

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

3

2017



Integrated Industry
Creating Value

В НОМЕРЕ:

- Терагерцовая тепловольтаика на основе LPE i-GaAs
- Мировые тенденции кремниево-фотонной технологии
- Генерация сигналов со сложными схемами модуляции
- ШИМ на микроконтроллере ATTINY2313-PU
- Акустический автомат лестничного освещения
- Применение совместного проектирования ЦОС и ВЧ-схем
- Методы ЭМ-моделирования в разработке РЧ-схем
- Интернет вещей: технологии и проекты

и многое другое...

WWW.SOEL.RU



App Store



Google Play

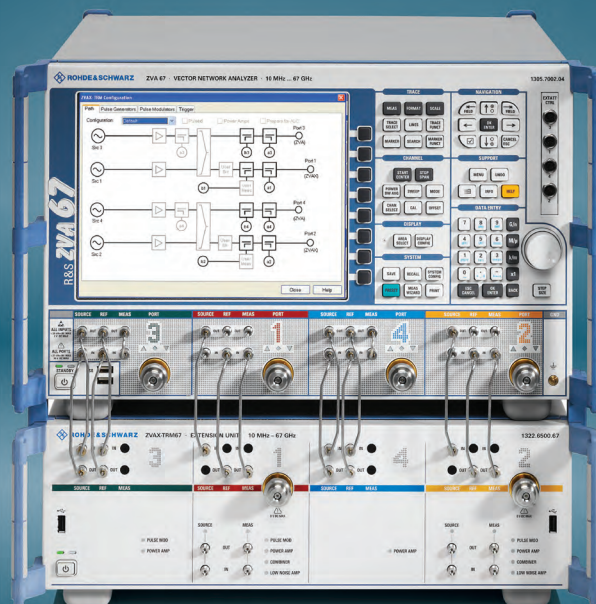
Измерение КШ + КУ усилителей (коэффициента шума и усиления)

с помощью опции ZVAB-K30
анализатора цепей R&S ZVA

Внесено в реестр средств измерений РФ
в комплекте с модулем ZVAX-TRM

- диапазон частот от 0,7 до 50 ГГц
- одновременное измерение КО / КУ / КШ
- диапазон измерения КШ от 1 до 20 дБ
- погрешность измерения КШ 0,4@20ГГц / 0,6 дБ@50ГГц
- калибровка систематической погрешности для учета рассогласования
- диапазон измерения КУ от 10 до 60

www.rohde-schwarz.ru



Реклама

Главный редактор
А.А. Смирнов

Заместитель главного редактора
А.А. Хлынов

Редакционная коллегия
А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин,
С.А. Сорокин, А.Н. Туркин,
Р.Х. Хакимов

Литературный редактор
О.И. Семёнова

Вёрстка
М.В. Петрова

Обложка
Д.В. Юсим

Распространение
И.С. Лобанова
(info@soel.ru)

Реклама
И.Е. Савина
(advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»
Генеральный директор К.В. Седов
Адрес учредителя, издателя
и редакции: ул. Чертановская,
д. 50, корп. 1, г. Москва, 117534
Почтовый адрес:
119313, Москва, а/я 26
Телефон: (495) 232-0087
Факс: (495) 232-1653
Сайт: www.soel.ru
E-mail: info@soel.ru



Производственно-практический журнал
Выходит 9 раз в год
Тираж 10 000 экземпляров

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе
по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия
(свидетельство ПИ № ФС77-18792
от 28 октября 2004 года)

Свидетельство № 00271-000
о внесении в Реестр надёжных партнёров
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

Подписные индексы по каталогу
агентства «Роспечать»:
на полугодие – 46459, на год – 36280.

Свободная цена

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОП»
Адрес: 105187, г. Москва, ул. Вольная, д. 28, стр. 10
Тел./факс: (495) 786-7714

Переписка 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.
Мнение редакции не обязательно совпадает
с мнением авторов.
Все упомянутые в публикациях журнала наименования
продукции и товарные знаки являются собственностью
соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2017

3/2017 Contents

MARKET

Russian Market News	4
---------------------------	---

MODERN TECHNOLOGIES

Terahertz Thermovoltaics Based at Single Crystal LPE i-GaAs (SiO). Part 1	10
<i>Viktor Voytovich, Aleksandr Gordeev, Anatoliy Zvonarev</i>	
Silicon and Arsenide Gallium-Aluminum Technology: Global Trends in Silicon-Photonic Technology. Part 1	14
<i>Valeriy Svede-Shvets, Vladislav Svede-Shvets, Maksim Zinoviev</i>	
Tape Casting Technology for Corundum Substrates	20
<i>Svetlana Kumacheva, Yuriy Nepochatov, Anastasia Denisova</i>	

ELEMENTS AND COMPONENTS

Russian Connectors in the Wake of Import Substitution of Electronic Components	28
<i>Vitaliy Yavelskiy, Kristina Dunaeva</i>	
Modern Switching Technologies	30
<i>Denis Yakovlev</i>	
Analog Devices's Modern Data Converters Guide. Part 2	34
<i>Yuriy Petropavlovskiy</i>	

DEVICES AND SYSTEMS

The Use of Modern Arbitrary Waveform Generators for Creating Signals with Complex Modulation Schemes	40
<i>Andrey Vorobyev, Artur Rakhmatullin</i>	
IGBT Single Channel Control Modules	46
<i>Aleksandr Tenetko</i>	

ENGINEERING SOLUTIONS

USB-SPI Interface Converter Based on the New 51-Compatible Microcontroller EFM8UB1. Part 3	50
<i>Aleksey Kuzminov</i>	
PWM on the ATTINY2313-PU Microcontroller	58
<i>Sergey Shishkin</i>	
Stairs Lighting Acoustic Circuit	62
<i>Aleksandr Odinets</i>	

DESIGN AND SIMULATION

Digital Filtering on the AVR Microcontroller. Part 1	68
<i>Vadim Baranov</i>	
Using DSP And RF Circuit Co-Design To Reduce Risk and Cost, While Accelerating Time-To-Market ...	76
<i>Murthy Upmakan</i>	
EM for RFIC Modeling	78
<i>John Dunn, Vladimir Litun</i>	
A Thousand and One «Minor Thing» on Electrical Schematics Editor in CAD Delta Design. Part 2	86
<i>Sergey Pilkin, Georgiy Shamanov</i>	
Mentor PADS – a Scalable Software Platform for PCB Design	90
<i>Anatoliy Sergeev</i>	
Design and Simulation of PCB in CAD Allegro. Part 4	94
<i>Aleksandr Panov</i>	

EVENTS

IoT: Technologies and Projects	100
<i>Vladimir Ten</i>	

Содержание 3/2017

РЫНОК

- 4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 10 Терагерцовая тепловольтаика на основе монокристаллов LPE i-GaAs (SiO). Часть 1
Виктор Войтович, Александр Гордеев, Анатолий Звонарёв
- 14 Кремниевая и арсенид галлий-алюминиевая технология: мировые тенденции в области кремниво-фотонной технологии. Часть 1
Валерий Сведе-Швец, Владислав Сведе-Швец, Максим Зиновьев
- 20 Технология изготовления корундовых подложек BK-100 методом плёночного литья
Светлана Кумачёва, Юрий Непочатов, Анастасия Денисова

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 28 Российские разъёмы в фарватере импортозамещения ЭКБ
Виталий Явельский, Кристина Дунаева
- 30 Современные технологии коммутации
Денис Яковлев
- 34 Путеводитель по современным АЦП компании Analog Devices. Часть 2
Юрий Петропавловский

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 40 Использование современных генераторов сигналов произвольной формы для создания сигналов со сложными схемами модуляции
Андрей Воробьёв, Артур Рахматуллин
- 46 Одноканальные модули управления IGBT
Александр Тенетко

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 50 Преобразователь интерфейсов USB-SPI на новом x51-микроконтроллере EFM8UB1. Часть 3
Алексей Кузьминов
- 58 ШИМ на микроконтроллере ATTINY2313-PU
Сергей Шишкин
- 62 Акустический автомат лестничного освещения
Александр Одинец

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 68 Цифровая фильтрация на микроконтроллере AVR. Часть 1
Вадим Баранов
- 76 Технология совместного проектирования ЦОС и ВЧ-схем
Мурти Апмака
- 78 Методы электромагнитного моделирования в разработке радиочастотных интегральных схем
Джон Данн, Владимир Литун
- 86 Тысяча и одна «мелочь» редактора принципиальных электрических схем в САПР Delta Design. Часть 2
Сергей Пилкин, Георгий Шаманов
- 90 Mentor PADS – масштабируемая программная платформа для проектирования ПП
Анатолий Сергеев
- 94 Проектирование и моделирование печатных плат в САПР Allegro. Часть 4
Александр Панов

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

СОБЫТИЯ

- 100 Интернет вещей: технологии и проекты
Владимир Тен

ПОДПИСКА

2017

Концепция распространения журнала – бесплатная подписка для специалистов.



Предусмотрена подписка на печатную версию журнала или его электронный вариант.

Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление на каждый последующий год.

Редакция напоминает о необходимости продления подписки на 2017 год.

Электронная версия для мобильных устройств

Скачивайте бесплатное приложение «Современная электроника» в **Google Play** для пользователей устройств на платформе Android (в разделе «Приложения/Бизнес») и **App Store** для пользователей iOS (в разделе «Бизнес»). С помощью этого приложения можно бесплатно читать с экрана номера наших журналов. К новым номерам журнала доступ в приложении платный.

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

Преимущества:

- журнал будет гарантированно доставлен, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- подписаться может любой желающий;
- эту подписку могут оформить иностранные граждане.

«Роспечать»

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

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

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

«Урал-Пресс»

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

Читатели из дальнего зарубежья могут оформить подписку через агентство

«МК-Периодика»

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

Новости российского рынка

СОБЫТИЯ

ТУСУР получил лицензии Cadence для обучения студентов

Радиоконструкторский факультет ТУСУРа получил 30 лицензий программного комплекса OrCAD, которые будут использоваться в базовой подготовке студентов-конструкторов и в групповом проектном обучении.

Лицензии компании Cadence Design Systems были поставлены на три кафедры РКФ ТУСУРа (КИПР, КУДР и РЭТЭМ) официальным представителем фирмы в России – компанией PCB Soft (Москва).

Каждая лицензия включает:

- PCB Designer – редактор топологий печатных плат;
- Capture – редактор электрических принципиальных схем;
- PSpice Advanced Analysis – пакет параметрической оптимизации;
- PSpice SLPS option – интерфейс связи с пакетом Matlab;
- Signal Explorer – модуль анализа целостности сигналов и перекрёстных искажений.

Как сообщил декан РКФ Денис Витальевич Озёркин, лицензионное программное обеспечение OrCAD будет использоваться в учебном процессе – при подготовке кадров по направлению «Конструирование и технология электронных средств» (квалификация – бакалавр), по программе «Конструирование и производство бортовой космической радиоаппаратуры» (квалификация – магистр), а также при выполнении студентами и аспирантами университета проектных и научно-исследовательских работ. «Обучение начнётся уже с нового, весеннего, семестра, в рамках дисциплины «Автоматизированное проектирование РЭС», – рассказал Денис Витальевич. – Кроме того, в рамках группового проектного обучения планируется в ближайшее время приступить к реализации студенческого проекта с использованием возможностей данного программного продукта. В перспективе – использование ПО в проведении научно-исследовательских работ студентов».

Декан РКФ подчеркнул, что программный продукт имеет комплексный, систем-



ный характер и позволит студентам получить актуальные знания по использованию современного ПО мирового уровня при разработке схемных решений, при проектировании печатных плат. Это позволит повысить качество подготовки бакалавров и магистров ТУСУРа, в том числе в рамках целевой подготовки кадров в интересах заказчиков – предприятий электронной промышленности: АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва (Железногорск), АО «НПЦ «Полюс», АО «НПФ «Микран» и др.

www.pcbsoft.ru

Тел.: (499) 558-0254

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Расчёт покрытия платы JTAG-тестом в Altium Designer

Компания JTAG Technologies, ведущий эксперт в области периферийного сканирования, сообщает о совместном с Altium создании программного продукта – JTAG Maps.

Огромное количество разрабатываемых сегодня устройств поддерживает технологию периферийного сканирования, что позволяет их тестировать, диагностировать дефекты сборки и брак компонентов, выявлять контрафактную ЭКБ, программировать ПЗУ и микроконтроллеры и проводить отладку опытных образцов. JTAG Maps – это простое бесплатное дополнение к среде Altium Designer, позволяющее тщательно рассчитать JTAG-покрытие разрабатываемой схемы ещё до момента трассировки печатной платы.

JTAG Maps автоматически распознаёт JTAG-цепочки вне зависимости от того, сколько в них компонентов с поддержкой периферийного сканирования и сколько этих цепочек на исследуемой плате. Цепи TAP-сигналов (JTAG-интерфейса) будут подсвечены цветом, отличным от цвета цепей, тестируемых периферийным сканированием.

Несмотря на то, что большое число пользователей будут удовлетворены быстрым и упрощённым отчётом, который обеспечивает увидеть более подробную картину тестового покрытия. Из JTAG Maps может быть экспортирован специальный файл, который затем можно отправить в техническое представительство JTAG Technologies, где он будет обработан. По результатам анализа вам будет предоставлен файл с более

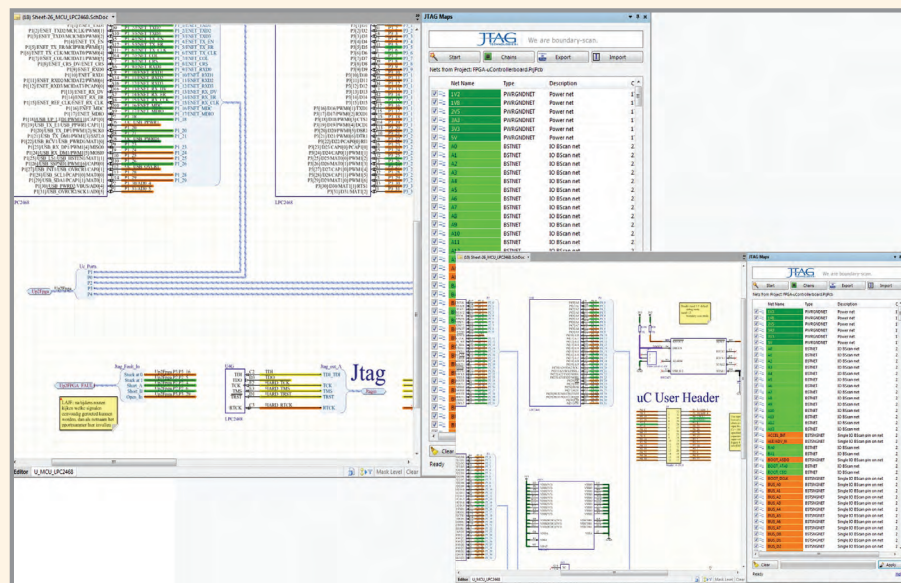


точным и подробным покрытием, отражающий все возможные тесты.

Программа JTAG Maps доступна на сайте компании Altium.

www.jtagtechnologies.ru

Тел.: (812) 313-9159



Новости российского рынка

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Чистые зоны LAMSYSTEMS стали тише

Специалисты ЗАО «Ламинарные системы» модернизировали конструкцию фильтровентиляционных модулей (ФВМ) для производства чистых зон.



ФВМ применяются для создания автономных чистых зон марки LAMSYSTEMS, обеспечивающих класс чистоты 5–8 ИСО по ГОСТ ИСО 14644-1-2002 или класс А–D по ГОСТ 52249-2009.

Конструктивно ФВМ состоит из предварительного фильтра G4, фильтра тонкой очистки HEPA класса H14, ЕС-вентилятора, лампы освещения и полимерной сетки, обеспечивающей равномерность потока очищенного воздуха по всей площади фильтромодуля.

Стремясь улучшить потребительские свойства своей продукции, специалисты компании модернизировали конструкцию ФВМ, увеличив количество вентиляторов и уменьшив габаритные размеры. В итоге усовершенствования снизился шум работающего изделия, что имеет большое значение для создания комфортных условий труда персонала, особенно в чистых зонах класса 5ИСО, потолок которых полностью состоит из фильтромодулей. Сокращение размеров фильтромодулей позволило уменьшить высоту производимых чистых зон.

Среди прочих преимуществ чистых зон производства ЗАО «Ламинарные системы» можно отметить систему управления, которая автоматически отслеживает загрязненность фильтров, установленных в ФВМ, увеличивая, при необходимости, скорость вращения вентиляторов и информируя потребителя о необходимости замены фильтров. Благодаря специальной запатентованной конструкции выходного устройства ФВМ, замена HEPA-фильтра не требует специальных навыков и может быть быстро произведена одним человеком без необходимости привлечения сторонних специалистов.

www.lamsys.ru
Тел.: (3513) 255-255

ТЕСТПРИБОР расширил испытательные возможности

Испытательная лаборатория АО «ТЕСТПРИБОР», проводящая квалификационные и предквалификационные испытания технических средств на электромагнитную совместимость с использованием современных высокоточных средств измерений и безэховой экранированной камеры, модернизировала БЭК. Были расширены возможности измерения электромагнитных излучений в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц. Первичная аттестация модернизированной БЭК проведена головной организацией по проблеме метрологического обеспечения обороны – ФГУП «ВНИИФТРИ».



В настоящее время испытательная лаборатория АО «ТЕСТПРИБОР» имеет возможность проводить следующие виды испытаний:

- на восприимчивость к кондуктивным помехам;
- измерение коэффициента экранирования различных материалов, используемых для защиты от электромагнитных излучений в диапазоне частот от 10 кГц до 40 ГГц;
- измерение уровня электромагнитных помех (помехоэмиссии);
- на устойчивость к воздействию электростатических разрядов;
- на устойчивость к воздействию магнитных и электромагнитных полей.

www.test-expert.ru
Тел.: (495) 657-8737

Ламинаты RO4830™ для автомобильных радарных датчиков от Rogers Corporation

Rogers Corporation дополнила хорошо известную 4000 серию своих материалов очередным термостойким СВЧ-ламинатом RO4830™. RO4830™ может быть использован разработчиками автомобильных радарных систем, функционирующих в диа-

пазоне частот 76–81 ГГц, как менее затратное, но высококачественное решение. Ламинаты RO4830™ имеют более низкую цену и могут обрабатываться по стандартным для стеклотекстолита (FR4) технологиям, что также снижает производственные затраты по сравнению с материалами на основе PTFE.

При доступных толщинах диэлектрика 0,0050" (0,127 мм) и 0,0094" (0,238 мм) ламинаты RO4830™ подходят для верхних слоев МПП на основе FR4. Оптимизированное соотношение смолы, стекла и наполнителя ламинатов RO4830™ позволяет обеспечить значение относительной диэлектрической проницаемости (Dk) 3,2 при 77 ГГц, близкое к значению для материалов на основе PTFE, обычно используемых для миллиметровых интегральных схем. В диапазоне 76...81 ГГц вносимые потери тонких ламинатов в значительной степени обусловлены шероховатостью медной фольги, поэтому материалы RO4830™ покрыты медной фольгой обратной обработки LoPro® для обеспечения очень низкого уровня вносимых потерь на уровне 2,2 дБ/дюйм для ламината толщиной 0,0050" (0,127 мм).



Равномерное распределение стекла и наполнителя с меньшими и более одинаковыми по размерам частицами способствуют стабильности диэлектрической постоянной по всей площади листа, а также придают материалу хорошую пригодность к обработке (сверлению) лазером. RO4830™ изготавливаются по технологии, аналогичной технологии изготовления Rogers RO4835™, поэтому материалы этого ламината более устойчивы к окислению, чем другие ламинаты на основе углеводородов.

Ламинаты RO4830™ имеют следующие стандартные размеры: 12 × 18" (305 × 457 мм), 24 × 18" (610 × 457 мм) и 48 × 36" (1220 × 914 мм) с фольгой LoPro 0,5 oz (18 мкм) или 1 oz (35 мкм).

www.eltm.ru
Тел.: (499) 218-2360

Новости российского рынка

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Новые опции отечественного векторного генератора и измерительного приёмника высшего класса

На выставке «ЭкспоЭлектроника-2017» ООО «Микроволновая Электроника» представит новые возможности выпускаемого оборудования: измерительный приёмник MWR-135UW получил опцию потокового цифрового вывода IQ-данных в полосе 260 МГц по интерфейсу Ethernet 10 Гбит/с (SFP+), а векторный генератор сигналов MWT-160U – расширенные возможности по генерации ППРЧ, ЛЧМ, мультитоновых, импульсных и произвольных сигналов в полосе 560 МГц.



Основные преимущества измерительного приёмника MWR-135UW:

- максимальная полоса анализа спектра реального времени и демодуляции составляет 260 МГц;
- скорость сканирования 300 ГГц/с;
- фазовый шум -140 дБн/Гц на отстройке 10 кГц от несущей 1 ГГц;
- чувствительность -166 дБм/Гц, динамический диапазон 153 дБ;
- полоса разрешения (RBW) 0,1 Гц;
- интерфейс вывода данных со скоростью 10 Гбит/с Ethernet SFP+ для передачи в реальном времени сигналов на устройство хранения или систему обработки;
- 17-дюймовый графический сенсорный дисплей для подробного исследования сигналов;
- опция по измерению фазовых шумов;
- опция по анализу сигналов со всеми априорно неизвестными параметрами.

Основные преимущества векторного генератора MWT-160U:

- генерация сигналов произвольной формы с полосой до 560 МГц в диапазоне частот 8 кГц – 16 ГГц;
- выходная мощность до 2 Вт;
- фазовый шум -140 дБн/Гц на отстройке 10 кГц от несущей 1 ГГц;

- ультранизкие искажения < -81 дБн;
- интерфейс ввода данных 10 Гбит/с Ethernet SFP+, позволяющий осуществлять передачу в реальном времени данных через радиоканал на гигабитных скоростях.

www.mw-systems.ru

Тел.: (495) 308-9559

Цифровые мультиметры Yokogawa

Цифровые мультиметры Yokogawa TY5xx и TY7xx – это профессиональные мультиметры с высочайшим классом точности измерений: 0,09% и 0,02%, соответственно.

Приборы TY обеспечивают все необходимые виды измерений, среди которых нет лишних или малоупотребительных функций. Защитные шторки на входных токовых гнездах защищают как сами гнезда, так и пользователя от неправильного подключения щупов. Стандартная функция относительных измерений (измерение разницы между опорным и текущим значением) дополнена процентными показаниями, что избавляет инженера от подсчётов в уме.



Ещё одна неординарная возможность мультиметров – прямое измерение выходных сигналов датчиков (мВ AC/DC). При этом можно выбрать одну из шестнадцати типов единиц измерений для мгновенного пересчёта данных.

Мультиметры TY720 имеют интересную функцию измерения сопротивления малой мощности. Она позволяет измерять сопротивление компонентов при малом измерительном токе (0,05–10 мА), что поможет тестировать компоненты с нелинейной ВАХ и предотвратить повреждение малоомных компонентов.

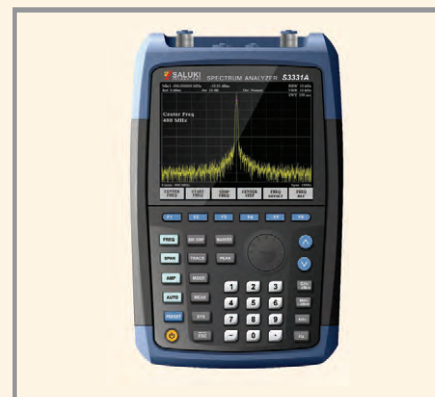
Приборы внесены в Госреестр средств измерений РФ и имеют демократичные цены по сравнению с аналогичными моделями других производителей.

info@platan.ru

Тел.: (495) 970-0099

Новая серия портативных анализаторов спектра S3331A/B от Saluki Technology

Портативные анализаторы спектра серии S3331A/B предназначены для мониторинга спектра, диагностики интерференций, установки и обслуживания ВЧ-оборудования в полевых условиях, тестирования при производстве ВЧ-компонентов. Они лёгкие (около 3 кг с батареей), компактные (габариты (В × Ш × Г) составляют 288 × 182 × 142 мм) и обладают отличными характеристиками. S3331 работают от батареи около четырёх часов. В стандартной комплектации анализаторы оснащены коммуникационными портами USB и LAN для удалённого управления и сбора данных, а также имеют функцию сохранения данных на USB-диск.



Основные особенности:

- диапазон частот от 9 кГц до 3,6 ГГц / 7,5 ГГц;
- хорошая чувствительность (DANL < -155 дБмВт);
- плотность фазовых шумов ≤ -100 дБн/Гц при отстройке 100 кГц;
- погрешность измерения уровня сигнала $\pm 1,5$ дБ;
- скорость сканирования < 50 мс для полного диапазона;
- детектирование пакетно-модулированных сигналов – минимальная длительность сигнала 5 мс (со 100-процентной вероятностью перехвата);
- стандартная функция демодуляции AM- и ЧМ-сигналов;
- опциональный встроенный следящий генератор от 100 кГц до 3,2 ГГц;
- низкая стоимость приобретения и владения.

Основные функции анализаторов серии S3331: анализ спектра, анализ интерференций (спектрограмм), измерение мощности в канале, мониторинг занимаемой полосы, измерение относительной мощности в соседнем канале, AM/ЧМ-демодуляция.

Крепкая конструкция, рассчитанная для работы в жёстких условиях, крупные кнопки,

Новости российского рынка

позволяющие без труда работать в перчатках, большой и яркий даже при солнечном свете экран с диагональю 15 см – всё это делает анализатор S3331 незаменимым при работе в полевых условиях.

Подробное техническое описание S3331 можно найти на сайте www.salukitec.ru/s3331.html или запросить его у эксклюзивного партнёра Saluki Technology Inc. (Тайвань) в России – ООО «Интермера».

www.intermera.ru

Тел.: (495) 941-0434

GPGPU-суперкомпьютер для бортовых систем автономных аппаратов

Видеть, распознавать и самообучаться – эти функции автономных аппаратов требуют огромной вычислительной мощности. Графические процессоры GPU (Graphics

Processing Unit), содержащие сотни шейдерных процессоров с плавающей точкой, давно используются для параллельных вычислений неграфического характера, но во встраиваемых системах, рассчитанных на тяжёлые условия эксплуатации, их применение было ограничено жёсткими требованиями к габаритам и потребляемой мощности.



Теперь это ограничение преодолено. Бортовой суперкомпьютер A176 Cyclone фирмы Aitech (Израиль) имеет производительность более одного ТераФЛОПС при потребляемой мощности максимум 17 Вт (60 ГигаФЛОПС на 1 Вт) и габаритах 10 × 10 × 3 см и весе менее 1 кг. Рабочий диапазон температур A176 составляет –40...+70°C, охлаждение корпуса – безвентиляторное.

Суперкомпьютер A176 построен на базе системы-на-модуле NVIDIA Jetson TX1, на плате которой находится GPU-архитектуры NVIDIA Maxwell с 256 ядрами CUDA (Compute Unified Device Architecture) и четырёхъядерный 64-разрядный процессор ARM Cortex A57. Подсистема памяти содержит 4 ГБ ОЗУ LPDDR4, 16 ГБ флэш eMMC и 32 ГБ твердотельного диска mini SATA.

www.avdsys.ru/rugged

Тел.: (916) 194-4271

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Расширение серии MHF+ новыми моделями DC/DC-преобразователей

Компания Crane Aerospace & Electronics (поставляет изделия под торговой маркой Intrepid®) объявила о расширении популярной серии MHF+ гибридно-плёночных DC/DC-преобразователей двумя новыми моделями.



Модель MHF+281R9S с выходным напряжением 1,9 В предназначена для совместного применения с линейными регуляторами напряжения для обеспечения напряжением 1,8 В низковольтных интегральных микросхем.

Новая модель предназначена для работы от сети постоянного напряжения 20...32 В и отличается стойкостью к воздействию импульсных напряжений с амплитудой 35 В длительностью 50 мс. Выходной ток составляет 3,5 А.

Другая новинка – MHF+285R3S – обеспечивает на выходе напряжение 5,3 В и ток 2,83 А. Диапазон входных напряжений составляет 16...40 В. Эта модель обладает стойкостью к воздействию импульсов перенапряжения на входе с амплитудой 50 В длительностью 50 мс.

Новые модели, как и все модели серии MHF+, выполнены по одноконтурной прямо-

ходовой топологии с частотой коммутации 550 кГц. Для обеспечения гальванической развязки в контуре обратной связи применяется оптоэлектронная развязка с температурной компенсацией.

Функция плавного запуска обеспечивает контролируемое включение в течение 25 мс для минимизации пускового тока и уменьшения перерегулирования при первичном включении.

Среди стандартных сервисных функций имеются также дистанционное включение/выключение, внешняя синхронизация импульсной последовательностью с частотами от 500 до 600 кГц, защита от короткого замыкания ограничением тока нагрузки на уровне 115% от номинального значения, защита от пониженного входного напряжения (модуль отключается при входном напряжении менее 14 В).

Полная выходная мощность обеспечивается в диапазоне температур –55...+125°C.

Конструктивно гибридно-плёночные модули выполнены в герметичных корпусах, предлагается исполнение с крепёжными фланцами с массой 35 г.

Модули серии MHF+ не требуют оформления экспортной лицензии для поставки в Россию в контролирующих экспорт государственных ведомствах США.

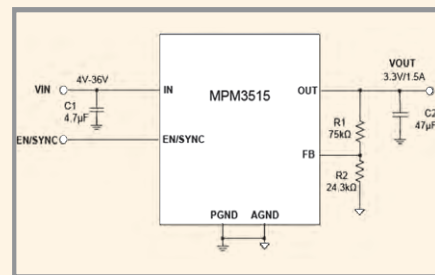
Заказать модули серии MHF+ и другие изделия компании Crane Aerospace and Electronics можно у эксклюзивного дистрибьютора – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Новый преобразователь MPM3515 с интегрированной индуктивностью

Компания Monolithic Power Systems (MPS) представила новый преобразователь MPM3515 с интегрированной индуктивностью. MPM3515 представляет собой модуль синхронного, понижающего преобразователя со встроенным силовым МОП-ключом, индуктивностью и двумя конденсаторами. Таким образом, MPM3515 является компактным решением для питания электронных устройств с напряжением до 36 В и максимальным током до 1,5 А.



Преобразователь работает на частоте 2,2 МГц с эффективностью (КПД) до 92%. Для реализации схемы потребуется всего четыре внешних компонента: два конденсатора по питанию и два резистора (делитель напряжения) для задания нужного выходного напряжения. Высокая степень интеграции позволяет компактно разместить на печатной плате схему преобразования напряжения. Микросхема сертифицирована по стандарту AEC-Q100 и работает в диапазоне температур –40...+125°C.

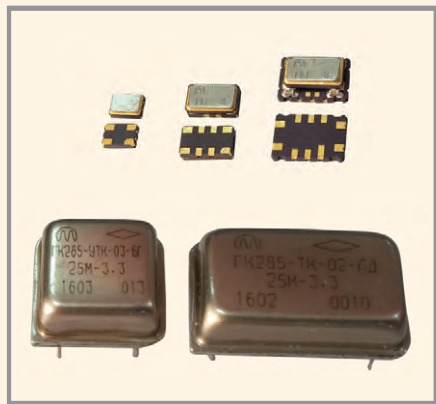
www.prochip.ru

Тел.: (495) 234-0640

Новости российского рынка

Российские термокомпенсированные генераторы

ООО НПП «МЕТЕОР-КУРС» проводит работы по освоению в производстве генераторов на уровне лучших мировых производителей, таких как Vectron, Mini Circuits, Racon.



В настоящее время на этапе закрытия находится ОКР «Разработка и освоение в серийном производстве термокомпенсированных генераторов, управляемых напряжением для систем связи тактического звена управления», шифр «Викинг-1».

Корпуса имеют самые разные габариты: $3,2 \times 2,5 \times 1$ мм (СМД3»), $5 \times 3,2 \times 1,7$ мм (СМД5), $7 \times 5 \times 2,15$ мм (СМД7), $12,6 \times 12,6 \times 4,8$ мм (Dil8), $20,3 \times 20,3 \times 10,8$ мм (Dil14). Потребляемый ток для сигнала КМОП для частот до 20 МГц составляет не более 6 мА, для частот свыше 20 МГц – не более 38 мА, для сигнала Синус для частот до 20 МГц – не более 4 мА, а для частот свыше 20 МГц – не более 20 мА. Гарантия на генератор составляет 25 лет с даты изготовления.

Основные технические характеристики генераторов:

- выходной сигнал КМОП, Синус;
- диапазон номинальных частот 0,625...480 МГц;
- электрическая и цифровая подстройка частоты;
- интервал температур при эксплуатации $-60...+85^{\circ}\text{C}$;
- температурная нестабильность частоты в интервале температур при эксплуатации от $\pm 0,1 \times 10^{-6}$;
- спектральная плотность мощности фазовых шумов при отстройке на 10 кГц составляет $-145...-150$ дБ/Гц;
- напряжение питания $+2,7...+5$ В;
- изменение рабочей частоты за первый год работы от $\pm 0,5 \times 10^{-6}$.

Также во втором квартале 2017 г. завершается ОКР «Разработка и освоение в серийном производстве кварцевых генераторов, управляемых напряжением для аппаратуры связи», шифр «Весна».

Корпуса имеют самые разные габариты: $5 \times 3,2 \times 1,5$ мм (СМД5), $7 \times 5 \times 1,8$ мм (СМД7), $12,6 \times 12,6 \times 4,8$ мм (Dil8), $20,3 \times 20,3 \times 4,8$ мм (Dil14), а корпуса с крышкой на печатной плате имеют размеры $12,7 \times 12,7 \times 6$ и $14,2 \times 9,14 \times 5,3$ мм. Гарантийный срок на изделия составляет 25 лет с даты изготовления.

Основные технические характеристики генераторов:

- выходной сигнал КМОП, Синус, LVDS, LVPECL;
- диапазон номинальных частот 0,75...300 МГц (КМОП), 0,75...1000 МГц (LVPECL, LVDS), 2...2300 МГц (Синус);
- интервал температур при эксплуатации $-60...+85^{\circ}\text{C}$;
- температурная нестабильность частоты в интервале температур при эксплуатации от $\pm 5 \times 10^{-6}$ до $\pm 80 \times 10^{-6}$;
- спектральная плотность мощности фазовых шумов при отстройке на 10 кГц составляет $-120...-150$ дБ/Гц;
- напряжение питания $+3,3...+5$ В;
- потребляемый ток до 40 мА (КМОП, Синус), до 100 мА (LVPECL), до 80 мА (LVDS).

www.meteor-kurs.ru

Тел.: (8443) 34-23-46

Многоканальные твердотельные реле с приёмкой «5»

ЗАО «Протон-Импульс» (г. Орёл) проводит ОКР «Универсал» по разработке четырёхканальных твердотельных реле с приёмкой «5». Обозначение при заказе: микросборка 2626KB014 АЕНВ.431160.381ТУ.



Изделия являются функциональными аналогами четырёхканальных электромагнитных реле нулевой и первой величин, таких как M220, M400 производства Leach International, контакторов и реле отечественного производства типа КНЕ, РНЕ и пр.

Изделия предназначены для использования в качестве четырёхканального нормально разомкнутого ключа. Каждый канал имеет независимое управление, может коммутировать постоянный однонаправленный ток до 10 А напряжением до 100 В. Выходной каскад выполнен на МОП-транзисторах, что позволяет при параллельном включении

(объединении выводов нагрузки) коммутировать постоянный однонаправленный ток величиной до 40 А или двунаправленный ток ± 20 А напряжением до 100 В. Изделия имеют токовое управление, что обеспечивает высокую помехозащищённость управляющего сигнала. Применяется в составе аппаратуры специального назначения для реализации различных схем управления и резервирования.

Преимущества микросборок 2626KB014:

- не требуют обслуживания;
- практически неограниченное количество срабатываний при соблюдении режима работы;
- токовое управление (10...25 мА);
- время включения/выключения (в предельных режимах) не более 5/1 мс;
- герметичный металлокерамический корпус;
- высокая виброустойчивость;
- диапазон рабочих температур $-60...+125^{\circ}\text{C}$.

Срок завершения ОКР – четвёртый квартал 2017 г. Опытные образцы в продаже с третьего квартала 2017 г.

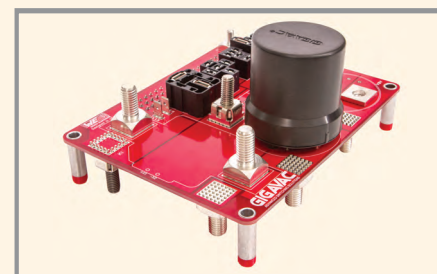
www.proton-impuls.ru

Тел.: (4862) 498-728, 498-719

Контакторы для монтажа на плату от Gigavac

Многие компании из сектора альтернативной энергетики в последнее время разрабатывают платформы EV второго и третьего поколения. Есть положительные сдвиги, которые повысят эффективность и снизят габаритные размеры. Также ведётся борьба за снижение цены и укрепление конкурентных преимуществ на рынке.

Компания Gigavac не стала исключением. В 2016 г. она вывела на рынок целую линейку контакторов, которые предназначены непосредственно для печатного монтажа.



Контакторы серии PCB mount доступны к заказу в различных исполнениях, в том числе и с вертикальным креплением. Потребителям данной серии предлагается сэкономить значительную часть средств. Как правило, экономия составляет не менее 20% при заказе контакторов данной серии в больших объёмах. Уменьшение цены достигнуто за счёт упрощения

Новости российского рынка

процесса сборки и исключения использования состава EPIC в изделии. EPIC – запатентованная герметизирующая паста, используемая во всех других сериях контакторов Gigavac для дополнительной герметизации изделий и исключения возможности попадания влаги в корпус.

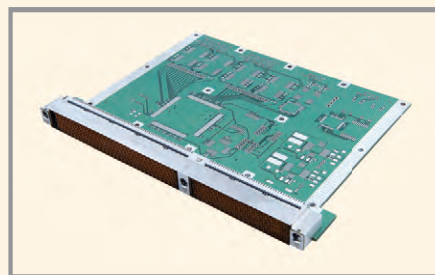
Подробное описание контакторов данной серии можно найти на сайте Gigavac.com, в разделе PCB Mount DC Contactors, или обратившись в ЗАО «АСС».

www.escltd.ru

Тел.: (495) 925-5012

Новые разъёмы от завода «Электродеталь»

АО «Карачевский завод «Электродеталь», занимающееся производством и разработкой электрических прямоугольных соединителей, освоило серийное производство следующих разъёмов ПАО «ЗАВОД «ЛТАВА» (г. Полтава) и АО «КОННЕКТОР» (г. Харьков): СНП404(СНО48), СНП405(ОНП-ВС-39, ОНП-ВС-35, ОНП-ВС-35), СНП406(ОНП-ВС-53, ОНП-ВС54), СНП407(6Р), СНП408(7Р), СКП409 (ОКП-ВС-68), СКП410 (РГ, РШ). Соединители обладают улучшенными эксплуатационными характеристиками по основным конструкторско-технологическим показателям, на три года увеличен гамма-процентный срок сохраняемости, а также увеличены показатели надёжности на 100 сочленений-расчленений.



С 2017 г. заводом начат серийный выпуск экранированного модульного высокоскоростного разъёма сп388 стандарта VITA, который имеет высокую плотность контактов, модульную конструкцию (3U и 6U) и метод крепления пресс-фит. Разъём позволяет производить «горячую» замену модулей вычислительной системы.

www.elektrodetal.com

Тел.: (48335) 200-01

Графические OLED-дисплеи 0,49" для носимого оборудования

Компания Raystar Optronics, Inc. начал выпуск малоформатных графических OLED-дисплеев серии REX006432A с размером экрана по диагонали 0,49" и разрешением 64 × 32 пикселей.



OLED-дисплеи по своей природе световые эмиссионные и не требуют задней подсветки. Их конструкция весьма тонкая и лёгкая, а технология производства дешевле, чем дисплеев ЖК. OLED-дисплеи имеют высокий контраст, лучшее, чем у ЖК-дисплеев, быстродействие и больший угол обзора. Потребляемая OLED-дисплеями мощность меньше, чем у аналогичных по формату ЖК-дисплеев с задней подсветкой. Благодаря этим достоинствам OLED-дисплеи

стали стандартным средством отображения информации в портативных приборах.

Компоновка элементов дисплея REX006432A выполнена по технологии кристалл-на-стекле (Chip-on-Glass): микросхема контроллера монтируется прямо на стекло. Эта технология позволяет уменьшить габариты и стоимость дисплейного модуля.

Встроенный кристалл драйвера SSD1306BZ поддерживает последовательные интерфейсы SPI и I²C и требует напряжения питания 3,3 В.

Компактные 0,49" OLED-дисплеи серии REX006432A предназначены для применения в носимых устройствах, MP3-плеерах, персональных медицинских приборах, компактных устройствах записи и т.д.

Стандартные цвета свечения экрана дисплейных модулей серии REX006432A – белый и небесно-голубой.

Хороший контраст (2000:1) позволяет получить очень чёткое изображение при относительно невысокой яркости 80...120 кд/м² (зависит от цвета свечения).

OLED-дисплеи способны работать в широком диапазоне температур –40...+80°C, а диапазон температур хранения составляет –40...+80°C.

Основные характеристики OLED-дисплеев серии REX006432A:

- габариты 14,5 × 11,6 × 1,26 мм;
- рабочая площадь экрана 11,18 × 5,58 мм;
- размер пикселя 0,153 × 0,153 мм;
- шаг пикселя 0,175 × 0,175 мм;
- тип дисплея пассивно-матричный (PMOLED);
- коэффициент мультиплексирования строк 1/32;
- микросхема контроллера точечной матрицы SSD1306BZ.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636



РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

- Разработка герметичных DC/DC-преобразователей для ответственных применений
- Разработка и производство мощных источников питания для авиационной аппаратуры
- Разработка заказных силовых и ВЧ/СВЧ-модулей
- Производство дискретных силовых компонентов в керамических корпусах
- Разработка и проведение испытаний изделий и компонентов силовой электроники

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР НПП «АРБЕЛОС»

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU

Терагерцовая тепловольтаика на основе монокристаллов LPE i-GaAs (SiO)

Часть 1

Виктор Войтович (г. Тарту, Эстония), Александр Гордеев, Анатолий Звонарёв (г. Ульяновск)

В очередной публикации мы продолжаем раскрывать для научной и технологической общественности некоторые особенности предложенной теории мультizonной («зоны в зоне») проводимости в LPE i-GaAs (SiO) монокристаллах и новые яркие возможности создания уникального приборостроения на её основе.

В настоящей статье, состоящей из двух частей, мы не только предлагаем более современную и более эффективную в сравнении с современным мировым уровнем модель термоэлектрического генератора энергии (Thermoelectric Energy Generator, TEG) на тепловых волнах человеческого тела, но и делаем попытку теоретического обоснования создания «теплого насоса».

В Послании Федеральному собранию Президент РФ сообщил, что 1 декабря 2016 г. подписан указ «О стратегии научно-технического развития Российской Федерации». Суть Стратегии научно-технологического развития (НТР) – в определении целей и задач на федеральном уровне, исходя из определения «больших вызовов», стоящих перед экономикой РФ и национальной безопасностью. В Стратегии НТР сказано об исчерпании возможностей экономического роста России, основанного на экстенсивной эксплуатации сырьевых ресурсов, т.е., по существу, ставится заслон таким общепринятым заезженным штампам, как «благоприятный инновационный климат», «инновационные рельсы, лифты, сообщества» и т.д. и декларируется необходимость перехода к передовым цифровым, производственным технологиям, новым материалам и способам конструирования. Это подразумевает переход к новой фундаментальной науке, новой физике (на новых физических принципах), новым идеям, новым технологиям, новым продуктам с ярко выраженной национальной монополизацией на мировом рынке («твёрдая нефть»). В конечном счёте, в Стратегии просматривается мысль о неизбежном переходе на технократическую платформу развития экономики.

На текущий момент к числу «больших вызовов» следует отнести Программу импортозамещения, в частности, в электронике (Приказ Минпром-

торга № 662 от 31.03.2015 г.). Текущая Программа импортозамещения, как и предшествующая ей «Стратегия развития электронной промышленности на 2008–2025 гг.», не позволит российской национальной электронике войти в технологические ряды даже второразрядных стран, т.е. достичь хотя бы нанометрии в 22 нм.

Отсюда следует, что наиболее опасным из «больших вызовов» является вероятность обновления Программы копирования западных технологий в 2018 г. Фактически, «уже вчера» необходимо было сделать три ответственных шага:

- сконцентрировать всё, что имеется в электронной индустрии, в одних руках и понять, что частная собственность не доросла до уровня ответственности, необходимого для защиты интересов Государства;
- поскольку технологическое оснащение отечественной электроники на фоне фирм Южной Кореи, США, Японии находится, по существу, «на феодальном уровне», требуются огромные ресурсы, чтобы привести их в соответствие с мировым уровнем;
- создать федеральные целевые программы (ФЦП) развития отечественной электроники с целями и задачами, опережающими мировой уровень.

Для реализации перечисленных задач потребуются финансовые средства (ежегодно) на уровне, как минимум, хотя бы 1% валового дохода углеводородной отрасли или на уровне

от 8% годового оборонного бюджета РФ. Структурные реформы в электронной индустрии неизбежно потребуют кадровой чистки и сертификации с учётом того, что электроника – это фундаментальная наука, которая имеет общие корни с физикой, и в новых обстоятельствах и новых условиях развития электронной отрасли аппарат «прошлого века» будет не пригоден для решения актуальных задач. Необходимы также законодательные реформы (инициативы) для обеспечений работоспособности указа Президента РФ «О стратегии научно-технического развития Российской Федерации».

Ранее мы представили свои предложения по реформированию законодательства в высокотехнологичной сфере Управлению Президента Российской Федерации по научно-образовательной политике. Считаем, что ответы, полученные из Минпромторга и Министерства экономического развития РФ, не отвечают ни требованиям времени, ни качеству наших предложений.

Для создания ФЦП опережающего развития требуется не только интеллектуальный потенциал, но и новые материалы. К счастью, в России есть предпосылки и огромный задел в этой области, в частности, по таким уникальным моно- и гетерокристаллам, как:

- LPE i-GaAs (SiO + лантаноид);
- гетеросистемы на основе дилатационной технологии Si/3C-SiC/4H-SiC с практически нулевой дефектностью эпитаксиальных слоёв (качество значительно выше, чем у компании Cree);
- «тринитридные», с дилатационной платформой, близкие к совершенству гетерослой SiC/AlN/GaN;
- дилатационные системы Si/Ge/GeC (GeC в природе не существует);
- широкозонный Ga₂O₃ (4,9 эВ) с рабочими температурами до +800°C (в 1,5 раза выше температуры на поверхности Венеры).

Упустить уникальную возможность развития новой отечественной электроники на основе перечисленных

материалов было бы в высшей степени неблагоприятно, тем более, в свете наших предложений о постепенном переходе от зонной полупроводниковой электроники к мультizonной («зоны в зоне») и релятивистской.

На примерах ярчайших личностей в новейшей истории России, как в политике, так и в науке, таких как А.Н. Косыгин, И.В. Курчатов, С.П. Королёв, А.И. Шокин, П.С. Пleshakov, М.В. Келдыш, А.П. Александров и многих других, нетрудно понять, что экономику страны, оборонную мощь, научные достижения самого высокого уровня создают талантливые личности, но никак не «инновационные массы». В связи с этим новую Программу развития отечественной электроники, нацеленную на опережение мирового уровня, должны создавать не чиновники, не «бригадиры» в микроэлектронике, которые фактически подвели отечественную электронную отрасль к катастрофе, а выдающиеся учёные: физики, талантливые разработчики, материаловеды мирового класса, генераторы интеллектуальной собственности – то есть цвет и лицо нации. Фактически,

это – коллективный разум, который динамично, на постоянной основе мог бы управлять развитием электроники в России от идеи, до создания конкретной площадки с авторским надзором, вплоть до реализации техперевооружения и реконструкции в режиме чрезвычайного положения.

В предыдущих публикациях [1, 2] показаны возможности резонансно-параметрического усиления и генерации в стратегически важном для оборонительных систем терагерцовом диапазоне с возможностью передачи (транспортировки) электромагнитной энергии в твёрдом теле – арсениде галлия и других материалах со скоростями, как минимум, на два порядка выше, чем позволяют отечественные технологии.

Сегодня для формирования новой ФЦП мы можем предложить новые функциональные возможности LPE i-GaAs (SiO) монокристалла в виде терагерцового преобразователя энергии для создания биосреды нового качества, а также для таких применений, как квантовая медицина, антитерроризм, МЧС, банковская сфера.

ТЕРАГЕРЦОВЫЙ ЭНЕРГОРАЗДЕЛ И СОПРЯЖЁННОСТЬ БИОСРЕДЫ И СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Энергия солнечной радиации

Энергообмен между Солнцем и нашей планетой очень сложен и многогранен (гравитация, магнитно-полевое взаимодействие, радиация, корпускулярные энергии, акустическое взаимодействие, энергия планет, энергия дальнего космоса, энергия вакуума). В предлагаемой публикации рассматривается только один тип энергетического воздействия на нашу планету – солнечная радиация в виде квантов от ближнего ультрафиолета до среднего инфракрасного (ИК) излучения.

Многочисленные исследования, начиная от исследования фотосинтеза в биологии до создания современных солнечных батарей (фотовольтаика), показывают наличие очень узкой полосы пропускания электромагнитных волн солнечной радиации через атмосферу Земли: магнитосферу, ионосферу, стратосферу и тропосферу. До поверхности Земли доходят кванты солнечной радиации с длиной

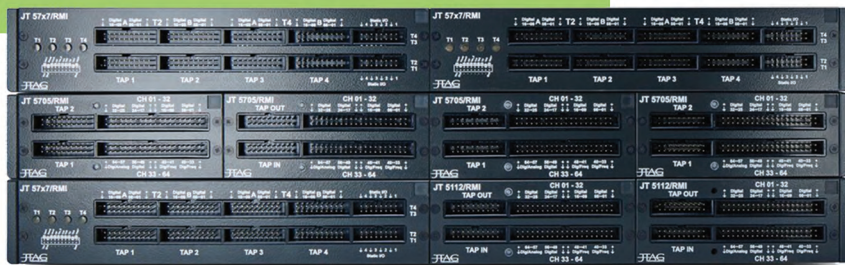
www.jtagtechnologies.ru

JTAG
TECHNOLOGIES



Любое количество TAP-портов (JTAG-портов)
Любое количество цифровых I/O-каналов
Любое количество аналоговых I/O-каналов

Сконфигурируйте свою собственную систему периферийного сканирования без ограничений с новыми модульными контроллерами JT 57xx/RMI



Реклама

Представительство JTAG Technologies в России
Телефон: [812] 313-9159
E-mail: russia@jtag.com

Эксклюзивный дистрибьютор: ООО «Остек-Электро»
Телефон: [495] 788-4444
E-mail: info@ostec-group.ru

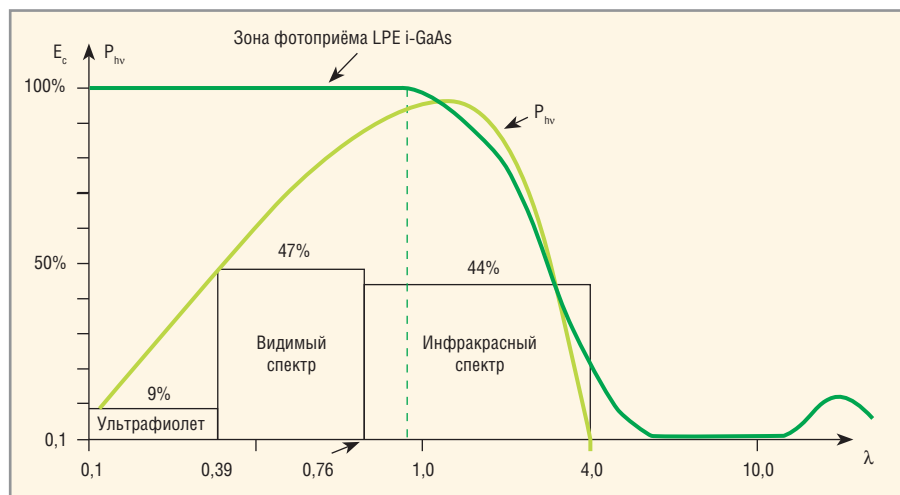


Рис. 1. Спектральная плотность солнечной радиации у поверхности земли, относительный флюенс квантового излучения и полоса фотоприёма p-i-n i-GaAs (SiO) структур

волны от 0,2 до 4,0 мкм с энергиями $E_{\text{ф}} = 5,68...0,28$ эВ и соответствующими частотами $7,5 \times 10^{13}...1,5 \times 10^{15}$ Гц. Фактически, достаточно узкая полоса солнечного излучения располагается вблизи диапазонного раздела частот электромагнитных волн между тера- и петагерцовыми диапазонами, граница которых находится около значения 3×10^{14} Гц ($\lambda = 1,0$ мкм).

Флюенс излучения солнечных квантов (фотонов) солнечной радиации или, по-другому, средняя плотность падающих на поверхность площадью в 1 см^2 оптических квантов за одну секунду времени в ясную погоду согласно источнику [3] составляет около $2 \times 10^{17} \text{ см}^{-2} \times \text{с}^{-1}$ (флюенс солнечной радиации, конечно, зависит от энергии кванта – $h\nu$). Суммируя данные из множества источников информации, можно с достаточно высокой точностью графически показать плотность энергетического спектра, флюенс солнечной радиации от ближнего ультрафиолета до короткого ИК-излучения, а также зону фотоприёма p-i-n-перехода на основе LPE i-GaAs, легированного амфотерным кремнием из кварцевого источника в восстановительной среде (см. рис. 1).

Электромагнитное излучение человека

Любое биологическое тело (человек, животные и др.) излучает тепловую энергию. Средняя температура тела человека колеблется в пределах $36...37^\circ\text{C}$. Ниже 31°C и выше 42°C происходят необратимые процессы в организме. На три четверти человек состоит из воды, и минимум энергии, затраченной на нагрев кубика воды на один

градус, приходится именно на диапазон температуры здорового человека ($\Delta t = 37^\circ\text{C} - 36^\circ\text{C} = 1^\circ\text{C}$). Но, оказывается, что эта энергия представляет собой терагерцовые энергетические колебания. Другими словами, тепловое излучение камня, человеческого тела, животного или печи в деревенском доме – это не что иное, как терагерцовые энергетические электромагнитные колебания.

Энергия тепла имеет единицы измерения. Согласно школьным учебникам, энергия тепла измеряется в калориях, килокалориях, джоулях, эргах. $1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал} = 10^7 \text{ эрг/с}$. В физико-технических дисциплинах часто применяется другая мера энергии – электронвольт (эВ). $1 \text{ эВ} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$. В термодинамике энергия выражается в единицах kT , где k – постоянная Больцмана, а T – температура по Кельвину. Энергия в количестве одной kT единицы при $T = 300 \text{ К}$ равна $0,026 \text{ эВ}$. Кванту электромагнитного излучения с энергией $kT = 0,026 \text{ эВ}$ (300 К) соответствует частота $\nu \approx 6,3 \times 10^{12} \text{ Гц}$ ($6,3 \text{ ТГц}$) или длина волны $\lambda = 44,55 \text{ мкм}$.

Электромагнитному излучению человека посвящено огромное количество публикаций. Результаты отечественных исследований отражены в работах академика, д.т.н., профессора Ю.В. Гуляева и д.т.н., профессора Э.Э. Годика (ИРЭ РАН, Москва) [4, 5], где показан широчайший диапазон электромагнитного излучения человека от дальнего терагерцового диапазона (наибольшая интенсивность) до СВЧ дециметрового диапазона (среды излучения), а также показана связь собственного излучения человека с его биодинамикой.

Необходимо отметить, что основная часть, а точнее подавляющая часть,

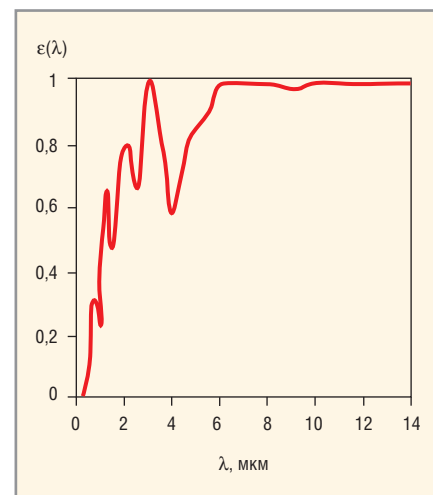


Рис. 2. Спектральный коэффициент излучения $\varepsilon(\lambda)$ человеческой кожи

электромагнитного излучения человека находится в пределах длин волн от 4 до 50 мкм. Напомним, что это, фактически, – тепловые волны. Наибольшая интенсивность излучения человека $P_{\text{и}}$ приходится на следующие диапазоны длин волн:

- при $\lambda < 5,0 \text{ мкм}$ $P_{\text{и}} \sim 1,0\%$;
- при $\lambda = 5...9 \text{ мкм}$ $P_{\text{и}} \sim 20\%$;
- при $\lambda = 9...16 \text{ мкм}$ $P_{\text{и}} \sim 30\%$;

на более длинных волнах (дальний ИК, субмиллиметровый, миллиметровый, сантиметровой, дециметровый диапазоны, $3 \times 10^{12}...10^9 \text{ Гц}$) – всё остальное, т.е. около 40%.

Известным английским учёным Г.Х. Харди, иностранным членом-корреспондентом РАН (1924 г.) и иностранным почётным членом АН СССР (1934 г.), было продемонстрировано, что на длинах ИК-волн с $\lambda = 8...14 \text{ мкм}$ кожа человека ведёт себя «как абсолютно чёрное тело, независимо от возраста, степени пигментации и других особенностей. Поэтому коэффициент излучения кожи человека можно считать равным единице». Следовательно, такая «био-терагерцовая РЛС» на длинах волн $\lambda = 8...14 \text{ мкм}$ с пиком на $\lambda = 10 \text{ мкм}$ принимает и излучает в коридорах прозрачности атмосферы с $\lambda = 8...12 \text{ мкм}$ (см. рис. 2 и 3). Разработчики вооружений, работающие в областях ИК-самонаведения, ПЗРК и др., прекрасно знают этот прозрачный ИК-диапазон, когда можно «пробить» и туман, и пыль, и даже дождь или снег [6].

Сопряжённость энергии Солнца и биосреды

Спектр электромагнитных излучений Солнца и человека в целом перекрывается на коротких ИК-волнах

в диапазоне $\lambda = 1 \dots 4$ мкм. Но необходимо отметить, что мощность излучения в пограничной зоне с длиной волны около $\lambda = 4$ мкм с той и с другой стороны практически нулевая. Более жёсткое излучение Солнца находится в начальной области ультрафиолета, т.е. вблизи $\lambda = 0,2$ мкм. Природа сотворила атмосферу Земли так, чтобы не пропускать на поверхность энергию выше, чем $h\nu = 6$ эВ, что связано с «кипятиением воды» электронами, когда в гетеросистеме вода – атмосфера начинается фотоэмиссия электронов из молекул воды (ионизация молекулы). Это крайне опасно для человеческого организма, состоящего на три четверти из воды. «Накачка» человеческого организма ИК-квантами, с длинами волн близкими к $\lambda = 10$ мкм, ведёт к необратимым последствиям, нарушая теплообмен со средой, и человек попросту погибнет. Полезно также знать, что огромная опасность для энергетики человека таится не только в дальнем терагерцовом диапазоне или петадиапазоне (ультрафиолет), но также и в СВЧ-диапазоне.

Относительная интенсивность солнечного и человеческого излучения показана на рисунке 3.

На рисунках 4 и 5 показана предположительная мощность излучения человеческого тела на фоне мощности солнечного излучения днём и ночью соответственно.

В следующей части статьи мы рассмотрим некоторые специфичные вопросы, связанные с электромагнитным излучением человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев А.И. Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы. Часть 1. Современная электроника. 2016. №6.
2. Гордеев А.И. Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы. Часть 2. Современная электроника. 2016. №7.
3. Бонч-Бруевич В.Л., Калашиников С.Г. Физика полупроводников. М. Наука. 1977.
4. Гуляев Ю.В., Годик Э.Э. Физические поля биологических объектов. Вестник Академии наук СССР. 1983. №8.
5. Гуляев Ю.В., Годик Э.Э. Статья в книге «Кибернетика живого: биология и информация». М. Наука. 1984. Стр. 111–116.
6. Госсорж Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. М. Мир. 1988.
7. Гроссе П. Свободные электроны в твёрдых телах. М. Мир. 1982.



