения и условий работы.

ОСВЕЩЕНИЮ – ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ

Значит ли вышесказанное, что газоразрядные лампы выходят из употребления? В ближайшее время – вряд ли. Сравнительно высокая стоимость светодиодных аналогов сдерживает их внедрение, а перспектива окупаемости в течение 2-3 лет не всегда перевешивает необходимость единовременных финансовых вложений. Одновременно существует возможность повышения экономичности использования ламп ДРЛ и ДНаТ за счёт применения универсальных пусковых устройств (УПРУ). По сравнению с обычными дросселями, они задают лампе оптимальный режим розжига и горения. Это позволяет не только снизить энергопотребление, но и значительно увеличить срок службы ламп. Учитывая, что промышленные светильники зачастую расположены в труднодоступных местах, можно говорить о существенном сокращении эксплуатационных расходов.

Повсеместное (а в странах Евросоюза – обязательное) внедрение электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) для люминесцентных ламп вызвано как факторами эргономики (отсутствие стробоскопического эффекта), так и

улучшенными показателями срока службы ламп и электромагнитной совместимости. Потребности рынка давно оценены многочисленными производителями в Китае, предлагающими дешёвые ЭПРА для всех типов ламп. Однако при выборе ЭПРА следует учитывать наличие в них схемы защиты, крайне желательной для российских электросетей, и правильной марки (типа) феррита, используемого в трансформаторе.

Кроме известных европейских фирм (Osram, Hevlar, Vossloh-Schwabe), хорошо зарекомендовали себя ЭПРА белорусского производства, находящиеся в средней ценовой категории, а также российские разработки. Применение ферритов с оптимальными электромагнитными и габаритными характеристиками позволяет производить полный модельный ряд преобразователей для различных ламп – от компактных приборов мощностью 8 Вт до мощных 300-ваттных бактерицидных ламп.

В завершение хотелось бы отметить необходимость системного, интегрированного подхода к проблеме энергосбережения. Имеются все предпосылки для того, чтобы энергосбережение превратилось, подобно информационным технологиям, в самостоятельную отрасль экономики, которая включит в себя всё лучшее из силовой электроники, энергетики, производства материалов и электронных компонентов, схемотехники и программного обеспечения и станет одним из главных локомотивов промышленной модернизации России. ©

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛ. ЭНЕРГИИ

- Ветровые и солнечные

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Светодиодное освещение, драйверы LED
- ЭПРА для люминесцентных ламп
- УПРУ для ДНаТ, ДРЛ, ДРИ
- Энергосберегающая система FORCE

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОЗАТРАТ

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛ. ЭНЕРГИИ

- AC/DC, DC/AC, DC/DC
- Трансформаторы всех типов

Ферриты, магнитодиэлектрики, постоянные магниты и др. РЭК

Балтэлектронкомплект Тел.: (812) 449-0270, 718-8204 • Web: www.bec.spb.ru

реклама

Разработка и применение специализированных датчиков с использованием миниатюрных преобразователей Холла и малогабаритных магнитных систем

Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Драпезо, Вячеслав Ярмолович (Минск – Москва)

В статье описаны современные датчики, работа которых основана на применении эффекта Холла.

С использованием эффекта Холла разработано и широко используется большое число датчиков, технических устройств и систем. Преимуществом таких датчиков является отсутствие механического контакта между контролируемым объектом и преобразователем, что значительно повышает надёжность измерений и обеспечивает функционирование датчиков в жёстких условиях эксплуатации. Применение миниатюрных преобразователей Холла в сочетании с малогабаритными магнитными системами особенно перспективно для создания специализированных датчиков различных физических величин [1].

Физический принцип построения рассматриваемых датчиков основан на бесконтактном преобразовании индукции магнитного поля в унифицированный выходной сигнал. Реализованные на современном этапе технологические решения включают: групповое изготовление микроминиатюрных тонкоплёночных элементов Холла стандартными методами микроэлектроники (фотолитография, скрайбирование, приварка контактов золотым микропроводом, герметизация), взаимозаменяемые группы



Рис. 1. Бесконтактные выключатели БКВ

миниатюрных источников магнитных полей (обычно с использованием редкоземельных постоянных магнитов SmCo_5), малогабаритные корпуса, унифицированные платы обработки сигнала и др.

Магниточувствительные элементы, разработанные ООО «Вист групп сенсор», изготавливаются из гетероэпитаксиальных структур антимионда индия на полуизолирующем арсениде галлия с высокой подвижностью носителей заряда n-типа. Размер магниточувствительной области не превышает $50 \times 50 \times 6$ мкм, а самого элемента Холла – $0,5 \times 0,5$ мм. Отличительной особенностью реализуемых элементов Холла является высокая стабильность метрологических характеристик.

Единство принципов преобразования воздействующих величин и использование принципов блочного построения позволило реализовать широкую номенклатуру датчиков, которые на протяжении ряда лет надёжно функционируют в различных областях применения – от машиностроения до космических аппаратов. Далее описаны некоторые типы устройств, работа которых основана на применении эффекта Холла.

Бесконтактные выключатели

Бесконтактные выключатели (БКВ, см. рис. 1) предназначены для определения положения подвижных частей механизмов с точностью до 0,05 мм в зазорах от 1,0 до 5,0 мм (определяется заказчиком). В зависимости от размеров

и формы магнитной системы, БКВ фиксируют положение при радиальных или тангенциальных перемещениях.

Принцип действия датчиков основан на измерении магнитного поля в зазоре между концентратором, размещённым в торце БКВ, и подвижной магнитной системой, установленной на контролируемом подвижном объекте. При превышении индукции в зазоре происходит срабатывание компаратора с последующим переключением мощного транзистора выходного каскада в открытое состояние.

Конструктивно каждый датчик выполнен в виде цилиндра из немагнитного материала со встроенным внутри концентратором с преобразователем Холла и микроплатой, на которой размещены магниточувствительная микросхема, стабилизатор напряжения, компаратор, защитный диод и др. Основные технические характеристики БКВ приведены в таблице 1.

Датчики частоты

Принцип действия датчиков частоты (ДЧХ) основан на измерении частоты изменения индукции магнитного поля, создаваемого перемещающимися периодическими ферромагнитными элементами – шестернями, зубчатыми рейками и др. Конструктивно каждый датчик выполнен в виде цилиндра из немагнитного материала со встроенной магнитной системой из сплава ЮНДК или КС-37 и микроплатой, на которой размещены магниточувствительный элемент, усилитель, формирователь импульсов и стабилизатор напряжения.

В отличие от индукционных преобразователей, ДЧХ (см. рис. 2) формируют выходной сигнал, амплитуда которого постоянна во всём рабочем диапазоне, а частотная характеристика –

линейна. Максимальный зазор между торцом датчика и ферромагнитным объектом в два-три раза больше, чем у индукционных аналогов. Кроме того, датчик имеет более высокую пространственную разрешающую способность. Основные технические характеристики ДЧХ приведены в таблице 2.

Датчик угла поворота

Датчик угла поворота (см. рис. 3) (полнооборотный или секторный) предназначен для преобразования угла поворота вала в аналоговый электрический сигнал.

Датчик (ДУПХ) выполнен в виде цилиндрического корпуса с фланцем для точной фиксации и вращающимся валом, имеющим шлицевое самоцентрирующееся крепление. Преобразование угла поворота вала в электрический сигнал производится бесконтактным способом, за счёт изменения индукции магнитного поля в области расположения чувствительного элемента при повороте вала. Сигнал с преобразователя подаётся на усилитель, выполненный в виде интегральной схемы.

Датчик предназначен для работы в условиях повышенных температур, агрессивных сред (соляной туман, кислотные и щелочные воздействия и др.), спецвоздействий; имеет пожаро- и взрывобезопасное исполнение и высокую износостойкость (количество рабочих циклов более 10⁶).

По своим точностным и надёжностным характеристикам ДУПХ может быть использован в составе сложных микропроцессорных систем; он оптимально подходит для эксплуатации в составе изделий специального и двойного назначения (военная и космическая техника, авиационные и автотракторные системы управления и контроля, станкостроение и др.).

В отличие от существующих аналогов (потенциометрических, индукционных), датчик имеет меньшие габариты, на порядок более высокую надёжность, простую конструкцию и современную элементную базу. Технологический процесс сборки основных элементов датчика автоматизирован. Основные технические характеристики ДУПХ приведены в таблице 3.

Датчики изготавливаются в различных вариантах исполнения, в том числе с магнитными системами, создающими квазиоднородное магнитное поле, вращающееся относительно двух взаимноперпендикулярных преобразо-



Рис. 2. Датчики частоты ДЧХ

зователей Холла, и сложными магнитными системами со специфическим расположением преобразователей Холла [2, 3].

Бесконтактные датчики электрического тока

Бесконтактные датчики электрического тока серии (ДТПХ, см. рис. 4)



Рис. 3. Датчик угла поворота ДУПХ

предназначены для измерения величины постоянного, переменного или импульсного тока, осциллографирования (снятия эюр) токовых сигналов, обеспечения гальванической развязки измерительных электрических цепей. Принцип действия датчиков основан на измерении с помощью преобразователя Холла величины и на-

Таблица 1. Основные технические характеристики датчика БКВ

Наименование параметра	Значение параметра
Ток выхода, мА	250
Напряжение питания, В	14,0...28,0
Потребляемый ток, мА	10,0
Диапазон рабочих температур, °С	-60...125
Сопrotивление нагрузки, не менее, кОм	0,5
Зазор между торцом датчика и магнитной системой, мм	3...6
Точность позиционирования, мм	0,05
Выходной сигнал	Открытый коллектор
Габариты, мм	БКВ-10 (M10 × 0,5) × 50 БКВ-14 (M14 × 1,0) × 70

Таблица 2. Основные технические характеристики датчиков ДЧХ

Наименование параметра	Значение параметра		
	ДЧХ-0,2	ДЧХ-8	ДЧХ-8М
Диапазон измеряемой частоты, кГц	0,001...2,0	0...8	0,05...15,0
Величина рабочего зазора, мм	0...5	0...5	0...7
Напряжения питания, В	9...15	9...18	18...32
Потребляемый ток, мА	Не более 70	Не более 20	Не более 20
Выходной каскад	Открытый коллектор (п-р-п)		
Сопrotивление нагрузки, кОм, не менее	1,0		
Диапазон рабочих температур, °С	-40...120		
Исполнение	Герметичное, пыле-, влаго-, маслозащитное		

Таблица 3. Основные технические характеристики датчика ДУПХ

Наименование параметра	Значение параметра	
Габариты, не более, мм	∅45 × 60 (∅45 × 90)	
Напряжение питания, В	+12 ⁺⁵ (4,8 ^{+1,5})	
Диапазон угла поворота, град.	-15...0...+15 (0...360)	
Разрешающая способность, угл. минут	5	
Рабочий температурный диапазон, °С	-60...120	
Выходной сигнал, В	2...6	
Ток питания, мА	20...40	
Основная погрешность, %, не более	0,5	
Дополнительная погрешность в диапазоне температур, %	-40...80°С, не более	0,25
	-60...120°С, не более	1,8
Изменение выходного сигнала от угла поворота, функция вида	Y = ksinx	

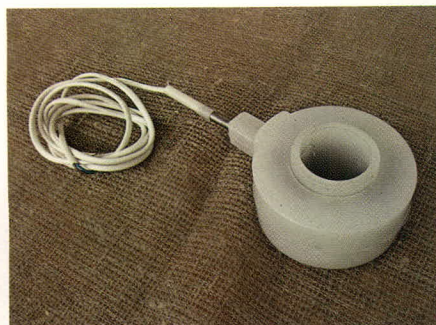


Рис. 4. Датчики электрического тока бесконтактные ДТПХ



Рис. 5. Датчик загрузки ДЗ-20

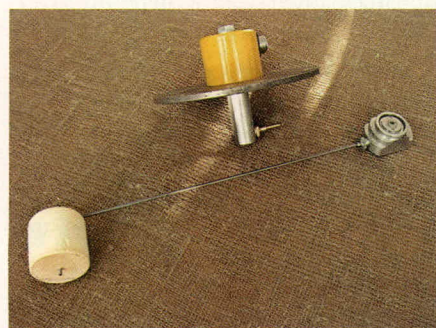


Рис. 6. Датчик уровня топлива

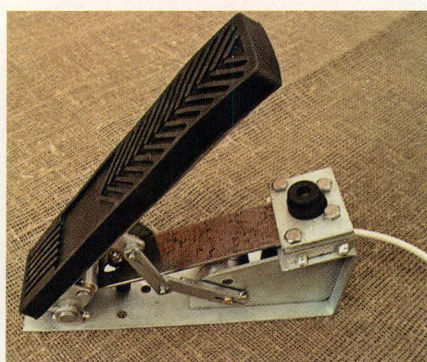


Рис. 7. Электронная педаль

правления магнитного поля, создаваемого контролируемым электрическим током в зазоре ферромагнитной систе-

мы. В зависимости от величины измеряемого электрического тока используются три конструктивных исполне-

Таблица 4. Основные параметры датчиков ДТПХ

Наименование параметра	Значение параметра					
	ДТПХ-0,1	ДТПХ-1	ДТПХ-5	ДТПХ-20	ДТПХ-300	ДТПХ-600
Диапазон измеряемых токов, А	0,1	1,0	5,0	20,0	300,0	600,0
Погрешность измерения в диапазоне рабочих температур, %, не более	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	2,5
Сопротивление входной цепи, Ом, не более	1,0	0,1	–	–	–	–
Индуктивность входной цепи, мкГн, не более	150	10	–	–	–	–
Сопротивление между измеряемыми и силовыми цепями, МОм, не менее	20	20	200	200	200	200
Частотный диапазон, кГц	вариант А	0...10	0...12	0...12	0...12	0...12
	вариант Б	–	–	–	0...300	0...300
Выходной сигнал*, В	±10					
Ток потребления**, мА	5...65					
Диапазон рабочих температур***, °С	–60...85					
Габариты, мм	20 × 15 × 7		20 × 15 × 9		30 × 15 × 9	
Масса, г	7	7	10	10	40	50

* Может изменяться в зависимости от напряжения питания

** Зависит от точности измерения

*** Возможно расширение температурного диапазона до +125°С

Таблица 5. Основные параметры датчика ДЗ-20

Наименование параметра	Значение параметра
Измеряемая нагрузка, кг	500...20000
Номинальное напряжение питания, В	24
Допускаемое напряжение, В	18...30
Ток потребления, мА, не более	100
Уровень выходного сигнала, мА	4...20
Частотный диапазон, Гц	0...10
Погрешность измерения, %, не более	1,0
Разрешающая способность, кг, не менее	10
Климатическое исполнение	УХЛ1
Температурный диапазон, °С	–40...75

ния датчиков. Основные параметры ДТПХ приведены в таблице 4.

Для систем релейной защиты и автоматики энергосистем разработаны бесконтактные датчики тока порогового типа (ДТП). В статье [4] приведены характеристики серии пороговых датчиков постоянного тока с уровнем срабатывания 10, 20, 50, 100, 300, 500, 1000, 4000 мА. В основе конструкции ДТП лежит использование ферритового кольца с узким зазором, в котором находится миниатюрный элемент Холла. Выходной сигнал датчика снимается с открытого коллектора п-р-п-транзистора. При фиксации порогового тока транзистор открывается.

Эксплуатация ДТПХ и ДТП на городском электротранспорте показала их высокую надёжность.

Датчик загрузки

Серия датчиков загрузки ДЗ-20 (см. рис. 5) предназначена для измерения вертикальной составляющей усилия, возникающего под воздействием приложенной нагрузки. Конструкция датчика загрузки использует узел крепления кронштейна подвески (стальной палец), в который встроены миниатюрный механоэлектрический преобразователь силы на эффекте Холла. Наличие блока обработки позволяет преобразовывать выходной сигнал в вес поднимаемого груза и в реальном времени регистрировать данные на персональном компьютере.

По сравнению с тензометрическими датчиками, преимуществами ДЗ-20 являются высокая точность показаний, виброустойчивость, надёжность, постоянство сигнала при изменении температуры, линейная характеристика преобразования, отсутствие изнашиваемых деталей, лёгкий монтаж и демонтаж, простота привязки к существующим деталям машин, высокая помехозащищённость за счёт цифровой передачи данных.

Данная серия датчиков прошла испытания на самосвалах марки «БелАЗ» грузоподъёмностью 45 т, где подтвердила свои высокие характеристики. Основные параметры ДЗ-20 приведены в таблице 5.

Датчик уровня топлива

Электронный датчик уровня топлива УТ-90 (см. рис. 6) применяется для высокоточного измерения уровня топлива в топливных баках автомобильного транспорта. Датчик также

может измерять уровень жидкости в резервуарах высотой от 0,2 до 3 м. Разрабатываются также модификации датчиков, предназначенных для измерений уровня агрессивных жидкостей и в резервуарах под давлением до 2,0 МПа. Степень защиты датчиков – IP54 по ГОСТ 14254-96, вид климатического исполнения У1 по ГОСТ 15150-69. Основные параметры УТ-90 приведены в таблице 6.

Датчик состоит из корпуса, закреплённого на фланце, магнитной системы с осью, штанги с поплавком и электронного блока. Электронный блок крепится на корпус и закрывается крышкой с разъёмом. Корпус соединён с осью, в которой размещён держатель с полупроводниковым элементом Холла.

При перемещении штанги с поплавком изменяется индукция магнитного поля в зазоре между магнитами и элементом, что вызывает изменение выходного сигнала. Выходной сигнал элемента Холла через соединительные провода подаётся на вход платы электронного блока, который усиливает его до значений, необходимых для работы микропроцессорной системы.

Таблица 6. Основные параметры датчика уровня топлива УТ-90

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питания датчика от бортовой сети, В	24 ± 6
Выходной ток, мА	4...20
Основная приведённая погрешность (в динамике), %	±0,4
Максимально допустимое напряжение питания при воздействии в течение 5 мин	34 ± 0,5
Минимально допустимое напряжение питания, В	12 ± 0,5
Диапазон рабочих температур, °С	-40...85

ЭЛЕКТРОННАЯ ПЕДАЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Электронная педаль (см. рис. 7) включает двухканальный датчик угловых перемещений, двухканальный АЦП с микропроцессором, обеспечивающим обработку и передачу данных в формате шины CAN на центральный процессор.

Наличие бесконтактных датчиков начального и конечного положения платформы педали обеспечивает лёгкую настройку и программирование выходных сигналов. Для обеспечения высокой надёжности функционирования педали используется «горячее» резервирование (дублирование) сигналов от элементов Холла и микропроцессоров. Угол поворота платформы педали составляет 30 градусов. Усилие активации педали на расстоянии 200 мм от оси

вращения равно 55 Н, напряжение питания 18...32 В, выходной сигнал 0...6 В, потребляемый ток не более 50 мА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прокошин В.И., Шепелевич В.Г., Ярмолович В.А. Устройства автоматизации и робототехники на эффекте Холла. Минск: РМ ИПК, 1981.
2. Анищик В.М., Ярмолович В.А. Устройство определения угла поворота на эффекте Холла. Патент РБ №3713, кл. G01B 7/30, 15.08.2000.
3. Анищик В.М., Ярмолович В.А. Устройство определения углового положения вращающегося объекта. Патент РБ №3712, кл. G01B 7/30, 15.08.2000.
4. Дранезо А.П., Радюк В.Л., Ярмолович В.А., Шалин А.Я., Царев Б.П. Датчик тока пороговый (ДПТ) для фиксации действий релейной защиты и автоматизации энергосистем. Энергоэффективность. 2001. № 10. С. 16–17. ©



Свыше 3 млн. наименований продукции

Комплексные поставки электронных компонентов
СПЕЦИАЛЬНОГО, ДВОЙНОГО И ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

ЗАО «Фаворит – Электронная Компания»

Web: www.favorit-ec.ru ■ тел./факс: +7(495)627-76-24



Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК» в Республике Беларусь, г. Минск
Тел.: +375 (17) 227-12-95 • info@favorit-ec.ru

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК» в Санкт-Петербурге ООО «Невская Электронная Компания»
Тел.: +7 (812) 449-52-40 • www.spbnek.ru • nek@spbnek.ru

Мощные светодиоды фирмы High Power Lighting

Иван Сыроваткин (г. Воронеж)

В последнее время мы всё чаще слышим о том, что в мире не хватает энергоресурсов. В этой связи ведутся поиски и разработки новых видов топлива и источников энергии и решается вопрос экономии электроэнергии за счёт применения альтернативных источников света. Наиболее перспективным считается использование светодиодного освещения.

Проблема замены традиционных газоразрядных ламп стоит уже давно. Основными недостатками таких ламп являются малый ресурс работы, низкий КПД, наличие ИК-излучения в спектре и сложность утилизации. С развитием индустрии полупроводников появилась возможность создавать кристаллы, на основе которых возможно производство мощных, сверхъярких светодиодов. Одним из лидеров в этой области является компания High Power Lighting Corp. (HPL) – крупнейший производитель мощных светодиодов в Тайване.

На сегодняшний день компания динамично развивается, вкладывает большие средства в разработку новых изделий и модернизацию производства. Недавно компания HPL объявила о начале выпуска SMD-светодиодов серии SHOCK, мощностью 1 и 3 Вт.

Светодиод серии SHOCK (см. рис. 1) обладает уникально малыми размерами – $4 \times 4 \times 1,7$ мм с первичной оптикой, а толщина самого корпуса составляет всего 0,34 мм. Прибор работает на токе 350 мА и излучает световой поток 80 лм в холодном белом свете (HPL-H40ZW1BA – 1 Вт), при этом значение максимального импульсного тока составляет 500 мА. Помимо белого цвета свечения, приборы серии SHOCK выпускаются с красным (625 нм), синим

(470 нм), зелёным (525 нм), оранжевым (615 нм) и янтарным (590 нм) цветами свечения, а также для УФ- и ИК-диапазонов. В настоящее время цена на светодиоды серии SHOCK примерно на 40% ниже, чем на аналогичные приборы других производителей.

При разработке новых светодиодов компания HPL позаботилась о конечных потребителях, предложив выбор компактной вторичной оптики. Сейчас доступны оптические элементы с углами 15, 25 и 45 град. В таблице приведены краткие характеристики светодиодов серии SHOCK.

Компания HPL выпускает и «стандартные» светодиоды, в которых используются кристаллы Epistar, Semiled и Cree. Сейчас доступны светодиоды с типоразмерами корпусов 9×9 , 7×7 , 4×4 и 3×2 мм толщиной 1,5 мм, предназначенные для поверхностного монтажа или предустановленные на теплоотводах.

Несомненным преимуществом светодиодов компании HPL является наличие первичной оптики, которая имеет два варианта материала исполнения: силикон и стекло. Если говорить о самом массовом продукте компании – светодиодах в корпусе 7×7 мм, то на них устанавливаются силиконовые линзы с углами рассеяния 25, 45, 110, 120 и 100/50 град. Стекланная оп-

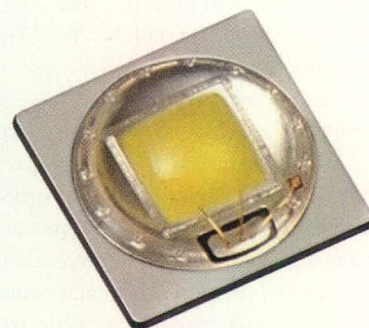


Рис. 1. Светодиод HPL серии SHOCK

тика применяется в серии RGB 9×9 (70 и 110 град.) и на светодиодах серии RAMBO размером 4×4 мм (линзы 60 и 120 град.). На рисунке 2 представлены варианты корпусов мощных светодиодов HPL.

Помимо приборов, работающих в диапазоне видимого света, фирма HPL производит инфракрасные светодиоды с длиной волны 940 нм, которые могут применяться в приборах ночного видения. Также доступны 1-Вт ИК-светодиоды с длинами волн 660, 730 и 850 нм и углами рассеяния 25, 45, 110 и 120 град. в корпусах 7×7 и 4×4 мм на кристаллах AlGaAs/AlGaAs, AlGaAs/GaAs. В аналогичных корпусах производятся мощные 1-Вт УФ-светодиоды на кристаллах InGaN с длинами волн 365, 375, 385 и 400 нм; они применяются в медицине, биологии, для освещения и подсветки, в банковском оборудовании и т.д.

Светодиоды HPL поставляются на лентах для автоматизированного монтажа и на теплоотводах в форме «звезды» и «квадрата». Квадратный теплоотвод необходим в случае установки вторичной оптики (коллиматора) для получения угла рассеяния 10 и 25 град.

Основные характеристики 1-Вт светодиодов серии SHOCK

Наименование	Световой поток, лм	Цвет свечения	Тепловое сопротивление, °С/Вт	Угол, град.
HPL-H40ZB1BA	10	Синий	10	140
HPL-H40ZG1BA	55	Зелёный		
HPL-H40ZR1BA	35	Красный		
HPL-H40ZW1BA	80	Холодный белый		

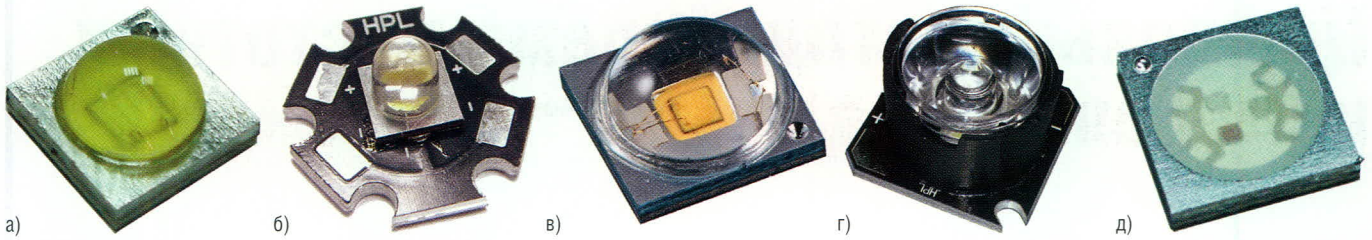


Рис. 2. Корпуса светодиодов HPL

а) Корпус 4 × 4 мм со стеклянной линзой серии RAMBO; (б) корпус 7 × 7 мм на теплоотводе «звезда»; (в) корпус 7 × 7 мм для поверхностного монтажа; (г) светодиод 7 × 7 мм на квадратном теплоотводе с установленной вторичной оптикой; (д) RGB-светодиод в корпусе 9 × 9 мм и плоской линзой 110 град.

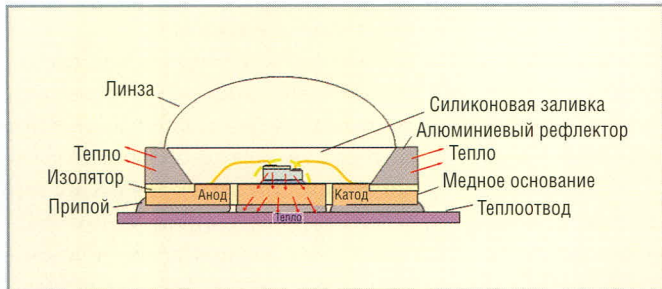


Рис. 3. Конструкция светодиода HPL в корпусе 7 × 7 мм

Фирма HPL производит соответствующие держатели и линзы.

Также следует остановиться на некоторых технических особенностях конструкции самого светодиода, которая представлена на рисунке 3.

Во всех светодиодах HPL применяются технологию заливки кристалла прозрачным силиконовым компаундом, на который впоследствии устанавливается первичная оптика. Это позволяет сохранить работоспособность мощного светодиода при повреждении линзы в тяжёлых условиях эксплуатации.

Алюминиевый рефлектор формирует световой поток, а медное основание отводит тепло от кристалла, обеспечивая низкое тепловое сопротивление между кристаллом и корпусом $R_{th}(J-C) \leq 8^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (для светодиодов серии 4 × 4, для светодиодов 7 × 7 этот показатель составляет $10^\circ\text{C}/\text{Вт}$). При этом толщина светодиода всего 1,5 мм. Алюминиевый рефлектор позволяет с большой точностью измерять температуру кристалла во время работы. Если температура корпуса в районе метки полярности составляет 77°C , то температура p-n-перехода кристалла будет 85°C . На рисунке 4 приведён график зависимости температуры рефлектора от температуры кристалла, полученной экспериментальным путём.

Помимо защиты от механических воздействий, конструкцией светодиода предусмотрена защита от электростатических разрядов до 2 кВ с помощью включенного параллельно

кристаллу стабилитрона. Схема включения приведена на рисунке 5.

Огромным преимуществом мощных светодиодов HPL является то, что при их монтаже не требуется применения специальных клеев, эпоксидных смол и т.п. На токопроводящие дорожки наносится паяльная паста, на которую устанавливается светодиод, после чего он готов к нагреву в паяльной печи.

По прогнозам аналитиков, в ближайшие годы рынок светодиодной продукции ждёт активный рост. Если учесть высокие показатели продаж светодио-

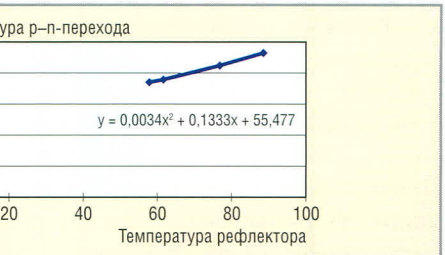


Рис. 4. График зависимости температуры рефлектора от температуры кристалла

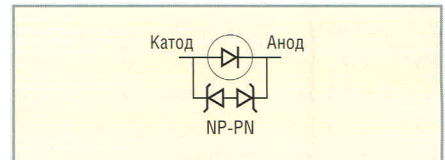


Рис. 5. Схема включения защитного стабилитрона

дов компании HPL в России за предыдущие годы, можно с уверенностью сказать, что светодиоды серии SHOCK найдут своего потребителя, для которого важно высокое качество по разумной цене. ©

ООО "НЕОН-ЭК"

ООО "НЕОН-ЭК" - официальный дистрибьютор CREE, SAMSUNG, HPL, REFOND, предлагает огромный выбор высококачественных светодиодов

CREE Светодиоды CREE XLamps, SMD, овалы, круглые, P4

Наименование	Ток (тип.)	Световой поток
CLN6A-WKW	300mA	80Лм-101.6Лм

SAMSUNG Светодиоды SAMSUNG SMD, мощные светодиоды серии Sunnix-5, Sunnix-6

Наименование	Ток (тип.)	Световой поток
SLHNNWH629T0	180mA	150Лм

HPLighting Мощные светодиоды High Power Lighting Серия RAMBO, SHOCK, 7070 и 9090

Наименование	Ток (тип.)	Сила света
HPL-H44FW1BA	350mA	90Лм

REFOND Светодиоды REFOND SMD светодиоды всех типоразмеров, мощные светодиоды, светодиодные изделия для рекламы

Наименование	Ток (тип.)	Сила света
RF-WNRA30DS-FF	20mA	2,2Кд

www.powerled.ru www.e-neon.ru www.refond.ru

Цифровые методы время-частотных измерений

Сергей Зайцев (Самарская обл.)

В статье описываются методы измерения временных интервалов и частоты: последовательного счёта, задержанных совпадений и грубо-точный (нониусный).

Одним из способов измерения неизвестной величины является её количественное определение при помощи эталонных мер. Точность таких измерений зависит от точности эталонов. В настоящее время измерения времени и частоты являются наиболее точными, т.к. эталоны этих физических величин могут быть определены с наивысшей точностью. Для повышения точности измерений некоторые физические величины предварительно преобразуют в сигналы, пропорциональные времени или частоте, которые затем определяют цифровыми методами.

На рисунке 1 показана функциональная схема цифрового измерения, которая применяется для измерения физической величины x при помощи тактового генератора со стандартной длительностью импульсов. Процесс измерений состоит из четырёх этапов:

- физическая величина x при помощи соответствующего датчика преобразуется в электрический сигнал V ;
- величина V преобразуется в одиночный импульс или серию периоди-

ческих импульсов, длительность t_x которых пропорциональна значению сигнала V ;

- интервал времени t_x при помощи счётчика импульсов преобразуется в двоичное число;
- информация в двоичном коде переводится в десятичный код и отображается на дисплее.

Счётчик подсчитывает количество импульсов, поступающих с тактового генератора, в течение времени t_x . В момент окончания интервала t_x в счётчике будет записано число N , соответствующее числу импульсов, прошедших через временной селектор:

$$N = t_x / t_0 \quad (1)$$

Таким образом, число подсчитанных импульсов будет пропорционально времени t_x и, следовательно, физической величине на входе измерителя.

Измерение интервалов времени цифровыми методами имеет следующие особенности:

- временной интервал может задаваться не только периодическими, но и непериодическими или однократными сигналами;
- временной интервал может определяться длительностью импульса на определённом уровне амплитуды, интервалом между двумя импульсами на неодинаковых для обоих импульсов уровнях амплитуд, интервалом между различными уровнями амплитуды одного и того же импульса и т.д.;
- во многих случаях временной интервал может задаваться импульсными сигналами, снимаемыми с различных выходов и независимыми во времени.

Измерители интервалов времени имеют два одинаковых входных формирующих устройства, одно из которых формирует импульс начала измеряемого интервала (стартовый импульс), а второе – импульс конца измеряемого интервала (стоповый импульс). Оба устройства имеют регулируемые уровни формирования, что позволяет измерять временные интервалы при различных амплитудах входных сигналов. Если формирующие устройства не имеют регулируемых уровней, то они пригодны лишь для проведения измерений в ограниченном числе случаев и часто с невысокой точностью.

Следует отметить, что измерители интервалов времени не позволяют достичь требуемой точности измерений (для однократных измерений) при сравнительно низком быстродействии пересчётной схемы, однако измерители периодов могут использовать умножение периодов с целью обеспечения необходимой точности.

Отмеченные особенности измерителей интервалов времени существенно отличают их от измерителей периодов в электронно-счётных частотомерах и выделяют их в особый класс измерительных приборов.

Ниже рассматриваются наиболее распространённые цифровые методы измерения интервалов времени.

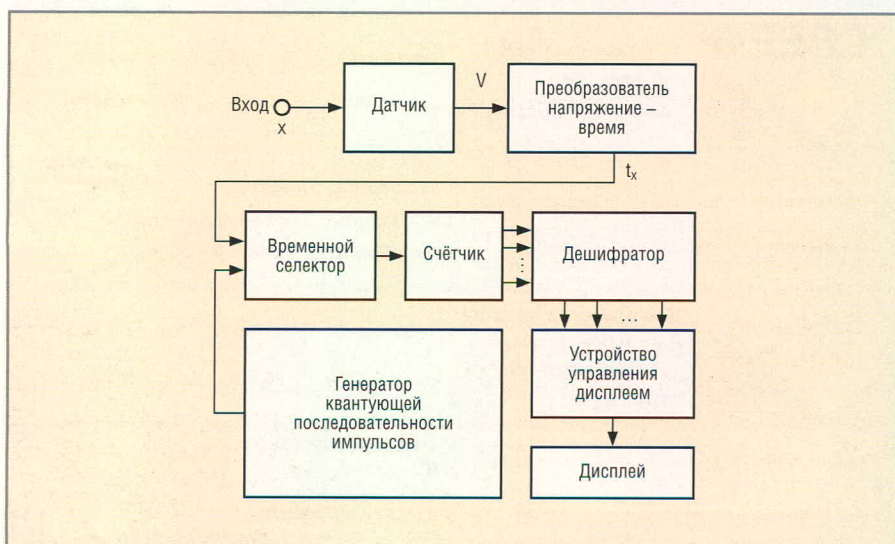


Рис. 1. Функциональная схема цифрового измерения физической величины

Метод последовательного счёта

Сущность метода последовательного счёта состоит в представлении измеряемого интервала t_x в виде последовательности некоторого количества импульсов, следующих друг за другом через одинаковые эталонные промежутки времени.

По количеству импульсов последовательности, называемой квантующей, судят о длительности измеряемого интервала. Количество импульсов квантующей последовательности является цифровым кодом интервала t_x . Устройство, реализующее этот метод, называют преобразователем последовательного счёта.

На рисунке 2 приведена общая функциональная схема преобразователя. На временной селектор, управляемый прямоугольным импульсом, длительность которого равна измеряемому интервалу t_x , поступают импульсы с генератора квантующей последовательности. При наличии управляющего импульса через селектор проходят импульсы квантующей последовательности, которые затем регистрируются счётчиком.

Для измеряемого интервала t_x можно записать (см. рис. 3):

$$t_x = Nt_0 + \Delta t_1 - \Delta t_2, \quad (2)$$

где Δt_1 и Δt_2 – неопределённости в расположении начала и конца преобразуемого временного интервала t_x относительно квантующей последовательности t_0 .

Относительная погрешность однократного измерения (преобразования интервала) равна:

$$\delta_x = \pm \delta_0 \pm 1/N, \quad (3)$$

где δ_0 – относительная погрешность периода квантующей последовательности, N – количество импульсов, зарегистрированных счётчиком. Соответственно, абсолютная погрешность выразится в виде:

$$\Delta t_x = \pm \delta_0 N t_0 \pm t_0. \quad (4)$$

Величины Δt_1 и Δt_2 являются составляющими абсолютной погрешности.

При независимости величин Δt_1 и Δt_2 и равномерной плотности распределения их значений в пределах t_0 плотность распределения суммарной погрешности подчиняется закону Симпсона.

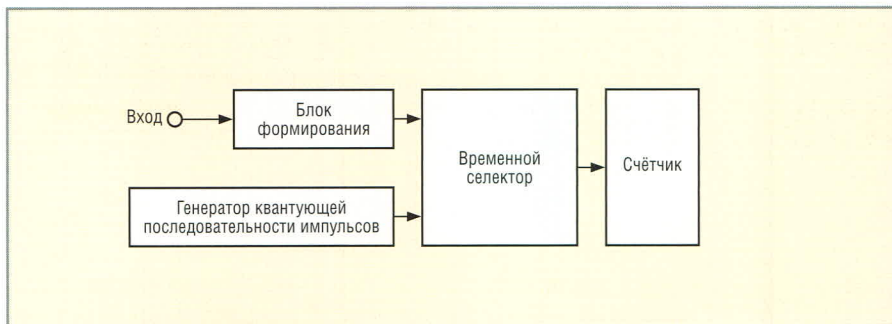


Рис. 2. Функциональная схема преобразователя последовательного счёта

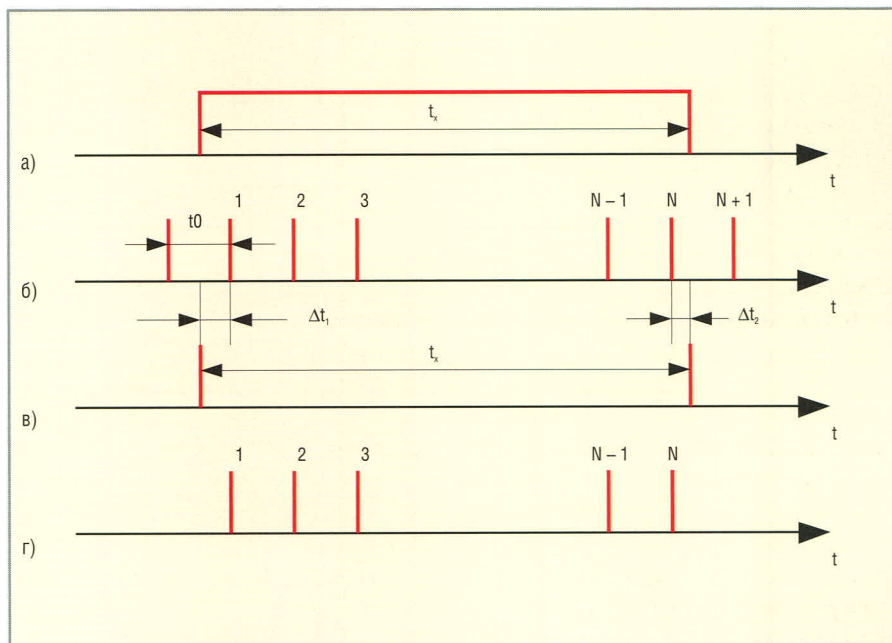


Рис. 3. Временная диаграмма метода последовательного счёта

а – управляющий импульс; б – импульсы квантующей последовательности; в – импульсы, определяющие начало и конец измеряемого интервала; г – импульсы на выходе селектора

Математическое ожидание величины для однократного измерения:

$$[i]t_x = Nt_0. \quad (5)$$

Дисперсия суммарной погрешности:

$$D\Delta t_x = t_0^2 / \sqrt{6}, \quad (6)$$

и среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_x = t_0 / \sqrt{6}. \quad (7)$$

Из приведённых соотношений для погрешности преобразователя последовательного счёта видно, что её уменьшение для однократного измерения возможно при уменьшении δ_0 и t_0 . Уменьшение δ_0 связано с повышением стабильности частоты кварцевых генераторов. В настоящее время величина δ_0 может быть сведена к $10^{-8} \dots 10^{-9}$ за неделю.

Уменьшение величины t_0 связано с увеличением быстродействия пере-

счётных схем и других узлов. Достигнутое в настоящее время быстродействие пересчётных схем ограничивает t_0 значением 10^{-9} с.

Практически уменьшение погрешности преобразователей последовательного счёта возможно двумя путями. Первый из них – увеличение быстродействия пересчётных схем и соответствующее уменьшение t_0 . Другой путь связан с использованием различных методов учёта промежутков Δt_1 и Δt_2 [1–3].