Рис. 3. Нормированные интенсивности мощности солнечного излучения (красный) и человеческого излучения (синий). Коридоры прозрачности атмосферы в видимом и ИК-диапазонах

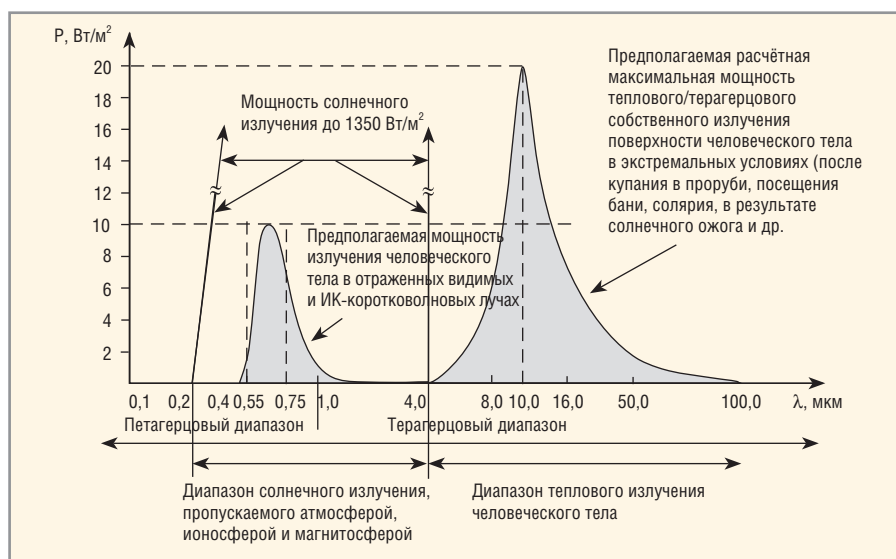


Рис. 4. Предполагаемая максимальная мощность дневного излучения человеческого тела в тера- и петадиапазоне



Рис. 5. Предполагаемая мощность ночного излучения околопланетного пространства, поверхности человеческого тела (кожи) и жилой комнаты [7]

Кремниевая и арсенид галлий-алюминиевая технология: мировые тенденции в области кремниемо-фотонной технологии

Часть 1

Валерий Сведе-Швец, Владислав Сведе-Швец,
Максим Зиновьев (Москва)

Многие эксперты сходятся в своих прогнозах на том, что кризис электронной планарной технологии в мощных и быстрых микропроцессорных системах не за горами. Одним из интересных и перспективных направлений в этой области является кремниемо-фотонная технология, позволяющая избавиться от ряда принципиальных недостатков и ограничений, свойственных устройствам с электрическими каналами связи. В открывающемся цикле статей рассматриваются особенности и принципы построения оптических и гибридных вычислительных систем.

В настоящее время не наблюдается существенного прироста тактовой частоты сверхбольших интегральных схем (СБИС) процессорных кристаллов. Вопрос повышения их производительности решается оптимизацией многоядерной архитектуры при тех же тактовых частотах. Похоже, что кремниевая планарная технология исчерпала себя и помимо распараллеливания задач на несколько ядер необходимы поиски новых направлений. Сегодня в развитии процессоров по кремниевой технологии, систем на их основе, и, соответственно, программного обеспечения выделяются три приоритетных направления:

- энергетика – энергия дорогая, транзисторы практически ничего не стоят;
- память – системную производительность сдерживает память, операции выполняются быстро;
- команды – допустимы длинные и короткие команды, но выполнять-

ся они должны параллельно на разных ядрах.

При реализации этих направлений можно допустить существование двух альтернативных схем. Первая – фоннеймановская. Она предполагает, что вычислительным процессом управляет поток команд, а данные хранятся в памяти. Вторая схема основывается на том, что процессом вычислений управляют входные потоки данных, которые на входе системы попадают в подготовленную вычислительную инфраструктуру, обладающую естественным параллелизмом.

С точки зрения реализации первая схема гораздо проще. Кроме того, она универсальна, программы компилируются и записываются в память. Вторая схема требует создания специальной аппаратной конфигурации, необходимой для выполнения определённой задачи. В ней, например, программирование может осуществляться посредством коммутации, а далее устройство управления, в соответствии с заданной программой, координирует работу остальных устройств. На рисунке 1 представлена структура такой перспективной вычислительной машины – антимашины.

Антисимметрия между машиной и антимашинной наблюдается во всём, за исключением того, что антимашинна допускает параллелизм внутренних циклов, а это означает, что в ней решается проблема параллельной обработки данных. В антимашине доступ

к памяти обеспечивается не по адресу команды или фрагмента данных, записанному в соответствующий регистр, а посредством универсального генератора адресов (Generic Address Generator, GAG). Его преимущество в том, что он позволяет передавать блоки и потоки данных. В то же время компиляция, посредством которой создаётся специализированная под определённую задачу система, заключается в объединении нужного количества настроенных процессоров данных в общий массив (Data Process Array, DPA), на котором выполняются реконфигурируемые алгоритмы Flowware.

Методология GAG непоследовательна, а потому обладает такими достоинствами, как возможность работы с двухмерными адресами. Это даёт неоспоримые преимущества при работе с видеоданными и при выполнении параллельных вычислений. Счётчик данных – альтернатива счётчику команд в машине фон Неймана, а его содержимым управляет Flowware. Для новой методологии придумано и новое название – Twin Paradigm. Оно отражает симбиоз вычислительных ядер двух классов: обычных центральных процессоров, построенных по фоннеймановской схеме, и процессоров данных, реализующих антимашину.

Многопроцессорные системы, как один из способов решения проблемы повышения производительности, не получили широкого применения, так как требовали дорогостоящих и сложных в производстве многопроцессорных материнских плат. Для повышения производительности процессора требуются изменения в его аппаратной части. Например, можно повысить тактовую частоту или усложнить логическую и аппаратную составляющие.

Сегодня внутренняя тактовая частота процессора составляет около 3 ГГц, внешняя – частота системной шины – 800 МГц. В настоящее время

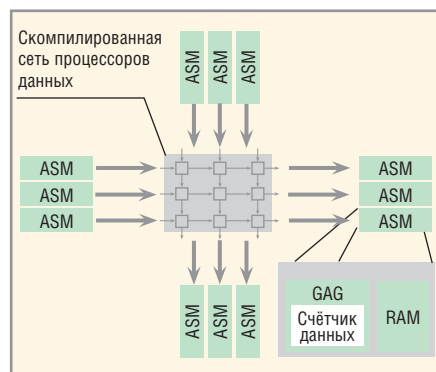


Рис. 1. Структура перспективной вычислительной машины – антимашины

освоен 12-нм техпроцесс. Многие аналитики утверждают, что этот техпроцесс будет последним в планарной технологии. Даже 10-нм техпроцесс не даёт ощутимого прироста производительности СБИС процессорного кристалла. Следовательно, требуется преодоление ограничений кремниевой планарной технологии и переход к организации СБИС процессорного кристалла на трёхмерную электронную структуру. Но и с переходом СБИС на трёхмерные электронные структуры не решаются фундаментальные системные ограничения, связанные с пропускной возможностью электрических каналов связи.

Микроэлектронная технология четвёртого поколения повысила частоту работы логических элементов, увеличила интеграцию схем на кристалле, частично перенесла электрические связи, ранее располагавшиеся на печатной плате, и, как следствие, повысила производительность различных устройств. Но она не решила общую для всех перечисленных поколений проблему – проблему соединений. Связь как была, так и осталась электрической.

Сегодня для того, чтобы обеспечить внешние соединения с интегральной схемой на кристалле, необходимо использовать электрические связи на уровне корпуса, которые насчитывают уже более 1000 электрических выводов. Этот рост обусловлен увеличением числа линий сигнальных интерфейсов на кристалле, а также необходимостью многократных связей по питанию и «земле». При этом тактовая частота внутри кристалла превышает значение тактовой частоты вне кристалла в 4–10 раз. Проблема электрических связей опять перенесена на многослойную печатную плату. Таким образом, проблема связей остаётся центральной и в современных микропроцессорах четвёртого поколения.

Довольно эффективной оказалась технология повышения производительности путём одновременной обработки нескольких потоков команд в многоядерном процессоре. Кристалл многоядерного процессора содержит несколько вычислительных ядер, поэтому для повышения производительности такого процессора программа должна задействовать все ядра.

При этом изменений в аппаратной части процессора не требуется. Вместо этого достаточно провести доработку существующей технологии с помощью программных средств. Данная технология оказалась достаточно универсальной и дешёвой в реализации.

Производители процессоров заявляют, что в скором времени на рынке можно будет увидеть процессоры с сотнями вычислительных ядер (см. рис. 2). Очевидно, что весь потенциал многоядерной архитектуры раскрывается только при наличии соответствующего программного обеспечения. Таким образом, сферы производства компьютерного «железа» и программного обеспечения очень тесно связаны между собой.

Тем не менее, при создании многоядерных процессоров возникли следующие проблемы:

- высокое электропотребление;
- низкая скорость ввода-вывода;
- электрические связи расположены в плоскости кристалла;
- ввод-вывод информации осуществляется по каналам с большим числом электрических контактов;

Новое поколение GaN-транзисторов

WolfSpeed

CGHV14250
Диапазон частот: 1200–1400 МГц
Мощность: 250 Вт
Коэффициент усиления: 18 дБ

CGHV14500
Диапазон частот: 1200–1400 МГц
Мощность: 500 Вт
Коэффициент усиления: 17 дБ

CGHV35150
Диапазон частот: 2900–3500 МГц
Мощность: 150 Вт
Коэффициент усиления: 13,5 дБ

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WOLFSPED

ProChip
POWERED BY ProSoft

Активный компонент вашего бизнеса

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

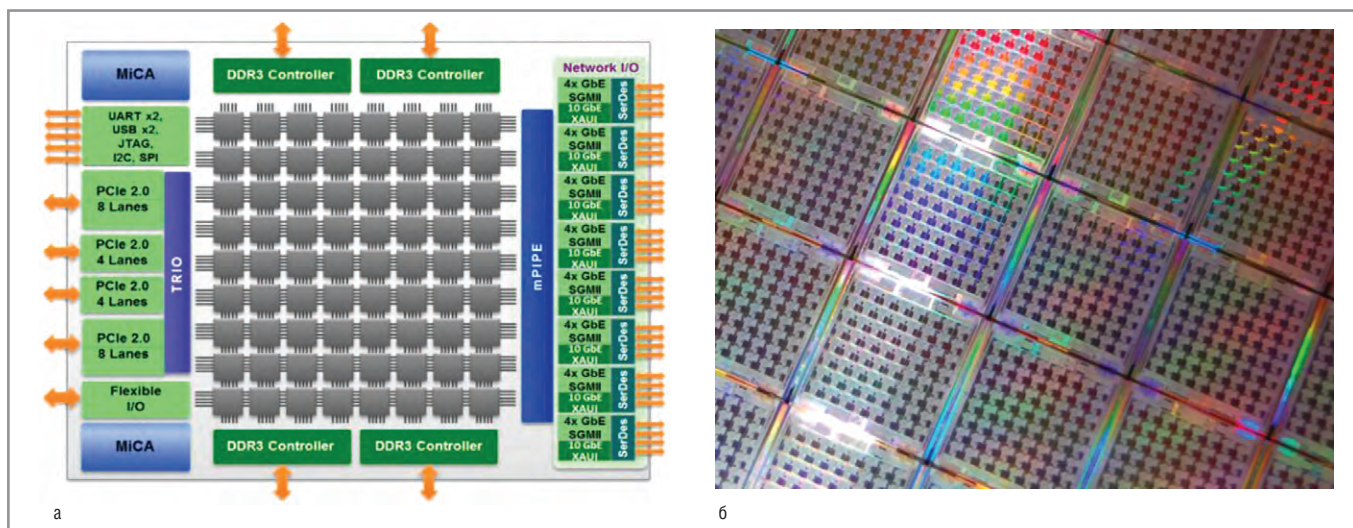


Рис. 2. Процессор Telera: а – структурная схема многоядерной архитектуры; б – снимок

- контакты расположены по периферии полупроводникового кристалла;
- высокая степень сложности чипа;
- низкий процент выхода продукции, высокая себестоимость (так, при производстве 8-ядерного процессора IBM Cell пригодными являются только 20% производимых кристаллов).

В силу всех перечисленных недостатков кремниевая планарная технология не является оптимальной для создания варианта перспективной вычислительной машины – антимашины. Требуется комплексный подход к построению новых трёхмерных (3D) архитектур кристаллов СБИС с многоканальными оптическими и электрическими связями. С развитием современной микроэлектроники сформировались два новых технологических направления: оптоэлектроника и нанотехнологии. Нанотехнологии находятся ещё на начальном этапе развития, а оптоэлектроника уже достигла заметных успехов в ряде областей, продемонстрировав черты самостоятельного приборостроения.

Кремниво-фотонная технология в совокупности с трёхмерной пространственно-временной платформой «ООО ОЭС» [1] позволяет:

- реализовывать ввод-вывод информации как по электрическим, так и по оптическим каналам;
- располагать высокоплотные оптические сигналы, которые направлены перпендикулярно плоскости полупроводникового кристалла, по всей его поверхности;
- формировать многоядерные процессоры с многоканальными скоростными оптическими, цифроаналоговыми

ми каналами ввода-вывода и индивидуальным управлением;

- формировать 3D многоканальные электронно-фотонные гибридные интегральные многокристальные схемы и модули с многоканальными многоядерными процессорами;
- создавать 3D-вычислители с многоядерной потоковой параллельной архитектурой.

Объёмные электронно-фотонные устройства имеют ряд отличий от других электронных устройств. Кремниевая и арсенид-галлиевая технологии позволяют совмещать кристаллы с оптическими каналами и имеют следующие достоинства:

- высокую информационную ёмкость оптического канала, обусловленную высокой частотой световых колебаний (около 10^{15} Гц), что на 3–4 порядка больше, чем в обычном радиотехническом диапазоне;
- узкую направленность светового излучения, обеспеченную малой угловой расходимостью луча (меньше одной минуты), что позволяет концентрировать электромагнитную энергию в заданной области пространства (при этом лазерный луч может быть направлен на фоточувствительную площадку микронных размеров);
- возможность двойной (временной и пространственной) модуляции светового луча с независимой модуляцией части луча, что позволяет производить параллельную обработку информации и создавать высокопроизводительные информационно-вычислительные комплексы;
- так как источник оптического излучения и приёмник в кремниво-

фотонных приборах не связаны друг с другом электрически, а фотоны электрически нейтральны, то они никак не влияют друг на друга;

- информация оптически передаётся только в одном направлении – от источника к приёмнику, а каналы, по которым распространяется оптическое излучение, не взаимодействуют друг с другом и практически не чувствительны к электромагнитным помехам – отсюда их высокая помехозащищённость.

Архитектура перспективной вычислительной машины (антимашины), по мнению авторов, может быть реализована с помощью 3D фотон-электронных модулей, имеющих как многоканальные планарные электрические, так и многоканальные 3D оптические каналы обмена информации и алгоритмы пространственно-временной обработки информации.

ОПТИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА

Оптические пространственные соединения в архитектурах вычислительных устройств и систем имеют ряд преимуществ по сравнению с электрическими:

- отсутствие электрического проводника, что позволяет осуществлять эффективные пространственные соединения кристалл–кристалл, плата–плата;
- отсутствие взаимного влияния при пересечении лучей света в пространстве;
- несколько каналов с высокой пропускной способностью могут сосуществовать в одном пространстве;

- параллельная природа светового потока и способность к объединению обеспечивают возможность создания гибких параллельных архитектур;
- отсутствие возможности перехватывать информацию, поскольку оптическая система ничего не излучает в окружающую среду.

Все эти преимущества достигаются благодаря тому, что в качестве носителя информации используются не электроны, а фотоны.

Реализация пространственных оптических соединений на уровнях плата-плата и кристалл-кристалл требуют разработки компонентов эффективного оптоэлектронного интерфейса, обеспечивающего параллельный ввод-вывод в интегральной схеме. При создании таких интерфейсов были опробованы различные подходы. В частности – монтаж по периметру кристалла лазерных диодов и детекторов для передачи и приёма информации. Однако в этом случае существует ограничение по количеству входов-выходов, которые можно организовать по периметру кристалла. Эта проблема может быть решена, если для организации

ввода-вывода информации использовать поверхность всего кристалла.

Монолитное выращивание полупроводниковых лазеров, детекторов и электронных схем обработки в одном кристалле позволяет создать высокоскоростные, компактные оптоэлектронные интегральные схемы (ОЭИС) с позиционной точностью, определяемой технологией литографии, и потенциально небольшой себестоимостью. Несмотря на то, что уже созданы некоторые макетные образцы ОЭИС, эта технология все ещё находится на начальной стадии развития и связанные с ней проблемы производства и надёжности ещё только предстоит решить.

Более реалистичным считается гибридный подход, использующий непосредственный монтаж созданных оптоэлектронных компонентов на Si или GaAs. На данный момент гибридные решения рассматриваются как единственно возможные для создания систем с пространственными оптическими соединениями, пока монолитные ОЭИС не станут технологически и экономически доступными.

Увеличение скорости передачи информации за счёт высокой пропускной способности и малых задержек сигнала в оптических соединениях позволяет повысить «массовость» MPP-систем (Massively Parallel Processing – системы с массовым параллелизмом). То есть значительно увеличить количество параллельно взаимодействующих процессорных узлов. В системах MPP с оптическими соединениями, построенных с использованием высокоскоростных скалярных микропроцессоров, возможно получить производительность, значительно превышающую производительность MPP-систем с обычными электрическими соединениями.

Хотя оптические соединения в сетевых архитектурах MPP-систем ещё не получили промышленного применения, есть два основных способа их построения:

- посредством волоконно-оптических линий связи (ВОЛС);
- посредством соединений в свободном пространстве.

В первой группе осуществляется электронная коммутация информационных потоков в узлах сети, а во вто-



Мощные светодиоды



Мощные светодиоды



Сверхъяркие SMD-светодиоды



Светодиодные модули



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SEMILEDs



Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



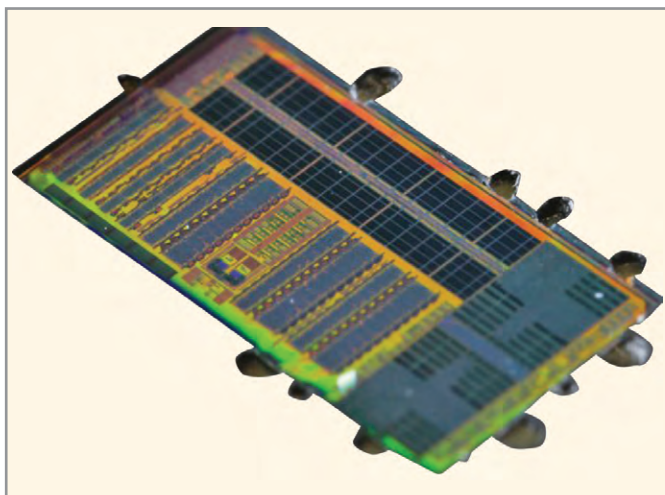


Рис. 3. Фотонный микропроцессор на основе архитектуры RISC-V

рой – оптическая. Для промышленной реализации в настоящее время наиболее пригодны соединения посредством ВОЛС, поскольку они не используют дополнительных оптических элементов коммутации – призм, линз и др. Однако возможности этих соединений для создания сетевых архитектур ограничены некоторыми топологическими проблемами. Несмотря на это, такие соединения всё же снимают ряд свойственных электронике ограничений, обеспечивая снижение накладных расходов при передаче больших массивов данных.

Соединения в свободном пространстве связывают с новым типом кристаллов – матрицами умных пикселей (Smart Pixel Arrays, SPA). Применение таких матриц для объединения элементов MPP-структур возможно либо с использованием объединительных плат, либо непосредственно в трёхмерных системах.

Объединительные платы представляют собой десятки тысяч оптических каналов SPA-матриц, расположенных по краям электронных печатных плат, для передачи данных. Главным недостатком таких систем является наличие промежуточного электронного трафика по электрическим выводам периферии печатных плат, что значительно ограничивает пропускную способность.

Трёхмерные системы, где взаимодействие элементов MPP осуществляется по всей площади SPA-СБИС, характеризуются отсутствием паразитного электронного трафика. Препятствиями для появления таких систем является отсутствие у западных производителей технологии, обеспечивающей «прозрачность» SPA-СБИС, т.е. возможность при-

ёма входного оптического сигнала на одной плоскости SPA-СБИС с выдачей выходного оптического сигнала на противоположной плоскости SPA-СБИС.

В настоящее время широко используются волоконно-оптические линии связи, оптическая и голографическая памяти большой ёмкости, сенсоры изображения и другие устройства. Однако все они являются одноканальными системами оптической передачи информации. Как было сказано ранее, оптические соединения имеют преимущества по сравнению с электрическими. В связи с этим, одной из перспективных задач оптоэлектроники является создание многоканальных 3D оптически связанных электронных устройств на уровне кристалл-кристалл, кристалл-плата, плата-плата.

Развитие оптоэлектроники за рубежом идёт по двум основным направлениям формирования каналов обмена информацией:

- создание объединительных плат с множеством оптических каналов и терабитной пропускной способностью;
- разработка объёмных оптоэлектронных устройств с матрицами умных пикселей (SPA-матрицы).

По мнению ведущих экспертов, второе направление является наиболее перспективным, поскольку оно реализует многоканальную оптическую связь кристаллов между собой. В настоящее время в данной области достигнуты определённые успехи.

Японская компания NEC совместно с Fujitsu и Hitachi разработала оптоэлектронный модуль межчиповых соединений для обмена данными между несколькими процессорами. Ведутся работы над тестированием оп-

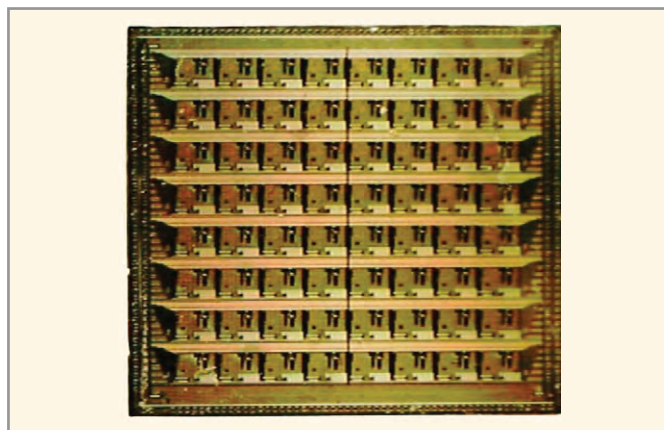


Рис. 4. 3D функциональная СБИС с фотонными линиями связи, процессором коммутации и процессором БПФ с матричной организацией пикселей 8×8

электронных модулей с 48 каналами и пропускной способностью 10 Гбит/с с возможностью передачи данных на расстояние до нескольких метров без потери скорости.

Успехи разработчиков кремниевой фотоники корпорации Intel позволят изготавливать интегральные чипы и уже в ближайшее время применять не только электрические, но и оптические сигналы в компьютерных устройствах. Высокопроизводительное оптоэлектронное устройство, содержащее 12-канальный оптический интерфейс, состоит из лазеров VCSEL (лазеры вертикального излучения) и параллельного КМОП оптического трансивера, смонтированных в стандартном корпусе.

Корпорация IBM разработала оптоэлектронный модуль – опточип, который представляет собой многоэлементную трёхмерную сборку, изготовленную методом планарного монтажа с 32-канальным оптическим интерфейсом и пропускной способностью 10 Гбит на канал. Помимо оптической шины данных, специалисты IBM разработали оптический приёмо-передающий модуль с 24 передатчиками и 24 приёмниками. Каждый канал работает со скоростью 12,5 Гбит/с.

Израильская фирма Lenslet создала первый в мире коммерческий оптический процессор DSP (Digital Signal Processor). Процессор Enlight 256 – это гибридный оптический процессор, в три раза превосходящий по производительности лучшие в мире электронные DSP. Ядро этого процессора – оптическое, а входная и выходная информация представляется в электронном виде. Ядро состоит из 256 VCSEL лазеров, пространственного модулятора

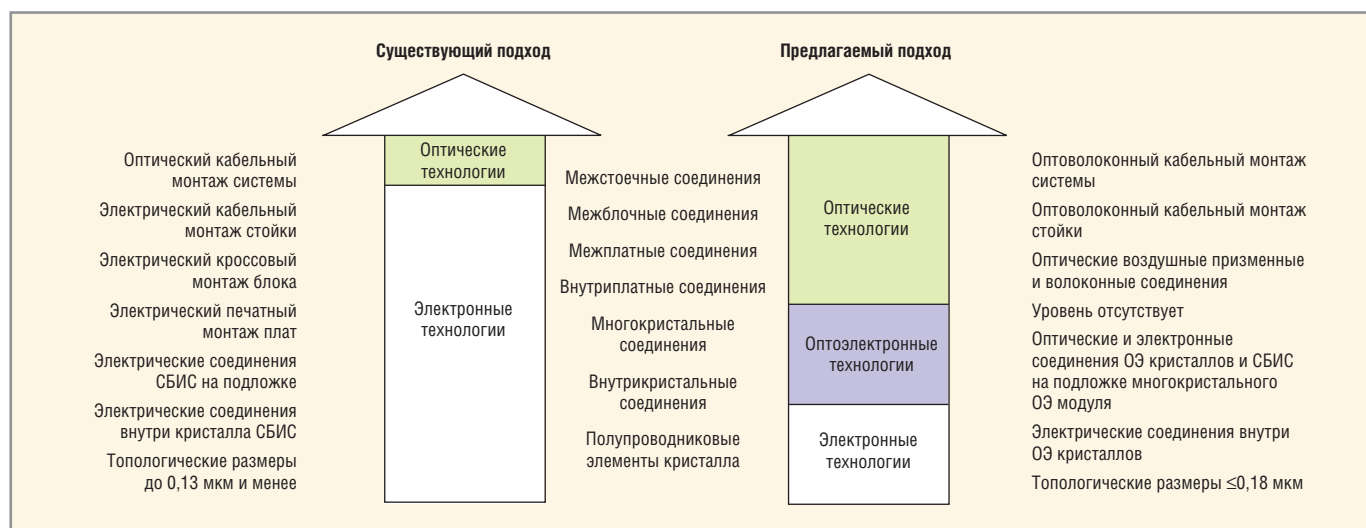


Рис. 5. Технологии соединений

света, набора линз и приёмников. Производительность процессора составляет 8 трлн операций в секунду: за один такт (8 нс) процессор осуществляет операцию умножения 256-байтного оптического сигнала (вектора) на матрицу 256×256 .

Исследователи из Университета штата Колорадо в Боулдере совместно с коллегами из Калифорнийского университета в Беркли и Массачусетского технологического института представили процессор, который построен на основе архитектуры RISC-V. Размер кристалла составляет 6×3 мм. Чип обладает двумя вычислительными ядрами, 1 МБ памяти SRAM и 850 световыми портами ввода-вывода (см. рис. 3).

Российское предприятие ООО «ОЭС» разработало кремниевую-фотонную объёмную технологию для многоканальных оптических и электрических соединений, что позволило реализовать их на уровнях чип–чип, плата–плата и распределённая объектная связь, включая компоненты эффективного аналогового-цифрового оптоэлектронного интерфейса, обеспечивающего параллельный ввод-вывод информации на уровне интегральной схемы. Результаты проведённых работ опубликованы в [2].

Кристалл процессора коммутации и процессора быстрого преобразования Фурье (БПФ) с матричной организацией пикселей 8×8 и 14×14 , с 128 и 392 световыми портами ввода-вывода, соответственно, и функциональной ориентацией представлен на рисунке 4.

Характерной особенностью фотоники является возможность передачи данных на разные расстояния – от долей миллиметра до нескольких километров

при одинаковых энергетических затратах. Для обеспечения пропускной способности на уровне 1 Тбит/с требуется всего 1,3 Вт энергии. Использование света с различной длиной волны позволяет организовать передачи нескольких параллельных потоков данных по одному каналу, что может увеличить и без того немалую пропускную способность оптического канала.

Принципы построения оптоэлектронных элементов и устройств

Достижения современной оптоэлектроники позволяют перейти к разработке кремниевую-фотонной объёмной технологии в области многоканальных оптических и электрических соединений различного уровня: чип–чип, плата–плата, распределённая объектная связь. Такие подходы могут применяться, если при организации ввода-вывода информации используется поверхность всего кристалла.

На рисунке 5 показаны существующий и перспективный уровни технологий соединений. В кремниевую-фотонной и арсенид галлий-алюминиевой технологиях многоканальные оптические и электрические каналы реализуют фотон–электрон–фотонные связи непосредственно на поверхности полупроводниковых кристаллов.

Новые технологии позволяют воплощать принципы объёмной многоканальной связи и создавать функциональные 3D матричные фотон–электрон–фотонные модули для устройств обработки информации, связи, коммутации и строить высокопроизводительные информационно-вычислительные и радиолокационные систе-

мы со множеством каналов быстрого обмена информацией.

Научно-технические наработки предприятия ООО «ОЭС» могут способствовать развитию интегральной оптоэлектроники в области кремниевую-фотонной технологии. В частности, на базе этой технологии могут быть разработаны изделия существенным образом увеличивающие возможности планарной микроэлектроники и позволяющие перейти к выпуску интегральных изделий 3D-архитектуры с многоканальными оптическими и электрическими связями. В настоящее время предприятием ООО «ОЭС» разработан ряд перспективных изделий с использованием кремниевую-фотонной технологии, не имеющей аналогов в мире, что, в свою очередь, позволяет создавать перспективные интегральные оптоэлектронные приборы с использованием отечественной электронной компонентной базы.

В следующей части статьи будет представлена концепция построения трёхмерных матричных фотон–электрон–фотонных модулей и изделий на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрич Ю.В. Быстродействующий аналого-цифровой преобразователь и способ его калибровки. Патент РФ № 2341017. 10.04.2008. Пр. 29.09.2006.
2. Сведе-Швец В.Н., Сведе-Швец В.В. Комплекс принципов и аппаратно-программных средств ввода, преобразования, обработки, хранения, коммутации и передачи пространственно-временной многоканальной информации с 3D-архитектурой. Приложение к журналу «Информационные технологии». 2008. №3.



Технология изготовления корундовых подложек ВК-100 методом плёночного литья

Светлана Кумачёва, Юрий Непочатов, Анастасия Денисова (г. Новосибирск)

В работе приведено описание действующей в АО «НЭВЗ-КЕРАМИКС» технологической схемы получения подложек из высокоглиноземистой керамики с содержанием основного вещества 99,7% методом плёночного литья. Показано, что методом плёночного литья возможно изготовление качественных керамических подложек, удовлетворяющих высоким требованиям, предъявляемым к современным материалам для ГИС СВЧ. В сочетании с хорошо отлаженными режимами по спеканию и механической обработке керамики, метод плёночного литья хорошо зарекомендовал себя как способ получения стабильных по качеству подложек с высоким процентом выхода годных изделий.

Керамические подложки являются базовым элементом гибридно-интегральных схем (ГИС) для изделий СВЧ-техники. Материалом для изготовления керамических подложек, в зависимости от требований к техническим характеристикам прибора, может служить алюмооксидная керамика с содержанием основного вещества от 94 до 100%, бериллиевая керамика, алюминитрид-

ная и другие. Однако массовое производство ГИС ведётся с использованием корундовых керамических подложек (Al_2O_3). Подложки из Al_2O_3 имеют высокие физико-технические и электрические характеристики, которые при повышении содержания оксида алюминия до 99,7% достигают своего максимума. Такая керамика по химическому составу должна соответство-

вать требованиям, представленным в таблице 1, а по физико-механическим и электрическим свойствам – в таблице 2 (по данным, взятым из технических условий на вакуумплотную керамику аЯО.027.002ТУ).

На полированной поверхности корундовой керамики обеспечивается среднее арифметическое отклонение профиля Ra не менее 0,01 мкм. Высокий класс чистоты поверхности подложек необходим при изготовлении топологического рисунка схемы по тонкоплёночной технологии.

Технологическая схема изготовления подложек из керамики ВК-100

Изделия из технической вакуумплотной керамики с содержанием оксида алюминия не менее 99,7% (ВК-100) могут изготавливаться различными методами формования:

- осевым прессованием из гранулята;
- холодным или горячим изостатическим прессованием;
- литьём из термопластичного шликера;
- литьём из шликера на основе гранулята;
- литьём керамической суспензии на движущуюся основу (плёночное литьё);
- литьём водных суспензий в пористые формы и др.

Некоторые методы формования подразумевают использование специальной технологической оснастки – форм для прессования или литьевых форм. Такая оснастка проектируется с учётом усадки изделий после обжига и, при необходимости, с припусками на механическую обработку. Даже небольшая корректировка технологии, которая приводит к изменению размеров керамической детали, потребует внесения изменений в конструкторскую документацию на оснастку и повторное изготовление этой оснастки. Трудоёмкость и высокая стоимость литьевых и пресс-форм, а также значительные временные затраты на проектирова-

Таблица 1. Требования к химическому составу корундовых керамических подложек (Al_2O_3)

Вакуумплотная керамика		Химический состав в окислах, весовые %	
Вид	Марка	Al_2O_3	MgO
Корундовая	ВК-100-1	99,7	0,3
	ВК-100-2	99,7	0,3

Таблица 2. Требования, предъявляемые к физико-механическим и электрическим свойствам корундовых керамических подложек (Al_2O_3)

№	Физико-механические и электрические свойства	Марка корундовой керамики	
		ВК-100-1	ВК-100-2
1	Кажущаяся плотность, г/см ³ , не менее	3,96	3,88
2	Водопоглощение, %, не более	0,02	0,02
3	Предел прочности при статическом изгибе, МПа, не менее	2800	3200
4	Температурный коэффициент линейного расширения, $\times 10^{-7}$, 1/°C в интервале температур, °C: 20 ± 10 – 200 20 ± 10 – 500 20 ± 10 – 900 20 ± 10 – 1000	– – – 80 ± 5	60 ± 5 70 ± 5 79 ± 5 80 ± 5
5	Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ⁶ Гц и температуре 25 ± 10°C, не более	10,3	10,5
6	Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 ⁶ Гц и температуре 25 ± 10°C, не более	2×10^{-4}	2×10^{-4}
7	Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ⁹ –10 ¹⁰ Гц и температуре 25 ± 10°C, не более	10	10,1
8	Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 ⁹ –10 ¹⁰ Гц и температуре 25 ± 10°C, не более	1×10^{-4}	1×10^{-4}
9	Удельное электрическое сопротивление, Ом × см, при температуре 100 ± 5°C, не менее	10 ¹⁴	10 ¹⁴

ние и производство оснастки, играют немаловажную роль при выборе метода формообразования.

При выборе метода формования для производства керамических подложек учитывались следующие факторы:

- широкая номенклатура изделий;
- наличие большого количества мелкосерийных заказов;
- простая форма изделий (плоские прямоугольные пластины);
- необходимость изменения размеров заготовок в зависимости от полученных значений усадок на образцах.

Таким образом, наиболее предпочтительными методами формования керамических подложек для ГИС СВЧ являются те, которые не используют специальной оснастки. В то же время

мировой опыт показывает преимущества метода литья керамических плёнок для перечисленных задач.

Метод литья керамической плёнки используется для получения тонких листов керамических материалов и заключается в том, что керамический шликер подаётся на непрерывно движущуюся основу, а толщина керамической плёнки регулируется ракельным ножом. Этот метод так же хорошо известен в других отраслях промышленности, а именно в производстве пластмасс, целлюлозно-бумажном и лакокрасочном производствах. Первоначально техника применялась в лакокрасочном производстве для определения укрывистости красок, когда тонкие (менее 50 мкм) плёнки красок наносились на

стандартные бело-чёрные пластины, а степень просвечиваемости подложки измерялась оптическим способом. Первым, кто запатентовал метод литья для производства керамических плёнок, был Гленн Ховатт. В своём патенте он указал, что метод формования керамических материалов в тонкие плёнки найдёт широкое применение в радиоэлектронной области. Предсказание, сделанное Ховаттом в 1952 г., сбылось: на сегодняшний день радиоэлектронное приборостроение – это основная отрасль применения керамики, изготовленной методом плёночного литья.

Особенностью плёночного литья является возможность получать большие по площади, тонкие, плоские керамические листы, которые невозможно

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



XP Power

- Высокая удельная мощность
- Высокий КПД
- Диапазон рабочих температур от -40 до +105°C



Серия JCD 4, 5 и 6 Вт

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



Серии JCG и JTF 8, 10, 12 и 15 Вт

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



Серия JNM10 10 Вт

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



Серия JTK 15, 20 Вт

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



Серия JCM 15, 20 Вт

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



Серия JCK 15, 20, 30, 40 и 60 Вт

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

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

ProSoft®

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



Реклама

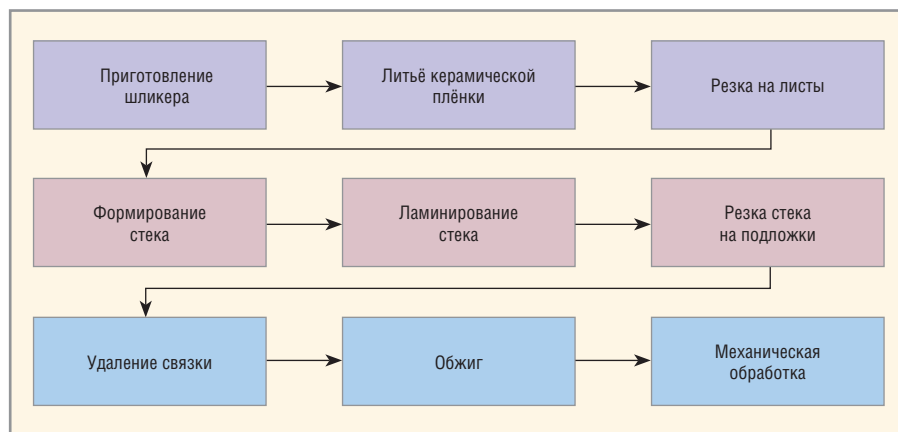


Рис. 1. Технологическая схема изготовления подложек из керамики ВК-100

изготовить прессованием или экструзией. Такие листы легко подвергаются механической обработке в сыром виде – формированию отверстий и пазов различных размеров и форм. Данное преимущество метода позволяет проектировать и производить не только подложки, но и современные многослойные керамические структуры.

Обычно для плёночного литья используют безводные шликеры, хотя известны системы, основанные на водных шликерах, которые показывают хорошие результаты по получению керамической плёнки. К тому же водные шликеры являются экологичными. Несмотря на это, безводные шликеры применяются чаще, так как обеспечивают более управляемый процесс сушки плёнки, меньший разброс геометрических размеров от партии к партии и внутри одной партии керамики, а значит и более высокий процент выхода годных изделий.

Один из вариантов технологической схемы изготовления керамических подложек методом плёночного литья представлен на рисунке 1.

На первом этапе технологии происходит приготовление шликера путём смешивания его компонентов:

- керамического порошка;
- растворителя;
- диспергатора;
- пластификатора;
- связующего.

Основным компонентом шликера является керамический порошок. Для изготовления подложек из ВК-100 применяют глинозём (Al_2O_3). После удаления связки и спекания глинозём представляет основу изделия и определяет его конечные свойства. Поэтому большое внимание при выборе глинозёмов уделяется их характеристикам, таким как гранулометрический состав, содержание основного вещества и примесей,

физические свойства и др. Также важное значение имеет форма частиц глинозёма – более равномерную структуру имеют материалы, полученные из сферических частиц, поскольку они образуют плотную упаковку.

Вспомогательные ингредиенты шликера, такие как растворитель, пластификатор, связка и диспергатор, позволяют придать форму изделию.

Растворитель для органической фазы требуется только на начальной стадии процесса изготовления листового керамического материала. Растворитель позволяет быстрее смешать компоненты органической фазы, получить органическую фазу нужной вязкости для более полной гомогенизации с порошками керамического наполнителя, придать керамической композиции текучесть. В качестве растворителей могут быть использованы этанол, толуол, метилэтилкетон, ксилен и др., а также их смеси. Остальные компоненты шликера должны быть подобраны таким образом, чтобы они растворялись в сольвенте (растворителе).

Есть множество плюсов в использовании бинарного (двухкомпонентного) растворителя:

- растворимость компонентов шликера различна в каждом сольвенте;
 - возможность контролирования скорости высыхания ленты;
 - возможность контролирования реологических свойств шликера.
- Диспергатор выполняет ряд функций:
- разделение частиц, чтобы связка могла покрыть каждую частицу в отдельности;
 - повышение содержания твёрдой фазы в суспензии;
 - уменьшение количества растворителя с целью сокращения времени сушки ленты и уменьшения усадки;
 - удаление при нагревании.

Самым распространённым диспергатором в плёночном литье традиционно считается рыбий жир (Menhaden Fish Oil). Он позволяет связать частицы порошка и органического связующего посредством липофильной и гидрофильной групп, предотвращая их агрегацию.

Связующее служит для получения сырой керамической ленты. Связка образует некую сетку, которая соединяет всю химическую систему вместе на время технологического процесса до обжиговых операций. Также можно сказать, что сырая керамическая лента – это полимерная матрица с большим количеством керамического порошка. Связка придаёт керамической ленте гибкость, прочность, пластичность, гладкость, твёрдость. Количество связующего компонента должно находиться в определённых пределах, поскольку это влияет на качество керамики (сырую плотность, наличие пор, прессуемость, температурную кривую удаления связки, геометрические размеры изделия). Выбор связующего компонента зависит от типа растворителя и керамического материала.

Пластификатор используется для получения гибкой ленты, т.е. сырая плёнка может деформироваться без трещин. Это достигается за счёт того, что пластификатор окружает молекулы полимера и удерживает их на расстоянии, причём это расстояние может изменяться в определённых пределах. Пластификатор должен соответствовать следующим требованиям:

- совместимость с полимером связующего;
- высокая температура кипения и низкое давление пара;
- высокая эффективность придания пластичности;
- химическая и термическая стабильность;
- придание пластичности при низких температурах.

Второй этап – литьё керамической плёнки. Литьё керамической ленты проводили на промышленной установке KEKO Equipment Ltd. (Словения). Литьевая машина для производства керамической ленты представляет собой высокопроизводительную линию для массового производства (см. рис. 2).

Принципиальная схема процесса приведена на рисунке 3. Она включает стационарно установленные ракель-



Рис. 2. Линия для литья подложек КЕКО

ный нож и литьевую коробку, движущуюся ленту-носитель и зону сушки. Шликер подаётся в литьевую коробку, которая расположена перед ракельным ножом. Нож поднят на определённую высоту от транспортирующей ленты, на которую подаётся шликер, и определяет толщину сырой керамической плёнки. Удаление растворителя происходит под влиянием температуры. Нагревание ленты происходит как снизу (нагреваемые плиты), так и воздушными потоками сверху. В зависимости от модели машины зона сушки может отличаться по длине и количеству зон, в которых устанавливается отдельная температура. После испарения растворителей на носителе остаётся керамическая плёнка, готовая для дальнейших манипуляций.

Метод плёночного литья, на первый взгляд, кажется довольно доступным, но конструкция ракельного ножа и самой литьевой машины, а также составы шликеров, обеспечивающих работоспособность процесса, не так просты. Несмотря на многолетние практические исследования данного метода формования, на некоторые вопросы, связанные с технологией плёночного литья, ответов ещё нет. Обычно технолог на практике определяет такие переменные процесса, как уровень заполнения литьевой коробки, скорость движения носителя, вязкость шликера, форма ракельного ножа, температура сушки по зонам и мощность потоков воздуха. При правильном подборе всех режимов на выходе операции мы будем иметь рулон гибкой, пластичной и довольно прочной керамической плёнки, нанесённой на ленту-носитель.

На следующей операции происходит резка керамической плёнки (вместе с лентой-носителем) на листы раз-

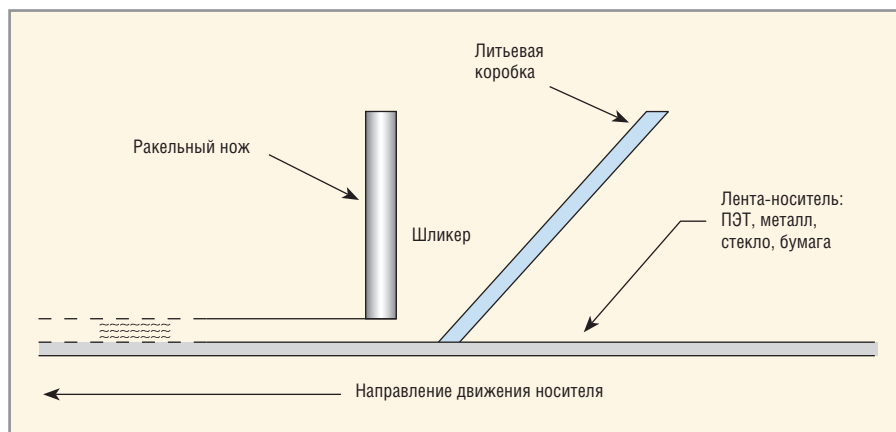


Рис. 3. Принципиальная схема плёночного литья

мером 200×200 мм. Одновременно осуществляется их визуальный контроль на наличие дефектов: пузырей, трещин и других неоднородностей. Выборочно проводится контроль толщины листов керамики в пяти точках – по углам и в середине. Особенностью метода является разброс толщины листа в поперечном направлении, поэтому при ширине отлитой плёнки 250 мм рабочей считается средняя зона, не превышающая 200 мм. В технологиях, требующих повышенной точности, этот размер может быть уменьшен до 100 мм.

На операции формирования стека керамические листы отделяют от плёнки и собирают в стопку (стек) нужной толщины. При сборке стека производится дополнительный визуальный контроль дефектов плёнки «на просвет». Для исключения накопления дефектов по толщине каждый последующий лист в стопке поворачивается на 90° . Собранный стек помещают на металлическую пластину, вакуумируют в полиэтиленовом пакете и передают на операцию ламинирования.

Ламинирование – это прессование керамического стека, позволяющее сформировать монолитную керамическую структуру. Существует большое количество методов прессования, но наилучшее качество обеспечивается при использовании изостатической ламинационной системы. В этом случае стек в вакуумном пакете помещается в камеру, которая затем наполняется жидкостью (чаще всего смесью воды и глицерина). Контрольными точками операции являются температура, давление и время выдержки. Температура ламинирования выбирается в зависимости от органических фаз, присутствующих в листах (связующее и пластификаторы), количества слоёв (керамиче-

ских листов) и толщины стека. Время выдержки при максимальной температуре должно быть достаточным, чтобы прогреть весь стек. Давление прессования должно обеспечить плотный контакт слоёв друг с другом, не разрушая их и не изменяя их размеров по осям x, y . Искажения размеров могут быть устранены путём использования «закрытых» систем. В нашем случае «закрытость» системы обеспечивается вакуумированием стека в полиэтиленовых пакетах и использованием плотных прокладок сверху и снизу стека. Также на качество ламинирования влияет последовательность укладки листов. Вследствие сегрегации связующего по толщине листа необходимо исключить вероятность соединения двух сторон с низким его содержанием и следить, чтобы верх одного листа стекировался с нижней частью второго. Также эффективным приёмом является прогрев стека на промежуточном давлении. Иногда достаточно нескольких минут, чтобы система пришла в равновесное состояние. Обычно температура прессования для большинства органических систем варьируется в пределах $70-90^\circ\text{C}$, давление составляет от 35 до 70 МПа.

На следующем этапе происходит резка керамического стека (групповой заготовки) на отдельные изделия. Операция проводится на установке СМ-15А (см. рис. 4).

Групповая заготовка предварительно прогревается на дополнительном столике, после чего переносится на основной стол, фиксируется вакуумом и режется в автоматическом режиме по заданной программе. Нарезанные заготовки кладут на карбид-кремниевые лещадки (подовые плиты) и передают на операцию удаления связки.

Операция удаления связки осуществляется в печи Nabertherm N500 при



Рис. 4. Установка нарезки сырой керамики CM-15A

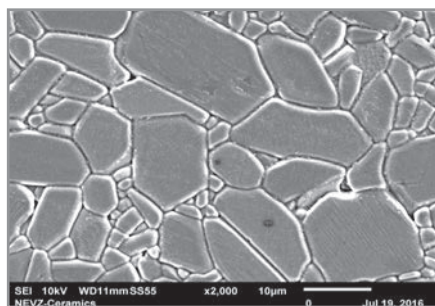


Рис. 5. Микроструктура поверхности подложки

температуре 550°C. Сущность процесса выжигания связки заключается в термической обработке полученных изделий для удаления остатков органического связующего. Данный процесс может быть организован как в печах непрерывного, так и периодического действия. При выжигании органики происходит её окисление до газообразных продуктов с последующим их удалением. Скорость нагрева при выжигании не должна быть высокой – порядка 0,5 °C/мин. Это необходимо для медлен-

ного, постепенного выгорания органики. В противном случае произойдёт разрушение изделия, либо в нём появятся разрушающие напряжения. С этой целью в состав растворителя входят два или три компонента, которые выгорают при разных температурах. Среда в печи должна быть окислительная, а максимальная температура не должна превышать 1200°C. В таблице 3 представлены характеристики подложек ВК-100, прошедших операцию удаления связующего.

Наиболее ответственной операцией процесса является высокотемпературное спекание подложек. В общем виде физическая сущность процесса спекания керамики состоит в том, что система, состоящая из предварительно уплотнённых мелкодисперсных частиц вещества, при высокой температуре обжига стремится приобрести энергетически более выгодное, равновесное состояние. Это состояние, в сравнении с исходным, характеризуется меньшей суммарной поверхностью и меньшей поверхностью раздела фаз. То есть движущей силой процесса спекания является уменьшение свободной энергии системы, проявляющееся в уменьшении поверхности раздела фаз.

Для корундовой керамики ВК-100 характерен процесс твердофазного спекания. В составе керамики группы ВК-100 содержание дополнительного оксида незначительно, поэтому количество второй фазы, возникающей в результате химического взаимодействия, невелико. Однако влияние её на спекание весьма заметно, так как, располагаясь тонким слоем на зёрнах основного оксида, она изменяет энергетические характеристики поверхности зерна.

Таблица 3. Характеристики ВК-100 после удаления связки

Показатели	Значение
Содержание основного вещества, %, не менее	95
Кажущаяся плотность, г/см ³ , не менее	3,5
Водопоглощение, %, не более	0,08

Таблица 4. Характеристики подложек, изготовленных методом плёночного литья

№	Физико-механические и электрические свойства	Значение
1	Кажущаяся плотность, г/см ³	3,96 ± 0,01
2	Предел прочности при статическом изгибе, МПа, не менее	500
3	Температурный коэффициент линейного расширения, × 10 ⁻⁷ , 1/°C в интервале температур 20...900°C	80 ± 5
4	Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ³ –10 ¹⁰ Гц и температуре 25 ± 10°C	9,6–9,8
5	Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 ³ –10 ¹⁰ Гц и температуре 25 ± 10°C, не более	0,0001
6	Удельное объёмное электрическое сопротивление, Ом × см, при температуре 150 ± 5°C, не менее	2 × 10 ¹⁴

Оксид магния образует на поверхности частиц оксида алюминия шпинель, которая тормозит рост кристаллов в стадии уплотнения. Быстрый рост кристаллов приводит к захвату кристаллами пор, последние же делают керамику непрозрачной: они рассеивают свет. При температурах выше 1600–1650°C в вакууме или водороде шпинель разлагается с улетучиванием оксида магния. С исчезновением шпинели начинается интенсивный рост кристаллов оксида алюминия.

Для обжига керамических подложек ВК-100, изготовленных из глинозёма Nabalox NM713-10, использовались вакуумные печи СНВЭ.

После обжига проводится межоперационный контроль качества обожжённых подложек. Контролируемыми параметрами являются плотность (гидростатическое взвешивание), пористость и макродефекты (фуксиновый контроль), прочность на изгиб, диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь.

Шлифование подложек производится на плоскошлифовальных станках алмазными кругами. При этом чистота поверхности керамических подложек из ВК-100 достигает 8 класса.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДЛОЖЕК ВК-100

Подложки, изготовленные методом плёночного литья, имеют характеристики, приведённые в таблице 4.

Исследование структуры подложек ВК-100 показывает, что керамика состоит из гексагональных кристаллов с чёткими границами. Материал однофазен и обладает плотностью, близкой к теоретической. Максимальный размер кристаллов – 25 мкм.

Внешний вид подложки из керамики ВК-100 представлен на рисунке 5.

В сочетании с хорошо отлаженными режимами по спеканию и механической обработке керамики метод плёночного литья хорошо зарекомендовал себя как способ получения стабильных по качеству подложек с высоким процентом выхода годных изделий.

В настоящее время на предприятии АО «НЭВЗ-КЕРАМИКС» освоено серийное производство керамики ВК-100, из которой изготавливаются керамические подложки различных габаритных размеров: от 10 × 10 до 120 × 120 мм и толщиной от 0,2 до 3,2 мм.





ADLINK
TECHNOLOGY INC.

Высокопроизводительное PXI/PXIe-оборудование ADLINK для тестирования и измерений



PXIe-
контроллеры

HDMI-модули
видеоахвата

Высокоскоростные
модули АЦП

Модули
сбора данных

Коммутаторы

PXI Express-шасси



PXI Express-платформа



NEW

PXES-2590+PXIe-3985

3U, полностью гибридное
9-слотовое шасси,
PXIe-контроллер
с процессором Intel Core i7

Высокоскоростной модуль АЦП

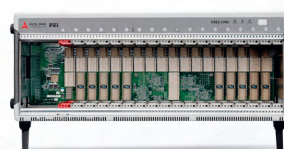


NEW

PXIe-9852

2 канала аналогового ввода,
частота опроса 200 МГц,
разрешение 14 бит,
встроенная память 1 Гбайт

18-слотовое 3U PXI Express-шасси



PXES-2780

10 гибридных
и 6 PXI Express-слотов,
системная пропускная
способность до 8 Гбайт/с

HDMI-модули видеоаудиозахвата



NEW

PXIe-HDV62A

Одноканальный модуль
видеоаудиозахвата
высокого разрешения



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADLINK

ProSOFT®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
АЛМА-АТА
ВОЛГОГРАД
ЕКАТЕРИНБУРГ
КАЗАНЬ
КРАСНОДАР
Н. НОВГОРОД
НОВОСИБИРСК
ОМСК
ПЕНЗА
САМАРА
УФА
ЧЕЛЯБИНСК

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (727) 220-7140/7141 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com
Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru
Тел.: (843) 203-6020 • Факс: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (831) 215-4084 • nnovgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (8412) 494-971 • Факс: (8412) 494-971 • penza@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Новости мира News of the World Новости мира

Новейшие контрольно-измерительные решения Keysight

Компания Keysight Technologies продемонстрировала комплексные контрольно-измерительные решения для технологий LTE-A, 5G, IoT и Connected Car (автомобиль с сетевыми возможностями) на выставке Mobile World Congress 2017, которая проходила в Барселоне с 27 февраля по 2 марта 2017 г. (зал 6, павильон 6G10).

Компания Keysight принимает активное участие в работе различных органов стандартизации радиосвязи и ведущих глобальных инициатив 5G. Кроме того, Keysight сотрудничает с ведущими компаниями и учебными заведениями, способствуя созданию систем радиосвязи нового поколения.

Посетители стенда компании Keysight смогли опробовать решения, которые помогут им воплотить идеи в области 5G в реальность.

Среди них уникальные решения для тестирования NB-IoT, которые помогут разработчикам ускорить внедрение сотовой технологии дальнего действия для Интернета вещей (IoT), предлагая первые в мире контрольно-

измерительные средства, способные подключаться к устройствам, совместимым со стандартом NB-IoT. Решения компании Keysight позволяют оптимизировать устройства IoT по наиболее важным параметрам, таким как потребляемая мощность, качество радиочастотных узлов и совместимость, и реализуют первые в мире сценарии проверки на соответствие стандарту NB-IoT GCF.

Решение компании Keysight для мониторинга магистральных радиоканалов (Fronthaul) 5G открывает перед операторами мобильной связи новые возможности, позволяя точнее оценивать качество услуги за счёт возможности измерять, диагностировать и оптимизировать работу магистральных радиоканалов. Это уникальное решение предлагает работающую в режиме реального времени панель управления магистральными радиоканалами 5G, которая обеспечивает постоянный мониторинг ВЧ-сигналов и беспроводных протоколов.

Типовое решение для формирования диаграммы направленности в реальном времени для широкополосных сигналов 5G

позволяет быстро и точно тестировать аналоговые, цифровые и гибридные системы формирования диаграммы направленности. Решение охватывает приёмные и передающие системы MIMO с технологиями формирования диаграммы направленности и алгоритмы для абонентских устройств и сетей радиодоступа.

Набор инструментов для виртуальных испытательных поездок (VDT) компании Keysight Anite представляет собой уникальное лабораторное решение, которое помогает предприятиям автомобильной промышленности эффективно проверять беспроводные соединения с подключённым к сети автомобилем (Connected Car). Набор инструментов Keysight VDT представляет собой автоматизированное, реалистичное и точное контрольно-измерительное решение для тестирования мобильных устройств и сетевого оборудования как в полевых, так и в лабораторных условиях. Набор инструментов воспроизводит условия испытательных поездок, используя для создания сценариев данные, записанные в реальных условиях, которые воспроизводятся в контролируемой лабораторной среде.

Решение для автономного тестирования в автоматическом режиме Nemo Cloud с пробником Nemo Autonomous представляет собой облачное решение для мониторинга в реальном времени, позволяющее операторам полностью автоматизировать проекты сетевых измерений.

Решение для геопространственной разведки Nemo Xunergy помогает контролировать рентабельность и эффективность за счёт применения сгенерированных в OSS данных трассировки вызова для автоматической оптимизации сети и за счёт применения специальных алгоритмов геолокации. Этот подход обеспечивает непревзойдённую глубину и качество анализа, позволяя сопоставлять данные из нескольких источников, что упрощает выявление проблем и их диагностику.

Новое решение 802.11ax компании Keysight способствует переходу беспроводных сетей к стандарту 802.11ax – от научных исследований до производства. Решение отличается небольшими размерами, повышенной прочностью и скоростью и поддерживает системы MIMO до 8 × 8. Клиентская часть программного обеспечения гарантирует высокую эффективность тестирования, позволяя инженерам быстро проверять новые устройства, и повышает эффективность производства, обеспечивая превосходные значения EVM.

www.keysight.com

ООО НПП «МЕТЕОР-КУРС»
kurs@meteor-kurs.ru
www.meteor-kurs.ru



КУРС
 +7 (8443) 34 22 48

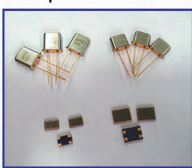
РАЗРАБОТЧИК КВАРЦЕВЫХ И ДРУГИХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

ООО НПП «Метеор-Курс» был основан в 1997 году в городе Волжском. Эффективно выполняется программа техперевооружения — переход на современную высокопроизводительную измерительную аппаратуру, внедрение качественно новых технологических процессов. Производственные мощности предприятия выросли от опытного производства до серийного.

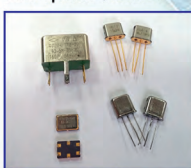
КВАРЦЕВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ



КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ



КВАРЦЕВЫЕ ФИЛЬТРЫ



ООО НПП «МЕТЕОР-КУРС» ОТЛИЧАЕТСЯ ГИБКОСТЬЮ РАБОТЫ С ЗАКАЗЧИКОМ:

- приемлемая ценовая политика;
- удобные сроки и объемы поставок;
- поставка изделий с параметрами, отличающимися от требований ТУ;
- при необходимости проведение разработки нового изделия.

РАБОТА БЕЗ ПРЕДОПЛАТЫ

ДОСТАВКА 20-45 ДНЕЙ

404130, Россия г. Волжский,
 Волгоградской обл.
 ул. Горького, 1



Под контролем
Министерства Обороны России

Новости мира News of the World Новости мира

Toshiba продаёт часть бизнеса, чтобы оплатить строительство АЭС

14 февраля огромный японский конгломерат Toshiba «сдулся» из-за волны плохих новостей. Компания потеряла своего председателя, заявила о прекращении строительства атомных электростанций, списала около \$6,2 млрд, предназначавшихся для этой цели, и отложила на месяц свой отчёт о доходах за четвёртый квартал.

Проблемы Toshiba не были секретом: несколько недель назад компания рассказывала о планах продать свои доли в бизнесе модулей памяти и твердотельных дисков, чтобы покрыть списанные активы. В июне прошлого года производитель продал 80% акций своего бизнеса бытовой техники Toshiba Lifestyle за \$450 млн. До продажи Toshiba планировала разработку серии интеллектуальных приборов, которые могли бы подключаться к её телевизорам и ПК.

14 февраля вместо ожидаемых окончательных финансовых результатов Toshiba опубликовала предварительные цифры,

демонстрирующие отрицательный собственный капитал, а в японских СМИ были приведены предположения аналитиков о том, что результаты были отложены из-за отказа аудиторов подписывать счета. Списанные активы могут «подкосить» Toshiba, но, даже если этого не произойдёт, компания может быть вынуждена продавать дополнительные активы, возможно, даже свой бизнес ПК и ноутбуков.

Это уже проторённый путь для японских производителей ПК и, по имеющимся сообщениям, он был давно предсказан Toshiba. Sharp вышла из бизнеса в 2010 г., чтобы сосредоточиться на планшетах, а Sony продала свой бизнес ПК Vaio инвестиционной компании в 2014 г. Это подразделение теперь функционирует как отдельная организация под названием Vaio. NEC поместила свой бизнес ПК в совместное предприятие с Lenovo, а затем продала ей большую часть своей доли в июле 2016 г. В октябре прошлого года Fujitsu заявила, что обсуждает «стратегическое сотрудничество» с Lenovo в производстве ПК.

Что касается Toshiba, в декабре 2015 г. The Wall Street Journal написал, что компания хотела распределить среди акционеров свой бизнес ПК и приблизилась к другим производителям, в т.ч. Vaio и Fujitsu. Эти переговоры, видимо, ничего не дали, а в марте 2016 г. Toshiba объявила о своём намерении прекратить производство потребительских ноутбуков и сосредоточиться на корпоративных устройствах.

Даже если Toshiba продаст оставшийся бизнес корпоративных ПК, она всё ещё имеет долю во многих сферах. Компания производит планшеты, телевизоры, проигрыватели Blu-Ray, жёсткие диски и датчики изображения. И это только то, что касается ИТ-деятельности. Также Toshiba участвует в производстве электроэнергии, промышленных систем управления и в том, что она сама называет водородной экономией — долгосрочная заявка с целью превратить водородные топливные элементы в простой и экономный источник электроэнергии для отдельно стоящих домов и островных общин.

www.astera.ru

Honeywell

TDK

SICK

VISHAY®

BOURNS®
Reliable Electronic Solutions

MITSUBISHI
ELECTRIC

TE
TECHNOLOGY

muRata
INNOVATOR IN ELECTRONICS

Panasonic

JAMICON®

MASTECH®

UNIT®

SOLOMON

ПАЯЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ для ручной и автоматической пайки



ИЗАГРИ
паяльные материалы



- Припой
- Флюсы
- Паяльные пасты
- Отмывочные жидкости

УЖЕ НА СКЛАДЕ!

Качество контролируется заводской лабораторией, оснащенной самым современным оборудованием. Строгое соответствие требованиям ГОСТ, ОСТ и международным стандартам IEC - МЭК, IPC, JEDEC, ASTM, DIN и др.

ПЛАТАН
www.platan.ru

Офисы в Москве: м. Молодежная, ул. Ивана Франко, 40, стр. 2, (495) 97 000 99, info@platan.ru;
м. Электрозаводская, ул. Б. Семеновская, 40, стр. 26, БЦ Агат, (495) 744 70 70, platan@platan.ru
Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44, (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

Реклама



Российские разъёмы в фарватере импортозамещения ЭКБ

Виталий Явельский, Кристина Дунаева (г. Карачев, Брянская обл.)

В статье пойдёт речь о вкладе отечественного предприятия, производящего широкую номенклатуру соединителей, в программу импортозамещения. Обозначен ряд новых работ, которые были завершены в 2016 г.

Более 10 лет АО «Карачевский завод «Электродеталь» ведёт разработку соединителей в рамках программы импортозамещения. Ассортиментный ряд сегодня включает уже более 35 000 изделий, не уступающим импортным аналогам.

Специалистами предприятия была проведена колоссальная работа в первую очередь с потребителями – ведущими предприятиями оборонно-промышленного комплекса.

На протяжении последних двух лет разработаны и запущены в серийное производство разъёмы, заменяющие продукцию украинских производителей, это соединители СКП410 (аналог РГ, РШ), СКП409 (ОКП-ВС-68), СНП404 (СНО48), СНП405 (ОНП-ВС-39, ОНП-ВС-35), СНП406 (ОНП-ВС-53, ОНП-ВС-54), СНП407 (6Р), СНП408 (7Р).

Настоящим прорывом для компании стало освоение в серийном производстве высокоскоростного модульного разъёма **СП388** стандарта VITA46/48. Этот разъём характеризуется высокой плотностью контактов (до 933 в зависимости от исполнения), имеет модульную конструкцию (3U и 6U), предусмотрен метод крепления «пресс-фит». Скорость передачи данных до 10 Гбит/с.

Эти соединители имеют возможность «горячей замены» – оперативно заменить/добавить необходимые вычислительные модули и, таким образом, увеличить производительность всей системы.

Стандарт VITA 46/48 – перспективный модульный стандарт высокопроизводительных систем, разработанный с учётом высоких требований следующего поколения военных и аэрокосмических разработок. Данный стандарт предоставляет рекомендации по проектированию печатных плат, соединителей и линий связи.

В составе соединителя СП388 имеется 4 вида модульных вставок:

- «Питание»;
- 2 дифференциальных;
- «Несимметричная».

Дифференциальные вставки предназначены для соединения между собой дифференциальных линий, сопротивление которых 100 Ом. Все дифференциальные линии связи экранированы друг от друга, это обеспечивает электромагнитную развязку между линиями и снижение потерь сигналов.

Вставка «Питание» предназначена для соединения линий питания.

Вставка «Несимметричная» имеет двойное назначение. Во-первых, это соединение отдельных сигнальных линий. Во-вторых, возможно соединение дифференциальных линий, сопротивление которых 50 Ом.

Применение данного разъёма позволяет увеличить скорость обмена данными между блоками вычислительной системы в 4–10 раз.

Кроме того, в рамках проводимых опытно-конструкторских работ разработана технология изготовления проволочных «кнопочных» контактов и их монтажа в изолятор. Пружинный контакт изготавливают цилиндрической формы разного диаметра – начиная от 0,5 мм из произвольно скрученной тонкой проволоки (диаметром 0,05 мм), покрытой золотом. Использование данной технологии позволяет обеспечивать большое количество точек контактирования, высокую проводимость, устойчивость к вибрации и ударам, работу на высоких частотах.

Новые ОКР

Разработчики Карачевского производителя взялись за новые ОКР и планируют в течение двух лет увеличить номенклатуру ещё на 30 000 изделий.

ОКР «Деталь-И46»

Группа 1 – миниатюрные высоконадёжные соединители типа плата-кабель для жёстких условий эксплуатации. Фиксация ответных частей на защёлках или винтах для обеспечения высоких требований по вибрации и ударным воздействиям.

Группа 2 – однорядные и двухрядные межплатные соединители с цанговыми контактами.

Группа 3 – комбинированные межплатные соединители модульного типа для применения в системах CompactPCI и VPX. Эти разъёмы предназначены для подключения источников вторичного электропитания (модулей питания).

Группа 4 – миниатюрные силовые соединители на ток до 8,5 А с изолированными контактами для подключения типа плата-кабель. Запроектирована фиксация ответных частей на защёлке.

Группа 5 – IDC-соединители под ленточный кабель с шагом контактов 1,27 мм. Фиксация ответных частей предусмотрена на защёлках.

ОКР «Деталь-И47»

Группа 1 – соединители ввода-вывода для интерфейса RJ-45 в экранирующем металлическом корпусе для защиты от электромагнитных помех.

Группа 2 – внутриблочные межплатные высоконадёжные соединители по стандарту MIL-55302 с шагом контактов 1,9 мм. Разрабатываемые 4-рядные на 250 контактов и 6-ти рядные на 402 контакта разъёмы предназначены для подключения плат расширения к кросс-плате.

Группа 3 – соединители ввода-вывода для интерфейса USB 2.0 тип А и тип В в экранирующем металлическом корпусе для защиты от электромагнитных помех.

Группа 4 – высоконадёжные межплатные соединители с шагом контактов 1,27 мм для подключения мезонинных плат.

Группа 5 – миниатюрные низкопрофильные межплатные соединители с шагом контактов 1 мм.

ОКР «Деталь-И37»

Соединители данной разработки предназначены для применения в системах модульного типа по спецификациям CompactPCI и VME. Они представляют собой набор стандартных прямоугольных модулей с шагом контактов 2 мм и предназначены для подключения плат расширения к кросс-плате в форм-факторах 3U и 6U.

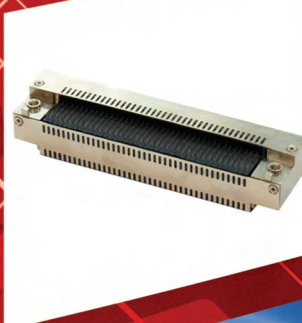
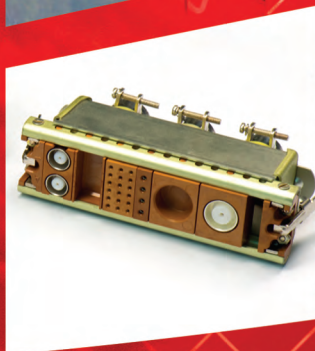
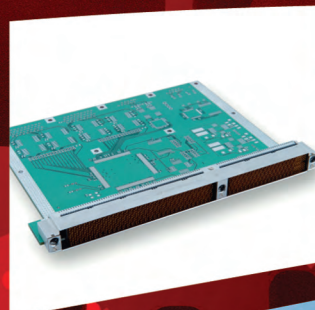
В настоящее время определены 11 групп опытно-конструкторских работ и приведены их основные технические характеристики.





АО «Карачевский завод «Электродеталь»

разрабатывает и производит большой ассортиментный ряд полных и функциональных аналогов импортных изделий, в том числе украинских производителей, с категорией качества "ВП" и приемкой ОТК. Внедрение новых технологий на производстве, современный подход к проектированию оснастки, использование специализированных материалов, изготовление высокоточных деталей, позволяют работать предприятию как с крупными многомиллионными партиями изделий, так и уникальным, мелкосерийным производством.



Реклама

242500, Россия,
Брянская область,
г. Карачев, ул. Горького, 1

☎ 8 (48335) 2-61-75
e-mail indox@elektrodetal.com
www.elektrodetal.com



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАРАЧЕВСКИЙ ЗАВОД «ЭЛЕКТРОДЕТАЛЬ»

ЭЛЕКТРОДЕТАЛЬ

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

Современные технологии коммутации

Денис Яковлев (Москва)

В 2017 г. компания Gigavac празднует свой юбилей. На протяжении 15 лет под этим брендом выпускаются передовые коммутационные изделия, и их ассортимент ежегодно пополняется новинками для различных секторов промышленности. Цель данной статьи – ознакомить читателей с продукцией компании Gigavac.

Если обратиться к истории, то первые изделия Gigavac были разработаны для применения в радиочастотных изделиях, где требовались реле как можно меньшего размера, имеющие малые радиочастотные потери, обладающие превосходными диэлектрическими свойствами при высоких напряжениях и способные работать в жёстких климатических условиях (см. рис. 1). Впоследствии реле Gigavac нашли широкое применение и в контрольно-измерительной аппаратуре, в высоковольтных источниках питания, в оборудовании для проведения магнитно-резонансных исследований, а также в различных коммерческих изделиях.

Получив мировое признание, в 2007 г. компания Gigavac приступает к выпуску первых герметичных контакторов серии GX (см. рис. 2). Сегодня им отдают предпочтение при разработке систем управления мощностями, резервного питания и освещения на железных дорогах, в автоматизации нефтяной отрасли. Их используют при проектировании и реализации различных транспортных средств, горнодобывающего оборудования, в солнечных, ветряных и водяных энергосистемах и прочей альтернативной энергетике, а также в различных зарядных устройствах, в изделиях во взрывозащищённом исполнении и другом сложном

оборудовании, т.е. везде, где необходима длительная безотказная работа (см. рис. 3).

СЕРИИ КОНТАКТОРОВ

Представленная далее информация о сериях контакторов Gigavac будет полезна разработчикам и конструкторам, использующим в своих разработках средства коммутации значительных токов.

Серия GX

GX – герметичные компактные контакторы постоянного и переменного тока, способные коммутировать токи до 1000 А при напряжении 12–800 В. Они могут монтироваться в любом положении, могут быть использованы практически в любых неблагоприятных условиях, включая работу при температурах $-55...+85^{\circ}\text{C}$. Контактторы имеют малые габариты и степень защиты от внешних воздействий IP67, что гарантирует работу в течение 30 минут под водой. Применяемые одинарные или двойные катушки управления не создают радиопомех (электромагнитную интерференцию) в схемах управления. Силовые контакты выполнены из нержавеющей стали, что даёт гарантию отсутствия коррозии на долгие годы. В серии GX имеются поляризованные контакторы GXL14, работающие без постоянного питания катушки, что позволяет уменьшить тепловыделение. В таких приборах контакты удерживаются в замкнутом состоянии с помощью постоянного магнита, и для переключения необходима лишь подача кратковременного импульса.

Серия MX

MX – герметичные контакторы постоянного и переменного тока, соответствующие стандарту MIL-R-6106. Они предназначены для применения в военной технике, оборудовании с большими пусковыми импульсами и для работы в тяжёлых условиях. Герметичный корпус обеспечивает защиту катушки, контактов и электроники от внешних неблагоприятных факторов. Металлокерамическая конструкция обеспечивает работу при экстремальных температурах до $+200^{\circ}\text{C}$. Использование серебряных контактов гаранти-

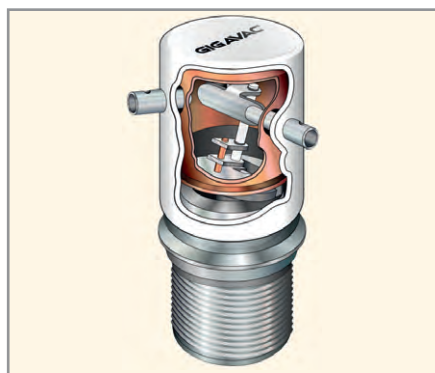


Рис. 1. Компактное реле Gigavac



Рис. 2. Герметичный контактор серии GX



Рис. 3. Сферы применения герметичных контакторов серии GX

GIGAVAC®

ADVANCED SWITCHING SOLUTIONS



Реклама



АППАРАТУРА
СИСТЕМ СВЯЗИ

Официальным представителем и дистрибьютором продукции Gigavac в России и СНГ является фирма ЗАО "ACC"

☎ +7 (495) 925-50-12
✉ info@escltd.ru



escltd.ru
gigavac.com
гигавак.рф



Рис. 4. Герметичные высоковольтные контакторы постоянного тока серии НХ



Рис. 5. Ручной поворотный переключатель серии НВД



Рис. 6. Контактёр PCB Mount

рует продолжительный срок службы и устойчивость к залипанию контактов даже при больших бросках тока. Использование двойной катушки управления позволяет снизить энергопотребление без использования схем ШИМ, являющихся источником электромагнитных помех.

Серия НХ

Серия НХ – герметичные высоковольтные контакторы постоянного тока, предназначенные для «горяче-

го» переключения при напряжении до 1500 В (см. рис. 4). Они имеют степени защиты от внешних воздействий IP67 и IP69, что позволяет использовать их в любых тяжёлых погодных условиях, под водой и на солнце в пустыне. Конструкция катушки обеспечивает малое потребление энергии и отсутствие электромагнитного излучения. Также, как и в серии МХ, здесь имеются внутренние элементы гашения обратной ЭДС, не требующие применения внешних диодов.

Серия наиболее эффективна для использования в преобразователях напряжения, мощных солнечных и ветряных энергетических системах, высоковольтных аккумуляторных системах, электромотоциклах и электрокарах.

В 2016 г. номенклатура серии НХ пополнилась контактором НХ460, способным коммутировать напряжение до 1500 В и токи до 1500 А. Его габариты не превышают 16 см, а вес составляет всего 4,2 кг.

Серия НВД/ВД

Ручные поворотные переключатели НВД (см. рис. 5) и ВД позволяют коммутировать токи до 500 А при уровне защиты от внешних воздействий IP67. Соответствие требованиям стандарта IEC529 делает их оптимальным выбором для решения задач по отключению аккумуляторных батарей, например, в автомобилях, во время ремонта и обслуживания. Поскольку переключатели могут работать практически в любой среде, их можно размещать в непосредственной близости от аккумуляторов. Это помогает уменьшить длину кабеля, необходимого для размещения традиционных переключателей внутри салона автомобиля. Переключатель серии ВД коммутирует токи до 500 А при напряжении 32 В. Он защищён от пыли и может погружаться в воду на глубину до 1 м. При этом падение напряжения на замкнутых контактах переключателя не превышает 150 мВ, что гарантирует его эффективное использование.

PCB Mount

В 2016 г. Gigavac вывела на рынок контакторы PCB Mount (см. рис. 6). Они сконструированы для монтажа на плату, но к поставке возможны и другие варианты исполнения. Визуально и функционально они напоминают контакторы серии GX, но имеют меньшую стоимость за счёт незначительного упрощения процесса сборки и отсут-

ствия технологии EPIC. Эти устройства способны коммутировать ток 30–400 А при напряжениях 12–1200 В с сопутствующим пополнением линейки предзарядных контакторов на токи до 30 А при напряжении до 1200 В.

Вес устройств составляет 0,09–0,38 кг.

MiniTACTOR

Мини-контакторы MiniTACTOR – компактные и лёгкие, обладают оптимальным соотношением цена/качество. Их можно быстро установить в любом положении. Безопасное и чёткое переключение мощности достигается при напряжениях до 1500 В постоянного тока до 50 А.

Эти устройства можно применять в цепях предзаряда, заряда, солнечной энергетике, лифтовых механизмах, системах вентиляции и кондиционирования и др. Основные технические характеристики и габариты некоторых контакторов производства Gigavac приведены на рисунке 7.

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

В настоящее время сфера применения высоковольтных реле и вакуумных контакторов достаточно широка и имеет устойчивую тенденцию к росту, но главная идея всех производителей такой продукции – наибольшая мощность коммутации при наименьшем размере. В первую очередь, это различные радиочастотные изделия, приложения с большими бросками напряжения (до 70 кВ), где реле используют для коммутации ёмкостных и индуктивных нагрузок, измерительное оборудование (измерители напряжения пробоя и сопротивления изоляции), промышленные коммутаторы постоянного тока (изделия во взрывозащищённом исполнении) и многое другое. Именно в этом, как никто другой, преуспела компания Gigavac, и из этого можно сделать вывод, что её продукция всегда будет востребована во многих отраслях промышленности. Особенно сильно компании является доступность технических и маркетинговых специалистов в любой точке мира, в т.ч. и в России. Широкая линейка продукции, высокое качество, возможность поддержания технологического запаса как на складе изготовителя, так и на региональном складе в РФ обеспечивают бесперебойные и быстрые поставки при более чем конкурентоспособных ценах в сравнении с аналогичным товаром других производителей.

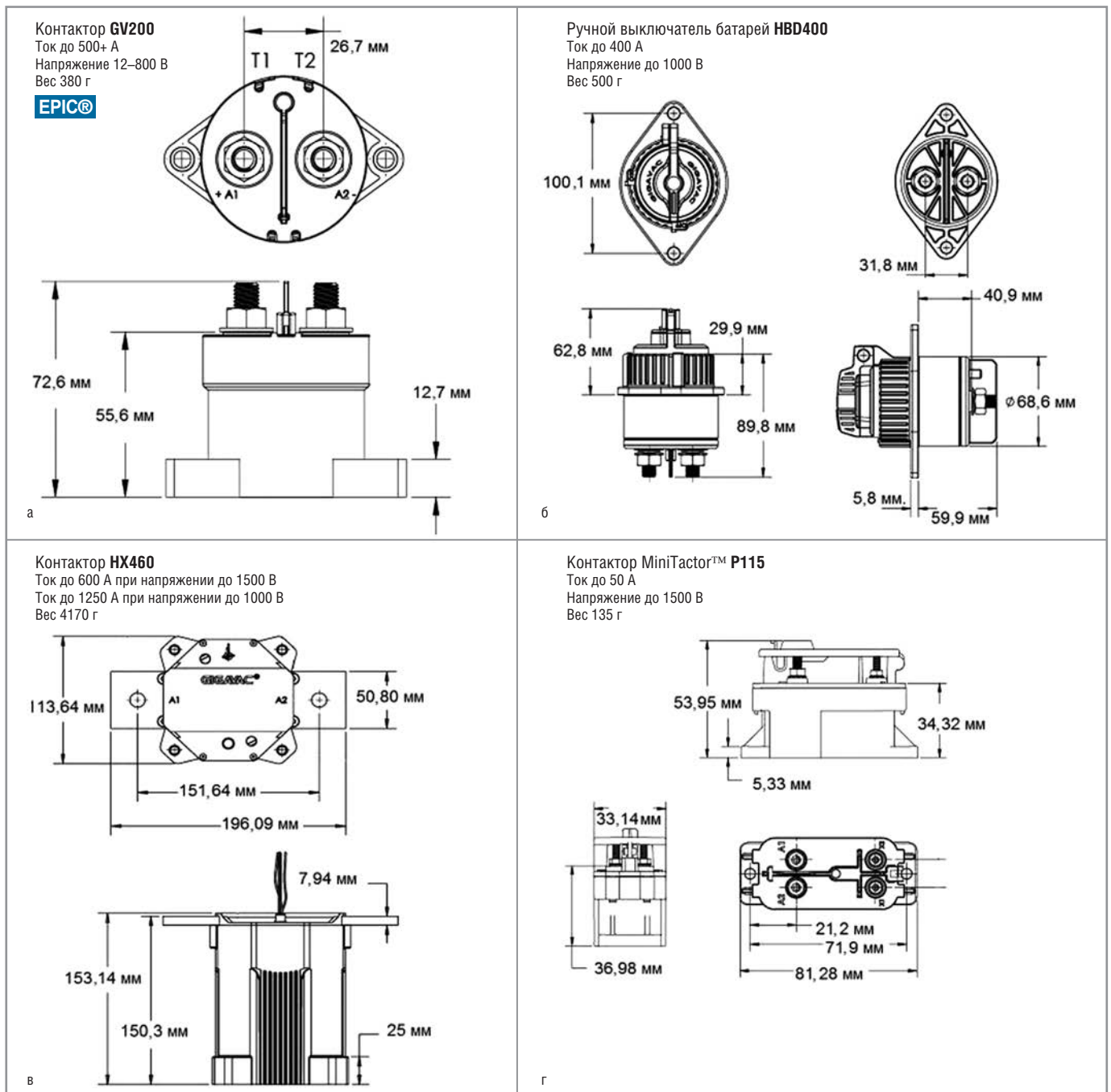


Рис. 7. Основные технические характеристики и габариты изделий Gigavac: а – контактор GV200; б – ручной выключатель батарей HBD400; в – контактор HX460; г – контактор MiniTACTOR P115

Краткий перечень продукции Gigavac

В перечень производимой продукции Gigavac входят:

- SPST – вакуумные реле однополюсные на одно направление;
- SPDT – вакуумные реле однополюсные на два направления;
- DPDT – вакуумные реле двухполюсные на два направления;
- Latching Mono-Stable – поляризованные реле;
- Industrial Contactors – контакторы коммерческого применения;
- High Voltage Contactors – высоковольтные контакторы;

- MIL & Heavy Duty Contactors – контакторы для тяжёлых условий эксплуатации;
- PCB Mount – контакторы для монтажа на плату;
- MiniTACTOR – мини-контакторы для предзаряда;
- Manual Disconnect Switches – ручные выключатели.

Заключение

В России 2017 г. объявлен годом экологии. Контакторы Gigavac идеально подходят для коммутации значительных токов (до 1500 А) постоянного и переменного напряжения.

Тем самым они призваны помочь российским учёным, трудящимся в сфере разработок альтернативной энергетики и гибридного или электромобилестроения, создавать выдающиеся продукты с превосходными техническими характеристиками и уверенным выполнением коммутационных задач. Множество зарубежных компаний, отвечающих за разработку и производство устройств и использующих аккумуляторы большой ёмкости в своих изделиях, оставили выбор средства коммутации на контакторах производства компании Gigavac.



Путеводитель по современным АЦП компании Analog Devices

Часть 2

Юрий Петропавловский (г. Таганрог)

Во второй части статьи рассмотрены особенности и основные технические характеристики прецизионных преобразователей данных компании Analog Devices, разработанных после 2007 г.

Прецизионные АЦП

В группе прецизионных АЦП компания выделяет несколько функциональных подгрупп микросхем с различными топологиями и структурными построениями:

- комбинации АЦП и ЦАП (9 типов);
- изолированные АЦП (10 типов);
- многоканальные АЦП (157 типов);
- одноканальные АЦП (156 типов);
- АЦП с одновременной выборкой (43 типа).

Рассмотрим каждую из них подробнее.

Комбинации АЦП и ЦАП

В данную подгруппу входят различные интегрированные компоненты, сочетающие АЦП и ЦАП, температурные датчики, порты ввода-вывода и средства измерения тока в самых различных конфигурациях. Такие микросхемы позволяют сэкономить площадь под размещение схем по сравнению с дискретными решениями, упростить работу систем и обе-

спечить необходимое конфигурирование.

Микросхемы этой подгруппы хорошо подходят для задач контроля различных периферийных блоков систем, например, источников питания и систем контроля напряжения и тока. Продукты могут найти применение в системах домашней автоматизации, промышленных системах, базовых станциях сотовых систем связи и во многих других приложениях.

Одними из последних продуктов этой подгруппы являются микросхемы AD5592R и AD5593R (спецификации Rev. A, 2014 г.). Микросхемы представляют собой оригинальную 8-канальную комбинацию из 12-разрядных АЦП, 12-разрядных ЦАП и портов общего назначения (GPIO). Применение микросхемы даёт разработчикам сложных систем свободу при проектировании систем управления и мониторинга. Структура микросхемы AD5593R приведена на рисунке 14, микросхема AD5592R отличается от

неё только интерфейсом управления – SPI вместо I²C. Любой из восьми функциональных выводов микросхемы может быть сконфигурирован по назначению как аналоговый выход, аналоговый вход или шина GPIO, что даёт возможность сократить стоимость сложных систем и расширить возможность повторного использования проектов с незначительными изменениями ПО. Исполнения микросхем в сверхминиатюрных корпусах (LFCSP – 3 × 3 × 0,75 мм, WLCSP – 2 × 2 × 0,6 мм) отлично подходят для систем с плотной компоновкой и жёсткими ограничениями габаритов. Например, в системах проводной и беспроводной связи, домовых системах и других системах управления и мониторинга, где основными требованиями являются малые размеры и свобода проектирования [1].

Изолированные АЦП

Микросхемы этой подгруппы применяются для решения задач мониторинга тока и напряжения, реализации обратной связи с помощью оптических энкодеров, преобразования сигналов синус-косинусных вращающихся трансформаторов (СКВТ) в цифровой код и для ряда других задач гальванической развязки различных устройств.

В 2015 г. компания представила 16-разрядный изолированный сигма-дельта-модулятор второго порядка AD7402, обеспечивающий преобразование аналогового входного сигнала в высокоскоростной одноразрядный поток данных (см. рис. 15). В чипе интегрирована схема цифровой гальванической изоляции на основе запатентованной технологии iCoupler. Входные сигналы амплитудой до ±320 мВ подаются на дифференциальные входы, что способствует применениям в схемах контроля уровня напряжения при помощи шунтов в высоковольтных цепях, где требуется гальваническая развязка.

Потенциально достижимое отношение сигнал/шум прибора может

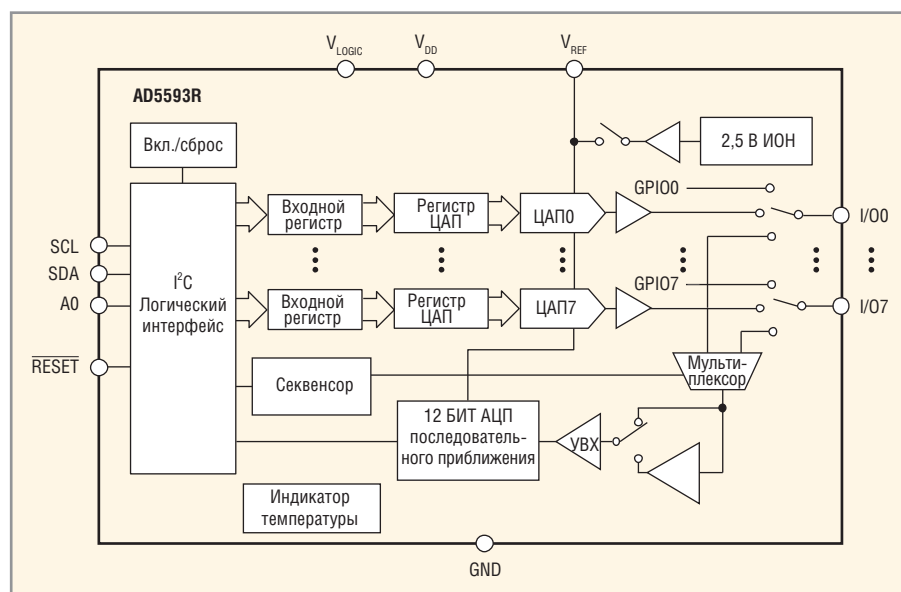


Рис. 14. Структура микросхемы AD5593R

достигать 87 дБ при скорости преобразования данных 39 тыс. выборок/с, последовательный интерфейс ввода/вывода поддерживает работу при напряжении питания 5 В или 3 В. Микросхема удовлетворяет требованиям ряда промышленных стандартов безопасности (UL1577, DIN V VDE V 0884-10). Основные области применения: управление двигателями переменного тока, инверторы для солнечных панелей и ветрогенераторов, системы сбора данных и измерения тока при помощи шунтирующих резисторов [2].

Многоканальные АЦП

В данной подгруппе представлены мультиплексированные АЦП с числом каналов от 2 до 16, разрядностью от 8 до 32 и быстродействием от 4 тыс. до 50 млн выборок/с. В 2015 г. в каталог компании были включены микросхемы AD7172-4, AD7091R-5, AD7177-2 и AD7124-8.

Экономичный 4/8-канальный 24-разрядный сигма-дельта-АЦП AD7172-4 (см. рис. 16) предназначен для медицинских и научных многоканальных измерительных приборов, хроматографов, систем измерения температуры и давления, систем управления технологическими процессами (модули ПЛК/PCY). Максимальная скорость сканирования каналов микросхемы составляет 6210 выборок/с (период

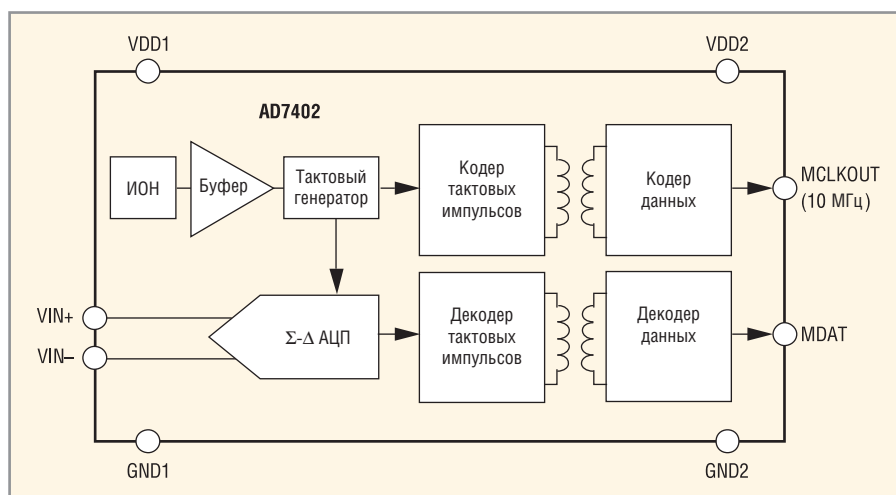


Рис. 15. Структура микросхемы AD7402

161 мкс), а частота обновления выходных данных – от 1,25 до 31 250 выборок/с. Микросхемы отличаются высоким подавлением помех (85 дБ) на частотах 50–60 Гц и возможностью конфигурирования каналов (четыре дифференциальных или восемь несимметричных).

Четырёхканальный 12-разрядный АЦП AD7091R-5 продолжает линейку AD7091R-2/4/8 (спецификации Rev. B, 2013 г.). Все чипы линейки построены по однотипным схемам (см. рис. 17), отличаются только числом каналов и интерфейсами управления. В других микросхемах линейки применён интерфейс, совместимый с SPI, QSPI, Microwire и интерфейсами цифровых

сигнальных процессоров. Все ИС отличаются чрезвычайно низким энергопотреблением:

- AD7091R-2/4/8 – 1,4 мВт на скорости 1 Мвыборки/с при напряжении питания 3 В;
- AD7091R-5 – 90 мкВт при тактовой частоте 400 кГц и напряжении питания 3 В.

Микросхемы линейки предназначены для применения в приложениях с батарейным питанием, в том числе в медицинских измерительных приборах, устройствах мобильной связи, системах сбора данных, оптических датчиках, КПК и других приложениях.

32-разрядный 2/4-канальный сигма-дельта-АЦП AD7177-2 с быстродей-

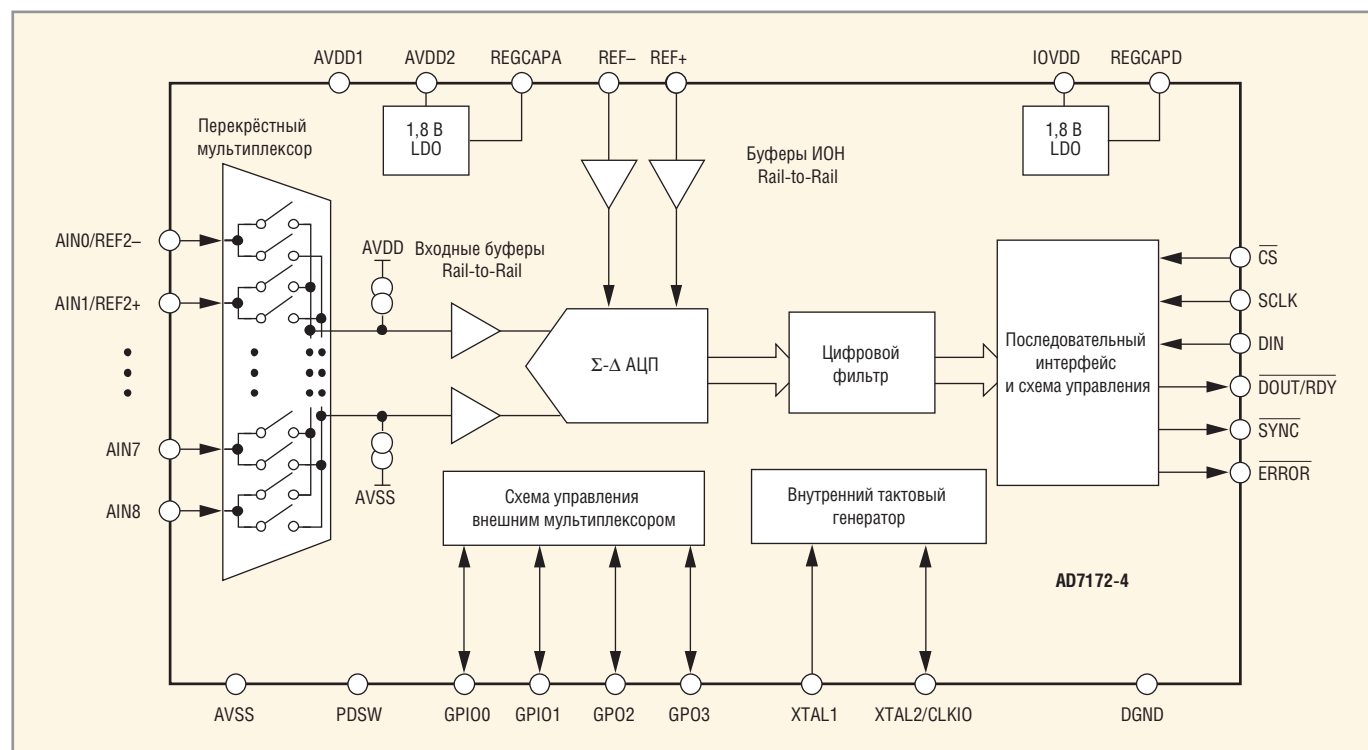


Рис. 16. Структура микросхемы AD7172-4

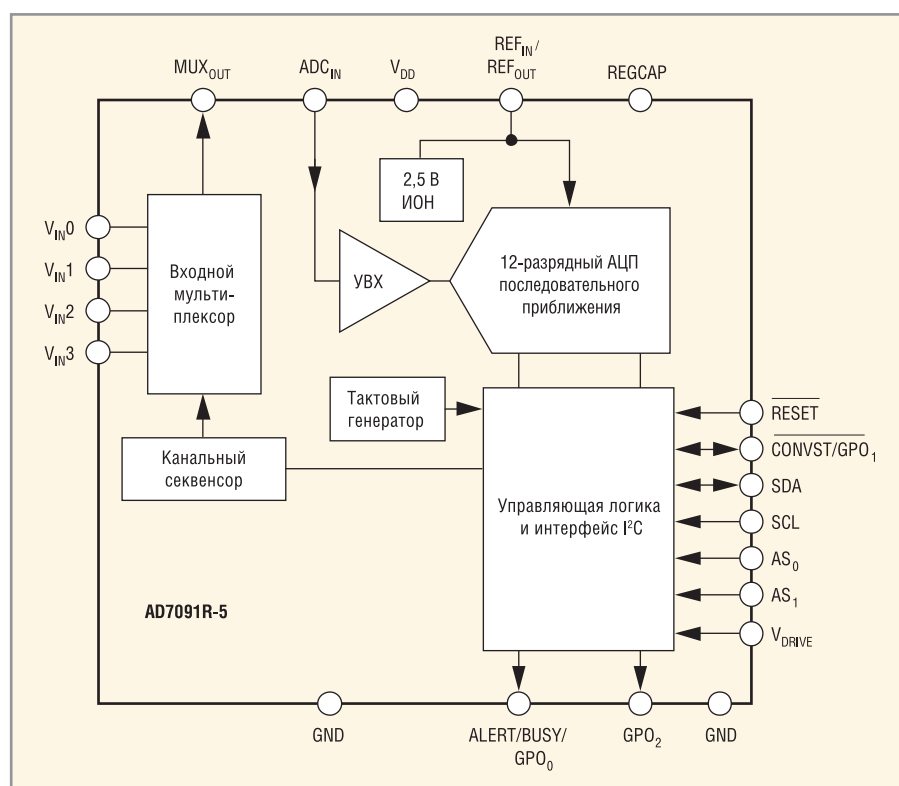


Рис. 17. Структура микросхемы AD7091R-5

ствием 10 тыс. выборок/с и аналоговым буфером класса Rail-to-Rail (см. рис. 18) отличается низким уровнем шумов и малым временем установления для узкополосных сигналов. В микросхему интегрированы ключевые блоки аналогового и цифрового преобразования, которые можно конфигурировать индивидуально для каждого используемого аналогового входного канала (два дифференциальных или четыре несимметричных входа).

На чипе также присутствуют входной аналоговый интерфейс класса Rail-to-Rail, источник опорного напряжения 2,5 В с малым дрейфом (2 ppm/°C) и выходной буфер опорного напряжения [3].

Одноканальные АЦП

В данную подгруппу входят одноканальные прецизионные АЦП с числом разрядов от 8 до 24 и пропускной способностью от тысяч до

10 млн выборок/с. Микросхемы подгруппы являются одними из лучших в отрасли по параметрам линейности и динамического диапазона.

Представленные компанией в 2015 г. 16-разрядные АЦП последовательного приближения AD7915 (500 тыс. выборок/с) и AD7916 (1 млн выборок/с) серии PulSAR отличаются малым энергопотреблением (2–7 мВт) и малым уровнем искажений (THD = –118,5 дБ на частоте 1 кГц). В микросхемы, помимо АЦП, интегрированы устройство выборки-хранения и совместимый с SPI выходной интерфейс, позволяющий объединять несколько АЦП в цепочку с последовательным опросом на одной шине, используя вход SDI. Микросхемы совместимы с логикой, имеющей напряжения питания 1,8/2,5/3/5 В. Возможные области применения ИС: системы регистрации сейсмических данных, медицинские измерительные приборы, системы сбора данных, аппаратура с батарейным питанием [4].

АЦП с одновременной выборкой

Преобразователи данного типа содержат от двух до восьми дискретных АЦП в одном корпусе с общим количеством каналов от 2 до 12 и частотой дискретизации от тысячи до 5 млн выборок/с. АЦП с одновременной выборкой позволяет выполнять преобразование нескольких сигналов одновременно, сохраняя при этом информацию о фазе. Микросхе-

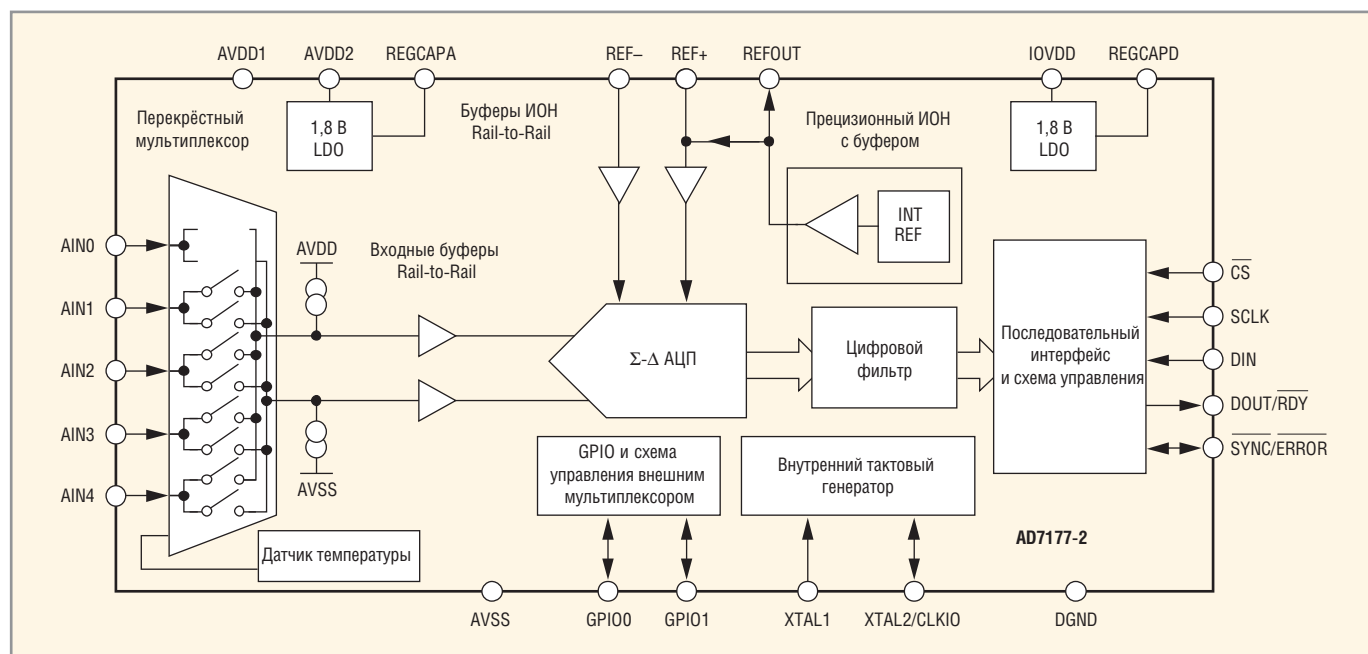


Рис. 18. Структура микросхемы AD7177-2

мы подгруппы способны работать с несимметричными, дифференциальными и псевдодифференциальными сигналами.

В 2014 г. компания включила в каталоги двухканальные 16-разрядные АЦП данной подгруппы AD7902 и AD7903 с быстродействием 1 млн выборок/с и потребляемой мощностью 12 мВт. В чип интегрированы два АЦП последовательного приближения с дифференциальными (AD7903) и псевдодифференциальными (AD7902) входами, работающими с одним напряжением питания 2,5 В. Совместимый с SPI интерфейс поддерживает объединение нескольких АЦП в цепочку с последовательным опросом на одной трёхпроводной шине при помощи входов SDI. Пример включения AD7903 совместно с операционными усилителями ADA4941-1 приведён на рисунке 19 [5].

Классификационные параметры самых современных АЦП компании, разработанных в 2014–2015 гг., приведены в таблице. Микросхемы группы интегрированных и специальных АЦП, а также преобразователи данных категорий Audio/Video и ASIC требуют отдельного рассмотрения.

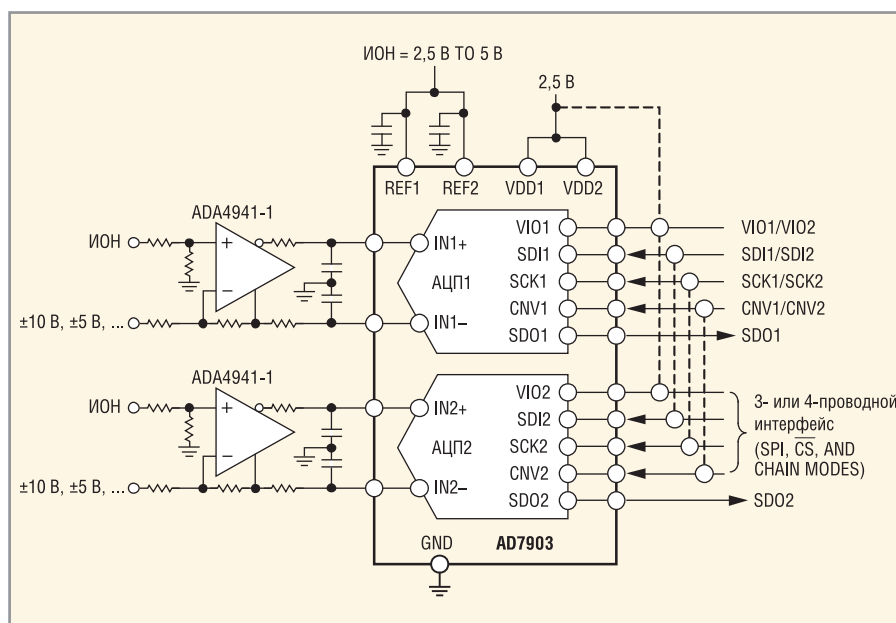


Рис. 19. Структура микросхемы AD7903

ЛИТЕРАТУРА

1. www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/ad-da-converter-combinations.html.
2. www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/isolated-ad-converters.html.
3. www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/multi-channel-ad-conver.html.
4. www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/single-channel-ad-converters.html.
5. www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/simultaneous-sampling-ad-conver.html.



Классификационные параметры самых современных АЦП компании ADI

Спецификация	Тип ИС	Разрядность × число каналов	Архитектура	Быстродействие, выборок/с	Мощность, мВт	Сигнал/шум	SFDR	SINAD	DNL, LSB	INL, LSB или ppm/FSR	U _{пит} , В	T, °C	Цена, USD
Rev. 0 2015	AD7091R-5	12 × 4	сигма-дельта	31,25 к	11	68 дБ	–81 дБ	67 дБ	± 0,3	± 0,8	1,8–5,25	–40...+125	7,85
Rev. B 2015	AD7124-8	24 × 8	сигма-дельта	19,2 к	–	–	–	–	–	± 1	2,7–3,6	–40...+105	5,84
Rev. 0 2015	AD7172-4	24 × 1	сигма-дельта	31,25 к	–	–	–	–	–	± 2	2,7–3,6	–40...+105	7,85
Rev. 0 2015	AD7177-2	32 × 1	сигма-дельта	10 к	52	–	–	–	–	–	2,5–5	–40...+105	22,2
Rev. A 2015	AD7402	16 × 1	сигма-дельта	10 М	209	87 дБ	–84 дБ	82 дБ	не более ± 0,99	± 1	3–5,5	–40...+105	3,05
Rev. 0 2015	AD7915	16 × 1	SAR	1 М	7	94 дБ	–118 дБ	93,5 дБ	± 0,4	± 0,5	2,3–2,6	–40...+125	12,5
Rev. 0 2015	AD7916	16 × 1	SAR	500 к	3,7	94 дБ	–118 дБ	93,5 дБ	± 0,4	± 0,5	2,3–2,6	–40...+125	8,1
Rev. 0 2015	AD9655	16 × 2	конвейерный	125 М	300	77,9 дБFS	91 дБн	77,5 дБFS	± 0,7	± 4	1,7–1,9	–40...+85	143,48
Rev. 0 2015	AD9690	14 × 1	конвейерный	500/1000 М	1500	69,2 дБFS	83 дБFS	69 дБFS	± 0,5	± 2,5	1,22–3,4	–40...+85	136
Rev. 0 2014	AD7981	16 × 1	SAR	600 к	70	91 дБ	–104 дБ	90,5 дБ	± 0,9	± 2	1,8–5	–55...+175	90
Rev. A 2014	AD7989-1	18 × 1	SAR	100 к	0,7	98 дБ	–115 дБ	97 дБ	± 0,5	± 1	1,8–5	T _j = 150	8,56
Rev. A 2014	AD7989-5	18 × 1	SAR	500 к	3,5	98 дБ	–115 дБ	97 дБ	± 0,5	± 1	1,8–5	T _j = 150	11,95
Rev. A 2014	AD9234	12 × 2	конвейерный	500/1000 М	2150/3000	65/64 дБFS	84/89 дБFS	66/64 дБFS	± 0,3	± 3,5	1,22–3,4	–40...+85	238
Rev. B 2014	AD9625	12 × 1	конвейерный	до 2,6 Г	3400–4000	56–59 дБFS	75–80 дБн	55–58 дБFS	± 0,3	± 1	1,26–3,3	–40...+85	624

Примечания:

SAR – АЦП последовательного приближения; дБFS – уровень по отношению к полной шкале (Full Scale); SNR – отношение сигнал/шум по спецификациям ADI; SFDR – динамический диапазон, свободный от искажений по спецификациям ADI; дБн – уровень по отношению к уровню несущей; SINAD – отношение сигнал/шум плюс искажения по спецификациям ADI; DNL – дифференциальная нелинейность по спецификациям ADI; INL – абсолютная погрешность линейности по спецификациям ADI; LSB – младший разряд; ppm/FSR – миллионных долей от диапазона полной шкалы.

Цена отпускная в партии от 1000 шт.

Новости мира News of the World Новости мира

Ростех консолидирует управление ОПК и Росэлектроники

Ростех консолидирует управление «Объединённой приборостроительной корпорации» («ОПК») и холдинга «Росэлектроника». Объединённую компанию возглавит генеральный конструктор по АСУ и связи ВС РФ Григорий Элькин.

Правление Госкорпорации Ростех утвердило передачу полномочий единоличного исполнительного органа «ОПК» холдинговой компании «Росэлектроника». Данное решение стало следующим шагом в реализации стратегии радиоэлектронного кластера Госкорпорации. Создание объединённой компании способствует снижению рисков и повышению вероятности достижения стратегических целей кластера по выручке.

Объединённая компания станет самым крупным игроком в таких высокотехнологичных сегментах, как АСУ, связь, радиоэлектронная разведка, а также крупным игроком на гражданском рынке в части интеллекту-

ализации производственной, транспортно-логистической, информационно-технологической инфраструктуры.

На базе объединённой компании будут сформированы центры компетенций радиоэлектронного кластера Ростех в области финансов и инвестиций, а также продуктовые дивизионы. Основная доля выручки кластера будет приходиться на объединённую компанию.

Одной из ключевых целей объединённой компании в рамках стратегии электронного кластера станет создание новых продуктов, включая комплексные проекты и «рынки будущего». Будет произведена системная интеграция производителей сенсорики, средств связи и передачи данных и центров управления. Создание компании позволит также снизить внутреннюю конкуренцию среди компаний кластера.

Временно исполняющим обязанности генерального директора «Росэлектроники» назначен Григорий Элькин, его кандидатура должна быть утверждена в установленном порядке.

Впоследствии в рамках объединённой компании будут сформированы органы управления, состоящие, в том числе, из текущей команды менеджеров.

Перед новым руководителем стоит задача провести объединение активов и обеспечить исполнение планов как по выполнению гособоронзаказа, так и целей стратегии. Правлением была одобрена кандидатура Григория Элькина. Впоследствии кандидата должен будет утвердить Наблюдательный совет Ростеха. В настоящее время в Корпорации уже инициировано формирование необходимых корпоративных решений по оформлению кадровых изменений.

www.ruselectronics.ru

Процессоры Coffee Lake появятся на рынке в конце 2017 г.

Intel, наконец, официально сообщила о сроках выпуска своих центральных процессоров 8-го поколения, на этот раз получивших название Coffee Lake. Ожидается, что обновление Coffee Lake для текущих процес-

АУО



Широкоформатные дисплеи для широкой колеи

АНВА-матрицы с увеличенным углом обзора

- Диагонали от 2,5 до 75 дюймов
- Разрешения от 320×240 до 4K2K
- Температурный диапазон от -30 до +85°
- Яркость от 250 до 1600 кд/м²

Угол обзора 178°

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ АУО



ProChip
POWERED BY ProSoft

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



Новости мира News of the World Новости мира

соров Kaby Lake появится на рынке во второй половине 2017 г. и произведёт «взрыв» в производительности на 15% по сравнению с его предшественником, несмотря на лежащий в основе такой же 14-нм техпроцесс.

То, что это будет уже четвёртым поколением процессоров подряд, основанном на 14-нм техпроцессе, может быть признаком назревающих проблем Intel в отношении закона Мура, что свидетельствует о сокращении площади кристалла вдвое каждые два года. Нарастающие трудности с чипами меньшего размера привели к значительным проблемам для производителей, не позволяя соответствовать закону Мура. Действительно, Intel в прошлом году отказалась от предшествующей модели в пользу цикла «Процесс–архитектура–оптимизация», который занимает три года до сокращения площади кристалла.

Coffee Lake также ознаменует собой отход от заявленных планов компании Intel относительно нового цикла выпуска, будучи четвёртым поколением процессоров на базе 14-нм техпроцесса, где первыми были чипы Broadwell.

Помимо роста производительности, единственным различием между Kaby Lake и Coffee Lake будет выпуск 6-ядерного процессора в качестве составляющей стандартной линейки процессоров. На данный момент функция ограничивается Xeon более высокого класса и линейкой Extreme Edition.

Хотя компания также проектирует целый ряд процессоров Cannon Lake на основе 10-нм техпроцесса, дата их выхода неизвестна, и инсайдеры Intel предполагают, что потребители могут не увидеть сокращения площади кристалла ещё какое-то время, так как предложения компании для предприятий и потребителей могут не совпадать, а компаниям новые чипы предлагаются в первую очередь.

www.astera.ru

Отечественные радиационно-стойкие attenuаторы – скоро на рынке

Специалисты холдинга «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех приступили к разработке перестраиваемых аналоговых аттенуаторов (устройств снижения амплитуды и мощности сигнала) для приёмо-передающих блоков радиоаппаратуры с повышенными эксплуатационными требованиями.

Соответствующие ОКР осуществляет входящее в Росэлектронику нижегородское НПП «Салют» в рамках импортозамещения. Планируется, что к 2019 г. будут разработаны 6 типов устройств с диапазоном рабочих частот 0,01–30 ГГц, а также освоена технология их серийного производства.

Проектируемые устройства должны обладать высокими радиационной стойкостью и быстродействием, повышенными надёжностью, сроком службы и стойкостью к воздействию климатических и механических факторов. По совокупности параметров разработки не имеют российских аналогов и призваны заменить комплектующие американских компаний Mini-Circuits, TriQuint Semiconductor и Hittite Microwave Corp.

Аттенуаторы, как устройства коррекции сигнала, применяются во множестве изделий СВЧ-техники.

www.ruselectronics.ru





Коммутаторы серии Ha-VIS eCon с поддержкой технологии PoE+



Энергоснабжение до 4 подключенных устройств
с поддержкой стандарта PoE+ (137 Вт)

- Компактные малогабаритные корпуса в промышленном исполнении
- Полноценная поддержка Power over Ethernet (PoE+), Gigabit Ethernet
- Диапазон рабочих температур: -40...+70°C, 0...+55°C
- Доступны модели с DC/DC-преобразователем, работающие от источника 24 В
- Разные комбинации RJ-45 и оптоволоконных портов



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ HARTING

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



Реклама

Использование современных генераторов сигналов произвольной формы для создания сигналов со сложными схемами модуляции

Андрей Воробьёв, Артур Рахматуллин (Москва)

Генераторы сигналов произвольной формы, построенные на архитектуре Trueform, – это доступное техническое решение для создания различных сложных модулирующих сигналов I/Q цифровой связи. В данной статье рассказывается о том, как современные генераторы сигналов позволяют реализовать сложные протоколы цифровой беспроводной связи, соответствующие стандартам W-CDMA, DVB и OFDM.

Сигналы с цифровой модуляцией заполняют окружающее пространство и передаются почти по каждой проводной и оптической сети. В настоящее время практически все беспроводные сервисы используют различные сложные схемы модуляции сигнала несущей. Непрерывное совершенствование методов модуляции и элементной базы, а также достижения в разработке кодов с коррекцией ошибок, увеличили пропускную способность каналов связи и приблизили её к фундаментальному пределу, установленному теоремой Шеннона-Хартли.

Пропускная способность и эффективность приёма-передачи были ещё в большей степени улучшены за счёт реализации чрезвычайно гибких схем множественного доступа, а также в результате внедрения новых стратегий передачи данных, таких как технология MIMO (множественный вход, множественный выход), в которой используется несколько антенн как для передачи данных, так и для приёма. Кроме того, всё больше и больше продуктов и сервисов для обеспечения надлежащего функционирования

используют возможности одной или сразу нескольких беспроводных технологий по мере снижения их стоимости.

Современные генераторы сигналов произвольной формы с высокими характеристиками могут легко реализовывать модулирующие, ПЧ- и даже ВЧ-сигналы при гораздо меньших затратах и имеют возможность генерировать различные аналоговые и цифровые сигналы, что недоступно для обычных генераторов ВЧ-сигналов. Недорогие генераторы сигналов произвольной формы обычно построены на удобной и гибкой архитектуре прямого цифрового синтеза (DDS). К сожалению, некоторые фундаментальные ограничения технологии DDS делают генераторы сигналов произвольной формы, построенные на её основе, почти бесполезными для генерации высококачественных (или хотя бы пригодных для использования) ПЧ/ВЧ-сигналов или широкополосных модулирующих сигналов. Новая технология Trueform значительно изменила рынок недорогих средств генерации сигналов беспроводной связи. Основная цель этого обзора – на примере современных приборов серии 33500B/33600A компании Keysight показать особенности использования современных генераторов для создания сложных модулированных сигналов.

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ TRUEFORM

Новые генераторы сигналов, построенные на основе архитектуры Trueform, предлагают гибкость и все преимущества технологии DDS без каких-либо присущих ей недостатков. Сравнение технологий DDS и Trueform приведено на рисунке 1. Способ, с помощью которого традиционные архитектуры DDS обращаются к памяти сигналов, приводит к неприемлемому для генерации модулированных сигналов уровню джиттера. Новая архитектура устраняет джиттер, поскольку сигнал, сохранённый в памяти, фильтруется,

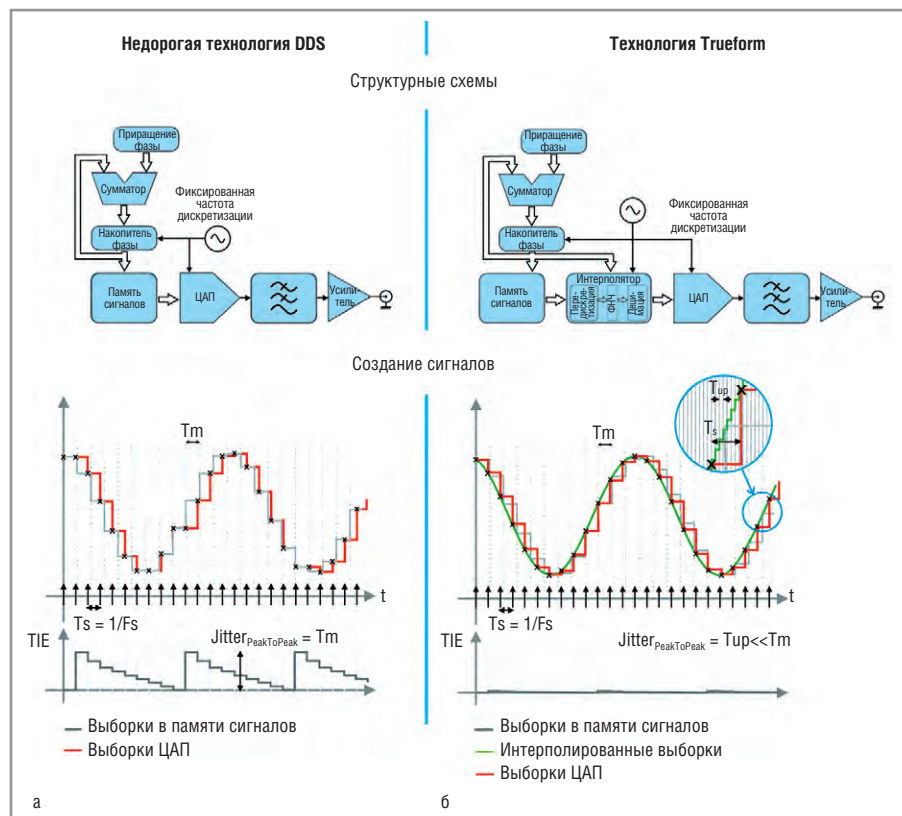


Рис. 1. Сравнение технологий: а – DDS; б – Trueform

интерполируется и восстанавливается в реальном времени. На рисунке 2 показано сравнение диаграмм сигнальных созвездий и спектров, полученных с использованием технологии DDS и технологии Trueform. С точки зрения качества модуляции и качества спектра различия достаточно существенны. Следует отметить и разницу 20 дБ в динамическом диапазоне. Эллиптическое распределение точек в диаграмме сигнального созвездия, полученного для сигнала генератора с архитектурой DDS, говорит о наличии джиттера в виде фазового шума в модуляционной области.