Метод задержанных совпадений

Этот метод известен в нескольких вариантах. На рисунке 3 приведена функциональная схема одного из них. Для простоты схема соответствует случаю, когда измеряемый интервал задаётся двумя импульсами. В рассматриваемом варианте метод задержанных совпадений используется для учёта участка Δt_2 преобразо-

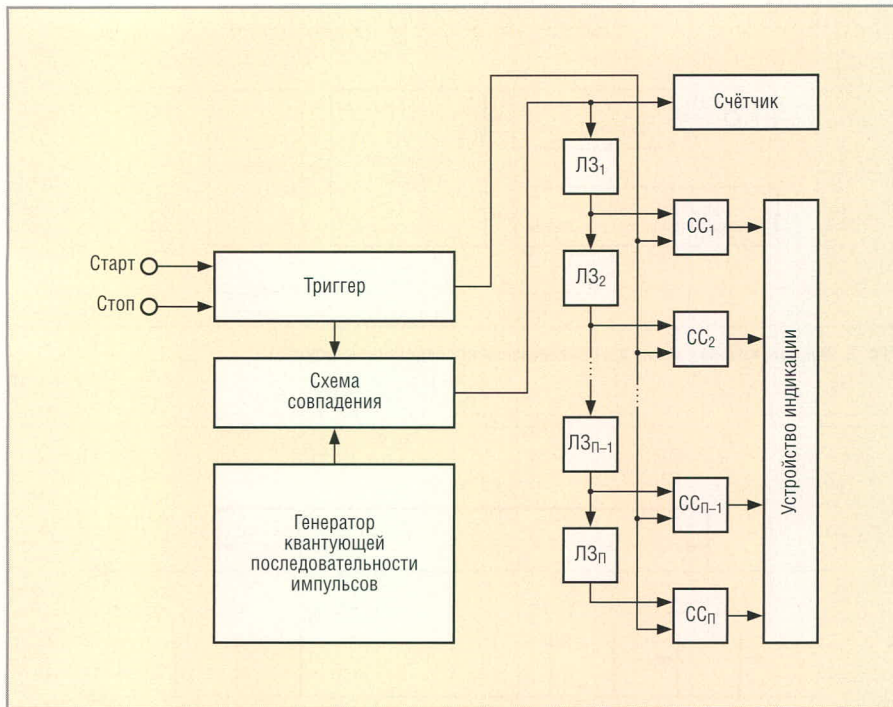


Рис. 4. Функциональная схема преобразователя задержанных совпадений

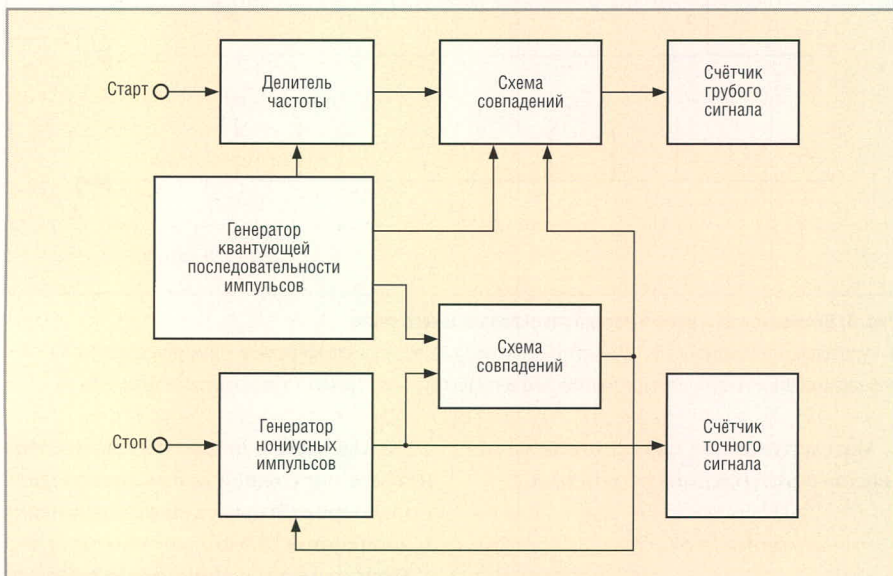


Рис. 5. Функциональная схема измерителя временных интервалов нониусным методом

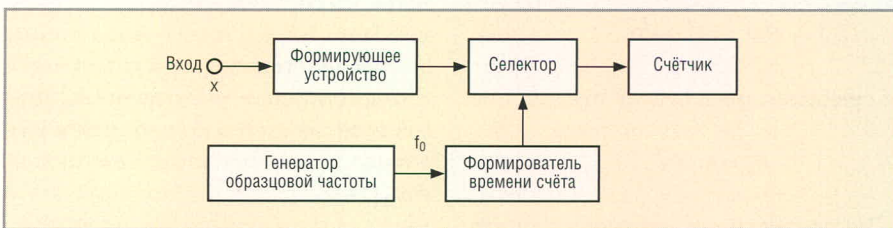


Рис. 6. Структурная схема измерения частоты электронно-счётным методом

вателя последовательного счёта (см. рис. 4).

Учёт интервала Δt_1 можно осуществить также с помощью метода задержанных совпадений, но для этого известны и специальные методы, например, метод старт-стопного деления. В данном случае предполагается синхронизация импульсов квантующей

последовательности стартовым импульсом ($\Delta t_1 = 0$).

Схема, показанная на рисунке 4, работает следующим образом. Импульсы от генератора квантующей последовательности через схему совпадения СС, управляемую триггером, поступают одновременно на счётчик и секционированную линию задержки ЛЗ1,

ЛЗ2, ..., ЛЗn с временем задержки каждой секции t_0/n . Отвод от каждой секции ЛЗ присоединён к одному из входов схем совпадений СС1, СС2, ..., ССn. Вторые входы схем совпадений соединены с одним из плеч триггера.

При поступлении стартового импульса открывается схема совпадения, и счётчик регистрирует импульсы с его выхода. При этом схемы совпадений закрыты низким потенциалом, снимаемым с триггера. В момент стопового импульса прекращается счёт импульсов, поступающих со схемы совпадения. Перепад напряжения триггера открывает схемы совпадений. Если стоповый импульс приходит в момент времени, когда последний импульс совпадений находится в m -й секции линии задержки, то импульсы появятся на выходах схем от ССm до ССn. Импульсы совпадения поступают далее на устройство дешифрирования и индикации.

Таким образом, рассмотренная схема позволяет уменьшить абсолютную погрешность преобразователя последовательного счёта и свести её к значению t_0/n . Величина n зависит от таких факторов, как длительность перепадов напряжения триггера, длительность импульсов на выходе схемы совпадения, ширина полосы пропускания линии задержки, разрешающее время схем совпадений и др.

Нониусный метод

Нониусный (грубо-точный) метод нашёл широкое применение в технике измерения интервалов времени как в качестве средства уменьшения погрешности преобразователей последовательного счёта, так и в виде самостоятельного метода построения некоторых измерительных устройств.

Нониусные измерители временных интервалов позволяют уменьшить погрешности начала Δt_1 и конца Δt_2 счёта. Однако в большинстве приборов счётные импульсы синхронизированы с началом временного интервала, поэтому уменьшается лишь погрешность конца счёта.

На рисунке 5 приведена функциональная схема измерителя интервалов времени с нониусным методом уменьшения погрешности Δt_2 и с синхронизацией стартового импульса ($\Delta t_1 = 0$). Схема работает следующим образом. Импульсы с генератора квантующей последовательности поступают на входы схем совпадения и на вход делителя частоты. Делитель частоты формирует

импульсы, синхронные с квантующей последовательностью и служащие для запуска исследуемых устройств. Одновременно импульсы делителя открывают схему совпадения, выходные импульсы которой регистрируются счётчиком грубого отсчёта.

Генератор нониусных импульсов запускается стоповым импульсом. Генерируемые им импульсы с периодом $t_n = (n - 1)/n$, где n – целое число, поступают на другой вход схемы совпадения и одновременно регистрируются счётчиком точного отсчёта. Через некоторый промежуток времени, зависящий от длительности $(t_0 - \Delta t_2)$ (см. рис. 3), происходит совпадение импульсов квантующей и нониусной последовательностей, и схема совпадения блокирует генератор нониусных импульсов. Очевидно, что количество импульсов, зарегистрированных счётчиком, пропорционально длительности интервала $(t_0 - \Delta t_2)$.

Измеренный интервал t_x можно выразить в виде:

$$t_x = (N - N_n)t_0 + N_n \Delta t_n \quad (8)$$

где N – показания счётчика грубого отсчёта; N_n – показания счётчика точного отсчёта; Δt_n – шаг нониуса, равный t_0/n .

Нониусный метод позволяет свести абсолютную погрешность измерений к величине t_0/n . При этом n может достигать достаточно больших значений (несколько десятков и даже сотен), что и обуславливает широкое распространение метода.

Использование нониусного метода при больших значениях n предъявляет к узлам схемы ряд требований, наиболее существенными из которых являются:

- высокая стабильность частоты нониусной последовательности;
- высокая стабильность параметров импульсов обеих последовательностей;
- высокая разрешающая способность схем совпадений.

Существенным недостатком нониусного метода является неудобство отсчёта результатов измерений по нескольким табло с последующими вычислениями. Абсолютная погрешность нониусного метода может быть сведена к 10^{-9} с.

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ

Частота сигнала определяется количеством периодов за одну секунду. Из-

Таблица 1. Зависимость относительной погрешности частоты опорных генераторов от интервалов времени

Вид нестабильности	Относительная погрешность частоты опорных генераторов за интервалы времени							
	1 с	10 с	10 мин	1 ч	1 сут	1 мес	6 мес	1 год
Долговременная	–	–	–	–	10^{-8}	$1,5 \times 10^{-7}$	2×10^{-7}	5×10^{-7}
Кратковременная	10^{-10}	10^{-10}	$1,5 \times 10^{-9}$	3×10^{-9}	–	–	–	–

Таблица 2. Зависимость погрешности измерения частоты от времени измерения

Время измерения	Погрешность измерения частоты									
	0,1 Гц	1 Гц	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц	100 МГц
10^{-3} с	10^4	10^3	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
10^{-2} с	10^3	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
10^{-1} с	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
1 с	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
10 с	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}

мерив число периодов в интервале 1 с, можно определить частоту сигнала. При помощи образцовой частоты формируется временной интервал известной длительности Δt , который заполняют импульсами, следующими с неизвестной частотой f_x . Подсчёт числа импульсов, попадающих в интервал Δt , производится по формуле:

$$n = \Delta t f_x \quad (9)$$

Результаты подсчёта числа импульсов, попавших во временной интервал Δt , фиксируются при помощи счётчика. Обычно время Δt выбирают равным $10m$, где m – целое число, принимающее значения от 2 до –3. Поэтому показания электронно-счётного частотомера численно совпадают со значениями измеряемой частоты.

На рисунке 6 приведена структурная схема измерения частоты электронно-счётным методом. Сигнал измеряемой частоты поступает на формирующее устройство, преобразующее электромагнитные колебания в последовательность импульсов, частота которых равна частоте входного сигнала. С выхода формирующего устройства импульсы поступают на временной селектор. Сигнал образцовой частоты поступает на схему формирования, которая открывает селектор на время Δt , равное периоду следования импульсов образцовой частоты.

Погрешность при измерении частоты определяется выражением:

$$\delta_x = \delta_0 + \delta_1 + \delta_2 + 1/f_x \Delta t \quad (10)$$

где δ_0 – погрешность установки частоты опорного генератора при выпуске из производства или после корректи-

ровки частоты по окончании очередной поверки; δ_1 – погрешность, вызванная долговременной нестабильностью частоты опорного генератора; δ_2 – погрешность, вызванная кратковременной нестабильностью частоты опорного генератора на интервале времени счёта; $1/f_x \Delta t$ – погрешность, связанная с некрайностью периодов измеряемого сигнала f_x и сигнала формирования времени счёта t .

Погрешность δ_x зависит от погрешности образцовой меры частоты, по которой устанавливалось значение частоты опорного генератора при выпуске из производства или в ходе очередной поверки, и конструктивного исполнения корректора частоты.

Погрешности δ_1 и δ_2 зависят от интервалов времени. Значения этих погрешностей для различных интервалов времени приведены в таблице 1 [4].

Погрешность $1/f_x \Delta t$ зависит от измеряемой частоты и времени измерения (см. таблицу 2) [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главным преимуществом время-частотных измерений является их высокая точность. В настоящее время разработаны цифровые приборы с функцией самотестирования, которые довольно миниатюрны и сравнительно недороги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворяшин Б.В., Кузнецов Л.И. Радиотехнические измерения. Советское радио, 1978.
2. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. АЦП/ЦАП. Техносфера, 2006.
3. Гитис Э.И., Пискулов Е.А. Аналого-цифровые преобразователи. Энергониздат, 1981.
4. Измерения в электронике: Справочник под ред. В.А. Кузнецова. Энергоатомиздат, 1987.

Самосинхронизирующиеся коды и их преобразователи

(часть 3)

Сергей Гончаров, Олег Островский, Геннадий Шишкин (Нижегородская обл.)

Предложены способы формирования самосинхронизирующихся кодов с пространственной манипуляцией путём изменения порядка подключения выходных шин источника к проводам линии связи в зависимости от передаваемой информации, что позволяет уменьшить время передачи и обеспечить постоянство тактовой частоты. Представлены схемотехнические решения кодирующих и декодирующих устройств.

Рассмотренные ранее способы построения самосинхронизирующихся кодов предполагают использование двухпроводной линии связи кодирующего и декодирующего устройств, один провод которой постоянно выполняет функцию информационной шины, а второй провод – функцию общей шины, соединяющей цепи минуса гальванически не связанных источников питания кодирующего ($-E_k$) и декодирующего ($-E_d$) устройств. При этом во время тактового интервала по линии связи необходимо передавать как тактовый импульс, так и заданную информацию.

При пространственной манипуляции для передачи последовательного двоичного кода используется только тактовый импульс, который при состоянии лог. 0 подаётся, например, на первый провод линии связи, а второй провод выполняет функцию общей шины. При состоянии лог. 1 тактовый импульс подаётся на второй провод, а функцию общей шины выполняет первый провод. В этом случае во время тактового интервала не требуется передавать дополнительную информацию (кроме тактового импульса), что позволяет уменьшить время передачи и обеспечить постоянство тактовой частоты. При построении кодирующего устройства на основе КМОП интегральных микросхем, обладающих ма-

лым выходным сопротивлением как в состоянии лог. 1, так и в состоянии лог. 0, на общую шину вместо уровня « $-E_k$ » можно задавать уровень лог. 0 с выхода логического элемента. Схема соответствующего кодирующего устройства [3] показана на рисунке 1а.

При построении декодирующего устройства можно использовать, в принципе, один из двух подходов: определять, по какому входу поступил тактовый импульс или к какому входу подключена общая шина. Однако в рассматриваемом случае простота схемной реализации достигается при построении декодирующего устройства с поиском тактового импульса, как показано на рисунке 1б [3]. В данной схеме положительный импульс на тактовом выходе QC формируется при поступлении тактового импульса на любой вход. Сигнал лог. 1 на информационном выходе QD формируется только при поступлении тактового импульса на вход D1. При поступлении тактового импульса с амплитудой, практически равной « $+E_k$ », например, на вход D1, начинает протекать ток с входа D1 через резистор R1 и диод V2 на общую шину, на которой присутствует уровень лог. 0 кодирующего устройства, практически равный « $-E_k$ ». При этом диод V2 осуществляет привязку шины « $-E_d$ » к шине « $-E_k$ », разность потенциалов ко-

торых равна падению напряжения на диоде. При поступлении тактового импульса на вход D0 привязка осуществляется диодом V1.

При использовании параллельного или параллельно-последовательного двоичного кода, когда по линии связи одновременно передаются n разрядов, требуется $(n + 1)$ -проводная линия связи. При этом возможности пространственной манипуляции существенно расширяются, поскольку функцию общей шины может выполнять любой из проводов линии связи. Коммутацию места общей шины в линии связи можно использовать, например, для передачи дополнительной информации. В частности, по четырёхпроводной линии связи в этом случае можно передавать не трёхразрядный, а пятиразрядный параллельный код.

Пример схемной реализации соответствующего кодирующего устройства представлен на рисунке 2, где a, b, c, d – выходы кодирующего устройства и соответствующие провода линии связи, 1p – 5p – номера разрядов исходного двоичного кода. Признаком общей шины является уровень лог. 0 на выходе соответствующего КМОП логического элемента; лог. 1 задаётся в линию связи высоким уровнем напряжения, практически равным « $+E_k$ », а лог. 0 – разрывом цепи связи кодирующего и декодирующего устройств. Способ задействования проводов линии связи, а следовательно, и алгоритм функционирования кодирующего устройства определяются состоянием 4-го и 5-го разрядов входного кода, например, в соответствии с таблицей истинности (см. таблицу), где ОШ – общая шина.

В исходном состоянии все разряды входного кода находятся в состоянии лог. 0, на выходе Y0 дешифратора присутствует уровень лог. 1, поступающей через элемент ИЛИ на управляющий вход V двунаправленного ключа K_d и через инвертор – на его информационный вход X. На остальных выходах дешифратора – уровень лог. 0, задаю-

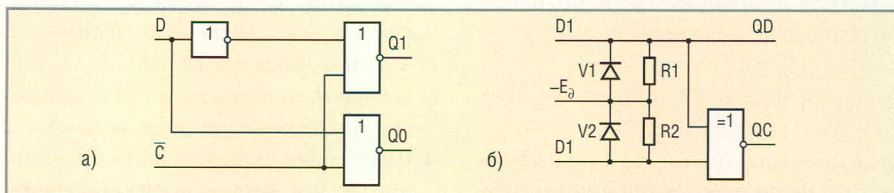


Рис. 1. Кодирующее (а) и декодирующее (б) устройства последовательного кода

щий уровень лог. 1 на информационных входах X ключей K_a , K_b , K_c и уровень лог. 0 на их управляющих входах V. При этом ключи K_a , K_b , K_c разомкнуты. Уровень лог. 1 на управляющем входе V двунаправленного ключа K_d обеспечивает замкнутое состояние ключа и прохождение уровня лог. 0 с его информационного входа X на выход d устройства. Информация 1-го, 2-го и 3-го разрядов входного кода поступает на входы X ключей K_a , K_b , K_c соответственно. Состояние 3-го разряда не влияет на состояние ключа K_d .

Сигнал лог. 1, поступающий по входу 1-го разряда, проходит через элемент ИЛИ на управляющий вход V ключа K_a , вызывая его замыкание и формирование сигнала лог. 1 на выходе a. Поскольку 4-й и 5-й разряды находятся в состоянии лог. 0, сигнал лог. 1, поступающий на вход 2-го (3-го) разряда, проходит через мультиплексор MX1 (MX2) и соответствующий элемент ИЛИ на управляющий вход V ключа K_b (K_c), вызывая формирование сигнала лог. 1 на выходе b (c) устройства. При отсутствии сигнала лог. 1 соответствующий двунаправленный ключ остаётся разомкнутым.

При поступлении сигнала лог. 1 на вход 4-го разряда на выходе Y1 дешифратора формируется уровень лог. 1, вызывающий замыкание ключа K_c и формирование уровня лог. 0 на его информационном входе и на выходе устройства. При этом состояние 3-го разряда не влияет на состояние ключа K_c . На выходе Y0 дешифратора устанавливается уровень лог. 0, вызывающий формирование сигнала лог. 1 на информационном входе X ключа K_d , состояние которого определяется информацией на входе 3-го разряда: лог. 1 вызывает замыкание ключа с формированием сигнала лог. 1 на выходе d устройства, лог. 0 вызывает размыкание ключа с разрывом цепи связи кодирующего и декодирующего устройств. Двунаправленные ключи K_a и K_b по-прежнему управляются состоянием 1-го и 2-го разрядов соответственно.

При состоянии «01» 4-го и 5-го разрядов соответственно, сигнал лог. 1 формируется на выходе Y2 дешифратора и обеспечивает формирование уровня лог. 0 на выходе b устройства. Сигнал лог. 1 пятого разряда вызывает одновременно изменение состояние мультиплексоров MX1 и MX2. При этом на выход мультиплексора MX1 начинает поступать сигнал 1-го разряда, но он

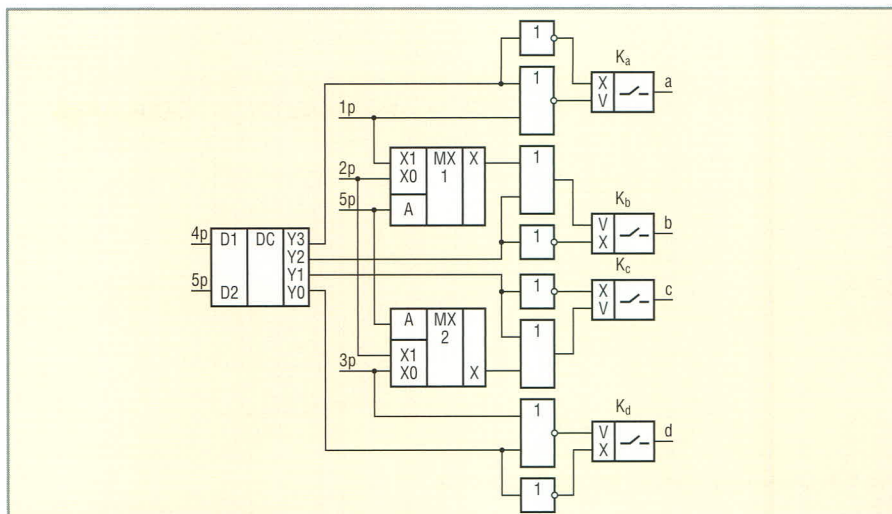


Рис. 2. Кодирующее устройство пятиразрядного кода

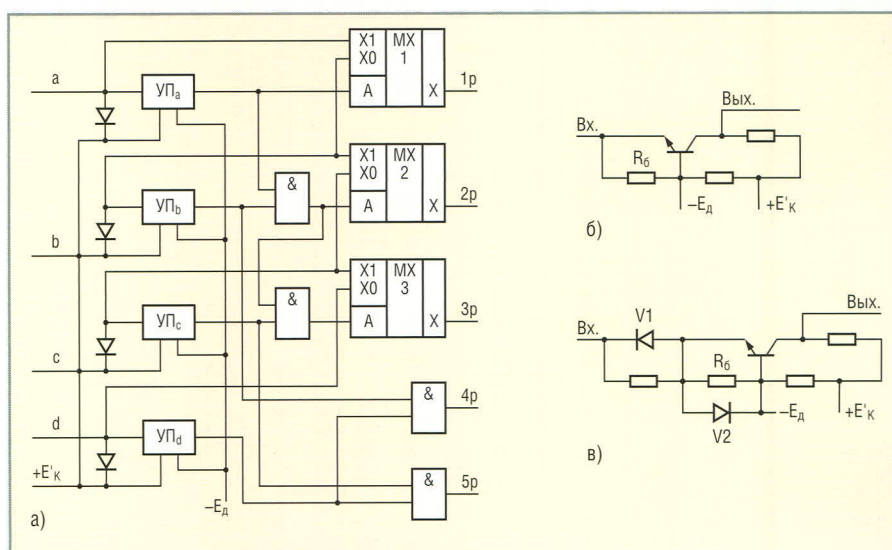


Рис. 3. Декодирующее устройство пятиразрядного кода

пока не влияет на состояние ключа K_b . На выход мультиплексора MX2 поступает сигнал 2-го разряда, формируя соответствующую информацию на выходе с устройства, поскольку на выходе Y1 дешифратора присутствует уровень лог. 0, не влияющий на состояние ключа K_c и обеспечивающий уровень лог. 1 на его информационном входе.

При состоянии «11» 4-го и 5-го разрядов уровень лог. 0 формируется на выходе a устройства сигналом лог. 1 на выходе Y3 дешифратора. При этом состояние 1-го разряда входного кода не влияет на состояние ключа K_a . Информация 1-го разряда поступает на выход b устройства.

Схема соответствующего декодирующего устройства представлена на рисунке 3а. Декодирующее устройство выполняет процедуру, обратную процедуре кодирования, представленной в таблице. Первоочередной задачей данного устройства является опреде-

ление места общей шины среди проводов линии связи, которое несёт информацию о состоянии 4-го и 5-го разрядов передаваемого кода и определяет способ декодирования первых трёх разрядов. Выявление общей шины осуществляется устройством привязки (УП), схема которого приведена на рисунке 3б. Сигнал «+E_к'» формируется с помощью диодной сборки при поступлении сигнала лог. 1 кодирующего устройства по любому из проводов линии связи. В исходном состоянии, когда все разряды входного кода находятся в состоянии лог. 0, сигнал «+E_к'» отсутствует. На входе d декодирующего устройства присутствует уровень «-E_к'», остальные цепи связи разомкнуты.

Таблица истинности кодирующего устройства

4p	5p	a	b	c	d
0	0	1p	2p	3p	0Ш
1	0	1p	2p	0Ш	3p
0	1	1p	0Ш	2p	3p
1	1	0Ш	1p	2p	3p

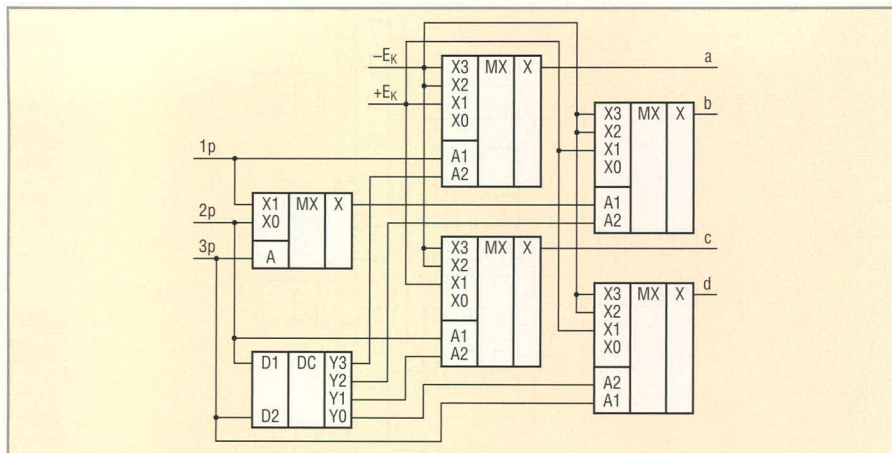


Рис. 4. Кодировующее устройство трёхразрядного кода

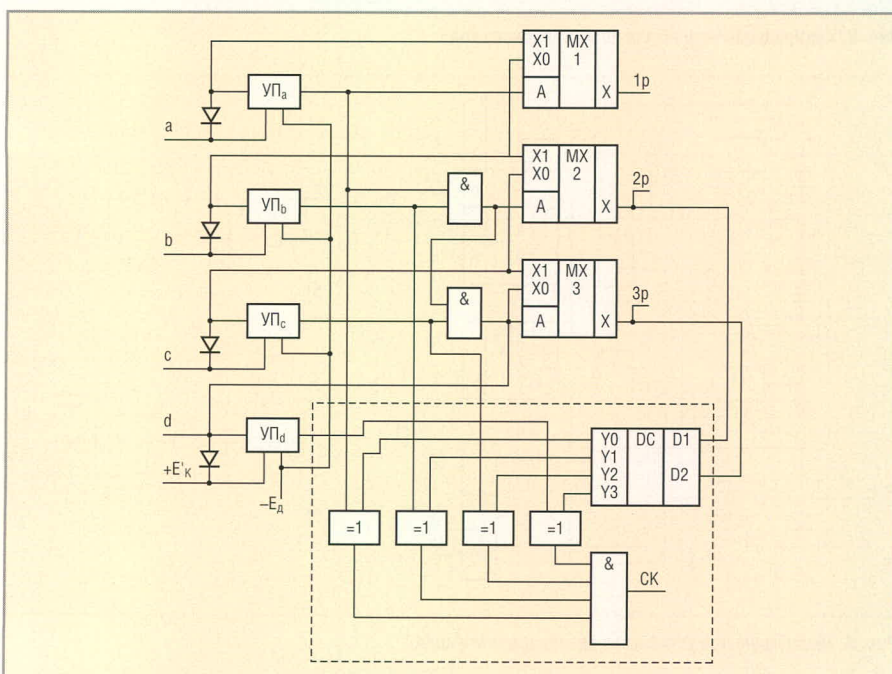


Рис. 5. Декодировующее устройство трёхразрядного кода

При разомкнутой цепи связи на всех точках устройства привязки устанавливается уровень « $-E_k$ ». При наличии на входе сигнала « $-E_k$ » резистор R_5 делает шины « $-E_k$ » и « $-E_d$ » эквипотенциальными.

При поступлении сигнала лог. 1 на любой из входов a, b или c декодирующего устройства формируется сигнал « $+E_k$ ». При этом, если связь по входу конкретного устройства привязки разомкнута, транзистор остаётся в закрытом состоянии, и на его коллекторе формируется сигнал лог. 1. При поступлении на вход сигнала лог. 1 транзистор также остаётся в закрытом состоянии, но переход база-эмиттер смещается в обратном направлении. А если на входе присутствует уровень « $-E_k$ », транзистор открывается, и на его коллекторе формируется сигнал лог. 0. При этом переход база-эмиттер транзистора смещается в прямом направле-

нии, что приводит к снижению уровня « $-E_k$ », а следовательно, и уровня лог. 1 кодирующего устройства относительно уровня « $-E_d$ » на величину падения напряжения на переходе база-эмиттер.

В качестве недостатка схемы, приведённой на рисунке 3б, можно отметить ограничение уровня лог. 1 кодирующего устройства допустимой величиной обратного напряжения на переходе база-эмиттер транзистора. При высоком уровне лог. 1 можно использовать схему, показанную на рисунке 3в, в которой обратное напряжение на переходе база-эмиттер транзистора ограничивается диодом V2. Однако в данной схеме увеличивается снижение уровня « $-E_k$ » относительно уровня « $-E_d$ » (по сравнению с рис. 3б) на величину прямого падения напряжения на диоде V1.

При поступлении сигнала лог. 1 по крайней мере на один из входов a, b

или с декодирующего устройства и подключении общей шины к входу d, на выходе устройства привязки УП_d формируется сигнал лог. 0, который задаёт сигналы лог. 0 по выходам 4-го и 5-го разрядов. На выходах остальных УП формируется уровень лог. 1, задающий уровень лог. 1 на адресных входах всех мультиплексоров. Поэтому на выходы 1-го, 2-го и 3-го разрядов через соответствующие мультиплексоры поступает информация с входов a, b и c соответственно. При подключении общей шины ко входу с сигнал лог. 0 формируется на выходе УП_c, что приводит к формированию сигналов «10» на выходах 4-го и 5-го разрядов, заданию уровня лог. 0 на адресном входе мультиплексора MX3 и передаче информации на выход 3-го разряда через мультиплексор MX3 со входа d устройства.

При подключении общей шины ко входу b на выходах 4-го и 5-го разрядов устанавливается состояние «01», состояние лог. 0 устанавливается на адресных входах мультиплексоров MX2 и MX3. При этом информация на выходы 2-го и 3-го разрядов проходит со входов c и d соответственно. При подключении общей шины ко входу a на выходах 4-го и 5-го разрядов устанавливается состояние лог. 1. На адресных входах всех мультиплексоров устанавливается уровень лог. 0. На выходы 1-го, 2-го и 3-го разрядов поступает информация со входов b, c и d соответственно.

Рассмотренное декодирующее устройство нормально функционирует только при наличии общей шины и сигнала лог. 1, по крайней мере, на одном из трёх оставшихся проводов линии связи, что позволяет передавать по четырёхпроводной линии связи 28 вариантов входных кодов. Четырёхпроводная линия связи без пространственной манипуляции позволяет передавать только семь вариантов входных кодов. Следовательно, использование пространственной манипуляции обеспечивает расширение функциональных возможностей четырёхпроводной линии связи в четыре раза.

Коммутацию места общей шины в линии связи при пространственной манипуляции можно использовать также для повышения помехоустойчивости трёхразрядного двоичного кода путём обнаружения возможных ошибок. Обнаружение ошибок может быть обеспечено, в частности, путём передачи информации о состоянии любых

двух разрядов двумя разными способами и сравнением результатов приёма в декодирующем устройстве.

Пример схемной реализации соответствующего кодирующего устройства трёхразрядного кода представлен на рисунке 4. Необходимо отметить, что в кодирующем устройстве (см. рис. 2) выходные сигналы формируются в виде сигналов лог. 0 и лог. 1, уровни которых отличаются от «-E_K» и «+E_K». В схеме на рисунке 4 выходные сигналы задаются с помощью КМОП мультиплексоров в виде уровней «-E_K» и «+E_K». Однако в схемах, приведённых на рисунках 2 и 4, может быть реализован любой из указанных способов формирования выходных сигналов.

Алгоритм функционирования кодирующего устройства (см. рис. 4) может быть задан таблицей для кодирующего устройства, показанного на рисунке 2, при замене 4-го и 5-го разрядов, например, на 2-й и 3-й разряды соответственно. Коммутация общей шины производится дешифратором путём подачи его выходных сигналов лог. 1 на входы А2 соответствующих мультиплексоров, формирующих выходные сигналы устройства. При этом вы-

ходной сигнал задействованного мультиплексора «-E_K» не зависит от сигнала на входе А1. На выходах а и d при отсутствии сигналов лог. 1 на входах А2 соответствующих мультиплексоров формируются сигналы, определяемые состоянием 1-го и 3-го разрядов входного кода соответственно. На вход А1 мультиплексора, формирующего сигнал по выходу с, может подаваться только сигнал 2-го разряда, поскольку в первой строке таблицы и 2-й, и 3-й разряды находятся в состоянии лог. 0. И только по входу А1 мультиплексора, задающего сигнал по выходу b, необходимо вводить мультиплексор, пропускающий на выход, в зависимости от состояния 3-го разряда, 2-й или 1-й разряд в соответствии с таблицей истинности.

Схема соответствующего декодирующего устройства представлена на рисунке 5 и содержит устройство восстановления состояния разрядов и схему контроля (обведена пунктиром). Схема устройства восстановления состояния разрядов совпадает со схемой декодирующего устройства (см. рис. 3), за исключением элементов дешифрации состояния 4-го и 5-го разрядов, и работает аналогичным образом. Схема

контроля предназначена для выявления ошибок и построена на основе элементов «исключающее ИЛИ» и дешифратора, который определяет состояние 2-го и 3-го разряда. Элементы «исключающее ИЛИ» обеспечивают проверку соответствия состояния 2-го и 3-го разрядов месту общей шины среди проводов линии связи. При отсутствии ошибок формируется импульс СК положительной полярности на выходе элемента совпадения.

Представленные в статье технические решения могут использоваться для улучшения характеристик цифровых систем связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Островский О.А., Фомченко В.Н., Шишкин Г.И.* Преобразователи информации последовательных каналов связи. Новые промышленные технологии. 2005. № 1. С. 17–20.
2. *Островский О.А., Фомченко В.Н., Шишкин Г.И.* Преобразователи самосинхронизирующихся кодов. Новые промышленные технологии. 2005. № 1. С. 21–24.
3. Патент 2282305РФ, МКИ Н03М5/12. Преобразователь кода. Д.Б. Николаев, Г.И. Шишкин, В.В. Шубин. Изобретения, Полезные модели. 2006. № 23.



ЭНЦИКЛОПЕДИЯ СЕНСОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

СЕНСОРИКА

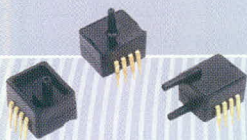
все виды датчиков от одного поставщика



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

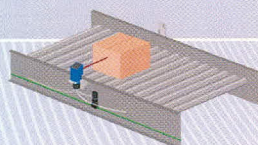
Первичные преобразователи

- ▶ Датчики влажности
- ▶ Датчики температуры
- ▶ Датчики давления
- ▶ Оптические датчики
- ▶ Датчики газа
- ▶ Датчики тока
- ▶ Датчики ускорения



Индустриальные датчики

- ▶ Оптические энкодеры
- ▶ Ультразвуковые датчики
- ▶ Емкостные датчики
- ▶ Фотоэлектрические датчики
- ▶ Расходомеры
- ▶ Концевые выключатели
- ▶ Индуктивные датчики



Устройства обработки сигнала

- ▶ Операционные усилители
- ▶ Интерфейсы
- ▶ Контроллеры и преобразователи
- ▶ Кабели и аксессуары



реклама

температура · давление · влажность · расход газа · расстояние · уровень · цвет · перемещение · контраст · ток · усилие · ускорение · магнитное поле

www.sensorica.ru

Москва, 1-й Щемиловский пер., д. 16, стр. 2, Тел./факс: +7 (495) 223 00 38, e-mail: info@sensorica.ru

Цифровая обработка сигнала с помощью процессора NM6403

Алексей Гребенников (г. Актау, Казахстан)

В статье приведён обзор платы цифровой обработки сигнала на базе высокопроизводительного процессора NM6403 и рассмотрен пример кодирования и декодирования сигнала в Манчестерском коде.

Процессор NM6403 (L1879BM1), выпускаемый НТЦ «Модуль», представляет собой высокопроизводительный специализированный микропроцессор, сочетающий черты двух современных архитектур: VLIW (Very Long Instruction Word) и SIMD (Single Instruction Multiple Data).

Процессор NM6403 выполняет все функции цифровой обработки сигналов. К его локальной шине подключается высокоскоростная статическая память, в которую загружается исполняемый код процессора после системного сброса через коммуникационный порт 1 при помощи ЭВМ. На рисунке 1 приведена блок-схема платы. Принципиальная электрическая схема приведена на сайте журнала в дополнительных материалах к статье.

Все периферийные устройства подключены к глобальной шине через ПЛИС Altera EPM7512AETC144. Эта микросхема выполняет следующие функции:

- чтение данных с АЦП типа AD9240;
- запись данных для ЦАП типа AD9754;
- деление системной частоты 40 МГц для ИС АЦП и ЦАП;
- управление мультиплексором;
- управление светодиодом.

Программирование ПЛИС осуществляется через интерфейс JTAG.

ИНТЕРФЕЙС NM6403 – ЭВМ

Взаимодействие процессора NM6403 с ЭВМ осуществляется при помощи коммуникационного порта 1 и параллельного порта ЭВМ. Эта схема позволяет ЭВМ напрямую контролировать работу процессора NM6403 и избегать возможных конфликтов по линиям управления и данных порта 1 (см. дополнительные материалы на сайте журнала).

Интерфейс выполнен на двух микросхемах 74HC08 (U9, U10) и одной микросхеме 74HC32 (U11); U9 формирует управляющие линии (drive), подключенные к двунаправленным контрольным линиям параллельного порта; U10 формирует контрольные линии (sense), подключенные к входным линиям порта. Ограничительные резисторы предохраняют порты ЭВМ и NM6403 от повреждений.

Чтение и запись определённых линий LPT-порта позволяет определить, находятся ли управляющие линии коммуникационного порта NM6403 в режиме приёма или передачи. Например, если при подаче высокого, а затем низкого уровня напряжения на линию P4.17 напряжение на линии P4.11 по-

вторяет эти значения, значит, линия CREQ1 процессора NM6403 находится в режиме приема. Если же напряжение на выводе P4.11 остаётся постоянным независимо от вывода P4.17, тогда CREQ1 процессора NM6403 находится в режиме передачи. То же самое применимо ко всем остальным управляющим линиям коммуникационного порта.

Простые функции, реализованные на языке Си, позволяют регулировать направление передачи данных без повреждения линий порта, несмотря на то что LPT-порт гораздо медленнее последовательного порта процессора NM6403.

ИНТЕРФЕЙС К ПЕРИФЕРИЙНЫМ УСТРОЙСТВАМ

ПЛИС Altera выполняет декодирование всех периферийных устройств на глобальной шине, а также ряд вспомогательных функций. Эта микросхема также позволяет выполнять запись и чтение процессором NM6403 без циклов ожидания.

Системная частота 40 МГц делится до необходимой для работы АЦП и ЦАП, 1,25 МГц в данном случае. Регистры ЦАП и АЦП расположены по адресу 80000004h. Запись по этому адресу обновляет регистр ЦАП, чтение – загружает данные с АЦП. Контрольный регистр для мультиплексора и светодиода расположен по адресу 80000002h. Светодиод отображает состояние прибора. Мультиплексор подключает один из двух аналоговых входов к АЦП. Программирование ПЛИС осуществляется через интерфейс JTAG (разъём P1).

АЦП и ЦАП

Цифроаналоговый 14-разрядный преобразователь AD9754AR U18 (квадрат схемы D4, см. сайт журнала) служит для формирования выходного сигнала. Диапазон напряжения на выходе конвертера составляет ± 1 В. Усилитель AD9631AR (U20) имеет коэффициент передачи, равный единице, и служит буфером. Следующий каскад (U13) – это усилитель с регулируемым коэффициентом усиления/ослабления в пределах ± 40 дБ. В данной версии платы регулирование осуществляется переменным

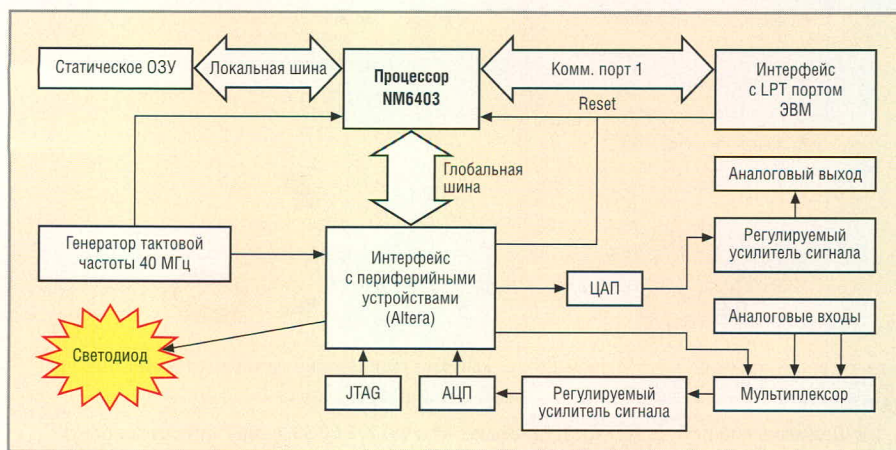


Рис. 1. Блок-схема платы

резистором R57, однако при небольшой доработке возможна программная регулировка с использованием дополнительного ЦАП, управляемого ПЛИС Altera. Микросхемы U25 и U26 дополнительно усиливают сигнал. Таким образом, на выводах Tx+ и Tx- может быть сформировано напряжение в диапазоне ± 12 В. Следует отметить, что существует два способа регулирования выходного напряжения: путём регулировки коэффициента усиления U13 и при помощи управления ЦАП U18.

Аналого-цифровой 14-разрядный преобразователь AD9240AS U17 (квадрат D3) служит для оцифровки входного сигнала. Мультиплексор U12 выбирает один из двух возможных входных каналов. Далее следует усилитель с регулируемым коэффициентом усиления/ослабления U24, аналоговый каналу ЦАП. Каскад на усилителе U19 является буфером, конденсаторы C33, C34 отфильтровывают постоянную составляющую сигнала.

ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ И РАБОТА ПРОЦЕССОРА

После системного сброса процессор NM6403 инициализируется через коммуникационный порт 1. Системный сброс осуществляется нажатием кнопки S1 (квадрант A3) или с управляющей ЭВМ. Исходный код исполняемой программы написан на языке ассемблера NM6403. После загрузки файла в статическую память управление передаётся процессору NM6403. Процессор инициализирует систему и переходит в режим ожидания команд от ЭВМ. Получение команды фиксируется по прерыванию от события завершения ввода канала ICH1. Затем команда выполняется, и процессор снова переходит в режим ожидания, до получения следующей команды от ЭВМ.

АЛГОРИТМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Манчестерским является код, в котором информация о лог. 1 или лог. 0 передается не абсолютным значением напряжения, а его перепадом в середине периода бита. Перепад с высокого уровня на низкий представляет лог. 1, с низкого на высокий – лог. 0. Каждое слово или блок слов также содержат синхросигнал. Синхросигналы бывают двух типов: перепад напряжения с высокого уровня на низкий – синхросигнал команды, с низкого на высокий – синхросигнал данных.