При использовании архитектуры Trueform улучшение характеристик достигается посредством интерполяции выборок, сохранённых в памяти сигнала, в реальном времени. Эта операция осуществляется внутри блока цифровой обработки сигналов (ЦОС), содержащего фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ). Таким образом, джиттер, связанный с привязкой сохранённых в памяти выборок сигналов к конкретным моментам времени, может быть

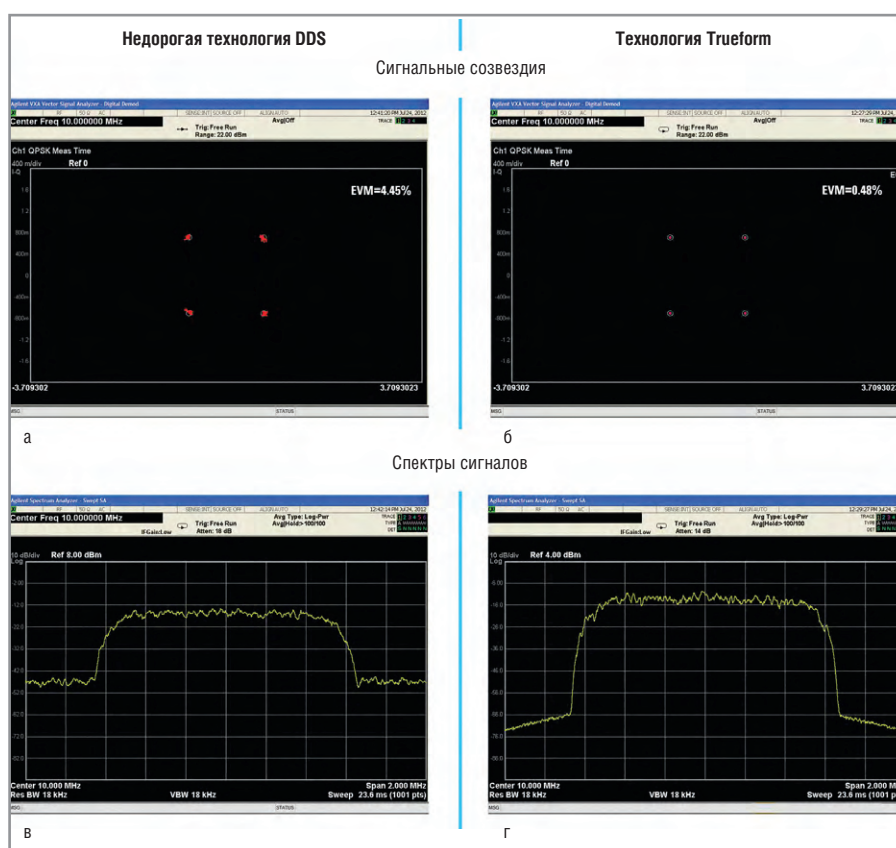


Рис. 2. Сравнение диаграмм: а – сигнальное созвездие DDS; б – сигнальное созвездие Trueform; в – спектр DDS; г – спектр Trueform



«ЭрисКом» — официальный дистрибьютор
Keysight Technologies в России.

Генераторы сигналов стандартной / произвольной формы Keysight серий 33500B / 33600A с уникальной технологией Trueform

Возможности генераторов сигналов серий 33500B / 33600A:

- Эксклюзивная технология генерации сигналов Trueform
- Генерация сигналов синусоидальной и прямоугольной формы, а также импульсных сигналов в диапазоне частот до 30/120 МГц с джиттером 1 пс СКЗ и КНИ 0,03%
- Частота дискретизации до 250 Мвыб/с / до 1 Гвыб/с и разрешение по амплитуде 16 / 14 бит
- Глубина памяти при генерации сигналов произвольной формы: 1 Мвыб / 4 Мвыб в стандартной комплектации с возможностью расширения до 16 Мвыб / 64 Мвыб
- Встроенный Web-сервер для дистанционного управления
- Интерфейсы USB, LAN (LXI-C) и GPIB

Тел. / Факс: +7 (499) 218-2353
www.eriscom.ru | info@eriscom.ru



KEYSIGHT
TECHNOLOGIES

Авторизованный дистрибьютор



With Trueform
TECHNOLOGY



Реклама

практически исключён без необходимости увеличения их исходного разрешения. Благодаря этому сохраняется глубина памяти сигналов и расширяется потенциальное временное окно воспроизведения сигнала. Частота среза и форма характеристики фильтра настраиваются так, чтобы спектральный состав результирующего сигнала можно было в точности воспроизвести цифроаналоговым преобразователем (ЦАП) прибора. Наконец, отфильтрованный и представленный с повышенной частотой дискретизации сигнал будет «прорежен» для того, чтобы соответствовать фиксированной частоте дискретизации ЦАП. Так как все выборки поступают в блок обработки, эту конфигурацию можно рассматривать как систему повторной дискретизации, которая работает в реальном времени и будет всегда использовать все имеющиеся выборки. Детали сигнала, которые могут быть случайно пропущены или неправильно синтезированы в традиционных генераторах на базе технологии DDS, теперь будут отображаться надлежащим образом и с малой величиной джиттера. Архитектура Trueform обеспечивает намного более длительную эквивалентную длину записи благодаря реализации процесса интерполяции в реальном времени.

Цифровой фильтр нижних частот, работающий в реальном времени, можно также использовать для улучшения временной или частотной характеристик выхода. Например, в случае с генераторами сигналов серии 33500B/33600A, сочетание высокой частоты дискретизации относительно полосы пропускания прибора (избыточная дискретизация) и хорошего аналогового интерполяционного фильтра на выходе в результате приводит к получению чистого сигнала без зеркальных составляющих. Цифровой фильтр предназначен для коррекции АЧХ цифроаналогового преобразователя. Доступны два режима фильтрации:

- фильтр с крутым срезом для равномерной АЧХ (например, для генерации I/Q, многотональных или ПЧ-сигналов);
- фильтр Бесселя для получения переходной характеристики с быстрым временем нарастания, но без каких-либо затухающих колебаний (например, для генерации импульсов или кодовых комбинаций).

Для генерации модулированных сигналов лучше всего подходит равномерная АЧХ, т.к. равномерность очень важна для получения хорошей точности модуляции.

Затухающие колебания больше не являются проблемой для модулированных сигналов, будь это модулирующие или ПЧ/ВЧ-сигналы, поскольку сигналы уже ограничены по полосе и, как следствие, имеют лишь незначительный уровень собственных затухающих колебаний. Равномерная АЧХ в большинстве ситуаций делает ненужной любую коррекцию сигнала. Она также расширяет динамический диапазон и улучшает согласование характеристик каналов, что является важным свойством для генерации модулированных сигналов. Качество генерации сигналов с несколькими несущими тоже повышается, так как модуляции и/или уровни сигнала становятся более согласованными по всем каналам.

По ряду причин архитектура Trueform чрезвычайно полезна для генерации сигналов в тех случаях, когда качество, как в частотной, так и модуляционной областях, особенно важно:

- повторная дискретизация в реальном времени удаляет джиттер из сигнала независимо от выбранной частоты дискретизации;
- частота среза АЧХ-фильтра нижних частот с конечной импульсной характеристикой предотвращает проявление любых эффектов наложения спектров в выходном сигнале;
- равномерная АЧХ, полученная в результате коррекции с использованием цифровой обработки сигналов, обеспечивает высокое качество генерации модулированных сигналов (как модулирующих, так и ПЧ/ВЧ-сигналов), не требуя предварительной коррекции сигналов и сложной калибровки АЧХ;
- высокая степень избыточной дискретизации (частота дискретизации 250 мегавыборок/с для ширины полосы пропускания 30 МГц), процесс повторной дискретизации в реальном времени для поддержания постоянной частоты дискретизации для ЦАП и высокое качество аналогового восстанавливающего фильтра нижних частот – всё это в результате позволяет получить сигналы без побочных и паразитных составляющих;
- согласование характеристик и синхронизация работы двух каналов

обеспечивается на высшем уровне, что позволяет генерировать модулирующие сигналы высокого качества. Превосходные характеристики тактового сигнала с фиксированной частотой дискретизации минимизируют уровень фазового шума в сигнале.

В отличие от традиционных генераторов на базе технологии DDS, приборы, описываемые в статье, имеют почти такие же возможности управления, как генераторы «истинных сигналов произвольной формы». Это позволяет пользователям не только устанавливать любую требуемую частоту дискретизации для цифроаналоговых преобразователей, но и использовать преимущество архитектуры с избыточной дискретизацией, работающей в реальном времени (и, соответственно, получать выходной сигнал, свободный от зеркальных составляющих). Помимо этого предоставляются удобные возможности изменения частоты повторения сигнала без остановки его воспроизведения, что невозможно сделать при использовании архитектуры DDS. Подобно генераторам сигналов на базе технологии DDS, цифроаналоговые преобразователи в генераторах на базе технологии Trueform всегда работают на фиксированной (максимальной) частоте. За счёт этого система тактовых сигналов дискретизации значительно упрощается, а джиттер и стоимость сводятся к минимуму. Джиттер тактового сигнала дискретизации непосредственно переносится на модулированные сигналы в виде фазового шума.

Характеристики генераторов сигналов серии 33500B / 33600A позволяют использовать их при решении множества задач генерации модулирующих и ВЧ-сигналов.

ГЕНЕРАЦИЯ МНОГОТОНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Многотональные сигналы состоят из набора равноотстоящих по частоте немодулированных несущих. Эти сигналы полезны для определения как линейных (АЧХ), так и нелинейных (интермодуляционные искажения) характеристик любых устройств. Равномерность характеристики и динамический диапазон являются наиболее значимыми особенностями многотональных сигналов. Фазовый шум, вносимый джиттером тактового сигнала дискретизации или традицион-

ными архитектурами DDS, может сделать сигнал бесполезным. Архитектура Trueform является идеальной для генерации этого вида сигналов. Для тестирования коэффициента мощности шума (NRP) используется многотональный сигнал, предназначенный для измерения внутримодуляционных интермодуляционных искажений, но изменённый посредством удаления некоторых несущих.

Уровень интермодуляционных искажений, добавленный модулятором или усилителем, может быть определён путём измерения уровня нежелательных интермодуляционных составляющих в пределах полосы провала, которая будет отображаться по местонахождению удалённых несущих.

Высококачественный генератор модулированных сигналов общего назначения

Спутниковая связь, линии радиосвязи, беспроводные телефоны, центральные станции кабельного телевидения, устаревшие сети Wi-Fi, системы беспроводной связи малой мощности (например, Zigbee или радиочастотная идентификация – RFID) и многие другие устройства используют относительно простую схему модуляции с передачей на одной несущей. Современные генераторы сигналов произвольной формы, обладающие превосходными параметрами, способны создавать модулированные сигналы с высоким качеством модуляции и отличными частотными характеристиками. Доступный диапазон частот позволяет генерировать сигналы с полосой модуляции до 60 МГц.

Генерация сигналов OFDM

К генерации высококачественных сигналов OFDM (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов) предъявляются особые требования, поскольку эти сигналы характеризуются высоким отношением максимальной мощности к средней и очень чувствительны к фазовому шуму и нелинейности характеристик передатчика. Кроме того, статистически полезные сигналы требуют генерации последовательностей, включающих как можно больше различных символов. Учитывая продолжительность каждого символа OFDM, для статистически обоснованных сигналов OFDM необходима гораздо большая длина записи, чем в случае схем модуляции с передачей на одной несущей.

Генераторы сигналов серии 33500B, обеспечивающие высокие уровни сигналов, разрешение ЦАП, равное 16 бит, и длину записи 16 мегавыборок, являются идеальными приборами для генерации сигналов OFDM. Наземное ТВ-вещание (DVB-T/T2, ISDB-T, DTMB, DAB, DRM), Wi-Fi (802.11a/g/n), WiMAX и LTE – это лишь некоторые из приложений, для которых можно использовать генераторы данной серии.

Поддержка канального кодирования и содержательных полезных нагрузок

Большинство стандартов беспроводной связи использует канальное кодирование (коды коррекции ошибок). Некоторые тесты требуют генерации специальным образом закодированных сигналов, а в некоторых случаях – передачи конкретных полезных нагрузок. Во многих случаях символы объединяются в кадры заданной длины и/или информация чередуется (то есть, порядок переданных данных изменяется). Например, типичный цифровой сигнал кабельного телевидения (DVB-C) может состоять из несущей с модуляцией QAM (от 16 до 256), но содержательный кадр требует послышки последовательности из восьми пакетов MPEG2 (188 байт полезной нагрузки + 16 байт избыточных данных для обеспечения коррекции ошибок с использованием кода Рида-Соломона). Те же соображения применимы и к системам мобильной связи, таким как UMTS или беспроводным сетям связи (Wi-Fi).

Генерация таких сигналов требует запоминания многих тысяч символов в памяти сигналов. Часто требуется длина записи, значительно превышающая значение в 1 мегавыборку, что недоступно для большинства недорогих генераторов. Генераторы сигналов, описываемые в статье, обладают глубиной памяти сигналов 16/64 мегавыборок для каждого канала и способны удовлетворить любым требованиям канального кодирования. Длина записи в памяти сигналов рассматриваемых генераторов может быть определена с точностью до одной выборки, что предоставляет пользователям полную свободу при настройке длины записи, обеспечивая высокую точность всех временных параметров сигнала, включая частоту несущей и символьную скорость.

Генерация нескольких сигналов

Для тестирования приёмника в реальных условиях эксплуатации требуется добавлять искажения (например, обусловленные многолучевым распространением) и аддитивный белый гауссов шум (AWGN). Поскольку доступная полоса частот спектра часто используется одновременно несколькими сервисами, а эти сервисы могут совместно использоваться многими операторами и пользователями, реалистичная эмуляция может потребовать одновременной генерации нескольких модулированных сигналов, особенно тех, которые расположены в соседних каналах, как это происходит при эмуляции центральных станций кабельного телевидения (см. рис. 3).

Некоторые стандарты беспроводной связи даже предусматривают возможность одновременной работы в пределах одной и той же полосы. Например, беспроводные сервисы, такие как Wi-Fi и Bluetooth, могут совместно использовать диапазон частот для промышленных, научных и медицинских организаций (ISM) с центральной частотой 2,45 ГГц. При этом оба сервиса должны поддерживать работоспособность в условиях помех. В настоящее время устройства, излучающие и принимающие сигналы нескольких стандартов беспроводной связи (например, любой смартфон способен одновременно работать с сигналами стандартов GSM, UMTS, Wi-Fi, Bluetooth и GPS), являются широко распространёнными, а обеспечение функциональной совместимости является очень важным требованием при их разработке. В целях уменьшения габаритных размеров и стоимости, всё больше и больше усилителей мощности в передатчиках (например, UMTS Node-B или DVB-T) предназначаются для одновременной работы с несколькими каналами. Генераторы сигналов произвольной формы являются идеальными приборами для создания таких сложных сценариев, поскольку позволяют одновременно математически добавлять и генерировать несколько похожих или отличающихся сигналов.

Генерация пакетных сигналов

Многие современные беспроводные сервисы используют сложные протоколы подключения к устройству для установления связи с ним или управ-



Рис. 3. Три сигнала несущих стандарта DVB-C с модуляцией 64QAM, одновременно сгенерированные генератором сигналов Keysight 33522B

ления передачи обслуживания. Некоторые из них подразумевают использование прерывистого обмена данными с относительно длительными периодами неактивности между передачами пакетов информации. Периоды неактивности могут быть как короткими (несколько микросекунд или даже меньше), так и длинными (несколь-

ко секунд). Единственным способом управления сценариями эмуляции таких сигналов с помощью коммерческих генераторов сигналов является использование функции задания последовательностей, которая доступна только в генераторах с архитектурой «истинных сигналов произвольной формы» высшего класса. Тради-

ционные генераторы сигналов на базе технологии DDS не поддерживают задание последовательностей, поскольку способ, с помощью которого они обращаются к памяти, не позволяет легко устанавливать связь между различными сегментами. Современные генераторы, использующие технологию Trueform, не имеют этого недостатка. Так, например, генератор сигналов 33522B позволяет запомнить до 32 последовательностей, которые могут включать до 512 сегментов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология Trueform сохраняет преимущества технологии DDS и устраняет все её недостатки, позволяя создавать высококачественные модулирующие и модулированные ПЧ/ВЧ-сигналы. В большей степени это относится к генерации сигналов с низким уровнем джиттера, необходимых для беспроводных приложений. Архитектура Trueform по своим возможностям даже превосходит архитектуры генераторов «истинных сигналов произвольной формы», которые используются в приборах высшего класса, поскольку избыточная дискретизация и фильтрация на основе ЦОС позволяют пользователям получать сигналы без зеркальных составляющих и выбрать прибор с самой лучшей амплитудно-частотной и переходной характеристикой для данного приложения.



Новости мира News of the World Новости мира

В апреле в Москве пройдёт конференция по электронным модулям и компонентам для транспорта

5 апреля 2017 г. в Москве в первый день работы 11-й специализированной выставки информационных технологий и электроники для транспорта и транспортных коммуникаций «Электроника-Транспорт 2017» пройдёт Всероссийская конференция «Электронные компоненты и модули для транспортного приборостроения».

На конференцию приглашаются главные конструкторы, разработчики, специалисты отделов комплектации – все, кто решает вопросы выбора и использования современной компонентной базы в транспортных приборах и системах. Среди приглашённых – специалисты ВНИИЖТ, ВНИИАС, Трансмашхолдинг, Отраслевой центр внедрения ОАО «РЖД», АВП-Технология, Ижевский

радиозавод, Инфотранс», НИИТМ, НИИП им. В.В. Тихомирова, ТВЕМА, Группа ГАЗ, Синара, НЭВЗ, НПК «Элара», Штрих-М, ЭЛТЕЗА, ЭЛСИ, Инкотекс, Тверской вагоностроительный завод, УКВЗ, Белкоммунмаш, Уралтрансмаш, ТРОЛЗА, Видор и др. Всего более 130 предприятий. Организатор конференции и главный медиапартнёр – журнал «Современная Электроника». Главный экспертный партнёр – компания ПРОСОФТ.

Среди традиционных участников конференции – ведущие поставщики компонентов, модулей, силовой электроники, разъёмов и соединителей: Infineon Technologies, IGBT, Harling, Semikron, Schaltbau, Ангстрем, ПРОСОФТ, X-Light, Advantech, TDK-Lambda, Keysight Technologies, Электровыпрямитель и др.

Участие в работе конференции бесплатное. Электронный билет на выставку и конференцию можно получить на сайте www.e-transport.ru.

Тематический план конференции:

- опыт разработки современных систем железнодорожной автоматики, транспортной электроники, компонентов автомобильной электроники;
- силовая электроника;
- бортовые компьютеры, средства отображения информации;
- телекоммуникационные модули;
- комплектация и производство транспортной электроники;
- электротехника и инструмент;
- ПО для встраиваемых вычислительных комплексов.

Выставка «Электроника-Транспорт» проводится при поддержке Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга РФ, включена в ежегодный план выставочно-ярмарочных мероприятий министерства.

www.e-transport.ru

АТТЕСТАЦИЯ

испытательного оборудования
по ГОСТ Р 8.568 и ГОСТ РВ 0008-002



АО «ТЕСТПРИБОР» ПРЕДЛАГАЕТ ПРОВЕДЕНИЕ ПЕРВИЧНОЙ, ПЕРИОДИЧЕСКОЙ И ПОВТОРНОЙ АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Реклама



125480, г. Москва
ул. Планерная, д. 7А
тел./факс: (495) 657-87-37
testpribor@test-expert.ru
www.test-expert.ru

Головной организацией по проблеме метрологического обеспечения обороны ФГУП ВНИИФТРИ РАСШИРЕН ПЕРЕЧЕНЬ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, АТТЕСТАЦИЮ КОТОРОГО ИМЕЕТ ПРАВО ОСУЩЕСТВЛЯТЬ АО «ТЕСТПРИБОР»:

- Безэховые экранированные камеры
- Комплексы для воспроизведения кондуктивных помех
- Испытательное оборудование для испытаний на воздействие электрических и радиотехнических величин
- Стенды ударные
- Комплексы для воспроизведения показателей качества электрической энергии сетей электропитания постоянного и переменного тока
- Климатические камеры тепла, холода, влажности и термобарокамеры
- Стенды вибрационные испытательные
- Комплексы для воспроизведения электростатических разрядов

Одноканальные модули управления IGBT

Александр Тенетко (г. Орёл)

Развитие современной силовой электроники неразрывно связано с ростом её технических и эксплуатационных показателей, а также с уменьшением её массо-габаритных характеристик. Данная статья посвящена новым модулям управления для силовых устройств на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT), разработанным ЗАО «Протон-Импульс», которые могут применяться практически во всех типах преобразовательного оборудования.

Модули управления IGBT широко используются в современной силовой электронике. Эти устройства нахо-

дят большое применение в различных многоуровневых преобразователях, инверторах питания электродвига-

телей средней мощности, в управляемых и неуправляемых выпрямителях, сварочных аппаратах, ветряных электростанциях и т.п. Помимо этого, актуальным решением является использование таких модулей в агрегатах городского и железнодорожного транспорта. В качестве примера можно привести применение данных модулей в промышленных тяговых преобразователях, что позволяет повышать частоту переключения, минимизировать загрузку сети и потери в обмотках трансформаторов и дросселей, а также упростить схему управления.

Параметры данных преобразователей, такие как скорость переключения, статические и динамические потери, уровень электромагнитных помех, во многом определяются характеристиками схемы управления, которые должны соответствовать техническим требованиям потребителей данных модулей. В связи с чем предприятие ЗАО «Протон-Импульс» (г. Орёл) постоянно совершенствует и расширяет свою линейку одноканальных модулей управления. Далее рассматриваются два новых одноканальных модуля управления IGBT с выходным импульсным током затвора 18 и 36 А.

Одноканальный модуль управления IGBT 1МУБ180 (см. рис. 1) предназначен для управления одним мощным транзистором, с предельно допустимым напряжением 3300 В. Драйвер является усилителем-формирователем сигналов управления затвором транзистора с частотой до 6 кГц. Драйвер содержит встроенный гальванически развязанный DC/DC-преобразователь, обеспечивающий необходимые уровни отпирающих и запирающих напряжений на затворе транзистора, и оптоволоконный интерфейс. Конструктивно и функционально модуль аналогичен драйверам серии СТ-Concept 1SD418F2.

Основные особенности модуля 1МУБ180:

- защита IGBT от короткого замыкания;
- технология улучшенного активного ограничения (Advanced Active Clamping, AAC);
- высокая надёжность и большой срок службы;

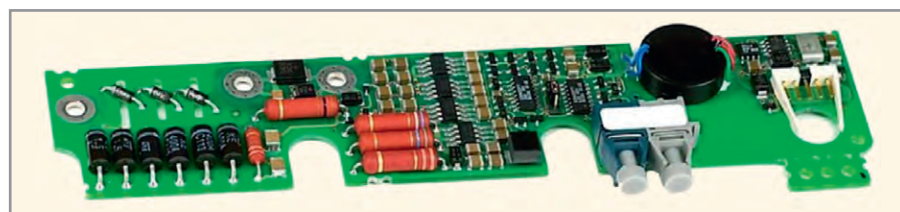


Рис. 1. Одноканальный модуль управления IGBT 1МУБ180

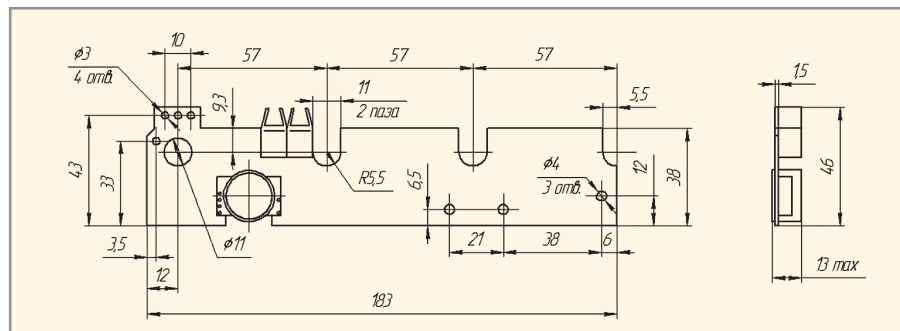


Рис. 2. Габаритные и установочные размеры модуля 1МУБ180

Таблица 1. Электрические характеристики модулей управления 1МУБ180 и 1МУБ360

Наименование параметра, единица измерения	Номинальное значение 1МУБ180	Номинальное значение 1МУБ360
Напряжение питания, В	15 ± 0,5	15 ± 0,5
Ток питания без нагрузки, мА	120	120
Порог включения, В	13	13
Гистерезис вкл/выкл, В	0,7	0,7
Ёмкостная связь, пФ	15	15
Порог срабатывания коллекторного датчика, В	не более 60	не более 60
Время отклика при многоуровневом режиме работы, мкс	не более 8,8	не более 9
Время отклика при двухуровневом режиме работы, мкс	не более 10	не более 10
Время блокировки, с	1	1
Задержка включения, нс	400	400
Задержка выключения, нс	550	550
Время нарастания и спада выходного сигнала, нс	100	17
Допустимое время задержки на статусном выходе, нс	450	450
Допустимая длительность импульса на статусном выходе, мкс	0,7–1,8	0,7–1,8
Сопротивление затворного резистора включения, Ом	1,7	0,5
Сопротивление затворного резистора выключения, Ом	3,7	2,7
Ёмкость подключаемого модуля, нФ	220	330
Рабочее напряжение управляемого транзистора, В	3300	3300
Напряжение изоляции (f = 50 Гц, t = 1 мин), В	6000	6000

- отсутствие электролитических конденсаторов;
- ток затвора до ± 18 А;
- электрическая изоляция 6000 В АС;
- волоконно-оптическая линия управления;
- контроль напряжения питания и волоконной оптики;
- встроенный DC/DC-преобразователь питания;
- частота переключения до 6 кГц.

На рисунке 2 приведены габаритные и установочные размеры одноканального модуля управления 1МУБ180.

Основные электрические характеристики модуля 1МУБ180 представлены в таблице 1. Все параметры, приведённые в таблице, получены с использованием IGBT-модуля Infineon FZ800R33KF2 при нормальных климатических условиях и напряжении питания 15 В. Предельно допустимые параметры модуля представлены в таблице 2.

Одноканальный модуль управления IGBT 1МУБ360 (см. рис. 3) предназначен для управления одним мощным транзистором, с предельно допустимым напряжением 3300 В. Драйвер также является усилителем-формирователем сигналов управления затвором транзистора с частотой до 3,4 кГц. В устройство встроен гальванически развязанный DC/DC-преобразователь, обеспечивающий необходимые уровни отпирающих и запирающих напряжений на затворе транзистора, и оптоволоконный интерфейс. Модуль конструктивно и функционально аналогичен драйверам серии CT-Concept 1SD536F2.

Основными отличиями от 1МУБ180 в данном модуле являются:

- ток затвора до ± 36 А;
- электрическая изоляция 4000 В АС;
- частота переключения до 3,4 кГц.

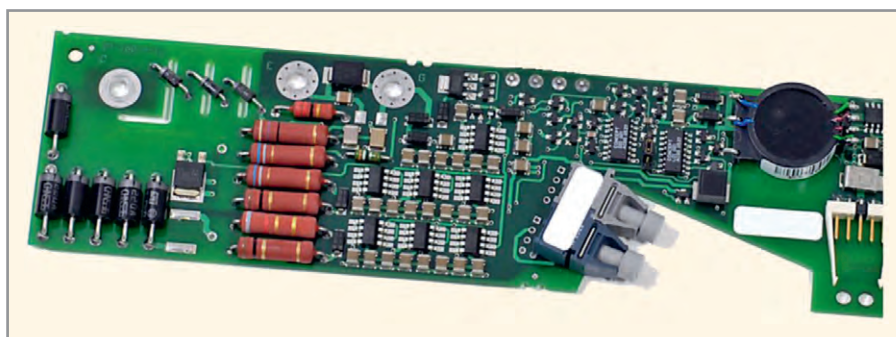


Рис. 3. Одноканальный модуль управления IGBT 1МУБ360

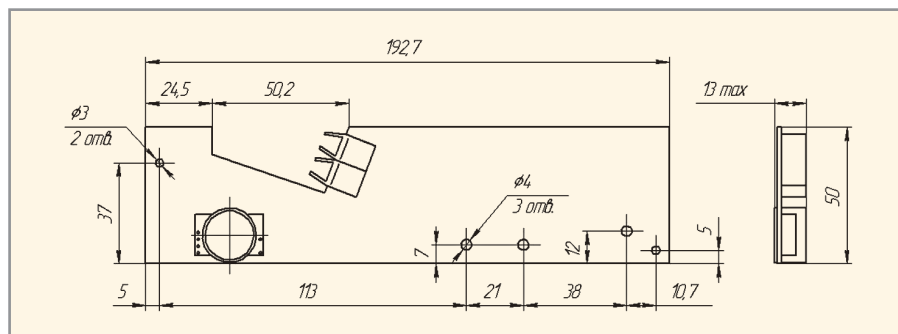


Рис. 4. Габаритные и установочные размеры одноканального модуля 1МУБ360

Таблица 2. Предельно допустимые электрические параметры модулей управления 1МУБ180 и 1МУБ360

Наименование параметра, единица измерения	Предельное значение 1МУБ180	Предельное значение 1МУБ360
Напряжение питания, В	16	16
Выходной ток, А	18	36
Выходная мощность DC/DC-преобразователя, Вт	4	5
Частота переключения, кГц	6	3,4
Рабочая температура, °C	-50...+90	-50...+90

На рисунке 4 приведены габаритные и установочные размеры одноканального модуля управления IGBT 1МУБ360.

Основные электрические характеристики модуля 1МУБ360 представлены в таблице 1. Все параметры, приведённые в таблице, получены с использованием IGBT-модуля

Infineon FZ1500R33HE3 при нормальных климатических условиях и напряжении питания 15 В. Предельно допустимые параметры модуля представлены в таблице 2.

Реальные характеристики драйверов 1МУБ180 и 1МУБ360 могут отличаться от приведённых, в зависимости от применяемого IGBT-модуля.



ЗАО "Протон - Импульс"

Разработка и производство специализированных твердотельных реле:

- с гальванической развязкой: оптической или трансформаторной;
 - с защитой выходных каскадов: от превышения по току, напряжению, температуры, от короткого замыкания (в том числе для реле переменного тока);
- с формированием статусных сигналов о срабатывании защит;
 - быстродействующих с частотой включения нагрузки до 100 кГц и временем включения/выключения не более 3 мкс;
- с нормально замкнутыми контактами на токи от 1 до 190 А.

www.proton-impuls.ru
тел.: (4862) 498-728

Рис. 1

Новости мира News of the World Новости мира

Новое семейство сверхпортативных устройств Anritsu – Spectrum Master

Компания Anritsu кардинально меняет рынок измерительного оборудования благодаря выпуску семейства MS2760A Spectrum Master, сверхпортативного анализатора спектра миллиметрового диапазона, применяемого для верификации разрабатываемых высокочастотных устройств, включая такие технологии, как 5G и E-band. Благодаря передовой патентованной технологии нелинейной линии передачи (NLTL), анализаторы MS2760A преодолели барьеры стоимости, размера и производительности, связанные с традиционными инструментами большого размера, и повысили эффективность разработки новых устройств. Помимо применения MS2760A для устройств с технологиями 5G и E-band, этот прибор существенно улучшает процесс тестирования и повышает экономическую эффективность разработки и производства устройств миллиметрового диапазона в других областях, таких как

сети 802.11ad/WiGig, спутниковая связь, радиоэлектронная борьба и автомобильные радары.

С помощью устройства MS2760A специалисты по исследованиям, разработке и тестированию могут выполнять спектральный анализ частотного диапазона и измерять такие важнейшие параметры, как мощность канала, мощность соседнего канала, уровни побочных излучений и ширина занимаемой полосы частот. Пользователи могут достичь точности измерений, которая ранее была недоступна для высоких частот, так как MS2760A позволяет выполнять измерения при непосредственном подключении к тестируемому устройству, в отличие от настольных моделей, для которых нужны дорогостоящие кабели, вносящие дополнительные потери. Его способность выполнять свипирование по частоте в диапазоне от 9 кГц до 110 ГГц также повышает достоверность измерений.

Анализатор Spectrum Master MS2760A снижает стоимость тестирования при мас-

совом производстве устройств, так как он стоит намного меньше своих настольных собратьев. Благодаря своему сверхмалому размеру он также повышает гибкость производственного тестирования крупных изделий, используемых, например, в авиационной и космической технике. Его точность в производственной среде обеспечивается благодаря его способности выполнять непрерывное свипирование во всём диапазоне частот.

Анализатор MS2760A упрощает проведение тестирования в полевых условиях. Благодаря своим сверхмалым размерам он свободно помещается в кармане, а его способность выполнять непрерывное свипирование и питаться через USB-порт от планшета позволяют сократить объём оборудования, носимого техническим специалистом. С учётом того, что сотни технических специалистов тестируют миллионы антенн, имеет значение и то, что менее дорогой прибор MS2760A весит меньше, чем другие портативные анализаторы.

Встраиваемые решения MEN

**Защищённые компьютерные платы и системы для работы
в жёстких условиях эксплуатации и для ответственных применений**

- Компьютерные модули Rugged COM Express® (VITA 59) и ESMexpress®
- Платы в форматах CompactPCI®/PlusIO/Serial и VME
- Мезонинные модули PMC, XMC, M-Module™ I/O
- Защищённые коммутаторы Ethernet
- Встраиваемые и панельные компьютеры

MEN

Always reliable. Always ahead.



- Высокая надёжность в соответствии с EN 50155, DO-254, E1
- Обеспечение уровней безопасности до SIL 4, DAL-A
- Высокое качество продукции в соответствии с ISO 9001/1400, AN/AS 9100, IRIS

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ MEN MIKRO ELEKTRONIK

ProSoft®

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



Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

В семейство Spectrum Master MS2760A входят модели с диапазонами частот до 32, 44, 50, 70 и 110 ГГц. Кроме того, для тех стран, где для анализаторов, работающих в диапазонах выше 90 ГГц, требуется экспортная лицензия, доступна модель с диапазоном до 90 ГГц.

www.prist.ru

Объём «облаков» в России к 2020 г. составит 48 млрд рублей

SAP и Forrester Russia представили результаты масштабного исследования рынка облачных технологий в России. По результатам исследования аналитики Forrester Russia сделали вывод, что отечественный рынок облачных технологий будет расти быстрее, чем ИТ-рынок в целом, и к 2020 г. его объём составит 48 млрд рублей. То есть при среднегодовом темпе в 21% рынок «облаков» вырастет в три раза по сравнению с 2015 г.

По данным исследования, крупный бизнес готов к использованию облачных услуг:

в этом сегменте свыше 90% опрошенных знают про облачные услуги, в малом бизнесе – свыше 70%. При этом в крупном бизнесе 54,5% опрошенных пользуются одновременно облачными услугами из двух и более категорий, в среднем бизнесе – 50%, в малом – 43%.

Большинство респондентов ассоциируют облачные услуги с виртуальной инфраструктурой (IaaS), хотя сейчас наибольшую долю на рынке занимает модель SaaS – 58,9%. На IaaS и PaaS пока приходится, соответственно, 37,2% и 3,9% объёма рынка. По данным исследования, доля SaaS к 2020 г. увеличится до 62,4%, а IaaS – снизится до 32,3%.

По данным опроса, 68,6% крупного бизнеса, 56,8% среднего и 59,7% малого бизнеса потенциально готовы использовать приложения для совместной работы по облачной модели.

Отрасли, которые наиболее активно стали мигрировать в «облака», за два года увеличили долю пользователей в два раза. Это предприятия оптовой и розничной тор-

говли, бытовых услуг (с 10,4% до 20,7%), пищевая отрасль (с 11,1% до 24,5%), транспортные и логистические компании (с 12,3% до 29,6%).

У предприятий добывающих отраслей и ТЭК за последние два года произошёл существенный скачок: рост доли пользователей в 4,5 раза с 4,2% в 2014 г. до 19% в 2016 г.

Банковский и финансовый сектора экономики имеют пока небольшой уровень принятия новых облачных услуг (16,7%).

Основными барьерами для использования облачных сервисов две трети опрошенных по-прежнему считают вопросы о конфиденциальности данных. Неготовность руководства предприятия к использованию облачных услуг отметили 41% опрошенных.

В ходе исследования было опрошено 635 респондентов из малого, среднего и крупного бизнеса. Из них 60% – ИТ-директора, 40% – руководители компаний. География исследования – 20 городов.

www.iemag.ru

TDK-Lambda

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



Поставка, гарантийный и постгарантийный сервис

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TDK-LAMBDA

ProSoft®

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



Реклама

Преобразователь интерфейсов USB–SPI на новом x51-микроконтроллере EFM8UB1

Часть 3

Алексей Кузьминов (Москва)

В первой и второй частях этой статьи (см. предыдущие номера журнала) были рассмотрены принципиальные схемы, варианты разводки плат и фотографии реальных устройств преобразователей интерфейсов USB–SPI на базе новейших высокоскоростных миниатюрных x51-совместимых микроконтроллеров EFM8UB1 компании Silicon Laboratories. Применение этих микроконтроллеров в подобных преобразователях кардинально снижает стоимость и габариты и существенно повышает скорость обмена. В третьей (заключительной) части статьи рассматривается ПО устройств (исходные тексты программ, их оттранслированные варианты в hex-формате – для МК и исполняемые файлы – для ПК), а также результаты их тестирования.

Программные средства, предназначенные для тестирования устройств преобразователей интерфейсов USB–SPI на базе микроконтроллера (МК) EFM8UB1, состоят из четырёх программ.

Первая программа, предназначенная для ПК, четырёхкратно посылает массив данных объёмом 1 КиБ (кибибайт, 1024 байта), что составляет в общей сложности 4 КиБ, по интерфейсу USB, к которому подключён преобразователь интерфейса USB–SPI. Затем по этому же интерфейсу программа принимает массив данных объёмом 4 КиБ и отображает его на экране монитора (для экономии места отображается 1/64 от массива 1 КиБ, т.е. строка длиной 64 символа). При этом отображается 1/64 переданного массива размером 1 КиБ и 1/64 принятого – для сравнения их между собой.

Перед передачей массива включается программный таймер, а после полного приёма всего массива таймер выключается, что позволяет оценить общее время обмена и вычислить его скорость. Эта программа написана автором на языке Клариион для Windows (Clarion V.6.0). Она подробно обсуждалась в статье [1] и здесь используется без изменений, поэтому не обсуждается. Однако сам текст программы, её файл-проект и все необходимые файлы для её трансляции на языке Клариион приведены в дополнительных материалах к данной статье (опубликованы вместе со статьёй на сайте журнала). Там же приведён и готовый к запуску исполняемый файл TestUSB.exe.

Вторая программа, предназначенная для МК EFM8UB1, четырёхкратно принимает массив данных размером в 1 КиБ и записывает этот массив (INARRAY[1024]) в оперативную память МК (xdata). Приём осуществляется пакетами по 64 байта. На такие пакеты массив разбивает ПК, а точнее – драйвер USB, который необходимо предварительно установить на ПК. Этот драйвер входит в бесплатно поставляемый компанией Silicon Laboratories пакет программ под общим названием USBXpress.

Далее МК EFM8UB1 либо посылает принятый массив в МК C8051F061 или EFM8LB12 (в зависимости от того, к какой макетной плате подключено устройство USB–SPI), либо, минуя интерфейс SPI (т.е. пропустив обмен по SPI), посылает этот массив обратно в ПК. Последняя опция используется для оценки скорости обмена исключительно по USB, что, в свою очередь, позволяет при обмене информацией по интерфейсам USB+SPI оценить скорость работы только по SPI, поскольку из времени работы по интерфейсам USB+SPI можно вычесть время работы только по интерфейсу USB (при этом объём информации известен и одинаков).

Логика работы этой программы та же, что и логика работы программы для устройств USB–SPI на базе МК C8051F321, приведённой в статье [1]. Однако в новой библиотеке (USBXpress.lib), поставляемой для EFM8UB1, во-первых, изменены функции обра-

щения к интерфейсу USB, во-вторых, изменена сама логика работы функций (в частности, вместо физического прерывания используется виртуальное прерывание и др.). В-третьих, в МК EFM8UB1 изменены названия многих регистров (например, некоторых регистров интерфейса SPI) по сравнению с названиями, принятыми в C8051F321. Ко всему прочему, если для инициализации C8051F321 (портов ввода/вывода, матрицы соединений, генераторов, интерфейсов и т.п.) используется специальная программа Config2.exe, то для подобных функций для EFM8UB1 используется новое ПО под общим названием Simplicity Studio. Это же ПО используется и для трансляции программ с языка Си (C-51 Keil). В связи с этим, некоторые моменты программы для МК EFM8UB1 требуют обсуждения.

На сайте журнала в дополнительных материалах к данной статье приведены все необходимые файлы для трансляции этой программы (текст, различные *.h-файлы и т.п.). Кроме того, там же приведена уже оттранслированная программа в hex-формате, которая может быть сразу запрограммирована в МК EFM8UB1 с помощью USB-Debug-адаптера. Название этой программы – USBXpress_Echo (по аналогии с примером программы, приведённой компанией Silicon Laboratories в Simplicity Studio).

Третья программа, предназначенная для МК C8051F061/67, принимающая массив данных по интерфейсу SPI и отправляющая этот массив по этому же интерфейсу в МК EFM8UB1 (только в обратном порядке следования элементов массива), уже подробно обсуждалась в статье [1]. Тем не менее, на сайте журнала в дополнительных материалах к настоящей статье приведены все необходимые файлы для трансляции этой программы (текст программы на Си (C-51 Keil), bat-файл для её трансляции и т.д.). Там же приведена и сама оттранслированная программа в hex-формате, которую можно запрограммировать в МК C8051F067/061 с помощью USB-Debug-адаптера. Название этой программы – F067SPI4096.

Последняя, четвёртая программа, написанная автором для МК EFM8LB12 с той же логикой работы, что и для МК C8051F061/67, требует пояснения. Дело в том, что для конфигурирования портов ввода/вывода и инициализации иных устройств в МК EFM8LB12 используется уже упомянутое ПО Simplicity Studio. Кроме того, названия многих регистров МК EFM8LB12 (в частности, некоторых регистров интерфейса SPI) отличаются от названий соответствующих регистров C8051F061/67. На сайте журнала можно найти все необходимые файлы для трансляции этой программы и hex-файл myProject_9 для прошивки в МК EFM8LB12.

Далее мы обсудим программу для МК EFM8UB1, используемую в устройствах USB-SPI, после чего будут описаны некоторые нюансы программы для EFM8LB12, применяемого в описанной макетной плате. Следом мы приведём результаты тестирования устройств преобразователей интерфейсов USB-SPI на базе EFM8UB1, работающих с макетными платами МК C8051F061/67 и EFM8LB12.

ПРОГРАММЫ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ EFM8UB1 и EFM8LB12

Вначале о программе для EFM8UB1. Для её написания, прежде всего, необходимо сконфигурировать МК или, другими словами, произвести инициализацию всех его устройств, т.е. привести в то состояние, в котором он должен находиться после сброса (Reset) и перед началом штатной работы. Здесь необходимо заметить, что для подобного конфигурирования МК C8051F321, который в корпусе QFN28 по выводам полностью совместим с EFM8UB1 в таком же корпусе (EFM8UB10F16G-C-QFN28), используется специальная программа Config2.exe.

Такое конфигурирование в автоматизированном режиме предусмотрено и в программе Simplicity Studio. Для выбора этой опции в основном меню Simplicity Studio нужно выбрать режим Configurator, задать соответствующий МК и все необходимые для его функционирования устройства (подробное описание этой процедуры приведено в руководстве по Simplicity Studio). Здесь же будут приведены только те момен-

ты, которые касаются конфигурирования портов, связанных с сигналами SPI.

Когда интерфейс SPI с необходимыми опциями выбран и разрешён матрицей соединений, на экран выводится рисунок самого МК с выводами. Если интерфейс SPI выбран четырёхпроводный, то все четыре вывода, связанные с сигналами SPI (SPI0_SCK, SPI0_MISO, SPI0_MOSI и SPI0_NSS), по умолчанию занимают позицию, начиная с самых первых выводов в начале матрицы соединений (P0.0, P0.1 и т.п.). Но такое расположение выводов SPI очень неудобно как с точки зрения самих сигналов SPI (они расположены рядом с интерфейсом USB), так и с точки зрения разводки платы. Поэтому с помощью опции пропуска (skip) эти сигналы необходимо «перетащить» в правую часть МК (см. рис. 26).

Преимущества подобного расположения выводов с сигналами SPI следующие. Во-первых, сигналы USB расположены с левой стороны МК, и рядом с ними удобно расположить сам входной разъём USB. Во-вторых, сигналы интерфейса C2, по которому программируется МК, расположены снизу, и рядом с ними удобно расположить все компоненты (резисторы,





Программируемые аналоговые микросхемы:

весь спектр электроники на одном кристалле!



Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



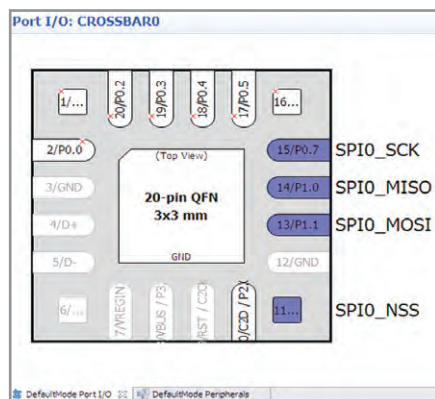


Рис. 26. Необходимое расположение сигналов интерфейса SPI в МК EFM8UB1 после нескольких команд skip

ры и конденсаторы), которые необходимы как для работы устройства в штатном режиме, так и для его функционирования в режиме программирования. В-третьих, рядом с выводами с сигналами SPI удобно расположить выходной разъём, на который и выводятся эти сигналы, а также сигналы интерфейса C2.

Такое расположение выводов и было выбрано окончательно, что отразилось на разводке платы устройства. На рисунке 27 приведён фрагмент разводки (вся разводка представлена на рисунке 13 во второй части статьи). Расположение МК здесь идентично его расположению на рисунке 26. Таким образом, задача проектирования устройства USB-SPI решалась «в обратном порядке»: начало – в программном обеспечении, затем разводка, а далее, в соответствии с ней, – схема устройства.

Если в программе Simplicity Studio щёлкнуть правой кнопкой мыши по картинке (см. рис. 26) и выбрать опцию Generation Source (сгенерировать код), то можно получить текст подпрограммы InitDevice.c (инициализация устройства), в котором, в частности, будут присутствовать как текст инициализации интерфейса SPI, так и текст инициализации матрицы соединений. Необходимо отметить, что текст инициализации устройства, а особенно текст подпрограммы инициализации матрицы соединений (если его распечатать), займёт несколько страниц, и в нём придётся достаточно долго разбираться. Поэтому можно поступить несколько иным образом.

Дело в том, что версия МК EFM8UB1 с 28 выводами (QFN28) по своей цоколёвке полностью совместима с выводами МК C8051F321 (тот же корпус QFN28). Для генерации кода подпрограммы инициализации этого МК использу-

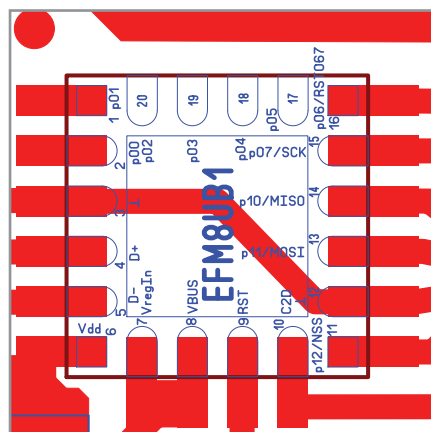


Рис. 27. Фрагмент разводки платы устройства в районе расположения МК EFM8UB1

ется известная программа Config2.exe. С её помощью можно получить аналогичный текст инициализации устройства (в том числе SPI и матрицы соединений) для EFM8UB1. Такой текст более компактен и занимает всего несколько строчек кода. Используя картинку (см. рис. 26) и определив, какие выводы МК используются в интерфейсе SPI, с помощью программы Config2.exe можно получить текст подпрограммы инициализации устройства (в том числе, интерфейса SPI и матрицы соединений). Переименовав сигналы SPI МК C8051F321 в соответствии с их названиями, принятыми в МК EFM8UB1, можно получить короткий код подпрограммы инициализации устройства. Здесь следует добавить, что сигнал, разрешающий матрицу соединений (XBARE), в C8051F321 расположен в регистре XBR1, а в EFM8UB1 – в регистре XBR2. Поэтому строку кода XBR1 = 0x40 нужно переправить на XBR2 = 0x40.

В любом случае, тексты подпрограмм инициализации уже можно использовать для написания программы работы всего устройства.

И последнее, что, на взгляд автора, следует добавить: запретив интерфейс SPI и выбрав и разрешив интерфейс UART1 (а не UART0, «сдвинуть» который с его позиции, принятой по умолчанию, невозможно), можно легко получить устройство преобразования USB-RS232 (см. рис. 28).

Теперь поговорим об основной программе работы всего устройства.

Логика работы этой программы не отличается от таковой для C8051F321 в [1]. Однако, поскольку библиотека USBXpress.lib для EFM8UB1 отличается от соответствующей библиотеки для C8051F321 (USBX_F320_1.lib), далее приведено описание двух основных отличий новой библиотеки USBXpress.lib от USBX_F320_1.lib.

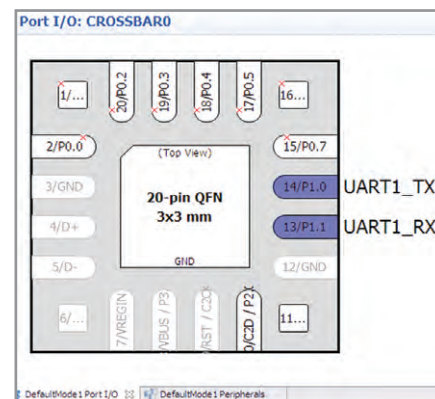


Рис. 28. Пример расположения сигналов интерфейсов в преобразователе USB-RS232

Первое отличие состоит в том, что в основной программе для C8051F321 используется классическая подпрограмма обработки физического прерывания (Interrupt Service Routine – ISR), имеющая конкретный номер, а точнее – приоритет. Он равен 16 для МК C8051F321 и 17 для МК C8051F340/380. В библиотеке для EFM8UB1 как такового физического прерывания нет. Вместо него используется виртуальное прерывание, для которого, естественно, никакого физического приоритета нет, поэтому классическая подпрограмма обработки прерывания не нужна. Вместо неё, во-первых, необходимо использовать функцию, разрешающую эти виртуальные прерывания:

API_Callback_Enable(myAPICallback), которую следует применить после инициализации всех устройств.

Во-вторых, поскольку хоть и виртуальные, но всё-таки это прерывания, после их разрешения указанной функцией необходимо разрешить глобальные прерывания, установив бит разрешения глобальных прерываний в 1 и организовав бесконечный цикл обращения оператором while(1); к самому себе:

```
IE_EA = 1; // Enable global interrupts
while (1); // Spin forever.
```

Сама же подпрограмма обработки прерывания – это просто функция:

```
uint32_t Get_Callback_Source(void).
```

Эта функция возвращает 32-битное значение причины прерывания и сбрасывает флаг этого прерывания. Она должна вызываться в самом начале обращения к функциям USB и определяет события – источники прерываний. Вызов этой функции осуществляется так: uint32_t INTVAL = Get_Callback_Source();, где INTVAL – это и есть источник прерываний. Его значение, в частности,

может быть следующим: DEVICE_OPEN, DEVICE_CLOSE, RX_COMPLETE, TX_COMPLETE и др.

Прерывания DEVICE_OPEN и DEVICE_CLOSE возникают, соответственно, когда интерфейс USB открыт или закрыт для использования.

Прерывания RX_COMPLETE и TX_COMPLETE возникают, когда функции Block_Read() и Block_Write(), предназначенные, соответственно, для чтения и записи массива данных по интерфейсу USB, полностью отработали своё назначение.

Второе отличие библиотеки USBXpress.lib от аналогичной библиотеки USBX_F320_1.lib состоит в том, что две функции Block_Read() и Block_Write(), использующиеся и там, и там, существенно различаются.

Прототип для функции Block_Read():
uint8_t Block_Read(uint8_t *block, uint16_t numBytes, uint16_t *count_ptr).

Как видно из этого прототипа, функция имеет три параметра (в отличие от двух параметров в библиотеке USBX_F320_1.lib). Первый параметр – 8-битовый указатель (pointer) на адрес массива (*block), в который будет осуществляться запись прочитанных данных, поступивших из интерфейса USB. Звёздочка как раз и показывает, что это именно указатель. Второй параметр – 16-разрядное число (numBytes), которое указывает, сколько байт требуется считать. Третий параметр – 16-разрядный указатель (pointer) на переменную (*count_ptr), которая равна реальному значению поступающих по интерфейсу USB байт. Звёздочка показывает, что это именно указатель, а постфикс (_ptr) ещё раз подтверждает этот факт (ptr – сокращение от pointer (указатель)). Кроме того, сама функция принимает несколько 8-разрядных значений (uint8_t), которые называются флагами состояния (USBXpress Status Flags). Одно из них (USBX_STATUS_OK) при полном выполнении задачи функции – успешное её завершение, когда функция равна 0.

Пользоваться этой функцией очень просто. Если, например, определён массив размером в 64 байта INARRAY[64] и в этот массив требуется записать, например, 64 байта, поступивших из интерфейса USB, то функция

Block_Read(INARRAY, 64, &L);
выполнит это действие.

Как видно из этого примера, в качестве указателя используется название самого массива без скобок (это стандартный способ указателя на массив

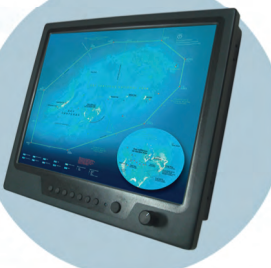


В МОРСКОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ С ДИСПЛЕЯМИ LITEMAX!





8,4"



12,1"-19"



21,5"-24"

8,4"-24" ВЛАГОЗАЩИЩЁННЫЕ ЖК-ДИСПЛЕИ СЕРИИ NPD NAVPIXEL™ С ВЫСОКОЙ ЯРКОСТЬЮ

Основные характеристики

- Степень защиты корпуса IP65 (для модели NPD0835 IP68)
- Яркость свечения экрана 1000 кд/м²
- Светодиодная подсветка
- Поддержка ночного режима работы
- Резистивный сенсорный экран / антибликовое защитное стекло
- Регулировка яркости в широком диапазоне
- Обширный набор интерфейсов: 2×VGA, 2×DVI, 3×CVBS
- Поддержка функции picture-in-picture (модели NPD1744 и NPD1954)
- Питание от сети 9–36 В постоянного тока
- Узкая лицевая фальшпанель
- Устойчивость к воздействию ударов и вибраций
- Защитное покрытие печатных плат
- Широкий диапазон рабочих температур

Применения

- Аппаратура морской техники
- Промышленная автоматизация

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ LITEMAX

ProSoft®

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



Реклама

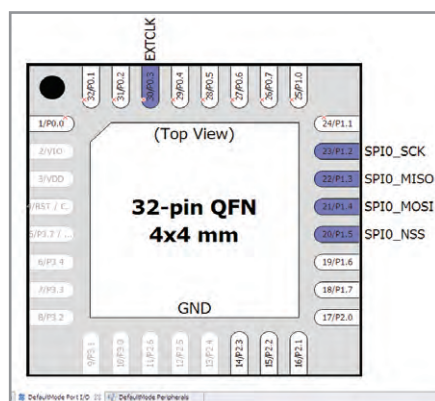


Рис. 29. Необходимое расположение сигналов интерфейса SPI в МК EFM8LB12 после нескольких команд skip

в Си). А вот перед переменной L установлен значок амперсанда (&), показывающий, что это указатель.

После полного и успешного выполнения функции Block_Read() произойдет три события.

1. Возникнет прерывание RX_COMPLETE, по которому, в частности, можно отследить успешное выполнение функции.
2. Переменная L примет значение, равное 64.
3. Значение функции Block_Read() будет равно нулю (USB_STATUS_OK).

Как видно из пунктов 2 и 3, успешное выполнение функции Block_Read() можно отследить вообще без использования виртуального прерывания: либо с помощью чтения переменной L, пока она не будет равна 64:

```
while(L != 64);
```

либо с помощью чтения значения самой функции, пока она не будет равна нулю:

```
while(Block_Read(INARRAY, 64, &L) != 0);
```

Однако эти две возможности в программе автора не используются.

Прототип функции Block_Write() аналогичен прототипу функции Block_Read():

```
uint8_t Block_Write(uint8_t *block,
uint16_t numBytes, uint16_t *count_ptr).
```

В программе эта функция используется аналогично:

```
Block_Write(INARRAY, 1024, &L);
```

Всё сказанное про функцию Block_Read() справедливо также для функции Block_Write(), за тем исключением, что вместо чтения массива данных, поступающих из интерфейса USB, и записи его в память осуществляется его запись, т.е. массив данных, записанный в памяти, выводится по USB. Поэтому останавливаться на функции Block_Write() и подробно её описывать нет смысла.

В Simplicity Studio приведён пример программы, где как раз используются функции Block_Read() и Block_Write(). Это программа USBXpress_Echo, написанная для МК EFM8UB1. Она принимает массив данных, поступающих из интерфейса USB, по которому компьютер посылает этот массив, и принятый массив отправляет обратно в интерфейс USB, т.е. в компьютер. Вот откуда в названии программы взялось слово Echo (эхо). Если оттранслировать эту программу, запрограммировать её в МК EFM8UB1 и запустить программу автора для компьютера TestUSB.exe, то она будет работать, и на экран выведется точно такая же строка из символов, которая посылается этой программой в МК. Эту возможность можно использовать хотя бы для того, чтобы протестировать устройства в плане их функционирования по интерфейсу USB.

Для этой программы в Simplicity Studio уже подготовлен пакет опций, предназначенный для её трансляции с помощью самого языка C-51 и линкера, а поскольку трансляция производится правильно, т.к. программа работает, то этим пакетом опций можно воспользоваться. Дело в том, что в Simplicity Studio существует очень большое число различных опций, в том числе и предназначенных для трансляции программ. Чтобы разобраться в этом огромном объёме информации, требуется немало времени. Поэтому для трансляции собственной программы автор поступил следующим образом.

Файл с текстом оригинальной программы от Simplicity Studio (USBXpress_Echo_main.c) был переименован в файл USBXpress_Echo_main.origc, неиспользуемые автором файлы подпрограмм buffers.c и buffers.h переименованы, соответственно, в файлы buffers.origc и buffers.origh. Такие расширения файлов, естественно, трансляции не подлежат, но позволяют, при необходимости, восстановить оригиналы. Сама же программа автора была названа USBXpress_Echo_main.c, успешно оттранслирована, получен её hex-файл, который впоследствии был благополучно «зашит» в МК EFM8UB1. Тестирование программы показало, что если производить трансляцию подобным образом, то она будет идеально работать.

В дополнительных материалах на сайте журнала приведён текст этой программы, некоторые дополнительные файлы, требующиеся для её работы, и её загрузочный hex-файл.

Теперь поговорим о программе для МК EFM8LB12.

Прежде всего, требуется сконфигурировать устройство, т.е. получить программу, которая инициализирует все устройства микроконтроллера. С помощью конфигуратора, входящего в состав Simplicity Studio, были выбраны все устройства, требующиеся для работы программы (матрица соединений, внешний генератор, и т.п.). Некоторое затруднение вызвал выбор внешнего генератора (EXTOSC0) частотой 50 МГц, т.к. от этого выбора зависят ещё два параметра: CORE (выбор максимальной тактовой частоты при обращении к памяти) и Clock Control (выбор делителя для системной тактовой частоты). При неправильном выборе последовательности, в которой устанавливаются параметры этих трёх опций, возникает ошибка, а правильная последовательность может быть получена только опытным путём.

Далее с помощью команд skip выходы МК для интерфейса SPI были передвинуты в правую часть МК EFM8LB12 (см. рис. 29). На этом же рисунке показано единственное место, куда следует подключить внешний кварцевый генератор (EXTCLK, порт P0.3, четвёртый вывод).

После того как с помощью конфигуратора Simplicity Studio сгенерирована программа инициализации устройства (InitDevice.c), которая состоит из 9 подпрограмм и основной программы (main.c), включающей подпрограмму инициализации и состоящей из единственного оператора бесконечного цикла обращения к себе (while(1);), эту основную программу можно оттранслировать и получить её загрузочный hex-файл, который можно запрограммировать в МК.

Эту программу автор отредактировал, вставив в неё две стандартные подпрограммы ввода и вывода байта по интерфейсу SPI, задав массив размерностью 1024 байта (xdata unsigned char INARRAY[1024];) и вставив в основную программу ввод и вывод массива по интерфейсу SPI.

Основная программа, таким образом, очень проста и включает в себя, помимо прочего, всего два цикла. Первый цикл четырежды принимает массив данных объёмом 1024 байт по интерфейсу SPI (листинг 1).

Второй цикл четырежды выводит этот же массив по интерфейсу SPI, но только в обратном порядке (листинг 2).