Разработанный алгоритм цифровой обработки работает с Манчестерским кодом трёх типов:

- с частотой 20,83 кГц, где каждое слово состоит из 20 бит, из которых первые 3 бита формируют синхросигнал, затем следуют 16 бит данных, и замыкает пакет один бит чётности. Сумма всех 16 битов плюс бит чётности должна быть нечётным числом (odd parity). Каждое последующее слово имеет свой собственный синхросигнал. Проверка каждого полученного слова осуществляется по двум параметрам – биту чётности и перепаду напряжения в середине периода бита;
- аналогичный описанному выше, но с частотой 41,66 кГц;
- с частотой 93,75 кГц. В данном случае в начале пакета данных передается синхросигнал, состоящий из восьми лог. 1, затем 3-битный синхросигнал (как в коде предыдущего типа). После этого данные передаются сплошным потоком словами по 16 бит без бита чётности и синхросигнала для каждого отдельного слова. В данном случае каждое слово проверяется только по одному параметру – перепаду напряжения в середине периода бита.

Назовём вышеприведённые типы кодов M1, M2 и M5 соответственно. Описываемая плата обработки сигнала кодирует сигнал M1 и декодирует сигналы M2 и M5.

АЛГОРИТМ КОДИРОВАНИЯ

Алгоритм кодирования достаточно прост: ЭВМ посылает команду процессору NM6403 с указанием, сколько 16-битных слов необходимо передать, какой тип синхросигнала использовать для каждого слова и собственно данные. Для формирования слова используется функция <word_tx> (см. файл nm_krn1.asm, выложенный на интернет-странице журнала СЭ). Динамический диапазон ЦАП составляет от -1 В (000h) до +1 В (3FFFh). При формировании слова используются средние значения диапазона – отрицательное напряжение представлено уровнем -0,5 В (1000h), а положительное – уровнем +0,5 В (3000h). В начале цикла включается таймер T1. Затем через определённые промежутки времени, когда появляется прерывание от таймера, значения входного регистра ЦАП обновляются, формируя тем самым необходимые перепады.

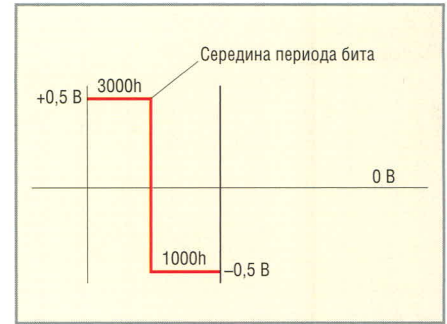


Рис. 2. Формирование единицы

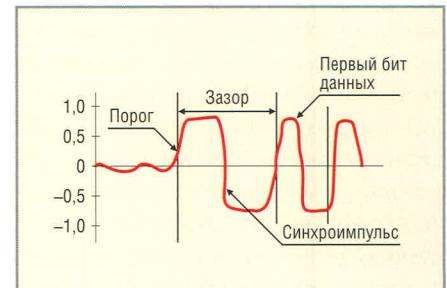


Рис. 3. Основные параметры Манчестерского кода

Например, необходимо сформировать единицу в Манчестерском коде M1. Этот процесс будет состоять из нескольких шагов:

- записи значения 3000h в регистр ЦАП (+0,5 В);
- включения таймера на время, равное половине периода бита;
- когда возникает прерывание от таймера, значение 1000h записывается в регистр ЦАП (-0,5 В). Таким образом, формируется перепад напряжения с высокого уровня на низкий в середине периода бита;
- включения таймера на время, равное половине периода бита;
- когда возникает прерывание от таймера, передача бита завершена, и возможно повторить цикл для следующего бита.

Результат данной операции показан на рисунке 2.

АЛГОРИТМ ДЕКОДИРОВАНИЯ

Алгоритмы декодирования для кодов M2 и M5 схожи, поэтому рассмотрим алгоритм для кода M5 (93,75 кГц). Вначале определим несколько терминов, исходя из рисунка 3. Важнейшими из них являются порог и зазор. Порог – это уровень напряжения, при превышении которого начинается декодирование сигнала. Зазор – это время, прошедшее с момента определения порога до начала декодирования первого бита данных. В общем случае порог и зазор являются переменными величинами, зависящими от множества

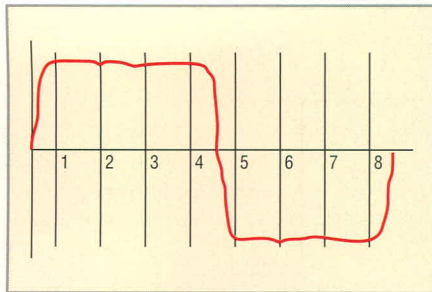


Рис. 4. Разбиение бита

параметров. Поэтому необходим алгоритм, определяющий эти параметры для конкретного случая. Такой алгоритм называется *тренировкой*.

Поскольку практическим приложением описываемой платы является обработка данных и контроль скважинных геофизических приборов, следующие примеры будут ссылаться на работу с этими приборами. Суть тренировки заключается в том, что процессор NM6403 посылает специальную команду геофизическому прибору, а ответ на эту команду заранее известен.

Сначала определяется порог. Рассматриваемый алгоритм несколько упрощён: порог был сделан постоянным – 242 мВ. Поэтому в алгоритме тренировки необходимо определить только зазор. Делается это следующим образом. Декодируются данные, полученные от геофизического прибора (заранее известно, что должно быть декодировано) с каким-то начальным значением зазора. Если данные соответствуют ожидаемому, значение зазора запоминается как пригодное. Затем зазор увеличивается, и сигнал декодируется с новым зазором. После определённого числа шагов декодирования, например 30, должен образоваться непрерывный ряд значений зазора, при которых данные декодируются правильно. Выбирается среднее значение из этого ряда, которое фиксируется в качестве наиболее подходящего зазора. В рассматриваемом алгоритме зазор определяется функциями <parse_10> – для кода M2 и <parse_14> – для кода M5.

ДЕКОДИРОВАНИЕ ДАННЫХ

Алгоритм декодирования данных состоит из нескольких частей. Первая часть определяет импульс синхронизации, означающий начало слова. Эта задача выполняется функцией <sync_detect>, которая работает следующим образом. Перед вызовом <sync_detect> включается таймер t1, определяющий максимальное время ожидания: функция <sync_detect> за-

вершает свою работу либо после детектирования синхроимпульса, либо по прерыванию от таймера. Для поиска синхроимпульса используется функция арифметической активации векторного узла процессора, при этом регистр f1cr разбивает вход X следующим образом:

```
f1cr = 0e0h; // нас интересует
        только младший байт
...
rep 1 data = [ar0] with activate
data + 0;
```

Затем биты полученного результата инвертируются и сравниваются с шаблоном, используемым для активации. gr0 = gr1 xor gr2; // gr1 содержит шаблон для активации (содержимое регистра f1cr), gr2 – инвертированный результат активации, причём 24 старших бита обнулены.

Если полученный результат равен нулю, синхроимпульс был обнаружен. Если нет – цикл поиска повторится до тех пор, пока импульс не будет обнаружен или же не возникнет прерывание от таймера t1.

После того как синхроимпульс был найден, включается таймер t1 на время зазора, которое предварительно определено алгоритмом тренировки. После прерывания от таймера, т.е. по истечении времени зазора, процессор начинает через равные промежутки времени записывать в память выборки оцифрованного сигнала. Эта задача выполняется функцией <m5_acquire> для кода M5 и функцией <m2_acquire> для кода M2. За время периода одного бита записывается восемь выборок, как показано на рисунке 4.

Для кода M5 в память записывается весь пакет данных, прежде чем начнётся декодирование. Данные от ЦАП упаковываются в 64-битные слова, причём используются только 8 старших битов. Таким образом, после записи всех оцифрованных данных в память образуется массив 64-битных слов, где каждое слово представляет один бит данных Манчестерского кода – 8 бит × 8 выборок. Далее необходимо определить значение бита – ноль или единица, а также проверить правильность Манчестерского кода, т.е. были ли перепад напряжения посередине периода бита. Эти задачи выполняются функциями <m5_decode> и <m2_decode> для кодов M5 и M2 соответственно. Рассмотрим более подробно функцию <m5_decode>.

Для определения значения бита выполняется операция взвешенного суммирования по формуле:

$$V = (-1)*b1 + (-1)*b2 + (-1)*b3 + (-1)*b4 + (1)*b5 + (1)*b6 + (1)*b7 + (1)*b8, \quad (1)$$

где числа в скобках представляют собой весовые коэффициенты, a b1 – b8 – значения соответствующих выборок бита.

Если результат взвешенного суммирования отрицательный, тогда бит равен единице. Если результат положительный или равен нулю – бит равен нулю.

Матрица весовых коэффициентов задаётся следующим образом:

```
decode_matrix: long[8] =
(0ffffffffh1,
0ffffffffh1,
011111111h1,
0ffffffffh1,
01h1,
010000001h1,
01h1,
01h1);
```

Особенностью этой матрицы является то, что она содержит весовые коэффициенты сразу для двух операций взвешенного суммирования. Младшая часть длинных слов используется в формуле 1, а старшая – в формуле 2 (далее по тексту). Это возможно потому, что при вычислении значения бита интерес представляет только младшее 32-битное слово результата, а при проверке перепада напряжения – только старшее 32-битное слово. Таким образом, матрица весовых коэффициентов загружается только один раз:

```
rep 8 wfifo = [ar3++],ftw;
wtw;
регистр границы нейронов
разбивает вход Y на 2 части по 32 бита:
nb1 = 08000000h;
регистр границы синапсов
разбивает вход X на 8 частей по 8 бит:
sb = 02020202h;
за одну инструкцию вычисляются значения сразу 16 битов, т.е. одного слова Манчестерского кода:
rep 16 data = [ar0++] with vsum,
data, 0;
```

В полученном результате нас интересуют только младшие 32-битные слова.

После этого необходимо проверить, был ли перепад напряжения посередине периода бита. Для этого сравниваются знаки выборок 3 и 6. Если они противоположны – бит соответствует требованиям Манчестерского кода. Если знаки равны – произошло искажение при передаче и этот бит неправильный.

Проверка перепада напряжений выполняется в несколько этапов. Сначала логически активируются те же данные, что использовались в предыдущей инструкции для вычисления значения бита. При этом регистр f1cr задает разбиение следующим образом:

```
f1cr = 080808080h;
...
rep 16 data = [ar0++] with activate data or 0;
```

После логической активации положительные значения выборок бита будут представлены нулями, а отрицательные – минус единицами.

Сразу же после этого выполняется операция взвешенного суммирования по формуле:

$$S = (0)*a1 + (0)*a2 + (1)*a3 + (0)*a4 + (0)*a5 + (1)*a6 + (0)*a7 + (0)*a8, \quad (2)$$

где значения в скобках представляют собой весовые коэффициенты, a1 – a8 – значения соответствующих выборок бита после активации.

```
rep 16 with vsum, afifo, 0;
```

(Складываем выборки 3 и 6 и обнуляем все остальные.)

В данном случае нас интересуют только старшие 32-битные слова результата. Если выборки 3 и 6 имели противоположные знаки, результат взвешенного суммирования будет 0ffffffh. В противном случае обе выборки были либо положительными, либо отрицательными. Таким образом, функция <m5_decode> выдаёт декодированные данные или сообщает об ошибке преобразования.

Функция <m2_decode> аналогична, за исключением того, что все преобразования проводятся для 17 битов, включая бит чётности:

```
rep 17 data = [ar0++] with vsum, data, 0;
```

Декодированное слово, помимо перепада напряжения в середине периода бита, также проверяется на нечётность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная в статье плата разрабатывалась для управления геофизическими скважинными приборами и прошла ряд успешных испытаний. Сложные условия эксплуатации – высокий уровень промышленных помех, изменение свойств передающей среды (каротажного кабеля) – предъявляют повышенные требования к качеству декодирования сигнала. Сигнальные процессоры NM6403 хорошо зарекомендовали себя в этой области, поскольку справляются с данной задачей лучше специализированных микросхем.

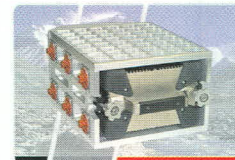
Версия платы, рассмотренная в данной статье, является тестовой. При замене низкоскоростного LPT-интерфейса высокоскоростным интерфейсом Ethernet, USB или VME и наращивании числа процессоров возможно создание промышленного образца платы. ©



Модули и конструктивы стандартных форматов VPX, VME, CompactPCI, XMC/PMC для ответственных применений и тяжелых условий эксплуатации



**CURTISS
WRIGHT** Controls
Embedded Computing



Одноплатные компьютеры, процессоры ЦОС, графические контроллеры и модули ввода и обработки видеоизображений, контроллеры коммуникационных интерфейсов, модули ввода и обработки высокочастотных аналоговых сигналов, коммутаторы и маршрутизаторы, устройства записи высокоскоростных потоковых данных, бортовые корпуса и готовые специализированные подсистемы.

Ультразвуковой ингалятор

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

Ультразвуковые ингаляторы позволяют осуществлять лечение и профилактику заболеваний верхних дыхательных путей и лёгких в домашних условиях. В данной статье представлен ультразвуковой ингалятор, принцип его работы и схемотехника.

Профилактика и лечение заболеваний верхних дыхательных путей и легких с помощью ультразвуковых ингаляторов совершенно безопасно. Подобные ингаляторы достаточно просты, удобны и надёжны в эксплуатации. В состав описываемого ультразвукового ингалятора (далее – ингалятор) входят блок управления и распылитель. Основная функция блока управления – генерация напряжения ультразвуковой частоты. Распылитель предназначен для образования аэрозольного облака из водного раствора лекарственных веществ.

Принципиальная схема ингалятора показана на рисунке 1, интерфейс бло-

ка управления – на рисунке 2, распылитель – на рисунке 3. В таблице 1 представлены основные технические параметры ультразвукового ингалятора.

Принцип действия ультразвукового ингалятора основан на способности пучка ультразвуковых волн, направленного снизу на поверхность жидкости, отрывать от неё частицы, которые образуют аэрозольное облако. Ингалятор обеспечивает получение аэрозолей водных растворов лекарственных препаратов с размерами капель 0,5...10 мкм.

Функциональные узлы блока управления ингалятора размещены на следующих платах (см. рис. 1): питания

AB1, таймера AB2 и генератора AB3. Плата питания AB1 формирует питающие напряжения 24 и 5 В. Сетевое напряжение поступает на вход модуля питания U1 через предохранители FU1, FU2 и выключатель SA1. Индикатор H1 позволяет визуально контролировать наличие сетевого напряжения на входе модуля питания U1, который изготовлен фирмой Artesyn Technologies. Основные параметры модуля приведены в таблице 2.

При разработке изделий медицинской техники необходимо, в первую очередь, обеспечить соблюдение требований электробезопасности. К вопросу выбора (или разработки) сетевого модуля питания следует подойти особенно тщательно, поскольку такие параметры изделия, как ток утечки на корпус, сопротивление цепи защитного заземления, электрическая прочность изоляции и уровень индустриальных помех, в основном определяются сетевым модулем питания. Данный модуль отвечает всем требованиям стандарта безопасности МЭК601-1.

Выходное напряжение U1 поступает на вход DC/DC-преобразователя U2, изготовленного фирмой «Александр Электрик». Основные параметры преобразователя приведены в таблице 3. Модуль питания U2 питает цифровую часть (плату таймера AB2) блока управления ингалятора.

Элементы таймера, выполненного на базе микроконтроллера DD1, расположены на плате AB2. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT1 – VT3 и цифровых семисегментных индикаторах HG1 – HG3. Резисторы R3 – R10 – токоограничительные. Коды включения индикаторов HG1 – HG3 при функционировании динамической индикации поступают на порт PB микроконтроллера DD1. Для функционирования кнопочной клавиатуры и включения пьезоэлектрического излучателя BA1 соответственно задействованы выводы 7 и 8 микроконтроллера DD1. Рабочая частота микроконтроллера задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 (10 МГц). Сразу после подачи питания на выводе 1 микро-

Таблица 1. Основные технические характеристики ингалятора

Сетевое напряжение питания, В	220 ±10%, 50 Гц
Потребляемая мощность, ВА, не более	40
Частота колебаний пьезоэлемента, МГц	2,64 ±3%
Производительность, см³/мин	2...3
Габариты, мм • блок управления • распылитель	10 × 130 × 200 70 × 180
Масса, кг, не более • блок управления • распылитель	2,1 0,5
Объём распыляемых препаратов, см³	30
Условия эксплуатации • температура окружающей среды, °С • давление, мм рт. ст. • относительная влажность, %	+15...35 645...795 45...75
Время установления рабочего режима, мин, не более	1

Таблица 2. Параметры модуля питания NFS40-7924 Medical фирмы Artesyn Technologies

Диапазон изменения входного напряжения, В	175...265
Диапазон изменения частоты входного напряжения, Гц	47...440
Электрическая прочность изоляции, В, ампл.	4000
Выходное напряжение, В	24
Коэффициент нестабильности выходного напряжения от изменения температуры, %/°С	0,02
Нестабильность выходного напряжения от изменения входного, %	0,2
Диапазон регулировки выходного напряжения, %	±10
Ток утечки на корпус, мкА, не более	27
Габариты (корпусное исполнение), мм	138 × 77 × 47

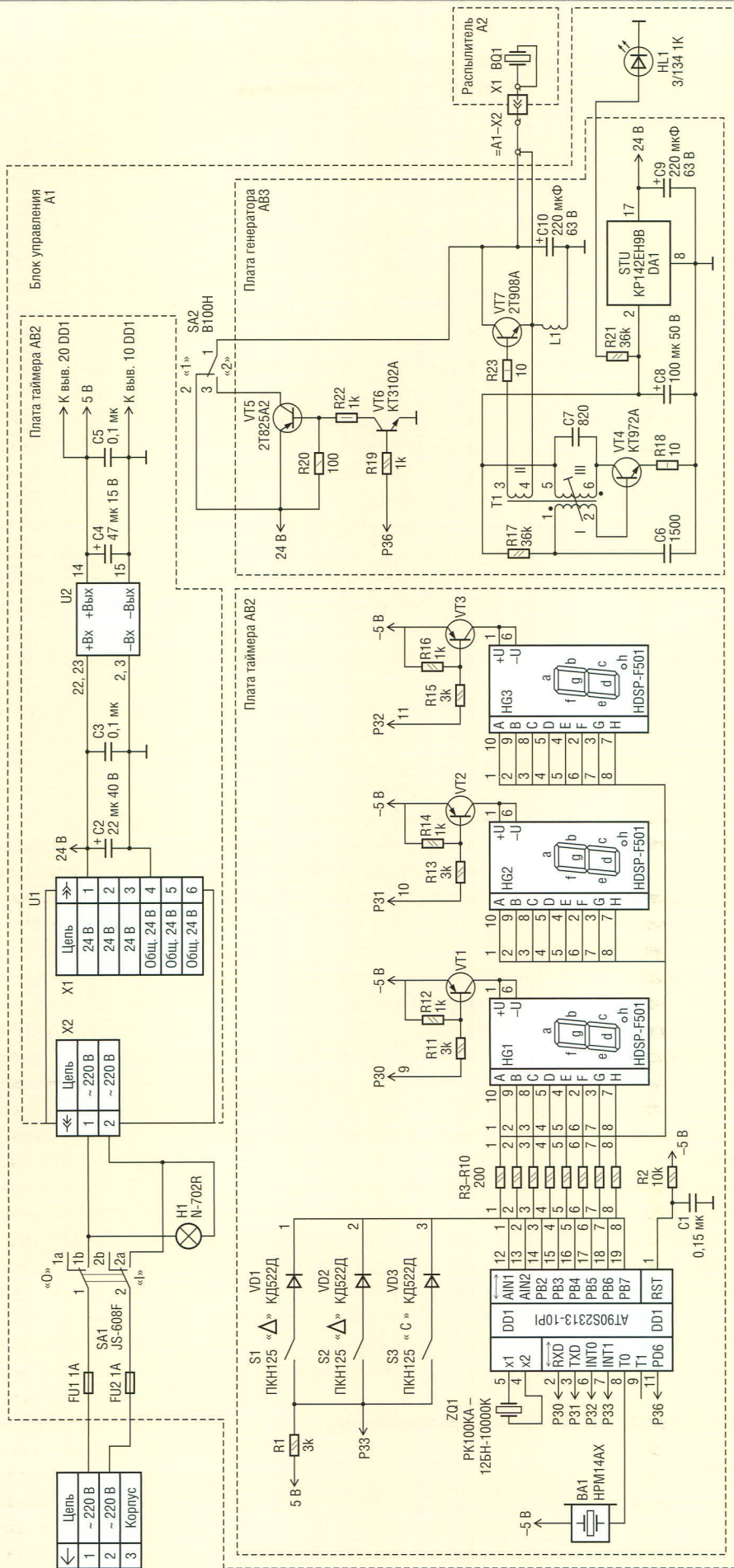


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема ультразвукового ингалятора

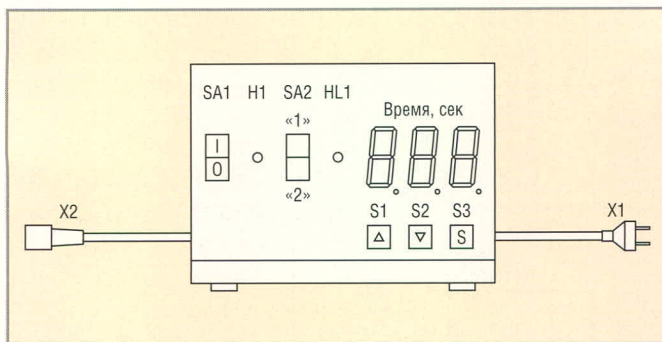


Рис. 2. Интерфейс блока управления

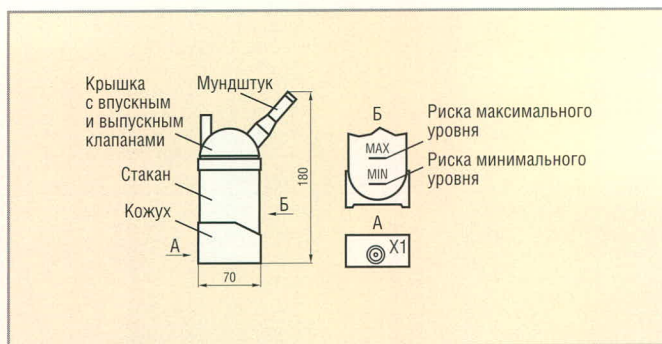


Рис. 3. Детали распылителя

контроллера DD1 через цепь R2C1 формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера.

В интерфейс блока управления (см. рис. 2) входят: сетевой выключатель SA1, сетевой индикатор H1, переключатель режима SA2, индикатор HL1, клавиатура (кнопки S1 – S3) и блок индикации (дисплей) HG1 – HG3. Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (Δ) – увеличивает на единицу значения при установке времени таймера (в секундах), при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 5 с значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на пять единиц за 1 с;
- S2 (∇) – уменьшает на единицу значения при установке времени таймера (в секундах), при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 5 с значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на пять единиц за 1 с;
- S3 (C) – включает и выключает ингалятор; с нажатия данной кнопки начинается работа таймера – обратный отсчёт заданного времени, на выводе I1 микроконтроллера устанавливается уровень лог. 1, открываются транзисторы VT6, VT5.

Через открытый транзистор VT5 напряжение 24 В поступает на усилитель мощности, выполненный на транзисторе VT7. Через минуту ингалятор начинает функционировать в рабочем режиме. Разряды индикации

интерфейса имеют следующее назначение:

- первый разряд (HG3) отображает «единицы секунд»;
- второй разряд (HG2) отображает «десятки секунд»;
- третий разряд (HG1) отображает «сотни секунд».

На плате генератора АВЗ расположен задающий генератор синусоидального напряжения ультразвуковой частоты, выполненный на транзисторе VT4 по схеме блокинг-генератора. Частотозадающей является цепь R17C6 и колебательный контур, образованный обмоткой III трансформатора T1 и конденсатором C7. Стабилизация частоты обеспечивается за счёт питания генератора стабилизированным напряжением +15 В. С обмотки I трансформатора T1 сигнал поступает на базу транзистора VT4, на котором выполнен усилитель мощности. Резистор R18 служит для ограничения базового тока транзистора VT4.

Плата таймера вместе с элементами интерфейса крепится к передней панели корпуса блока управления. Плата генератора и предохранители FU1, FU2 расположены на задней панели. Транзисторы VT5 и VT7 следует установить на теплоотводах. Площадь эффективной поверхности радиатора для транзистора VT7 должна быть не менее 150 см². Микросхема DA1 также устанавливается на теплоотводе (не менее 20 см²). Плата питания крепится к

основанию корпуса блока управления.

Вилка X1 входит в состав сетевого шнура ШВВП-ВП2×0,75-250-18-6-2,2-1. Розетка X1 в распылителе типа BNC-7033 (GB-123). Ответная часть – штекер типа BNC-7101 (GS-1401). Распылитель подключается к источнику питания через кабель РК-50-2-11.

В устройстве использованы резисторы типа C2-33H-0,125 Вт, кроме резистора R22 типа C2-33H-0,5 Вт и R18, R24 типа C2-33H-1 Вт. Конденсаторы C3, C5 – C7 типа K10-17а, конденсаторы C1, C2, C4, C8, C9 типа K50-35, дроссель L1 типа ДМ-2,4-20.

Обмотка I трансформатора T1 содержит пять витков провода ПЭВ-2, обмотка II содержит 16 витков, а обмотка III содержит семь витков. Обмотки намотаны на каркасе из полиамида с внешним диаметром 8,5 мм и длиной 15 мм. В центре каркаса имеется отверстие, в котором нарезана резьба М6×0,5. Трансформатор подстраивается ферритовым 8-мм стержневым сердечником, изготовленным на базе сердечника M2000HM1-16ПС4,5×17 ПЯО.707.090ТУ и вставленным во втулку, которая вкручивается в каркас.

Настройка ингалятора заключается в установке резонансной частоты колебаний пьезоэлемента BQ1. Для этого необходимо залить лекарственное средство в распылитель до риски максимального уровня, предварительно сняв верхнюю крышку с клапаном. Затем вращением сердечника в каркасе трансформатора T1 добиться получения аэрозольного облака в стакане распылителя. Целесообразно по соответствующим методикам проверить размер капель в получаемом аэрозольном облаке и производительность ингалятора.

Индикатор HL1 позволяет визуально контролировать наличие напряжения питания +15 В. Потребление

Таблица 3. Параметры модуля питания МДМ5-1В05 фирмы «Александр Электрик»

Диапазон изменения входного напряжения, В	17...36
Максимальный выходной ток по цепи 5 В, А	1
Пульсации выходного напряжения, %, не более	2
Габариты (корпусное исполнение), мм	30,2 × 20,2 × 10,2

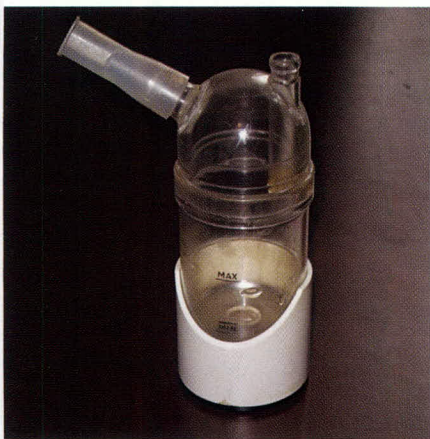


Рис. 4. Внешний вид ингалятора

тока по каналу напряжения +15 В составляет не более 500 мА. Платы таймера и генератора гальванически развязаны от питающей сети. Канал включения ингалятора собран на транзисторах VT5, VT6 и управляется с вывода 11 микроконтроллера DD1. Чтобы задействовать переключатель SA2 в положение «2». При установке переключателя SA2 в положение «1» ингалятор начинает работать сразу после включения SA1.

Для перевода устройства в рабочий режим необходимо кнопками S1 (Δ) и S2 (∇) установить необходимый интервал времени для проведения процедуры ингаляции, затем нажать на кнопку S3 (С). Установленное время (от 1 до 999 с) заносится в память микроконтроллера DD1; если его необходимо изменить, следует нажать на кнопку S3 (С), затем кнопками S1 (Δ) и S2 (∇) установить новый интервал и нажать на кнопку S3 (С).

Распылитель (см. рис. 3) предназначен для заливки и распыления лекарственного средства за счёт колебаний пьезоэлемента BQ1 с ультразвуковой частотой. Детали распылителя крепятся на кожухе. В кожух впрессована металлическая втулка, в которой закреплён пьезоэлемент BQ1. В кольцевой паз кожуха через прокладку вставляется стакан, который сверху закрывается крышкой. В верхней части крышки расположен штуцер, в который вмонтирован клапан мембранного типа. Фотография распылителя показана на рисунке 4.

При работе с ультразвуковым ингалятором необходимо учитывать

следующие ограничения. Не допускается применение лекарственных средств на основе масляных растворов и растворов с температурой выше 50°C. В зимнее время после пребывания ингалятора на улице распаковка и включение ингалятора допускаются только через 8 ч пребывания в отапливаемом помещении. Категорически запрещается включать блок управления без подключения к нему распылителя или с распылителем без лекарственного средства (пьезоэлемент BQ1 сразу выходит из строя). Прибор следует беречь от ударов и падения.

Перед включением ингалятора в сеть необходимо продезинфицировать стакан, мундштук и крышку распылителя 3-% раствором перекиси водорода, после чего промыть их чистой водой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубцов М.С., Кириченко А.В. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. СОЛОН-Пресс, 2005.
2. <http://www.artesyn.com>.
3. <http://www.aeps-group.com>.



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



для монтажа на DIN-рейку

Выходные мощности от 5 до 960 Вт

- Вход: однофазная сеть переменного тока 90...264 В (47...63 Гц)/ сеть постоянного тока 90...375 В; трёхфазная сеть переменного тока 340...575 В (47...63 Гц)/ сеть постоянного тока 480...820 В (для 480 и 960 Вт моделей)
- Широкий диапазон регулировки выходных напряжений (5, 12, 15, 24, 48 В)
- Прочная конструкция для промышленных применений
- Диапазон рабочих температур от -25 до +70°C (для 480 Вт моделей)
- Защита от перенапряжения, короткого замыкания; релейный выход состояния выходного напряжения (для 24 В моделей), параллельная работа
- MTBF не менее 200 000 часов



Серия DNR

Официальный дистрибьютор в России и странах СНГ



Т/ф: (495) 234-0636/ 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Altium Designer – схемотехническое моделирование и типы моделей

Алексей Сабунин (Москва)

В процессе разработки радиоэлектронных устройств важное место занимает схемотехническое моделирование. Большая часть систем, в которых решается данная задача, работает на основе SPICE; не исключением является и модуль Mixed SIM в пакете Altium Designer. В данной статье описаны основные этапы и виды моделирования схемы в Altium Designer, а также самый сложный этап моделирования – создание моделей.

Программы-симуляторы стали незаменимыми помощниками разработчиков электронных устройств. С появлением компьютеров появилась возможность обрабатывать большие массивы данных и рассчитывать сложные формулы, которые описывают процессы, протекающие в схеме устройства. В настоящее время существует целый ряд моделирующих программ, и практически все они созданы на основе SPICE, которая была разработана в университете Беркли. Программа PSpice считается образцом схемотехнического моделирования и используется разработчиками всего мира чаще, чем все остальные программы вместе взятые. Модуль Mixed SIM комплексной системы Altium Designer является полнофункциональным аналогом пакета PSpice.

При моделировании аналоговых устройств в Altium Designer использу-

ются алгоритмы SPICE 3f5; при моделировании цифровых устройств используется алгоритм XSPICE с описанием моделей цифровых элементов на языке Digital SimCode. Применяемые в пакете усовершенствованные алгоритмы моделирования семейства SPICE, положительно зарекомендовавшего себя в мировой практике на протяжении последних 20 лет, позволяют проводить расчёт широкого класса цифровых, аналоговых и цифро-аналоговых электрических схем и обеспечивают хорошую сходимость итерационных процессов при моделировании без дополнительной настройки.

Принципиальная схема моделируемого устройства создаётся с помощью схемного редактора Altium Designer. При выборе режима моделирования, данные о принципиальной схеме (в виде списка соединений) автоматиче-

ски передаются в модуль Mixed SIM для составления задания на моделирование, собственно моделирования и просмотра его результатов. Основной проблемой при моделировании является разработка моделей радиоэлементов, особенно отечественных, поскольку точность построения модели определяет адекватность моделирования.

Достаточно подробные рекомендации по разработке и использованию моделей приведены в электронной документации, входящей в состав Altium Designer (TR0113 Simulation Models and Analyses Reference.PDF, AP0141 SPICE Model Creation from User Data.PDF, AP0139 Creating and Linking a Digital SimCode Model.PDF, TR0117 Digital SimCode Reference.PDF).

ЭТАПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ALTIUM DESIGNER

Несмотря на то что практически все программы моделирования имеют примерно одинаковый набор настроек и обязательных действий для симуляции, Altium Designer имеет некоторые характерные особенности.

Шаг 1 – создание проекта. Кроме создания листа схемы, программа требует обязательного наличия файла проекта. Создадим новый проект командой *File > New > Project > PCB Project* и новый лист схемы *File > New > Schematic*. Кроме схемы, в структуру проекта рекомендуется добавить все библиотеки и модели, которые будут использованы при создании схемы (если не используются интегрированные библиотеки).

Шаг 2 – разработка схемы. На созданном листе схемы размещаются компоненты и рисуются линии связей. В рассматриваемом примере последовательно разместим резистор и конденсатор (см. рис. 1), взятые из стандартной библиотеки *Miscellaneous Devices.IntLib*, которая по умолчанию подключена к системе. Линии связей размещаются командой *Place > Wire*.

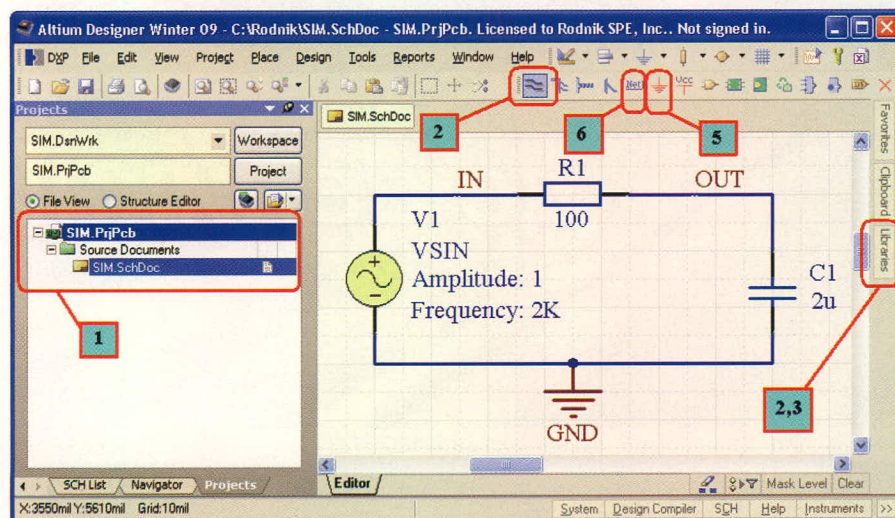


Рис. 1. Пример проекта для моделирования

Шаг 3 – размещение источников сигналов. Все источники сигналов и питания, которые могут быть использованы при моделировании схем, расположены в библиотеках, находящихся в папке *...Library\Simulation* в директории установки программы Altium. В нашем случае следует подключить библиотеку *Simulation Sources.IntLib*, для чего на вкладке *DXP > Preferences > System > Installed Libraries* нажимаем кнопку *Install* и выбираем указанную библиотеку. Установка источников сигналов ничем не отличается от размещения обычных компонентов.

Шаг 4 – установка параметров компонентов схемы. В рассматриваемом примере в качестве источника сигнала выступает компонент VSIN, который расположен в подключенной библиотеке *Simulation Sources.IntLib* и представляет собой источник синусоидального сигнала. После установки источника выполняем на нём двойной щелчок мыши и в поле *Models* нажимаем кнопку *Edit* (см. рис. 2). Здесь на вкладке *Parameters* указываем параметры источника (амплитуду и частоту сигнала). Аналогично, в свойствах резистора и конденсатора задаём параметры номинального сопротивления и ёмкости. Подробно все параметры компонентов и источников описаны в [1, 2].

Шаг 5 – описание цепи GND. Все процессы моделирования выполняют расчёты относительно некоторого нулевого уровня, в качестве которого в Altium Designer по умолчанию принята цепь GND. В нашем случае поместим знак цепи заземления на нижний вывод источника командой *Place > Power Port*.

Шаг 6 – именование цепей. Все цепи, с узлов которых будут сниматься характеристики для анализа, следует именовать командой *Place > Net Label*. В данном случае на первый вывод резистора устанавливаем метку *IN* (вход), на второй – *OUT* (выход).

Шаг 7 – установка параметров анализа. Для моделирования используется специальная панель *Mixed Sim*, которая в Altium Designer по умолчанию скрыта. Чтобы отобразить эту панель в рабочей области, необходимо нажать правой кнопкой мыши на любой панели инструментов и в выпадающем списке указать нужную панель (см. рис. 3).

В появившейся панели имеются три кнопки:

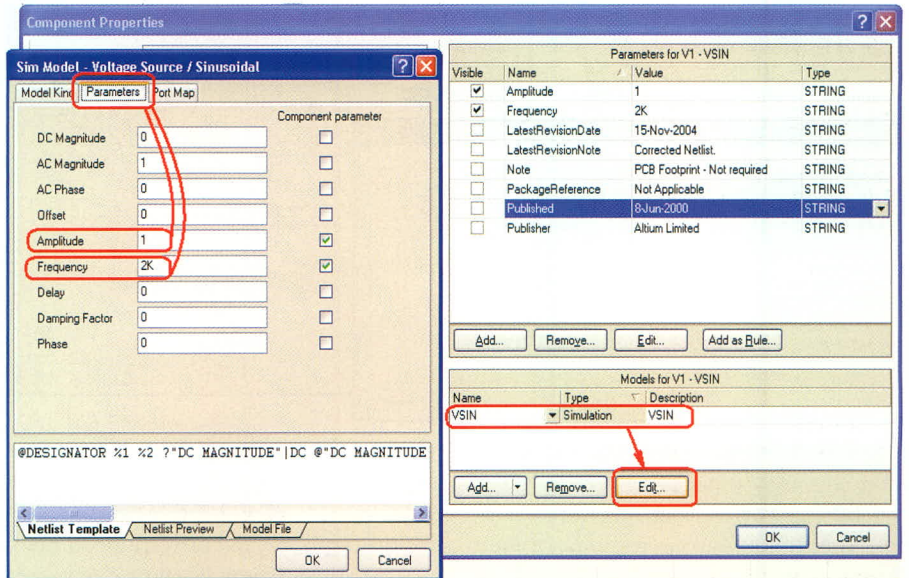


Рис. 2. Установка параметров сигналов

- *Run Mixed Signal Simulation* – запуск процесса моделирования (клавиша F9);
- *Setup Mixed-Signal Simulation* – настройки моделирования;
- *Generate XSpice Netlist* – формирование общей модели схемы (с проверкой).

Начальным этапом проектирования является процесс составления задания на моделирование, для чего нажатию кнопки *Setup Mixed-Signal Simulation* на экран выводится диалоговое окно *Analyses Setup* (см. рис. 4); в нём задаются необходимые виды анализа и выбираются схемные переменные (напряжения в узлах схемы, токи в цепях схемы, комплексные сопротивления, рассеиваемые мощности на элементах схемы) для их сохранения в файле результатов и графического отображения. Виды и параметры анализа указаны в таблице 1.

На вкладке *General Setup* необходимо указать названия цепей, с которых необходимо получить сигналы, и в поле *SimView Setup* выбрать вариант *Show Active Signal*. В поле *Available Signals* приводится перечень сигналов, графики которых строятся по результатам моделирования. Из одного поля в другое все сигналы переносятся нажатием клавиш «>>» и «<<». Выбранные правой кнопкой мыши сигналы переносятся нажатием кнопок «>» и «<». Позже, при необходимости, состав выводимых графиков можно изменить.

Дополнительные обозначения в поле *Available Signals*:

- *#branch* – ток через источник напряжения;

- *[i]* – ток через двухполюсный компонент;
- *[p]* – рассеиваемая мощность;
- *[z]* – модуль комплексного сопротивления (равного отношению э.д.с. сигнала к току через источник сигнала);
- *[ib]* – ток базы транзистора;
- *[ic]* – ток коллектора транзистора;
- *[ie]* – ток эмиттера транзистора.

Остальные настройки здесь следует оставить по умолчанию. Далее в списке *Analyses/Options* выбираем вид анализа *Transient Analysis* (анализ переходных процессов). После выбора вида анализа в правой части окна *Analyses Setup* необходимо указать настройки выбранного вида анализа (см. рис. 4). Здесь по умолчанию включен параметр *Use Transient Defaults*, который предлагает использовать временной интервал в виде конечного числа полных периодов входного сигнала. В данном случае количество циклов равно 5 (*Default Cycles Displayed*), и в каждом периоде для расчёта используются данные в 50 точках (*Default Points Per Cycle*). При необходимости можно выключить параметр *Use Transient Defaults* и задать временной интервал моделирования с помощью параметров *Start, Stop, Step Time* (время начала, окончания и шага моделирования).

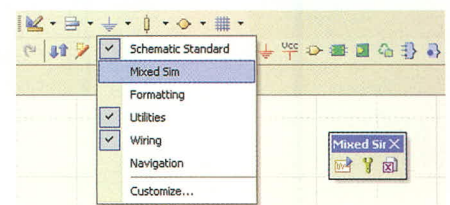


Рис. 3. Добавление панели Mixed Sim

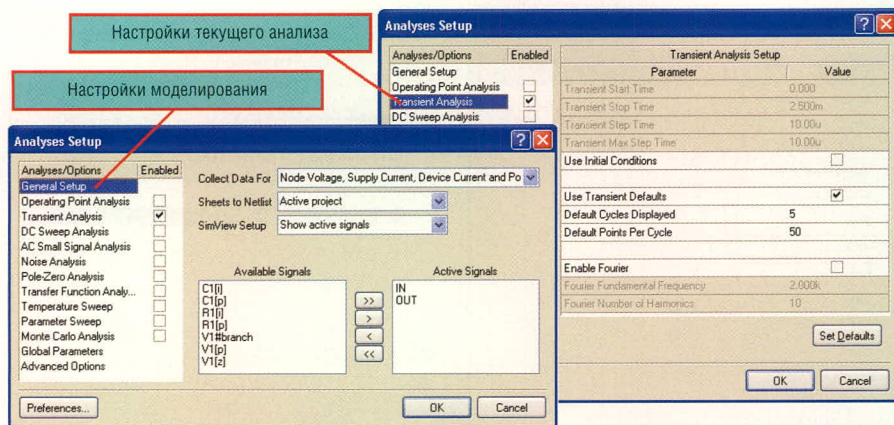


Рис. 4. Настройки моделирования

Шаг 8 – запуск моделирования. После установки параметров нажимаем кнопку *Run Mixed Signal Simulation* в ранее открытой панели инструментов. В итоге на экране будут показаны два графика, отображающие сигналы в указанных узлах. Результаты моделирования в системе Altium Designer сохраняются в отдельный файл с расширением *.SDF, в нижней части которого показаны вкладки выполненных видов моделирования.

Виды моделей в ALTUM DESIGNER

Не останавливаясь на методах обработки и интерпретации результатов моделирования (см. ниже), вернёмся на начальный этап – создание схемы. Чтобы перейти к схеме от результатов моделирования, необходимо выбрать схему в списке документов в структуре панели *Project* или выбрать соответствующую вкладку в верхней части интерфейса. При создании схемы в нашем случае были использованы компоненты, на которые имелись модели в формате SPICE (см. рис. 5). Что делать, когда такой модели нет?

Встроенные модели. Для моделирования можно использовать модели, со-

держатся во внутреннем аппарате симулятора, внутри интегрированных библиотек Altium Designer, а также пользовательские модели компонентов. Рассмотрим назначение моделей разного типа и особенности их использования.

Самыми простыми в использовании являются модели, встроенные в SPICE, параметры которых задаются через интерфейс программы. Для использования таких моделей необходимо указать, к какой функциональной группе относится данный компонент, и задать параметры, характерные для компонентов данной группы. В рассматриваемом примере, чтобы указать для резистора встроенную модель, необходимо зайти в окно свойств модели (как было показано в описании источника сигнала и на рисунке 2), которое содержит три вкладки (см. рис. 6):

- **Model Kind** – описание модели; здесь указывается одна из встроенных моделей либо дается ссылка на пользовательскую модель;
- **Parameters** – параметры, которые задаются только для встроенных моделей;
- **Port Map** – установка соответствия номеров выводов на символе и на-

Таблица 1. Виды анализа в системе Altium Designer

Вид анализа	Описание
Operating Point Analysis	Расчёт режима работы по постоянному току (расчёт «рабочей точки») при линеаризации моделей нелинейных компонентов
Transient/Fourier Analysis	Анализ переходных процессов и спектральный анализ
AC Small Signal Analysis	Частотный анализ в режиме малых сигналов (для нелинейных схем выполняется в линеаризованном режиме в окрестности рабочей точки по постоянному току)
DC Sweep Analysis	Расчёт режима по постоянному току при вариации одного или двух источников постоянного напряжения или тока
Noise Analysis	Расчёт спектральной плотности внутреннего шума
Transfer Function Analysis	Расчёт передаточных функций в режиме малых сигналов
Temperature Sweep	Режим изменения температуры
Parameter Sweep	Изменение параметров элементов
Monte Carlo Analysis	Статистический анализ по методу Монте-Карло

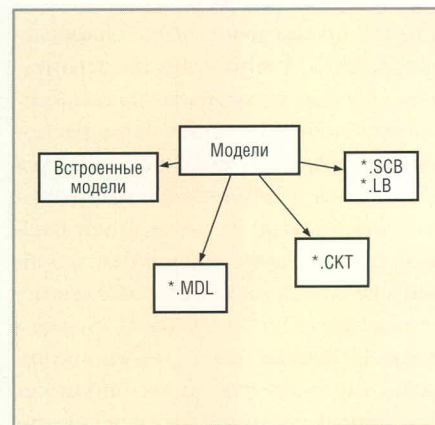


Рис. 5. Виды моделей SPICE

званий выводов в тексте модели; задаётся в основном для пользовательских моделей.

Чтобы установить пользовательскую модель, необходимо сначала указать тип модели в строке *Model Kind*, затем из следующего списка выбрать конкретную модель. В строке *Spice Prefix* появляется буквенное обозначение модели (см. таблицу 2), которое определяет набор характерных параметров. Часть параметров этих моделей доступна на вкладке *Parameters*, другие имеют стандартные значения, которые во встроенной модели изменять нельзя! Описание всех встроенных моделей и параметров приведено в документе TR0113. Так, для резистора, в результате поиска по документу TR0113 фразы «prefix R» будет найдено описание параметров, где показаны сопротивление (*Value*), длина, ширина и температура, а в дополнительных параметрах – линейный температурный коэффициент (*TC1*) и др.

Если выбрать встроенную модель, то при анализе можно изменять лишь открытые параметры. При использовании пользовательских моделей возникает необходимость более гибко варьировать параметры модели.

Формат *.MDL. Для создания пользовательских моделей компонентов, которые имеются среди встроенных моделей, используется формат *.MDL, основанный на директиве «MODEL» языка SPICE. Например, для использования резистора опишем его температурную зависимость, которая во встроенной модели по умолчанию имеет значение, равное нулю, т.е. сопротивление резистора не зависит от температуры.

Для создания пользовательской температурно-зависимой модели резистора выполним *File > New > Mixed-Signal Simulation > AdvancedSim Model*. Про-

грамма создаст в структуре текущего проекта файл с расширением *.MDL, который следует сохранить под уникальным именем, соответствующим названию компонента. Далее с созданным файлом работа ведётся в режиме обычного текстового редактора, где набирается описание модели:

```
.MODEL RTEMP RES (TC1=0.2
TC2=0.02),
```

где: .MODEL – директива описания данной модели; RTEMP – название пользовательской модели; может иметь произвольный набор символов, но для удобства должно совпадать с названием файла; RES – название встроенной модели, на которую ссылается пользовательская модель; (TC1=0.2 TC2=0.02) – описание параметров пользовательской модели.

При написании модели нельзя оставлять пробел перед директивой «.MODEL». Основная сложность при создании пользовательских моделей возникает из-за того, что заранее известны не все параметры. Чтобы узнать параметры конкретной модели, необходимо выполнить поиск её описания в файле справки TR0113 или просмотреть русскоязычные источники [2, 3].

Для использования модели в формате .MDL её необходимо подключить к компоненту, причём целесообразно это делать на уровне библиотеки. О создании библиотек и подключении моделей было подробно рассказано в СЭ № 6, 2008. В нашем случае подключим модель непосредственно к компоненту на схеме. При подключении модели рекомендуется, чтобы она находилась в структуре того проекта, в котором находится схема или библиотека, в зависимости от того, где подключается модель. Причём, если модель будет подключена к интегрированной библиотеке, то после её компиляции она будет находиться в ней, как в архиве. При подключении модели в схеме, на неё будет дана только ссылка! В нашем случае в свойствах модели резистора (см. рис. 6) на вкладке Model Kind выбираем тип модели Resistor(Semiconductor), после чего становятся доступны настройки расположения модели:

- Any – любая модель из проекта и в подключенных библиотеках;
- In File – любой файл модели, находящийся в директории проекта;
- Full Path – любая модель на диске компьютера;

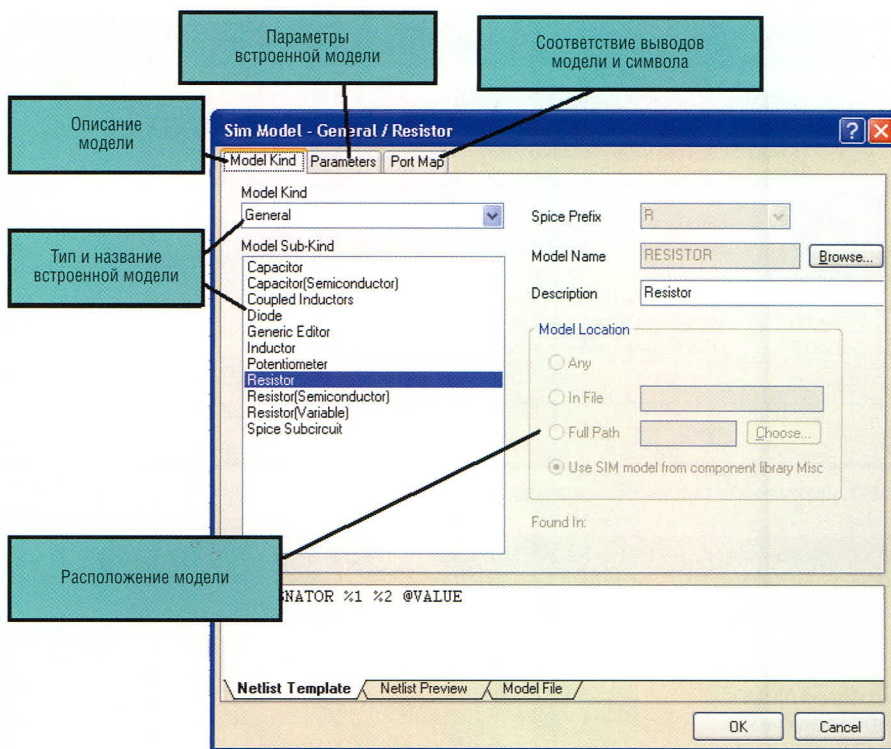


Рис. 6. Окно свойств модели

- Use SIM from... – модель из интегрированной библиотеки.

Выбираем вариант Any, после чего при нажатии кнопки Browse будут доступны все модели в подключенных библиотеках и внутри проекта (см. рис. 7).

В выпадающем списке Libraries выбираем созданную модель RTEMP и нажимаем кнопку OK во всех открытых окнах. Теперь проведём рассмотренный ранее анализ переходных процес-

сов при изменении температуры окружающей среды. Сначала зададим параметры анализа в окне Analyses Setup, которое вызывается кнопкой Setup Mixed-Signal Simulation. Здесь необходимо указать тип анализа Transient Analysis с параметрами, указанными на рисунке 4, и дополнительно выбрать Temperature Sweep (режим изменения температуры). Для выбранного режима устанавливаются параметры температурного

Таблица 2. Описание буквенных обозначений встроенных моделей

Spice Prefix	Описание компонента
B	Арсенид-галлиевый полевой транзистор с каналом n-типа
C	Конденсатор
D	Диод
E	Источник напряжения, управляемый напряжением
F	Источник тока, управляемый током
G	Источник тока, управляемый напряжением
H	Источник напряжения, управляемый током
I	Независимый источник тока
J	Полевой транзистор с управляющим p-n-переходом и каналом n-типа
J	Полевой транзистор с управляющим p-n-переходом и каналом p-типа
K	Магнитный сердечник трансформатора
L	Индуктивность
M	МОП-транзистор с каналом n-типа
M	МОП-транзистор с каналом p-типа
Q	Биполярный p-n-p-транзистор
Q	Биполярный n-p-n-транзистор
R	Резистор
T	Линия задержки
V	Независимый источник напряжения
S	Ключ, управляемый напряжением
W	Ключ, управляемый током
X	Макромодель

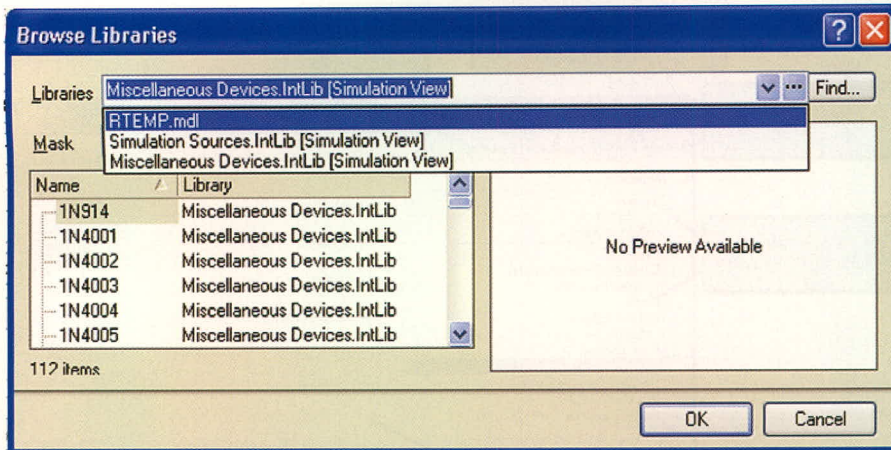


Рис. 7. Подключение пользовательской модели

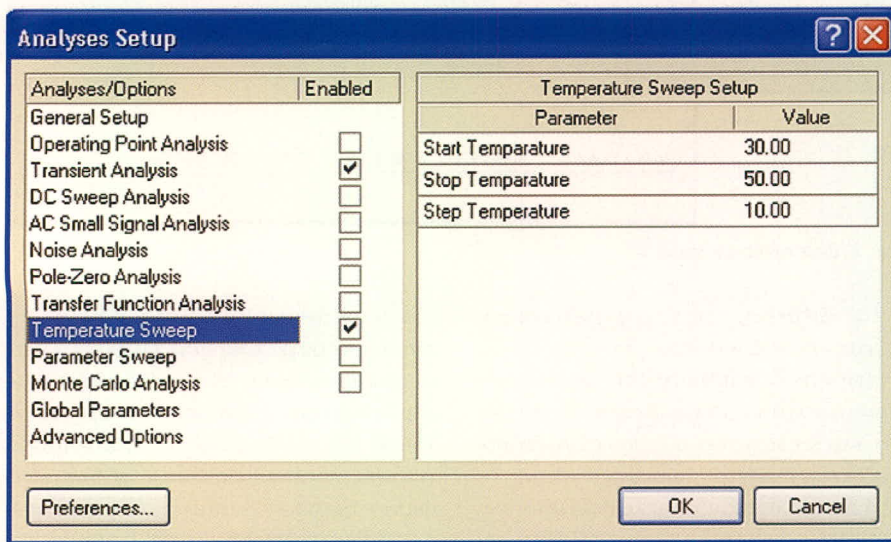


Рис. 8. Настройки режима изменения температуры

```
SIM
*SPICE Netlist generated by Advanced Sim server on 17.06.2009 11:19:55
*Schematic Netlist:
C1 0 OUT 2u
R1 IN OUT 100 RTEMP
V1 IN 0 DC 0 SIN(0 1 2K 0 0 0) AC 1 0
.SAVE 0 IN OUT V1#branch @V1[z] @C1[i] @R1[i] @C1[p] @R1[p] @V1[p]
*PLOT TRAN -1 1 A=IN A=OUT
.OPTION KeepLastSetup=False
*Selected Circuit Analyses:
.TRAN 1E-5 0.0025 0 1E-5
.CONTROL
SWEEP OPTION[TEMP] 30 50 10
.ENDC
*Models and Subcircuits:
.MODEL RTEMP RES (TC1=0.2 TC2=0.02)
.END
```

Рис. 9. Spice Netlist для задания на моделирование

диапазона в градусах Цельсия (см. рис. 8):

- Start Temperature = 30 – нижний предел изменения температуры;
- Stop Temperature = 50 – верхний предел изменения температуры;
- Step Temperature = 10 – шаг изменения температуры.

После запуска моделирования данной схемы на экран выводится не-

сколько графиков (в соответствии с заданными настройками), и на одном из графиков будут изображены сигналы при изменяющейся температуре с метками *OUT_t1*, *OUT_t2* и *OUT_t3*, которые показывают значения при заданных температурах.

При проведении любого вида анализа программа Altium Designer формирует отчетный файл (*Spice Netlist*) с

расширением *.*lsx*, который для рассматриваемого примера имеет вид, показанный на рисунке 9.

Здесь текстовые поля, начинающиеся со знака ";", являются комментарием и не обрабатываются программой. Опишем назначение некоторых разделов данного файла:

- **Schematic Netlist*. Всю схему программа разбивает на простейшие элементы, которые перечислены в данном разделе. Для каждого элемента перечислены узлы, которые подключены к его выводам, а также параметры элемента и ссылка на модель. Например, строка «R1 IN OUT 100 RTEMP» говорит о том, что элемент R1 подключен к цепи IN первым выводом, к цепи OUT вторым выводом, сопротивление резистора равно 100 Ом и используется модель RTEMP;
- **Selected Circuit Analyses*. Здесь показаны выбранные виды анализа. В нашем случае метка .*TRAN* означает анализ переходных процессов, а метка .*CONTROL* задаёт температурный разброс;
- **Models and Subcircuits*. Список подключенных моделей в формате *.*MDL* и *.*CKT*.

Проведение моделирования возможно без наличия схемы (по списку соединений). Так, в упрощённом виде можно изменять параметры компонентов в текстовом файле *.*lsx* и командой *Simulate > Run* запускать процесс моделирования непосредственно из текстового редактора. Описанную эквивалентную схему в разделе **Schematic Netlist* можно сохранить в виде отдельного файла и использовать в дальнейшем как самостоятельное устройство в виде «чёрного ящика». Модель, созданная таким образом, является моделью второго уровня и имеет расширение *.*CKT*. Описание таких моделей и моделей цифровых микросхем будет рассмотрено в следующей статье цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сабунин А.Е.* Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. Солон-Пресс, 2009.
2. *Разевиг В.Д.* Схемотехническое моделирование с помощью Micro-Cap 7. Горячая линия – Телеком, 2003.
3. *Петраков О.М.* Создание аналоговых PSPICE-моделей радиоэлементов. Радио-софт, 2004.

ВТОРИЧНАЯ ОПТИКА ДЛЯ НОВЫХ СЕРИЙ СВЕТОДИОДОВ CREE XR-E, XR-C, MC-E

КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ

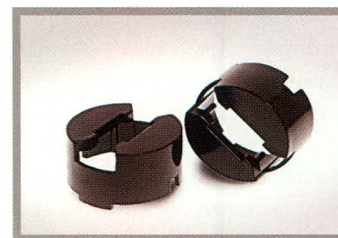
Линзы и держатели Carclo 20 мм для светодиодов Cree XR-E, XR-C, MC-E

Наименование	Описание	Белый XR-E		Белый MC-E	
		КПД по световому потоку, %	Угол излучения, °	КПД по световому потоку, %	Угол излучения, °
10193	Plain Tight	87,3	8,2	84,5	20
10194	Frosted Narrow	86,9	10,35	83	24
10208	Ripple Medium	86,9	19,5	82,5	29
10195	Frosted Medium	82,9	17,9	78	27,5
10209	Ripple Wide	81,7	20,5	80	36,5
10196	Frosted Wide	78,1	31,5	70	45
10197	Elliptical	86	47 × 8	81	44 × 23
10198	Elliptical Orthogonal	85,6	8 × 47	80	22 × 44



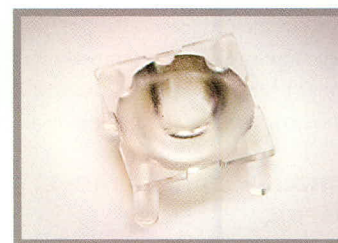
Держатели Carclo 20 мм для линз для светодиодов Cree XR-E, XR-C, MC-E

Наименование	Описание
10568	Держатель для линзы 20 мм для светодиодов XR-E, XR-C, цвет – прозрачный
10566	Держатель для линзы 20 мм для светодиодов XR-E, XR-C, цвет – черный
10513	Держатель для линзы 20 мм для светодиодов MC-E, цвет – прозрачный



Линзы Carclo 10 мм для светодиодов Cree XR-E, XR-C

Наименование	Описание	Белый XR-E	
		КПД по световому потоку, %	Угол излучения, °
10412	Plain Medium Flat front	91,8	16,5
10413	Frosted Medium	87,2	25,9
10414	Frosted Wide	80	36,7
10415	Elliptical	88,1	43 × 16



Для монтажа линзы Carclo 20 мм используется специальный держатель. Держатели приклеиваются к поверхности печатной платы клеем.

Для монтажа линзы Carclo 10 мм не требуется держатель, линза имеет специальные ножки для крепления на печатной плате, в которой должны быть предусмотрены технологические (посадочные) отверстия; линза приклеивается к поверхности печатной платы клеем.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВТОРИЧНОЙ ОПТИКЕ НА САЙТЕ www.xlight.ru

- Информация по оптике для светодиодов Cree XR-E, XR-C, XR.
- Кривые силы света (диаграммы направленности) на оптику Carclo, Ledil.
- Габаритные чертежи линз и держателей.

Ma hSpice – аналитический PSpice-движок для OrCAD и MicroCAP

Часть 2. Директивы MSpice

Олег Петраков (Москва)

Пакет расширений Maple под названием MathSpice (MSpice) предназначен для аналитического решения электронных цепей и функциональных схем, но может быть использован как инструмент создания Spice-моделей сигналов и электронных приборов для различных симуляторов. Во второй статье цикла описаны основные директивы MSpice.

Для получения решения MSpice использует всего две основные директивы – ESolve() и Values(). Остальные директивы имеют характер Smart-утилит для быстрого выполнения некоторых типовых операций, например, построения графиков, вычисления нулей и полюсов, преобразований полученных решений. В свою очередь, директивы управляются опциями, которые модифицируют их действие в соответствии с характером решаемой задачи. В общем случае задача решается с применением всего арсенала средств Maple. MSpice и никаких ограничений не накладывает. И если вы хотите создать переносимый документ, то не следует применять Smart-утилиты массово, так как не все располагают MSpice. Либо надо принимать меры по консервации сгенерированных MSpice данных, например скопировать их через буфер в новую строку.

ОСНОВНЫЕ ДИРЕКТИВЫ MSPICE

К основным директивам относятся ESolve() с опциями Analysis и Devices, и Values(). Директива ESolve() читает NET-листинг, составляет уравнения Кирхгофа, решает их аналитически и вводит решения в рабочий лист Maple. Директива Values() вводит в рабочий лист Maple значения номиналов компонентов по схеме и присваивает их именам компонентов. После применения директивы Values() возможно получение численных решений.

ESolve() – директива чтения NET-листинга и получения решений

Это главная директива пакета. Она служит для вызова NET-листинга ис-

следуемой электрической цепи в рабочий лист Maple, составления системы уравнений Кирхгофа и вывода решения цепи в аналитическом виде. Директива ESolve() многорежимная и управляется опцией Analysis. Эта опция указывает директиве метод аналитического решения задачи, представленной NET-листингом. Опция Analysis указывается внутри директивы. Опция Devices внешняя. Она должна быть указана до применения ESolve(). Опция Devices указывает тип моделей (эквивалентных схем замещения) электронных приборов, которые используются вместо условных графических изображений (УГО) транзисторов, операционных усилителей, ламп. При отсутствии опции Devices используются модели по умолчанию, самые простые и самые употребительные. Кроме этого, опция Devices позволяет вывести схему модели прибора на экран в виде оформленного рисунка, что немало важно для пояснения хода расчётов и публикации в прессе.

Обобщённый формат ввода директивы ESolve():

```
> Devices:=[Одинаковые, [тип прибора, уровень сложности, номер рисунка], [x,x,x], ... [x,x,x] ];
> ESolve(Analysis, `Путь к NET-листингу`):
```

Где:

- Devices – необязательная опция управления моделями. При её отсутствии используются модели по умолчанию;
- Analysis – опция управления способом решения задачи;

- `Путь к NET-листингу` – строчная переменная, в которой указан путь к файлу NET-листинга, записанный по правилам Maple.

Путь к листингу, в случае использования в качестве графического редактора OrCAD Capture, должен выглядеть примерно так:

```
`P:/Samples/MOS/MOS-
PSpiceFiles/SCHEMATIC1/SCHEMATIC1
.net`
```

Особенностью указания пути для Maple является то, что слеш должен быть направлен в обратную сторону (/) по сравнению с тем, как это принято в MS DOS (\). Операцию копирования пути легко выполнить с помощью Total Commander, а затем вручную заменить слеш на обратный.

Опция Analysis – это строка, составленная из ключевых слов (или их комбинации). Ключевые слова (Laplace, Q, Physics, Spice, Differential, Big, Small, Not print, V) можно писать целиком, но для сокращения записи лучше использовать только большие буквы, указанные ниже. Опции Q, P, S, B, M, N, V (Q, Physics, Spice, Big, Small, Not print, V) управляют выводом системы уравнений Кирхгофа на решение и форматом переменных. Опции L, D (Laplace, Differential) управляют способом решения задачи (либо решаются операторные уравнения, либо дифференциальные).

Формат переменных (имена узловых напряжений) может быть:

- *электрический*. При этом все переменные начинаются с символа «V» (V1, VOUT, VINP, V34). Этот формат используется по умолчанию;
- *физический*. Убирается символ «V» в именах переменных, если следующий символ не цифра (V1, OUT, INP, V34 – опция «P»);
- *PSpice*. Это электрический формат, но имена узлов после символа «V» находятся в скобках (V(1), V(OUT), V(INP), V(34) – опция «S»). Этот ре-

жим полезен разработчикам PSpice-моделей. Полученные выражения могут использоваться практически любым Spice-симулятором.

Вывод уравнений на экран можно отключить (N), сделать красивым (Q), увеличить степень подробности (V). Если в именах переменных встречаются имена символов греческого алфавита, то их можно вывести либо строчными буквами (B), либо прописными (M). Для предотвращения повторного решения систем уравнений, если схема не изменялась, служит опция «write» или «wr». При наличии опции «wr» перезапись уравнений производится только после генерации нового NET-листинга. При наличии опции «write» перезапись уравнений производится постоянно (это не рабочий режим, требуется крайне редко).

Способ решения задаётся комбинацией этих опций, которые пишутся одной строкой вместо слова Analysis. Порядок следования произвольный. Например: QS – решение в операторном виде с переменными в формате PSpice; DPM – решение дифференциальных уравнений с переменными физического формата, при этом греческие буквы вводятся как прописные; Q – решение в операторном виде электрических задач, это наиболее употребительная опция; Qwr – решение в операторном виде электрических задач с записью (чтением) решения в файл.

Используются следующие символы для сокращённого формирования опции Analysis:

- Analysis = "L"aplace: по умолчанию (метод Лапласа);
- Analysis = "Q": метод Лапласа с красивой печатью уравнений (можно использовать вместо L);
- Analysis = "P"ysics: представление переменных в физическом формате;
- Analysis = "S"pice: представление переменных в формате PSpice;
- Analysis = "D"ifferential: решение в дифференциальных уравнениях;
- Analysis = "B"ig: преобразование греческих символов в строчный шрифт;
- Analysis = s"M"all: преобразование греческих символов в прописной шрифт;
- Analysis = "N"ot print: подавление вывода уравнений на экран;
- Analysis = "V": вывод на экран первичных уравнений;

- Analysis = «write» («wr»): запись решения в файл с последующим чтением решения из файла. Это позволяет избежать повторного решения системы уравнений, если схема не изменялась.

Пример:

```
ESolve(Q, `ОВ.СКТ`):
```

Важно! При запуске Maple из меню Start Windows в рабочем листе Maple в директиве ESolve() надо указать полный путь к файлу NET-листинга с указанием метки диска, например:

```
ESolve(Q, `P:/Samples/MOS_1/MOS-PSpiceFiles/SCHEMATIC1/SCHEMATIC1.net`); # для OrCAD
ESolve(Q, `k:/ВидеоусилительОВ/ОВ.СКТ`); # для MicroCAP
```

Можно использовать укороченные относительные пути (как в первом примере), но перед этим Windows надо указать, каким именно приложением открывать ваши проекты в виде рабочих листов Maple (указать надо примерно так c:\Maple 11\bin.win\cwmpl.exe). После этого открывать эти проекты надо щелчком мыши по имени файла.

Работу над большой задачей можно ускорить, используя запись решения системы уравнений в файл, например:

```
ESolve(Qwr, `k:/Видео усилительОВ/ОВ.СКТ`),
```

где wr – режим однократной записи в файл и многократного чтения; write – режим принудительной записи в файл.

Это очень полезная возможность, если проект содержит сложную схему. В этом случае уравнения решаются долго. Однако задача в целом требует многократного перезапуска программы с целью анализа результатов. При этом схема может долго не изменяться. Чтобы повторно не составлять и не решать систему уравнений (это может быть и час), используйте эту опцию. Если вы измените схему и сгенерируете новый NET-листинг, то MSpice это заметит. Он обнаружит и считает новый NET-листинг, после чего выполнит решение задачи заново и опять запишет его в файл, ожидая следующей коррекции схемы.

Опции Devices присваивается значение списка, который содержит подопцию одинаковости параметров приборов в пределах одного типа и список

указателей моделей. В этом списке моделей надо указать только те модели, которые не являются используемыми по умолчанию.

Обобщённая форма записи опции Devices (Приборы) выглядит так:

```
Devices:= [Одинаковые, [тип прибора, уровень сложности модели, номер рисунка], [x,x,x], ... [x,x,x] ];
```

Важно! Опция Devices указывается до применения директивы ESolve().

Одинаковые – указатель на одинаковость параметров схемы замещения приборы. Синоним слова «Одинаковые»: O, o, Equal, equal, Equ, equ, E. При отсутствии слова «Одинаковые» (или синонима) параметры моделей всех приборов становятся разными, например:

```
Devices:= [[BJT, AC1, 2]] .
```

Так, если в схеме три транзистора, то в уравнениях появятся девять переменных: β1, Rэб1, Сэб1, β2, Rэб2, Сэб2, β3, Rэб3, Сэб3; в противном случае только три: β, Rэб, Сэб.

Перечень типов приборов:

- VJT, JFET, MOS, GaAs, IGBT – транзисторы;
- OP – стандартные операционные усилители;
- TOP – трансимпедансные операционные усилители;
- TRIODE – лампа-триод.

По умолчанию Mspice использует русские обозначения параметров схем замещения приборов. Если в указателе типа приборов присутствует сочетание символов «en», то обозначения параметров будут английские (BJTen, IGBTen, OPen, TRIODEen).

Перечень уровней сложности моделей:

- для транзисторов: DC1, DC2, DC3, DF, AC1, AC2, AC3;
- для OY: DC1, DC2, DC3, DC4, AC1, AC2, AC3, AC4.

Номер рисунка – это просто цифры, означающие номер рисунка, например: 3, 16, 3.23, 23.5. Если они указаны в списке, то в текст выводится пронумерованный рисунок со схемой замещения указанного в этом списке прибора, если не указаны, то рисунок не выводится.

Важно! По умолчанию, при отсутствии опции Devices модели всех приборов имеют уровень сложности DC1, параметры схем замещения разные, используются русские обозначения параметров. При рисовании электронных схем принято использовать услов-

ные графические обозначения (УГО), это делает их наглядными и простыми. При проведении аналитических расчётов схем, содержащих электронные приборы, вместо УГО в уравнения подставляются эквивалентные схемы замещения прибора. Общее число моделей, поддерживаемых MSpice, около сотни. Поэтому моделями надо управлять. Модели распределены на две большие группы – модели постоянного тока (DC) и модели переменного тока (AC). Внутри групп они различаются по уровню сложности – 1, 2, 3, 4.

По умолчанию, когда опция Devices не указана, используются простейшие модели (DC1). Более точные решения можно получить, используя модели более высокого уровня сложности DC(2...4), AC(1...4). Именно в этом случае используется опция Devices. В проекте можно сочетать разные приборы. Подопция одинаковости указывает на одинаковость параметров эквивалентной схемы в пределах одного типа. Например, в схеме используются три транзистора с одинаковым β , Rэб, Сэб или с разными β_1 , Rэб1, Сэб1, β_2 , Rэб2, Сэб2, β_3 , Rэб3, Сэб3. Естественно, в первом случае уравнения будут проще.

Действие подопции «Одинаковые» глобально для всех приборов (в том числе и для используемых по умолчанию, т.е. не указанных в опции Devices). Вместо опции Devices можно использовать опцию Приборы, это одно и то же.

Пример:

```
Приборы:=[Одинаковые, [VJTen, AC1, 2.13]]:
```

Расшифруем содержимое этой опции:

- Одинаковые – будут использоваться модели приборов с одинаковыми параметрами;
- VJTen – «en» указание на английские обозначения параметров модели VJT (биполярного) транзистора;
- AC1 – указание на инерционную модель прибора, уровень сложности – 1;
- 2.13 – цифры в конце списка. Если они есть, то на экран выводится пронумерованный рисунок со схемой модели прибора, на который можно давать ссылки в сопровождающем работу тексте. Это позволяет избежать неоднозначности толкования моделей; что вам нарисовала эта директива, то вы и увидите в уравнениях.

Values() – директива ввода в проект номиналов компонентов со схемы

Директива Esolve() вводит в рабочий лист Maple символьное решение. Для получения численных результатов вместо обозначений компонентов надо подставить их номиналы, которые указаны на схеме. Именно для этого служит директива Values(). Кроме этого, директива вводит параметры встроенных в Mspice моделей электронных приборов и некоторые физические константы, если это необходимо.

Обобщённый формат ввода директивы Values():

```
Values(x1, x2, x3):
```

Где:

- x1, x2, x3 – указатели (модификаторы) формата вводимых директивой данных о номиналах;
 - x1 – указатель типа расчётов: постоянный (DC), переменный (AC) ток, переходные процессы (laplace);
 - x2 – указатель на разрешение ввода номиналов. Так, RLCVI – разрешает ввести все номиналы. Если убрать часть букв, то номиналы соответствующих групп компонентов не будут введены и останутся в символьном виде. Если в этой строчке присутствует символ «P», то номиналы компонентов будут введены в рабочий лист Maple, но печать на экран будет подавлена. Во многих случаях это оправдано, так как практически всё указано на схеме, которую через буфер Windows можно поместить в рабочий лист Maple;
 - x3 – список указателей на компоненты, номиналы которых вводить запрещено. Например: x3=[«Rнагрузки»]. Тогда вы можете построить нагрузочную характеристику по переменной Rнагрузки.
- Примеры допустимых значений указателей:
- x1=DC – ввод DC/AC-источников с DC-значениями;
 - x1=AC – ввод DC/AC-источников с AC-значениями;
 - x1=laplace – выполняется преобразование Лапласа по переменной t;
 - x1=laplace_T – выполняется преобразование Лапласа по переменной T;
 - x1=laplace_eta – выполняется преобразование Лапласа по произвольной переменной, например eta;
 - x2=RLC – вводятся элементы R, L, C, не выводятся V, I;

- x2=RLCVI – вводятся элементы R, L, C, V, I;
- x2=PRLCVI – вводятся элементы R, L, C, V, I, но без печати на дисплей;
- x3=[«R14», «Vinp»] – запрет вывода номиналов R14, Vinp, которые следует поместить в двойные кавычки. Это предохранит имена компонентов от модификации, если вы их ранее переопределили;

- x3=[] – отмена всех частных запретов вывода номиналов компонентов. После вывода спецификации всем перечисленным в ней переменным присваиваются значения номиналов компонентов схемы. При этом все дальнейшие расчёты будут уже численными, если не принять специальных мер.

К специальным мерам относится запрет ввода номиналов некоторых компонентов, если вы собираетесь построить от них какую-либо зависимость. Пример использования директивы Values:

```
> Values(AC, RLCVI, []);
```

Ввод номиналов компонентов:

```
R5 := .100e6, "100K"
C4 := .47e-7, "47n"
R4 := .1e4, "1K"
R1 := 480, "480"
C1 := .51e-10, «51p"
R6 := 38, "38"
R2 := 480, "480"
R7 := 962, "962"
R3 := 240, "240"
C2 := .51e-10, "51p"
C3 := .102e-9, "102p"
beta := 100, "100"
`Ft` := .100e6, "100e3"
`Jэ` := .1e-2
`Рэб` := k*T/e*(beta+1)/`Jэ`
`Рэб` := k*T/e*(beta+1)/`Jэ`
e := .1602176462e-18
k := .1380650277e-22
T := 300, "300"
AC источник: DC: Vvx:=0 AC:
Vvx:=1 Pphase(degrees):=0
DC источник: DC: VB:=12 AC: VB:=0
H_Q2_КТ3102В := (V5-
VOUT)*beta/`Рэб`
H_Q1_КТ3102В := (V6-V4)*beta/`Рэб`
```

Ввод источников имеет особенность. Если установлен ключ DC, то выводятся только DC-составляющая всех источников. Если установлен ключ AC, то на экран выводятся DC- и AC-составляющие, а переменным присваиваются значения AC. Так, для чисто DC-ис-

точников составляющая AC всегда равна нулю.

При сравнении результатов с PSpice следует помнить, что в PSpice рабочая точка, в которой находится электронный прибор, зависит от величин DC-источников. Например, если вы хотите построить АЧХ транзисторного фильтра с помощью PSpice, то она будет несколько разной при разных питающих напряжениях.

При аналитических расчётах, если вы желаете добиться идеального совпадения результатов с PSpice, вы должны сами позаботиться о задании параметров схем замещения электронных приборов для рабочей точки. О том, как создаются такие модели, написано в разделе 3.2 Модели реальных приборов для аналитических расчётов.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ДИРЕКТИВЫ MSpICE

Эти директивы носят характер Smart-утилит для быстрого выполнения некоторых типовых задач, например построения графиков. Чаще всего их достаточно, чтобы оформить работу, пригодную для публикации. Для получения более продвинутой визуализации

или анализа решения следует использовать функции Maple. Помимо ускорения работы, применение этих директив позволяет сделать листинги Maple с электрическими расчётами более короткими и приятными на глаз.

IMG() – директива построения графиков

Директива позволяет быстро построить график функции (или списка функций) с приемлемым для публикации качеством оформления рисунка. Для построения графиков используются следующие шкалы в терминах Maple: semilog, log10, logplot, loglogplot. Кроме этого формируется типовая надпись к рисунку с номером, легенда, имена переменных.

Обобщённый формат ввода директивы:

```
IMG([список функций], Имя переменной =начало..конец, «пояснительный текст к рисунку»):
```

Или более коротко:

```
IMG([F1, F2, ..., Fn], Var=Low..Hig, "txt"):
```

Где:

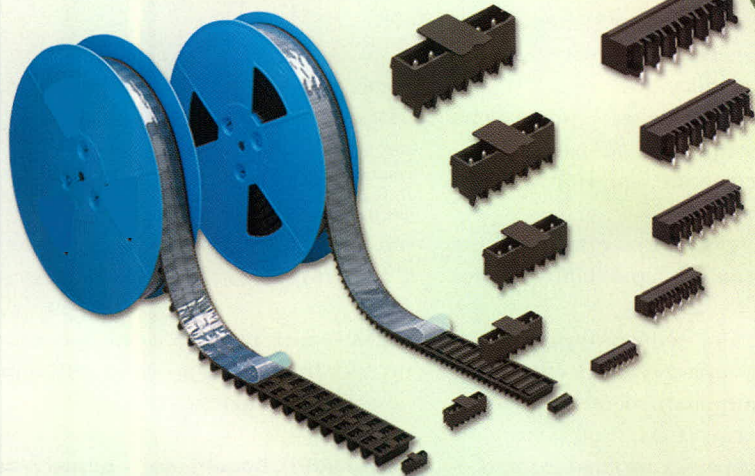
- [F1, F2, ..., Fn] – список функций;
- Var – имя переменной;
- Low – начальное значение переменной;
- Hig – конечное значение переменной;
- «txt» – надпись к графику.

Строка «txt» может содержать управляющие ключевые слова и структуры, которые на печать выводятся не всегда, но влияют на способ построения графика. Поддерживаются следующие ключевые слова и структуры:

- №) – номер рисунка;
- semi, log10, log, loglog – тип шкал по осям X и Y при выводе графика;
- del – подавление печати слова или структуры, написанных за del;
- \$ – указатель количества точек на графике (например, \$1000 – тысяча точек);
- [F1, F2, ..., Fn] – список функций для формирования легенды. В списке могут фигурировать любые разумные пояснения к графикам, позволяющие в них разобраться, но количество элементов в списке должно быть равно количеству функций, иначе сформируется легенда по умолчанию.

Клеммы и соединители для печатных плат

WAGO[®]
INNOVATIVE CONNECTIONS



К монтажу
ГОТОВЫ!

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

PROSOFT[®]

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

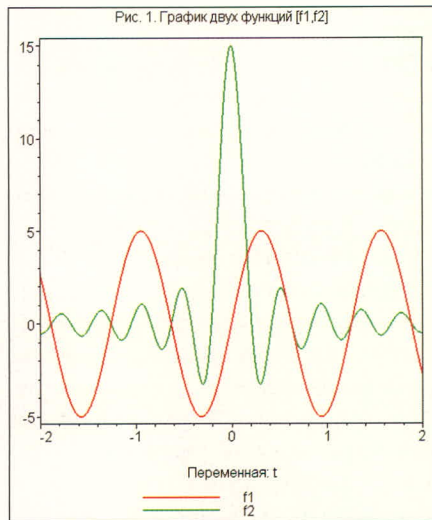


Рис. 1. График двух функций

Пример (рис. 1):

```
> f1:=5*sin(5*t):
> f2:=sin(15*t)/t:
> IMG([f1,f2],t=-2..2,"1) График
двух функций [f1,f2]");
```

HSF() – директива построения частотных характеристик операторных функций

Для линейных цепей построение частотных характеристик – типовая задача. Mspice решает такие задачи в только в операторном виде. Для профессиональной работы иметь операторные функции вполне достаточно, так как переход в частотную область – задача тривиальная. Однако проект при этом засоряется громоздкими выражениями, но ничего нового не добавляется. Директива HSF() автоматически переводит указанные в ней операторные функции в частотную область. Если в директиву помещена частотная функция $K(f)$ ли $K(\omega)$, её график тоже будет построен, но она должна соответствовать имени переменной Var. Это функция очень удобна, поскольку экономит время и делает рабочий лист Maple более коротким. Для построения АЧХ используются следующие шкалы в терминах Maple: semilog, log10, logplot, loglogplot. Кроме этого формируется типовая надпись к рисунку, легенда, имена переменных. Несмотря на скромный вид, она весьма универсальна и позволяет избегать громоздких записей при использовании стандартной команды plot(). Если не использовать в качестве переменных символы f и ω , то она будет работает как директива IMG().

Шаблон директивы:

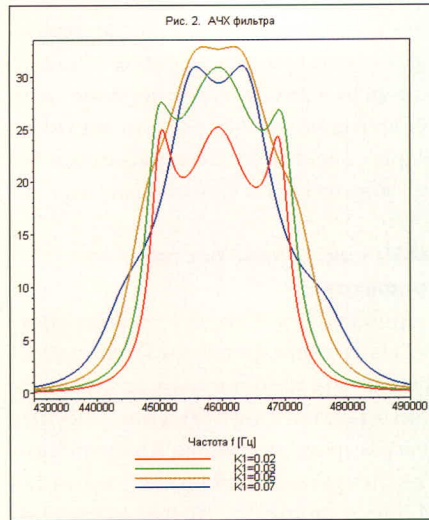


Рис. 2. АЧХ фильтра

```
HSF ([список функций], имя =начало..конец, «пояснительный текст»):
```

Или более коротко:

```
HSF ([H1, H2, ..., Hn], Var=Low..Hig, "txt"):
```

Где:

- [H1, H2 .. Hn] – список операторных функций;
- Var – имя переменной. Для построения АЧХ обязательно использовать имена f или ω ;
- Low – начальное значение переменной;
- Hig – конечное значение переменной;
- «txt» – надпись к графику.

Строка «txt» может содержать управляющие ключевые слова и структуры, которые на печать выводятся не всегда, но влияют на способ построения графика. Поддерживаются следующие ключевые слова и структуры:

- №) – номер рисунка;
- semi, log10, log, loglog – тип шкал по осям X и Y при выводе графика;
- del – подавление печати слова, написанного за del;
- \$ – указатель количества точек на графике (например, \$1000 – тысяча точек);
- [H1, H2, ..., Hn] – список функций для формирования легенды. В списке могут фигурировать любые разумные пояснения к графикам, позволяющие в них разобраться, но количество элементов в списке должно быть равно количеству функций, иначе сформируется легенда по умолчанию.