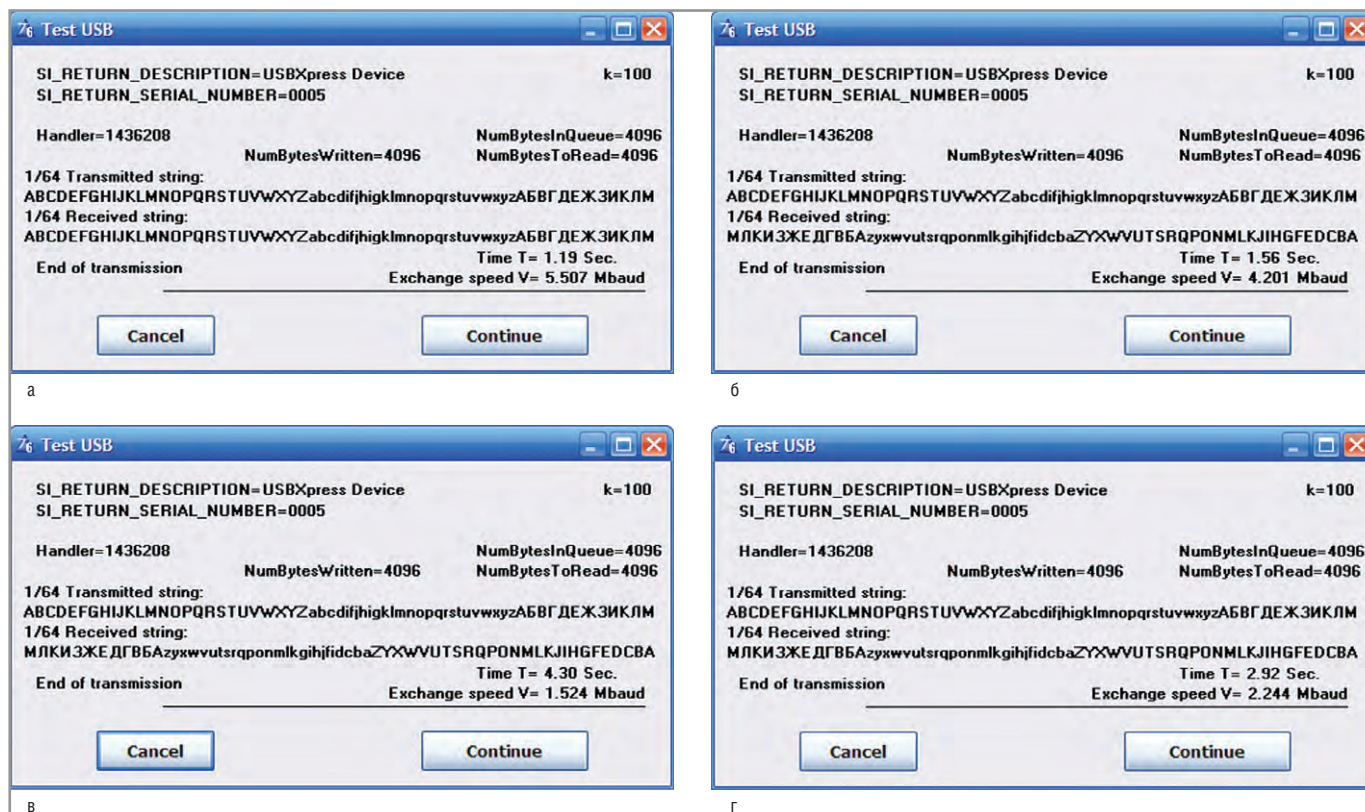


Рис. 30. Скриншоты работы программ: а – оригинальная программа Simplicity Studio (echo); б – программа автора с пропуском обмена по SPI (обмен только по USB всех четырёх устройств); в – обмен USB+SPI МК C8051F061 с устройством с четырёхпроводным изолированным SPI (см. рис. 21) и устройством с неизолированным SPI (см. рис. 19); г – обмен USB+SPI МК EFM8LB12 с устройством с неизолированным SPI (см. рис. 19) и устройством с изолированным USB (см. рис. 22)

Как видно из порядка итерации во втором цикле, она происходит с уменьшением переменной итерации i от 1024 до 1, тогда как в первом цикле итерация происходит с увеличением i от 0 до 1023.

В связи с этим массив INARRAY выводится в обратном порядке, т.е. первым выводится последний элемент массива, вторым – предпоследний и т.п., а последним – первый элемент массива.

Эта программа была оттранслирована, получен её hex-файл, который и был «зашит» в EFM8LB12.

Как ни странно, при первом же запуске программа заработала, поэтому сгенерированные тексты для девяти упомянутых подпрограмм инициализации устройств микроконтроллера автор посчитал правильными и разбираться в них не стал.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ

Тестирование устройств проводилось в следующей последовательности.

Вначале тестировались все четыре устройства на базе МК EFM8UB1, работающие исключительно по интерфейсу USB, для чего в программах автора обмен по интерфейсу SPI был пропущен. Кроме того, тестировалась оригинальная

Листинг 1

```
for (k = 0; k < 4; k++) {
    for (i = 0; i < 1024; i++) {           // Приняли
        INARRAY[i] = inspi();             // входной массив
    }                                       // INARRAY[i] 1024 байт
}                                           // 4 раза.
```

Листинг 2

```
for (k = 0; k < 4; k++) {                 // Вывели
    for (i = 1024; i != 0; i--) {         // принятый массив
        outspi(INARRAY[i - 1]);          // INARRAY[i]
    }                                     // в обратном порядке.
}                                           // 4 раза.
```

программа USBXpress_Echo, в которой обмен осуществляется только по USB.

Результаты работы программ показаны на рисунке 30 при различных режимах работы МК EFM8UB1, C8051F061 и EFM8LB12. Рисунок 30а иллюстрирует работу программы USBExpress_Echo, а рисунок 30б – работу программы автора, когда обмен по SPI пропущен. Для этого последовательно в МК EFM8UB1 всех четырёх устройств вначале была загружена программа USBExpress_Echo, а затем программы автора, работающие

только с интерфейсом USB (т.е. с пропуском обмена по SPI).

Скорость обмена по USB, как это следует из программы на ПК, составляет:

$$V = ((8 \cdot 2 \cdot 4096 \cdot 100 \text{ [бит]}) / T[\text{с}]) / 1000000, \quad (1)$$

где T – время в секундах. Эта формула получена из следующих соображений. Пакет данных объемом 4096 байт (отсюда коэффициент 4096) передаётся из ПК в МК и обратно (отсюда коэффициент 2) 100 раз (отсюда коэффициент 100). 1 байт содержит

8 бит (отсюда коэффициент 8), и один Мбод содержит 1000000 бод (отсюда коэффициент 1000000).

Например, из рисунка 30б следует, что время обмена составляет 1,56 с, поэтому скорость обмена в соответствии с (1) будет:

$$V = ((8 \cdot 2^{4096,0} \cdot 100 [\text{бит}]) / 1,56 [\text{с}]) / 1000000,0 = 4,201 \text{ Мбод},$$

что и отражает этот снимок экрана.

Из рисунка 30а видно, что обмен по USB в программе USBXpress_echo занимает время 1,19 с, а скорость обмена составляет 5,507 Мбод, т.е. немного выше, чем в программе автора (4,201 Мбод на рисунке 30б). Это, вероятно, можно объяснить тем, что некоторую часть времени обмен по USB идёт в дуплексном режиме, т.е. осуществляется одновременный приём и передача информации. Этому способствует программа USBXpress_Echo, а конкретно – подпрограмма Buffers, входящая в состав USBXpress_Echo.

В программе автора обмен по USB осуществляется только в полудуплексном режиме, т.е. вначале весь массив 4 КиБ передаётся в МК, принимается им, а затем этот же массив передаётся обратно в ПК (т.е. в один и тот же момент времени осуществляется либо приём, либо передача). Такая последовательность обмена специально предназначена для того, чтобы можно было осуществить ещё и обмен по интерфейсу SPI. Соображения, по которым написана формула (1), отражают именно такую последовательность обмена. В связи с этим скорость обмена на рисунке 30а вычислена некорректно, а потому не совсем соответствует действительности.

Далее устройства тестировались в режиме работы по интерфейсам USB и SPI.

Для этого в устройства, работающие в четырёхпроводном режиме (с неизолированным и изолированным интерфейсом SPI), загружалась программа, в которой интерфейс SPI был инициализирован для работы в четырёхпроводном режиме. А в устройство с изолированным интерфейсом SPI, работающее в трёхпроводном режиме, загружалась программа, в которой интерфейс SPI был инициализирован для работы в трёхпроводном режиме.

Далее к макетной плате с МК C8051F061, частота кварцевого резонатора которого составляла 20,97152 МГц, были подключены три устройства с неизолированным и изолированным интерфейсом SPI. Устройство с изолированным интерфейсом USB к макетной плате

с относительно медленным микроконтроллером C8051F061 не подключалось, т.к. это высокоскоростное устройство подключать нет смысла, поскольку его применение является избыточным.

Вначале была установлена частота сигнала SCK (в SPI) $F_{\text{sck}} = 3,33 \text{ МГц}$ (SPI0CKR=2), которая являлась максимальной для устройств преобразователей USB–SPI на базе МК C8051F321 [1]. При такой частоте F_{sck} все три устройства работали и показали идеальный результат.

Далее частота F_{sck} была увеличена до 5,24 МГц (SPI0CKR=1). При этой частоте устройство изолированного интерфейса SPI с трёхпроводным режимом отказалось работать, а остальные два устройства показали идеальную работу.

И, наконец, частота F_{sck} была ещё увеличена до 10,5 МГц (SPI0CKR=0). При этой частоте два устройства с четырёхпроводным режимом SPI (с изолированным и неизолированным SPI) также показали идеальный результат, который отражён на рисунке 30в. Как видно из этого скриншота, время обмена по USB+SPI составило 4,3 с. Если из этого времени вычесть время работы только по интерфейсу USB, равное 1,56 с (см. рис. 30б), то получим время работы по интерфейсу SPI – это 2,74 с. Подставив его в формулу (1), можно получить скорость работы интерфейса SPI, равную 2,39 Мбод.

Отсюда вывод: применение МК EFM8UB1 вместо C8051F321 в преобразователе USB–SPI увеличивает скорость обмена более чем в три раза (10,5 МГц / 3,33 МГц = 3,15) при работе с МК C8051F061.

Здесь следует сделать некоторое пояснение относительно оптимального выбора частоты кварцевого резонатора, который определяет скорость обмена по SPI. Напомним, что максимальная частота работы МК C8051F061/67 составляет 25 МГц.

Пусть имеется два кварцевых резонатора с частотами, равными, например, 20,97152 и 23,59296 МГц. Эти частоты выбраны не случайно. Число 20971520 = 65536 × 320, а 23592960 = 65536 × 360. Это позволяет с помощью таких частот получить очень точные интервалы времени, равные 0,1 с. Если, например, системную тактовую частоту завести на таймер/счётчик 0 (C/T0), выход которого подключить к счётчику PCA (PCA counter/timer, PCA – Programmable Counter Array – программируемый массив счётчиков), то при переполнении C/T0 будет давать частоту, равную

системной (SYSCLK), делённой на 65536. Если SYSCLK = 20,97152 МГц, то на счётчик PCA будет подаваться частота 320 Гц. При SYSCLK = 23,59296 МГц на счётчик будет подаваться частота 360 Гц. Разделив, соответственно, 320 на 32 и 360 на 36, счётчик будет переполняться с частотой 10 Гц, или, другими словами, выдавать точные интервалы времени по 0,1 с. Более подробно о том, как с ними работать, можно ознакомиться в статье [2].

Здесь же эти два резонатора приведены совсем для другой цели. А именно, чтобы ответить на вопрос: какой из них выбрать? На первый взгляд кажется, что чем больше частота резонатора и чем она ближе к максимальной (25 МГц), тем лучше, поэтому лучший выбор – резонатор с частотой 23,59296 МГц. Однако это не так. И вот почему. В микроконтроллере частота следования импульсов синхронизации SCK (F_{sck}) в интерфейсе SPI определяется значением регистра SPI0CKR по следующей формуле:

$$F_{\text{sck}} = \text{SYSCLK} / (2 \times (\text{SPI0CKR} + 1)),$$

где SYSCLK – значение системной тактовой частоты работы МК. Если, например, SYSCLK = 20,97152 МГц, а SPI0CKR = 1, то $F_{\text{sck}} = 20,97152 \text{ МГц} / (2 \times (1 + 1)) = 5,24288 \text{ МГц} \approx 5,24 \text{ МГц}$. Если SPI0CKR = 0, то $F_{\text{sck}} = 10,48576 \text{ МГц} \approx 10,5 \text{ МГц}$. Если SYSCLK = 23,59296 МГц, то при SPI0CKR = 1 $F_{\text{sck}} = 5,89824 \text{ МГц} \approx 5,9 \text{ МГц}$, а при SPI0CKR = 0 $F_{\text{sck}} = 11,79648 \text{ МГц} \approx 11,8 \text{ МГц}$.

У автора были в наличии оба резонатора. Их использование показало следующее.

При $F_{\text{sck}} = 11,8 \text{ МГц}$ ни одно из устройств не работало, а при $F_{\text{sck}} = 10,5 \text{ МГц}$, как уже было упомянуто ранее, работали устройства с четырёхпроводным интерфейсом SPI (изолированным и неизолированным). Поэтому, выбрав резонатор с частотой 23,59296 МГц, для работы устройств придётся установить SPI0CKR = 1, который даёт $F_{\text{sck}} = 5,9 \text{ МГц}$, что почти в два раза меньше, чем 10,5 МГц. Отсюда вывод: в данном случае подходит только резонатор частотой 20,97152 МГц. И не всегда чем выше тактовая частота резонатора, тем лучше.

Далее все четыре устройства были последовательно подключены к макетной плате с МК EFM8LB12 (с частотой внешнего кварцевого генератора 50 МГц).

Самую низкую скорость обмена по интерфейсу SPI показало устройство изолированного интерфейса SPI, работающее в трёхпроводном режиме. Оно работоспособно только при $F_{\text{sck}} = 4,16 \text{ МГц}$ (SPI0CKR = 5). Время обмена составило 4,4 с, а скорость обмена – 1,524 Мбод.

Следующее по быстродействию – устройство с изолированным интерфейсом SPI, работающее в четырёхпроводном режиме. Для него частота $F_{\text{ск}} = 12,5$ МГц ($\text{SPICKR} = 1$), время обмена равно 3,14 с и скорость – 2,087 Мбод. Здесь необходимо заметить, что такая частота $F_{\text{ск}}$ обмена по интерфейсу SPI принята для EFM8LB12 по умолчанию ($\text{SPICKR} = 1$). Она в четыре раза меньше системной частоты (SYSCLK), составляющей в данном случае 50 МГц.

И, наконец, самое скоростное – устройство с неизолированным интерфейсом SPI и устройство с изолированным USB, которые работают в четырёхпроводном режиме SPI. Для них частота $F_{\text{ск}} = 25$ МГц ($\text{SPICKR} = 0$), время обмена составляет 2,92 с, а скорость – 2,244 Мбод. Эти данные взяты из рисунка 30г. Зная время обмена устройств с ПК только по интерфейсу USB, равное 1,56 с (см рис. 30б), можно определить время обмена только по интерфейсу SPI – 1,36 с. Подставив его в формулу (1), получим скорость обмена только по интерфейсу SPI, равную 4,819 Мбод, что выше скорости обмена только по USB (4,201 Мбод на рисун-

ке 30б). Это означает, что интерфейс SPI по скорости превосходит интерфейс USB (конечно, при соответствующем выборе МК). Здесь следует добавить, что при $F_{\text{ск}} = 25$ МГц идеальная скорость обмена по SPI составляет 25 Мбод, что в два раза превышает скорость обмена по USB в режиме Full Speed (12 Мбод).

Автор решил проверить, а может ли устройство с неизолированным SPI работать ещё быстрее? Дело в том, что МК EFM8LB12 оборудован внутренним генератором (вторым) с тактовой частотой 75 МГц. Для этого EFM8LB12 был переконфигурирован, и в качестве системной была установлена тактовая частота второго внутреннего генератора, которая по умолчанию установилась равной 72 МГц. При этом частота тактирования интерфейса SPI ($F_{\text{ск}}$) установилась равной 36 МГц (при $\text{SPICKR} = 0$). Однако устройство с неизолированным интерфейсом при такой частоте отказалось работать (на экран вывелась строка, состоящая из 64 чёрных прямоугольников, имеющих, как известно, ASCII-код 255). Автор из-за этого ничуть не огорчился, т.к. этим экспериментом был поставлен пре-

дел тактовой частоты, равный 25 МГц, при обмене этого устройства по интерфейсу SPI.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение микроконтроллеров EFM8UB1 в преобразователях интерфейсов USB–SPI кардинально снижает их стоимость и габариты, существенно увеличивает скорость обмена, что делает конструкции подобных преобразователей почти безальтернативным вариантом. Использование таких преобразователей в системах сбора и обработки информации значительно повысит скоростные и надёжные характеристики обмена данными компьютера с микроконтроллером по интерфейсу USB.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Преобразователь интерфейсов USB–SPI с гальванической развязкой. Современная электроника. 2012. № 1, 2.
2. Кузьминов А. Как заставить встроенный в микроконтроллер АЦП поразрядного уравнивания работать с разрешением дельта-сигма-АЦП. Современная электроника. 2012. № 3.



НОВЫЙ

X86 МИКРОКОНТРОЛЛЕР RDC HB301

Основные достоинства

- Совместимость с популярной x86-архитектурой
- Обширные периферийные возможности
- Низкие затраты на разработку ПО
- Невысокая стоимость

Области применения

- Промышленные компьютеры
- Системы сбора данных
- Оборудование для коммуникаций: коммутаторы пакетов, точки доступа, локальные маршрутизаторы

Технические характеристики

- 300 МГц 32-бит ядро (архитектура 80486SX)
- Двухпортовый хост-контроллер USB 2.0
- Контроллер PCI rev. 2.1
- 2 контроллера Fast Ethernet MAC
- Встроенный контроллер памяти DR/DDR/DDR2

- Интегрированная периферия
 - контроллер прерываний
 - контроллер DMA
 - таймеры
- 25 портов ввода-вывода общего назначения
- Поддержка Windows, DOS, Linux и других ОС

Доступны набор для разработчиков и полный комплект технической документации

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RDC НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ, СТРАН СНГ И БАЛТИИ

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU

Реклама

ШИМ на микроконтроллере ATTINY2313-PU

Сергей Шишкин (г. Саров, Нижегородская область)

В статье представлено устройство, реализующее широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) на базе микроконтроллера ATTiny2313.

Для реализации ШИМ в микроконтроллере задействован таймер/счётчик T/C1, работающий в режиме Phase Correct PWM (ШИМ, корректный по фазе).

В ATTiny2313 предусмотрены два таймера/счётчика общего назначения: 8-разрядный (T/C0) и 16-разрядный (T/C1). Оба они могут работать в режиме ШИМ. Рассмотрим подробнее все особенности работы T/C1 указанного микроконтроллера в режиме ШИМ. Модуль T/C1 поддерживает следующие режимы работы:

- Normal (нормальный режим);
- CTC (сброс при совпадении);
- Phase Correct PWM (ШИМ, корректный по фазе);
- Phase Correct and Frequency Correct PWM (ШИМ, корректный по фазе и частоте);
- Fast PWM (быстрый ШИМ).

Микроконтроллер в представленном устройстве, как уже упоминалось, работает в режиме Phase Correct PWM (ШИМ, корректный по фазе). Рассмотрим детально данный режим работы.

В качестве источников импульсов для таймера можно выбрать сигнал с тактовой частотой микроконтроллера (СК), импульсы предварительного делителя (СК/8, СК/64, СК/256, СК/1024) или импульсы с соответствующего внешнего вывода.

Для управления T/C1 используются два регистра. Это регистры TCCR1A и TCCR1B. Биты регистра TCCR1A приведены в таблице 1. Биты 7 (COM1A1) и 6 (COM1A0) – выбор режима работы

выхода совпадения порта A (вывод 15 микроконтроллера). Биты 5 (COM1B1) и 4 (COM1B0) – выбор режима работы выхода совпадения порта B (вывод 16 микроконтроллера). Соответствие значений битов 7, 6, а также битов 5, 4 режимам работы портов A и B в режиме Phase Correct PWM (или Phase Correct and Frequency Correct) приведено в таблице 2. Выбор данных режимов осуществляется при помощи бита WGM13 в регистре TCCR1B. Биты 2, 3 регистра TCCR1A зарезервированы и всегда читаются как 0. Настройка работы T/C1 битами WGM11, WGM10 для режима Phase Correct PWM приведена в таблице 3.

Биты регистра TCCR1B приведены в таблице 4. Бит 7 (ICNC1) разрешает работу шумоподавителя на входе захвата. Если ICNC1 = 0, то подавление входного шума входа захвата запрещено. Установка этого бита в единицу активизирует схему шумоподавителя на входе захвата. При этом захват срабатывает по первому заданному (нарастающему или спадающему) фронту сигнала на входе ICP1. При установке бита обрабатываются четыре последовательные выборки сигнала на входе ICP1. Для срабатывания захвата все выборки должны соответствовать уровню, заданному битом ICES1. Частота выборки равна тактовой частоте генератора. Бит 6 (ICES1) определяет выбор фронта захвата сигнала. Если ICES1 = 0, содержимое T/C1 переписывается в регистр захвата по спадающему фронту на входе ICP. Если бит установлен – по нарастающему. Бит 5 зарезервирован и всегда читается как 0. Биты 4, 3 (WGM13, WGM12) служат для выбора режима генерации сигнала. Биты 2, 1, 0 (CS12, CS11, CS10) предназначены для выбора тактовой частоты. Эти биты задают коэффициент предварительного деления для T/C1. Соответствие настроек указанных битов режимам работы T/C1 приведено в таблице 5.

В режиме Phase Correct PWM таймер/счётчик T/C1 можно использовать как 8-, 9- или 10-разрядный широтно-импульсный модулятор. В этом случае счётчик и регистр OCR1A (OCR1B) работают как защищённый от дребезга независимый ШИМ с отцентрированными импульсами.

Таблица 1. Перечень битов регистра TCCR1A микроконтроллера ATTiny2313

Номер бита	7	6	5	4	3	2	1	0
Название бита	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	–	–	WGM11	WGM10
Чтение (R) / Запись (W)	R/W	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W
Начальное значение	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2. Настройка линии OCA1/OCB1

COM1A1/ COM1B1	COM1A0/ COM1B0	Режим работы линии OCA1 (порт A)/OCB1 (порт B)
0	0	Обычные операции с портом. Сигналы OCA1/OCB1 не подключены
0	1	WGM13 = 0. Обычные операции с портом. Сигналы OCA1/OCB1 не подключены WGM13 = 1. Переключение OCA1 в момент совпадения
1	0	Очистка OCA1/OCB1 в момент совпадения при прямом счёте. Сброс OCA1/OCB1 в момент совпадения при обратном счёте
1	1	Установка OCA1/OCB1 в момент совпадения при прямом счёте. Сброс OCA1/OCB1 в момент совпадения при обратном счёте

Таблица 3. Настройка работы T/C1 в режиме Phase Correct PWM

PWM11	PWM10	Режим работы T/C1
0	0	Работа ШИМ запрещена (Normal)
0	1	8-разрядный ШИМ (Phase Correct PWM)
1	0	9-разрядный ШИМ (Phase Correct PWM)
1	1	10-разрядный ШИМ (Phase Correct PWM)

Таблица 4. Биты регистра TCCR1B микроконтроллера ATTiny2313

Номер бита	7	6	5	4	3	2	1	0
Название бита	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10
Чтение (R) / Запись (W)	R/W	R/W	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W
Начальное значение	0	0	0	0	0	0	0	0

При выборе режима широтно-импульсной модуляции таймер/счётчик Т/С1 и регистр совпадения OCR1A (OCR1B) формируют 8-, 9- или 10-разрядный непрерывный, свободный от «дрожания» и правильный по фазе сигнал, подающийся на вывод 15 (вывод 16 для OCR1B) микроконтроллера. Т/С1 работает как реверсивный счётчик, считающий от нуля до конечного значения. Конечное значение таймера и соответствующая частота ШИМ приведены в таблице 6.

При достижении конечного значения счётчик начинает считать в обратную сторону до нуля, после чего рабочий цикл повторяется. Когда значение счётчика совпадёт с 8, 9 или 10, в зависимости от выбранной разрядности, младшими битами регистра OCR1A (OCR1B), вывод 15 (вывод 16 для OCR1B) устанавливается или сбрасывается в соответствии с установками битов COM1A1 и COM1A0 (COM1B1 и COM1B0 для порта В) в регистре TCCR1A (см. таблицу 2). В целом, программные ресурсы данного микроконтроллера ATtiny2313 позволяют реализовать ШИМ с достаточно гибким управлением и с большим диапазоном задаваемых частот.

Принципиальная схема широтно-импульсного модулятора (далее – устройства) на базе микроконтроллера ATtiny2313-PU представлена на рисунке 1.

В устройстве задействован 8-разрядный Phase Correct PWM с выходом OCA1. Поэтому в регистр TCCR1A загружается число 0b11000001. Для согласования двухразрядного числа, индицируемого на индикаторах HG1 и HG2, с конечным значением таймера/счётчика Т/С1, в программе заложена формула: $Y = 2,5 \times X$, где X – число, индицируемое на индикаторах, Y – число, загружаемое в Т/С1. На дисплее в этом случае индицируется относительная величина (в %) загрузки числа в счётчик. Реально в счётчик загружается число от 0 до 247.

Индикатор HL1 включается с вывода 11 микроконтроллера DD1. Через порт В микроконтроллер DD1 управляет клавиатурой (кнопки S1...S3) и динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT1, VT2 и цифровых семисегментных индикаторах HG1, HG2. Резисторы R4...R11 выполняют функцию токоограничителей для сегментов индикаторов HG1, HG2. Коды для включения индикаторов HG1, HG2 при функционировании динамической индикации посту-

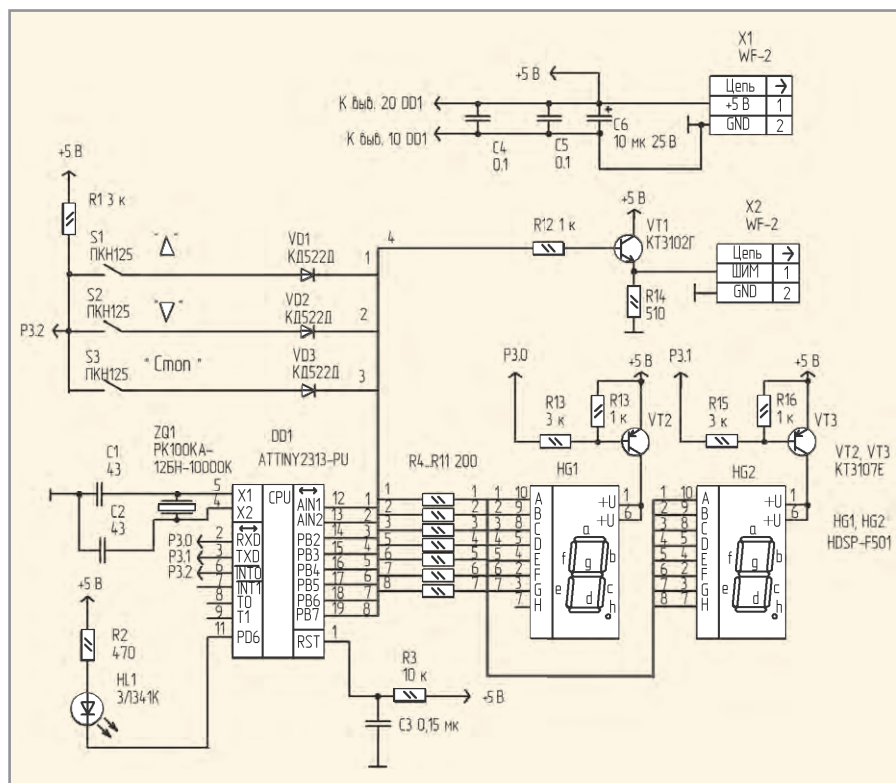


Рис. 1. Принципиальная схема широтно-импульсного модулятора

Таблица 5. Настройка тактовой частоты работы Т/С1

CS12	CS11	CS10	Режим работы Т/С1
0	0	0	Т/С1 остановлен
0	0	1	СК
0	1	0	СК/8
0	1	1	СК/64
1	0	0	СК/256
1	0	1	СК/1024
1	1	0	Внешний источник сигнала на входе Т/С1. Спадающий фронт на выводе Т/С1.
1	1	1	Внешний источник сигнала на входе Т/С1. Нарастающий фронт на выводе Т/С1

Таблица 6. Параметры ШИМ и значение таймера

Разрешение ШИМ	Конечное значение таймера	Частота ШИМ
8 бит	\$00FF (255)	Ftc/510
9 бит	\$01FF (511)	Ftc/1022
10 бит	\$03FF (1023)	Ftc/2046

пают на порт В микроконтроллера DD1. Для функционирования клавиатуры задействован также вывод 6 микроконтроллера DD1. Выходной сигнал ШИМ поступает на контакт 1 соединителя X2 с выхода эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе VT1. Рабочая частота 10 МГц микроконтроллера задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1.

Элементы интерфейса устройства: клавиатура (кнопки S1...S3), индикатор HL1 и блок индикации (дисплей), состоящий из двух цифровых семисегментных индикаторов HG1, HG2. Кнопки клавиатуры имеют следующие назначения:

- S1 (Δ) – увеличение на единицу значения ШИМ (в %) при удержании данной кнопки в нажатом состоянии не более двух секунд (при нажатии более двух секунд значение ШИМ, индицируемое на дисплее, увеличивается на пять единиц за одну секунду);
- S2 (∇) – уменьшение на единицу значения ШИМ (в %) при удержании данной кнопки в нажатом состоянии не более двух секунд (при нажатии более двух секунд значение ШИМ, индицируемое на дисплее, уменьшается на пять единиц за одну секунду);
- S3 (C) – выключение ШИМ (при выключении ШИМ выключается

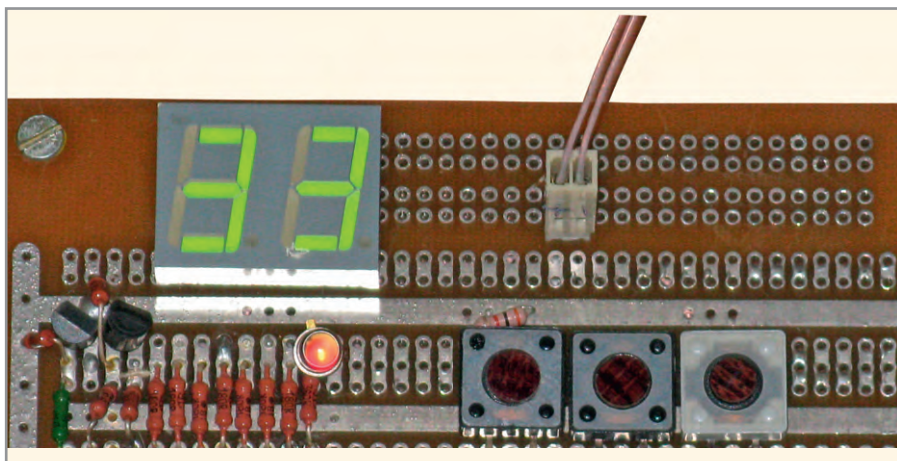


Рис. 2. Интерфейс широтно-импульсного модулятора

индикатор HL1, на выводе 15 микроконтроллера – логическая «1»).

Фотография интерфейса устройства на макетной плате приведена на рисунке 2.

Для включения ШИМ достаточно нажать кнопку S1 или S2. При включённом ШИМ индикатор HL1, соответственно, тоже включён.

Системный сброс микроконтроллера DD1 осуществляется сигналом низкого уровня, через RC-цепь (резистор R3, конденсатор C3). При инициализации индикатор HL1 отключён. На индикаторах HG1, HG2 индицируются нули. Для перевода устройства в рабочий режим необходимо кнопками S1, S2 установить необходимое значение ШИМ. При этом включится индикатор HL1. Для отключения ШИМ необходимо нажать на кнопку S3. На выводе 15 микроконтроллера при этом установится логическая «1».

Программа микроконтроллера состоит из трёх основных частей: процедура инициализации, основная программа, работающая в замкнутом цикле, и подпрограмма обработки прерывания от таймера/счётчика T/C0 (соответственно, метки INIT, SE1, S0).

В основной программе происходит инкремент и декремент заданного значения ШИМ.

В подпрограмме обработки прерывания от таймера/счётчика T/C0 происходит опрос клавиатуры и перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на семисегментных индикаторах, а также отображения разрядов в динамической индикации. В памяти данных микроконтроллера с адреса \$60 по \$61 организован буфер отображения для динамической индикации.

Каждый байт из функциональной группы в цикле, в подпрограмме обработки прерывания таймера T/C0 (метка S0), после перекодировки выводится в порт В микроконтроллера. Для включения индикаторов HG1, HG2 необходимо установить логический «0» на выводах 2 и 3 микроконтроллера DD1. Например, для того чтобы на индикаторе HG1 индицировалось число «1», необходимо двоично-десятичное число, расположенное по адресу \$60, перекодировать, вывести в порт В микроконтроллера и установить логический «0» на выводе 2 (порт D) микроконтроллера DD1. Записывая поочерёдно после перекодировки, в цикле, в порт В микроконтроллера байты из функциональной группы буфера отображения и логический «0» на соответствующий вывод порта D, мы получаем режим динамической индикации.

В процессе обработки подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры. Младшая тетрада выводимого при этом в порт В микроконтроллера байта для клавиатуры представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт В микроконтроллер DD1 анализирует сигнал на входе 6 порта D. В рамках подпрограммы, при любой нажатой кнопке, на входе 6 микроконтроллера присутствует логический «0». Таким образом, каждая кнопка клавиатуры «привязана» к «своему» разряду в младшей тетраде байта данных, выводимого в порт В микроконтроллера для опроса клавиатуры.

При нажатии на кнопку S1 текущее значение ШИМ на дисплее увеличивается на единицу и устанавливается флаг, разрешающий увеличивать значение ШИМ, индицируемое на дис-

плее. Одновременно запускается счётчик, организованный на регистре R2, формирующий интервал в две секунды. Если кнопка удерживается более двух секунд, значение ШИМ, индицируемое на дисплее, увеличивается на пять единиц за одну секунду. Интервал времени, в течение которого происходит увеличение значения, организован в регистре R1. При отпускании кнопки S1 все указанные счётчики обнуляются.

Аналогичным образом организована работа кнопки S2 для уменьшения значения ШИМ, индицируемого на дисплее. При нажатии на кнопку S2 текущее значение времени на дисплее уменьшается на единицу. Если кнопка удерживается более двух секунд, значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на пять единиц за одну секунду. Счётчики приведённого алгоритма для кнопки S2 организованы, соответственно, в регистрах R3, R4. В листинге 1 (исходный текст программы содержится в архиве, который доступен для загрузки на сайте журнала www.soel.ru) приведён фрагмент программы работы клавиатуры.

В регистре R22 осуществляется выбор разрядов в динамической индикации. При инициализации в R22 заносится число 0b00000001. При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания единица сдвигается влево, подготавливая включение следующего разряда. В подпрограмме также осуществляется проверка, не вышла ли единица за пределы разрядной сетки, т.е. после числа 0b00000100 в R22 загружается снова 0b00000001. Все флаги, которые используются при работе программы, выполнены на регистрах R24, R25. Назначение каждого флага приведено в тексте программы.

Разработанная программа на ассемблере (см. листинг 2 – исходный текст программы содержится в архиве, который доступен для загрузки на сайте журнала www.soel.ru) занимает порядка 0,7 кбайт памяти программ микроконтроллера. Потребление тока по каналу напряжения +5 В составляет не более 100 мА. В схеме, представленной на рисунке 1, применены конденсаторы C1...C5 типа K10-17а. Конденсатор C6 – типа K50-35. Данный конденсатор устанавливается между цепью +5 В и общим проводником микроконтроллера DD1. Применены резисторы типа C2-33Н-0.125.





www.lamsystems.ru

LAMSysteMS

ОСНАЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ
И ЛАБОРАТОРИЙ
С ВЫСОКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ
К ЧИСТОТЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ЧИСТАЯ ЗОНА
НАД УСТАНОВКОЙ
ЭПИТАКСИИ КАРБИДА
КРЕМНИЯ



ЧИСТАЯ ЗОНА –
СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫЙ
ЦЕХ МИКРОПЛАТ



ЧИСТАЯ ЗОНА
ДЛЯ ЮСТИРОВКИ ПРИЗМ



ЧИСТАЯ ЗОНА
ДЛЯ СБОРКИ МИКРОСХЕМ



ЧИСТАЯ ЗОНА
ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ



ЧИСТАЯ ЗОНА
С НЕАКТИВНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ



ЧИСТЫЕ ЗОНЫ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПО ФОТОЛИТОГРАФИИ



ЧИСТАЯ ЗОНА СО СВЕТОПОГЛОЩАЮЩЕЙ
ЧЕРНОЙ МАТОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ



ЧИСТАЯ ЗОНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАМИНАРНЫЕ БОКСЫ
ВЫТЯЖНЫЕ ШКАФЫ
ЧИСТЫЕ ЗОНЫ
ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

+7 (3513) 255 - 255 sale@lamsys.ru

ОДЕЖДА ДЛЯ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
АНТИСТАТИЧЕСКАЯ ОДЕЖДА
СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

+7 (3513) 257 - 257 mail@lamsystems-lto.ru

Акустический автомат лестничного освещения

Александр Одинец (г. Минск, Беларусь)

В статье рассмотрен автомат, включающий лампу накаливания по звуковому сигналу на время от 10 секунд до 1 минуты. Выдержка продлевается по мере поступления новых звуковых сигналов. Автомат дополнен функциями защиты нити лампы накаливания и регулятором яркости для увеличения её срока службы.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Довольно часто встречается ситуация, когда на лестничных площадках, в подсобных помещениях, ванных комнатах и т.п. освещение забывают выключить, и лампа долго горит без надобности, расходуя электроэнергию. Подобной ситуации можно избежать, если собрать

несложный акустический автомат, включающий лампу по звуковому сигналу на заданный промежуток времени. При этом длительность выдержки будет автоматически продлеваться по мере повторного поступления звуковых сигналов.

Существующие конструкции автоматов лестничного освещения либо слож-

ны схемотехнически, либо содержат микроконтроллер, что требует использования программатора и специализированного ПО, либо такие автоматы функционально ограничены и не обладают функциями защиты лампы накаливания.

Известно, что в большинстве случаев лампа выходит из строя именно в момент включения, ещё не исчерпав свой рабочий ресурс. Происходит это из-за скачка тока, когда сопротивление холодной нити в несколько раз меньше, чем её сопротивление в нагретом состоянии. При этом амплитуда тока достигает нескольких ампер, что приводит к быстрому разрушению нити. Также замечено, что если эксплуатировать лампу не на максимальной яркости, а при значении 70–80% от максимума, испарение спирали заметно уменьшается. Поэтому, дополнив автомат регулятором яркости и функцией защиты лампы, можно значительно продлить срок её службы.

Как и в базовом варианте [1], в данной конструкции в качестве коммутирующего элемента применён симистор, что, по сравнению с аналогичными, тиристорными вариантами конструкций, позволило сократить количество силовых элементов с пяти до одного. Кроме того, в отличие от базовой версии, микрофонный усилитель выполнен на ОУ, что позволило значительно повысить чувствительность автомата. В итоге получилось более надёжное устройство (при меньшем количестве компонентов), реализующее лучшие характеристики с меньшими аппаратными затратами.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

Принципиальная электрическая схема автомата показана на рисунке 1. Автомат содержит:

- стабилизатор напряжения +15 В на элементах R1, R2, VD1, VD2, C1–C3, DA1;
- схему одновибратора для выделения моментов перехода сетевого напряжения через ноль – R5, R6, DD1.1, DD1.2;
- схему управления яркостью – VT1, R11, C6, DD1.3, DD1.4;
- ключевой транзистор VT2;
- коммутирующий симистор VS1;
- одновибратор-формирователь импульса сброса таймера на элементах DD2.1, DD2.2;

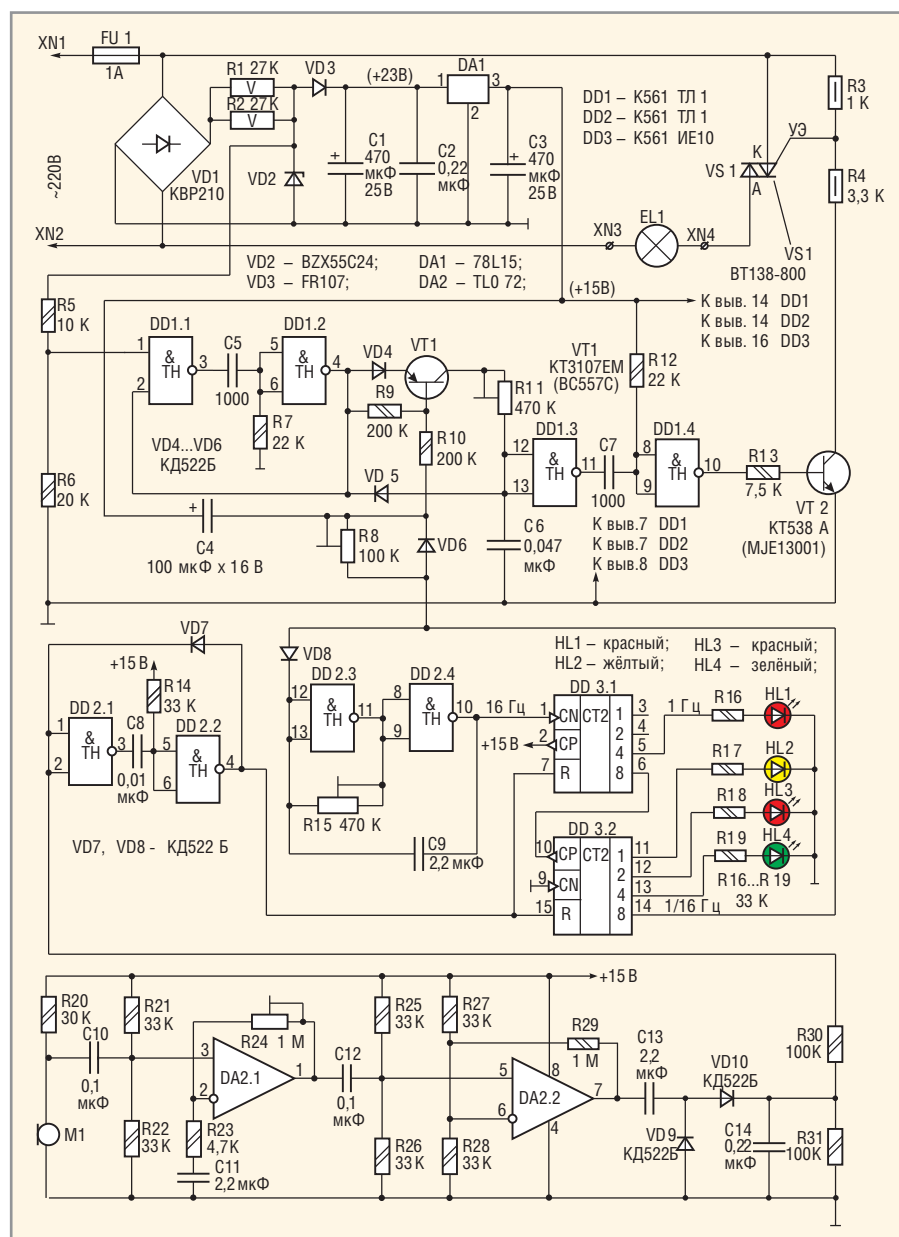


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема акустического автомата лестничного освещения

- таймер, состоящий из задающего генератора на элементах DD2.3, DD2.4 и счётчиков DD3.1 и DD3.2;
- усилитель сигналов звуковой частоты на ОУ DA1.1 и DA1.2;
- диодный выпрямитель VD9, VD10;
- интегрирующий конденсатор C14.

Работает автомат следующим образом. На катоде стабилитрона VD2 в момент перехода сетевого напряжения через ноль формируются короткие отрицательные импульсы пилообразной формы. Из этих импульсов одновибратор, собранный на элементах DD1.1 и DD1.2, формирует на выходе короткие отрицательные импульсы, но уже прямоугольной формы. Диод VD3 предотвращает влияние заряженного конденсатора C1 на вход одновибратора.

Каждый выходной отрицательный импульс одновибратора через диод VD5 быстро разряжает конденсатор C6 и устанавливает на входах элемента DD1.3 напряжение, которое значительно ниже порогового (около 0,7 В). При этом ключевой транзистор VT2 и симистор VS1 закрыты. Лампа выключена. По мере зарядки конденсатора C4 начинает открываться транзистор VT1, т.е. сопро-

тивление его перехода эмиттер-коллектор уменьшается. Это сопротивление, в совокупности с сопротивлением введённой части подстроечного резистора R11, определяет постоянную времени заряда конденсатора C6, от которой, в свою очередь, зависит яркость лампы. Чем больше постоянная времени R11–C6, тем меньше мощность, отдаваемая в нагрузку, и наоборот. Такой способ управления яркостью лампы называется фазоимпульсным.

При достижении на конденсаторе C6 напряжения порогового значения элемента DD1.3, на его выходе формируется отрицательный перепад напряжения, который, дифференцируясь цепочкой C7–R12 и инвертируясь элементом DD1.4, приводит к открыванию транзистора VT2 и симистора VS1. Открытый симистор подключает лампу накаливания к сети и лампа загорается. Яркость лампы накаливания можно установить резистором R11 в пределах от 0 до 70%, чего вполне достаточно для освещения лестничной площадки. Кроме того, при яркости около 70% от максимальной обеспечивается наиболее благоприятный режим работы нити лампы накаливания.

При появлении звуковых сигналов (звуки шагов или открывания дверей, разговор и т.п.) на выходе микрофона формируется переменное напряжение амплитудой несколько милливольт. Оно усиливается двухкаскадным усилителем переменного напряжения на ОУ DA1.1 и DA1.2, выпрямляется диодами VD9, VD10 и сглаживается конденсатором C14, выполняющим роль интегратора. Далее выпрямленное напряжение через резистор R30 поступает на вход одновибратора, выполненного на элементах DD2.1 и DD2.2. Этот одновибратор формирует короткий положительный импульс, который перезапускает таймер. При этом начинается отсчёт нового временного интервала, длительность которого можно выбирать в пределах от 10 секунд до 1 минуты подстроечным резистором R15. Практическое значение имеет временной интервал длительностью от 15 секунд до 1 минуты, который устанавливают при окончательной настройке автомата. Работа таймера индицируется переключением светодиодов линейки HL1–HL4. При этом время включения лампы накаливания в пределах десятых долей секун-

Уменьшение объёма,

сокращение затрат и повышение эффективности

с применением новейших технологий

в создании DC/DC-преобразователей



XP Power

DC/DC-преобразователи средней и повышенной мощности



Серия ICH 50–150 Вт

- Диапазоны входных напряжений: стандартный (2:1) и широкий (4:1)
- КПД до 90%
- Диапазон рабочих температур –40...+100°C
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 2,5 до 24 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×57,9×12,7 мм



Серия IFH 200 Вт

- Диапазон входных напряжений стандартный (2:1)
- КПД до 90%
- Диапазон рабочих температур –40...+100°C
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 2,5 до 48 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×116,8×13,2 мм



Серия QSB 75–350 Вт

- Диапазоны входных напряжений: стандартный (2:1) и широкий (4:1)
- КПД до 92,5%
- Диапазон рабочих температур –40...+100°C
- Высокая удельная мощность

- Отвод тепла через основание корпуса
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 3,3 до 28 В
- Габариты (Ш×Г×В): 36,8×57,9×12,7 мм; 61×57,9×13,2 мм (QSB150–350)



Серия QSB600 600 Вт

- Диапазон входных напряжений стандартный (2:1)
- КПД до 92%
- Диапазон рабочих температур –40...+100°C
- Высокая удельная мощность

- Отвод тепла через основание корпуса
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 12 до 32 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×116,8×12,7 мм (формат Full Brick Package)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

ProSoft®

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



Реклама

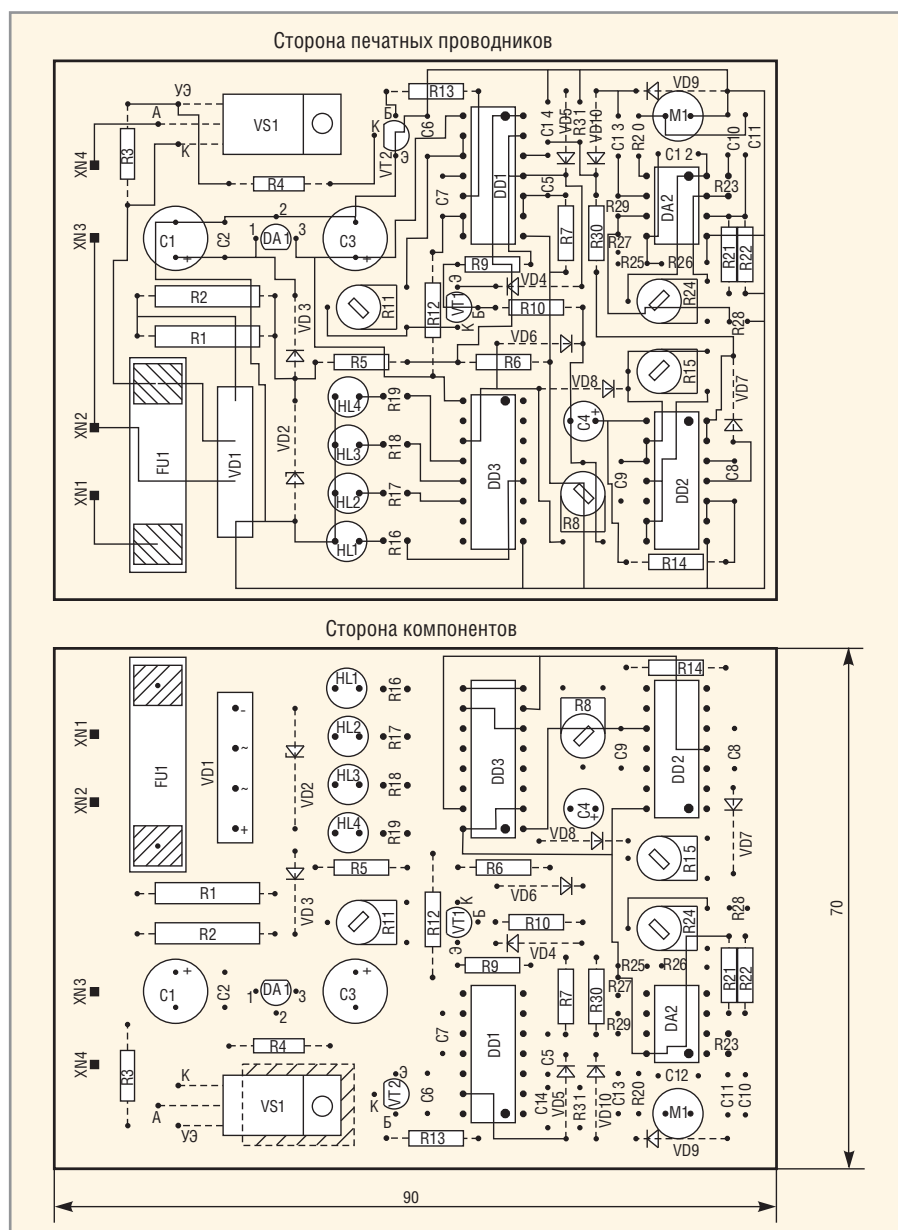


Рис. 2. Печатная плата акустического автомата лестничного освещения

ды устанавливают резистором R8 таким образом, чтобы включение было визуально заметно.

Прямоугольные импульсы с выхода элемента DD2.4 увеличивают состояние счётчика DD3.1, а затем DD3.2, что сопровождается миганием красного светодиода HL1 и последовательным зажиганием HL2–HL4 в соответствии с появлением двоичных кодов на выходах счётчика DD3.2. Уровень логического «0» с выхода самого старшего разряда счётчика DD3.2 (вывод 14) смещает диоды VD6 и VD8 в обратном направлении, что приводит к зарядке конденсатора C4 через резистор R8 и открыванию транзистора VT1. При этом яркость лампы накаливания определяется введённой частью переменного резистора R11 и ёмкостью конденсатора C6.

Если поступление звуковых сигналов будет продолжаться, одновибратор продолжит формировать обнуляющие импульсы, и время выдержки будет продлеваться. Если поступление звуковых сигналов прекратится, одновибратор останется в исходном состоянии и, когда счётчик DD3.2 достигнет своего восьмого состояния, уровень логической «1» откроет диод VD8 и, тем самым, заблокирует работу генератора. Счётчик DD3.2 останется в восьмом состоянии и уровнем логической «1» с выхода своего старшего разряда (вывод 14) закроет транзистор VT1. При этом конденсатор C4 быстро разрядится через диод VD6. Транзистор VT1, а вслед за ним и VT2, закроется. Симистор также будет закрыт, а лампа обесточена, поскольку постоянная времени C6–R11 достаточно велика, и конденсатор C6 не будет успе-

вать разряжаться до порогового напряжения переключения логического элемента DD1.3. Таким образом, лампа накаливания будет выключена до появления следующего звукового сигнала.

Конструкция и детали

Автомат собран на печатной плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита (см. рис. 2) толщиной 1,5 мм размерами 70 × 90 мм. Автомат устанавливается в пластмассовую коробку подходящих размеров. В устройстве применены постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, МЛТ-0,5 (R3, R4), 5-ваттные типа SQP (R1, R2), подстроечные типа СПЗ-386, электролитические конденсаторы типа К50-35 или аналогичные импортные, неполярные конденсаторы К10-17. Микрофон может быть типа CZN-15E, МКЭ-332, МКЭ-333, МКЭ-389-1 (используются в телефонии). На месте стабилизатора VD2 может работать BZX55C22 или аналогичный маломощный с напряжением стабилизации 22...24 В. Диоды VD4–VD10 – любые маломощные кремниевые из серий КД503, КД521, КД522. Использован диодный мост VD1 типа КВР210. На месте симистора VS1 могут работать BT137, BT138, BT139 с минимально допустимым напряжением не менее 400 В. Микросхемы серии К561 заменимы на ИМС серии КР1561 или импортные аналоги серии CD4000AN(BN).

Настройка

Настройка автомата заключается в установке:

- требуемой яркости лампы накаливания с помощью резистора R11;
- времени нарастания яркости лампы от нуля до заданного значения с помощью резистора R8;
- чувствительности усилителя с помощью резистора R24;
- времени выдержки таймера с помощью резистора R15.

При мощности лампы накаливания более 100 Вт симистор необходимо установить на небольшой теплоотвод.

Конструкция не имеет гальванической развязки от сети переменного тока. Все элементы находятся под напряжением ~220 В. При настройке устройства необходимо соблюдать правила техники безопасности и использовать отвёртку с ручкой из изоляционного материала.

Литература

1. Оди́нец А.Л. Акустический автомат лестничного освещения с функцией таймера. Электрик. 2013. №5. С. 45–47.



POWER ELECTRONICS



UFI
Approved
Event

14-я Международная выставка
компонентов и систем
силовой электроники

24-26 октября 2017
Москва, Крокус Экспо

Реклама

Организаторы:



primexpo



ITE

+7 (812) 380 6003 / 07 / 00
power@primexpo.ru

Забронируйте стенд:
powerelectronics.ru

12+



Новости мира News of the World Новости мира

Волноводные системы Росэлектроники способны заменить проводники в микросхемах

Учёные холдинга «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех разработали технологию межкомпонентной оптической связи на основе многослойных полимерных волноводных систем (МПВС), обладающих значительными преимуществами по сравнению с металлическими проводниками, как по скорости передачи данных (более 5 Гбит/с), так и по помехоустойчивости.

При этом МПВС, разработанные московским ЦНИТИ «Техномаш», допускают применение как в высокоплотных радиоэлектронных модулях монолитного исполнения, так и в печатных платах на основе современных материалов. Волноводные системы обладают широкими возможностями использования – в частности, в радиолокационных комплексах, приборах авионики, системах наведения высокоточного оружия, высокопроизводительных компьютерах, а также, например, в автомобилях для обеспечения

бесперебойной работы бортовой управляющей и контролирующей электроники.

Основой МПВС является симметричный планарный волновод, позволяющий канализировать электромагнитную энергию оптического диапазона. При этом самосогласованное (незатухающее) в продольном направлении распределение электрического или магнитного полей по волноводному каналу возможно только для определённых значений углов распространения излучения и соответствующих им эффективных показателей преломления.

Стабильность оптической плотности, показателей преломления, уровня затухания оптического сигнала, скорости передачи информации по одному волноводному каналу МПВС обеспечивается за счёт выбора материалов, сохраняющих оптические свойства в широком диапазоне допустимых внешних воздействий, таких как температура, влажность, механическое воздействие, давление, воздействие ультрафиолета и т.д.

В настоящее время рассматривается вопрос об организации производства МПВС.

Основные характеристики разработанной МПВС:

- диапазон длин волн сигнала, распространяемого в полимерном волноводе, составляет 0,4–1,6 мкм;
- общее количество волноводов для приёма/передачи – не менее 8;
- количество слоёв волноводов – не менее 2;
- диапазон длин волноводов – 1–10 см;
- затухание оптического сигнала – не более 0,2 дБ/см;
- скорость передачи информации – не менее 5 Гбит/с;
- толщины полимерных слоёв – 30–250 мкм;
- диапазон значений показателя преломления сформированных полимерных слоёв – 1,33–1,55 (при разности показателей преломления центрального и граничного слоёв не более 0,2).

МПВС были представлены на выставке «Фотоника-2017», которая прошла с 28 февраля по 3 марта в московском «Экспоцентре».

www.ruselectronics.ru



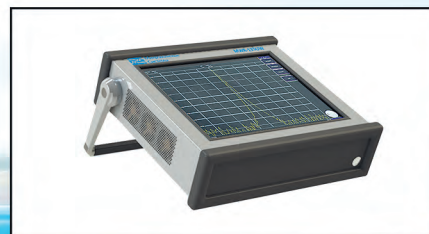
Тел./Факс: +7 (495) 308-95-59
<http://www.mw-systems.ru>



**Измерительный приемник
MWR-135U**



**Векторный генератор сигналов
MWT-160U**



**Измерительный приемник
MWT-135UW**

Реклама

Полоса анализа реального времени 260 МГц
Фазовый шум -139 дБн/Гц (отстр. 10кГц от 1 ГГц)
Скорость сканирования 300 ГГц/сек
Диапазон рабочих частот 500 Гц – 13.5 ГГц
Чувствительность -166 дБм/Гц
Динамический диапазон 153 дБ
Интерфейс вывода данных 10 Гбит/с Ethernet (SFP+)
ЦОС на основе Kintex-7 с доступом пользователя

Выходная мощность до 2 Вт
Ширина полосы модулирующих частот (внутренний цифровой baseband-генератор) 560 МГц
Фазовый шум -139 дБн/Гц (отстр. 10кГц от 1 ГГц)
Диапазон рабочих частот 8 кГц – 16 ГГц
Встроенные цифровые виды модуляции M-PSK, M-QAM, OOK, M-ASK, M-FSK, MSK, GMSK, произвольный
Интерфейс ввода данных и управления 10 Гбит/с Ethernet (SFP+), 1 Гбит/с Ethernet (SFP) - опции
Скорость передачи более 3 Гбит/с по радиоканалу

Полоса разрешения (RWB) 0.1 Гц
Полоса демодуляции и записи 260 МГц
Фазовый шум -139 дБн/Гц (отстр. 10кГц от 1 ГГц)
Скорость сканирования 300 ГГц/сек
Диапазон рабочих частот 500 Гц – 13.5 ГГц
Чувствительность -166 дБм/Гц
Динамический диапазон 153 дБ
Интерфейс вывода данных 10 Гбит/с Ethernet (SFP+)
17" графический сенсорный дисплей

Контрольно-измерительное оборудование «Микроволновая Электроника»

РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



СВЯЗЬ

Информационные и коммуникационные
технологии

25–28 апреля 2017

29-я международная
выставка

При поддержке:

- Государственной Думы Федерального Собрания РФ
 - Министерства связи и массовых коммуникаций РФ
 - Министерства промышленности и торговли РФ
 - Федерального агентства связи (Россвязь)
 - Российской ассоциации электронных коммуникаций (РАЭК)
- Под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ

www.sviaz-expo.ru

Организатор:

 **ЭКСПОЦЕНТР**
МОСКВА

Реклама



12+



Цифровая фильтрация на микроконтроллере AVR

Часть 1

Вадим Баранов (Украина, Харьков)

Использование цифровых сигнальных процессоров для организации цифровых фильтров не всегда оправдано. Если разрабатываемое устройство предназначено для обработки низкочастотных сигналов, то для построения цифрового фильтра вполне достаточно использовать ресурсы 8-разрядного микроконтроллера. В статье рассмотрен пример проектирования рекурсивного цифрового НЧ-фильтра четвёртого порядка.

ВВЕДЕНИЕ

Для определения значения выборки Y выходного сигнала рекурсивный цифровой фильтр четвёртого порядка требует сохранения в памяти значений четырёх предшествующих выборок входного сигнала и четырёх выборок выходного сигнала ($X_0...X_3$ и $Y_0...Y_3$ соответственно), как показано на рисунке 1.