В приводимых ниже примерах сами графики не показаны. Показано толь-

ко, как формируются надписи и подписи в зависимости от ключевых слов:

```
HSF ([H1,H2,K1], f=1..1e6,"1)
semi [H1,H2,K1] усилителя"):
Рис. 1. АЧХ усилителя
```

(При этом на графике будут указаны легенды H1, H2, K1.)

```
HSF ([H1,H2,K1], omega=1..10e8,"1)
semi [H1,H2,K1] усилителя на круговой частоте"):
Рис. 1. АЧХ [H1,H2,K1] усилителя на круговой частоте
```

(При этом на графике будут указаны легенды H1, H2, K1.)

```
HSF ([H1,H2,K1], f=1..1e6,"1) semi
[H1,H2,K1]$1000 усилителя"):
Рис. 1. АЧХ [H1,H2,K1] усилителя
```

(При этом на графике будут указаны легенды H1, H2, K1. Будет выводиться тысяча точек, это необходимо для вывода острых резонансных кривых.)

```
HSF ([sin(100*t),VOUT], t=1..1e6,"2
.2.1) del[sin(100*t),VOUT] Выход усилителя"):
Рис. 2. 2. 1. Выход усилителя
```

(При этом на графике будут указаны легенды sit(100*t), VOUT. Если имя переменной не f или ω , то HSF работает как IMG. В принципе IMG можно не использовать.)

Приведём пример сложного графика (рис. 2), построенного с помощью HSF() для полосового радиопередающего фильтра:

```
>
[eval (OUT,K1=0.02),eval (OUT,K1=0.03),eval (OUT,K1=0.05),eval (OUT,K1=0.07)]:
HSF (% , f=4.3e5..4.9e5,"2) АЧХ
фильтра
del [ `K1=0.02`, `K1=0.03`, `K1=0.05`, `K1=0.07` ]");
```

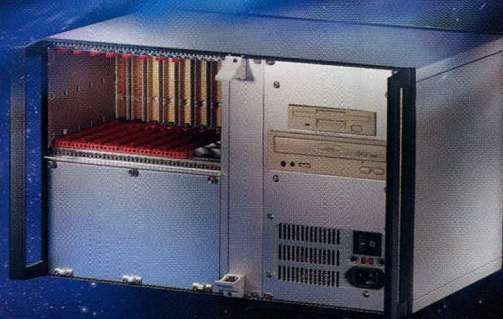
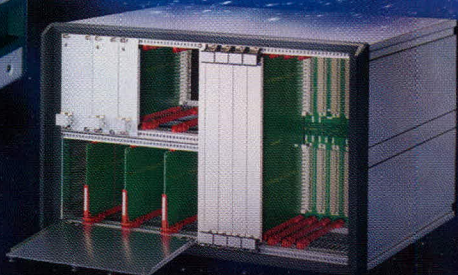
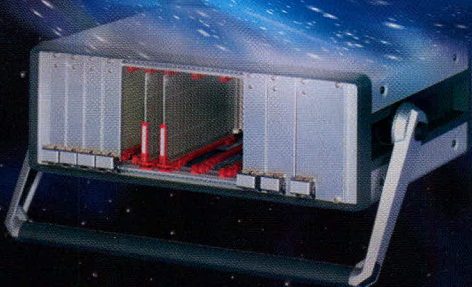
Очевидно, что такого рисунка вполне достаточно для анализа АЧХ, причём многовариантного.

BodeAVdB(), BodePfase() – директивы построения диаграммы Боде

Эти директивы предназначены для вывода логарифмических частотных характеристик в децибелах одиночной операторной или частотной функции.

Полная линейка приборных корпусов

Технология EuropacPRO —
ГАЛАКТИКА
ВОЗМОЖНОСТЕЙ



CompacPRO

**Простой и удобный
переносной корпус**

- Разнообразные конфигурации
- Идентичные передняя и задняя рамки
- Простота сборки – компоненты фиксируются с внешней стороны
- Высокая прочность и надежность
- Привлекательная цена

PropacPRO

**Прочный переносной корпус
с системой электромагнитного
экранирования**

- Разнообразные конфигурации
- Привлекательный дизайн
- Прочная литая передняя рамка
- Возможность электромагнитного экранирования
- Может использоваться для медицинского оборудования

RatiopacPRO

**Универсальный корпус
для любых применений**

- Настольное, переносное или стоечное исполнение
- Произвольные размеры и разнообразные конфигурации
- Возможность электромагнитного экранирования
- Эффективные системы охлаждения

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
САМАРА Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
КИЕВ Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
УФА Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

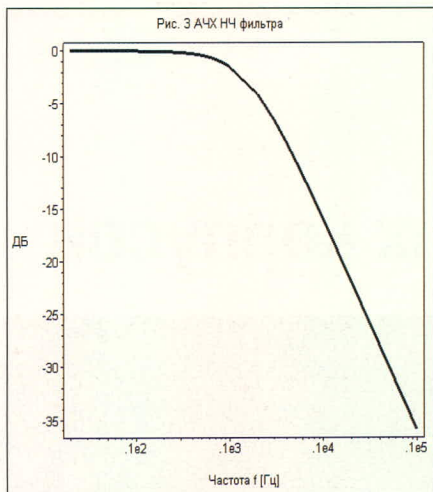


Рис. 3. АЧХ НЧ-фильтра

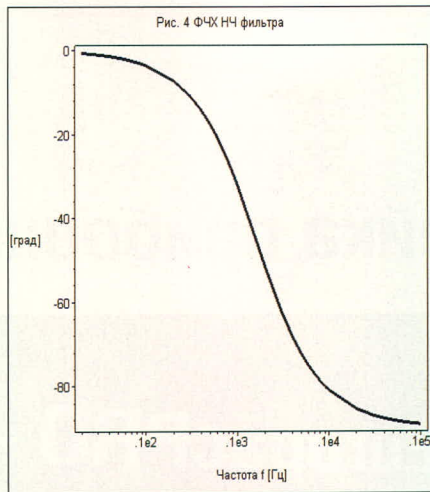


Рис. 4. ФЧХ НЧ-фильтра

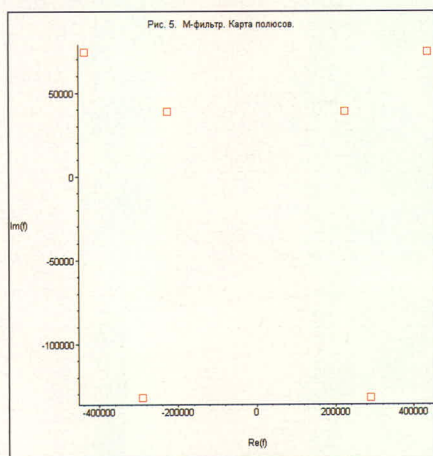


Рис. 5. Карта полюсов М-фильтра

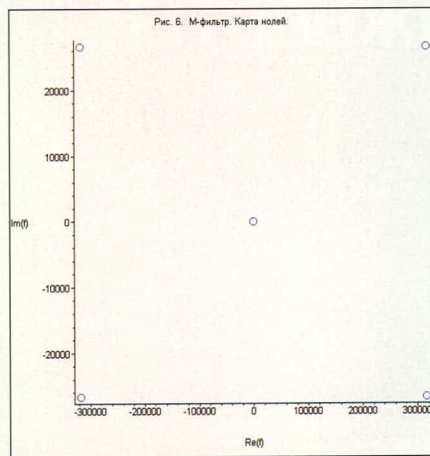


Рис. 6. Карта нулей М-фильтра

Директивы автоматически переводят указанные в ней операторные функции в частотную область. Эта функция очень удобна, поскольку экономит время и делает рабочий лист Maple более коротким. Кроме этого формируется типовая надпись к рисунку, легенда, имена переменных. В этом они сходны с директивой HSF, описанной выше.

Формат ввода:

```

VodeAVdB(H,Var=Low..Hig,txt): -
Построение диаграмм Воде для амплитуды
VodePfase(H,Var=Low..Hig,txt): -
Построение диаграмм Воде для фазы
    
```

Где:

- H – операторная или частотная функция;
- Var – имя переменной (f или omega);
- Low – начальное значение переменной (в декадах);
- Hig – конечное значение переменной (в декадах);
- txt – надпись к рисунку.

Пример построения диаграммы Боде для простейшего НЧ-фильтра в виде RC-цепочки (рис. 3, 4):

```

> H:=1/(0.02(1+Pi*f));
VodeAVdB(H,f=0..5,"Рис. 3 АЧХ НЧ
фильтра");
VodePfase(H,f=0..5,"Рис. 4 ФЧХ НЧ
фильтра");
    
```

PoleZero(), PlotPZ() – директивы построения карт нулей и полюсов

Директива PoleZero() выводит полюсы и нули в аналитическом виде, а после использования директивы Values() вычисляет их численное значение.

Директивы PlotPZ() предназначены для графического вывода частотных или комплексных нулей и полюсов одиночной операторной функции. Директивы автоматизируют достаточно рутинные операции по поиску корней полиномов. Их применение экономит время и делает рабочий лист Maple более коротким. Кроме этого формируется типовая надпись к рисунку, легенда, имена переменных. В этом они сходны с директивой HSF, описанной выше.

Формат записи директив:

```

PoleZero(H,Var): - аналитический
поиск нулей и полюсов
    
```

PlotPZ(H,Var,"txt"): – карта нулей и полюсов в виде графика

Где:

- H – операторная или частотная функция;
- Var – имя переменной (s, f или omega);
- txt – надпись к рисунку (директива PoleZero() не нуждается в этой опции).

В приводимом ниже примере в качестве переменной указана частота f, поэтому для операторной функции H(s) будет выведена карта полюсов (рис. 5) и нулей (рис. 6) в частотной области. Для специалиста по фильтрам видеть такую карту радостнее, чем звездное небо в самую темную ночь.

```

> PlotPZ(H,f,"5) М-фильтр.");
    
```

PlotModel() – директива печати моделей приборов

MSPice поддерживает около сотни моделей электронных приборов, базирующихся на общепринятых в ведущих учебниках для вузов моделях. Они различаются по уровню сложности. Сложные модели используются при изучении отдельных транзисторных каскадов усиления. Простые модели используются при исследовании устройств с массовым использованием транзисторов, когда применение сложных моделей не позволяет получить результат приемлемой сложности. Директива PlotModel() вводит в проект графическое изображение моделей, которые затем используется для пояснений расчётов. Этой директивой изображение модели можно вставить в произвольное место рабочего листа Maple. Можно распечатать всё сразу, например, для обзора моделей.

Обобщённый формат директивы:

```

PlotModel([тип прибора, уровень
сложности модели, номер рисунка],
... , [x,x,x]);
    
```

Указание для печати конкретных моделей в рабочий лист задаётся в виде списка списков, в котором можно перечислить всё, что вас интересует в данный момент. Все указатели в этой директиве аналогичны указателям опции Devises, описанной выше, за исключением поддержки подопции одинаковости. Здесь нет никакого смысла в одинаковости парамет-

ров схем замещения электронных приборов.

Примеры использования директивы для обзора моделей:

```
PlotModel ([MOS,DC,AC,AC2,AC3,DC3,DC2,2]);
PlotModel ([DMOS,DC,AC,AC2,AC3,DC3,DC2,2]);
PlotModel ([JFET,DC,AC,AC2,AC3,DC3,DC2,2]);
PlotModel ([BJT,DC,AC,AC2,AC3,DC3,DC2,DF,2]);
PlotModel ([GaAs,DC,AC,AC2,AC3,DC3,DC2,1]);
PlotModel ([IGBT,DC,AC,AC2,AC3,DC3,DC2,1]);
PlotModel ([OP,DC,AC,AC2,AC3,DC3,DC2,1]);
PlotModel ([TOP,DC,AC,AC2,AC3,DC3,DC2,1]);
PlotModel ([TRIODE,DC1,DC2,DC3,AC1,AC2,AC3,1]);
PlotModel ([NOT], "Список наиболее употребительных нотаций");
```

Пример вывода информации о AC3 модели IGBT транзистора (рис. 7):

```
> PlotModel ([IGBT,AC3,7]);
```

AV(), AVM(), AVP() AVPdeg() – директивы перевода операторных функций в частотную область

Это наиболее востребованные операции при исследовании линейных цепей. Ничего интересного в этих преобразованиях нет, но в явном виде они загромождают рабочий лист. Это интересно разве что новичку в ТОЭ. К использованию этих функций быстро привыкаешь, поскольку они позволяют коротко и наглядно записывать уравнения для поиска различных характерных точек частотных функций. Имя переменной в этой директиве играет роль модификатора. В зависимости от имени используется радиальная или круговая частота, децибелы для модуля АЧХ.

Формат ввода директив:

```
AV(H, Var)
AVM(H, Var)
AVP(H, Var)
AVPdeg(H, Var)
```

Где: H – операторная функция, Var – имя переменной.

Допустимые имена переменных:

- Var=f – вывод модуля (аргумента) функции на круговой частоте;

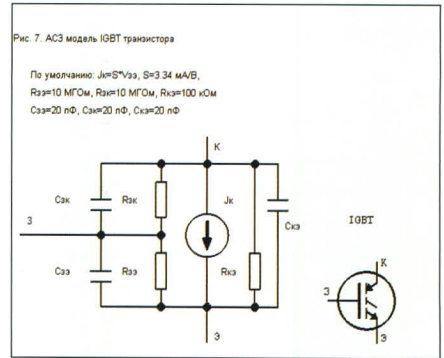


Рис. 7. AC3-модель IGBT-транзистора

- Var=omega – вывод модуля (аргумента) функции на радиальной частоте;
- Var=dBf – вывод модуля функции на круговой частоте в децибелах;
- Var=dBomega – вывод модуля функции на радиальной частоте в децибелах.

Директива AV() переводит операторную функцию, указанную в ней, в частотную область. При этом выполняется замена операторной переменной. Если Var=f, то выполняется замена $s = I \cdot 2 \cdot \pi \cdot f$. Если Var=omega, то выполняется замена $s = I \cdot \omega$. Все остальные директивы, описанные ниже, производят аналогичные действия.

Директива AVM() переводит операторную функцию в частотную область



Strong2

[LCD]

НЕЗАМЕНИМ В ЖЁСТКИХ УСЛОВИЯХ

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Рабочий диапазон температур	0 до +50°C	-10 до +65°C	-30 до +80°C
Диапазон температур хранения	-25 до +60°C	-30 до +70°C	-30 до +80°C
Устойчивость к вибрации	От 57 до 500 кгц, ускорение 1g	От 57 до 500 кгц, ускорение 1g	От 57 до 500 кгц, ускорение от 1,5 до 2g
Устойчивость к ударным нагрузкам	50г, 11 мс	50г, 11 мс	от 60 до 70г, 11 мс
Яркость	300 кд/м²	Больше чем 300 кд/м²	Больше чем 400 кд/м²

Официальный дистрибьютор SHARP на территории России с стран СНГ



АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

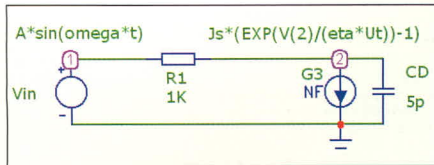


Рис. 8. Диодная схема

и извлекает модуль комплексной частотной функции. При этом если в имени переменной есть символы dB, модуль будет в децибелах.

Директива AVPO переводит операторную функцию в частотную область и извлекает аргумент комплексной частотной функции в радианах.

Директива AVPdeg() переводит операторную функцию в частотную область и извлекает аргумент комплексной частотной функции в градусах.

convNET(), pspice() – директивы-конверторы форматов PSpice

Эти директивы позволяют вернуть результаты аналитических расчетов в PSpice. Такая задача возникает у разработчиков моделей электронных приборов для симуляторов различных САПР. Maple позволяет эффективно решить любую физическую задачу, являясь профессиональным инструментом для математических исследований. Но численные методы, реализованные в нём, не так быстры и приспособлены для электрических расчётов, как у PSpice. Тогда систему уравнений, соответствующую новому прибору, можно оформить в виде макромодели, присвоить условное графическое изображение и использовать в PSpice-проектах. Такое взаимодействие Maple и PSpice может быть чрезвычайно плодотворным, если вы отличный физик, математик и электронщик в одном лице.

Формат ввода директив:

```
convNET(H, option): - транслятор форматов PSpice.
pspice(H): - преобразование формул в формат PSpice
```

Где:

- H – произвольная функция (в рамках поддержки MSpice);
 - option – модификатор действия директивы. Допустимые значения модификаторов для option: pspice, maple, IFmaple, model.
- Назначение модификаторов:
- pspice – трансляция в формат PSpice;

- maple – трансляция в формат Maple;
- IFmaple – трансляция в формат Maple без преобразования условного оператора IF в `if`;
- model – генерация Pspice-модели.

Пример преобразования форматов PSpice и Maple:

```
> F := `if`(5 <
-15.00*sin(2*Pi*t), 5, `if`(-
15.00*sin(2*Pi*t) < -5, -5, -
15.00*sin(2*Pi*t)));
> pspice(F);
"{IF(5<-
15.00*SIN(2*Pi*time), 5, IF(-
15.00*SIN(2*Pi*time)<-5. -5. -16.00
*SIN(2*Pi*time))})}"
> convNET(F, pspice);
"{IF(5<-
15.00*SIN(2*Pi*time), 5, IF(-
15.00*SIN(2*Pi*time)<-5. -5. -16.00
*SIN(2*Pi*time))})}"
```

Пример генерации PSpice-модели:

```
> P1:=0.0015*V(1,2)^3-
0.007*V(1,2)^2+0.0085*V(1,2);
> P2:=subs(Vd=V(1,2), P1);
> convNET(P2, model_DTUNEL);
".SUBCKT 1 2 DTUNEL"
"G_GDTUNEL 1 2 VALUE { .150e-
2*V(1,2)^3-.700e-
2*V(1,2)^2+.850e-2*V(1,2) }"
".ENDS"
```

Важно! Имя модели указывается после символа подчёркивания в опции model. Например, мы хотим создать модель PSpice-компонента с именем DTUNEL, тогда опция будет model_DTUNEL.

FSource() – директива генерации файловых сигналов для PSpice

PSpice-моделирование невозможно без источников сигналов. В сложных технических системах используются сложные сигналы, например с шумом. Набор сигналов в PSpice велик, но не безграничен. Можно изготовить какой-то особенный сигнал с помощью богатейшего набора функций Maple и в виде файла передать его в PSpice.

Формат директивы:

```
FSource(VALUE, t=Low..Hig,
Step):
```

Где:

- VALUE – произвольная функция зависимости напряжения от времени;
- t – имя переменной (время);

- Low – начальное значение переменной;
- Hig – конечное значение переменной;
- Step – шаг дискретизации сигнала по времени.

Пример:

```
> restart:with(MSpice):with(Ran-
domTools):
> s:=GetState():
SetState(state=s):
>
VOUT:=`if`(sin(100*t)>0, sin(100*t)
)+0.707e-12*Generate(integer, 0);
> FSource(VOUT, t=0.001..0.2, 1e-4);
```

После выполнения директивы FSource() в текущем каталоге появится файл с именем FSource.txt, который можно использовать в PSpice.

convQma(), convMma() – трансляторы Mathematica

Выход в свет Mathematica-7.0 ясно показал, что она явный претендент в лидеры среди СКМ. На мой взгляд, Maple более прост в использовании и для электрических расчётов его более чем достаточно. Однако надо использовать и наработки для Mathematica, которые в изобилии есть в Интернете. Это позволяет решить задачу быстро и с минимальными усилиями, если вам подвернулся готовый шаблон решения, пусть даже в другой среде. Профессиональная жизнь коротка, и таким способом можно несколько увеличить плотность событий в ней.

Формат записи директив:

```
convQma(ODE, ISc):
```

– транслятор систем уравнений Кирхгофа из формата Maple в формат Mathematica:

```
convMma(H, option):
```

– двунаправленный транслятор выражений в формат Mathematica или Maple; где:

- ODE – система уравнений Кирхгофа в формате set;
- ISc – список переменных в формате set;
- H – операторная или произвольная функция;
- Option – опция указания направления преобразования. Если option=M, то производится преобразование из формата Mathematica в формат Maple. Если вместо option записан любой

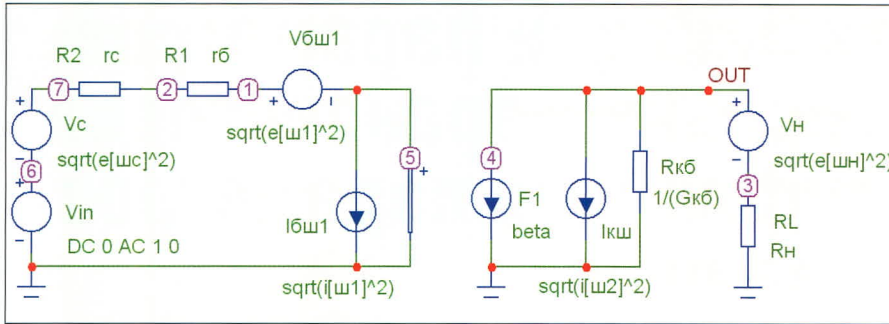


Рис. 9. Шумовая модель биполярного транзистора

другой символ (например, «m»), то производится преобразование из формата Maple в формат Mathematica.

Пример – преобразование системы уравнений из формата Maple в формат Mathematica:

```
> restart: with(MSpice):
> ODE:={ (V2-V4)/R2-(V4-V1)*s*C2,
-V5/R5-(V5-A2*(V4-
A2*V4/(1+A2)))/R4};
> ISc:={V1, V2, V4, V5};
ISc:={V2, V1, V4, V5}
> convQma (ODE, ISc);
```

Уравнения в формате Mathematica:

```
"Solve[{(V2-V4)/R2-(V4-V1)*s*C2
== 0, -V5/R5-(V5-A2*(V4-
A2*V4/(1+A2)))/R4 == 0}, {V2, V4,
V1, V5}]"
```

Формулы в схемах MicroCAP и OrCAD

MSpice допускает ввод формул в схему во многих случаях, даже в тех, где это неочевидно. Просто надо пробовать. Наиболее актуален и эффективен ввод формул для пассивных компонентов R, L, C и источников I и V. Поэтому для них предусмотрен некоторый сервис.

Возможность ввода формул вместо позиционных обозначений и номиналов компонентов придаёт ESolver и MSpice невероятную гибкость и позволяет установить самые замысловатые связи между элементами схемы. При этом очень часто задача становится более простой и выразительной для глаз («Всё написано на бумаге»), чем использование библиотечных функциональных блоков.

В зависимости от того, как введена формула, она проходит разный путь для получения решения цепи. В первом случае формула сразу подставляется в систему уравнений Кирхгофа, а потом ищется решение. Во втором сначала решается система уравнений Кирхгофа, а затем в решения подставляются формулы. Второй путь не всегда срабатыва-

ет, если через формулы образуются обратные. Тогда может возникнуть закливание при перекомпоновке решений.


Если вводить формулы вместо позиционного обозначения компонента, то это исключает возможность закливания программы, поскольку они ассимилированы в систему. Однако прямой ввод формул таким способом исключает ввод чисел с плавающей точкой. Это ограничение накладывает транслятор MicroCAP (OrCAD). Тогда следует использовать приставки «eq» и «Q» при обозначении компонентов. При этом формулы, записанные в позиции «номинал», интерпретируются как формулы позиционных обозначений. Приставка «Q» используется только для токов, поскольку они часто используются для моделирования транзисторов. В этом случае ограничения на вид формул снимаются. Такой способ ввода наиболее предпочтителен, так как, добавляя или убирая приставку, мы можем выбирать способ решения задачи, не переставляя формулы из одного места в другое. Показаны диодная (рис. 8) и транзисторная (рис. 9) схемы с формулами; это весьма удобный способ описания задачи. Источник G3 – это диод, представленный с помощью зависимого источника тока.

Следует отметить, что графические редакторы OrCAD и MicroCAP не очень приспособлены для ввода формул. Средствами Maple некоторые недостатки удалось несколько компенсировать. И если вы пользуетесь вводом сложных формул на схему, то после запуска MSpice внимательно просматривайте уравнения Кирхгофа и контролируйте их прохождение. В качестве имён переменных надо выбирать такие, которые не искажаются при трансляции в NET-листинг, либо надо это учитывать в дальнейших расчётах, главное – не проглядеть. Отметим, что при наличии формул наиболее корректно работает OrCAD.

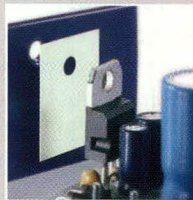
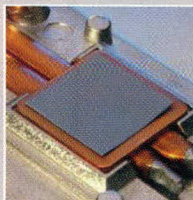
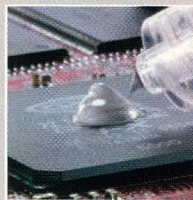
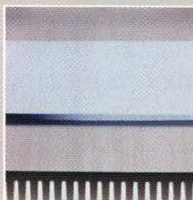
Отметим следующие особенности трансляции формул со схемы в NET-листинг:

- прописные буквы всегда транслируются в NET-листинг как заглавные. Это во многом обедняет формулы;
- если формула имеет первым символом знак, то её следует заключить в скобки;
- в именах узлов недопустимы формулы и конструкции типа W[x], lambda(vx), lambda[vx]. В этом случае MicroCAP подставляет номер узла по умолчанию. Такое имя не появится в NET-листинге MicroCAP и OCAD.






KERAFOL®
Качество из Германии

- Керамические мягкие пленки для отвода тепла
- Теплопроводные пасты для заполнения зазоров
- Клеи, компаунды
- Графитовые, ферритовые пленки

KERATHERM®
Материалы для отвода тепла

Официальный дистрибьютор в России:
ЗАО «РЕОМ СПб»



Тел./Факс: (812) 327-96-60,
387-55-06, 387-65-64,
387-86-94

E-mail: reom@reom.ru
Web: www.reomspb.ru

Россия, 196105, Санкт-Петербург,
просп. Ю. Гагарина, д. 1

Методы идентификации параметров моделей интегральных транзисторов

Часть 2. Идентификация параметров модели, описывающих вольтамперные характеристики биполярных транзисторов

Олег Дворников, Юрий Шульгевич (г. Минск, Беларусь)

Рассмотрены особенности идентификации параметров модели биполярных транзисторов (БТ) из электрических измерений, предложена целесообразная последовательность измерений, приведены методы идентификация параметров и результаты их экспериментального апробирования.

ОСОБЕННОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ БТ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Необходимость адекватного описания характеристик интегральных элементов, особенно имеющих малые размеры, обуславливает усложнение математических моделей. Так, модель Гуммеля–Пуна для автоматизированного моделирования БТ содержит 59 параметров. Идентифицировать все эти параметры из однократных измерений невозможно.

Традиционный подход к идентификации заключается в том, что транзистор включается по схеме и в режимах работы, при которых преобладающее влияние на его характеристики оказывает минимальное число параметров модели. Сравнивая характеристики, полученные с помощью упрощённой модели и эксперимента для одной и той же схемы включения транзистора, определяют сочетание нескольких доминирующих в данном случае параметров модели, которые в дальнейшем целесообразно подстроить при выполнении оптимизации для удовлетворения выбранному критерию качества [1, 13].

Большие проблемы возникают при определении параметров, описывающих сопротивление полупроводниковых областей транзисторов. Это

связано с противоречивостью требований к условиям измерений, обеспечивающих преобладающее влияние малого числа параметров модели, и зависимостью сопротивления полупроводниковых областей от режима работы.

Так, применение импульсных или высокочастотных методов измерений позволяет избежать саморазогрева интегральных элементов, однако при этом точность определения параметров в большой степени ограничена влиянием паразитных емкостей.

Чаще всего расчёт сопротивлений областей БТ осуществляется на основе измерений вольтамперных характеристик (ВАХ), таких как $V_{CE} = f(I_B)$ при $I_C = 0$ и $I_C = f(V_{BE})$ при $V_{CB} = 0$. По отклонению кривых $I_C = f(V_{BE})$, $I_B = f(V_{BE})$ от экспоненциальной зависимости определяют сопротивление эмиттера R_E и базы R_B , но пренебрегают при этом эффектом модуляции сопротивления базы и поэтому не идентифицируют параметры RBM, IBM. Если сопротивление эмиттера рассчитывают по наклону кривой $V_{CE} = f(I_B)$ при $I_C = 0$, то полученное значение в области малых токов эмиттера существенно выше, чем при больших токах, хотя при использовании полупроводниковых областей с высокой концентрацией примеси сопротивление эмиттера не должно зависеть от тока [14, 15].

Известен метод идентификации сопротивления базовой области на основе зависимости

$$\frac{\Phi_T}{I_C} \ln \frac{I_{B0}}{I_B} \text{ от } 1/\beta,$$

где I_{B0} – базовый ток при нулевом последовательном сопротивлении базы [14]. Недостатками этого метода являются: низкая точность при малом сопротивлении, а также в тех случаях, когда β сохраняет постоянное значение в широком диапазоне токов [15]; отсутствие учёта эффекта отгеснения тока к краю эмиттера, что ограничивает область применения метода транзисторами с узким эмиттером или малым удельным сопротивлением активной базы [16].

Вследствие существования ряда методов идентификации сопротивлений БТ и отсутствия среди них предпочтительного, в статье будут рассмотрены и экспериментально сравнены только наиболее распространённые из них.

В некоторых случаях параметры моделей определяются по характеристикам касательной, проведённой к какой-либо кривой ВАХ:

$$y = ax + b, \quad (51)$$

где y – функция, описывающая касательную; x – аргумент функции; $a = dy/dx$ – тангенс угла наклона; b – точка пересечения касательной с осью Y . Если известны две точки касательной (y_1, x_1) и (y_2, x_2) , то её характеристики определяются из соотношений:

$$a = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}, \quad (52)$$

$$b = y_1 - x_1 \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}, \quad (53)$$

$$x(y=0) = \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{y_1 - y_2} \approx \approx [y_1 - y_2 \ll |y_1|] \approx -y_1 \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}, \quad (54)$$

где $x(y=0)$ – координата точки пересечения прямой $y = ax + b$ с осью X .

При выполнении измерений на полупроводниковой пластине следует учитывать, что на точность идентификации параметров оказывает влияние сопротивление между зондом и контактной площадкой на кристалле, а также ток, протекающий между донной частью пластины и «заземлённым» металлическим столиком, на котором она расположена. В связи с вышеизложенным рекомендуется:

- изолировать полупроводниковую пластину от металлического столика;
- определить на пластине области, контактирующие с подложкой, установить на них зонды, проверить наличие контакта к подложке, например, с помощью регистрации диодной ВАХ между контактом к подложке и коллектором $n-p-n$ транзистора. Для уменьшения сопротивления подложки при измерениях целесообразно использовать контакт к подложке, расположенный максимально близко к исследуемой структуре либо объединять между собой несколько контактов к подложке. Обычно с подложкой p -типа соединены контактные площадки самого отрицательного напряжения питания микросхемы и технологического резистора, предназначенного для измерения сопротивления областей скрытого слоя p^+ и/или изоляции p^+ ;
- экспериментальным путём установить максимально возможное давление зонда на контактную площадку кристалла, при котором обеспечивается минимальное сопротивление контакта, но не повреждается сама контактная площадка. Для этого следует расположить два зонда на контактных площадках, закороченных между собой на пластине, и, оказывая разное давление зонда на площадку, достичь минимального сопротивления между зондами, а также визуально контролировать наличие механических повреждений контактной площадки. При отсутствии на кристалле закороченных контактных площадок целесообразно использовать тестовую структуру, пред-

назначенную для определения удельного сопротивления межсоединений и представляющую собой тонкоплёночный резистор с известным (обычно равным 100) числом квадратов [17].

Для идентификации параметров модели Гуммеля-Пуна рекомендуется измерение основных характеристик БТ в последовательности и режимах, приведённых в таблице 3. Направления токов и полярности напряжений соответствуют $n-p-n$ транзистору. В зависимости от наличия электроизмерительной ап-

паратуры и опыта выполнения измерений, при идентификации параметров модели некоторые из основных характеристик таблицы могут быть заменены на дополнительные.

Апробирование методов идентификации, приведённое в статье, было осуществлено для $n-p-n$ транзисторов базового матричного кристалла типа АБМК_1_3 [18]. Измерения выполнялись с помощью аналитической зондовой установки ЭМ-6040 и измерителя полупроводниковых приборов ИППП-1 [19, 20], а результаты обраба-

Таблица 3. Последовательность измерений БТ для идентификации параметров модели

Наименование характеристики	Режим измерения	Измеряемые величины	Определяемые параметры
Основные			
1. Входная характеристика в схеме с ОБ для прямого включения ¹⁾	$V_{CB} = 1 \text{ В}, V_{BE}$ от 0,4 до 1 В	I_E	$V_E^{*2)}$
2. Входная характеристика в схеме с ОБ для инверсного включения	$V_{EB} = 1 \text{ В}, V_{BC}$ от 0,4 до 1 В	I_C	$V_C^{*2)}$
3. Характеристика Эрли для прямого включения	$V_{BE} = V_E^* , V_{CB}$ от 0 до V_{CBMAX}	I_C, I_B	V_{CBMAX}, VAF
4. Характеристика Эрли для инверсного включения	$V_{BC} = V_C^* , V_{EB}$ от 0 до V_{EBMAX}	I_E, I_B	V_{EBMAX}, VAR
5. Характеристика Гуммеля для прямого включения	$V_{CB} = 0, V_{BE}$ от 0,4 до 1,2 В	I_C, I_B	$NF, BF, ISE, NE, I_{BMAX}, \beta_{MAX}^{*3)}$
	$V_{CB} = RCP_{MAX}/V_{MAX}$ или $V_{CB} = 1 \text{ В}, V_{BE}$ от 0,4 до 1,2 В	I_C, I_B	IKF
6. Характеристика Гуммеля для инверсного включения	$V_{BE} = 0, V_{BC}$ от 0,4 до 1,2 В	I_E, I_B	$NR, BR, ISC, NC, I_{BMAXR}, \beta_{MAXR}^{*3)}$
	$V_{EB} = RE\beta_{MAXR}/V_{MAXR}$ или $V_{EB} = 1 \text{ В}, V_{BC}$ от 0,4 до 1,2 В	I_E, I_B	IKR
7. Выходная характеристика БТ с ОЭ и разомкнутым коллектором	$I_C = 1 \text{ мкА}, I_B$ от 0,1 мА до β_{MAX}/V_{MAX}	V_{CE}	RE
8. Выходная характеристика БТ с ОЭ в насыщении	I_C от 0,1 мА до $\beta_{MAX}/V_{MAX}, FB = I_C/I_B,$ $FB = 5$ для $n-p-p, p-p-p,$ $FB = 2$ для $L-p-p$	V_{CE}	RC
	I_B от 0,1 мА до β_{MAX}/V_{MAX} при $I_C = 0$ и $V_{CB} = 0$	V_{BE}	RB, RBM, IRB
10. Зависимость ёмкости база-эмиттер от напряжения	V_{BE} от $-V_{EBMAX}$ до 0,4 В при $I_C = 0$	C_{BE}	CJE, VJE, MJE, FC
11. Зависимость ёмкости прямо смещённого перехода база-эмиттер от напряжения	V_{BE} от 0,4 В до 1,2 В при $V_{CB} = 0; 1 \text{ В}$	C_{BE}	TF, ITF, VTF, XTF
12. Зависимость ёмкости база-эмиттер от напряжения	V_{BC} от $-V_{CBMAX}$ до 0,4 В при $I_E = 0$	C_{BC}	CJC, VJC, MJC
13. Зависимость ёмкости прямо смещённого перехода база-коллектор от напряжения	V_{BC} от 0,4 В до 1,2 В при $V_{EB} = 0; 1 \text{ В}$	C_{BC}	TR
14. Зависимость ёмкости коллектор-подложка от напряжения	V_{SUB} от $-V_{SUBMAX}$ до 0,4 В	C_{SC}	CJS, VJS, MJS
Дополнительные			
15. Зависимость β от тока и напряжения для прямого включения	I_E от 1 мкА до $\beta_{MAX}/V_{MAX}, V_{CB} = 0; 1 \text{ В}; 3 \text{ В}$	I_C, I_B	BF, IKF, ISE, VAF
16. Зависимость β от тока и напряжения для инверсного включения	I_C от 1 мкА до β_{MAXR}/V_{MAXR} и $V_{EB} = 0; 1 \text{ В}$	I_E, I_B	BR, IKR, ISC, VAR
17. Выходная характеристика БТ с ОЭ для прямого включения	$I_B = 0,1/V_{MAX}; 0,25/V_{MAX}; 0,5/V_{MAX}; I_{BMAX}; V_{CE}$ от 0 до $V_{CBMAX}^{*4)}$	I_C	$RC, RE, BF, IKF, ISE, VAF$
18. Выходная характеристика БТ с ОЭ для инверсного включения	$I_B = 0,1/V_{MAXR}; 0,25/V_{MAXR}; 0,5/V_{MAXR}; I_{BMAXR}; V_{EC}$ от 0 до V_{EBMAX}	I_E	BR, IKR, ISC, VAR
19. Характеристика Гуммеля для прямого включения при максимальном коллекторном напряжении	$V_{CB} \approx V_{CBMAX}, V_{BE}$ от 0,4 до 1,2 В	I_C, I_B	RE
20. Зависимость $ \beta $ от тока и напряжения на высокой частоте для прямого включения	I_E от 1 мкА до $\beta_{MAX}/V_{MAX}, V_{CB} = 0; 1 \text{ В}; 3 \text{ В}, f = 100 \text{ МГц}$ или 300 МГц	$ \beta $	TF, ITF, VTF, XTF
21. Зависимость $ \beta $ от тока и напряжения на высокой частоте для инверсного включения	I_C от 1 мкА до $\beta_{MAXR}/V_{MAXR}, V_{EB} = 0; 1 \text{ В}, f = 100 \text{ МГц}$ или 300 МГц	$ \beta $	TR

¹⁾ ОБ (ОЭ) – общая база (общий эмиттер).

²⁾ $V_E^* (V_C^*)$ – напряжение на прямо смещённом эмиттерном (коллекторном) переходе БТ, при котором эмиттерный (коллекторный) ток соответствует номинальному рабочему режиму.

³⁾ I_{BMAX} – базовый ток, соответствующий условию $\beta = 0,5\beta_{MAX}$, где β_{MAX} – максимальное значение статического коэффициента передачи в схеме с ОЭ для нормального включения. I_{BMAXR} – то же для инверсного включения.

⁴⁾ По указанию потребителей, допустимо измерение ВАХ и идентификация параметров для специальных режимов работы, например, микрорежима.

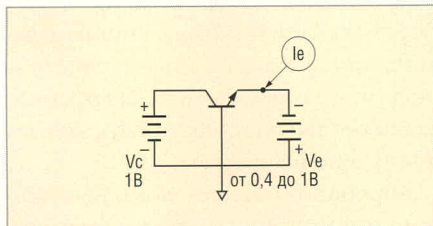


Рис. 4. Схема включения БТ с ОБ

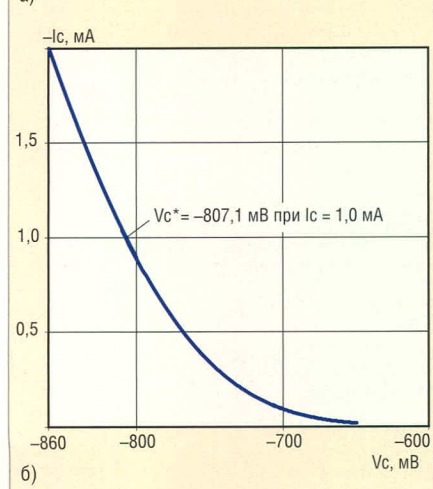
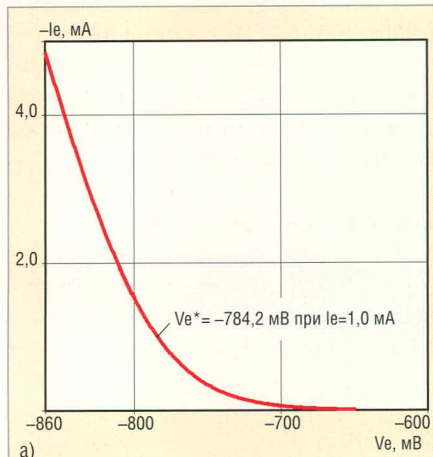


Рис. 5. Входная характеристика БТ с ОБ
а) При прямом включении, б) при инверсном включении

тывались графическим постпроцессором *PSpice simulator and Probe wave form viewer* системы *OrCad* [21].

ИЗМЕРЕНИЕ ВХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ В СХЕМЕ С ОБЩЕЙ БАЗОЙ (пп. 1, 2 ТАБЛИЦЫ 3)

Целью данных измерений является регистрация напряжений V_E^* , V_C^* , определяющих номинальный рабочий режим БТ, для чего необходимо:

- включить БТ по схеме с ОБ (см. рис. 4);
- измерить входную характеристику $I_E = f(V_{BE})$ при $V_{CB} = 1$ В (см. рис. 5а);
- определить напряжение на прямо смещённом р-п-переходе $|V_E^*|$, при котором эмиттерный ток соответству-

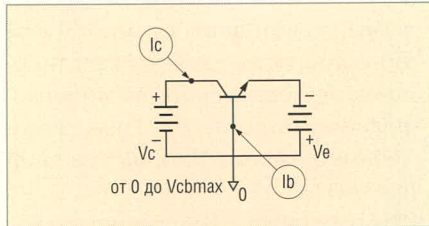


Рис. 6. Схема включения БТ для измерения характеристик Эрли

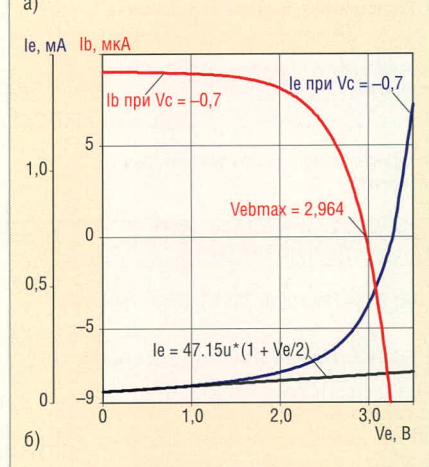
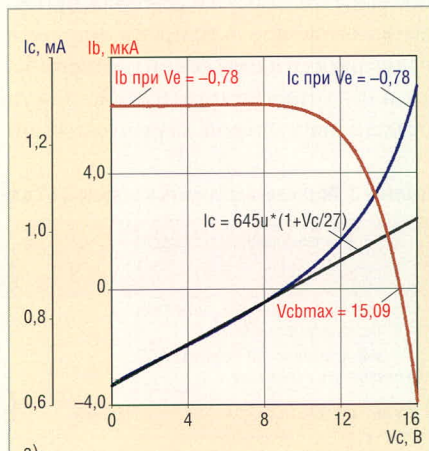


Рис. 7. Характеристики Эрли
а) При прямом включении БТ, б) при инверсном включении БТ

- ет номинальному рабочему режиму. Так, для маломощных п-р-п-транзисторов обычно определяют $|V_E^*|$ при эмиттерном токе, находящемся в диапазоне от 100 мкА до 1 мА; для микромощных – от 1,0 до 10,0 мкА, для мощных – от 100 мА до 1 А;
- поменяв местами эмиттер и коллектор транзистора на рисунке 4, аналогичным образом определить $|V_C^*|$ (см. рис. 5б).

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭРЛИ (пп. 3, 4 ТАБЛИЦЫ 3)

Для определения максимальных напряжений V_{CBMAX} , V_{EBMAX} и напряжений Эрли V_{AF} , V_{AR} рекомендуется выполнить измерения по следующей методике:

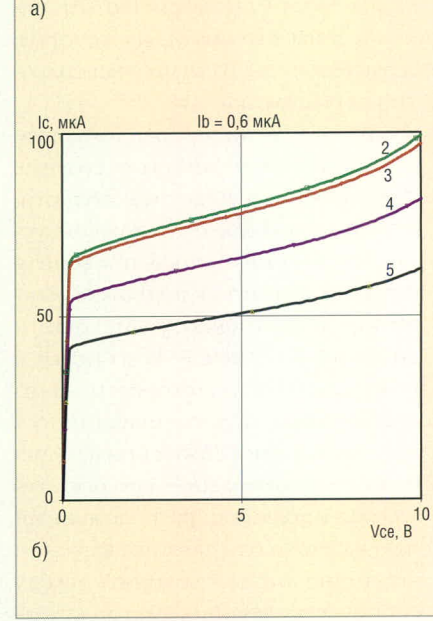
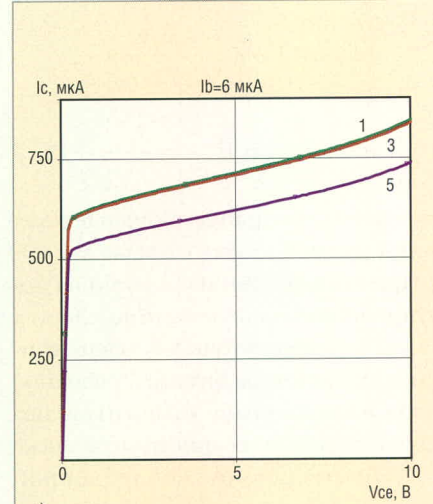


Рис. 8. Выходные характеристики БТ в схеме с ОБ
Графики 1, 2 соответствуют ВАХ до пробоя, 3 – после измерения V_{CBMAX} ; 4 – после пробоя эмиттерного перехода при токе пробоя 10 мкА; 5 – после пробоя эмиттерного перехода при токе пробоя 100 мкА. Базовый ток составляет: (а) 6 мкА, (б) 0,6 мкА

- включить БТ по схеме, показанной на рисунке 6, при напряжении на эмиттерном переходе, равном $|V_E^*|$;
- измерить зависимость коллекторного I_C и базового I_B тока от коллекторного напряжения V_C , возрастающего до тех пор, пока базовый ток не изменит своего направления;
- определить значение коллекторного напряжения V_{CBMAX} , вызывающего изменение направления базового тока (см. рис. 7а);
- поменяв местами эмиттер и коллектор транзистора на рисунке 6, аналогичным образом определить V_{EBMAX} (см. рис. 7б) при напряжении на прямо смещённом коллекторном переходе, равном $|V_C^*|$.

Для вертикальных транзисторов обычно выполняется условие $|V_{CBMAX}| \gg |V_{EBMAX}|$. В связи с тем, что величина V_{EBMAX} может быть очень мала (для интегральных транзисторов менее 0,5 В), для идентификации параметров моделей при обратном смещении р–п-перехода допускается использовать диапазон значений V_{BE} от 0,4 В (небольшое положительное смещение) до $-V_{EBMAX}$.

Определение величины максимального допустимых напряжений V_{CBMAX} , V_{EBMAX} по рассмотренной методике предпочтительно по сравнению с измерениями пробивных напряжений р–п-переходов и промежутка коллектор–эмиттер. Известно, что при пробое эмиттерного перехода происходит изменение свойств области раздела окисел–полупроводник и вследствие этого уменьшение коэффициента передачи тока β , увеличение обратных токов и шума. Экспериментальные исследования позволили установить, что даже кратковременный пробой эмиттерного перехода с ограниченным током вызывает существенное изменение ВАХ (см. рис. 8а), особенно при работе БТ в микрорежиме (см. рис. 8б). В

то же время выполнение измерений V_{CBMAX} , V_{EBMAX} по приведённой методике практически не влияет на характеристики БТ.

Из модели Гуммеля–Пуна для режимов работы БТ, приведённых в п. 3 таблицы 3 и температуры $T = 27^\circ\text{C}$, получим выражения:

$$\exp \frac{V_{BE}}{NF\phi_T} = \exp \frac{0,78 \text{ В}}{0,025 \text{ В}} \gg 1$$

при $NF \approx 1,0$ (см. табл. 2), (55)

$$\exp \frac{V_{BE}}{NE\phi_T} = \exp \frac{0,78 \text{ В}}{1,5 \cdot 0,025 \text{ В}} \gg 1$$

при $NE \approx 1,5$ (см. табл. 2), (56)

$$I_{BE1} = ISE \exp \frac{V_{BE}}{NF\phi_T}, \quad (57)$$

$$I_{BE2} = ISE \exp \frac{V_{BE}}{NE\phi_T}, \quad (58)$$

$$I_{BE1} > I_{BE2} \gg I_{BC1}, I_{BC2}, \quad (59)$$

$$I_C = \left(1 - \frac{V_{BC}}{V_{AF}} - \frac{V_{BE}}{V_{AR}}\right) I_{BE1} = \left(1 + \frac{V_{CB}}{V_{AF}} - \frac{V_{BE}}{V_{AR}}\right) ISE \exp \frac{V_{BE}}{NF\phi_T}, \quad (60)$$

$$g_{OUTB} = \frac{dI_C}{dV_{CB}} = \frac{I_C}{\left(1 + \frac{V_{CB}}{V_{AF}} - \frac{V_{BE}}{V_{AR}}\right) V_{AF}} \approx \frac{I_C}{V_{AF}}$$

при $V_{BE} = \text{const.}$ (61)

В (60) учтено, что для прямого включения п–р–п-транзистора $V_{BE} > 0$, $V_{CB} > 0$, $V_{BC} = -V_{CB}$.

Применение приближённого равенства в соотношении (61) допустимо при условии

$$V_{CB}/V_{AF} - V_{BE}/V_{AR} \ll 1. \quad (62)$$

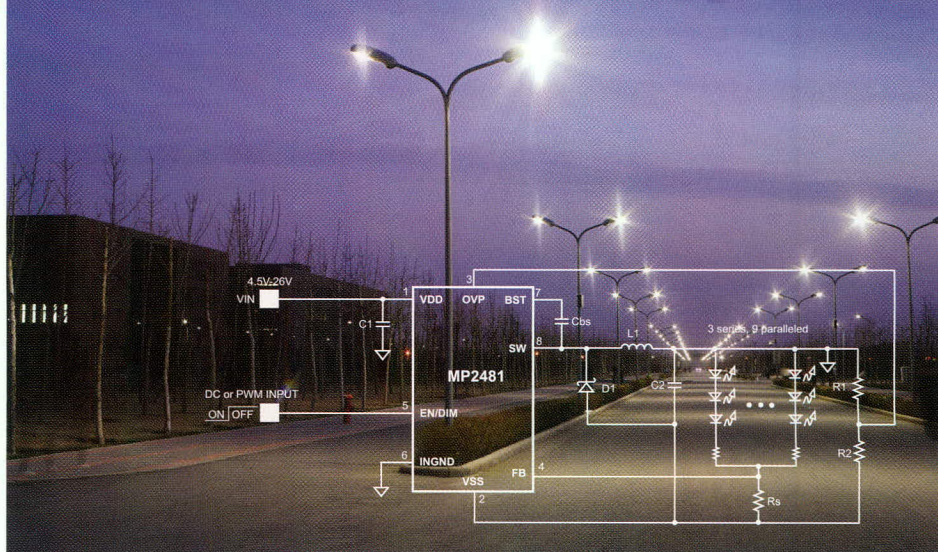
Для обеспечения выполнения (62) целесообразно малосигнальную выходную проводимость БТ g_{OUTB} определять при напряжении на коллекторном переходе, равном $V_{CB} \approx V_{BE} V_{AF}/V_{AR}$. К сожалению, во многих случаях, вследствие $V_{AF} \gg V_{AR}$, коллекторное напряжение $V_{CB} \approx V_{BE} V_{AF}/V_{AR}$ соответствует предпробойной области ВАХ и измерения в ней некорректны. В связи с этим рекомендуется:



The Future of Analog IC Technology™

- Высокая стабильность и повторяемость характеристик микросхем
- Защита от перегрузки по току, напряжению и температуре
- Рабочее напряжение до 36 В
- Высокая эффективность до 95%
- Температурный диапазон эксплуатации $-40^\circ\text{C} \dots +85^\circ\text{C}$
- Готовое изделие не требует регулировки

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ ДРАЙВЕРОВ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП КОМПАНИИ MPS



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ MPS В РОССИИ:

PROSOFT®

Наименование	Рабочее напряжение, ВТ	Максимальное количество светодиодов	Частота, МГц	Количество каналов	Корпуса
MP2481 NEW	4,5...36	36	1,4	9	MSOP8
MP2370	4,5...24	3	1,4	1	QFN16-3
MP3021	2,7...5,5	4	1,2	4	QFN16-3
MP3001	2,7...5,5	5	1,2	5	TSOT23-6
MP3202	2,5...6,0	39	1,3	13	QFN8-2
MP3302	2,5...6,0	27	1,3	9	TSOT23-5

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

реклама

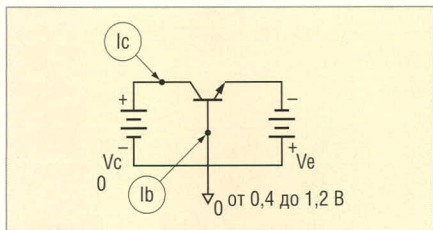


Рис. 9. Схема включения БТ для измерения характеристики Гуммеля

- определить параметр VAR с использованием выражения:

$$VAR \approx \frac{I_C}{\left(1 - \frac{|V_{E^*}|}{VAR}\right) g_{OUTV}}, \quad (63)$$

вблизи $V_{CB} = 0$ по кривой $I_C = f(V_{CB})$ рисунка 7а;

- используя возможности графического постпроцессора, построить кривую, описываемую соотношением

$$I_C = \frac{I_C(V_{CB} = 0)}{\left(1 - \frac{|V_{E^*}|}{VAR}\right)} \left(1 + \frac{V_{CB}}{VAR} - \frac{|V_{E^*}|}{VAR}\right); \quad (64)$$

- изменяя параметр VAR , обеспечить наилучшее совпадение рассчитанной по (64) кривой с результатами измерений;

- если величина параметра VAR неизвестна, то допустимо применять приближённые соотношения, полученные при $VAR = \infty$, а именно:

$$VAR \approx \frac{I_C}{g_{OUTV}},$$

$$I_C = I_C(V_{CB} = 0) \left(1 + \frac{V_{CB}}{VAR}\right). \quad (65)$$

Так, на рисунке 7а показана рассчитанная зависимость $I_C = f(V_{CB})$, которая в соответствии с правилами используемого постпроцессора системы *OrCAD* имеет вид $I_C = 645 \mu A \cdot (1 + V_C/27)$;

- аналогичным образом определить параметр VAR для инверсного включения БТ.

Рассчитанные и измеренные кривые на рисунке 7 совпадают при $VAR = 27$ В, $VAR = 2$ В.

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГУММЕЛЯ ПРИ $V_{CB} = 0$ (п. 5.1 ТАБЛИЦЫ 3)

Для указанных в п. 5.1 таблицы 3 режимов работы БТ справедливы

условия и выражения (55)–(58), а также:

$$|V_{BC1}| = |-I_S| \ll |V_{BE1}|, \quad (66)$$

$$I_{BC2} = -I_{SC}. \quad (67)$$

Окончательно

$$I_B \approx \frac{I_S}{BF} \exp \frac{V_{BE}}{NF\phi_T} + ISE \exp \frac{V_{BE}}{NE\phi_T} - I_{SC}, \quad (68)$$

$$I_C \approx \left(1 - \frac{V_{BE}}{VAR}\right) I_S \exp \frac{V_{BE}}{NF\phi_T} - I_{SC}. \quad (69)$$

Исходя из соотношений (68), (69), сформулируем порядок идентификации параметров модели:

- определить температуру БТ и рассчитать величину температурного потенциала $\phi = kT/q$;
- включить БТ по схеме, показанной на рисунке 9;
- измерить зависимость коллекторного I_C и базового I_B тока от прямого падения напряжения на эмиттерном переходе V_{BE} (см. рис. 10а). Применяемые электроизмерительные приборы должны обеспечить регистрацию трёх областей разного наклона на кривой $I_C = f(V_{BE})$, построенной в линейном масштабе для V_{BE} и логарифмическом – для I_C ;
- поменяв местами эмиттер и коллектор транзистора на рисунке 9, измерить зависимость эмиттерного I_E и базового I_B тока от прямого падения напряжения на коллекторном переходе V_{BC} (см. рис. 10б);
- определить область напряжения V_{BE} , в которой зависимости $I_B = f(V_{BE})$ и $I_C = f(V_{BE})$ имеют приблизительно одинаковый наклон (см. рис. 11). Для этой области справедливо:

$$I_B \approx \frac{I_S}{BF} \exp \frac{V_{BE}}{NF\phi_T}, \quad (70)$$

$$I_C \approx \left(1 - \frac{V_{BE}}{VAR}\right) I_S \exp \frac{V_{BE}}{NF\phi_T}, \quad (71)$$

$$\ln I_C \approx \frac{V_{BE}}{NF\phi_T} + \ln \left[\left(1 - \frac{V_{BE}}{VAR}\right) I_S \right]. \quad (72)$$

- рассчитать параметр BF как:

$$BF \approx \frac{I_C}{I_B \left(1 - \frac{V_{BE}}{VAR}\right)}. \quad (73)$$

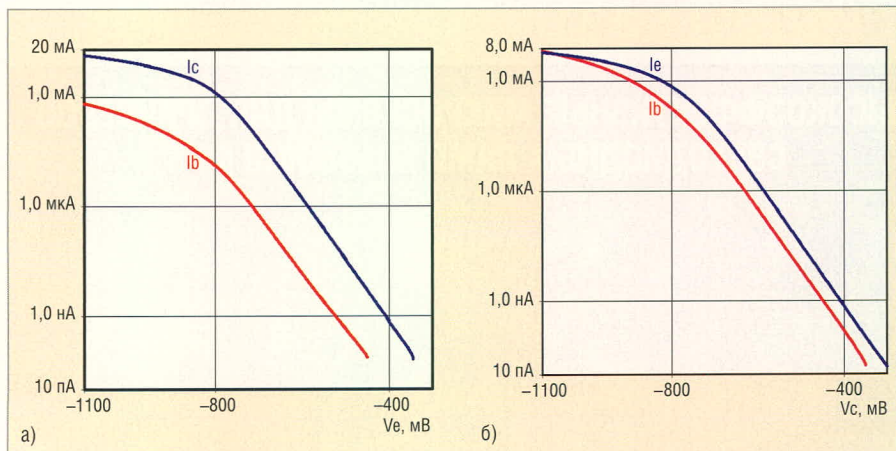


Рис. 10. Характеристики Гуммеля

а) Для прямого включения БТ, б) для инверсного включения БТ

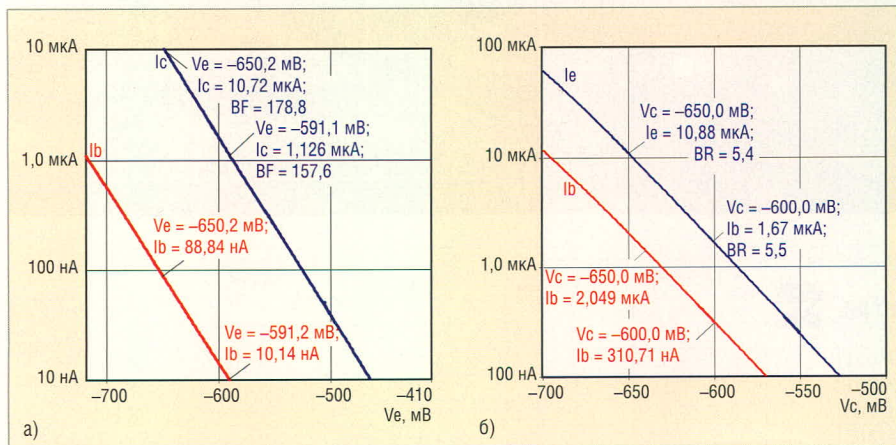


Рис. 11. Область характеристик Гуммеля с одинаковым наклоном кривых

а) Для прямого включения БТ, б) для инверсного включения БТ

Если полученные значения отличаются для различных точек кривых $I_B = f(V_{BE})$ и $I_C = f(V_{BE})$, то в качестве параметра BF принимается максимальная величина;

- определить максимальное значение β_{MAX} статического коэффициента передачи в схеме с ОЭ для нормального включения ($\beta = I_C/I_B$). Обычно β_{MAX} и BF соответствуют одному и тому же напряжению V_{BE} и поэтому справедливо соотношение:

$$\beta_{MAX} \approx BF \left(1 - \frac{V_{BE}}{VAR} \right); \quad (74)$$

- по зависимостям в области больших токов определить I_{BMAX} – базовый ток, при котором $\beta = 0,5\beta_{MAX}$;
- по тангенсу угла наклона кривой $\ln I_C = f(V_{BE})$ (см. рис. 12а) и известной величине ϕ_T определить параметр NF , другими словами, рассчитать NF с помощью соотношения:

$$NF \approx \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\phi_T (\ln I_{C1} - \ln I_{C2})}, \quad (75)$$

где $(\ln I_{C1}, V_{BE1}), (\ln I_{C2}, V_{BE2})$ – координаты точек на кривой $\ln I_C = f(V_{BE})$;

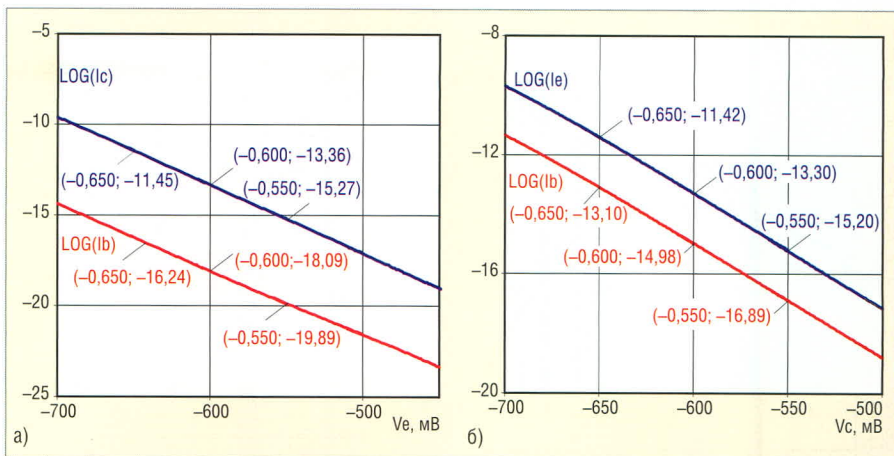


Рис. 12. Зависимости $\ln I_C, \ln I_B$ от напряжения на эмиттере V_E при $V_B = 0$ в области с одинаковым наклоном графиков

а) Для прямого включения БТ, б) для инверсного включения БТ

- по точке пересечения касательной к кривой $\ln I_C = f(V_{BE})$ с осью V_{BE} определить величину $\ln[IS(1 - V_{BE}/VAR)]$ и параметр IS или использовать соотношение:

$$IS \approx \frac{\exp \left(\ln I_{C1} - \frac{\ln I_{C1} - \ln I_{C2}}{V_{BE1} - V_{BE2}} V_{BE1} \right)}{1 - \frac{V_{BE1}}{VAR}} \quad (76)$$

при $|V_{BE1} - V_{BE2}| \ll |V_{BE1}|$;

- определить область малого значения $|V_{BE}|$, в которой зависимости $\ln I_B = f(V_{BE})$ и $\ln I_C = f(V_{BE})$ имеют значительно отличающийся наклон. Для нее выполняется:

$$I_{BE2} \gg \frac{I_{BE1}}{BF}, \ln I_B \approx \frac{V_{BE}}{NE\phi_T} + \ln ISE \quad (77)$$

Рассчитать NE, ISE с применением отношений:

ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЕ



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»



ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ» ПРИГЛАШАЕТ К СОТРУДНИЧЕСТВУ И ОСУЩЕСТВЛЯЕТ:

поставку

электронных компонентов в качестве второго поставщика (номенклатура порядка 400 тыс. наименований более 60 зарубежных производителей) при сотрудничестве с группой компаний ПРОСОФТ

производство

промышленных и встраиваемых компьютеров (в форматах Compact PCI, VME, EPIC, 3,5", PC/104, MicroPC, AT96, PICMG, Mini-ITX, ATX), плат для монтажа на DIN-рейку, а также каркасов, шлейфов, кабелей и аксессуаров, предназначенных для работы в жестких условиях эксплуатации с военной приёмкой

разработку

программных и аппаратных средств по техническому заданию заказчика под контролем военного представительства

контрактную сборку

изделий по конструкторской документации заказчика, включая поставку печатных плат, поверхностный монтаж и тестирование электронных модулей, изготовление механических деталей корпусов и передних панелей под контролем военного представительства

Производственное высокоавтоматизированное оборудование для поверхностного монтажа электронных модулей ЗАО «НПФ «Доломант» соответствует уровню требований мировых производителей. Оборудование адаптировано к использованию бессвинцовой технологии, позволяет производить автоматическую разбраковку и рентгеновский контроль качества пайки.

ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»

имеет лицензии на разработку и производство электронных средств для вооружения и военной техники и атомных электростанций, свидетельство об аттестации второго поставщика, а также систему менеджмента качества, сертифицированную в системе «Военный регистр» на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ РВ 15.002.

117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108

Тел./факс: (495) 232-20-33

E-mail: info@dolomant.ru

Web: www.dolomant.ru

Реклама

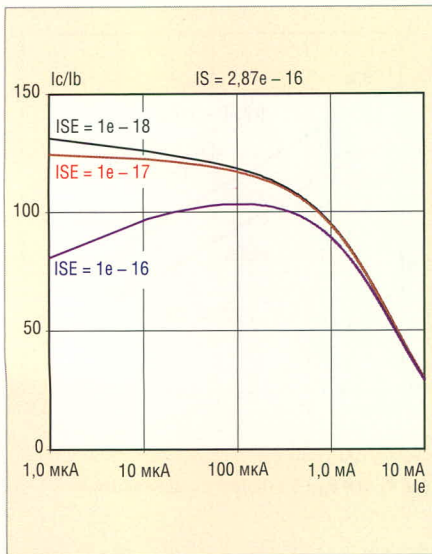


Рис. 13. Результаты моделирования зависимости $\beta = \beta(I_E)$ при разной величине ISE

$$NE \approx \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\phi_T (\ln I_{B1} - \ln I_{B2})}, \quad (78)$$

$$ISE = \exp \left(\ln I_{B1} - \frac{\ln I_{B1} - \ln I_{B2}}{V_{BE1} - V_{BE2}} V_{BE1} \right)$$

$$\text{при } |V_{BE1} - V_{BE2}| \ll |V_{BE1}|, \quad (79)$$

где $(\ln I_{B1}, V_{BE1}), (\ln I_{B2}, V_{BE2})$ – координаты точек на кривой $\ln I_B = f(V_{BE})$.

Выражение (79) выполняется при условии $I_B \gg ISC$; его справедливость рекомендуется проверить после определения параметра ISC и при необходимости изменить диапазон базовых токов, применяемых для идентификации NE, ISE .

Анализ рисунков 10 позволяет утверждать, что применяемый для исследования ВАХ электроизмерительный прибор ИППП-1 не обеспечивает регистрацию характеристик Гуммеля при предельно малых токах. Для кремниевых транзисторов малых размеров обратный ток насыщения, обусловленный процессами генерации-рекомбинации в ОПЗ эмиттерного и коллекторного р-п-перехода, обычно не превышает 10^{-12} А, и поэтому идентификация ISE по предложенной методике может вызывать затруднения. Однако параметр ISE (ISC) в основном влияет на спад β в области малых токов при прямом (инверсном) включении, причём влияние значительно, если $ISE \approx IS$ (см. рис. 13). В связи с этим рекомендуется подобрать параметр ISE для обеспечения наилучшего совпадения результатов измерений и моделирования зависимости $\beta = \beta(I_E)$;

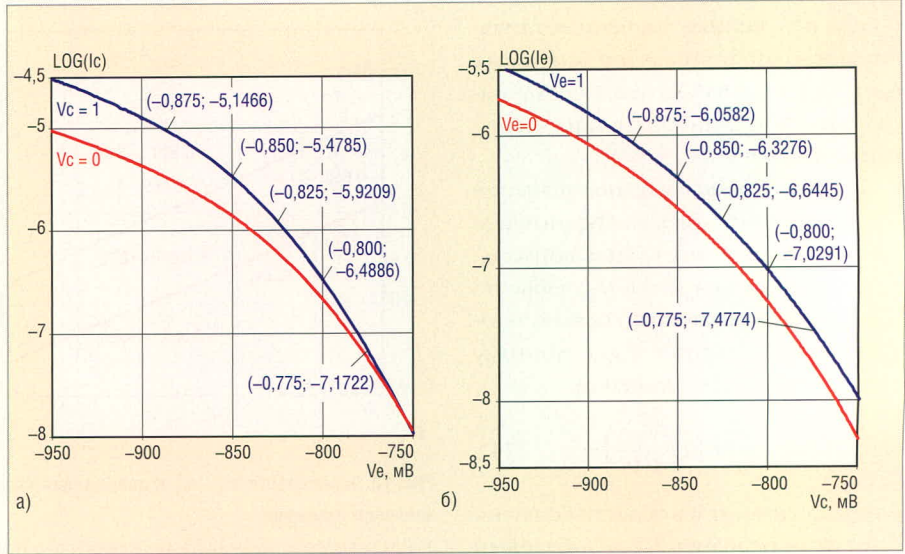


Рис. 14. Зависимость $\ln I_C$ от напряжения на эмиттере V_E при $V_B = 0$ в режиме высокого уровня инжекции а) для прямого включения БТ, б) для инверсного включения БТ

• для инверсного включения аналогичным образом определить параметры NR, BR, ISC, NC .

Для исследуемого БТ $BF = 179$; $BR = 5,5$; $I_{BMAX} = 98,0$ мкА; $I_{BMAXR} = 590$ мкА; $\phi = 25,27$ мВ; $NF = 1,036$; $NR = 1,042$; $IS = 2,87 \times 10^{-16}$ А.

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГУММЕЛЯ В РЕЖИМЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ИНЖЕКЦИИ (п. 5.2 таблицы 3)

Для режимов работы, приведённых в п. 5.1 таблицы 3, и высокого уровня инжекции справедливо соотношение:

$$I_C = \frac{2 \left(1 - \frac{V_{BE}}{VAR} \right)}{1 + \left(1 + \frac{4 I_{BE1}}{IKF} \right)^{NK}} I_{BE1}. \quad (80)$$

Для типовой величины показателя степени $NK = 0,5$ и условия $I_{BE1} \gg IKF$ из (80) следует:

$$I_C \approx \left(1 - \frac{V_{BE}}{VAR} \right) \sqrt{I_{BE1} IKF}. \quad (81)$$

$$\ln I_C \approx \left(\frac{1}{2 NF \phi_T} - \frac{1}{VAR} \right) V_{BE} + \frac{1}{2} \ln (IKF \cdot IS). \quad (82)$$

Исходя из соотношения (82), сформируем порядок идентификации параметра IKF :

- определить область значения VBE , в которой зависимость $\ln I_C = f(V_{BE})$ имеет наклон, приблизительно равный $2NF\phi_T$ (см. рис. 14);
- в этой области по точке пересечения касательной к кривой $\ln I_C = f(V_{BE})$ с осью V_{BE} определить вели-

чину $0,5 \ln (IKF IS)$ и параметр IKF или рассчитать его с применением соотношения:

$$IKF =$$

$$\frac{\exp \left[2 \left(\ln I_{C1} - \frac{\ln I_{C1} - \ln I_{C2}}{V_{BE1} - V_{BE2}} V_{BE1} \right) \right]}{IS}$$

$$\text{при } |V_{BE1} - V_{BE2}| \ll |V_{BE1}|. \quad (83)$$

Вид кривых на рисунке 14 отличается для прямого и инверсного включения БТ. Графики для инверсного включения имеют практически одинаковую форму, но кривая при $V_E = 1$ В сдвинута по оси ординат относительно кривой $V_E = 0$, что может быть объяснено с помощью модели Гуммеля-Пуна, а именно тем, что, аналогично (64), для инверсного включения справедливо соотношение:

$$\ln I_{E1} \approx$$

$$\approx \ln \left[\frac{I_{E0}}{\left(1 - \frac{|V_C|}{VAF} \right)} \left(1 + \frac{V_{EB}}{VAR} - \frac{|V_C|}{VAF} \right) \right] \approx \ln I_{E0} + 0,355, \quad (84)$$

где I_{E0}, I_{E1} – эмиттерный ток БТ при инверсном включении и обратном напряжении на эмиттерном переходе, равном 0.1 В.

Кривые $\ln I_C = f(V_{BE})$ при $V_{CB} = 0,1$ В для прямого включения практически совпадают в области малых и средних токов ($V_{BE} < 0,77$ В), т.к. для них $I_{C1} = I_{C0}(1 + V_{CB}/VAR) \approx 1,037 I_{C0}$, но в

области больших токов отличаются, что может быть объяснено влиянием эффекта квазинасыщения БТ вследствие падения напряжения $I_C RC$ на сопротивлении коллектора. В связи с этим наклон кривой $\ln I_C = f(V_{BE})$ при $V_{CB} = 0$ при большом коллекторном токе значительно превышает $2NF\phi_T$, и идентификация по этой кривой параметра IKF приводит к большой погрешности. Эффект квазинасыщения для инверсного включения БТ практически не проявляется, т.к. падение напряжения на сопротивлении эмиттера $I_E RE$ мало в том же диапазоне токов благодаря выполнению условия $RE \ll RC$. Показанные на рисунке 14 зависимости типичны для интегральных транзисторов, хотя вид кривых может отличаться;

3) для уменьшения влияния эффекта квазинасыщения целесообразно зависимости Гуммеля в режиме высокого уровня инжекции измерять при $V_{CB} = RC\beta_{\max}I_{B\max}$, а в тех случаях, когда сопротивление коллектора неизвестно, при $|V_{CB}| \approx 1$ В, и по этим результатам идентифицировать параметр IKF в соответствии с (83);

- для инверсного включения БТ аналогичным образом определить параметр IKR .
Для исследуемого БТ $IKF = 5,23$ мА, $IKR = 0,95$ мА.

ИЗМЕРЕНИЕ ВЫХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРА В СХЕМЕ С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ И РАЗОМКНУТЫМ КОЛЛЕКТОРОМ (п. 7 ТАБЛИЦЫ 3)

Для режимов работы, приведённых в п. 7 таблицы 3, справедливы условия и выражения:

$$I_{BE1} = I_S \exp \frac{V_{BE}}{NF\phi_T} \gg I_{BE2}, \quad (85)$$

$$I_{BC1} = I_S \exp \frac{V_{BC}}{NR\phi_T} \gg I_{BC2}, \quad (86)$$

$$I_E RE = V_{CEEXT} -$$

$$-\phi_T \ln \left[1 + \frac{1}{\left(1 - \frac{V_{BC}}{VAF} - \frac{V_{BE}}{VAR} \right) BR} \right]$$

при $NF = NR = 1,$ (87)

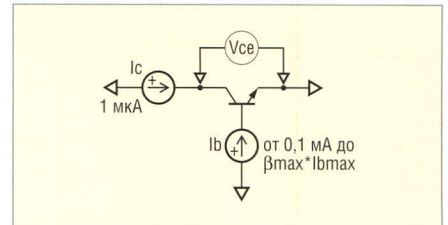


Рис. 15. Схема включения для измерения выходной характеристики БТ с разомкнутым коллектором

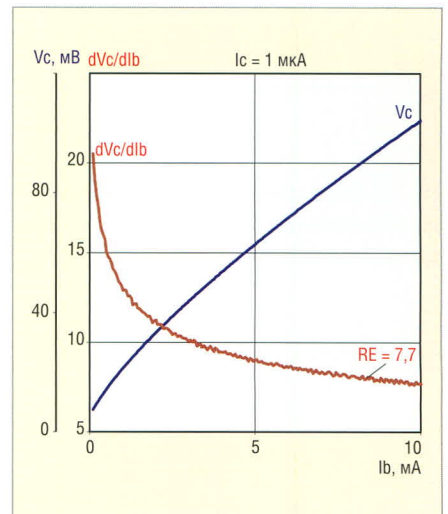


Рис. 16. Результаты измерений выходной характеристики БТ с разомкнутым коллектором

ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ

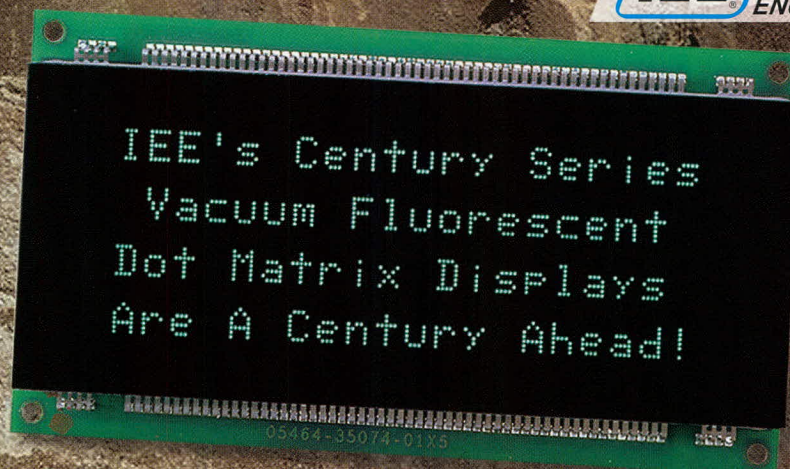
Яркость 600 кд/м²

Угол обзора 150°
(конусный)

Встроенные контроллеры с последовательным и параллельным интерфейсом

Символы высотой 5 и 9 мм

Температурный диапазон -40...+85°C



для жёстких условий эксплуатации

Официальный дистрибьютор в России и странах СНГ



МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ
САМАРА
НОВОСИБИРСК
КИЕВ
УФА

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

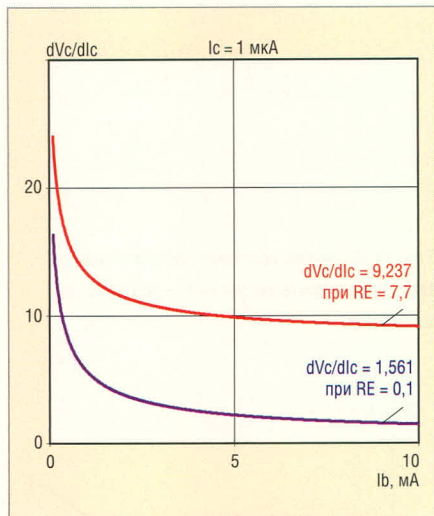


Рис. 17. Результаты моделирования выходной характеристики БТ с разомкнутым коллектором при различной величине параметра RE

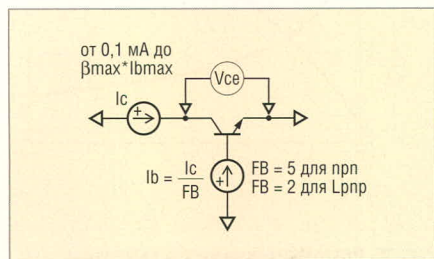


Рис. 18. Схема включения для измерения выходной характеристики БТ с ОЗ в насыщении

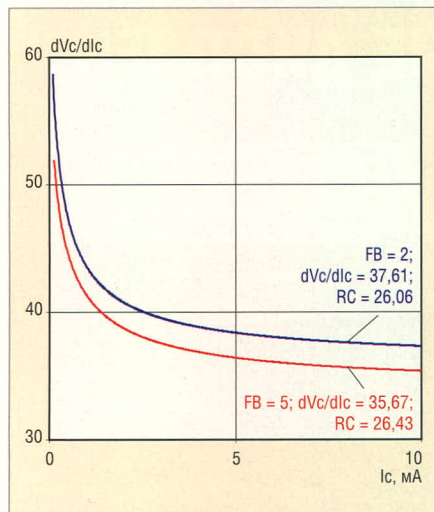


Рис. 19. Зависимость производной от коллекторного напряжения по коллекторному току от коллекторного тока для БТ с ОЗ в насыщении при FB = 2 и FB = 5

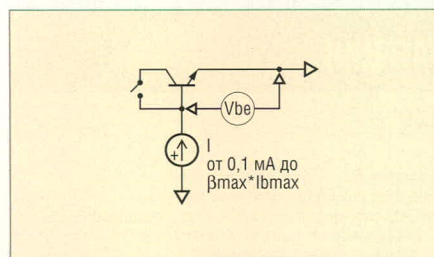


Рис. 20. Схема включения БТ для измерения диодной характеристики эмиттерного перехода

$$RE \approx \frac{dV_{CEEXT}}{dI_E}, \quad (88)$$

где V_{EXT} – напряжение между выводами (**) «внешнего» транзистора (здесь и далее), т.е. с учётом падения напряжения на полупроводниковых областях.

Таким образом, для идентификации параметра RE на основе соотношения (88) необходимо:

- включить БТ по схеме, показанной на рисунке 15;
- установить коллекторный ток, равный 1 мкА (<1% от минимального тока базы, используемого при измерениях в данном разделе), и измерить зависимость $V_{CEEXT} = f(I_B)$ при изменении тока базы от 100 мкА до $\beta_{MAX} I_{BMAX}$;
- по тангенсу угла наклона графика $V_{CEEXT} = f(I_B)$ определить параметр RE. На рисунке 16 для нахождения RE использована возможность вычисления производной от переменной, отображенной на оси Y, по переменной оси X, предоставляемая графическим постпроцессором.

Рассчитанная величина dV_C/dI_B не является постоянной (см. рис. 16), хотя, исходя из физических соображений, можно утверждать, что сопротивление сильно легированной полупроводниковой области эмиттера не должно зависеть от тока.

Высказано предположение о том [16], что причиной, вызывающей наличие зависимости $dV_C/dI_B = f(I_B)$ в п-р-п-транзисторе с разомкнутым коллектором, является протекание тока через прямо смещённый р-п-переход коллекторной области вне эмиттера, к открытию которого приводит падение напряжения на активной базовой области. Однако выполненное моделирование выходной характеристики БТ с разомкнутым коллектором при различной величине параметра RE (см. рис. 17) позволило установить, что зависимость $dV_C/dI_B = f(I_B)$ существует и при RE = 0 в транзисторе, описываемом моделью Гуммеля–Пуна без учёта влияния внешней коллекторной области на ВАХ.

Таким образом, целесообразно предварительно определить параметр RE по приведённой методике в области больших токов, ориентировочно равных $\beta_{MAX} I_{BMAX}$, а затем уточнить величину RE по совпадению результатов моделирования и измерений зависимости $dV_C/dI_B = f(I_B)$.

ИЗМЕРЕНИЕ ВЫХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРА В СХЕМЕ С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ И НАСЫЩЕНИЕМ (п. 8 ТАБЛ. 3) С ПОСТОЯННЫМ ОТНОШЕНИЕМ ТОКА КОЛЛЕКТОРА К ТОКУ БАЗЫ

Для режимов работы, приведённых в п. 8 таблицы 3, справедливы выражения (85), (86) и следующие соотношения:

$$V_{CEEXT} \approx I_C RE (1 + FB^{-1}) + I_C RC + BR \left(1 - \frac{V_{BC}}{VAF} - \frac{V_{BE}}{VAR} \right) + FB + 1 + \phi_T \ln \frac{BR \left(1 - \frac{V_{BC}}{VAF} - \frac{V_{BE}}{VAR} \right) + FB + 1}{BF \left(1 - \frac{V_{BC}}{VAF} - \frac{V_{BE}}{VAR} \right) - FB} + \phi_T \ln \frac{BF}{BR}, \quad (89)$$

$$\frac{dV_{CEEXT}}{dI_C} \approx RE (1 + FB^{-1}) + RC \quad \text{при } FB = \text{const}, \quad (90)$$

где FB (forced beta) – отношение коллекторного тока к базовому в насыщении (I_C/I_B).

Если при изменении коллекторного тока поддерживать постоянным его отношение к базовому току ($FB = \text{const}$) и регистрировать падение напряжения на промежутке коллектор–эмиттер V_{CEEXT} , то по тангенсу угла наклона кривой $V_{CEEXT} = f(I_C)$ и известным значениям FB и RE возможно рассчитать параметр RC. Таким образом, для идентификации RC рекомендуется:

- включить БТ по схеме, показанной на рисунке 18;
 - установить $I_C = 100$ мкА и ток базы, равный I_C/FB , где $FB = 5$ для п-р-п-транзисторов и $FB = 2$ для горизонтальных п-р-п-транзисторов; измерить V_{CEEXT} ;
 - изменяя ток коллектора в диапазоне от 100 мкА до $\beta_{MAX} I_{BMAX}$ и устанавливая для каждого значения коллекторного тока значение тока базы, равное $I_B = I_C/FB$, измерить зависимость $V_{CEEXT} = f(I_C)$ при $FB = \text{const}$ (см. рис. 19);
 - рассчитать величину параметра RC с помощью соотношения (90).
- Рекомендуется рассчитать параметр RC в области больших токов, ориентировочно равных $\beta_{MAX} I_{BMAX}$, а затем уточнить RC по совпадению результа-

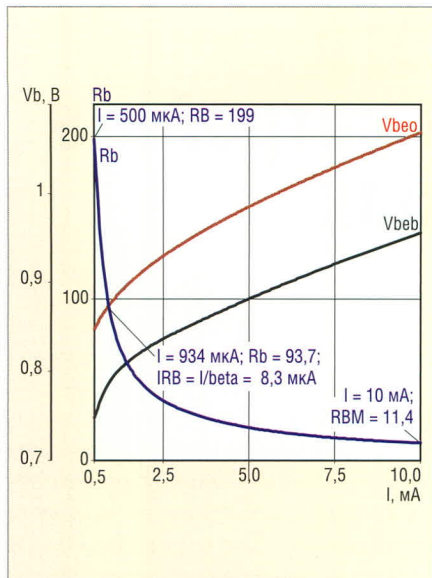


Рис. 21. Результаты измерений диодной характеристики эмиттерного перехода

тов моделирования и измерений зависимости $V_{CEEXT} = f(I_C)$.