В состав устройства должен входить аналого-цифровой преобразователь (АЦП), выполняющий выборки входного сигнала – преобразования уровня входного сигнала в цифровой код через равные временные интервалы T .

Значение очередной выборки входного сигнала X , поступающее от АЦП в момент времени t , а также хранящиеся в памяти значения предшествующих входных и выходных выборок фильтра $X_0...X_3$ и $Y_0...Y_3$, умножаются на индивидуальные весовые коэффициенты

и суммируются для получения значения очередной выходной выборки Y .

При необходимости получения выходного аналогового сигнала, представленного на рисунке 1 штриховой линией, устройство следует дополнить цифроаналоговым преобразователем (ЦАП).

Для вычисления очередной выходной выборки, передачи выходного цифрового кода в ЦАП, а также выполнения вспомогательных действий устройству требуется дополнительное время Δ , которое не должно превышать интервал между выборками T . Этим условием определяется максимально допустимая частота выборки, величина которой составляет $1/T$.

Если нет желания погружаться в теорию цифровой фильтрации, можно воспользоваться ресурсами интернета для расчёта коэффициентов, необходимых для построения фильтра.

Например, на сайте [1] можно ввести исходные параметры цифрового фильтра:

- выбрать тип фильтра – низкочастотный, высокочастотный, полосовой, а также полином, аппроксимирующий характеристику фильтра – Чебышева, Бесселя, Баттерворта;
- порядок фильтра;
- частоту выборки;
- одну или две частоты среза, в зависимости от типа фильтра;
- неравномерность частотной характеристики в полосе пропускания для полинома Чебышева.

По введённым параметрам будут рассчитаны и предоставлены необходимые коэффициенты и формулы для построения рекурсивного фильтра.

При необходимости можно запросить графики амплитудно-частотной (АЧХ) и фазочастотной (ФЧХ) характеристик, а также импульсной характеристики фильтра.

При выборе аппроксимирующего полинома нужно помнить, что использование полинома Баттерворта обеспечит максимальную равномерность характеристики фильтра в полосе пропускания. Фильтр Чебышева гарантирует наиболее крутой спад от полосы пропускания к полосе подавления за счёт некоторой неравномерности в полосе пропускания. Фильтр Бесселя обладает хорошей фазовой характеристикой, запаздывание в полосе пропускания будет практически постоянным, и фильтр Бесселя обеспечит хороший переходный процесс [2]. Следует также учитывать, что для фильтров Бесселя и Баттерворта на частоте среза спад частотной характеристики составляет -3 дБ, для фильтра Чебышева он не превышает заданной величины неравномерности АЧХ в полосе пропускания.

По ссылке [1] можно также разыскать и загрузить исходные файлы проекта, предназначенного для расчёта коэффициентов и графиков. Предложенный проект выполнен на C, а интерфейс программы предусматривает ввод исходных параметров фильтра в командной строке.

Вариант приложения с более удобным интерфейсом можно скачать в Интернете [3], окно приложения показано на рисунке 2. В окне справа представлены результаты расчёта коэффициентов для низкочастотного фильтра Чебышева четвёртого порядка при частоте выборки 1024 Гц, частоте среза 30 Гц и неравномерности АЧХ в полосе пропускания $-0,5$ дБ. Для фильтра Чебышева приложение рассчитывает также коэффициент передачи, соответствующий выбранной неравномерности (параметр $-K = 0,94406$ соответствует максимальному отклонению АЧХ в $-0,5$ дБ в полосе пропускания).

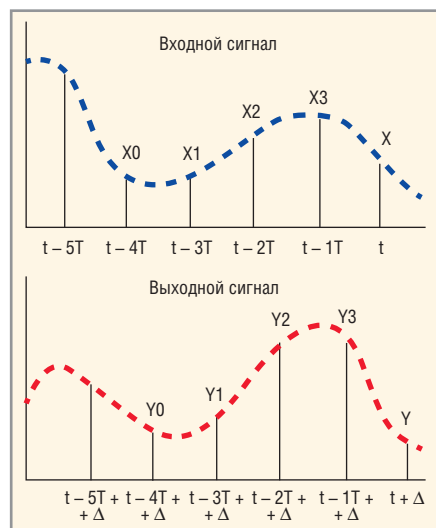


Рис. 1. Пример графика входного и выходного сигнала цифрового фильтра

Для получения значения выборки на выходе фильтра при поступлении значения очередной выборки X от АЦП выполняется ряд операций:

1) выполняется сдвиг выборки в памяти устройства; так, в ячейки, хранившие значение выборки X_0 , помещается значение выборки X_1 , обозначим эту операцию как $X_0 \leftarrow X_1$. Операция производится со всеми хранящимися в памяти значениями выборок в следующей последовательности;

$$X_0 < -X_1 \quad X_1 < -X_2 \quad X_2 < -X_3 \quad X_3 < -X_4$$

$$X_i < -X \text{ (новая выборка)}$$

$$Y_0 < -Y_1 \quad Y_1 < -Y_2 \quad Y_2 < -Y_3 \quad Y_3 < -Y_4;$$

2) рассчитывается очередное выходное значение Y :

$$Y = K_{x0}X_0 + K_{x1}X_1 + K_{x2}X_2 + K_{x3}X_3 + K_{x4}X_4 + \\ + K_{y0}Y_0 + K_{y1}Y_1 + K_{y2}Y_2 + K_{y3}Y_3 + K_{y4}Y_4;$$

3) полученное значение записывается в память: $Y4 < -Y$;

4) рассчитывается значение выходного кода, предназначенного, например, для передачи в ЦАП: $Y_{out} = Y_i / \text{Gain}$.

Заметим, что значение Gain для выбранного фильтра составляет 40929,19, то есть, значения выходных выборок Y0...Y4, которые сохраняются в памяти для последующих вычислений, более чем в 40 000 раз превышают значение выходного сигнала, если полагать, что коэффициент передачи

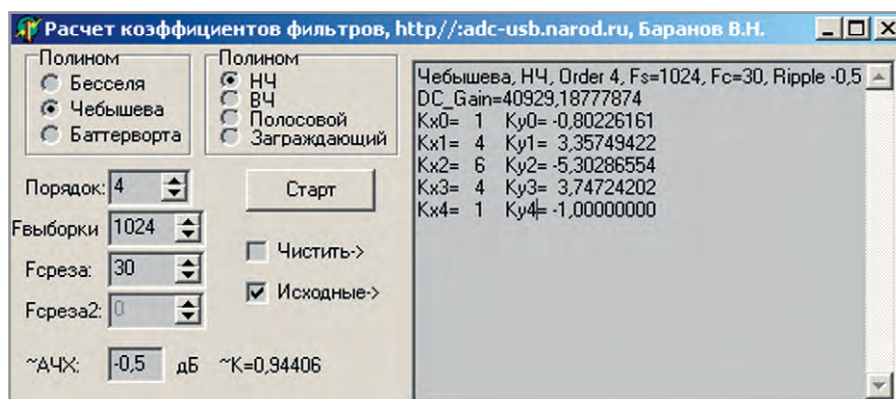


Рис. 2. Интерфейс программы для расчёта коэффициентов фильтров

фильтра в полосе пропускания должен быть равен единице.

Схема устройства, на котором провё-
рялась работа программы, представле-
на на рисунке 3 (значение ёмкости C7
должно выбираться в зависимости от
частоты выборки).

Контакты 1...6 предназначены для подключения последовательного программатора к микроконтроллеру DD1. Для преобразования аналогового сигнала в цифровой код используется 10-разрядный АЦП микроконтроллера, сигнал подаётся на вход нулевого канала АЦП (Аналоговый ВХОД 3, контакт 9 схемы) относительно Аналогового ОБЩЕГО (контакт 10 схемы).

Для хранения входных и выходных выборок сигнала используется оперативная память микроконтроллера, а вычисленный микроконтроллером

выходной код передаётся по SPI (Serial Peripheral Interface) в 12-разрядный ЦАП DA1, преобразующий выходной код в аналоговый сигнал.

Низкочастотный фильтр R6–C7 должен подавлять частоты, превышающие частоту выборки, поэтому значение ёмкости C7 должно выбираться в зависимости от частоты выборки. Пока же частота выборки 1024 Гц выбрана условно, так как до окончания отладки программы в симуляторе нет возможности проверить, будет ли микроконтроллер успевать выполнить все необходимые вычисления при указанной частоте.

Источник опорного напряжения на микросхеме DA2 стабилизирует напряжение 4 В, определяющее диапазон входных и выходных сигналов (0...4 В).

Если в качестве источника использовать низкочастотный генератор,

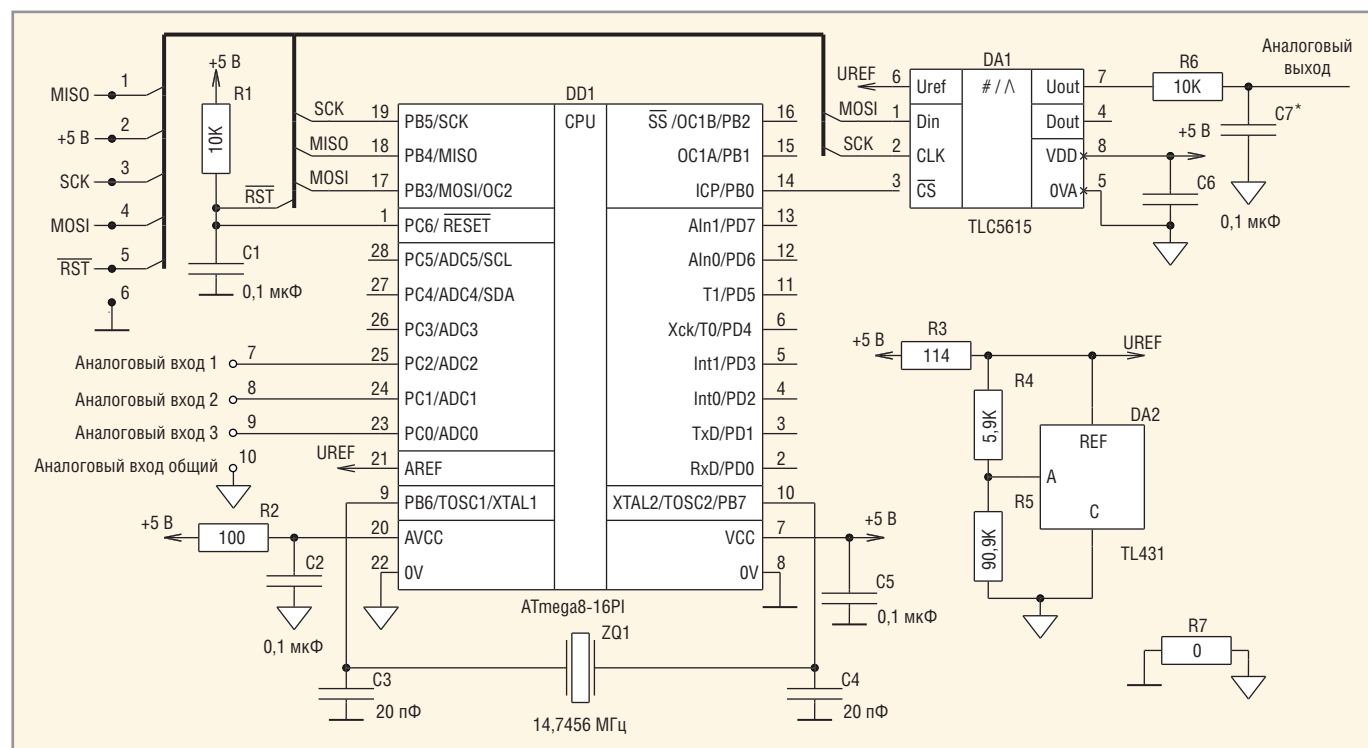


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема фильтра на микроконтроллере AVR

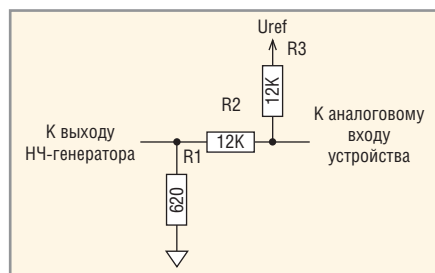


Рис. 4. Схема согласования уровней сигнала

выходной сигнал которого не имеет постоянной составляющей, понадобится устройство согласования уровней. Обычно для этого используется схема с использованием операционного усилителя, но можно обойтись более простой схемой, представленной на рисунке 4.

Входное сопротивление схемы около 600 Ом, поэтому она может подключаться напрямую к генераторам, требующим такую нагрузку. Резисторами R2, R3 сигнал, поступающий от генератора, делится пополам, к нему добавляется смещение, составляющее половину напряжения U_{ref} , значит на входе АЦП будет присутствовать сигнал $U_{генератора} / 2 + U_{ref} / 2$.

Программно реализовать рассматриваемый фильтр проще на языке высокого уровня, поддерживающем операции с действительными числами, например, на C.

ПРОЕКТ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА В IAR EMBEDDED WORKBENCH FOR AVR

Для работы использовалась версия IAR Embedded Workbench for AVR 4.12 (далее IAR). Разработанная программа приведена в листинге 1.

Константа ADCNum определяет рабочий вход АЦП микроконтроллера ATmega8. Присвоив нулевое значение константе, мы выбираем вход ADC0, и сигнал следует подавать на контакт 9 схемы на рисунке 3 (Аналоговый ВХОД 3).

Константы Pre0 и Tick0 определяют частоту переполнения Таймера 0 в 1024 Гц. Константа Pre0 определяет коэффициент предварительного делителя частоты, поступающей на Таймер 0. Выбранное значение 3 соответствует делению тактовой частоты микроконтроллера 14 745 600 Гц на 64. Каждый раз при переполнении Таймера 0 в его счётчик будет загружаться константа Tick0, и таймер снова будет отсчитывать 225 импульсов до нового переполнения, наступающего при

Листинг 1

```
#include <iom8.h>
#include <ina90.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>

#define ADCNum (0x00)

#define Pre0 3
#define Tick0 256 - 225

/*1024Hz 30Hz cutting, Gain = 40928/4 = 10232*/
#define Gain 40929>>4
#define ky0 - 0.8022616140
#define ky1 3.3574942168
#define ky2 - 5.3028655427
#define ky3 3.7472420208
/*512Hz 30Hz cutting, Gain = 2832/4 = 708*/
unsigned char *il,*ih,bt;
void *ptri;
unsigned short i;
signed long j;
signed short k;
unsigned short x0=2048,x1=2048,x2=2048,x3=2048,x4=2048,x;
float z, y0=83822592,y1=83822592,y2=83822592,y3=83822592,y4=83822592;

#pragma vector=SPI_STC_vect
__interrupt void SPI_interrupt(void)
{bt=0;
}

#pragma vector=ADC_vect
__interrupt void ADC_interrupt(void)
{ADCSR = 0;}

#pragma vector=TIMER0_OVF_vect
__interrupt void Tim0_interrupt(void)
{TCNT0 = Tick0;
TCCR0 = Pre0;
_WDR();
_SEI();
ADCSR = (1<<ADEN) | (1<<ADSC) | (1<<ADIF) | (1<<ADPS2) | (1<<ADPS1) | (1<<ADPS0);
MCUCR = SE;
_SLEEP();
while (ADCSR); //Only for debug

x0 = x1;
x1 = x2;
x2 = x3;
x3 = x4;
x4 = ADC;
y0 = y1;
y1 = y2;
y2 = y3;
y3 = y4;
x = x0 + x4 + 4*(x1 + x3) + 6*x2;
y4 = (ky0*y0 + ky1*y1 + ky2*y2 + ky3*y3 + x);
j = y4;
j = j/Gain;
```


Окончание листинга 1

```

i = j;
PORTB = 0;
SPDR = *ih;
_SLEEP();
bt=1; while(bt); //Only for debug
SPDR = *il;
_SLEEP();
bt=1; while(bt); //Only for debug
PORTB = 1;
}

void main(void)
{ptri = &i;
 ih = ptri;
 il = ih++;
 WDTCSR = (1<<WDE) | (1<<WDCE);
 WDTCSR = (1<<WDE) | (1<<WDP2) | (1<<WDP1) | (1<<WDP0);
 DDRB = 0x2D; /*Init PortB for SPI work SCK + MOSI
               + SS + PB0 = 00101101 = 0x2D - outputs*/

 PORTB = 1;
 SPCR = (1<<SPIE) | (1<<SPE) | (1<<MSTR);
 ADMUX = ADCNum;
 TIMSK = 1<<TOIE0;
 TCNT0 = Tick0;
 TCCR0 = Pre0;
_SEI();

while (1);
}

```

изменении состояния его счётчика с 255 на 0.

Значения констант, определяющих коэффициенты фильтра, соответствуют расчётным, за исключением константы Gain. Её значение уменьшено в четыре раза (сдвинуто вправо на два разряда). Так как для оцифровки сигнала используется 10-разрядный АЦП микроконтроллера, коды отфильтрованного сигнала при расчётном значении параметра Gain окажутся также 10-разрядными. Коды передаются на 12-разрядный ЦАП, для полного использования его диапазона 10-разрядные коды фильтра следует преобразовать в 12-разрядные (увеличить в четыре раза). Поскольку константа Gain используется в качестве делителя выходных кодов фильтра, достаточно уменьшить её в четыре раза для получения необходимого результата. Такое решение к тому же сократит время вычислений, поскольку исчезает необходимость в каждом цикле увеличивать результат в четыре раза перед передачей в ЦАП.

Начальные значения выборок входного сигнала x0...x3 выбраны равными половине шкалы АЦП. Для выбо-

рок выходного сигнала y0...y3 начальные значения в Gain-раз больше.

В процедуре main указателю ptri присваивается адрес двухбайтной переменной i, в которую будет помещаться округлённое значение выходной выборки. Адрес старшего байта этой переменной совпадает с адресом самой переменной и копируется в указатель на байт ih. Адрес младшего байта переменной i на единицу больше, он помещается в переменную il. После помещения очередного результата в переменную i можно последовательно передать в ЦАП сначала старший байт, адрес которого хранится в указателе ih, затем младший байт, адрес которого помещён в указатель il.

Сторожевой таймер инициализируется на выполнение сброса микроконтроллера через две секунды, если не выполнена очередная команда сброса сторожевого таймера _WDR().

Запись в регистры порта B и регистр SPCR инициализирует работу SPI-интерфейса микроконтроллера, обеспечивающего передачу данных в ЦАП. В регистр ADMUX заносится номер рабочего канала АЦП. Запись значе-

ния 1<<TOIE0 в регистр TIMSK разрешает прерывания переполнения Таймера 0, а занесение оговорённых значений Tick0 и Pre0 в регистры TCNT0 и TCCR0, соответственно, определяет частоту работы таймера.

Команда _SEI() разрешает аппаратные прерывания.

Завершается процедура main бесконечным циклом while, в котором ожидается переполнение счётчика Таймера 0, а при его наступлении выполняется переход на вектор прерывания TIMER0_OVF_vect и обработка соответствующего прерывания Tim0_interrupt.

В обработчике прерывания Tim0_interrupt в счётчик Таймера 0 снова заносится значение Tick0, выполнение команды _WDR() вызывает очередную отсрочку срабатывания сторожевого таймера (пока микроконтроллер работает нормально, срабатывания сторожевого таймера не произойдёт).

После этого снова выполняется команда _SEI(), разрешающая аппаратные прерывания до окончания обработки прерывания Таймера 0. Здесь она необходима, так как переход к обработке любого прерывания автоматически запрещает все аппаратные прерывания, но до окончания обработки прерывания таймера нужно запустить АЦП и дождаться прерывания АЦП, затем передать два байта данных по SPI в ЦАП, каждый раз ожидая прерывания SPI.

Запись значения (1<<ADEN)|(1<<ADSC)|(1<<ADIE)|(1<<ADPS2)|(1<<ADPS1) в регистр ADCSR вызывает однократное преобразование АЦП (ADEN – разрешить работу АЦП, ADSC – старт преобразования АЦП, ADIE – разрешить прерывание АЦП, ADPS2, ADPS1 и ADPS0 – определяют тактовую частоту АЦП как Fck/128 или 115 200 Гц).

Микроконтроллер переводится в спящий режим для того, чтобы дождаться прерывания окончания преобразования АЦП. Выбор типа спящего режима определяется значением, записываемым в регистр MCUCR (выбран режим Idle), перевод в спящий режим – командой _SLEEP().

Окончание преобразования АЦП выводит микроконтроллер из спящего режима и вызывает переход на вектор прерывания ADC_vect, в результате чего выполняется обработчик прерывания ADC_interrupt, в котором в регистр ADCSR записывается нулевое значение, вызывая останов АЦП.

К сожалению, использовавшиеся версии IAR и AVR Studio не позволи-

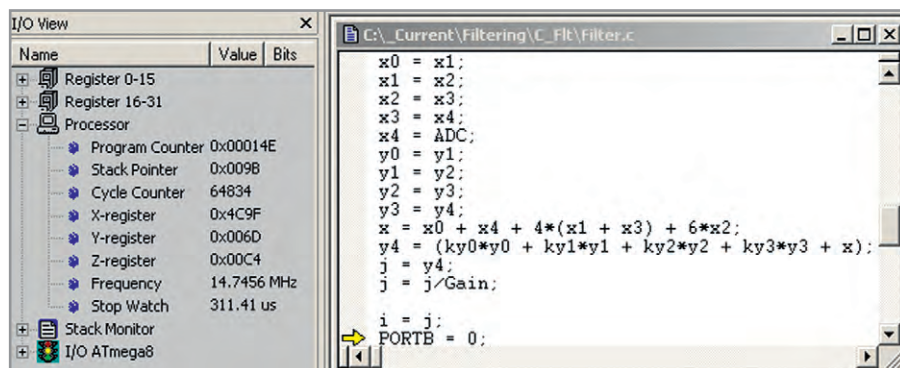


Рис. 5. Определение времени вычисления выборки сигнала

ли симулировать команду `_SLEEP()` в AVR Studio, хотя при отладке программ, написанных на ассемблере в AVR Studio, симулирование аналогичной команды ассемблера `sleep` выполняется. Поэтому в целях отладки после команды `_SLEEP()` была добавлена команда `while (ADCSR)`. Симулятор корректно просчитывает время, требуемое для выполнения преобразования АЦП, поэтому очистка регистра `ADCSR`, а значит и выполнение цикла `while (ADCSR)`, завершатся по окончании преобразования АЦП.

После возврата из обработчика прерывания АЦП значения входных и выходных выборок сдвигаются, в переменную `x4` записывается результат последнего преобразования АЦП. Вычисляется значение выходной выборки `y4`, результат округляется передачей значения действительной переменной `y4` в целую переменную `j`.

После деления результата, хранящегося в переменной `j`, на коэффициент `Gain` в переменной `j` оказывается значение выходной выборки, имеющее не более 12 значащих двоичных разрядов. Это значение копируется в двухбайтную переменную `i` для передачи в ЦАП.

Разрешение передачи данных в микросхему ЦАП выполняется установкой нуля в младшем разряде порта `B`. Старший байт результата, на который ссылается указатель `ih`, передаётся в регистр `SPDR`. Микроконтроллер переводится в спящий режим.

По окончании передачи байта данных по SPI микроконтроллер пробуждается, переходя к вектору прерывания `SPI_STC_vect`. В результате выполняется обработчик прерывания `SPI_interrupt`, не содержащий ни одной команды, так как задача данного прерывания – лишь пробуждение микроконтроллера и переход к команде, следующей за командой `_SLEEP()`.

После команд `_SLEEP()`, обработка которой не выполняется симулятором, введён цикл `while(bt)`. Цикл `while(bt)` повторяется, пока переменная `bt` не будет обнулена в обработчике прерывания SPI `interrupt` – прерывания окончания передачи байта по SPI.

Аналогично в ЦАП передаётся младший байт результата, на который ссылается указатель `il`. После передачи в младшем разряде порта `B` устанавливается логическая 1, препятствующая записи в микросхему ЦАП.

Программа возвращается к бесконечному циклу `while (1)` процедуры `main` в ожидании следующего прерывания Таймера 0.

Отладка программы

Для того чтобы фильтр работал нормально, время, затрачиваемое микроконтроллером на обработку прерывания Таймера 0, должно быть меньше интервала времени между соседними прерываниями Таймера 0. Для настройки времени можно воспользоваться отладчиком AVR Studio.

Перед компилированием программы в IAR EWB for AVR следует открыть меню `Project > Options`, в открывшемся окне опций для следующих категорий (окошко `Category`) выбрать указанные опции:

- категория `General Options`: на закладке `Target` в окошке `Processor Configuration` выбрать `-cpu=m8`, `ATmega8`; в окошке `Memory model` выбрать `Small`; на закладке `System` установить флажок `Enable bit definitions in I/O-Include files`;
- категория `C/C++ Compiler`: закладка `Optimizations` – выбрать `Speed, None (Best debug support)`;
- категория `Linker`: закладка `Output`, панель `Format`, выбрать `Other`, в окошке `Output format` выбрать `ubrof 8 (forced)`, в результате в окошке на панели `Output file` окажется имя фай-

ла с расширением `dbg`, генерируемого при компилировании (файл `Filter.dbg`);

- категория `Debugger`: на закладке `Setup` в окошке `Driver` выбрать `Simulator`, в окошке `Run to` установить флажок для перехода на процедуру `main`.

Выполнить компилирование проекта.

Открыть AVR Studio (в работе использовалась среда разработки AVR Studio 4.12 Service Pack 2). В AVR Studio открыть файл `Filter.dbg`, который находится в папке `<путь к проекту в IAR>\Debug\Exe`.

AVR Studio предложит создать и сохранить проект `Filter_dbg.aps`. После сохранения появится окно `Select debug platform and device`. В качестве `Debug platform` предлагается AVR Simulator. В качестве устройства выберите `ATmega8` из списка `Device`.

Перед отладкой выберите меню `Debug > AVR Simulator Options` и в окошке `Frequency` установите частоту 14,7456 МГц.

При отладке контролируйте на панели `I/O View` параметр `Processor > Stop Watch`.

Установите курсор в начале обработчика прерывания Таймера 0 (строка листинга `__interrupt void Tim0_interrupt(void)`), выполните отладку до курсора (`Run to Cursor`), нажав `Ctrl + F10`.

Сбросьте параметр `Stop Watch`, снова установите курсор в начало обработчика прерывания Таймера 0, нажмите `Ctrl + F10`. Параметр `Stop Watch` приобрёл значение 976,56 мкс – это интервал между двумя прерываниями Таймера 0. Величина, обратная этому интервалу, – 1024 Гц – частота выборки АЦП.

Пользуясь описанной методикой, можно определить время преобразования АЦП (время от команды `ADCSR = ...` до команды `x0 = x1`). Это время составляет 114 мкс, что значительно превышает время преобразования АЦП, занимающее, согласно документации на микроконтроллер [4], 13 циклов выбранной тактовой частоты АЦП 115 200 Гц.

Таким же образом определим время, необходимое для вычисления выходной выборки (это время от команды `x0 = x1` до команды `i = j`). Время, необходимое для вычислений для программы, написанной на C, составляет 311 мкс (см. рис. 5).

Общее время выполнения обработчика прерывания Таймера 0 составляет

435 мкс. Это позволяет увеличить частоту выборки вдвое, до 2048 Гц. Период этой частоты составит 488,3 мкс, что превышает полученное время обработки прерывания Таймера 0.

При необходимости использования внешнего АЦП, например, для увеличения разрешения до 12 разрядов, время выполнения обработчика прерывания сведётся ко времени вычисления и составит чуть более 311 мкс, из них 235 мкс требуется для вычисления y_4 и 46 мкс – для операции деления на коэффициент Gain.

ЦЕЛОЧИСЛЕННОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ВЫХОДНОЙ ВЫБОРКИ

Сократить время подсчёта выходной выборки позволит переход от вычислений с плавающей запятой к работе с целыми числами, а также программирование на ассемблере.

В программе Filter.c (см. листинг 1) уже было использовано округление коэффициента Gain (40929,18777874) до целого значения, это сократило время вычисления на 14 мкс.

Очевидно, что округлять все используемые в программе числа с плавающей запятой нельзя, в этом случае изменение коэффициентов $ky_0...ky_3$ оказалось бы недопустимо большим.

Прежде чем писать программу на ассемблере, нужно оценить, до какого числа двоичных разрядов допустимо округлять тот или иной параметр. Также надо учесть разрядность используемого АЦП.

Смоделировать АЧХ-фильтр при округлении параметров поможет небольшая программа, написанная в Delphi (см. листинг 2).

Далее приведены пояснения для строк, содержащих комментариев вида //1.

//1. Форма приложения содержит контейнер графика Chart1.

//2. А также один график Series1.

//3. График рассчитывается и строится сразу после создания формы автоматически, вычисления и построение графика выполняются в процедуре FormCreate.

//4. Амплитуда входного сигнала фильтра 2047 единиц (предполагается, что оцифровку входного сигнала выполняет 12-разрядный АЦП, его диапазон $0...(2^{12} - 1)$ или $0...4095$; 2047 – половина диапазона).

//5. Параметр округления NK – это коэффициент, на который умножаются параметры фильтра $ky_0...ky_3$. Так как позже на этот же коэффициент придет-

Листинг 2

```
unit AFCIntu;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, TeeProcs, TeEngine, Chart, Series, Spin;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Chart1: TChart; //1
    Series1: TFastLineSeries; //2
    procedure FormCreate(Sender: TObject); //3
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;
implementation
{$R *.DFM}
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
const Ampl=2047; //4

var
  i,j,Fmax:integer;
  max,min:array[0..1000]of real;
  NK,ky0,ky1,ky2,ky3,f:longword;
  X,x0,x1,x2,x3,x4:word;
  y0,y1,y2,y3,y4,y, Gain:integer;

begin
  //===Параметры фильтра: ===
  Gain:=40929;
  f:=1024; //Частота выборки
  Fmax:=60; //Максимальная частота на графике
  NK:=65536; //параметр округления //5
  ky0:=round(0.8022616140*NK);
  ky1:=round(3.3574942168*NK);
  ky2:=round(5.3028655427*NK);
  ky3:=round(3.7472420208*NK);
  x0:=Ampl;x1:=Ampl;x2:=Ampl;x3:=Ampl;x4:=Ampl;
  y0:=round(Ampl*Gain); y1:=y0; y2:=y0; y3:=y0; y4:=y0;
  Series1.Clear;
  for j:=1 to Fmax do begin //6
    max[j]:=-10000000; min[j]:=10000000; //7
    for i:=0 to (10*f div j)-1 do begin //8
      x4:=Ampl+round(Ampl*sin(2*Pi*j*i/f)); //9
      x0:=x1; x1:=x2; x2:=x3; x3:=x4; //10
      y0:=y1; y1:=y2; y2:=y3; y3:=round(y4);
      y4:=(x0+x4)+4*(x1+x3)+6*x2 + ((ky1*y1+ky3*y3-(ky2*y2+ky0*y0))div
NK); //11
      y:=y4 div Gain; //12
      if i>5*f div j then begin //13
        if max[j]<y then max[j]:=y; //14
        if min[j]>y then min[j]:=y; //15
      end;
      Series1.AddXY(j,20*ln((max[j]-min[j])/2/Ampl)/ln(10)); //16
    end;
  end;
end.
```

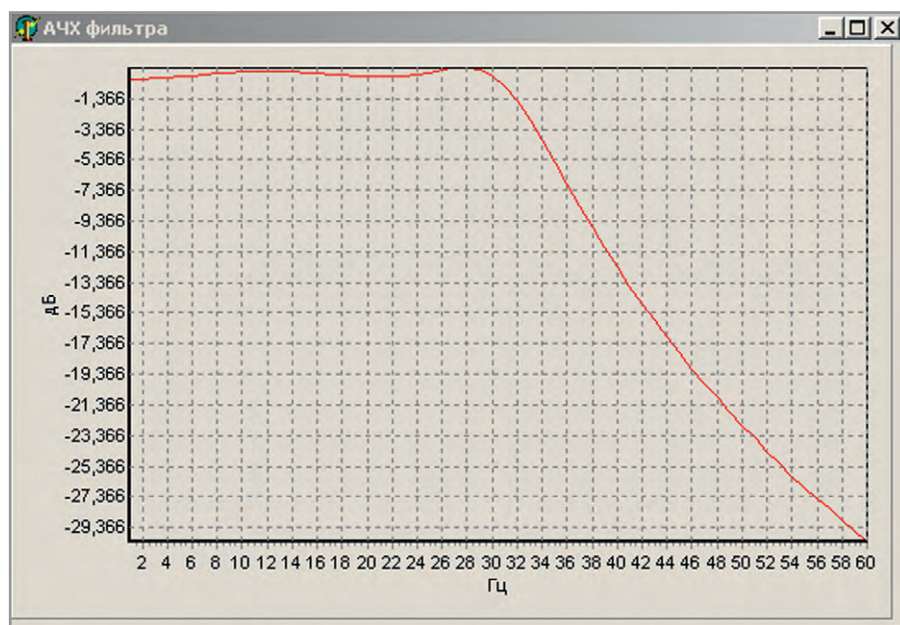


Рис. 6. График АЧХ фильтра

ся делить результат вычисления, удобно выбрать этот параметр равным 2^N , где N – целое положительное число. Тогда деление результата может быть сведено к его сдвигу вправо на N разрядов, что удобно при программировании на ассемблере. Выбранный коэффициент 65536 или 2^{16} потребует сдвига результата на 16 двоичных разрядов вправо или попросту отбрасывания двух младших байтов результата.

Параметр NK подбирался экспериментально: по построенным графикам определялась неравномерность АЧХ в полосе пропускания. Если моделирование фильтра с использованием чисел с плавающей запятой даёт расчётную неравномерность АЧХ (0,5 дБ), то, например, фильтр с параметром округления 16384 (или 2^{14}) имеет неравномерность АЧХ около 0,8 дБ. Фильтр с параметром округления 65536 оказался приемлемым (неравномерность АЧХ составила 0,6 дБ). При этом учитывалось, что увеличение этого параметра приводит к замедлению вычислений.

//6. АЧХ рассчитывается для диапазона частот 1 Гц...Fmax, шаг построения графика составляет 1 Гц.

//7. Для сигнала каждой частоты j из диапазона 1 Гц...Fmax будут определены максимальное и минимальное значения и занесены в массивы $\max[j]$ и $\min[j]$. Предварительно элементу массива $\max[j]$ присваивается значение, меньшее минимально возможного значения сигнала, а в элемент $\min[j]$ – большее максимально возможного значения сигнала.

//8. В цикле выполняется расчёт $(10 * f \div j)$ выборок. При частоте

выборки f указанное число выборок составит десять периодов сигнала частотой j . Например, в десяти периодах сигнала частотой $j = 100$ Гц окажется $(10 * 1024 \div 100)$ или 102 полных периода частоты выборки 1024 Гц.

//9. Вычисляется значение i -той выборки входного сигнала $x4$ частотой j при частоте выборки f . Как в реальном АЦП, сигнал имеет постоянное смещение (значение $Ampl$ выбрано равным половине диапазона 12-разрядного АЦП, т.е., $4095 \div 2$ или 2047). Амплитуда входного синусоидального сигнала также выбрана равной $Ampl$. Значит, сигнал изменяется в диапазоне $Ampl - Ampl...Ampl + Ampl$ или $0...2Ampl$.

//10. До строки с комментарием //12 выполняются уже знакомые по С-программе сдвиги значений входных и выходных выборок, а также вычисление значения выходной выборки.

//11. При вычислении значения $y4$ сумма, в подсчёте которой участвуют $ku0...ku3$, делится на параметр округления NK , что компенсирует предварительное умножение этих коэффициентов на параметр округления (см. комментарий к строке //5).

Все приведённые в листинге вычисления проведены с округлением, их несложно выполнить при написании программы на ассемблере.

//12. Для получения выходной выборки значение $y4$ следует разделить на коэффициент $Gain$.

//13. Первые пять периодов сигнала частотой j пропускаются (это составляет $5 * f \div j$ выборок). Так как после подачи входного сигнала фиксиру-

ванной частоты происходит установление выходного сигнала, первые пять периодов исключаются при определении максимума и минимума сигнала.

//14, //15. Определяется максимальное и минимальное значения сигнала частотой j и заносятся в массивы $\max$ и $\min$ соответственно.

//16. К графику Series1 (АЧХ) добавляется нормированный коэффициент передачи фильтра, рассчитанный для частоты j . Значение коэффициента вычисляется в логарифмическом масштабе как $20 * \lg((\max[j] - \min[j]) / (2 * Ampl))$.

Полученный график изображён на рисунке 6.

Можно изменить параметры фильтра, параметр округления, посмотреть, как это скажется на графике. Также возможно увеличение выбранной области на графике (Zoom), это позволяет оценить неравномерность АЧХ.

Для вывода АЧХ в виде таблицы необходимо добавить на форму экземпляр Мемо1 компонента ТМемо. А за строкой //16 достаточно добавить строку:

```
Memol.Lines.Add(Format(' %3d Гц
%6.2f дБ', [j, 20 * ln((max[j] - min[j]) / 2 / Ampl) / ln(10)]));
```

Если задача позволяет снизить требования к крутизне спада на частотах вне полосы пропускания, то можно задать меньшую неравномерность частотной характеристики фильтра, например, 0,4 дБ вместо требуемых 0,5 дБ. В результате использования округления неравномерность станет немного выше, например, требуемые 0,5 дБ. При этом несколько снизится крутизна спада вне полосы пропускания фильтра.

Во второй части статьи будет рассказано о разработке программы цифрового фильтра для микроконтроллера на ассемблере и о процедуре отладки созданной программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fisher Tony. Butterworth / Bessel / Chebyshev Filters. www-users.cs.york.ac.uk/~fisher/mkfilter/trad.html.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М. МИР. 1993.
3. www.adc-usb.narod.ru/fltcalc.rar.
4. 8-bit Atmel with 8Kbytes In-System Programmable Flash ATmega8, ATmega8L. Техническое описание микроконтроллера ATmega8. www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf.



РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



МЕЖДУНАРОДНЫЙ
**XI НАВИГАЦИОННЫЙ
ФОРУМ**

www.glonass-forum.ru

9-я международная
выставка

НАВИТЕХ

www.navitech-expo.ru

25–28 апреля 2017

ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»
МОСКВА



Реклама 12+

При поддержке



Под патронатом



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

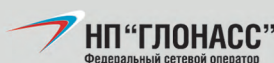
Организатор форума



Оператор форума



Стратегический партнер форума



Организатор выставки



Технология совместного проектирования ЦОС и ВЧ-схем

Мурти Анмака, Keysight Technologies Inc.

В статье описывается новаторская технология проектирования электронных систем – технология совместного проектирования. Рассказывается о её достоинствах и ограничениях.

Взросший уровень информатизации во всех сферах деятельности создал большой потенциал для оптимизации процессов компаний. Это справедливо и в сфере проектирования электронных систем. В больших проектных организациях отделы, занятые проектированием программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и схем, работающих с высокочастотными (ВЧ) сигналами, традиционно были разделены. Причём каждый отдел использовал различные методы и инструменты. Однако сегодня многие функции ВЧ-схем реализуются алгоритмически и крайне важно правильно организовать взаимодействие подразделений разработчиков.

Решением этой проблемы может стать совместное проектирование, в ходе которого все стороны активно участвуют в едином процессе разработки. И хотя организации могут иметь успешный опыт разработки электронных систем, таких как системы радиосвязи, смартфоны и системы космической связи, созданных без совместного проектирования, внедрение последнего позволит не только снизить риски и затраты, но и ускорит продвижение продукта на рынок. Последнее – первоочередная цель, к которой стремятся все современные проектные организации. Поэтому не удивительно, что технология совместного проектирования алгоритмов обработки модулирующего сигнала и распределённых ВЧ-цепей возникла как важный и востребованный элемент процесса разработки электронных систем.

Преимущества и недостатки совместного проектирования

Несомненно, совместное проектирование предоставляет разработчикам целый ряд важных преимуществ. Например, в ходе совместного проектирования ЦОС и ВЧ-схем можно избежать лишних операций, неточных прогнозов и проблем сборки. С дру-

гой стороны, организации, применяющие совершенно иные процессы разработки, не использующие или почти не использующие взаимодействие подразделений и совместную проверку на разных этапах проектирования, могут столкнуться с дополнительными затратами и сложностями. Специалисты по алгоритмам сталкиваются с необходимостью учёта искажений ВЧ-сигнала в процессе цифровой обработки, а инженеры, работающие с ВЧ-цепями, не могут чётко представить, как работает их схема в общей инфраструктуре.

Совместная проверка в ходе проектирования позволяет решить некоторые из этих проблем и найти самые экономичные способы их решения. Иногда дешевле решить проблему за счёт применения более эффективного алгоритма обработки. В другом случае может оказаться, что дешевле купить более качественный ВЧ-усилитель. Понимание того, как лучше решить проблему и как проверить решение до окончательной сборки изделия, и является основным преимуществом совместного проектирования. Также оно позволяет минимизировать трудоёмкость и улучшить характеристики системы в рамках заданного бюджета.

Но, несмотря на эти преимущества, совместное проектирование ЦОС и ВЧ-схем не лишено недостатков. ЦОС и ВЧ-цепи моделируются по-разному. Моделирование ЦОС выполняется обычно в цифровой или временной области, а моделирование ВЧ-цепей – в частотной. Преобразование между этими двумя областями занимает много времени, но даже после переноса ВЧ-моделей во временную область многие элементы остаются в частотной области. Вы либо получаете детальную ВЧ-модель, которой полностью доверяете, но вынуждены использовать упрощённые сигналы, либо проверяете схему, состоящую из упрощённых ВЧ-моделей на сигналах со сложной огибающей. Совмест-

ное моделирование позволяет решить эту проблему за счёт одновременного взгляда с разных сторон.

И хотя совместное проектирование ЦОС и ВЧ-схем применяется уже достаточно широко, оно особенно эффективно для проектирования фазированных антенных решёток с адаптивным формированием луча, когда качество луча должно контролироваться в контексте системы. Кроме того, совместное проектирование можно применять для линеаризации усилителей и отслеживания огибающей, когда параметры усилителя должны меняться во времени. Также совместное проектирование пригодится в сквозных широкополосных системах связи.

Совместное проектирование в действии

Чтобы лучше понять концепцию совместного проектирования, рассмотрим проектирование ВЧ-приёмника с достаточно высокими параметрами, не влияющими на эффективность алгоритмов. Например, приёмника РЛС с синтезированной апертурой (SAR) самолёта, которая охватывает некоторую область на земле. В ходе полёта луч антенны осматривает зону путём свипирования. РЛС непрерывно передаёт импульсы ЛЧМ (линейно-частотная модуляция) и регистрирует отражённые импульсы. Даже если земля неразличима с самолёта из-за облаков или тумана, она видна на экране РЛС, поскольку СВЧ-излучение легко проникает через подобные препятствия. По отражённым импульсам строится изображение. Это возможно за счёт применения специальных алгоритмов обработки сигнала. Так как частота отражённого сигнала лежит в СВЧ-диапазоне, перед обработкой его надо преобразовать в низкочастотный диапазон. Эту работу и должен выполнять ВЧ-приёмник. При этом качество сигнала не должно значительно ухудшаться.

Изображение цели создаётся в формате JPG или GIF. Интенсивность отражённого сигнала пропорциональна яркости изображения. Такое представление близко к реальности, в то же время работает достаточно быстро.

В процессе оценки качества полученного изображения учитываются параметры ВЧ-усилителя, ВЧ-смесителя, гетеродина понижающего преобразователя, нелинейность усилителя, фазовый шум гетеродина и параметры смесителя. В данном случае (см. рис. 1) фазовый шум гетеродина приводит к незначительному снижению контрастности в ВЧ-приёмнике. И хотя на глаз это влияние почти незаметно, приборы его регистрируют. На рисунке 1 шум нарастает слева направо (на правом изображении усилитель близок к точке компрессии).

С другой стороны, когда усилитель входит в область компрессии на 1 дБ, это весьма заметно сказывается на изображении. По мере приближения к точке компрессии начинают исчезать мелкие детали и теряется чувствительность.

Потеря детализации обусловлена и другими причинами. Рассмотрим аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Когда его разрядность снижается с 14 до 12 и потом до 10 разрядов, начинается расслоение изображения и наблюдается потеря детализации (см. рис. 2). При достижении 6 разрядов детализация ухудшается значительно. При таком снижении лучше добавить во входные цепи автоматическую регулировку усиления (АРУ). Кроме того, для попадания в оптимальный диапазон разрядности АЦП можно выполнить автомасштабирование.

Если перечисленное усугубляется низким уровнем дискретизации, фазовым шумом и насыщением, то результат становится и вовсе бесполезным. Кроме низкого разрешения АЦП в данном примере присутствует ещё и джиттер тактовой частоты, который ограничивает пространственное разрешение РЛС.

Для отделения полезного сигнала от помех используется обработка демо-

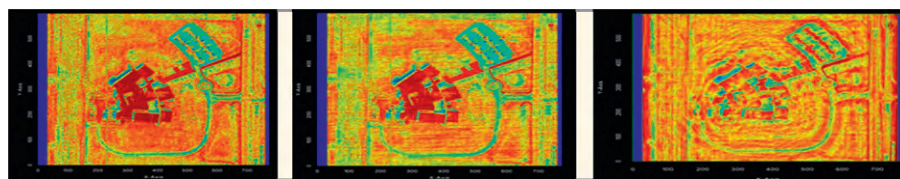


Рис. 1. Влияние фазового шума генератора на изображение

дулированного сигнала. Но если тракты передачи и приёма спроектированы не оптимально, при дальнейшей обработке компенсировать это алгоритмами не получится. Чтобы схемотехника и алгоритмы успешно работали вместе, оба компонента системы должны быть качественными.

В процессе совместного моделирования ЦОС и ВЧ-цепей выяснилось, что насыщение усилителя имеет несколько большее влияние по сравнению с разрядностью АЦП. Дальнейшие исследования показали, что в процессе совместного моделирования можно отладить алгоритмы последующей обработки и определить оптимальный размер быстрого преобразования Фурье (БПФ), необходимый для обработки сжатых импульсов.

Совместное моделирование может использоваться для ускорения моделирования и повышения его точности. В качестве примера рассмотрим совместное моделирование реальной, применяемой в SAR, ВЧ-схемы, выполненное с помощью САПР системного уровня Keysight SystemVue и САПР Advanced Design System (ADS). Программный и системный симуляторы были совместно использованы для построения изображения, создаваемого SAR (см. рис. 3). Применение реальной ВЧ-схемы позволило ввести в систему модели полупроводниковых приборов и паразитных элементов платы. Преимущество этого подхода заключается

в том, что он позволяет учесть нелинейность усилителя, шум, рассогласование по входу и выходу, преобразования АМ-АМ и АМ-ФМ, а также эффекты памяти.

Такое совместное моделирование даёт высокую точность, но существенно увеличивает время разработки. Чтобы сократить это время, было выполнено системное моделирование с применением модели на основе X-параметров (зарегистрированный товарный знак компании Keysight Technologies) ВЧ-усилителя (см. рис. 3б). Модель на основе X-параметров сохраняет точность и детализацию моделирования, существенно сокращая при этом время – в данном случае более чем в 10 раз по сравнению с совместным моделированием на уровне цепей. Дальнейшего улучшения процесса совместного моделирования можно добиться за счёт применения расширенных методов, таких как метод огибающей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следуя предложенной методике, можно легко и точно выполнить совместное моделирование ЦОС и ВЧ-схем, причём время моделирования остаётся вполне приемлемым. Возможность совместной проверки системы в разных областях позволяет проектным организациям снизить риски на заключительных этапах проектирования и выполнять перекрёстные проверки по мере развития проекта. В конечном итоге это позволяет снизить затраты и ускорить выполнение работ по разработке.

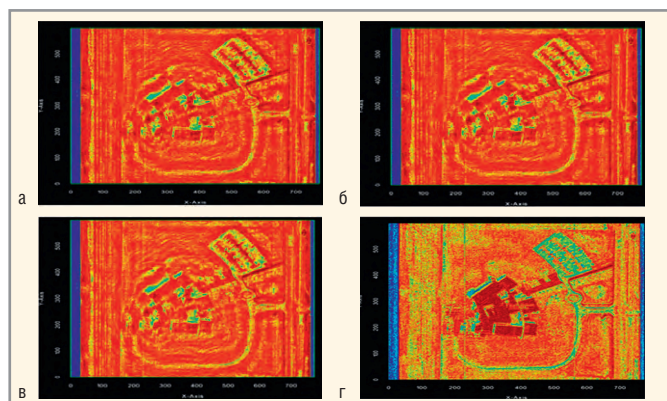


Рис. 2. Изменение качества изображения по мере снижения разрядности АЦП: а – 14 разрядов; б – 12 разрядов; в – 10 разрядов; г – 6 разрядов, дополнительно снижено насыщением усилителя

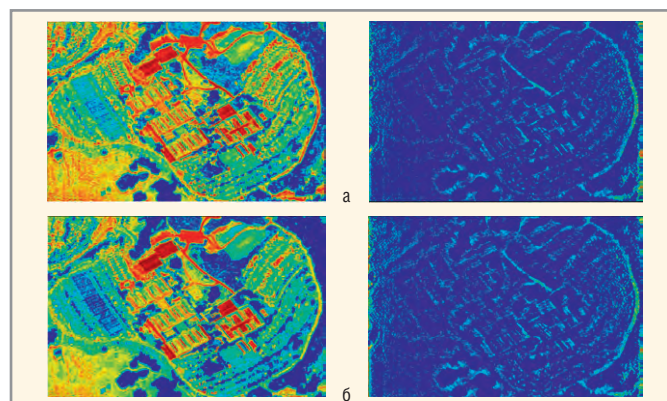


Рис. 3. Моделирование SAR: а – совместное моделирование реальных схем в САПР Keysight SystemVue и Advanced Design System; б – моделирование с помощью модели на основе X-параметров

Методы электромагнитного моделирования в разработке радиочастотных интегральных схем

Джон Данн (Эль-Сегундо, Калифорния, США),
Владимир Литун (Москва, Россия)

Современные технологии проектирования радиочастотных интегральных схем (RFIC), реализованные в программном комплексе NI AWR Design Environment, предоставляют разработчикам широкий выбор разнообразных инструментов для проведения схемотехнического и электромагнитного анализа структуры, в том числе с учётом технологических особенностей производства, корпусирования, выполнения электрических контактов, а также использования компонентов поверхностного монтажа. Данная статья посвящена обзору доступных в программных продуктах NI AWR вычислительных методов для моделирования различных по функциональному назначению частей RFIC-структур, в том числе в рамках стандартного процесса разработки RFIC в Cadence.

ВВЕДЕНИЕ

Радиочастотные интегральные схемы (Radio Frequency Integrated Circuit, RFIC) содержат множество различных межсоединений и пассивных компонентов, вычисление характеристик каждого из которых при проектировании требует применения специализированных методов электромагнитного (ЭМ) анализа для получения точных результатов за приемлемое время. Так, цепь питания транзистора может рассматриваться как сложная система электрически коротких проводников, которые эффективнее всего анализировать квазистатическим методом для последующего вычисления величин эквивалентных паразитных компонентов схемы (экстракции паразитных компонентов). С другой стороны, электрически более длинные структуры, например, межкаскадные линии передачи, или распределённые компоненты на подложке (спиральные индуктивности и т.д.), требуют проведения полноволнового планарного (2.5D) или пространственного (3D) ЭМ-анализа для получения данных об их функционировании в составе устройства [1]. Более того, компоненты поверхностного монтажа (Flip-Chip, в BGA-корпусах или в бескорпусном исполнении с проволочными соединениями) могут быть корректно проанализированы только с помощью полноволновых 3D-методов ЭМ-анализа [2]. Обзор возможностей и особенностей различных методов

ЭМ-моделирования, доступных в NI AWR Design Environment, является основной целью данной статьи.

RFIC или MMIC

RFIC основаны на кремниевой или кремниезо-германиевой (SiGe) технологии производства. Изначально они были разработаны для использования на рабочих частотах вплоть до СВЧ-диапазона. Плотность транзисторов в таких устройствах значительно выше по сравнению с монокристаллическими интегральными схемами СВЧ-диапазона (Monolithic Microwave Integrated Circuit, MMIC), которые основаны на полупроводниковых соединениях $A^{III}-B^V$ (например, арсенид галлия (GaAs) или нитрид галлия (GaN)). В силу предназначения для применения в вычислительных и коммуникационных системах, RFIC состоят из множества транзисторов, соединённых в сложную сеть большим числом очень коротких электрических линий, называемых «сетями».

Эти «сети» обычно моделируются с помощью дискретных сопротивлений и ёмкостей в квазистатическом приближении для выявления паразитных эффектов, которые ухудшают характеристики устройства и должны быть учтены на этапе проектирования. В ЭМ-моделировании под квазистатическим приближением понимают формулировку задачи с использованием уравнений, не содержащих произво-

дных по времени, даже если некоторые величины могут медленно изменяться во времени. В результате получается численная модель, которая применима для описания электрически малых структур, не вызывающих возбуждения электромагнитных волн. Такой метод позволяет разработчикам учитывать влияние паразитных компонентов на характеристики устройства в целом, обеспечивая ЭМ-анализ сложной топологии при использовании достаточно простых моделей на основе эквивалентных электрических цепей.

В MMIC, функционирующих в СВЧ-и более высокочастотных диапазонах, напротив, электрические длины связей чаще всего превышают пренебрежимо малую величину. Поэтому для анализа их характеристик требуется применение полноволновых ЭМ-методов. Поскольку непосредственно элементы топологии и являются ключевой составляющей разработки MMIC, с самого начала в процессе проектирования требуется обеспечение точности вычисления их характеристик. Для анализа пассивных компонентов и межсоединений в MMIC, в первом приближении моделировавшихся в соответствии с теорией длинных линий, удобно применять ЭМ-анализ на основе планарной (2.5D) модификации метода моментов (Method of Moments, MoM), которая позволяет проводить расчёт для достаточно сложных и многокомпонентных структур. Данная технология всё глубже интегрируется в инструменты разработки устройств радиочастотного и СВЧ-диапазонов. Например, недавние обновления встроенного в программный комплекс NI AWR инструмента моделирования AXIEM обеспечивают возможность анализа больших структур со скоростью, позволяющей проводить ЭМ-моделирование топологии MMIC полностью и непосредственно в среде разработки NI AWR Design Environment, а именно, при схемном моделировании в Microwave Office.

ОДНА ПЛАТФОРМА, БЕЗ ПРЕГРАД.

Простота гениальна

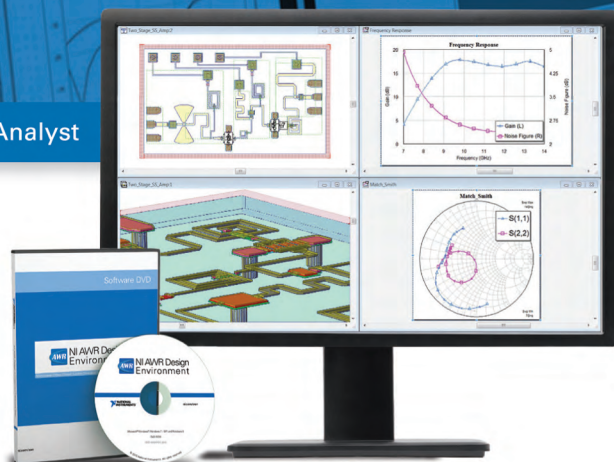
NI AWR DESIGN ENVIRONMENT

NI AWR Design Environment™ - это единая платформа, объединяющая системный, схемотехнический и электромагнитный анализ, для разработки продвинутых современных беспроводных систем: от базовых станций и мобильных телефонов до систем спутниковой связи. Интуитивно понятный пользовательский интерфейс, проверенные технологии симуляции и доступная архитектура с поддержкой сторонних решений – всё это устраняет преграды на пути к вашей успешной разработке! Проектирование стало гениально проще.

Более подробно см. на awr.com/ru

Microwave Office | Visual System Simulator | Analog Office | AXIEM | Analyst

Реклама



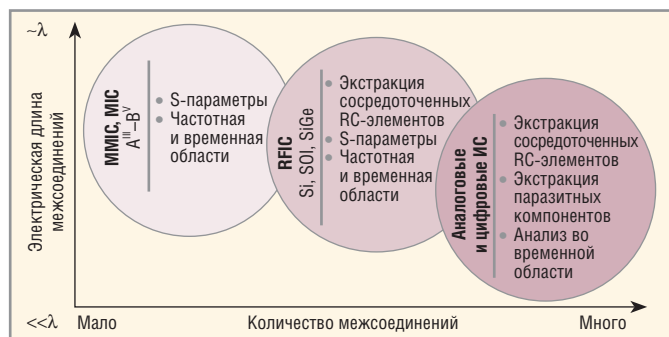


Рис. 1. Классификация требований к моделированию по типам устройств и их основным особенностям

Современные конструкции RFIC совмещают структуры MMIC и аналоговых интегральных схем для достижения высокой плотности упаковки и функциональности в СВЧ- и мм-диапазонах волн для применения в аэрокосмическом и телекоммуникационном приборостроении. Типичная RFIC содержит ряд структур, требующих анализа электрических характеристик: от относительно больших спиральных индуктивностей до крайне малых, плотно упакованных межсоединений. В зависимости от электрической длины, не все критичные части топологии могут быть корректно смоделированы путём экстракции паразитных компонентов, что требует от разработчика применения методов полноволнового ЭМ-анализа. В таблице приведены различные распространённые методы ЭМ-анализа, позволяющие создавать основанную на топологии модель, а также некоторые обобщённые характеристики этих методов.

ВЫБОР МЕТОДА АНАЛИЗА ПО ТРЕБОВАНИЯМ К МОДЕЛИРОВАНИЮ

Требования к моделированию интегральных схем определяются электрическим размером структур в их составе (отношением физических длин

токовых путей к длине волны сигнала на рабочей частоте), как показано на рисунке 1.

В отличие от квазистатического приближения, распределённые модели, получаемые на основе полноволнового ЭМ-анализа, используются для СВЧ-схем (область MMIC на рисунке 1), в которых межсоединения обладают значимыми электрическими длинами, что требует учитывать фазовые задержки и явления, связанные с протяжённостью линии связи. Моделирование MMIC целиком – это посильная задача для такого инструмента численного анализа, как AXIEM. Он способен отыскивать решение для систем со 100 000 неизвестных и более за время в несколько десятков минут для каждой частотной точки, используя технику быстрых вычислений. Наиболее часто применяемые для моделирования радиочастотных и СВЧ-цепей программы полноволнового ЭМ-анализа используют матрицы рассеяния (S-параметры) для представления распределённых межсоединений и пассивных компонентов в частотной области.

Требования к ЭМ-анализу и моделированию при разработке RFIC являются промежуточными между MMIC (A^m-B^v) и аналоговыми интегральными схемами на основе кремния

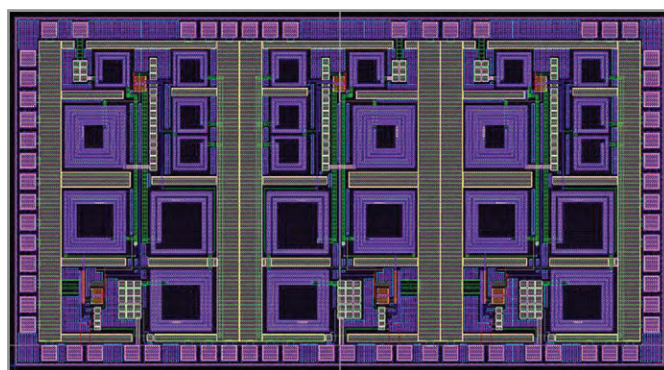


Рис. 2. Топология трёхканального RFIC-приёмника

(см. рис. 1). Одной из трудностей процесса их проектирования является применение подходящих алгоритмов ЭМ-моделирования для интегральных схем на основе различных техпроцессов, с использованием экстракции паразитных компонентов для межсоединений активных компонентов и инструментов полноволнового анализа для индуктивностей и прочих разветвлённых структур.

Ещё одну сложность представляет разделение общей модели RFIC на области с использованием различных вычислительных методов для их анализа. К примеру, на рисунке 2 приведена топология трёхканального RFIC-приёмника со спиральными индуктивностями, требующими проведения полноволнового моделирования с помощью 2.5D-анализа планарной модификацией метода моментов в AXIEM или 3D-анализа методом конечных элементов в Analyst.

В подобном случае разработчик может пойти по одному из трёх путей:

- моделировать каждую из согласующих индуктивностей обособленно;
- моделировать их вместе в одном канале;
- моделировать все каналы в общей структуре.