ИЗМЕРЕНИЕ ДИОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭМИТТЕРНОГО ПЕРЕХОДА (п. 9 табл. 3)

Обычно определить параметры, описывающие сопротивление базовой области R_B , затруднительно. Неоднозначность результатов идентификации обусловлена зависимостью R_B как от методики, так и от режима измерения вследствие распределённого характера сопротивления, влияния на R_B тока (модуляции сопротивления активной базы) и напряжения (эффект Эрли), различного пути протекания тока в базовой области при прямом и инверсном включении БТ. Для инженерных применений наиболее целесообразно приблизительно определить R_B и параметры R_B , R_{BM} , IRB на основе измерений диодной характеристики эмиттерного перехода, а именно из токовой зависимости напряжения на прямо смещённом эмиттерном переходе в тех случаях, когда коллектор «оборван» и соединён с базой.

Заметим, что:

- если измерения выполнены некорректно, то величина R_B может принять отрицательное значение;
- R_B для анализа шума рекомендуется определять из измерений шума транзисторов.

Для режимов работы, приведённых в п. 9 таблицы 3, и схемы включения БТ, показанной на рисунке 20, справедливы выражения:

$$V_{BEOEXT} - V_{BEBEXT} \approx I_E R_B \left(1 - \frac{1}{1 + BF}\right) + \phi_T \ln \frac{(1 + BR)(1 + BF)}{1 + BR + BF}, \quad (91)$$

$$R_B(I_E) \approx \frac{V_{BEOEXT} - V_{BEBEXT}}{I_E}, \quad (92)$$

где $R_B(I_E)$ – сопротивление базы БТ при эмиттерном токе I_E и замкнутом ключе, т.е. $V_{CBEXT} = 0$; V_{BEOEXT} , V_{BEBEXT} – измеренное значение напряжения между выводами базы и эмиттера при разомкнутом ($I_C = 0$) и замкнутом ($V_{CBEXT} = 0$) ключе.

Таким образом, для идентификации параметров рекомендуется:

- включить БТ в соответствии с рисунком 20;
- измерить зависимость $V_{BE} = f(I)$ при замкнутом ($V_{CBEXT} = 0$) и разомкнутом ($I_C = 0$) положении ключа в диапазоне тока от 100 мкА до $\beta_{MAX} I_{BMAX}$;
- для каждого значения тока в соответствии с выражением (92) определить сопротивление базы R_B (см. рис. 21);
- в качестве параметра RB рекомендуется выбрать максимальное значение R_B при минимально допустимом токе, R_{BM} – минимальное значение R_B при максимально допустимом токе, равно $\beta_{MAX} I_{BMAX}$, IRB – ток базы, при котором сопротивление базы составляет $0,5(RB + RBM)$.

ЛИТЕРАТУРА

13. Ibarra A. Strategy for DC parameter extraction in bipolar transistors. IEE Proceedings. 1990. Vol. 137. Pt.G. No. 1. PP. 5–11.
 14. Ning T.H. Method for determining the emitter and base series resistances of bipolar transistors. IEEE Transactions on Electron Devices. 1984. Vol. ED-31. No. 4. PP. 409–412.
 15. Wijburg R.C.M. New method for determining emitter resistance. Electronics Letters. 1992. Vol. 28. No. 8. PP. 733–734.
 16. Morizuka K. Precise extraction of emitter resistance from an improved floating collector measurement. IEEE Transactions on Electron Devices. 1995. Vol. 42. No. 2. PP. 266–273.
 17. Дворников О.В. Учебно-методический комплекс по дисциплине системы автоматизированного проектирования топологии интегральных схем. БГУИР. Минск, 2006.
 18. Дворников О.В. Специализированный базовый матричный кристалл для проектирования малошумящих и широкополосных аналоговых ИС. Электроника, НТБ. 1999. № 4. С. 9–11.
 19. Дворников О. Новые возможности анализа вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов. Компоненты и технологии. 2007. № 9. С. 211–213.
 20. Дворников О.В. Особенности измерений высокочастотных биполярных транзисторов на полупроводниковых пластинах. Минск, 2007.
 21. Дворников О.В. Применение постпроцессора PROBE для анализа результатов измерителя параметров полупроводниковых приборов ИППП-1. Минск, 2007. ©

интернет-магазин
Elitan.ru

- электронные компоненты
- приборы и инструмент
- компьютерная техника

**500 000 ТОВАРОВ
 ОТ 600 ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ**

минимальный заказ **не ограничен**

12 способов доставки по России и зарубеж

оплата через **банк, почту, Webmoney, ЯндексДеньги, Visa, MasterCard**

ежедневное обновление склада

отслеживание заказа **на сайте**

Москва
 Телефон: 8 (495) **649-84-45**
 Факс: 646-80-01

Ижевск
 Телефон: 8 (3412) **50-33-30**
 Факс: 51-84-29

Санкт-Петербург
 Телефон: 8 (812) **313-28-33**
 Факс: 313-28-44

ЛИТАН®
 info@elitan.ru
 www.elitan.ru

Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx

(часть 24)

Валерий Зотов (Москва)

Двадцать четвёртая часть курса посвящена вопросам подготовки файлов программирования микросхем флэш-памяти, выпускаемых различными производителями и предназначенных для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT.

ФОРМИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ФЛЭШ-ПАМЯТИ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНЫЙ РЕЖИМ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПЛИС СЕРИИ VIRTEx-5

Чтобы активизировать программный модуль iMPACT в режиме подготовки файлов «прошивки» микросхем флэш-памяти, которые предназначены для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT, необходимо выполнить ту же последовательность действий, что и при формировании файлов программирования ППЗУ, используемых для кристаллов семейств Spartan-3E, Spartan-3A, Spartan-3AN, Spartan-3A DSP. Эта последовательность операций была представлена в предыдущей части статьи. После фиксации в нажатом состоянии кнопки *PROM Supporting Multiple Design Version* в диалоговой панели с заголовком *Prepare PROM Files* необходимо в поле выбора, находящемся справа от этой кнопки, указать вариант *Virtex-5 MultiBoot*.

Затем, определив формат генерируемого файла программирования, его название и расположение на диске, следует открыть очередную диалоговую панель, которая в данном случае имеет заголовок *Virtex-5 MultiBoot PROM*. Данная диалоговая панель предназначена для выбора типа элемента флэш-памяти и соответствующего ре-

жима конфигурирования ПЛИС, поддерживающего возможность загрузки одной из нескольких версий конфигурационных последовательностей. В этой панели необходимо, прежде всего, указать используемый режим загрузки конфигурационной последовательности в ПЛИС.

Для этого следует воспользоваться одной из трёх кнопок с зависимой фиксацией: *Using an XCFP PROM with Design Revisioning Enabled*, *Using an SPI PROM* и *Using BPI Mode*. Мультизагрузочный вариант конфигурирования кристаллов серии Virtex-5 может быть осуществлён при использовании загрузочных режимов MultiBoot Master Serial, BPI и SPI. Каждый из этих режимов реализуется с помощью элементов конфигурационной флэш-памяти определённого типа. В последующих разделах рассматривается процесс подготовки файлов программирования для микросхем ППЗУ различного типа, которые соответствуют каждому из указанных выше режимов конфигурирования ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT.

ПОДГОТОВКА ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ МИКРОСХЕМ СЕМЕЙСТВА PLATFORM FLASH XCFxxP ФИРМЫ XILINX, ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНЫЙ РЕЖИМ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПЛИС СЕРИИ VIRTEx-5

В состав серии микросхем конфигурационной памяти Platform Flash, выпускаемой фирмой Xilinx, входит се-

мейство ППЗУ XCFxxP, которое включает в себя элементы перепрограммируемых запоминающих устройств, обладающие расширенным набором функциональных возможностей. В частности, микросхемы этого семейства поддерживают блочную адресацию данных, предоставляющую возможность выбора одной из нескольких версий конфигурационных последовательностей для кристаллов серии Virtex-5 при использовании ведущего последовательного режима загрузки MultiBoot Master Serial.

В этом случае переключение между блоками конфигурационной памяти осуществляется подачей соответствующей комбинации значений сигналов на входную двухразрядную шину адреса блока REV_SEL ППЗУ. Указанная шина микросхем флэш-памяти XCFxxP подключается непосредственно к выводам RS0 и RS1 ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT. Эти выводы предназначены для выбора требуемого варианта конфигурационных данных, загружаемых в ПЛИС. Таким образом, при организации мультизагрузочного варианта конфигурирования кристаллов серии Virtex-5 с применением режима MultiBoot Master Serial микросхемы ППЗУ семейства XCFxxP позволяют записывать до четырёх версий конфигурационных данных.

Чтобы сформировать файл программирования для микросхем памяти семейства Platform Flash XCFxxP с поддержкой мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5, следует в диалоговой панели с заголовком *Virtex-5 MultiBoot PROM* зафиксировать в нажатом состоянии кнопку *Using an XCFP PROM with Design Revisioning Enabled*. После этого необходимо открыть следующую диалоговую панель, озаглавленную *XCFP MultiBoot PROM*, в которой необходимо выбрать конкретный тип микросхемы семейства Platform Flash XCFxxP и

определить количество версий конфигурационных последовательностей, включаемых в состав формируемого файла программирования.

Используемый тип элемента конфигурационной памяти и его логическая ёмкость указывается в поле выбора *Select a PROM (Bytes)*. В выпадающем списке этого поля выбора представлены три возможных типа микросхем ППЗУ семейства Platform Flash XCFxxP xcf8p, xcf16p и xcf32p с информационной ёмкостью 1, 2 и 4 Мб соответственно, позволяющих реализовать мультизагрузочный вариант конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5.

Для включения микросхемы выбранного типа в состав списка конфигурационных ППЗУ необходимо нажать кнопку *Add*, которая находится справа от поля выбора *Select PROM (Bytes)*. После этого условное обозначение данного элемента конфигурационной флэш-памяти отображается в списке с указанием номера позиции. Если в процессе генерации файла программирования необходимо использовать режим сжатия конфигурационных данных, то следует воспользоваться индикатором состояния *Enable Compression*, который также представлен в диалоговой панели с заголовком *Virtex-5 MultiBoot PROM*. При переключении этого индикатора в состояние «включено» формирование файлов «прошивки» ППЗУ будет производиться с компрессией конфигурационной последовательности.

Далее необходимо указать блок памяти и соответствующую комбинацию сигналов выбора RS0 и RS1 для каждой используемой версии конфигурационных данных. Порядковые номера конфигурационных потоков данных отображаются в колонке с названием *Data Stream (Version)*. Чтобы определить комбинацию сигналов выбора RS0 и RS1, необходимо перевести в состояние «включено» индикатор *Enable Data Stream*, находящийся в строке с порядковым номером соответствующей конфигурационной последовательности данных. При этом становится доступным поле редактирования *RS(1:0) Pins*, которое расположено в той же строке, справа от индикатора состояния *Enable Data Stream*.

Требуемая комбинация сигналов выбора RS0 и RS1 указывается в этом поле редактирования в двоичном формате. Возможны четыре варианта значений – 00, 01, 10 и 11. Количество

конфигурационных потоков данных, включаемых в состав генерируемого файла программирования, должно соответствовать логической ёмкости выбранной микросхемы памяти семейства Platform Flash XCFxxP. В противном случае при переходе к заключительной информационной панели на экран выводится соответствующее сообщение об ошибке. После появления этого сообщения необходимо выбрать ППЗУ с большей логической ёмкостью или уменьшить количество версий конфигурационных последовательностей, включаемых в состав формируемого файла «прошивки». Только после этого открывается заключительная информационная панель с заголовком *File Generation Summary*, которая позволяет запустить процедуру установки выбранного режима работы программы *iMPACT* и параметров формируемого файла «прошивки». Эта процедура запускается нажатием кнопки «Готово» (*Finish*), находящейся в нижней части информационной панели; затем начинает автоматически выполняться командный файл, содержащий совокупность директив следующего вида:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : addConfigDevice -name "V5MultiBoot_XCFP" -path "D:\Prj_n\"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpiType -value "TYPE_MB_XCFP"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpiDevice -value "VIRTEX5"
// *** BATCH CMD : addDesign -version 0 -name "0" -rs 00
// *** BATCH CMD : addDesign -version 1 -name "1" -rs 01
// *** BATCH CMD : addDesign -version 2 -name "2" -rs 10
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr compressed -value "FALSE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr fileFormat -value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr fillValue -value "00"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multiboot -value "TRUE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr RsPinMsb -value "27"
```

```
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr flashDataWidth -value "8"
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 0
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr RSPin -value "00"
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr RSPin -value "01"
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 2
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr RSPin -value "10"
// *** BATCH CMD : addPromDevice -p 1 -size 0 -name xcf32p
```

Приведённая выше последовательность команд устанавливает режим генерации файла программирования для элемента конфигурационной флэш-памяти семейства Platform Flash XCFxxP с информационной ёмкостью 4 Мб, используемого для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5. В состав формируемого файла «прошивки» предполагается записать три версии конфигурационных последовательностей; комбинации значений сигналов выбора RS0 и RS1 для каждого конфигурационного потока данных устанавливаются в соответствии с двоичным кодом номера версии. Во все свободные ячейки выбранного элемента флэш-памяти, которые не используются для хранения конфигурационных данных, заносится значение 00.

В случае успешного выполнения представленной выше последовательности команд, в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*) отображается соответствующий отчёт:

```
'1': Added Device xcf32p successfully.
// *** BATCH CMD : setMode -pff
----- GUI: PFFView Wizard
Data Report -----
SubMode: PFF_PFFVERSION
MB Master Device: VIRTEX5
MB Mode: TYPE_MB_XCFP
MB Chain:
getMultiBootSelected(): TRUE
getSPISelected(): FALSE
---- GUI: End PFFView Report ----
```

Вслед за выводом отчёта автоматически исполняется командный файл.

Он включает в себя последовательность директив, определяющих структуру формируемого файла программирования ППЗУ семейства Platform Flash XCFxxP, и реализует мультизагрузочный вариант конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : addConfigDevice -size 256 -name "V5Multiboot_XCPF" -path "D:\Prj_n\"
// *** BATCH CMD : setSubmode -pffversion
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpiDevice -value "VIRTEX5"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpiType -value "TYPE_MB_XCPF"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr compressed -value "FALSE"
// *** BATCH CMD : addPromDevice -p 1 -size 0 -name xcf32p
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr size -value "0"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : addDesign -version 0 -name "0000"
// *** BATCH CMD : addDeviceChain -index 0
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr RSPin -value "00"
// *** BATCH CMD : addDesign -version 1 -name "1000"
// *** BATCH CMD : addDeviceChain -index 0
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr RSPin -value "01"
// *** BATCH CMD : addDesign -version 2 -name "2000"
// *** BATCH CMD : addDeviceChain -index 0
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr RSPin -value "10"
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 0
```

Затем в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта появляется следующий отчет, содержащий подробную информацию об установленных параметрах формируемого файла «прошивки» для выбранного элемента конфигурационной флэш-памяти:

```
---- GUI: Wizard Data Report ----
PROM Mode : Revision
```

```
Compression : false
Fill Value : FF
Output Format : mcs
Swap Bits : true
LoadDirection : UP
PROM Basename : V5Multiboot_XCPF
File Location : D:\Prj_n\
Auto Selcet : false
Number of Data Stream : 3
Number of PROMs : 1
PROM Name : xcf32p PROM Size : 4194304 Bytes
----- END of Report -----
```

Кроме того, в области расположения рабочих окон Навигатора проекта открывается новое окно программы *iMPACT* с заголовком *PROM File Formatter*. В верхней части этого окна представлена однострочная таблица, которая отражает структуру формируемого файла программирования конфигурационного ППЗУ семейства Platform Flash XCFxxP, предназначенного для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5. Единственная строка этой таблицы *Revision* включает в себя четыре ячейки, в каждой из которых отображается порядковый номер соответствующей версии конфигурационной последовательности (0 – 3). Для получения сведений о каждом потоке конфигурационных данных, добавленном в состав формируемого файла «прошивки», достаточно поместить курсор мыши на поле ячейки таблицы с соответствующим номером. При этом на экране отображается всплывающая панель, в которой представлена информация о начальном адресе и размере выбранной версии конфигурационной последовательности данных.

Кроме указанной таблицы в рабочем окне программы *iMPACT* представлен условный графический образ (УГО) элемента конфигурационной флэш-памяти семейства Platform Flash XCFxxP – XILINX PROM, используемого для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT.

Сразу после открытия рабочего окна *PROM File Formatter* на экран выводится информационная панель с заголовком *Add Device*, которая содержит единственную кнопку *OK*, запускающую процедуру формирования содержимого файла программирования. Используя стандартную диалоговую панель открытия файла, которая автоматичес-

ки отображается на экране после нажатия кнопки *OK*, следует поочередно указать идентификаторы файлов, содержащих требуемые версии конфигурационных последовательностей. При успешном открытии указанных файлов справа от УГО XILINX PROM появляется соответствующий графический символ ПЛИС XILINX, под которым приведён идентификатор выбранного файла конфигурационной последовательности и условное обозначение кристалла FPGA, для которого он сгенерирован.

После добавления очередного варианта конфигурационной последовательности в состав файла «прошивки» элемента флэш-ППЗУ в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта отображается соответствующая информация с указанием номера версии, объёма памяти, используемого для записи соответствующего файла конфигурационных данных, и стартового адреса для следующего потока данных:

```
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr name -value "0"
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1 -file "D:/Prj_n/multiboot_rev1.bit"
'1': Loading file
'D:/Prj_n/multiboot_rev1.bit'
...done.
INFO:iMPACT:501 - '1': Added Device xc5v1x30 successfully.
file :
D:/Prj_n/multiboot_rev1.bit used
size : 8374016
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 0 Add one device.
StartAddr=100000
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
Revision 1 StartAddr=100000
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr name -value "100000"
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1 -file "D:/Prj_n/multiboot_rev2.bit"
'1': Loading file
'D:/Prj_n/multiboot_rev2.bit'
..done.
INFO:iMPACT:501 - '1': Added Device xc5v1x30 successfully.
file :
D:/Prj_n/multiboot_rev2.bit used
size : 8374016
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
```

```

sign -version 2
Revision 2 StartAddr=100000
// *** BATCH CMD : setAttribute
-design -attr name -value
"100000"
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1
-file
"D:/Prj_n/multiboot_rev3.bit"
'1': Loading file
'D:/Prj_n/multiboot_rev3.bit'
...done.
INFO:ИМПАКТ:501 - '1': Added De-
vice xc5v1x30 successfully
file :
D:/Prj_n/multiboot_rev3.bit used
size : 8374016

```

Представленный выше протокол информирует о выполнении команд включения в состав генерируемого файла «прошивки» трёх версий конфигурационных последовательностей, которые содержатся в файлах *multiboot_rev1.bit*, *multiboot_rev2.bit* и *multiboot_rev3.bit* соответственно.

По завершении процедуры определения содержимого генерируемого файла в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* выводится сводная информация о количестве версий, включенных в его состав, и соответствующих блоках памяти, которые отводятся для их записи:

```

// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 2
INFO:ИМПАКТ:2812 - ===== Re-
vision | PROM | Block | Bits
=====
INFO:ИМПАКТ:2813 - Rev0: PROM0:
block0 = 8374016 Bits
INFO:ИМПАКТ:2813 - Rev1: PROM0:
block1 = 8374016 Bits
INFO:ИМПАКТ:2813 - Rev2: PROM0:
block2 = 8374016 Bits
INFO:ИМПАКТ:2061 - =====
Revision Summary =====
INFO:ИМПАКТ - Rev0: 99.83%
(8374016/8388608) full
INFO:ИМПАКТ - Rev1: 99.83%
(8374016/8388608) full
INFO:ИМПАКТ - Rev2: 99.83%
(8374016/8388608) full
INFO:ИМПАКТ - =====
Add one device.StartAddr=200000

```

При этом также производится автоматическое обновление информации

о проценте заполнения используемого элемента флэш-памяти семейства Platform Flash XCFxxP, которая приводится слева от условного графического обозначения ППЗУ XILINX PROM.

Запуск процесса генерации файла программирования, включающего указанные версии конфигурационных последовательностей для ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT, осуществляется с помощью команды *Generate File*, которая доступна в окне процессов *Processes Window* (на странице *Configuration Operations*), контекстно-зависимом меню и всплывающем меню *Operations*. При выборе этой команды выполняется представленная ниже последовательность директив, информация о ходе и результатах исполнения которой отображается в окне регистрации сообщений *Transcript Window*. В случае успешного окончания процесса генерации в этом окне появляются сообщения о записи результирующих файлов, предназначенных для программирования выбранного элемента конфигурационной флэш-памяти:

```

// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setSubmode
-pffversion
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr fillValue
-value "00"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr fileFormat
-value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr path -value
"D:\Prj_n\"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr name -value
"V5Multiboot_XCPF"
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 2
Total configuration bit size =
25122048 bits.
Total configuration byte size =
3140256 bytes.
// *** BATCH CMD : generate
0x100000 (1048576) bytes loaded
up from 0x0
0x100000 (1048576) bytes loaded
up from 0x100000
0x100000 (1048576) bytes loaded
up from 0x200000

```

```

Using user-specified prom size of
4096K
Writing file "D:\Prj_n\V5Multi-
boot_XCPF.mcs".
Writing file "D:\Prj_n\V5Multi-
boot_XCPF.prm".
Writing file "D:\Prj_n\V5Multi-
boot_XCPF.sig".
Writing file "D:\Prj_n\V5Multi-
boot_XCPF.cfi".

```

При желании можно изменить структуру и содержимое файла программирования и повторно активизировать процесс его генерации. Для этого необходимо воспользоваться командой *Edit Revision*, доступ к которой открывает контекстно-зависимое меню, открываемое щелчком правой кнопки мыши, или всплывающее меню *Edit*. При выборе этой команды на экране появляется всплывающее меню следующего уровня, в котором представлено две строки: *Add Revision* и *Delete Last Revision*.

Команда *Add Revision* позволяет включить ещё одну версию конфигурационной последовательности в формируемый файл «прошивки», если первоначально было указано менее четырёх вариантов конфигурационных данных. При этом следует учитывать доступную информационную ёмкость используемого элемента ППЗУ семейства Platform Flash XCFxxP. В случае несоблюдения ограничения на экран выводится соответствующее сообщение. Для удаления последнего варианта конфигурационных данных, включенного в состав файла программирования, предназначена команда *Delete Last Revision*.

ФОРМИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ФЛЭШ-ПАМЯТИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ SPI, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНОГО РЕЖИМА КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПЛИС СЕРИИ VIRTEx-5

Для подготовки файла программирования элемента флэш-памяти с последовательным интерфейсом SPI, предназначенного для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT, в диалоговой панели с заголовком *Virtex-5 MultiBoot PROM* следует зафиксировать

ровать в нажатом состоянии кнопку *Using an SPI PROM*. Затем необходимо перейти к следующей диалоговой панели, которая имеет заголовок *Virtex-5 SPI PROM Property*. В этой диалоговой панели, используя поле выбора *Select SPI PROM Density (bits)*, требуется указать логическую ёмкость используемой микросхемы флэш-памяти с последовательным интерфейсом SPI.

После этого с помощью индикаторов состояния *Enable Data Stream* следует определить количество потоков конфигурационных данных, включаемых в состав формируемого файла «прошивки». При этом необходимо следить за тем, чтобы суммарный объём версий конфигурационных данных, входящих в состав создаваемого файла программирования, не превышал значения информационной ёмкости выбранного элемента флэш-памяти. В общем случае файл «прошивки» микросхемы флэш-ППЗУ с последовательным интерфейсом SPI может содержать до восьми вариантов конфигурационных последовательностей. Затем в соответствующих полях редактирования, представленных в колонке *Address (Hex)*, следует определить (в шестнадцатеричном формате) начальные адреса размещения в памяти всех версий конфигурационных последовательностей, включенных в состав формируемого файла программирования.

Дальнейшая последовательность действий и содержимое соответствующих командных файлов, выполняемых в процессе генерации файлов программирования микросхем флэш-памяти с последовательным интерфейсом SPI, практически не отличаются от процесса создания файлов «прошивки» аналогичных элементов ППЗУ, используемых для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования кристаллов FPGA семейства Spartan-3A. Этот процесс был подробно рассмотрен в предыдущей части данного курса.

Подготовка файлов программирования элементов флэш-памяти с параллельным интерфейсом ВРІ, предназначенных для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5

Возможность выбора одной из нескольких версий конфигурационных

данных при загрузке ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT может достигаться и в случае использования элементов флэш-памяти с параллельным интерфейсом, поддерживающих побайтовый режим ВРІ. При этом для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования кристаллов FPGA указанных семейств могут применяться как микросхемы перепрограммируемых запоминающих устройств, выпускаемые «третьими» производителями, так и ППЗУ, предлагаемые фирмой Xilinx.

Чтобы приступить к подготовке файлов программирования элементов флэш-памяти с параллельным интерфейсом ВРІ, поддерживающих мультизагрузочный режим конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5, следует в диалоговой панели с заголовком *Virtex-5 MultiBoot PROM* переключить в нажатое положение кнопку *Using BPI Mode*. После этого становятся доступными две кнопки с зависимой фиксацией – *Direction* и *Xilinx PROM*. С помощью этих кнопок выбирается производитель микросхем флэш-памяти с параллельным интерфейсом. Если в качестве конфигурационной памяти выбираются микросхемы ППЗУ, которые являются продукцией «третьих» фирм, то в нажатое состояние необходимо установить кнопку *Direction*. Большинство таких микросхем поддерживают два варианта размещения потоков конфигурационных данных в адресном пространстве применяемого элемента флэш-памяти и, соответственно, начальную последовательность их загрузки в ПЛИС.

Требуемый порядок следования версий конфигурационных данных указывается с помощью поля выбора *Direction*. В выпадающем списке возможных значений этого поля выбора представлено два варианта: *Up* и *Down*. При выборе варианта *Up* версии битовых потоков данных, предназначенные для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования кристалла, размещаются в адресном пространстве используемого элемента флэш-памяти в порядке возрастания значений адреса, начиная с младшего (нулевого) адреса.

Для записи конфигурационных последовательностей в выбранном ППЗУ в обратном порядке необходимо в поле *Direction* указать вариант *Down*. После определения необходимой после-

довательности размещения версий конфигурационных битовых потоков данных следует открыть очередную диалоговую панель с заголовком *Virtex-5 BPI PROM Property*, предназначенную для указания информационной ёмкости и организации используемой микросхемы флэш-памяти, а также начальных адресов для записи каждого варианта конфигурационных данных.

Информационная ёмкость используемого элемента конфигурационной флэш-памяти с параллельным интерфейсом указывается в поле выбора *Select a Parallel PROM Density (Bytes)*. После выбора одного из 15 возможных вариантов логической ёмкости следует добавить соответствующий элемент в список конфигурационных ППЗУ, воспользовавшись кнопкой *Add*, которая расположена справа от поля выбора *Select a Parallel PROM Density (Bytes)*.

Организация данных (разрядность шины данных) в выбранной микросхеме флэш-памяти определяется с помощью поля выбора *PROM data-width*. Выпадающий список данного поля выбора содержит два варианта – $\times 8$ (8-bit) и $\times 16$ (16-bit), – которые соответствуют 8- и 16-разрядному представлению данных.

Для выбора загружаемой версии конфигурационной последовательности, хранящейся в элементе конфигурационной флэш-памяти с параллельным интерфейсом ВРІ, используется как шина адреса ПЛИС серии Virtex-5, так и сигналы выбора RS0 и RS1. Поэтому при формировании файла программирования для мультизагрузочного варианта конфигурирования кристаллов семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT необходимо указать, к каким разрядам адресной шины используемого ППЗУ подключаются эти сигналы. Для этого предназначено поле выбора *Select RS(1:0) Pin Address Bits*, в выпадающем списке которого представлено четырнадцать возможных вариантов подключения сигналов RS0 и RS1: 27:26, 26:25, 25:24, 24:23, 23:22, 22:21, 21:20, 20:19, 19:18, 18:17, 17:16, 16:15, 15:14, 14:13.

Выбрав требуемый вариант подключения, следует для каждой версии конфигурационной последовательности указать соответствующую комбинацию значений сигналов RS0 и RS1 и начальный адрес. Комбинация двоичных значений сигналов выбора определяется в поле редактирования RS(1:0)

Электронные компоненты

мир электронных
компонентов

Компания ПРОСОФТ предлагает широкий
ассортимент электронных компонентов
ведущих зарубежных производителей

Опираясь на многолетний опыт применения
компонентов, 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



PROSOFT®

тел.: (495) 232-25-22

e-mail: info@prochip.ru

web: www.prochip.ru

Pins, которое становится доступным после переключения индикатора *Enable Data Stream*, расположенного в строке с порядковым номером соответствующей конфигурационной последовательности данных, в состоянии «включено». Начальные адреса используемых версий конфигурационных последовательностей указываются в соответствующих полях редактирования *Addr(25:0)* в шестнадцатеричном формате. По умолчанию, для первой версии конфигурационного потока данных назначается нулевой начальный адрес и комбинация сигналов выбора 00.

После определения структуры формируемого файла программирования необходимо перейти к заключительной информационной панели с заголовком *File Generation Summary*, в которой (после проверки установленных значений основных параметров) следует нажатием кнопки «Готово» запустить командный файл, предназначенный для установки соответствующего режима работы программы *iMPACT* и параметров структуры формируемого файла программирования. Последовательность директив, содержащаяся в этом командном файле, показана ниже на примере формирования файла «прошивки» для элемента конфигурационной флэш-памяти с параллельным интерфейсом BPI и логической ёмкостью 16 Мб, позволяющего реализовать мультизагрузочный вариант конфигурирования кристаллов семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT:

```
// *** BATCH CMD: setMode -pff
// *** BATCH CMD: addConfigDevice
-name "v5_multiboot_bpi" -path
"D:\Prj_n\"
// *** BATCH CMD: setSubmode
-pffparallel
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr multibootBpi-
Type -value "TYPE_MB_BPI"
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr multibootBpi-
Device -value "VIRTEX5"
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr multi-
bootBpichainType -value "PARALLEL"
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD: addDesign -ver-
sion 0 -name "0" -rs 00
// *** BATCH CMD: addDesign -ver-
sion 1 -name "5F" -rs 11
```

```
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr fileFormat
-value "mcs"
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr fillValue
-value "11"
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr multiboot
-value "TRUE"
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr spiSelected
-value "FALSE"
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr RsPinMsb
-value "20"
// *** BATCH CMD: setAttribute
-configdevice -attr flashDataW-
idth -value "16"
// *** BATCH CMD: setCurrentDe-
sign -version 0
// *** BATCH CMD: setAttribute
-design -attr RSPin -value "00"
// *** BATCH CMD: setCurrentDe-
sign -version 1
// *** BATCH CMD: setAttribute
-design -attr RSPin -value "11"
// *** BATCH CMD: addPromDevice
-p 1 -size 16384 -name 16M
```

В составе структуры создаваемого файла программирования предусмотрено включение двух версий конфигурационных последовательностей. Для первой версии устанавливается комбинация сигналов выбора RS0 и RS1 00, для второй – 11. Версии конфигурационных последовательностей, включаемые в состав файла «прошивки», располагаются в адресном пространстве используемого ППЗУ в порядке возрастания значений адресов. Конфигурационные данные представляются в выбранном элементе флэш-памяти в виде 16-разрядных слов.

Все свободные ячейки выбранной микросхемы ППЗУ заполняются значениями 11 (в шестнадцатеричном формате). Отчёт о выполнении команд установки соответствующего режима работы программы *iMPACT*, отображаемый в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта, имеет следующий вид:

```
'1': Added Device 16M success-
fully.
// *** BATCH CMD : setMode -pff
----- GUI: PFFView
Wizard Data Report -----
```

```
SubMode: PFF_PARALLEL
MB Master Device: VIRTEX5
MB Mode: TYPE_MB_BPI
MB Chain: PARALLEL
getMultiBootSelected(): TRUE
getSPISelected(): FALSE
---- GUI: End PFFView Report ----
```

Далее автоматически выполняется последовательность команд, определяющих структуру генерируемого файла «прошивки» конфигурационного ППЗУ:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
Version:0 StartAddr:0
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
Version:1 StartAddr:5f
// *** BATCH CMD : addConfigDe-
vice -size 256 -name "v5_multi-
boot_bpi" -path "D:\Prj_n\"
// *** BATCH CMD : setSubmode
-pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr multibootBpi-
Device -value "VIRTEX5"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr multibootBpi-
Type -value "TYPE_MB_BPI"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr multi-
bootBpichainType -value "PARALLEL"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr flashDataW-
idth -value "16"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr multiboot
-value "TRUE"
// *** BATCH CMD : addPromDevice
-p 1 -size 16384 -name 16M
'1': Added Device 16M success-
fully.
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr size -value "0"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : addDesign
-version 0 -name "0" -rs 00
// *** BATCH CMD : setAttribute
-design -attr RSPin -value "00"
// *** BATCH CMD : addDesign
-version 1 -name "5f" -rs 11
// *** BATCH CMD : setAttribute
-design -attr RSPin -value "11"
```

Результаты выполнения этих команд отображаются в соответствующем отчёте, выводимом в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window*. В рассматриваемом

примере этот отчёт выглядит следующим образом:

```

---- GUI: Wizard Data Report ----
PROM Mode : MultiBoot
Compression : false
Fill Value : FF
Output Format : mcs
Swap Bits : true
LoadDirection : UP
PROM Basename : v5_multiboot_bpi
File Location : D:\Prj_n\
Auto Selcet : false
Number of Data Stream : 2
Number of PROMs : 1
PROM Name : 16M      PROM Size :
16777216 Bytes
----- END of Report -----
    
```

Вместе с выводом данного отчёта открывается новое рабочее окно программы *iMPACT* с заголовком *PROM File Formatter*, которое имеет ту же структуру, что и при подготовке файла программирования конфигурационного ППЗУ семейства Platform Flash XCFxxP, предназначенного для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5. Основное отличие представленной в этом окне таблицы, отражающей структуру генерируемого файла, заключается в количестве ячеек, составляющих единственную строку с заголовком *Data Stream*. При создании файла «прошивки» для элемента конфигурационной флэш-памяти с параллельным интерфейсом BPI эта таблица содержит восемь ячеек, поскольку в данном режиме поддерживается возможность записи до восьми версий конфигурационных последовательностей.

Кроме того, условный графический образ элемента конфигурационной флэш-памяти, отображаемый в рабочем окне программы *iMPACT*, имеет другой идентификатор, который соответствует типу используемого ППЗУ – PARALLEL PROM.

Далее необходимо указать идентификаторы файлов, содержащих версии конфигурационных последовательностей, включаемые в мультизагрузочный файл программирования. Эта процедура выполняется так же, как и при формировании файла программирования микросхем семейства Platform Flash XCFxxP, используемых для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС серии Virtex-5. При этом автоматически вы-

полняется следующая совокупность команд:

```

// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 0
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1 -file
"D:/Prj_n/multiboot_ver1.bit"
'1': Loading file
'D:/Prj_n/multiboot_ver1.bit' ... done.
INFO:iMPACT:501 - '1': Added Device xc5v1x30 successfully.
-----
file :
D:/Prj_n/multiboot_ver1.bit used
size : 8374016
|-----
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1 -file
"D:/Prj_n/multiboot_ver2.bit"
'1': Loading file
'D:/Prj_n/multiboot_ver2.bit' ... done.
INFO:iMPACT:501 - '1': Added Device xc5v1x30 successfully.
-----
file :
D:/Prj_n/multiboot_ver2.bit used
size : 8374016
|-----
    
```

Приведённые выше команды добавляются в состав создаваемого мультизагрузочного файла «прошивки» конфигурационные последовательности, которые содержатся в файлах *multiboot_ver1.bit* и *multiboot_ver2.bit*.

В случае успешного завершения процедуры определения содержимого файла программирования в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* отображается информация о размещении выбранных конфигурационных последовательностей в адресном пространстве применяемого элемента флэш-памяти с параллельным интерфейсом BPI и объёме ресурсов этого ППЗУ, выделяемом для записи каждой версии конфигурационных данных (выраженном в процентном отношении). В заключительной части этого информационного блока приводятся сведения о суммарном объёме микросхемы памяти, используемой для хранения всех указанных версий конфигурационных последовательностей и начальном адресе для записи следующего потока данных:

```

| ==== PROM Utilization in Bytes
====
| Total PROM Size Total Used Size
Percentage
| 0x1000000 0x1FF1C0 12.48%
| ==== Revision Utilization ====
| Rev Start Addr End Addr Used
Size Unused Percentage
| 0 0x0 0xFF9B1 0xFF9B1 0x20070D
33.28%
| 1 0x3000BE 0x3FFA6F 0xFF9B1
0xC00591 7.68%
|-----
| ==== PROM/Revision Utilization
====
| PROM 0 Address Space = 0x0 to
0x1000000
| Rev Start Addr End Addr Used
Size Unused Revision PROM
| 0 0x0 0xFF9B1 0xFF9B1 0xF0064F
6.24%
| 1 0x3000BE 0x3FFA6F 0xFF9B1
0xF0064F 6.24%
|-----
| 12.48%
|-----
Revision[0] 1572959 bytes, Used
1046752, Percentage used = 66.55
Revision[1] 15204257 bytes, Used
1046752, Percentage used = 6.88
PROM[0] 16777216 bytes, Used
2093504 bytes, Percentage used =
12.48
Add one device.Next Start Ad-
dress=3ffa70
    
```

После определения содержимого файла «прошивки» ППЗУ с параллельным интерфейсом BPI, его структура отображается в графическом виде в рабочем окне программных средств *iMPACT*. Если необходимо изменить структуру и/или содержимое файла программирования, следует воспользоваться соответствующими командами контекстно-зависимого всплывающего меню, которое открывается щелчком правой кнопки мыши в рабочей области окна *PROM File Formatter*.

Для изменения количества версий конфигурационных последовательностей, включаемых в состав генерируемого файла, модификации установленных комбинаций значений сигналов выбора RS0 и RS1 и начальных адресов необходимо выбрать в этом меню команду *Modify MultiBoot-PROM Properties*. При этом на экране вновь появляется диалоговая панель с заголовком *Virtex-5 MultiBoot BPI PROM Property*, которая содержит указанные ранее параметры файла «про-

шивки». Завершив редактирование структуры формируемого файла программирования конфигурационной памяти, необходимо подтвердить все выполненные изменения нажатием кнопки *OK*, которая находится в нижней части этой диалоговой панели.

Чтобы указать другие файлы, содержащие требуемые версии данных, следует в контекстно-зависимом всплывающем меню активизировать команду *Modify Data Files*. В результате выполнения этой команды открывается диалоговая панель, имеющая заголовок *Add Data File*. В этой диалоговой панели вначале необходимо установить в состояние «включено» индикатор *Data File*, расположенный в строке с соответствующим номером, после чего становится доступным поле редактирования *File Name*. Затем в данном поле редактирования необходимо указать идентификатор требуемого файла, используя клавиатуру или стандартную диалоговую панель открытия файла, которая появляется при нажатии кнопки *Browse*, находящейся в этой же строке. Содержимое указанных файлов будет добавлено в состав генерируемого файла программирования после нажатия кнопки *OK*, расположенной в нижней части диалоговой панели *Add Data File*.

Процесс автоматической генерации скомпонованного файла программирования конфигурационного ППЗУ с параллельным интерфейсом ВРІ запускается командой *Generate File*. Командный файл, выполняемый при этом, содержит следующую совокупность директив, протокол выполнения которой отображается в окне регистрации сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setSubmode
-pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr fillValue
-value "11"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr fileFormat
-value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr path -value
"D:\Prj_n\"
// *** BATCH CMD : setAttribute
```

```
-configdevice -attr name -value
"v5_multiboot_bpi"
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
Version:0 RS_PIN:00
StartAddr:0
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
Version:1 RS_PIN:11
StartAddr:5F
Total configuration bit size =
16748032 bits.
Total configuration byte size =
2093504 bytes.
// *** BATCH CMD : generate
-bpi_parallel
0xff8e0 (1046752) bytes loaded up
from 0x0
0xff8e0 (1046752) bytes loaded up
from 0x18005f
Using user-specified prom size of
16384K
Writing file "D:\Prj_n\\v5_multi-
boot_bpi.mcs".
Writing file "D:\Prj_n\\v5_multi-
boot_bpi.prm".
```

Об успешном окончании процесса генерации информируют сообщения о записи результирующих файлов, которые могут непосредственно использоваться для программирования выбранного элемента конфигурационной памяти.


ФОРМИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ МИКРОСХЕМ СЕМЕЙСТВА PLATFORM FLASH XL ФИРМЫ XILINX, ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНЫЙ РЕЖИМ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПЛИС СЕРИИ VIRTEx-5

Для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT могут использоваться и микросхемы конфигурационной флэш-памяти с поддержкой режима ВРІ, выпускаемые фирмой Xilinx. В состав серии ППЗУ Platform Flash этой фирмы входит семейство микросхем Platform Flash XL, которое предназначено для осуществления высокоскоростной загрузки конфигурационных данных в кристаллы программируемой логики с архитектурой FPGA. Это семейство микросхем флэш-памяти оптимизировано для совместной работы с ПЛИС серии Virtex-5, прежде всего, при использовании режима конфигурирования

Slave SelectMAP. Кроме того, элементы памяти данного семейства могут эффективно применяться для конфигурирования кристаллов семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT в режиме Master BPI-Up.

В настоящее время в составе семейства Platform Flash XL представлен один тип микросхем ППЗУ XCF128X с информационной ёмкостью 128 Мбит и организацией 8М × 16 разрядов. Чтобы сформировать файл программирования для элемента флэш-памяти этого семейства, предоставляющий возможность выбора одного из нескольких вариантов конфигурационных данных, следует вначале выполнить последовательность действий, рассмотренную в предыдущем разделе. Затем, после переключения в нажатое положение кнопки *Using BPI Mode* в диалоговой панели с заголовком *Virtex-5 MultiBoot PROM*, необходимо зафиксировать в нажатом состоянии кнопку *Xilinx PROM*. Далее необходимо перейти к следующей диалоговой панели с заголовком *Virtex-5 BPI PROM Property*, в которой следует добавить в список элементов конфигурационной памяти микросхему XCF128X.

При выборе в качестве элементов конфигурационной памяти ППЗУ семейства Platform Flash XL, в поле выбора PROM data-width, представленном в этой же диалоговой панели, автоматически устанавливается значение разрядности представления данных, соответствующее организации микросхемы XCF128X – ×16 (16-bit). В диалоговой панели с заголовком *Virtex-5 MultiBoot PROM* необходимо также указать начальные адреса для записи каждой версии конфигурационной последовательности. Следует обратить внимание на то, что сигналы управления RS0 и RS1 ПЛИС серии Virtex-5 не используются для выбора загружаемой версии конфигурационных данных из ППЗУ семейства Platform Flash XL в режиме ВРІ.

Далее, для определения структуры и содержимого формируемого мультизагрузочного файла программирования микросхем семейства Platform Flash XL и запуска процесса его генерации необходимо выполнить ту же последовательность действий, которая была рассмотрена в предыдущем разделе при подготовке файлов «прошивки» ППЗУ с параллельным интерфейсом ВРІ, выпускаемых сторонними фирмами. 

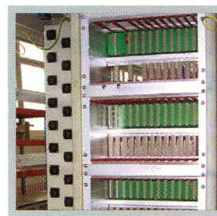
ФОРМУЛА УСПЕХА:

ИДЕИ – ЗАКАЗЧИКА,
РЕАЛИЗАЦИЯ – ФАСТЕКО



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ КАТЕГОРИИ СЛОЖНОСТИ

- **Приоритеты** — проектам полного цикла производства
- **Комплексные проекты:** от разработки опытного образца до выпуска серийных изделий
- **Лицензии и сертификаты** на производство электронного оборудования
- **Планирование поставок** готовых изделий по графикам заказчика



- Автоматизированный монтаж печатных плат любой сложности, все типы плат и компонентов.
- Корпусная сборка электронных узлов, крейтов, шкафов и блоков; сборка, тестирование и программирование промышленных компьютеров и контроллеров без ограничений в технологиях.
- Поставка печатных плат любой сложности, соответствие стандартам IPC и ГОСТ. Консультации, доработка.
- 100% комплектование электронными компонентами производственных программ. Регистрация проектов, долгосрочные программы, склад.
- 100% контроль качества: оптический и рентген-контроль, паспортизация изделий на всех этапах производства, служба контроля качества, ОТК.
- Изготовление лицевых приборных панелей, шильдов, деталей корпусов, радиаторов.
- Изготовление кабелей, жгутов.
- Дизайн-центр по разработке электронного оборудования: от модулей до программно-аппаратных комплексов.

Некоторые вопросы разработки встраиваемых компьютерных систем

Дмитрий Гаманюк (г. Саратов)

Современные встраиваемые компьютеры должны принимать и передавать информацию через высокочастотные многоконтактные электрические соединители. Задача выбора системного соединителя является чрезвычайно ответственной.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА В СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Цифровая техника прочно обосновалась в системах автоматического управления сложными техническими системами: сейчас считается «хорошим тоном» иметь собственный вычислитель почти на каждом агрегате. Сложный объект управления содержит несколько компьютеров с одинаковой аппаратной частью, но реализующих локальные законы управления. Такая идеология уменьшает стоимость вычислителей в общей затратной части бортового вычислительного комплекса и значительно сокращает время разработки последнего: остаётся рассчитать и скомпоновать в требуемых габаритах входные усилители, АЦП, ЦАП и выходные каскады.

В этой связи в современной электронике установился термин «встраиваемые компьютерные системы» (ВКС) – типовые, как правило, одноплатные, вычислительные модули, позволяющие реализовать требуемые законы управления.

Сегодня одноплатные компьютеры создаются на основе открытых промышленных стандартов группы COTS (Commercial Off The Shelf – готовые коммерческие продукты и технологии). Выбор одноплатной компоновки продиктован тем обстоятельством, что такие решения признаны наиболее технологичными изделиями среди встраиваемых компьютеров. Само понятие «встраиваемый» предполагает лёгкость «встраивания», то есть установки и замены, что очевидно для одноплатных вариантов.

Современные одноплатные компьютеры оснащены локальной памятью большого объёма, имеют многоядерные и энергосберегающие процессоры, снабжаются высокопроизводительными устройствами ввода – выво-

да информации и обеспечивают организацию внутрисистемных соединений за счёт поддержки существующих коммуникационных технологий.

Наибольший интерес проявляется к объектам управления, применяемым в военной и аэрокосмической отраслях, а также двойного назначения. Именно в этих приложениях традиционно предъявляются наиболее жёсткие требования к точности, надёжности, долговечности и стойкости к внешним воздействующим факторам. Поэтому вычислители для военных применений хотя и характеризуются высокой стоимостью, но интегрируют самые передовые аппаратные и программные решения.

Так, изделия ВКС британской компании Radstone Technology уже многие годы применяются в крупнейших оборонных программах стран НАТО. Это – и известная FCS (Future Combat Systems – перспективные боевые системы), и JTRS (объединённая система тактической радиосвязи). ВКС Radstone установлены на основном боевом танке армии США M1A2 Abrams, используются в современных пусковых установках, корабельных ракетных комплексах, торпедах и радиолокационных станциях Firefinder. Подводные крейсера проекта Trident, морские истребители Boeing F/A-18E/F Super Hornet, истребители Eurofighter Typhoon, F-18, F-35 Joint Strike Fighter, боевые вертолеты NH90, патрульные самолеты Nimrod MR4A, космические корабли Space Shuttle и МКС также имеют спецвычислители на основе одноплатных компьютеров.

В развитии рынка встраиваемых компьютерных систем прослеживается мировая тенденция к использованию стандартов семейства VME (VME32, VME64, VME64x, VME2eSST, VXS и VPX), которые наиболее полно удовлетворяют таким требованиям военных заказчиков, как полная совместимость с изде-

лиями предыдущего поколения, возможность поставки комплектующих на протяжении жизненного цикла этих систем, возможность дальнейшей модернизации, организация работы CAIS-технологий по поддержке изделий в течение всего времени их работы.

Актуальным для военных применений является и простота обслуживания персоналом низкой квалификации, и защита от неправильного использования.

Альтернативой семейству VME являются системы CompactPCI. Данная реализация ВКС опирается на широко используемые, а потому сравнительно недорогие комплектующие настольных компьютеров. За счёт масштабной унификации одни и те же составляющие компьютера используются как в «бытовых» целях, так и на транспорте, в медицине, оборонной и аэрокосмической областях.

Встраиваемые компьютеры для полной реализации своих преимуществ должны принимать и передавать информацию через высокочастотные многоконтактные электрические соединители. Задача выбора системного соединителя является чрезвычайно ответственной: он должен быть высоконадёжным, компактным, обеспечивать малые величины ёмкостей между контактами, обладать низким значением наводимой э.д.с. самоиндукции, допускать большое число вставок/удалений модулей (сочленений – расчленений), иметь защиту от ошибочного включения, обеспечивать возможность развития спецификации и т.д. Именно качество выбранного системного разъёма определило возможность создания системы с удвоенным, по сравнению с настольным вариантом компьютера, количеством слотов расширения.

ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ К ОБРАЗЦАМ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Российское вооружение и военная техника (ВВТ) востребованы на мировом рынке, что во многом определяется сложившейся ещё в советское время системой контроля над вооружением на всех

стадиях его создания – от разработки до утилизации. Любой образец ВВТ и его комплектующие проходят несколько этапов создания и проработки технической документации, с оценкой принимаемых инженерных решений, агрегатных испытаний и испытаний ВВТ в целом.

Работа этой системы поддерживается комплексом государственных стандартов, определяющих уровни внешних воздействующих факторов (ВВФ), к которым должен быть устойчив разрабатываемый образец ВВТ. Эффективность стандартизации во многом определяется разделением аппаратуры, используемой в ВВТ, на группы по области использования: морская, авиационная, сухопутная и космическая. Каждая группа, в свою очередь, подразделяется на более мелкие градации, в зависимости от места размещения аппаратуры на объекте.

Всё это позволяет с высокой степенью достоверности определять комплекс вредных воздействий на военные изделия в реальных условиях и проводить их адаптацию к ВВФ на максимально ранних стадиях создания.

Значения параметров ВВФ, закладываемые в нормативную документацию, являются конфиденциальной информацией. Однако эти параметры, с достаточным уровнем достоверности, могут быть оценены по материалам открытой печати [1]. Так, в таблицах 1 и 2 приводятся наиболее жёсткие уровни воздействия механических и климатических факторов соответственно. Видно, в каких непростых условиях должна работать аппаратура ВВТ для обеспечения успеха российского оружия на мировом рынке. Кроме того, в реальных условиях эксплуатации и боевого применения эти факторы действуют не по отдельности, а одновременно. Поэтому существующие методики испытаний предполагают проверку безотказности аппаратуры при комплексном воздействии ВВФ. Аппаратура при этом должна сохранять работоспособность во время и после воздействий. Все эти условия, несомненно, касаются и вычислительных модулей, в частности ВКС.

Роль электрических соединителей в обеспечении нормальной работы ВКС

Электрический соединитель – это электромеханическое устройство, предназначенное для коммутации электрических цепей. Через него протекают электрические токи, которые, в случае использования в ВКС, имеют, в основ-

ном, информационно-сигнальную природу. Такие сигналы характеризуются, как правило, малыми значениями величины тока, напряжения и высокой частотой. Искажение сигналов неизбежно приведёт к потере передаваемой информации. Изменение параметров высокочастотного сигнала в электрических соединителях, работающих в условиях комплексного воздействия механических и климатических ВВФ, может происходить [1, 2] из-за изменения активной и реактивной составляющих переходного сопротивления соединителя, а также электротермического износа контактирующих поверхностей и т.д.

В общем случае величина переходного сопротивления соединителя определяется выражениями [3]:

$$R_{пер} = \rho / 2r \tag{1}$$

для одноточечных контактов,

$$R_{пер} = \rho / 2rn \tag{2}$$

для многоточечных контактов,

где: ρ – удельное электрическое сопротивление контактного материала, Ом м; r – радиус контактной поверхности, м; n – число контактных поверхностей. Поэтому для соединителей ВКС необходимо наличие как можно большего числа контактных поверхностей.

При коммутации высокочастотных электрических цепей сопротивление

соединителя характеризуется переходным сопротивлением. На практике для оценки величины активной части переходного сопротивления используют следующее выражение [2]:

$$R_{пер} = c\rho \sqrt{H_B} / P_K^b, \tag{3}$$

где: c – коэффициент, определяемый чистотой и состоянием поверхности. При высоте микронеровностей ($b_n = 10...20$ мкм) $c = 2$; при достаточно чисто обработанной поверхности ($b_n = 3...0,8$ мкм) $c = 1$; H_B – поверхностная твердость по Бринелю; P_K – усилие контактного нажатия; b – показатель, определяемый характером деформации контактной пары, вида и формы контактных площадок (при контактировании по плоскости $b = 2$).

Видно, что для минимизации переходного сопротивления необходимо увеличивать силу контактного нажатия P_K .

Согласно закону Ома, изменение сопротивления при неизменном напряжении влечёт изменение величины протекающего в проводнике тока. В свою очередь, изменение тока в проводнике вызывает явление самоиндукции, э.д.с. которой определяется [4] как:

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}, \tag{4}$$

где: ε – э.д.с. самоиндукции; L – коэффициент самоиндукции (зависит от фор-

Таблица 1. Механические внешние воздействующие факторы

Объекты и условия эксплуатации	Типичные значения механических нагрузок	
	вибрация	удары, g
Боевое применение		
Танки и БМП	20...2000 Гц, амплитуда 0, 025 мм	До 200
Управляемые ракеты	30...5000 Гц, ускорение до 30 g	Нет данных
Стационарная аппаратура	10...55 Гц, ускорение 2 g	До 50
Переносная аппаратура	10...2000 Гц, ускорение 10 g	До 50
Скоростные суда, самолёты и вертолёты	10...2000 Гц, ускорение 20 g	До 50
Взрывы снарядов	-	До 200
Транспортировка		
Автомобильный транспорт	0...15 Гц, амплитуда – несколько десятков мм	Нет данных
Железнодорожный транспорт	2...3 Гц, амплитуда 1,9 мм	До 50
Воздушный транспорт	5...150 Гц, амплитуда до 0, 075 мм	До 50

Таблица 2. Климатические внешние воздействующие факторы

Воздействующие факторы	Группы аппаратуры			
	наземная стационарная	наземная подвижная	морская надводная	самолётная и ракетная
Температура, °С:				
повышенная	+50...125	+80...125	+70...200	+100...350
пониженная	-60...-40	-80...-60	-60...-40	-65...-60
термоудара	-60...125	-60...125	-60...200	-65...350
Относительная влажность, %	93	98	100	98
Атмосферное давление, мм рт. ст.	460	460	760	1...5
Морской туман	Требований нет		Требования есть	
Солнечная радиация, 2 кал/см² мин	Требований нет		Требования есть	
Грибковая плесень	Требований нет	Требования есть	Требования есть	Требования есть
Пыль и песок	Требований нет		Требований нет	
Агрессивные газы	Требования есть			Требований нет



Рис. 1. Подгорание электрических контактов в стандартном соединителе ВКС

мы, размеров проводника и среды); $\Delta i/\Delta t$ – скорость изменения тока.

Выражения (2) и (3) показывают, что нестабильность переходного сопротивления $R_{пер}$ возможна вследствие изменения усилия контактного нажатия и числа контактирующих поверхностей. Появляющаяся в результате нестабильности э.д.с. суммируется с основным передаваемым сигналом, что приведёт к искажению последнего. Таким образом, для обеспечения качества передачи сигналов ВКС важно обеспечить постоянство переходного сопротивления коммутирующих устройств при заданных условиях эксплуатации.

Электротермический износ контактирующих поверхностей происходит, в том числе, по причине электрического пробоя, возникающего в воздушных зазорах между контактирующими поверхностями соединителя вследствие ударов и вибраций. В

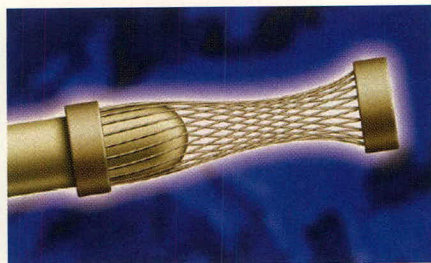


Рис. 2. Гиперboloидный контакт

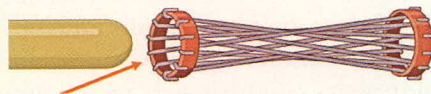


Рис. 3. Конструкция гиперboloидного гнезда

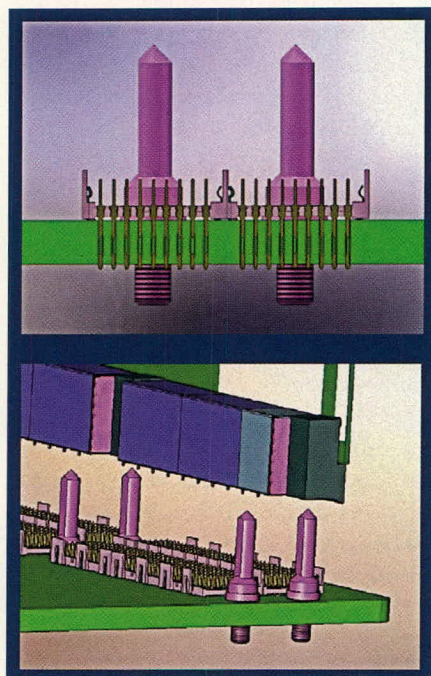


Рис. 4. Принципиальная схема гиперboloидного соединителя для ВКС

результате такого процесса происходит обгорание контактирующих поверхностей. На рисунке 1 показаны нежелательные результаты эксплуатации блока формата CompactPCI со штатным штырьковым разъёмом. Очевидно, такой обгоревший контакт будет искажать сигналы и вносить помехи в работу вычислителя.

Стабильность усилия контактного нажатия и площади контактирующей поверхности позволяют также минимизировать вероятность возникновения воздушных зазоров между проводящими частями соединителя.

Существующие и перспективные изделия

Электрические соединители с конструкцией контактов в виде гиперboloидной проволочной корзины (см. рис. 2) обладают рядом преимуществ по сравнению с классическими соедини-

телями, особенно в условиях воздействия критических значений ВВФ [5]. Технология организации электрического контакта получила название гиперboloидной, а гнездо соединителя, соответственно, гиперboloидного гнезда, поскольку его проволоки изогнуты в форме гиперболы.

Уникальность конструкции таких соединителей обеспечивается гнездом, выполненным в виде корзины, состоящей из натянутых упругих проволок. Проволоки изготавливаются из сплава, обладающего требуемыми значениями жёсткости и упругости, и закрепляются в двух кольцах, образуя, таким образом, упругий цилиндр (см. рис. 3), а также формируют внутреннюю контактирующую поверхность гнезда, имеющую переменное сечение. У двух оснований гнезда – в местах крепления проволок – сечение контактирующей поверхности максимально. В середине корзины – минимальное, причём оно даже меньше диаметра штыря соединителя. При сочленении контактной пары проволоки раздвигаются, деформируются и за счёт упругости плотно охватывают штырь, образуя контактную поверхность со значительным усилием нажатия.

Гиперboloидный разъём, таким образом, имеет множество точек контактирования между упругой корзиной и штырём; эти точки определяются касательными поверхностями упругих проволок с поверхностью штыря. Теоретически касательная между двумя соприкасающимися цилиндрическими поверхностями (проволокой и штырём) представляет собой прямую линию. На практике, ввиду шероховатости поверхностей, контактные площадки между корзиной и штырём имеют форму прямоугольников, длина которых ограничена длиной корзины, а ширина определяется чистотой обработки и состоянием поверхности в зоне контакта.

С течением времени и ростом износа за счёт числа сочленений – расчленений конкретного соединителя площадь контактной поверхности увеличивается, что приводит к снижению переходного сопротивления. Наличие множества точек контактирования, как видно из выражения (2), снижает величину сопротивления стягивания в количестве раз, определяемое числом упругих проволок корзины.

Гиперboloидный соединитель обеспечивает значительно большее по сравнению с классическими штырьковыми контактами усилие контактного нажа-

тия. Это позволяет уменьшать величину активной составляющей переходного сопротивления при коммутации высокочастотных цепей и избегать возникновения воздушных зазоров при механических воздействиях. Кроме того, показатель степени, в которую необходимо возводить P_k (см. (3)), для соединителей, выполненных по гиперболоидной технологии, будет равен максимально возможному значению – 2, поскольку, как было отмечено выше, контактные площадки гиперболоидных соединителей представляют собой множество плоскостей, по форме приближающихся к прямоугольникам.

В силу достаточно высокого усилия контактного нажатия и обеспечения высокой поверхности контактирования соединения гиперболоидные соединители обладают малым значением переходного сопротивления, что важно при использовании в ВКС. Кроме того, конструкция гиперболоидного гнезда обеспечивает постоянство переходного сопротивления.

При минимальном изменении сопротивления величина тока относительно постоянна и э.д.с. самоиндукции стремится к нулю (см. (4)). Практическое отсутствие в соединителях явления самоиндукции означает отсутствие в них паразитных сигналов, помех и шумов. Таким образом, конструкция гиперболоидных контактов удовлетворяет жёстким требованиям к соединителям, предъявляемым в космических и авиационных системах, объектах техники и вооружения всех родов войск, транспортной, индустриальной и медицинской

техники. Особенности контактной системы и преимущества, которые обеспечивает технология гиперболоидных соединителей, представлены в [6].

Используя указанные преимущества, компания Hypertronics разработала и представила на рынке соединители для ВКС, состоящих из множества миниатюрных гиперболоидных контактов (см. рис. 4). Это – изделия серии VITA; в настоящее время NASA завершает их сертификацию. Изделие KVPX данной серии обладает низким усилием сочленения – расчленения, что чрезвычайно важно для ВКС, и в то же время обеспечивает достаточное усилие контактного нажатия. Изделие позволяет собирать соединители различных конфигураций, выдерживает сертификационные пороги ВВФ и адаптируется к аппаратуре ВКС. Внешний вид соединителя представлен на рисунке 5.

Цена выхода из строя компонентов в аэрокосмической сфере слишком высока, поэтому преимущества высоконадёжных соединителей такого класса оценили проектировщики аэрокосмической техники, где жизненно необходимо обеспечить высокую надёжность коммутаций в экстремальных условиях воздействия механических и климатических факторов.

Выводы

Встраиваемые компьютерные системы являются развитием технологии разработки и применения вычислительных средств. Такие преимущества ВКС, как аппаратная унификация, высокая производительность и низкая се-

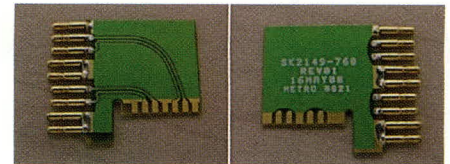


Рис. 5. Внешний вид изделия KVPX серии VITA

бестоимость, делают их привлекательными и на рынках военно-аэрокосмической аппаратуры. Однако жёсткие условия применения и высокие требования к точности и надёжности объективно накладывают ограничения на применение общегражданских комплектующих и электрических соединителей в частности.

Существующие и перспективные технологии коммутирующих устройств, положительно зарекомендовавших себя в критичных областях применения, способствуют раскрытию потенциала ВКС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов А.К., Савченко В.С. Электрические разъёмные контакты в радиоэлектронной аппаратуре. Энергия, 1967.
2. Левин А.П. Контакты электрических соединителей радиоэлектронной аппаратуры (расчет и конструирование). Советское радио, 1972.
3. Лярский В.Ф., Мурадян О.Б. Электрические соединители: справочник. Радио и связь, 1988.
4. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. Т. 1–3. Наука, 1985.
5. www.hypertronics.com.
6. Гаманюк Д.Н. Технология гиперболоидных контактов в технике. Современная электроника. 2008. № 9.





ПРОМТЕХ
комплект

ЗАО «Промтехкомплект» — официальный дистрибьютор Hypertronics в России.



Адрес

М.О., Путилково, 69 км МКАД,
БП «Гринвуд», стр 17.

info@ptkgroup.ru
www.ptkgroup.ru

тел.: (495) 721-85-00
факс: (495) 721-86-00

Реклама

Волоконно-оптическая система измерения уровня жидкости

Дмитрий Серебряков, Татьяна Мурашкина, Олег Граевский, Ольга Юрова (г. Пенза)

В статье рассмотрена система измерения уровня жидкости, разработанная на базе волоконно-оптических сигнализаторов уровня жидкости и предназначенная для дискретного измерения уровня жидкости с повышенной надёжностью и безопасностью.

Современные и перспективные разработки авиационной, ракетно-космической и другой техники нуждаются в определённой номенклатуре датчиков для систем диагностики и управления, к которым предъявляют повышенные требования, в первую очередь, в части работоспособности в жёстких условиях эксплуатации и обеспечения безопасности. Особенно это актуально при измерении уровня взрывоопасных жидкостей.

Существующие датчики и системы измерения уровня жидкости, основанные на ёмкостном, индуктивном и других принципах преобразования, обязательно оснащаются системами защиты от случайного искрообразования, поскольку для получения и передачи измерительной информации в них используются электрические сигналы. Это, в свою очередь, приводит к увеличению массы устройств и приборов.

В этой связи была поставлена задача создания системы измерения уровня жидкости, отвечающей вышеупомянутым требованиям и исключающей недостатки существующих средств измерения уровня жидкости.

В работе [1] описан волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости (ВОСУЖ), который частично решает поставленную задачу. Недостатками данного сигнализатора является отсутствие возможности контролировать несколько значений уровня жидкости.

Для полного решения поставленной задачи авторами была предложена конструкция волоконно-оптической системы измерения уровня жидкости (ВОСИУЖ), приведённая на рисунке 1, где: 1 – источники излучения, например, полупроводниковые светодиоды (лазеры); 2 – подводящие и 3 – отводящие оптические волокна; 4 – оптические стержни; 5 – Г-образные корпуса, состоящие из трёх частей (6, 7, 8); 9 – труба; 10 – заглушка; 11 – приёмники излучения, например фотодиоды.

С источниками излучения 1 состыкованы подводящие оптические волокна 2, количество которых равно числу точек съёма информации об уровне жидкости. Стержни 4 имеют круглое сечение и выполнены с шаровидными сегментами на рабочем торце, обращёнными в сторону жидкости; сегменты имеют радиус R , определяемый выражением:

$$d_{\text{ОВ}} \leq R \leq 1,5d_{\text{ОВ}}, \quad (1)$$

где $d_{\text{ОВ}}$ – диаметр оболочки оптического волокна из оптически прозрачного материала, например, из кварцевого стекла, для которого выполняется условие:

$$n_{\text{СП}} < n_{\text{Ж}} < n_1, \quad (2)$$

где $n_{\text{СП}}$, $n_{\text{Ж}}$, n_1 – показатели преломления окружающей среды, жидкости и стержня соответственно.

Разработанная ВОСИУЖ позволяет измерять несколько значений уровня

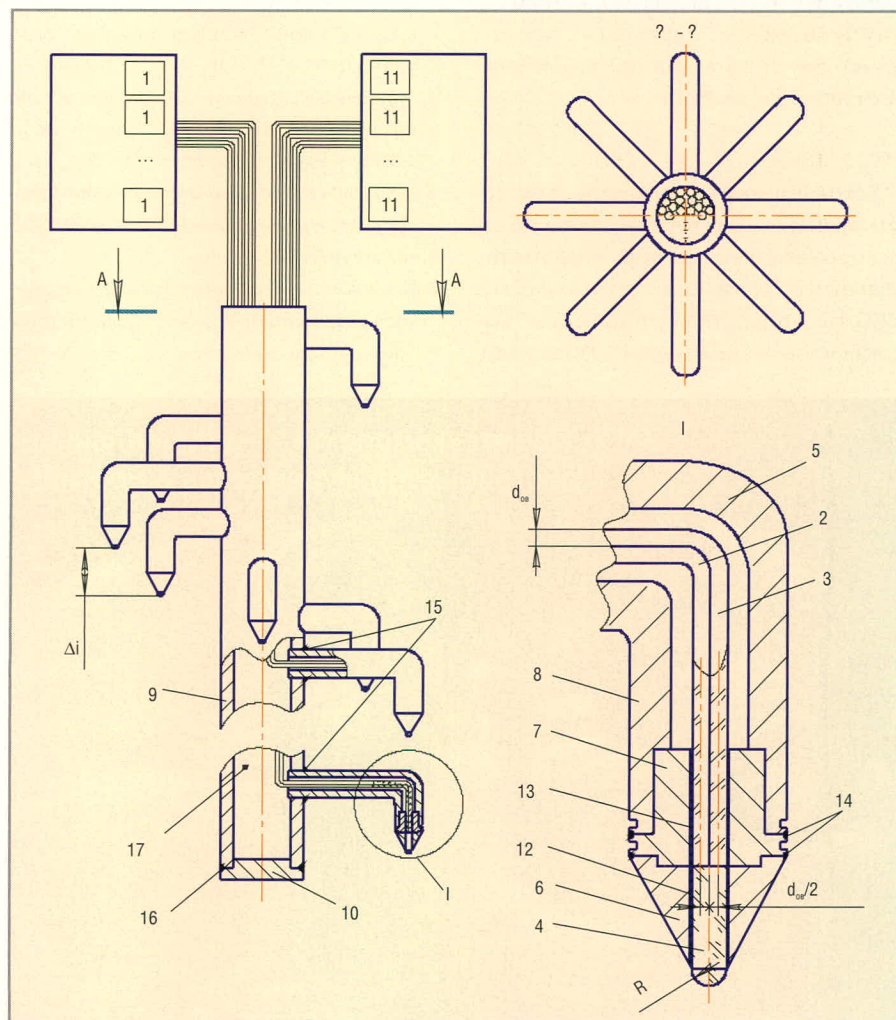


Рис. 1. Конструкция волоконно-оптической системы измерения уровня жидкости

жидкости с минимальной дискретностью, равной $\Delta_i = d_{\text{ов}}$. Цилиндрическая часть стержней 4 закрепляется в конусообразной втулке 6 корпуса 5 с помощью соединительного состава 12 с коэффициентом преломления n_2 , меньшим коэффициента преломления жидкости $n_{\text{ж}}$ ($n_2 < n_{\text{ж}}$), уровень которой измеряется. При этом шаровой сегмент выступает за пределы части 6 корпуса 5 на значение, равное R .

Подводящее оптическое волокно 2 и отводящее оптическое волокно 3 закреплены во втулке 7 корпуса 5 с помощью клея 13, обладающего большой упругостью. Части 6, 7, 8 корпуса 5 соединены между собой с помощью сварки 14, при этом центры торцов подводящего оптического волокна 2 и отводящего оптического волокна 3 смещены относительно центра торца стержня 4 на значение, равное $(d_{\text{ов}}/2 \dots 1,5d_{\text{ов}}/2)$. Количество корпусов соответствует числу точек съёма информации об уровне жидкости.

Длина трубы 9 должна превышать максимальное значение измеряемого уровня жидкости. Поперечное сечение трубы может быть круглым или прямоугольным (на рисунке 1 показана круглая труба). В трубе изготовлены сквозные отверстия так, чтобы их оси были перпендикулярны продольной оси трубы. Например (см. рис. 1), отверстия могут быть выполнены по спирали, с равномерным шагом, соответствующим расстоянию между точками съёма информации. Количество отверстий соответствует числу точек съёма информации об уровне жидкости.

Отводящие оптические волокна 3, количество которых равно числу точек съёма информации об уровне жидкости, соединены с приёмниками излучения 11. Оптические волокна 2 и 3 проходят внутри трубы 9 и через отверстия в трубе 9 протянуты к приёмному торцу стержня 4.

Общее количество оптических волокон ВОСИУЖ равно $2n$, где n – количество контролируемых точек уровня жидкости, причем длина L_i двух отдельных i -х волокон определяется соотношениями (см. рис. 2):

- когда точки контроля уровня жидкости равноудалены:

$$L_i \geq L + [H - (i - 1) \Delta_i];$$

- когда точки контроля уровня жидкости распределены по длине ёмкости неравномерно:

$$L_i \geq L + (H - \sum_{i=1}^n \Delta_i),$$

где L – длина участка от источника 1 или приёмника излучения 11 до ёмкости 19; H – высота ёмкости 19 (или расстояние от верхней границы ёмкости до последней точки съёма информации); Δ_i – расстояние между ближайшими точками контроля; $i = 1, 2, \dots, n$ – порядковый номер точки.

При отсутствии контакта шарового сегмента стержня 4 с жидкостью лучи света полностью отражаются от поверхности стержня и возвращаются к входному торцу стержня 4, преломляются и выходят из стержня 4, падая на приёмный торец отводящего оптического волокна 3. По отводящему оптическому волокну 3 поток излучения распространяется до приёмника излучения 11, где происходит его регистрация.

При контакте шарового сегмента с жидкостью происходит нарушение условия полного внутреннего отражения, и большая часть излучения выходит из стержня; оставшаяся, меньшая часть по отводящему оптическому волокну 3 распространяется до приёмника излучения 11.

Наличие жидкости в зоне измерения соответствует высокий уровень напряжения приёмника излучения 11, отсутствию жидкости – низкий уровень напряжения. Повышение или понижение уровня жидкости в ёмкости 19 ведёт к последовательному срабатыва-

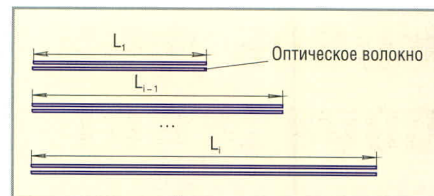


Рис. 2. Определение длины оптических волокон

нию измерительных каналов. Сигналы с приёмников излучения 11 передаются в систему обработки информации, которая может выдавать сигнал в виде последовательного дискретного повышения или понижения напряжения соответственно при повышении и понижении уровня жидкости или обрабатывать индивидуально сигналы каждого измерительного канала.

Таким образом, предлагаемая конструкция ВОСИУЖ реализует дискретное измерение уровня жидкости, что позволяет контролировать несколько значений уровня жидкости в требуемых точках ёмкости. Система работоспособна в жёстких условиях, обладает абсолютной искро-/взрыво-/пожаробезопасностью, поскольку в качестве передающей среды используется световой поток, и не требует сложных технологических и калибровочных операций при изготовлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серебряков Д. И., Мурашкина Т. И. Волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости. Патент на изобретение №2297602, МПК G 01 F 23/22, 20.04.2007.



Научно-технический центр
«Нанотехнологии волоконно-оптических систем»

Внедрение научных разработок
 волоконно-оптических датчиков давления, вибрации,
 ускорения, перемещения, волоконно-оптической системы
 измерений дискретных значений уровня жидкости

ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет»
 Пенза, ул. Красная, 40
 Тел./факс: (841-2) 36-84-59, моб.: (8-960) 318-6310
 E-mail: timurashkina.pgu@mail.ru

«День дисплейных технологий» соберет студентов технических вузов Петербурга

DISPLAY 2009

1 октября 2009 г. в рамках деловой программы «Российской инновационной недели» в Санкт-Петербурге состоится цикл публичных лекций для студентов и специалистов технических вузов о новейших разработках и перспективах развития средств и технологий отображения информации.

«День дисплейных технологий» <http://display-expo.ru/ddt/> организуется выставкой DISPLAY-2009 при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Комитета по молодежной политике администрации Санкт-Петербурга, Совета ректоров вузов

Санкт-Петербурга, российского отделения Международного дисплейного общества (SID), ВК «Ленэкспо».

С увлекательными лекциями выступят известные учёные, разработчики, поставщики средств визуализации из России и других стран.

Правительство северной столицы последовательно развивает научный и учебный потенциал города. Задача мероприятия – показать молодым специалистам удивительный мир техники и технологий визуализации, представить безграничные возможности творческого труда инженеров и исследователей, привлечь внимание к инновационным технологиям. Средства отображения, как никакие другие изделия, аккумуля-

руют в себе передовые научные открытия в области физики, химии, нанотехнологий, материаловедения.

Посещение лекций свободное и бесплатное, приглашаются все заинтересованные специалисты и студенты!

Четвёртая российская специализированная выставка средств, систем и технологий визуализации DISPLAY-2009 пройдёт в Санкт-Петербурге в конце сентября – начале октября 2009 г. в рамках «Российской инновационной недели» и форума «Российский промышленник».

Служба PR и рекламы
дирекции выставки DISPLAY-2009
Тел./факс +7(495) 287-4412
E-mail: info@display-expo.ru



Radel
**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**
IX Международная специализированная выставка

- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Промышленное оборудование
и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы
и лабораторное оборудование
- Контрактное производство электроники

В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ФОРУМА 
«РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. АВТОМАТИЗАЦИЯ»



АВТОМАТИЗАЦИЯ

X Международная специализированная выставка



**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

IX Международная специализированная выставка



**ЭЛЕКТРОНИКА СИСТЕМ
СВЯЗИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

Специализированная выставка



**ПРОМЫШЛЕННАЯ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

II Специализированная выставка

ПРОЕКТ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Для поддержки российских предприятий в новых экономических условиях, для развития продаж, деловых контактов и решения профессиональных задач ПРЕДСТАВЛЯЕМ:

- **ВОЗМОЖНОСТЬ ДЕЛОВЫХ КОНТАКТОВ В 12 РЕГИОНАХ РОССИИ И СНГ**
Единственный выставочный проект федерального масштаба, использующий технологию Profit Visitor © для привлечения руководителей и ведущих специалистов ключевых промышленных регионов России и СНГ.
- **КОМПЛЕКС РЕШЕНИЙ ДЛЯ 38 ОТРАСЛЕЙ БИЗНЕСА**
Уникальная возможность для поиска решений, получения консультаций и продаж в сфере электроники, автоматизации, электротехники и связи.

FareXPO 

Техно&Ком

2 - 4 декабря 2009

Санкт-Петербург, СКК

www.farexpo.ru/radel
e-mail: radel2@orticon.com
тел./факс: (812) 777 04 07

Реклама



- ПОЛНЫЙ СПЕКТР УСЛУГ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СЕРИЙНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ МОЩНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ (0,5-18 ГГц) И ДРУГИХ СВЧ УСТРОЙСТВ
- СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ
- ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНА/КАЧЕСТВО

www.mwsystems.ru

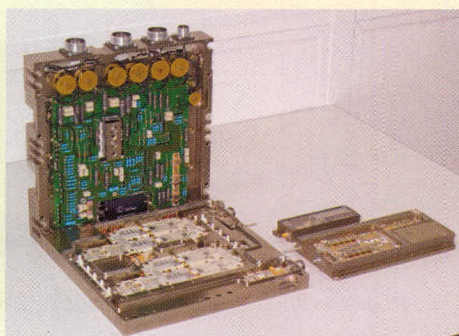
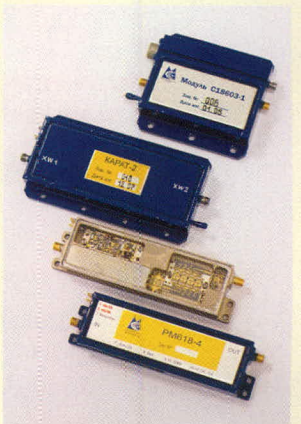
Некоторые серийно производимые твердотельные широкополосные СВЧ усилители:

Наименование	Тип усилителя	ΔF , ГГц	K_u , дБ, тип.	ΔK_u , дБ, не более	P_{-1} , Вт, тип.	$P_{нас}$, Вт, тип.	$K_{ш}$, дБ, не более	$K_{СВН}$, не более	Примечание
PM12-C8 -1	Мощный	1-2	47	3	18	24	-	2	
PM24-C8	Мощный	2-4	40	3	20	25	-	2	
PM24-C4MC new!	Мощный	2-4	33	3	10	12	-	2	
A610M new!	Мощный	4-8	38	3	7	8-12	-	2	
PM48 -1 new!	Мощный	4-8	42	4	2,2	2,5	-	2	Цифровое управление усилением
PM818 -1 new!	Мощный	8-18	36	6	-	1,8	-	2,5	Цифровое управление усилением
A303	Мощный	2-4	37	2	2,5	3,5	-	2	
A1501	Мощный	1-2	31	2	1,7	1,7	-	2	
MSPA-1040-28	Предварительный	1-4	35	4	0,8	1,6	-	2,5	
MSPA-1020-26	Предварительный	1-2	38	3	0,4	0,6	-	2	
MSPA-2040-29	Предварительный	2-4	35	3	0,8	1,8	-	2	
MSLA2-20180-4.0	Маломощный	2-18	26	4	0,01	-	4	2,5	
Серия UV	Маломощные	2-18	30-35	5	0,01-0,05	-	4-5	2,5	9 типов

Усилители имеют герметичную конструкцию, встроенные стабилизаторы питания, температурную компенсацию усиления (температурные изменения усиления не более 1,5 дБ в диапазоне от -50 до +75 градусов, опция), возможность импульсной модуляции (опция), встроенный детектор выходной мощности (опция).

СВЧ усилители, находящиеся в разработке или осваиваемые в производстве в 2009 году:

Наименование	Тип усилителя	ΔF , ГГц	K_u , дБ, не менее	ΔK_u , дБ, не более	P_{-2} , Вт, тип.	$K_{СВН}$, не более	Срок окончания ОКР
PM412-8	Мощный	4-12	40	5	8	2,5	2010
PM618-4	Мощный	6-18	35	5	5	2,5	2011
PM0825-1	Мощный	0,8-2,5	30	4	20	2	2010
PM0825-G4	Мощный	0,8-2,5	30	4	50	2	2010
PM051	Мощный	0,5-1	45	4	150	2	2009
PM24-G4	Мощный	2-4	40	3	30	2	2010
PM24-G8	Мощный	2-4	40	4	50	2	2010
PM0816-S2	Мощный	0,8-1,6	40	3	100	2	2009



Micrometals-Властелин колец

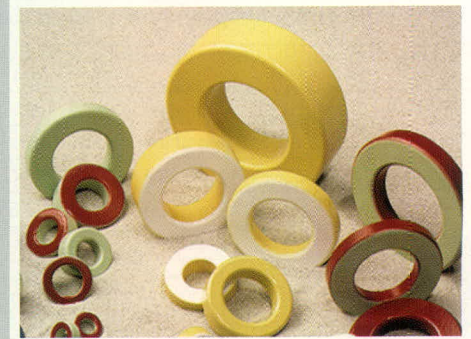


Магнитоэлектрики MICROMETALS на складе ПРОСОФТ

Применение сердечников Micrometals гарантирует:

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

*Высокоэффективные
магнитоэлектрические сердечники
Micrometals для силовой электроники
и ВЧ-техники*



Новый продукт компании SHARP



SHARP

УНИКАЛЬНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ *НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ*

[Серия Zenigata]

- Эффективность энергопотребления до 80 лм/Вт;
- Индекс цветопередачи CRI до 90;
- Тонкий/легкий/компактный;
- Модульная сборка со множеством светодиодов всего лишь с двумя контактами для облегчения монтажа;
- Рабочий диапазон температур: $-30...+90^{\circ}\text{C}$;
- Доступность выбора из четырех различных цветов в нескольких группах (бинах);
- Возможность применения без дополнительных линз



Линейка 280 лм
(3.6 Вт; 10.2 В, 360 мА)

Линейка 540 лм
(6.7 Вт; 10.5 В, 640 мА)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

PROSOFT[®]

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

ТОРО

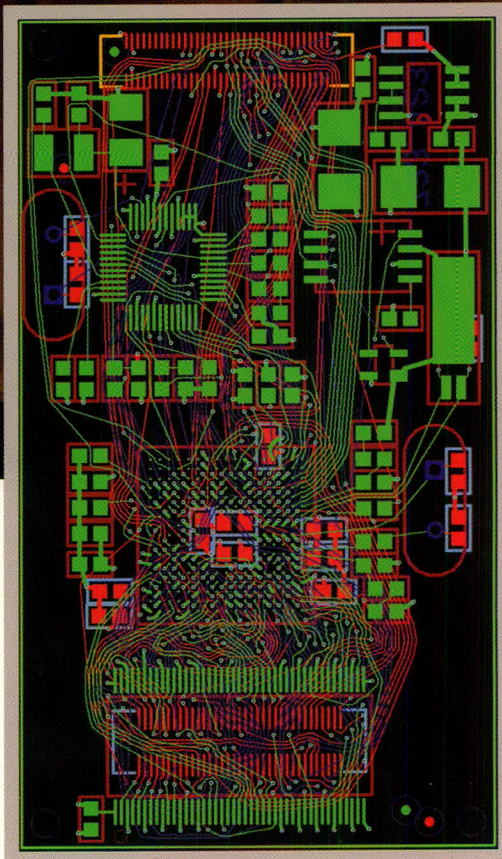
Инструмент для создания шедевра!



Торор —

трассировщик печатных плат

- Высокопроизводительный, не имеющий аналогов топологический трассировщик
- Великолепное качество трассировки
- Сокращение сроков разработки электронных устройств
- Отсутствие преимущественных направлений трассировки в слоях, что существенно снижает уровень параллельности трасс и уменьшает уровень перекрестных электромагнитных помех



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ТороR НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ, СТРАН СНГ И БАЛТИИ

PROSOFT[®]

г. Санкт-Петербург: Телефон: +7(812) 448-0444 • Факс: +7(812) 448-0339
E-mail: topor@freestyleteam.ru • Web: www.freestyleteam.com