Выбранный способ значительно повлияет на скорость ЭМ-анализа и, возможно, но не обязательно, на общую точность расчёта, в зависимости от степени взаимовлияния отдельных компонентов.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭМ-АНАЛИЗА

Экстракция паразитных компонентов

При использовании классической экстракции паразитных компонентов, на основе реализуемой топологии электрической цепи при помощи квазистатических методов ЭМ-анализа

Методы ЭМ-анализа в разработке интегральных схем

Метод моделирования	Скорость моделирования	Требования по объёму памяти	Характеристики
Экстракция паразитных компонентов	Самая высокая	Низкие/средние	Анализ R, C и L и переходных процессов
Квазистатическая модель	Очень высокая	Низкие	Анализ линии передачи по поперечному сечению
Квазистатическое приближение метода моментов	Высокая	Низкие/средние	Анализ электрически малых структур
Метод моментов (полноволновой)	Средняя	Средние	Планарный метод (2.5D), расчёт токов боковых стенок, сетка разбиения только для проводников
Метод конечных элементов (полноволновой)	Низкая	Средние	Анализ произвольных структур (3D), разбиение объёма задачи

создаётся таблица соединений – Netlist (см. рис. 3). В результате модель представляет собой совокупность сопротивлений каждой проводящей линии и их собственных ёмкостей относительно «земли». Также можно учитывать взаимные ёмкости между различными линиями. Одной из проблем при моделировании является корректное определение «земли». У кремниевых интегральных схем обычно нет «земли», специально сформированной в отдельном слое. В конструкции RFIC её роль может выполнять легированный кремниевый слой или специально спроектированные проводники. В случае спиральных индуктивностей, под ними обычно располагают металлическую сетку или окружают их защитным кольцом, обеспечивающим «землю» и соответствующие пути возвратных токов. Дополнительные металлические элементы топологии вносят добавочную паразитную ёмкость, влияющую на характеристики схемы, но наличие «земли» в явном виде повышает точность расчёта модели, существенно сокращая, таким образом, риск возникновения отказа из-за ошибки про-

ектирования. Некоторые алгоритмы экстракции паразитных компонентов могут рассчитывать парциальную индуктивность на более высоких частотах, однако будут приводить к получению неточных результатов, если не весь контур тока задан корректно.

Технология автоматической экстракции компонентов (Automated Circuit Extraction, ACE), встроенная в пакет NI AWR Design Environment, обеспечивает расчёт на основе распределённых моделей для таких структур, как линии передачи и межслойные переходы. ACE моделирует межсоединения как каскадное соединение линий передачи, резисторов и даже моделей связанных линий для параллельных участков топологии [3] (см. рис. 3).

Алгоритмы ACE расширяют метод экстракции паразитных RLGC-компонентов для работы с электрически более длинными линиями наиболее важных участков топологии в качестве альтернативы 2.5D ЭМ-анализу. Тем не менее, точность распределённой модели зависит от качества определения «земли» и соответствующего пути возвратного тока.

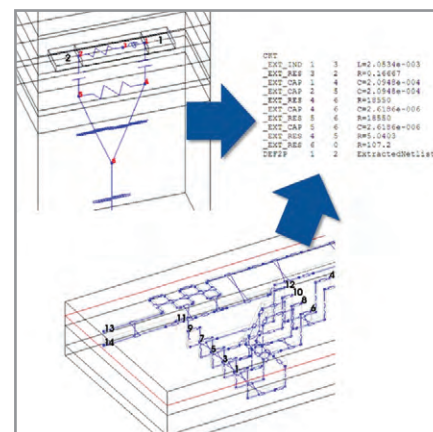


Рис. 3. Создание таблицы соединений (Netlist) при экстракции паразитных компонентов на основе структуры топологии

Квазистатические алгоритмы анализа в поперечном сечении (2D)

Квазистатические алгоритмы 2D-анализа предназначены для работы с поперечными сечениями подложек и проводников интегральной схемы (см. рис. 4). При этом происходит вычисление погонной ёмкости структуры для последующего расчёта зависимостей погонных индуктивности и сопротивления линии передачи от частоты.



Тратите много времени
на разработку СВЧ-устройств?

Проигрываете конкурентам?

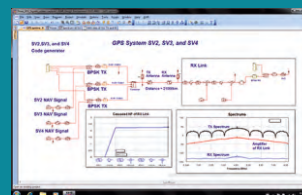
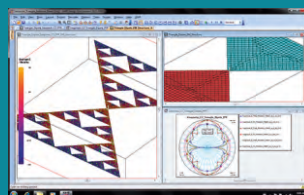
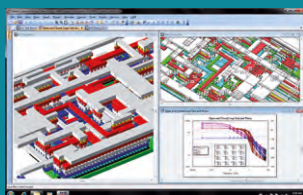
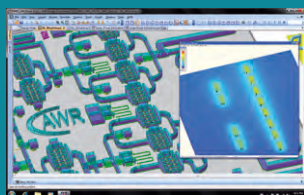
Правильный ход - использовать NI AWR Microwave Office

Сокращение цикла разработки до 70%

Многозадачность в единой среде проектирования

Сокращение объема физического макетирования

Широкий набор библиотек мировых производителей



Реклама

**NATIONAL
INSTRUMENTS™**

НПП «Родник» - официальный дистрибьютор
NI AWR в России
Тел.: +7 (499) 613-7001, www.rodnik.ru

С 1987 года
РОДНИК
СИСТЕМНЫЙ ИНТЕГРАТОР

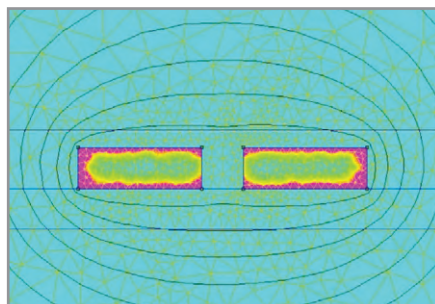


Рис. 4. Применение квазистатического алгоритма 2D-анализа поперечного сечения проводников

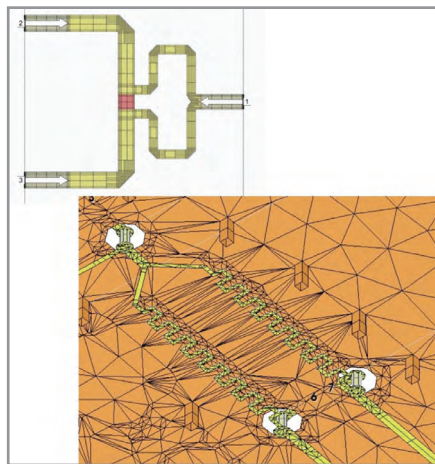


Рис. 5. Разбиение проводников для анализа методом моментов

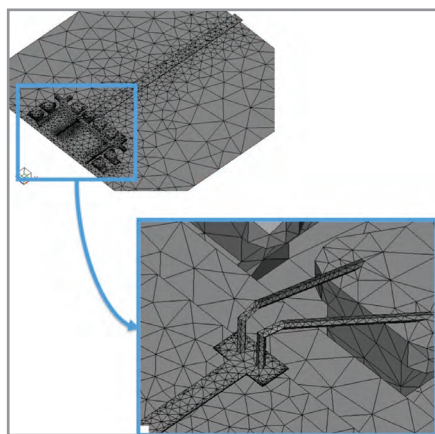


Рис. 6. Объёмное разбиение структур с произвольной геометрией для ЭМ-анализа методом конечных элементов

Упрощённая форма этого алгоритма используется в ранее рассмотренном методе экстракции паразитных компонентов при формировании матрицы статических ёмкостей. Более сложная версия (см. рис. 4) включает в себя также частотно-зависимые параметры (например, учитываются потери в кремниевой подложке) и используется в некоторых встроенных в NI AWR Design Environment моделях линий передачи на кремниевой подложке. Данный

метод работает быстро и незаметно для пользователя. Разумеется, разработчик по-прежнему может вручную провести анализ межсоединения как отрезка линии передачи или использовать ACE для экстракции модели. Алгоритм анализа линии передачи в поперечном сечении гарантирует точность её модели, но лишь при условии правильности исходных данных.

Метод моментов (планарная модификация, 2.5D)

Метод моментов обеспечивает отыскание решения в частотной области при наложении сетки разбиения только на проводящие элементы конструкции и при использовании функций Грина для учёта взаимного влияния токов на них (см. рис. 5). В процессе проектирования RFIC метод моментов обычно используется для анализа распределённых линий и их межслойных переходов, где особенно важно определение фазовой задержки. К числу подобных структур относятся, например, индуктивности, разветвления, неоднородности и участки длинных линий между активными компонентами.

При использовании метода моментов для расчёта топологии на кремниевой подложке необходимо учитывать использование в RFIC алюминия в качестве материала металлизации для верхнего слоя. Обычно вычислительные алгоритмы на основе метода моментов учитывают потери, используя импедансные граничные условия на поверхности металлического проводника с конечной проводимостью. При этом не проводится расчёт распределения токов внутри проводника, что может приводить к неточностям при анализе сопротивления. Этот недостаток существенен при точном вычислении добротности спиральных индуктивностей [4]. Вследствие этого, анализ добротности необходимо проводить при помощи полноволнового 3D ЭМ-моделирования, например, в Analyst, который за счёт разбиения внутреннего объёма проводника обеспечит более точный результат.

Метод конечных элементов (3D)

В Analyst используется полноволновой вычислительный алгоритм на основе метода конечных элементов (Finite Element Method, FEM), отыскивающий решения уравнений Максвелла для моделей с объёмным (3D) разбиением (см. рис. 6).

Analyst может работать со структурами произвольной геометрии (например, проволочными соединениями), однако его вычислительный аппарат является наиболее ресурсоёмким и требует большего времени по сравнению с другими методами ЭМ-анализа, приведёнными в данной статье.

ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ ЭМ-АНАЛИЗА В СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

С учётом сложности проектирования RFIC, ЭМ-анализ наиболее эффективен при условии его плотной интегрированности в процесс разработки, который включает схемотехническое моделирование, оптимизацию, анализ выхода годных и поддержку технологических библиотек (PDK). Разработчикам, применяющим различные методы ЭМ-анализа для создания модели, необходима возможность легко переключаться между ними и сравнивать получаемые результаты для определения наиболее подходящего алгоритма для работы с конкретной структурой. Для перебора различных вариантов моделей на основе методов, рассмотренных ранее, в Microwave Office предусмотрена функция Switch Lists, заменяющая в общей схеме один тип модели другим.

Поддержка различных методов ЭМ-анализа в одном проекте необходима для полномасштабного моделирования гетерогенных RFIC-структур без необходимости импорта ЭМ-моделей из сторонних программ. Например, NI AWR Design Environment поддерживает совместный анализ схемы в Microwave Office (или Analog Office) с обрабатываемыми в Analyst BGA-выводами, промоделированными в AXIEM спиральными индуктивностями и сложной цепью питания транзистора, рассчитанной при помощи ACE.

СОВМЕСТНОЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ И ЭМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ

Встраивание ЭМ-анализа топологии в иерархическую схему, объединяющую модели всех значимых структур RFIC с остальными активными и пассивными компонентами, обеспечит существенное повышение точности расчёта для проверки правильности проектных решений [5]. На рисунке 7 показана общая конструкция RFIC, активные компоненты которой объединены с ЭМ-моделью тополо-

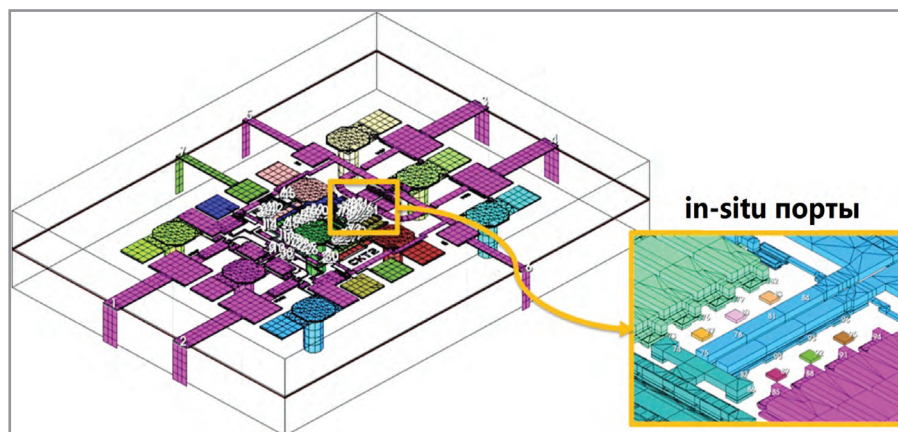


Рис. 7. Моделирования топологии интегральной схемы с внутренними портами

гии при помощи In-Situ-портов. Такая организация схемы и её анализ возможны благодаря специальным внутренним портам и функционалу AXIEM по исключению их паразитного влияния. Специальные калибровочные линии служат для устранения неестественного взаимовлияния моделируемого порта и ближайших элементов топологии (De-Embedding) [6].

Для точного совместного схемотехнического и ЭМ-анализа необходимы определённые возможности соответствующих алгоритмов. Моделирование схем в случае RFIC часто проводится во временной и частотной областях. В Microwave Office анализ переходных процессов в цепях проводится во временной области, в то время как анализ в частотной области применяется для исследований в режиме большого сигнала с использованием метода гармонического баланса. Получение точных результатов в этом случае требует наличия данных об импедансе цепи на всех выводах транзистора в широкой полосе частот, в том числе на постоянном токе, частоте сигнала и частотах гармоник. Некорректно определённый импеданс на постоянном токе приводит к несоответствующему выбору смещения транзистора, а неправильно заданные нагрузки для гармонических составляющих оказывают влияние на характеристики транзистора в полосе частот. Некорректные значения импеданса на постоянном токе чаще всего получают в случае ошибочной экстраполяции S-параметров в точку $f = 0$ (см. рис. 8).

Некоторые методы ЭМ-анализа, такие как метод конечных элементов, не лучшим образом подходят для вычисления импеданса на постоянном токе и в области низких частот. По этой причине в Analyst нижним пределом для моделирования является частота

10 МГц, в то время как в AXIEM встроен специальный алгоритм расчёта на низких частотах, что позволяет применять его в задачах моделирования даже на постоянном токе. Для экстракции паразитных компонентов на постоянном токе разработчик может использовать AXIEM, ACE или стороннюю программу ЭМ-анализа, которую можно подключить при помощи интерфейса EM Socket. Доступность и гибкость при использовании различных методов моделирования позволяют разработчикам RFIC работать с большим количеством разнообразных структур, используя модели, которые обеспечивают точные результаты вычислений.

Применение ЭМ-анализа обладает некоторым преимуществом над экспериментальными исследованиями, а заключается оно в большей гибкости при выборе отсчётной плоскости (задании измерительного порта), что во время практических измерений возможно с ограничениями при использовании векторного анализатора цепей. Однако обеспечение достоверности интерпретации результатов и калибровочное исключение RFIC-структур могут быть затруднены при увеличении в модели количества портов из-за необходимости учёта их близкого расположения друг к другу. Это приводит к ухудшению развязки между ними и увеличению ошибок моделирования. Корректное определение опорной «земли» также является важным фактором, позволяющим избежать различий между результатами моделирования и экспериментальными данными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день для моделирования широкого ряда различных структур и вариантов их корпусирования при проектировании RFIC доступно

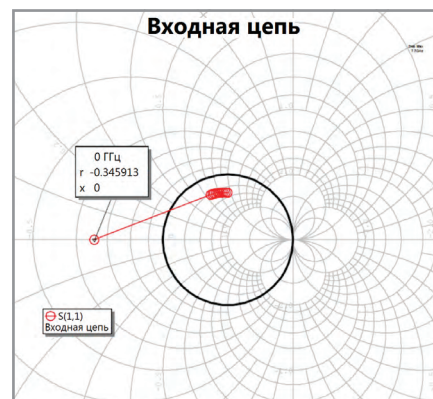


Рис. 8. Данные о входном импедансе цепи для моделирования в режиме большого сигнала

множество методов ЭМ-анализа. Разработчикам следует знать, какие из них наилучшим образом подходят для моделирования конкретных топологий, учитывая соотношение скорости и точности расчёта. NI AWR Design Environment, благодаря собственным широким вычислительным возможностям и встроенному интерфейсу EM Socket, является перспективной платформой для интеграции различных методов ЭМ-анализа и совместного моделирования в Microwave Office. Таким образом, NI AWR Design Environment позволяет разработчикам использовать возможности моделирования AXIEM, Analyst и ACE или алгоритмов сторонних разработчиков для эффективного управления процессом проектирования RFIC, построенного на основе ЭМ-анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dunn J. Interconnect Modeling and Simulation for RFIC Design. RF Globalnet. February. 2007.
2. Carroll J. M., Dunn J. Electromagnetic Simulation Challenges in RFIC Design. IEEE 16th Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF). Austin, TX. 2016.
3. Heimlich M. Circuit Extraction Techniques Provide Faster Interconnect Modeling and Analysis. High Frequency Electronics. Vol. 6. No. 6. June 2007.
4. Dunn J., Veremey V. Accurate Q Prediction for RFIC Spiral Inductors Using Planar EM Solvers. 41st European Microwave Conference. Manchester. 2011.
5. Hartung J. Interoperability Enables a Complete RFIC/Package/Board Co-Design Flow. Microwave Journal. July. 2014.
6. Rautio J. C. Perfectly Calibrated Internal Ports in EM Analysis of Planar Circuits. IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest. Atlanta, GA. 2008.



Новости мира News of the World Новости мира

В России создали консорциум для продвижения отечественного софта

Институт развития Интернета (ИРИ) и «Ростех» в лице Национального центра информатизации (НЦИ) 20 февраля объявили о создании консорциума разработчиков отечественного программного обеспечения.

Основная цель консорциума — консолидация компетенций российских компаний, занимающихся созданием ПО. Экономический эффект, как ожидают создатели консорциума, составит «сотни миллионов рублей», сообщила директор центра компетенций ИРИ «ИТ+Суверенитет» Анна Мещерякова.

Как пояснила РБК Мещерякова, сейчас заказчику трудно выбрать отечественный продукт, так как он не уверен в том, что получит комплексную поддержку и что он будет совместим с решениями сторонних компаний.

«В реестре отечественного ПО значатся 24 операционные системы, но никто не заботится о том, чтобы они были совместимы между собой. Наша задача состоит в том, чтобы заказчик чувствовал себя

уверенно и понимал, что между продуктами разработчиков будет организована совместимость, они не будут конфликтовать между собой», — отметила Анна Мещерякова.

По её словам, на данном этапе стоит задача объединить разработчиков операционных систем на базе ядра Linux, среди которых компании «Базальт», «РусБИТех» (разработчик Astra Linux) и «Ред софт».

www.rbc.ru

Оборудование Профотек совместимо с решениями Siemens

Компания Siemens и российский производитель измерительных трансформаторов Профотек по результатам совместного тестирования и испытаний продемонстрировали совместимость волоконно-оптических измерительных трансформаторов тока и напряжения производства Профотек, подключённых к цифровым устройствам релейных защит Siemens через шину обработки данных. Таким образом, обе компании продвинулись на шаг к коммерческой реализации технологий автоматизации энергоснабжения.

Одной из главных решённых задач стало обеспечение функциональной совместимости, позволяющей соединённым устройствам связываться между собой без ошибок вне зависимости от конкретного производителя оборудования. К примеру, оптические измерительные трансформаторы тока и напряжения от Профотек теперь могут передавать значения тока и напряжения в цифровом виде от основной системы (через шину обработки данных) к вспомогательным устройствам. После этого данные значения проходят последующую обработку на интеллектуальных терминалах.

Тенденция к обширной оцифровке обусловлена не только технологически. Она создаёт возможности для реализации новых идей и концепций и предлагает всем заинтересованным лицам больше, чем ранее используемые технологии. Следует упомянуть, к примеру, повышенную эксплуатационную готовность, более высокий уровень безопасности и снижение затрат на протяжении всего жизненного цикла системы.

www.rusnano.com



Твердотельные накопители для транспорта

- Сертифицированы для применения на транспорте
- Технологии защиты целостности данных при сбоях питания
- Низкое энергопотребление
- Расширенный диапазон рабочих температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$
- Соответствие стандартам MIL-STD по устойчивости к ударам и вибрации



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNODISK

ProSOFT®

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



Реклама

Е•Х•Р•О ELECTRONICA



20-я Международная выставка
электронных компонентов,
модулей и комплектующих



**25–27
апреля
2017**

Москва,
Крокус Экспо



Самая крупная
в России выставка
электронных
компонентов,
модулей
и комплектующих

Забронируйте стенд: **expoelectronica.ru**

Совместно
с выставкой



Организаторы:



+7 (812) 380 6003/07/00
electron@primexpo.ru



Тысяча и одна «мелочь» редактора принципиальных электрических схем в САПР Delta Design

Часть 2

Сергей Пилкин, Георгий Шаманов (Москва)

В первой части статьи (см. №1, 2017) мы рассматривали функциональность редактора в целом, которая обеспечивает создание многолистовых иерархических схем с произвольной глубиной детализации блоков и формирование по созданной схеме конструкторской документации.

В данной части статьи мы сосредоточимся на «мелочах», которые облегчают работу специалиста, и, в конечном счёте, сокращают сроки разработки устройства.

Размещение компонентов и прокладывание проводников занимает большую часть времени при создании схемы.

Рассмотрим ещё несколько «мелочей» в работе редактора схем. И начнём с автоподключения выводов.

РАЗМЕЩЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

На рисунке 7 изображён момент размещения нового компонента рядом

с DD5. При этом новый компонент размещается вплотную и таким образом, чтобы выводы совпадали.

В момент размещения компонента будут автоматически созданы цепи, соединяющие наложенные друг на друга выводы. На рисунке 8 компонент DD6 (который конструктор и размещал в примере) сдвинут вправо для демонстрации созданных линий электрической связи.

Рассмотренная ситуация достаточно типична при работе с компонентами.

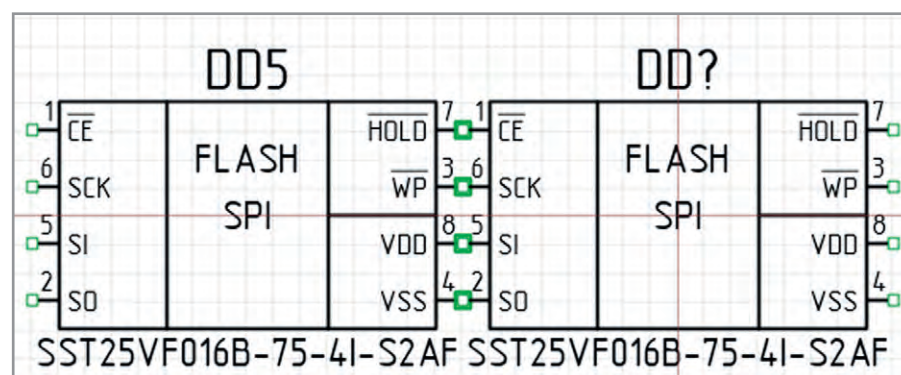


Рис. 7. Размещение компонента для автоподключения выводов

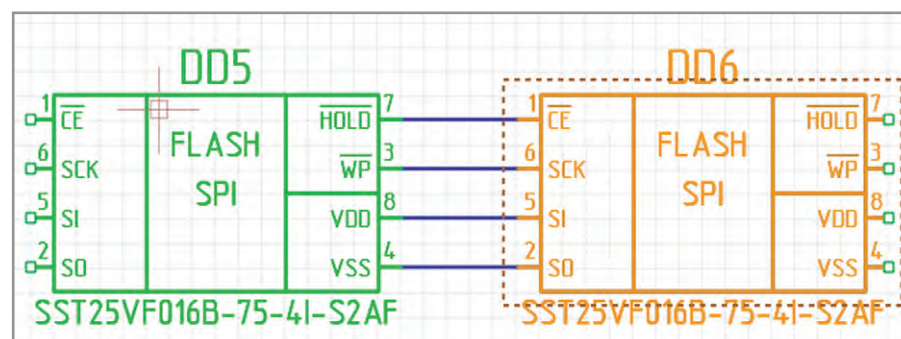


Рис. 8. Созданные автоматически линии электрических соединений

Другой типичной ситуацией при создании схемы является необходимость размещения компонента в разрыв. Рассмотрим пример схемы на рисунке 9а и допустим, что конструктору необходимо разместить компонент так, как показано на рисунке 9б.

Delta Design в момент размещения компонента поверх цепи автоматически выполнит все необходимые действия и разместит компонент так, как показано на рисунке 9в.

Важно отметить, что вставка компонента в разрыв приводит к разбиению существующей цепи на две. Предыдущее имя цепи будет оставлено за участком цепи с большим «весом». «Вес» участка цепи определяется интеллектуальным алгоритмом и зависит от наличия на нём портов (порты питания имеют больший вес), входов в шину, а также длины участка цепи. Второй участок цепи, образовавшийся после разрыва, получит новое уникальное имя.

При этом все изменения, произведённые в проекте, редактор запомнит как одно действие, и это действие может быть отменено одним нажатием Ctrl + Z. Редактор помнит все действия схемотехника в текущем сеансе работы и позволяет вернуться на любое количество шагов назад. При этом объём памяти, который необходим для работы Delta Design, мало зависит от количества изменений, производимых в сеансе. Эта особенность системы позволяет разработчику иметь «бесконечную» очередь UNDO/REDO.

Также стоит отметить, что компонент может иметь «скрытые» выводы. «Скрытые» выводы – это такие выводы компонента (как правило, выводы земли и питания), которые отсутствуют в УГО. Подключение таких выводов осуществляется автоматически при размещении компонента на схеме. При желании можно отключить или переключить «скрытые» выводы с помощью специального диалога.

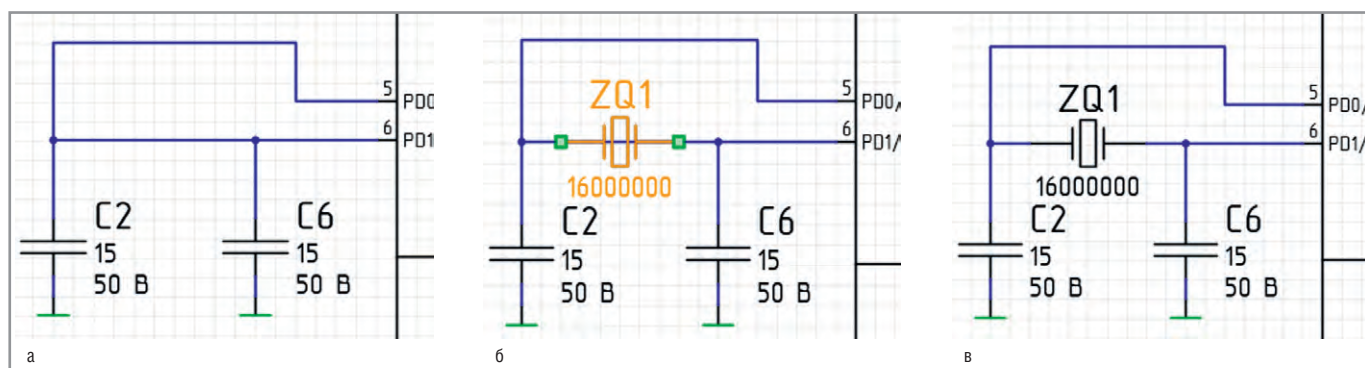


Рис. 9. Размещения компонента в разрыв: а – исходная схема; б – подключение компонента; в – схема после подключения

ЗАМЕНА КОМПОНЕНТОВ И РАДИОДЕТАЛЕЙ НА СХЕМЕ

Достаточно часто на схеме необходимо заменить компонент. Это бывает нужно, если:

- компонент был изменён в библиотеке;
- нужно выбрать другую радиодеталь, с другими параметрами (например, с другим номиналом);
- заменить радиодеталь на аналог (например, другого производителя).

Система Delta Design предлагает ряд удобных механизмов для замены компонентов на схеме. Можно выделить компонент на схеме и в контекстном меню выбрать пункт «Обновить компонент». При этом запустится интеллектуальный алгоритм обновления. Если габариты УГО компонента не изменились, и не изменилось расположение выводов, то УГО будет заменено на новое. В противном случае будет запущен интерактивный инструмент размещения компонента взамен существующего и пользователю нужно будет выбрать новое расположение компонента. И в первом, и во втором случае сохраняются все подключённые проводники.

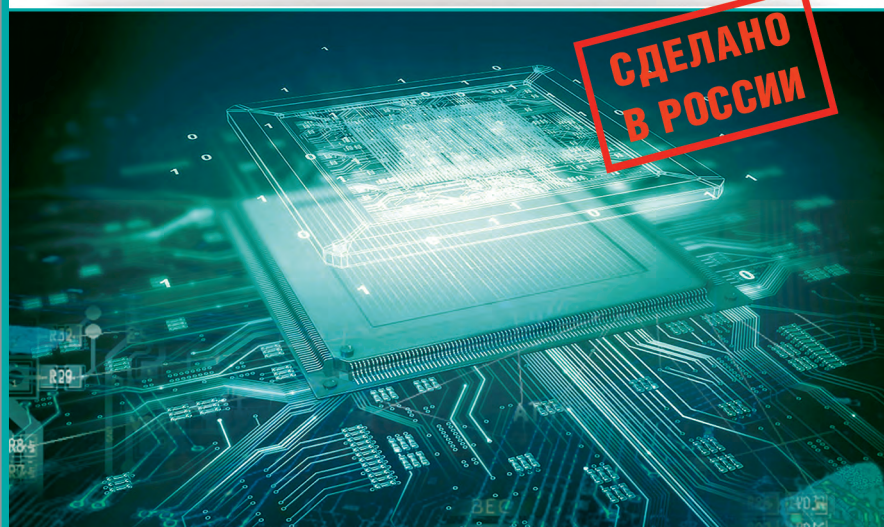
В версии Delta Design 2.1 появился новый механизм массового обновления компонентов на схеме и плате (см. рис. 10). Система сама находит все изменённые компоненты в проекте, выдаёт подробную диагностику – что поменялось, а также позволяет одной кнопкой обновить весь проект.

РАБОТА С ШИНАМИ

Для заведения цепи в шину в системе Delta Design необходимо на схеме подключить проводник этой цепи к шине. При этом автоматически образуется специальный графический «вход» в шину (см. рис. 11). Данный «вход» в шину по умолчанию сразу показывает метку с именем цепи,

EREMEX
Инновационный подход к проектированию электроники

САПР электроники



DeltaDesign — система сквозного проектирования электронных устройств на базе печатных плат

- Менеджер библиотек LIBerty
- Схемотехнический редактор FlexyS
- Схемотехническое моделирование SimOne
- HDL-симулятор Simtera
- Ведение правил DRM
- Редактор печатных плат RightPCB
- Топологический трассировщик TopoR
- Коллективная работа "Workgroups"
- Для предприятий "Enterprise server"

WWW.DD.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ EREMEX

ProSOFT®

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



Реклама

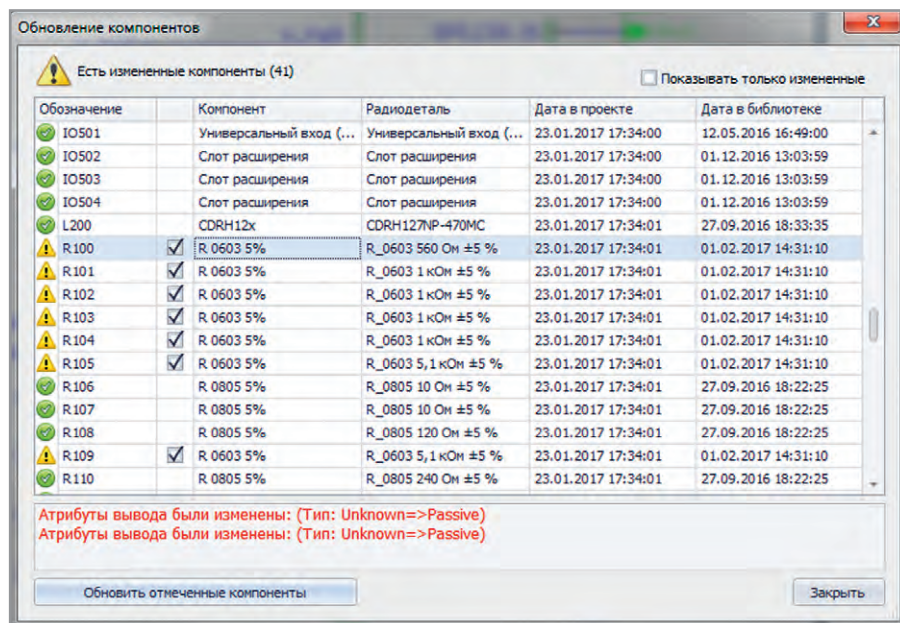


Рис. 10. Механизм массового обновления компонентов на схеме и плате в версии Delta Design 2.1

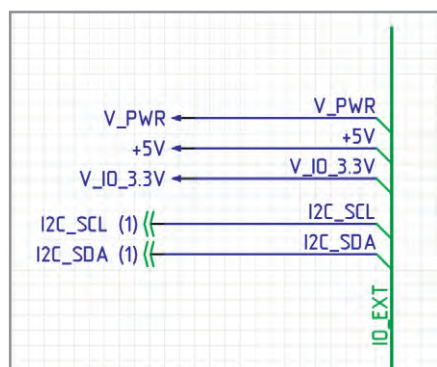


Рис. 11. Графический «вход» в шину

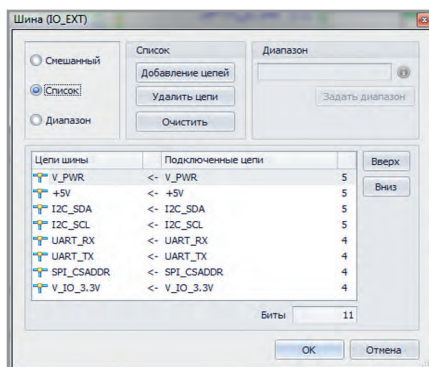


Рис. 12. Список заданных наборов цепей в составе шины

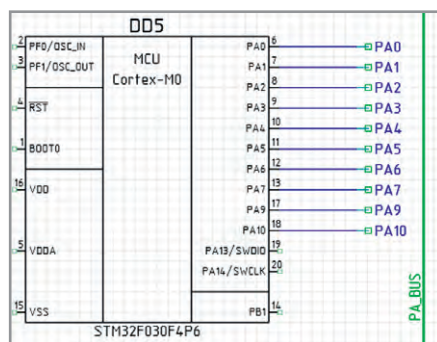


Рис. 13. Подключение к шине группы проводников с помощью перетаскивания

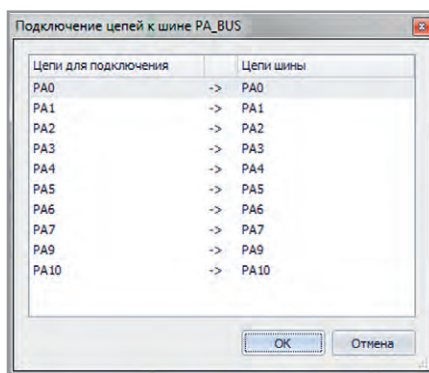


Рис. 14. Соответствие проводников цепям в шине

Пин	Назначение	Тип	Назначение	Тип
#5	PIN3	Bidirectional	PIN3	Bidirectional
#6	IO_BUS	Bidirectional	IO_BUS	Bidirectional
#7	+5V	Bidirectional	+5V	Bidirectional
#8	+3.3V	Bidirectional	+3.3V	Bidirectional
#9	I2C_SCL	Bidirectional	I2C_SCL	Bidirectional
#10	I2C_SDA	Bidirectional	I2C_SDA	Bidirectional
#13	UART_RX	Bidirectional	UART_RX	Bidirectional
#14	UART_TX	Bidirectional	UART_TX	Bidirectional
#16	SPI_SCK	Bidirectional	SPI_SCK	Bidirectional
#17	SPI_MISO	Bidirectional	SPI_MISO	Bidirectional
#18	SPI_MOSI	Bidirectional	SPI_MOSI	Bidirectional
#19	SPI_CSADDR	Bidirectional	SPI_CSADDR	Bidirectional
#20	PWR	Bidirectional	PWR	Bidirectional
#21	SPI_CS	Input	SPI_CS	Input

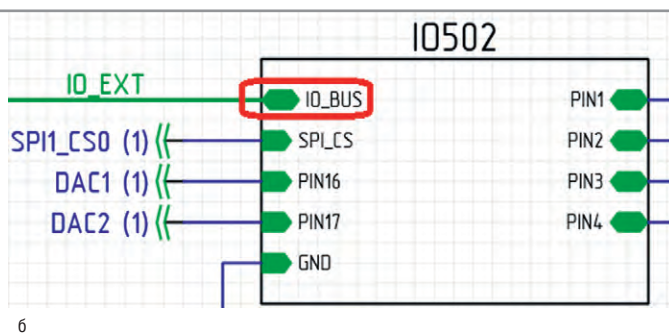


Рис. 15. Групповой вывод компонента: а – список; б – схема

которую можно отключить (сделать невидимой).

В системе Delta Design набор цепей в составе шины можно задавать несколькими различными способами: диапазон, список, смешанный.

Диапазон. Например, ADDR[0:7] создаст в шине цепи ADDR0, ADDR1, ...ADDR7.

Список. Любой заданный набор цепей (см. рис. 12).

Смешанный. Цепи в шине определяются по фактическому графическому подключению проводников к шине.

Система Delta Design при проверке схемы контролирует, что все цепи, входящие в шину, подключены корректно.

После подключения информация о принадлежности цепи к шине отображается в свойствах цепи, свойствах шины или в менеджере проекта.

Существует механизм массового подключения к шине. Для этого можно выбрать группу проводников (неподключённых концов) и с помощью простого перетаскивания подключить их к шине (см. рис. 13). В появившемся диалоговом окне (см. рис. 14) можно указать соответствие проводников цепям в шине.

Система Delta Design допускает подключение шины непосредственно к выводу компонента. В этом случае вывод компонента должен быть групповым, т.е. содержать внутри несколько контактов компонента (см. рис. 15). Внутреннее подключение цепей шины к контактам компонента в этом случае задаётся с помощью специального диалога (см. рис. 16). Иерархические блоки также могут содержать групповые (шинные) выводы, которые предназначены для заведения шин внутрь иерархических блоков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Редактор принципиальных электрических схем системы Delta Design не

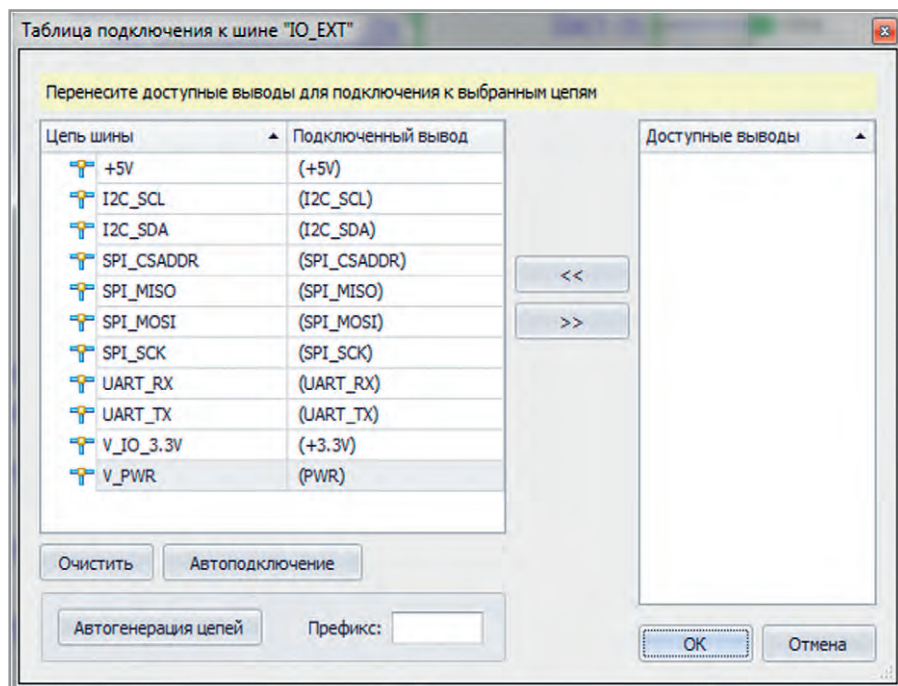


Рис. 16. Внутреннее подключение цепей шины к контактам компонента

только позволяет разрабатывать схемы любого уровня сложности, но и содержит множество важных деталей, ускоряющих работу.

Редактор поддерживает многолистовые иерархические схемы с произвольной глубиной детализации блоков. Реализована поддержка шин, портов и других объектов, что необходимо для создания сложных схем.

Разработанная схема одновременно является частью конструкторской документации, созданной в соответствии со стандартами. На основании данных схемы система Delta Design обеспечивает выпуск ведомости покупных изделий и других необходимых частей документации.

САПР обеспечивает полноценную поддержку ГОСТ, начиная от входящих в комплект поставки штампов и заканчивая автоматической трассировкой проводников.



Электроника → Транспорт 2017

11-я специализированная выставка электроники и информационных технологий для транспорта и транспортных коммуникаций

5-7 АПРЕЛЯ / МОСКВА / КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»

Поезд прибывает через:
Train arrives after:
00 Min. 37 Sec.

WWW.E-TRANSPORT.RU

Mentor PADS – масштабируемая программная платформа для проектирования ПП

Анатолий Сергеев (Москва)

САПР электроники среднего уровня в последнее время начали расширять свой функционал, предоставляя разработчикам больше возможностей для проектирования, приближаясь по этому параметру к САПР верхнего уровня. При этом появление новых инструментов практически не отражается на стоимости этих программных платформ.

Рынок САПР печатных плат (ПП) динамично развивается во всём мире. В четвёрку компаний-лидеров индустрии ECAD-систем входят Mentor Graphics Inc., Cadence Design Systems Inc., Altium Limited, Zuken Inc. В России ситуация аналогична мировым тенденциям, за исключением того, что всё ещё прочное положение удерживает P-CAD, «не отпускающий» отечественных разработчиков на протяжении 10 лет с момента выхода последней версии. Как и в мире машиностроительных САПР, системы проектирования электроники бывают верхнего и среднего уровня. САПР электроники верхнего уровня отличаются более широкими возможностями проектирования, куда помимо продвинутых инструментов входят средства управления библиотеками и проектами, возможность параллельной работы над одним проектом, мощные инструменты анализа целостности сигналов и питания, предпроизводственного DFM-анализа, тепловое моделирование, возможности 3D-моделирования с контролем зазоров и интеграции с MCAD-системами и многое другое. Естественно, что в системах

уровня Mentor Xpedition применяются новейшие технологии проектирования ПП, которые помогают значительно сократить сроки разработки и вывода новых продуктов на рынок. Однако в последнее время подобный функционал можно встретить и в САПР среднего уровня, где возможности становятся сопоставимыми с САПР верхнего уровня, но их стоимость значительно ниже. Благодаря этому малый и средний бизнес получает доступ к топовым инструментам разработки без серьёзных затрат. Компания Mentor Graphics делает разработчикам электроники эксклюзивное предложение в виде обновлённой программной платформы PADS, имеющей наилучшее сочетание «лёгкость в освоении – цена – функциональность».

Mentor PADS – это комплексная масштабируемая программная платформа для разработки ПП, которая отлично подойдёт как для небольших проектов с простыми схемами, так и для сложных проектов, где имеется большое количество высокоскоростных цепей и интерфейсов. PADS поставляется в трёх основных конфигурациях – Standard, Standard

Plus и Professional, которые при необходимости дополняются опциями. Эти опции могут включать в себя средства анализа целостности питания, продвинутую интеграцию с MCAD-системами, библиотеки на 5 млн 3D-моделей компонентов, расширенный набор средств работы с радиочастотной топологией и многое другое. Есть специальный пакет PADS AMS Design Suite для схемотехников, который решает вопросы аналого-цифрового моделирования и анализа электромеханических систем, с применением моделей SPICE и VHDL, стандартов IEEE в одном проекте. Разработчики подбирают тот набор инструментов PADS, который необходим для реализации их проектов, с возможностью расширения программной платформы до продвинутых версий.

Далеко не всем инженерам требуются самые продвинутые возможности проектирования и анализа. Mentor Graphics предлагает PADS Standard в качестве недорогого решения для традиционного круга задач. Данный пакет отлично подойдёт для инженеров, которые работают над проектами начального и среднего уровня сложности, но для которых важны качество, простота в использовании и экономия времени. PADS Standard позволяет разрабатывать иерархические схемы с доступом к онлайн-библиотеке на 450 тысяч компонентов посредством портала PartQuest, и имеет простой мастер создания новых компонентов, включая известный калькулятор посадочных мест Land Pattern Creator (LP Wizard) (см. рис. 1).

Дополнительно с сайта программной платформы [1] можно скачать стартовую библиотеку на 11 тысяч компонентов. Также в состав данной конфигурации входит профессиональный редактор топологии, эффективная система управления архивами проектов, позволяющая создавать и восстанавливать различные версии дизайнов, инструменты сравнения нескольких версий проекта с функциями поиска и визуализации различий, базовый набор инструментов для разработки радиочастотных цепей, 3D-визуализация совместно с импортом и экспортом STEP-моделей. При необходимости также можно задейство-

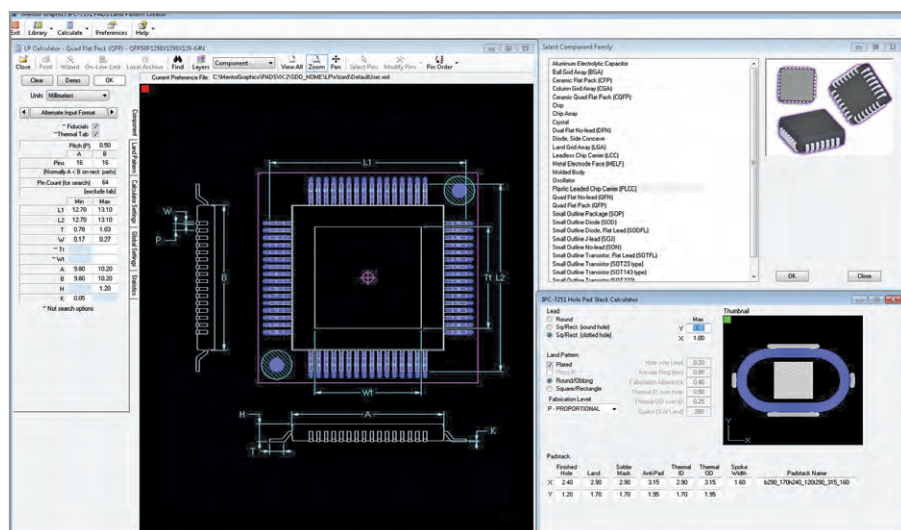


Рис. 1. Mentor Graphics IPC-7351 Land Pattern Creator (LP Wizard)

вать SPICE-симулятор через бесплатный облачный сервис Mentor Graphics [1]. Схемы из симулятора можно экспортировать в рабочую среду DxDesigner.

Если вы работаете со сложными проектами, то вам требуется больше чем просто средства схемотехнического и топологического проектирования. Вам необходима интегрированная мощная среда разработки для быстрой и продуктивной работы. В этом случае стоит обратить внимание на пакет PADS Standard Plus, который содержит интегрированный маршрут, гарантирующий синхронизацию и актуальность ваших проектных данных на любом этапе проектирования. В составе маршрута идёт сквозная система ограничений, которая позволяет быстро и эффективно управлять правилами DRC между схемой и платой (см. рис. 2).

Ещё одно важное отличие от версии Standard – это возможность использования центральной библиотеки на основе БД-компонентов, которая обновляется в режиме реального времени и поддерживает точность информации о компонентах на схеме. Двусторонний интерфейс между редактором схем и редак-

тором топологии основан на прямом взаимодействии без списка соединений. Это возможно благодаря использованию модели данных на основе единой базы проекта (iCDB – Integrated Common Data Base), где хранится вся информация, общая для редактора схем и топологии. ADS Standard Plus также включает продвинутые возможности трассировки для высокоскоростных цепей. В состав системы ограничений входит контроль дифференциальных пар, контроль согласованной длины критических сигналов в шине, наряду с индивидуальными ограничениями на минимальное и максимальное значение длины каждого сигнала.

Для обнаружения проблем, связанных с целостностью сигналов на ранних стадиях проектирования, в состав PADS Standard Plus входят лучшие в своём классе технологии моделирования HyperLynx (см. рис. 3).

При помощи HyperLynx, даже не обладая глубокими знаниями в области целостности сигналов, вы сможете провести пред- и посттопологический анализ с обнаружением перекрёстных помех в линиях передачи. HyperLynx

Thermal обеспечит точный тепловой анализ платы на стадиях размещения, частичной или полностью законченной трассировки. В состав схемотехнического редактора PADS Standard Plus входит Spice-симулятор для проверки работоспособности аналого-цифровых схем (см. рис. 4).

В настоящее время инженеры и проектные команды всё чаще используют расширенный маршрут разработки ПП, куда, помимо создания схемотехники и топологии, входят также средства анализа и верификации, предпроизводственной подготовки, управления библиотеками, электромеханический дизайн и т.д. Одновременно повышается сложность проектов, растут требования к высокоскоростным цепям и целостности сигналов, меняется понимание приемлемых сроков разработки.

Традиционные методы проектирования уже неспособны удовлетворить потребности дизайнеров при разработке сложных устройств в условиях жёсткой конкуренции. Требуются принципиально иные подходы к созданию и ведению проектов. Радикально сократить сроки проектирования при

Нужна уверенность, что спроектированная ПЛАТА будет работать?

HyperLynx
для создания
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ,
которые
работают
правильно

Техническая поддержка Обучение Дизайн-проекты

Тел.: +7 (495) 943-50-32, www.orcada.ru

оркада

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК
MENTOR GRAPHICS
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

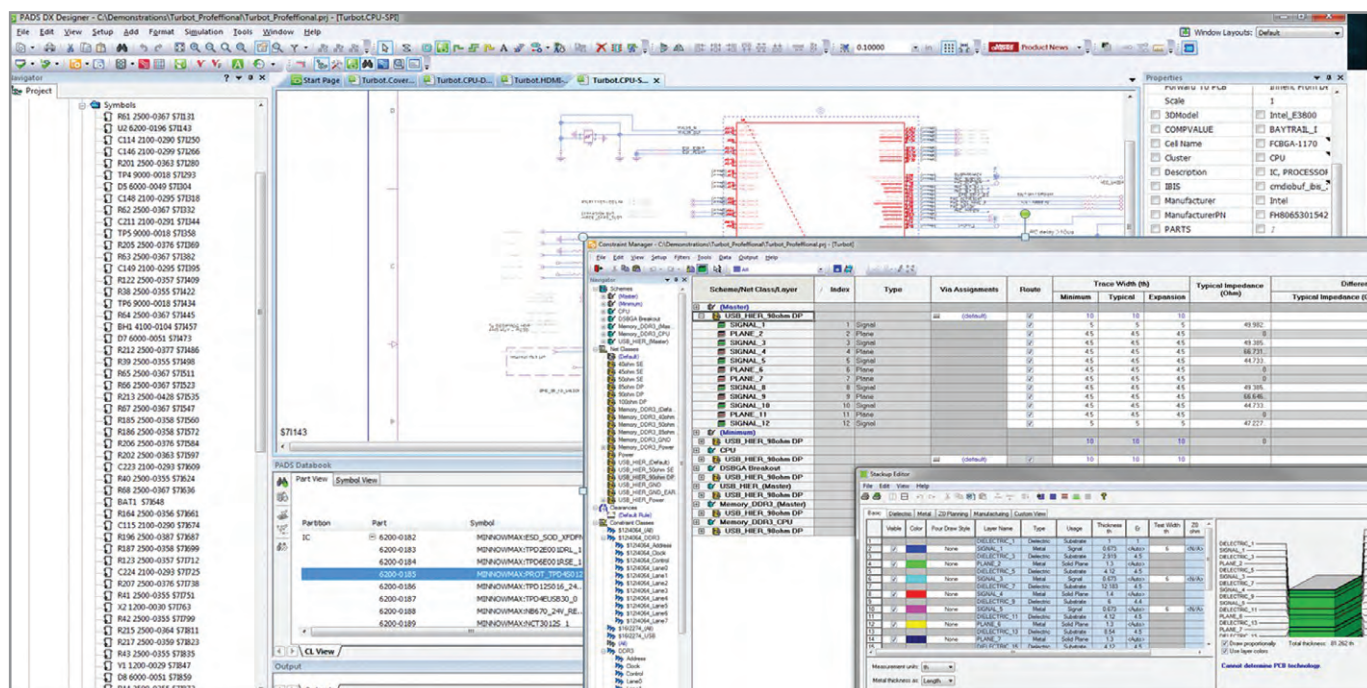


Рис. 2. Сквозная система ограничений Constraint Manager в редакторе DxDesigner

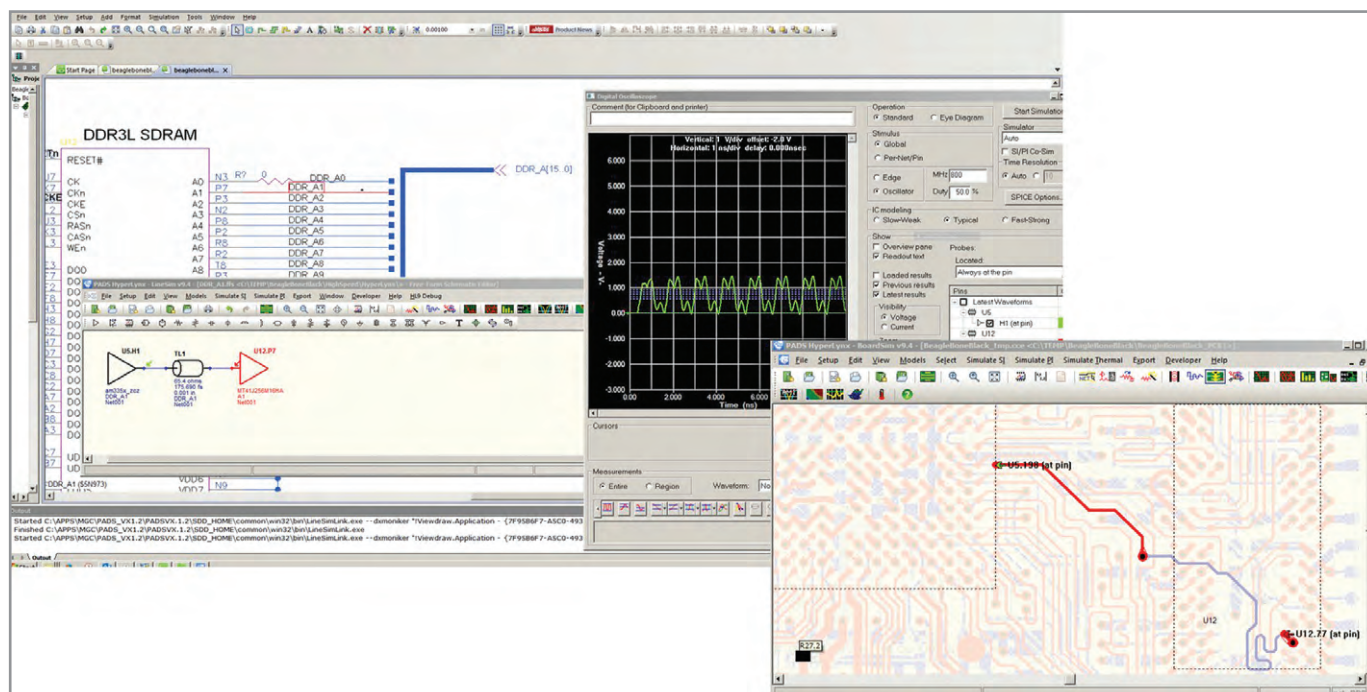


Рис. 3. Анализ целостности сигналов в PADS HyperLynx

одновременном повышении качества проектов – задача, с которой успешно справляются «тяжёлые» САПР, но они дороги и очень объёмны для небольших компаний. К тому же ряд важнейших функций для быстрой трассировки высокоскоростных сигналов, таких как автоинтерактивная трассировка шин, автоподстройка сигналов по длине для соответствия временным задержкам, требуют дополнительных дорогостоящих опций, стоимость которых может превышать стоимость базового пакета проектирования. В системах среднего

уровня подобный функционал отсутствует либо только анонсирован и не прошёл проверку в реальных проектах.

Компания Mentor Graphics предлагает самые передовые технологии Xpedition по новой цене, которая ломает устоявшееся представление о мощных, но очень дорогих инструментах проектирования. Теперь функционал Xpedition доступен в PADS Professional – это третий и самый мощный пакет в продуктовой линейке Mentor PADS, который меняет представление о САПР ПП среднего уровня. PADS Professional постро-

ен на одном ядре с Xpedition и включает в себя наиболее мощные технологии трассировки: Sketch Router (автотрассировщик шин сигналов), Autotune (автоподстройка трасс по длине), Dynamic Glossing (автоинтерактивная оптимизация трасс), Dynamic Copper Pour (динамические автообновляемые полигоны), Hierarchical 2D/3D Planning & Placement (иерархическое 2D/3D-планирование и размещение) (см. рис. 5).

PADS Professional – это также расширенный набор ограничений для высокоскоростных цепей, улучшен-

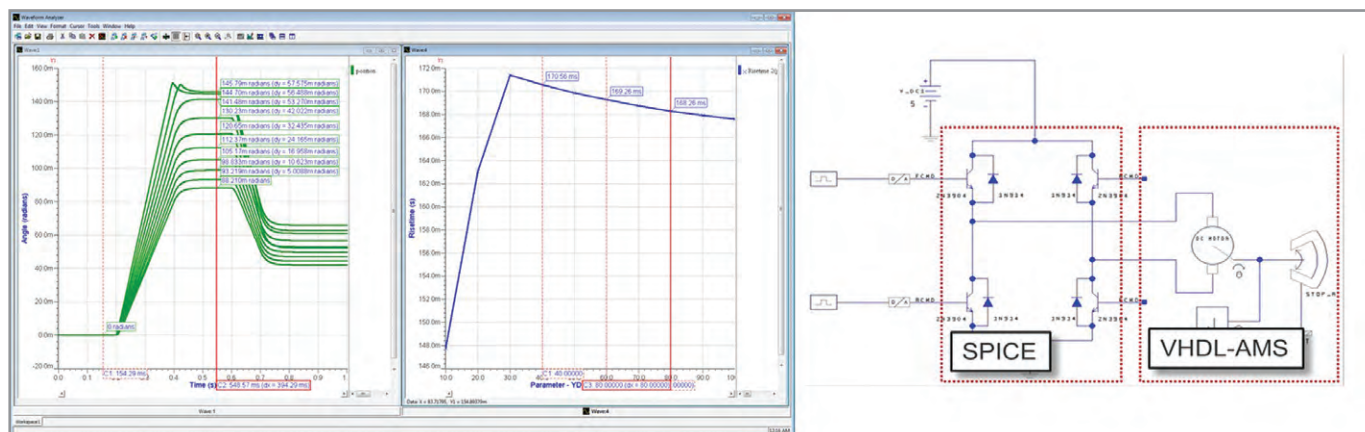


Рис. 4. Цифроаналоговое моделирование в PADS AMS Design Suite

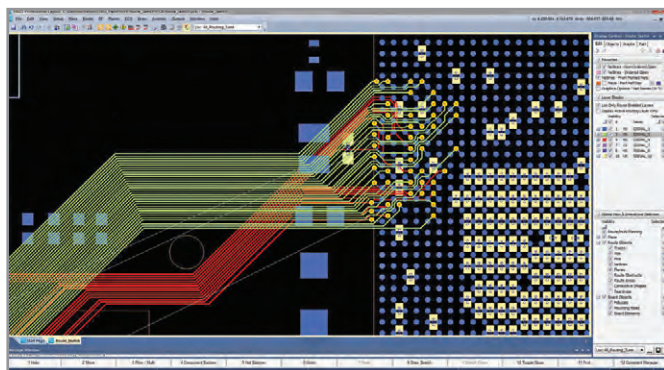


Рис. 5. Редактор топологии PADS Professional Layout

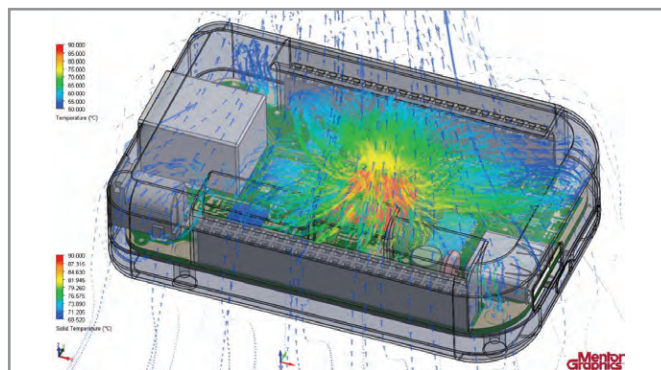


Рис. 6. Тепловое моделирование в PADS FloTHERM XT

ная технология блоков повторного использования, передовые средства контроля технологических правил от Valor. В состав PADS Professional входит возможность работы в 3D с инструментами размещения компонентов группами или по отдельности, контроль зазоров между механическими и электрическими компонентами, инструменты точного позиционирования механических деталей и подборок, фотореалистичная визуализация.

При необходимости PADS Professional комплектуется дополнительными опциями, такими как:

- HyperLynx DRC – инновационная система контроля ограничений для высокоскоростных цепей на основе целостности сигналов и питания, способная выявлять проблемы без необходимости моделирования;
- FPGA-PCB Co-Design, необходимая для оптимизации многвыводных микросхем ПЛИС под ПП и прототипирования СБИС;
- Cavities and Embedded Passives – для работы со встроенными компонентами в HDI-проектах.

Особое место среди дополнительных инструментов занимает PADS FloTHERM XT – мощное решение для разработки систем охлаждения электроники.

В PADS FloTHERM XT загружается и анализируется полная модель электронного модуля: детали корпуса из MCAD и 3D ПП напрямую из PADS. Все настройки интуитивно понятны и не требуют долгого изучения. На основе анализа результатов моделирования возможен параметрический подбор наиболее удачной геометрии, атрибутов (например, материала, тепловых коэффициентов), параметров решения, что в значительной степени совершенствует процесс оптимизации конструкции системы охлаждения (см. рис. 6).

Выбор конкретного продукта для разработки ПП зависит, как минимум, от трёх факторов – цена, удобство, функциональность. В условиях экономического кризиса вопрос цены особенно актуален. Mentor Graphics предлагает пакеты проектирования семейства PADS, которые в полной мере отвечают указанным критериям и способны заменить традиционные и устаревшие САПР, такие как P-CAD. В составе любого пакета PADS есть качественные трансляторы для файлов P-CAD, Altium Designer, OrCAD, Allegro, CADSTAR, поэтому разработки, сделанные в других САПР, можно будет использовать в новых проектах. PADS конфигурируется и подстраивается под нужды организаций любого

масштаба – от индивидуальных предпринимателей до относительно крупных компаний. PADS – это интегрированный маршрут проектирования на базе единой системы ограничений Constraint Manager и базы данных компонентов. В версиях PADS Standard Plus и Professional двусторонний интерфейс между платой и схемой работает без списка соединений, на основе единой базы проекта (iCDB). Особое место занимает пакет PADS Professional, созданный на базе технологий Xpedition. Он обладает всеми преимуществами САПР верхнего уровня (Sketch Router, Autotune, Dynamic Glossing и т.д.). Несмотря на это, PADS Professional имеет адекватный ценник и полностью перекрывает предложения конкурентов по функционалу. Дополнительные опции, такие как PADS FloTHERM XT, MCAD Collaboration, Advanced Analysis, HyperLynx DRC, делают маршрут PADS уникальным, не имеющим аналогов в других САПР данного уровня.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.pads.com.
2. Mentor Graphics. PADS Schematic Design User's Guide. Release PADS VX.2.1.
3. Mentor Graphics. PADS Layout User's Guide and Reference Manual. Release PADS VX.2.1.



Проектирование и моделирование печатных плат в САПР Allegro

Часть 4

Александр Панов (Москва)

В третьей части статьи было описано, как перейти от схемы устройства к печатной плате, создать её контур, выбрать посадочные места, разместить компоненты, выполнить трассировку проводников и вывести производственные файлы.

В данной, заключительной части статьи описывается порядок трассировки, проверки и вывода производственных файлов.

Трассировка

После размещения компонентов и задания правил можно приступить к трассировке. В Allegro можно пользоваться как ручной трассировкой, так и автоматической. Обычно критические цепи разводятся вручную, затем они фиксируются, и автоматом трассируется всё остальное, но это зависит от предпочтений пользователя.

Ручная трассировка

Маршрут ручной трассировки имеет приблизительно следующий вид:

- задание границ платы, используемых переходных отверстий и сеток;
- заливка полигонами земли и питания;
- выполнение Fanout (коротких соединений контактных площадок с переходными отверстиями), проверка их подключения к полигонам питания;
- трассировка остальных цепей с использованием ручных инструментов;

- оптимизация проложенных проводников;
- проверка на ошибки.

Выберем Display > AssignColors и назначим цвет для цепи VPP в окне Options (справа). Затем перейдём в закладку Find и переключимся на поиск цепей (Net) в разделе Find By Name, нажмём More... и перенесём в правое окно цепь VPP. После нажатия Apply все площадки и связи, принадлежащие этой цепи, должны окраситься в выбранный цвет. Можно перекрасить, не прерывая выполнения команды, и остальные цепи, которые мы захотим выделить.

После этого выполним команду Route > Connect (можно вызвать нажатием F3 или кликом на иконку ) , укажем необходимые параметры проводников в панели Options (справа) и выполним трассировку отмеченных цепей (см. рис. 27).

Нам не обойтись без переходных отверстий. Их можно выбрать в редак-

торе ограничений (Constraint Manager, CM). Перейдём в нём в закладку Physical и найдём столбец Via. Выполним нажатие левой кнопкой мыши (ЛКМ) в ячейке для набора Default – откроется окно выбора переходных отверстий (см. рис. 28).

Слева будут отверстия, доступные из библиотек Allegro, справа – используемые в проекте в качестве переходных отверстий. Найдём что-нибудь подходящее, задав фильтр буквами VIA, а затем перенесём пад-стек двойным нажатием ЛКМ в окно справа. Нажмём ОК и выйдем из CM. Теперь при трассировке, при двойном нажатии ЛКМ или при выполнении команды правой кнопкой мыши (ПКМ) > Add Via, будет происходить установка переходного отверстия. Если у вас будет несколько доступных вариантов, то переключаться между ними можно будет в окне Options. Результаты предварительной трассировки и перестановки некоторых компонентов можно увидеть на рисунке 29.

Добавление полигонов

Мы проложили единичные проводники. Теперь добавим цепи питания и «земли». Для этих цепей лучше использовать полигоны, так как это, например, позволяет уменьшить

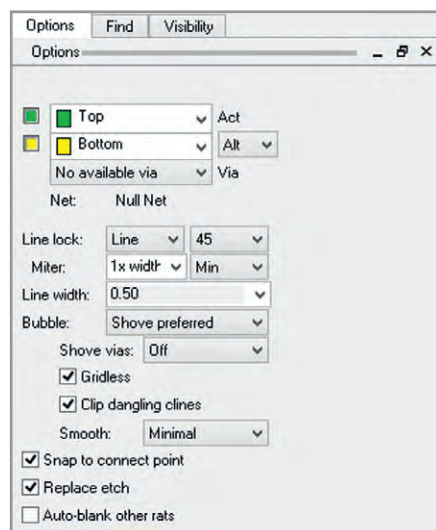


Рис. 27. Окно задания опций для трассировки

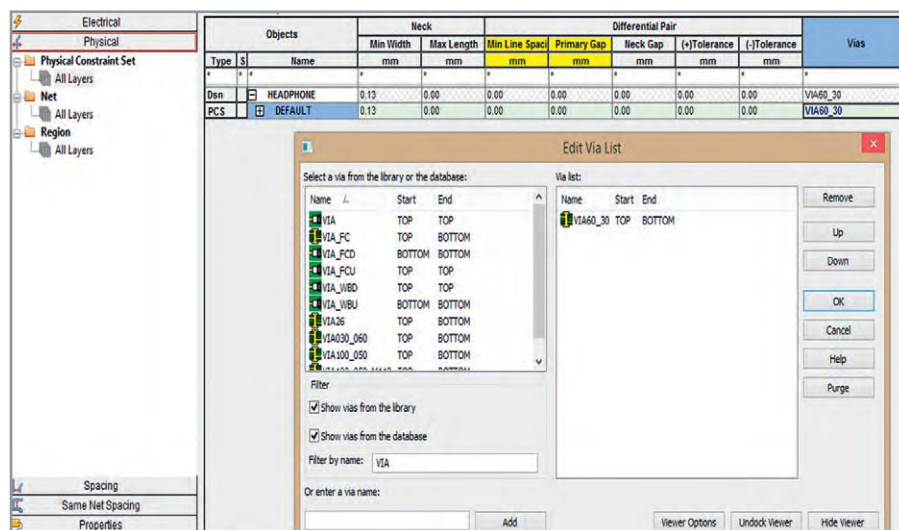


Рис. 28. Выбор подходящего типа переходных отверстий для трассировки

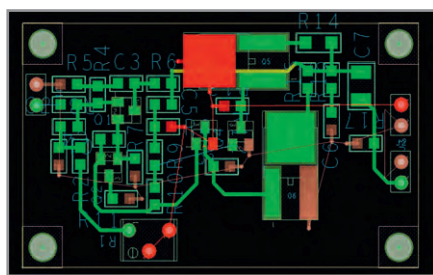


Рис. 29. Результат предварительной трассировки

плотность тока и даёт экранирующий эффект.

Для создания контура полигона можно использовать в качестве основы геометрию края платы. Это особенно удобно, когда плата имеет сложную форму. Для этого активируем команду Shape > Copy Shape. Обратим внимания на панель Options (см. рис. 30) – там нужно указать, в каком слое будет находиться новый полигон. Отметим также пункт Create Dynamic Shape и выберем Contract с расстоянием 0,5. Последнее означает, что новый полигон будет «ужат» на 0,5 мм со всех сторон. После этого выполним щелчок ЛКМ на границе платы – должен появиться полигон в выбранном слое (см. рис. 31).

Теперь осталось назначить полигону цепь. Перейдём в режим редактирования полигонов нажатием на кнопку  в панели инструментов, либо нажав на название текущего режима в строке состояния в самом низу страницы и выбрав там Shape Edit. Выделим полигон нажатием ЛКМ, затем откроем меню нажатием на нём ПКМ. В меню найдём команду Assign Net. Активируем её, а затем в её настройках, нажав на многоточие, найдём и выберем цепь «земли» – 0. Нажатием ПКМ > Done завершим команду.

Теперь в ручном режиме нарисуем полигон цепи VPP. Для этого выполним Shape > Polygon и вновь обратимся к настройкам команды (см. рис. 32).

После того как всё будет настроено соответствующим образом, начнём рисовать полигон. В итоге он должен покрывать все переходные отверстия и контактные площадки цепи VPP. После его завершения может получиться так, что он не будет заполнен медью, так как в том месте уже есть полигон «земли». Тогда, выделив полигон питания, выполним ПКМ > Raise Shape Priority. После этого его приоритет будет увеличен, и полигон будет заполнен в первую очередь. Для того чтобы настроить параметры связи полигонов с площадками, нужно перейти в Shape > Global Dynamic

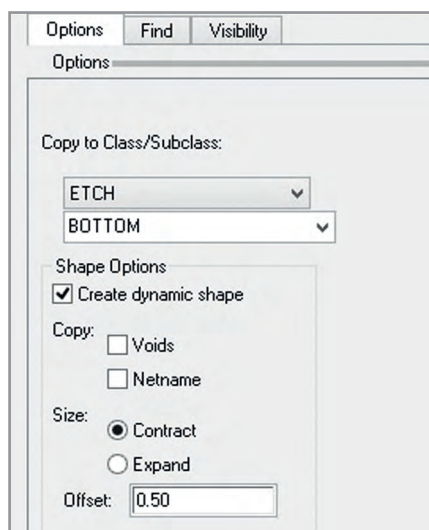


Рис. 30. Опции для копирования полигона в новый слой с уменьшением размеров

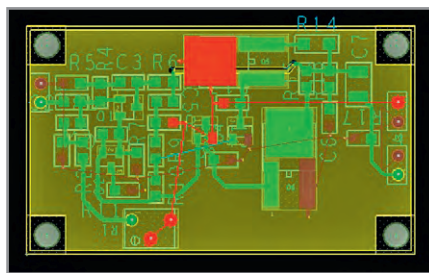


Рис. 31. Полигон в слое BOTTOM

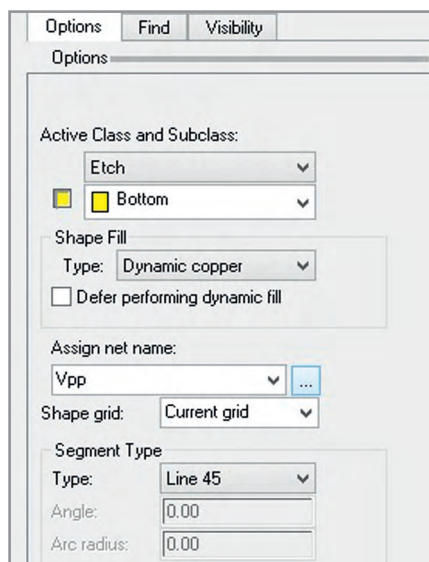


Рис. 32. Настройки команды создания полигона

Parameters... Там на закладке Thermal Relief Connections можно выбрать вид контакта для сквозных и планарных контактных площадок или переходных отверстий, указать минимальное и максимальное количество перемычек и их ширину. Внешний вид получившегося нижнего слоя платы показан на рисунке 33.

Видно, что полигон «земли» оказался разбит на две части. Для лучшей связи



Рис. 33. Вид слоя Bottom после создания полигонов

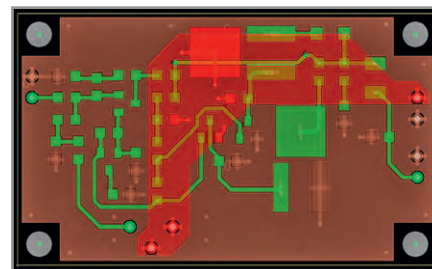


Рис. 34. Итоговая топология слоёв Top и Bottom

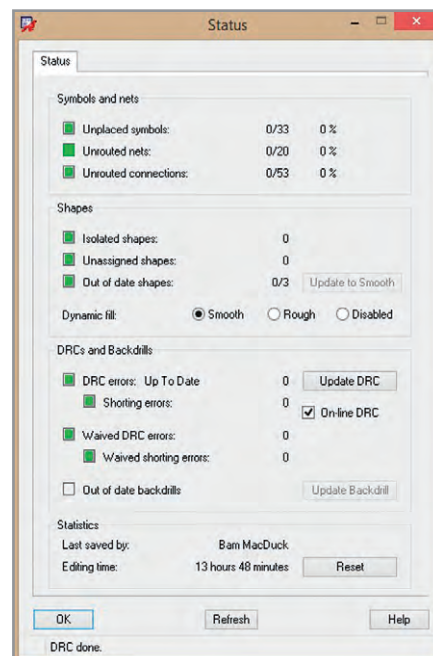


Рис. 35. Окно отображения статуса проекта

этих частей можно создать дублирующий полигон на верхнем слое и связать их дополнительными переходными отверстиями (см. рис. 34), используя уже рассмотренные инструменты. Отверстия можно ставить, используя команду Connect, либо копируя имеющиеся отверстия, нажимая на них ПКМ > Copy.

ПРОВЕРКА И ОТЧЁТЫ ПО ТОПОЛОГИИ

Когда все цепи разведены, можно выполнять проверку и формировать отчёты.

1. Check > Design Status. Вы увидите краткую информацию о проекте –

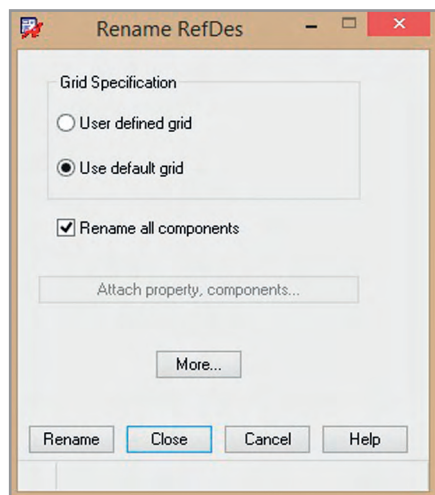


Рис. 36. Автоматическое переименование компонентов

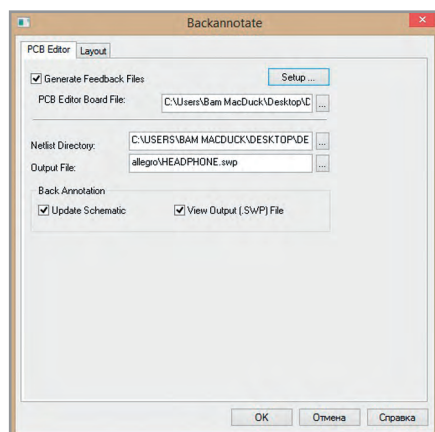


Рис. 38. Окно обратной аннотации в OrCAD Capture

зелёные флаги покажут, что ошибок нет (см. рис. 35). Красные или жёлтые флаги говорят об ошибках. Нажав на них, можно узнать, в чём причина. Кнопки Update to Smooth и Update DRC обновляют полигоны и информацию об ошибках.

2. Export > Quick Reports > Summary Drawing Report. Этой командой мы создадим общий отчёт о графических объектах на плате.

3. Export > Reports. Откроется ещё один список отчётов. Перенеся название Component Report в нижнее окно двойным нажатием ЛКМ, а затем нажав Generate Reports, мы получим отчёт о положениях, названиях и номиналах всех компонентов.

Есть множество вариантов отчётов и возможностей их настройки. Более подробно об этом можно узнать из других учебных материалов.

ПОСТОБРАБОТКА

Приведём некоторые общие инструменты, которые могут понадобиться после завершения работы с топологией.

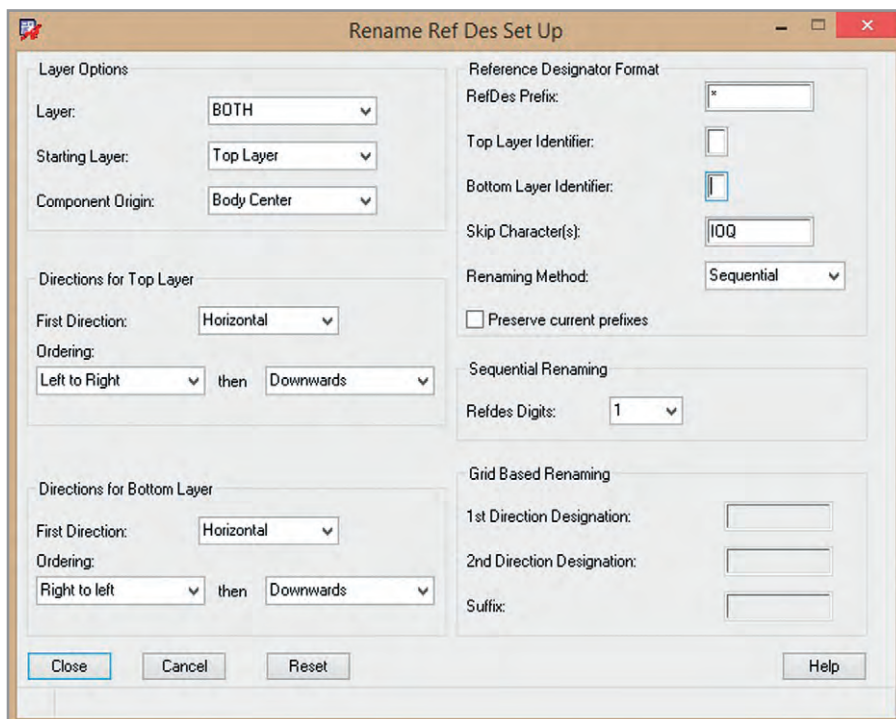


Рис. 37. Окно настройки автоматического переименования компонентов на плате

Переименование компонентов вручную

Используя меню Setup > Colors, погасим отображение всего, кроме следующих слоёв: Geometry\Design_Outline, Geometry\Assembly_Top, RefDes\Assembly_Top и Pin\Top. Активируем команду Edit > Text и выберем позиционное обозначение, которое хотим изменить. Его значение появится в командной строке, там же его можно будет переписать, а затем нажать Enter для подтверждения. Если вы попытаете изменить позиционное обозначение на уже существующее, то его замена произойдёт и у другого компонента, чьё обозначение вы использовали. Например, имея на плате резистор R6, мы попробуем поменять название R5 на R6, тогда первоначальный R6 автоматически станет R5.

Переименование компонентов автоматически

Обычно принято пронумеровывать компоненты, исходя из их положения на схеме, но если в этом отношении вас ничто не ограничивает, можно пронумеровать их в зависимости от положения на плате. Для этого выполним команду Manufacture > Auto Rename Refdes > Rename (см. рис. 36).

Выберем Use Default Grid, а затем нажмём на кнопку More... В открывшемся окне настроек (см. рис. 37) можно выбрать, на каких слоях и в каком порядке проводить перенумерацию.

Можно добавить префиксы, отдельные для компонентов на верхнем или нижнем слое, либо обойтись без них, как мы и сделаем. Также отметим пункт Preserve Current Prefixes, сохранив текущие буквенные обозначения. Нажмём Close, сохранив изменения, и запустим процедуру переименования нажатием Rename в предыдущем окне. Редактор плат выполнит её. При этом статус можно будет увидеть в командной строке, а результат – на плате.

Обратная аннотация

При работе с печатной платой могут быть выполнены различные изменения, которые необходимо учесть в электрической схеме. Это может быть, например, перенумерация компонентов или свопирование выводов. Чтобы синхронизировать после этого схему с платой, нужно выполнить обратную аннотацию. Для этого в OrCAD Capture выделим в дереве проекта его название headphone.dsn, затем перейдём в Tools > Back annotate – откроется окно с настройками (см. рис. 38).

Выберем закладку PCB Editor и отметим пункт Generate Feedback Files, если это ещё не сделано.

Не забудьте убедиться, что указан верный файл конфигурации allegro.cfg. Он должен находиться по адресу: <папка установки программы>\tools\capture\allegro.cfg. Также укажите правильный путь для расположения новых файлов списков цепей.

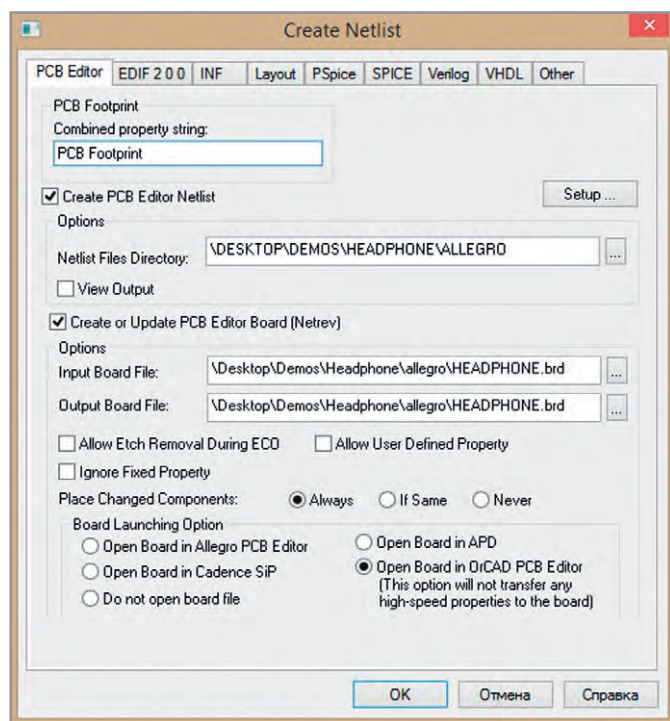


Рис. 39. Окно генерации нетлиста для внесения изменений в плату

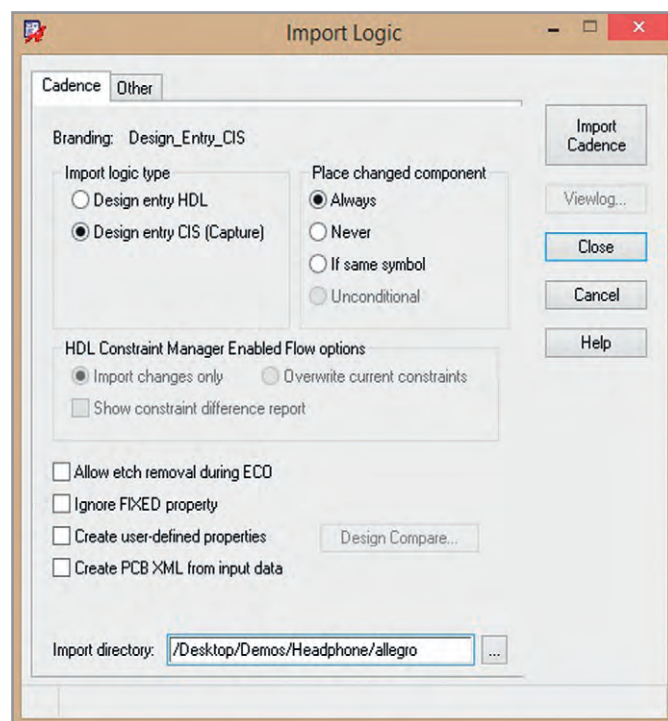


Рис. 40. Окно загрузки списка цепей в редакторе Allegro PCB Editor

Помимо всего будет создан swp-файл, в котором будут перечислены сделанные в топологии изменения, необходимые к аннотации в схему. Для него также нужно указать расположение. Больше информации о swp-файле можно прочитать в OrCAD Capture User Guide. В нашем примере он будет называться headphone.swp и находиться в папке headphone\\allegro.

Выделим, если это ещё не сделано, пункт Update Schematic для того, чтобы в наш проект был выполнен перенос информации из swp-файла с помощью обратной аннотации. Если мы хотим увидеть содержимое swp-файла после его генерации, отметим пункт View Output. После нажатия на кнопку ОК программа спросит нас о сохранении проекта перед проведением аннотации. Соглашаемся. OrCAD Capture создаст новые файлы списков цепей (PSTCHIP.DAT, PSTXPRT.DAT, PSTXNET.DAT) и swp-файл, который будет открыт в отдельном окне, а в схему будут внесены перечисленные изменения.

Прямая аннотация

С тем же успехом можно вносить сделанные в схеме изменения в готовую или частично выполненную топологию. Для этого в дереве проекта выделим основной файл headphone.dsn и перейдём в Tools > Create Netlist (см. рис. 39).

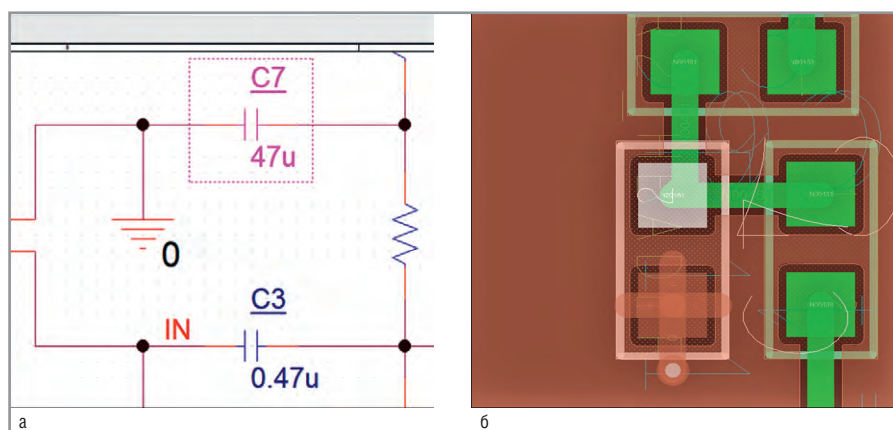


Рис. 41. Динамическая связь между схемой и топологией:

а – выделение компонента на схеме; б – подсветка компонента в топологии

Отмечаем пункт Create or Update PCB Editor Board (Netrev), а в его опциях указываем входной файл текущей топологии (в первой строке, Input Board File) и выходной файл (во второй строке, Output Board File). Это может быть один и тот же файл. Нажимаем ОК. Будут созданы новые файлы списков цепей и открыта топология с внесёнными изменениями. После множественных изменений бывает такое, что когда мы указываем один и тот же файл как входной и выходной, изменения не загружаются в плату. В таком случае стоит использовать более длинный путь. Для начала сгруппировать только файлы списков цепей, а затем загрузить их в PCB Designer через команду File > Import > Logic (см. рис. 40).

«Горячая» связь между схемой и платой

OrCAD Capture и Allegro PCB Designer тесно связаны между собой, что позволяет в реальном времени следить за расположением и группировкой компонентов. Выделяя компоненты в одной программе, вы тут же видите их во второй. Обычно эта связь работает по умолчанию. Если нет, то необходимо произвести несложную настройку.

1. В редакторе OrCAD Capture выделим файл проекта headphone.dsn.
2. Перейдём в Options > Preferences.
3. Выберем закладку Miscellaneous.
4. Найдём и отметим пункт Enable Intertool Communication.
5. Кликнем ЛКМ на ОК.
6. Убедимся, что в топологию загружена последняя версия списка цепей.

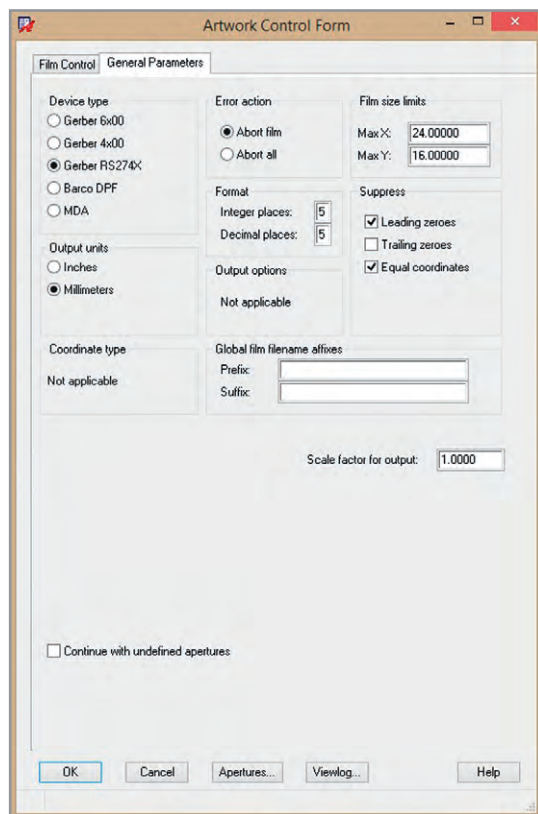


Рис. 42. Окно параметров для вывода файлов Gerber для производства

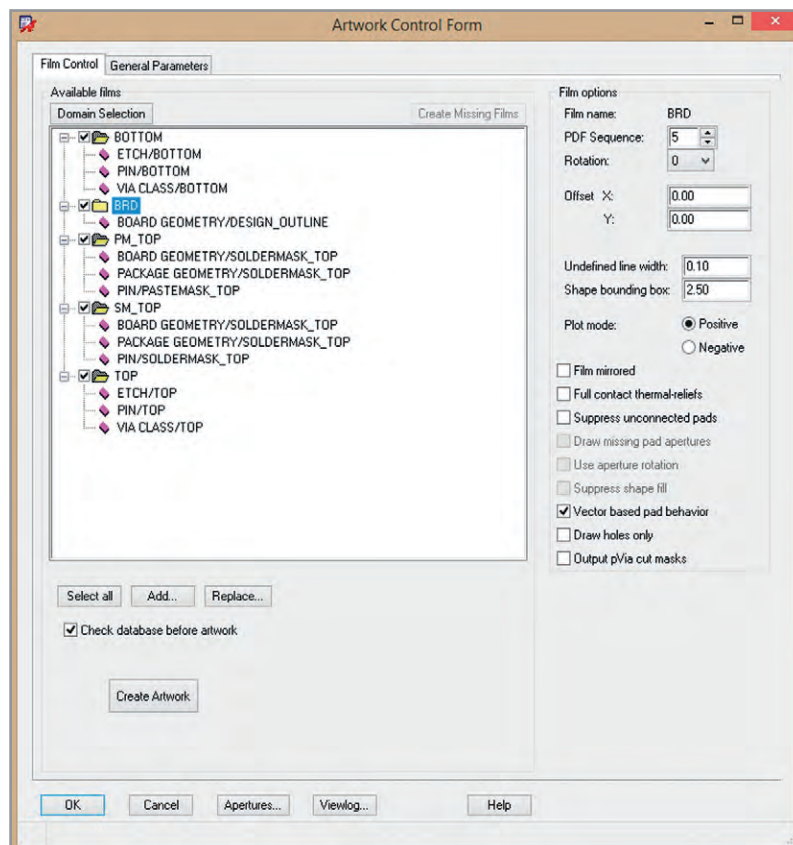


Рис. 43. Окно вывода файлов Gerber с подготовленными группами слоёв

После этого, например, выделив конденсатор на схеме, мы увидим его подсветку и в топологии (см. рис. 41).

Аналогично и в топологии: выполнив щелчок ПКМ > Highlight на нужном компоненте и выбрав любой вид подсветки, мы, тем самым, выделим его и на схеме. Если же нам нужно погасить все выделенные компоненты, выберем Display > Dehighlight и в настройках команды (справа) нажмём кнопку All.

Создание выходных файлов

Последней задачей при разработке печатной платы является создание файлов для передачи заводу-изготовителю, отделу комплектации и монтажному участку. Для этого могут понадобиться Gerber-файлы с информацией о рисунке слоёв, файлы сверловки формата Excellon NC, DXF-файлы для создания чертежей, файлы формата IPC2581, ODB++ или файлы для печати на принтере. Сгенерировать их можно через закладку меню Export.

Перед созданием выходных файлов стоит лишний раз убедиться в отсутствии ошибок.

Генерация Gerber-файлов

1. Выполним Export > Gerber Parameters (см. рис. 42).

2. Выберем формат Gerber RS274X, наиболее часто используемый сейчас при производстве.
3. Выберем по пять знаков до и после запятой в координатах объектов (Integer Places и Decimal Places).
4. Можно указать дополнительный текст, который будет добавляться к названию файлов Gerber в начале и конце (Prefix и Suffix). Например, название проекта.
5. Пункты Leading и Trailing Zeroes отбрасывают при генерации незначащие нули до и после запятой. Нужно стараться сохранять один вид этих настроек для всех выходных файлов, чтобы не возникало сбоев.
6. Убедимся, что единицы измерения – миллиметры, и сохраним изменения (OK).
7. Перейдём в Setup > Colors и погасим все слои, нажав Off в Global Visibility.
8. В закладке Stack-Up отобразим слой Soldermask_Top для Pin.
9. В закладке Geometry отобразим все слои Soldermask_Top.
10. Перейдём в Export > Gerber. В окне со списком файлов нажмём ПКМ на одном из них и выберем Add, добавив новый. Назовём его SM_TOP. Тем самым мы создали Gerber-файл с информацией о защитной плён-

ке на верхней стороне. Если мы раскроем список слоёв, которые пойдут в этот файл, то увидим только те, которые отображены в данный момент на экране.

11. Повторим эти шаги для того, чтобы создать Gerber-файл SP_TOP с информацией о паяльной пасте на верхней стороне. Для этого используем слои Pastemask_Top/Pin и Package Geometry/Pastemask_Top.
12. Также не забудем слой BRD с границей платы (Board Geometry/Design_Outline). Для него справа укажем параметр Undefined Line Width, равный 0,1 мм, потому что граница задана полигоном с нулевой шириной линии (иначе она будет проигнорирована при выводе).
13. Выберем все Gerber-файлы, нажав Select All, и создадим их нажатием на Create Artwork (см. рис. 43).

Созданные Gerber-файлы можно посмотреть в программе CAM350 или аналогичной. Они будут иметь вид, представленный на рисунке 44а. Также можно посмотреть созданные файлы в самом редакторе Allegro PCB Editor, втянув их командой File > Import > Artwork в специально созданные для этого новые слои в классе Manufacturing.

Вывод информации об отверстиях

Создадим в файле топологии перечень используемых отверстий (Drill Legend). Отобразим на экране всю информацию, имеющуюся в проекте (закладка Visibly > Global Visibility > ON). В меню Manufacture > Create Drill Table, ничего не меняя, нажмём ОК и поместим таблицу на экране щелчком ЛКМ.

Теперь создадим файл сверловки. Перейдём в меню Export > NC Drill. В открывшемся окне и в окне, появляющемся после нажатия кнопки NC Parameters (см. рис. 45), настроим всё в соответствии с настройками, которые использовали при выводе Gerber-файлов.

В итоге, после закрытия окна NC Parameters и нажатия кнопки Drill, мы получим файл с координатами и параметрами отверстий.

Для проверки мы добавили его к ранее созданным Gerber-файлам в сторонней программе (см. рис. 44б).

Всё совпало, вывод закончен успешно.

Также просмотр можно выполнить средствами Cadence. Для этого создадим новый файл платы (File > New), тип Board, название, например, Artwork. Перейдём в меню Setup > More > Subclasses. В нём зайдём в класс Manufacturing и добавим новый подкласс Artwork.

Согласимся со всеми настройками, нажав ОК, а затем выполним импорт Gerber-файла (Import > More > Artwork).

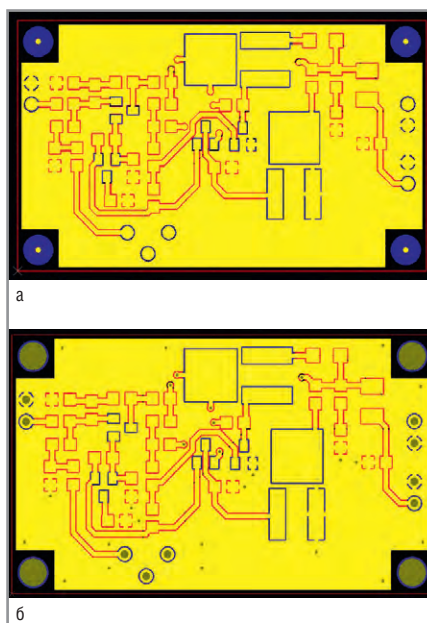


Рис. 44. Просмотр выведенных файлов Gerber (а) и Drill (б) в сторонней программе

Укажем класс Manufacturing и подкласс Artwork, нажав «...». Найдём любой из созданных Gerber-файлов, выберем его и нажмём кнопку Load File. У нас появится контур будущего объекта. Поставим его на любое место. Эту последовательность действий можно выполнить для всех файлов, которые вы хотите просмотреть.

На этом знакомство с маршрутом проектирования Cadence Allegro и OrCAD можно считать законченным. Мы создали схему, промоделировали её, создали печатную плату и вывели файлы для производства.

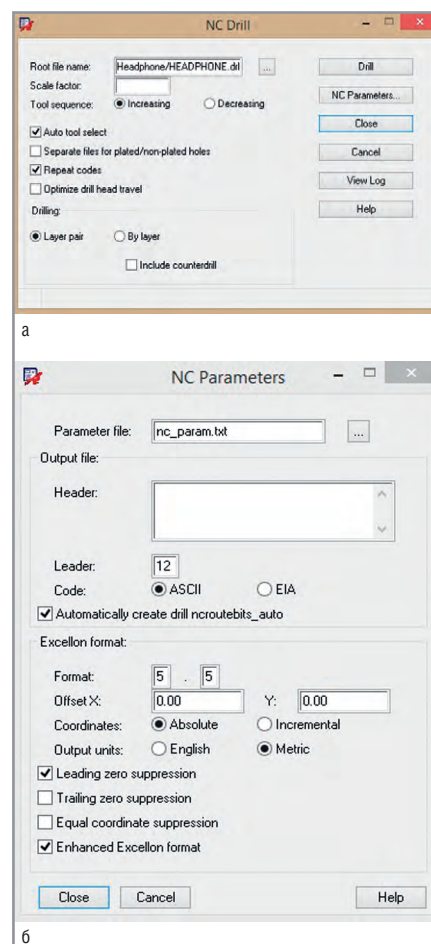


Рис. 45. Настройка вывода файлов сверловки: а – настройка параметров вывода; б – настройка формата файла сверловки

Более подробную информацию по функциям САПР можно получить на сайте PCB SOFT или на канале компании в Youtube.



Новости мира News of the World Новости мира

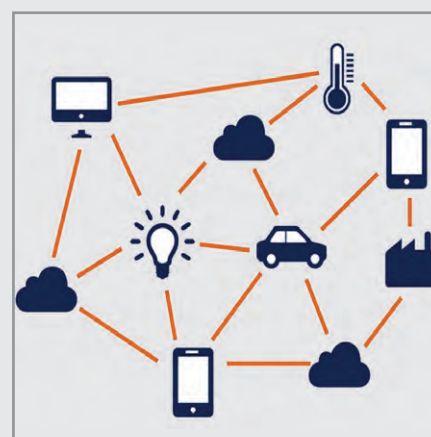
Поддержанные IoT-устройства требуют особой защиты

Как обычно выглядит сделка по продаже поддержанного автомобиля? Продавец и покупатель подписывают договор, покупатель передаёт или перечисляет деньги, получает ключи от машины и уезжает. Чем будет отличаться сделка по продаже т.н. подсоединённого автомобиля? Глава подразделения X-ForceRed в IBM Security Чарльз Хендерсон небезосновательно отмечает, что у продавца могут сохраниться возможности удалённого доступа к проданной машине.

Проблема, по его словам, заключается в том, что, будучи новым, автомобиль был поставлен на сервисное обслуживание, а значит к нему был организован доступ

посредством некоего мобильного приложения, связанного с неким облачным решением. И если пользователь может удалить мобильное приложение, то с облачной частью всё куда сложнее: возможность удалить её или реорганизовать доступ к ней ему недоступна. Для этого требуются усилия сервис-центра. IBM Security уже удалось обнаружить уязвимости в системах отзыва прав доступа к автомобилям и «умной» бытовой электронике. Хендерсон отметил, что это носит «повсеместный» характер и что он стремится привлечь внимание к проблеме.

Задачу организации управления облачной частью IoT он считает непростой по ряду причин: «Вторичный рынок уже не приносит вендору прибыли, поэтому у него нет стимула защищать второго владельца



IoT-устройства. Я не утверждаю, что управление идентификацией решит все проблемы, но мы ещё очень мало сделали для защиты бытовой электроники».

www.pcweek.ru

Интернет вещей: технологии и проекты

Владимир Тен (Москва)

На состоявшейся в конце ноября конференции «Интернет вещей: технологии и проекты» обсуждалось всё то новое, что появилось в этой сфере за прошедшие полгода.

В состоявшейся 30 ноября в Москве конференции «Интернет вещей: технологии и проекты» приняли участие видные российские разработчики и производители электроники, руководители предприятий, менеджеры проектов, руководители отделов и направлений – всего около 80 специалистов и экспертов. И им было, о чём поговорить, ведь изменения в Интернете вещей происходят с фантастической скоростью. А это значит, что в развитии этого сегмента сосредоточено значительное число ведущих разработчиков и производителей.

Программа конференции подразумевала различные тематические направления – от концепций до технологий и реальных проектов.

Влияние на экономику, промышленность, рынки

В своём докладе «Интернет вещей: технологические сдвиги, проекты и направления развития, место и роль в экономике России» директор по стратегическим проектам, Json & Partners Consulting Михаил Шеховцов попытался систематизировать причины и следствия появления такого понятия, как Интернет вещей.

«На каждом витке технологических и социальных циклов происходит раз-

рыв между поколениями, технологиями и методами, – считает Шеховцов. – Нынешний виток цивилизации вызвал к жизни Интернет вещей, роботов, нейронные сети, искусственный интеллект, игровые технологии и виртуальную реальность, 3D-принтеры, альтернативную энергетику (солнце, ветер, термоядерный синтез, др.), композитные материалы, нанотехнологии, биотехнологии, распределённую финансовую систему, освоение космоса – вот факторы очередного разрыва».

По мнению Михаила Шеховцова, последствиями текущего технологического сдвига станут горизонтальная и вертикальная связность: сквозные процессы электронного управления (Product Lifecycle Management, PLM), электронное проектирование и сквозное электронное управление всем процессом (от заказа до эксплуатации и утилизации).

Собственно Интернет вещей превращается в систему объединённых компьютерных сетей и подключённых физических объектов (вещей) со встроенными датчиками и ПО для сбора и обмена данными, с возможностью удалённого контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека. По сути, с развитием

IoT мир превращается в единый компьютер (или единую систему распределённых компьютеров).

«Мы будем жить в едином информационном поле, связывающем все физические и биологические объекты в одно целое. Если предыдущая волна развития Интернета (конец 1990-х гг. – начало 2000-х гг.) затронула, в основном, «лёгкие» B2C-сегменты и наиболее близкие к Интернету рынки (медиа, телеком, розничная торговля), то сейчас Интернет завоёвывает «тяжёлые» (индустриальные и инфраструктурные) секторы и регулируемые и специализированные рынки (медицина, образование). В этом мире новыми лидерами станут программно-аппаратно-сервисные гиганты – платформы по дистрибуции различных видов продукции и услуг и замкнутые экосистемы полного цикла производственно-бытового обслуживания».

Ядром платформы (или экосистемы) может стать любая базовая цифровая услуга или комплексный продукт, который в дальнейшем, за счёт интеграции в него других продуктов и сервисов, сотрудничества с другими игроками рынка и развития комплексных технологических и маркетинговых решений, становится платформой и экосистемой.

Внедрению промышленного Интернета в России посвятил своё выступление президент НАПИ Виталий Недельский. По его мнению, IoT не является традиционно организованным рынком. Он формируется на стыке «физи-



Михаил Шеховцов



Виталий Недельский



Павел Литвинов

ческих» технологий и интернет-бизнесов. Это ведёт, во-первых, к переходу от отдельно функционирующих устройств к комплексным интегрированным системам и формированию продуктово-технологических платформ. Во-вторых, добавленная стоимость переносится с аппаратного обеспечения на программное обеспечение для управления и интеграции устройств и обработки данных. И, в-третьих, как факт, – масштабирование локальных решений за счёт развития смежных технологий и рынков: Big Data, Cloud, Fog Computing...

Технологии IoT находятся в активной инвестиционной фазе – на пике ожиданий, что связано с относительно низким уровнем зрелости технологий и высокой бизнес-активностью. На рынок выводятся отдельные платформенные решения на базе ключевых опорных технологий. Платформы IoT работают по принципу экосистем многостороннего рынка. При этом архитектура IoT только формируется, однако к системообразующим относятся четыре уровня: устройства, связь, обработка и управление данными.

Сегодня наиболее активная работа на всех уровнях IoT-платформ идёт в области стандартизации. Ведётся активная работа в области стандартов, покрывающих все уровни архитектуры IoT. Координаторами выступают Международный союз электросвязи (ITU), Ассоциация по стандартизации Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE Standards Association), консорциумы Open Interconnect, W3C и др.

При этом, по мнению Виталия Недельского, контроль над платформой IoT – вопрос не только бизнеса, но и безопасности и технологического роста. Технологии и решения, лежащие в основе информационно-телекоммуникационных платформ, являются объектом национальных программ кибербезопасности. К сожалению, в России отсутствуют материнские платформы, к тому же за последние пять лет в России не появилось ни одной мощной компании в сфере нового Интернета. Отрасль слабо центрирована и не обновляется «изнутри». Только появление сильных отечественных компаний, выступающих в качестве лидеров, способно обновить отрасль и изменить сложившуюся общую практику подключения к универсальной системе при самостоятельной разработке приложений.



Иван Покровский

Начальник аналитического отдела «РТСофт» Павел Литвинов, выступая с докладом «Киберфизические системы в современном IT-ландшафте», отметил, что появился ряд технологий будущего, которые уже меняют или изменят нашу жизнь и деловой ландшафт в ближайшие годы. Среди них: искусственный интеллект и развитие робототехники, большие данные, облачные технологии и сервисы, дополненная реальность, интернет 3.0, аддитивные технологии.

Правительства развитых стран включили киберфизические системы в приоритетный список инноваций, считая их критически важными для защиты своих национальных интересов. Такие системы позволят ведущим державам устранить, в частности, их нынешнюю зависимость от стран-фабрик и вернуть себе реальную самостоятельность. Компьютеры повлияли на те стороны жизни человека, которые так или иначе связаны с информацией, а киберфизические системы изменят все остальные.

Такие научные направления, как искусственный интеллект и кибернетика, объединены общей судьбой: недолгий начальный период эйфории и оптимистических высказываний сменился полным фиаско и многолетним забвением. Оба столь многообещающих направления сгубило отсутствие должного здравого смысла, но есть и объективная причина – недостаточная готовность технологий того времени к решению задуманных грандиозных задач. Казалось, будущего у искусственного интеллекта и кибернетики нет, однако полвека спустя они возрождаются, но в совершенно иной ипостаси. Теперь нет ресурсных ограничений, а задачи ставятся предельно



Виктор Поляков

ясные – нет речи о какой-либо передаче машине творческих задач, о разумных рассуждениях и действиях с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств. В современных условиях искусственный интеллект ограничен экспертными системами, базами знаний, системами вопрос-ответ и ещё рядом столь же понятных задач. Кибернетика также отказалась от туманных целей вроде анализа и выявления общих принципов и подходов в процессе научного познания. Сегодня она представлена киберфизическими системами (Cyber-Physical System, CPS), продолжающими дело встроённых систем, но на новом уровне.

Генеральный директор Центра современной электроники Иван Покровский рассуждал на конференции о рынке IoT в стратегии развития электронной промышленности. По его мнению, конкуренция закрытых вертикально-интегрированных систем, пульты управления, микроконтроллеры, передатчики, концентраторы, шлюзы, сетевое оборудование, датчики – это всё вчерашний день.

«Нас ожидает конкуренция открытых технологий. IoT разрушает сложившиеся закрытые рынки проприетарных систем управления. Образуются широкие технологические рынки, не зажатые корпоративными, ведомственными или национальными стандартами. Более эффективные технологии увеличивают свою долю, вытесняя конкурентов на открытых горизонтальных рынках. Увеличение масштаба позволяет снижать стоимость и проникать в новые области применений, более чувствительные к стоимости решений, – отметил Покровский. – Главными задачами для российских раз-



работчиков и производителей являются: достижение независимости от жёстких вертикально-интегрированных структур и рынков, развитие экосистемы российских разработчиков и интеграция в международные экосистемы, концентрация на ключевых компетенциях (расширение охвата рынка), реализация эффекта масштаба, а также, возможно, создание собственных комплексных решений».

Российские технологии для рынка Интернета вещей

В своём выступлении генеральный директор Tibbo Systems Виктор Поляков акцентировал внимание на IIoT-платформах как будущем систем управления. По его мнению, у современных SCADA и IIoT-платформ много общего: одинаковые протоколы сбора данных, методы хранения архивов становятся практически идентичными, время бинарных хранилищ ушло в прошлое, мнемосхемы можно рисовать и там, и там, возможности обработки данных временных рядов также имеют много общего. В итоге, IIoT-платформы обладают всеми признаками SCADA-систем четвёртого поколения (работа в облаке, веб-визуализация, и т.д.).

Но, по сравнению с SCADA, IIoT-платформы имеют определённые преимущества, среди которых: решение комплексных кросс-доменных задач (управление ИТ-инфраструктурой, мониторинг транспорта, моделирование сервисов, и т.д.), сбор и обработка не только тэгов, но и структурированных данных (таблицы инцидентов, каталоги сервисов, произвольные иерархии объектов и связей между ними), хорошая поддержка множества других протоколов из мира ИТ (Telnet/SSH, FTP), IIoT (MQTT, CoAP) и универсальных протоколов (SOAP, CORBA), сложная визуализация данных (кар-

ты, статистические диаграммы, формы ввода данных, OLAP-кубы), работа в режиме Publisher/Subscriber, общение вещей друг с другом напрямую.

IIoT-платформы займут множество позиций, на которых сейчас работает разнообразное ПО нижнего уровня. Это будет похоже на глобализацию ERP-систем, которые обязаны уметь всё. Это касается не только производства, но и любых компаний, имеющих дело с физическими активами (ритейл, агрохолдинги, энергетика, нефтегаз, транспорт и даже телекомы). Даже в индустрии SCADA софт будет продаваться как сервис, а многие существующие нишевые системы мониторинга и управления должны будут либо трансформироваться в сторону более глобальных решений, либо уйти с рынка.

Исполнительный директор ООО «ИнЧип Технологии» Борис Кривошеин озабочен безопасностью сетевой инфраструктуры IIoT. К непосредственным угрозам безопасности в эпоху IIoT относятся: взрывной рост «поверхности проникновения угроз» и мощности сетевых атак, создание Botnet-сетей из сотен тысяч и миллионов IIoT-устройств. Докладчик отметил слабость защиты IIoT-устройств, которая обусловлена, например, ограничениями производительности и объёма памяти, что не позволяет использовать «полные» сценарии сетевой защиты. К недостаткам также можно отнести использование предустановленных паролей (более 60% частных и около 20% корпоративных пользователей не меняют их). Производители IIoT-оборудования заботятся, в первую очередь, о функциональности и стоимости, а безопасность реализуется по остаточному принципу. К недостаткам в области безопасности также можно отнести неконтролируемые процессы разработки и производства IIoT-устройств, возможность внедрения

различных «закладок» в цепочке поставки, а также ограниченные возможности обновления прошивок в случае обнаружения уязвимостей.

Среди методов противодействия – защита интерфейса управления, авторизация (аутентификация) пользователей и встречного оборудования, ограничение доступности сетевых портов и служб, реализация криптозащиты на транспортном и канальном уровне, защита (шифрование) персональных данных, хранящихся в устройстве, и некоторые другие. К сожалению, все они пока на стадии разработки.

Руководитель департамента перспективных технологий Лаборатории Касперского Андрей Духвалов, рассказывая о российской операционной системе для Интернета вещей, задался вопросом «Почему системы уязвимы?». И сам же на него ответил: «Код пишут люди, а люди делают ошибки. Кроме того, уязвимость обеспечивают такие факторы, как использование стороннего ПО, постоянное усложнение систем и экспоненциальный рост объёма кода».

Лаборатория Касперского выработала требования встраиваемых решений к операционной системе – это небольшой размер и малое потребление ресурсов, безопасность «из коробки», надёжность и устойчивое выполнение даже под атакой, готовность к оценке и сертификации.

Необходимо усиление архитектуры системы и сохранение возможности повторного использования существующего программного кода, разделение операционных сред по уровням критичности функций и данных, а также по соответствующим уровням доверия.

Председатель совета директоров компании «Альтоника Радио Системы» Александр Шептовецкий, рассуждая о классификации и ограничениях

LPWAN-решений IoT, среди ключевых преимуществ LPWAN отметил дальность, энергоэффективность и стоимость. LPWAN обеспечивает большое количество конечных устройств и их миниатюрность, обратный канал и безопасность.

Первое и основное требование к LPWAN-сети – обеспечение большой дальности связи. Предельно достижимая дальность связи пропорциональна квадратному корню из мощности, вложенной в один бит, и практически не зависит от ширины канала, если ширина канала равна или превышает скорость передачи информации.

Технический директор «СМК» Николай Неудобнов рассказал, что компания уже более 5 лет занимается разработками в области маломощных беспроводных сетей и имеет большой опыт их создания, внедрения и эксплуатации. Решения от «СМК» нашли применение на железнодорожном транспорте, в строительстве, сфере ЖКХ, пожароохранных системах и системах дистанционного управления и мониторинга. Для взаимодействия с заказчиком отработано несколько возможных сценариев: от разработки системы «под ключ» до поставки незапрограммированных радиомодулей. В линейке продукции компании имеется несколько модификаций радиомодулей для всех нелицензируемых на территории РФ диапазонов. Каждая модель прошла обязательное тестирование в сертифицированной лаборатории Texas Instruments.

Фирма производит необходимый инструментарий для поддержки раз-

работчиков и ускорения вывода продукции на рынок. Все применяемые протоколы открыты и относятся либо к проприетарным (SimpliciTI), либо к стандартным (ZigBee, RF4CE или 6LoWPAN). Нарботано несколько вариантов типовых решений, требующих лишь незначительных модификаций под конкретные требования заказчика, что сокращает время внедрения системы.

ТЕХНОЛОГИИ ГЛОБАЛЬНЫХ КОМПАНИЙ

Руководитель отдела развития RS Components Сергей Кривандин поделился проблемами поставки компонентов для построения устройств и систем Интернета вещей. Компания RS предлагает более 550 000 наименований различной продукции, среди которой электронные компоненты, кабели и разъёмы, решения для автоматизации, механические изделия и инструменты, полупроводники, тестирующие и измерительные устройства, источники питания, а также различные компоненты для систем автоматизации, предназначенные для использования на промышленном производстве.

Технический специалист Keysight Technologies Алексей Телегин представил решения Keysight для проектирования, отладки и комплексного тестирования устройств Интернета вещей. Решения компании Keysight позволяют моделировать функционирование глобальных навигационных спутниковых систем, таких как GPS, ГЛОНАСС, Compass/Beidou 2 и Galileo, а в Центре сервиса и метрологии компанией проводится тестирование устройств IoT для здравоохранения и автоматизации промышленности.

ПРОЕКТЫ РОССИЙСКИХ ОЕМ-КОМПАНИЙ И СИСТЕМНЫХ ИНТЕГРАТОРОВ

Генеральный директор компании Револьта Инжиниринг Максим Осорин представил проект AllGateKeeper – облачный сервис по управлению шлагбаумами и парковками. Это хороший пример реализации коммерческого IoT-сервиса в рамках партнёрской программы Thingworx Powered.

Начальник аналитического отдела РТСофт Павел Литвинов в своём втором докладе на конференции задался вопросом «Как убедить главного инженера использовать IoT?». В качестве доводов в споре с воображаемым

главным инженером он предложил следующие аргументы: верить в перспективы применения технологий Интернета вещей и найти свой путь (инвестиции в эту тему не могут пройти бесследно), собирать и хранить все данные (в том числе и «сырые» – они скоро станут товаром), увеличивать количество разных сенсоров (ценность информации растёт), инвестировать в разработку моделей своей деятельности (использование Big Data), применять беспроводные технологии, не бояться облачных сервисов (позаботившись об имперсонализации данных), заключать «информационные» альянсы со смежниками, начинать использование Интернета вещей с небольших проектов (опыт и мотивация).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги конференции, представим мнения двух специалистов, выступивших на мероприятии наиболее программно. По словам Михаила Шеховцова, «Программы развития Интернета вещей в различных странах мира (Индустрия 4.0 в Германии, Интернет+ и другие программы в Китае, Консорциум индустриального Интернета в США) отвечают специфическим потребностям развития отдельных отраслей экономики этих стран, соответствуют месту и роли этих отраслей в мировом разделении труда и значению в национальных экономиках. Так и стратегия развития Интернета вещей в России должна решать конкретные задачи развития российской экономики и конкретные бизнес-задачи, стоящие перед различными игроками рынка».

Виталий Недельский конкретизировал заявление Шеховцова так: «Для России приоритетными могут стать социально значимые проекты в сфере IoT, позволяющие решать проблемы, вызванные предыдущим поколением инфраструктур. Внедрение технологий IoT позволит решать задачи по нескольким ключевым направлениям: социально значимые, где наблюдается дефицит кадров и рост затрат на обслуживание (образование, здравоохранение, сельское хозяйство), зоны массового выбытия изношенных основных фондов в сфере энергетики, ЖКХ, автоматизируемой промышленности, обеспечение безопасности и повышение качества жизни граждан (городские инфраструктуры, ритейл, транспорт, финансовый сектор, социальные сервисы)».





ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ ОТВЕТСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ДЛЯ СЛОЖНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



15 ЛЕТ ПЕРЕДОВЫМ
СТАНДАРТАМ
ПРОИЗВОДСТВА

*Экспериментируя с новым, мы сохраняем лучшее,
развиваясь в соответствии с задачами партнеров и заказчиков.*

*Благодарим всех участников сложного, общего для всех нас дела –
внедрения ответственной отечественной электроники –
и приглашаем вас в следующее «пятнадцатилетие»!*



1100 проектов



72 000 наименований



2 100 000 изделий



(495) 739-07-75



product@dolomant.ru



www.dolomant.ru



Выставка
ЭЛЕКТРОНИКА
Урал

Идеальный контакт
«ЭЛЕКТРОНИКА—Урал 2017»
III Международная
специализированная
выставка
ПРИГЛАШАЕМ К УЧАСТИЮ!

28–30 ноября
Екатеринбург, ЦМТЕ

Реклама

Проходит одновременно
с выставкой «Передовые
Технологии Автоматизации.
ПТА Урал 2017»

Тематика выставки

- Электронные компоненты и комплектующие
- Источники питания
- Программное обеспечение и услуги
- Оборудование и технологии для производства электроники

В деловой программе

- Электронные компоненты и технологии
- Промышленная электроника

www.pta-expo.ru/ural/electronics

Организатор:
ЭкспоПромТек

Екатеринбург Тел. +7 (343) 376 24 76 • info@pta-expo.ru
Москва Тел. +7 (495) 234 22 10 • info@pta-expo.ru



Векторные анализаторы цепей серии S3602

- Диапазон частот: 10 МГц – 13,5 ГГц / 26,6 ГГц / 43,5 ГГц / 50 ГГц / 67 ГГц
- Многоканальные измерения, многооконный дисплей
- Измерения S-параметров (до 325 ГГц с модулями SAV364X)
- Измерения: во временной области; импульсных S-параметров, параметров антенн, смесителей и ЭПР объектов



Портативные анализаторы спектра S3331A/B

- Диапазоны частот от 9 кГц до 3 и 7,5 ГГц
- Средний уровень собственных шумов во всем диапазоне сканирования менее –140 дБмВт (тип. – 160 дБмВт)
- Спектральная плотность фазовых шумов <–100 дБн при отстройке 100 кГц
- Время сканирования полного диапазона частот <50 мс
- Погрешность измерения уровня сигнала ±1,5 дБ
- Следящий генератор до 3,2 ГГц
- Анализ интерференций
- Вес 3 кг



Синтезированные генераторы сигнала серии S1103

- Диапазон частот: 250 кГц – 20 ГГц / 40 ГГц / 50 ГГц / 67 ГГц
- Широкий динамический диапазон и прецизионный уровень выходного сигнала
- Амплитудная, частотная, фазовая и импульсная модуляции выходного сигнала
- Низкий уровень фазовых шумов
- Возможность расширения диапазона до 500 ГГц с модулями серии SAV82406



Анализаторы сигналов серии S3503

- Диапазон частот: 3 Гц – 4 ГГц / 9 ГГц / 13,2 ГГц / 18 ГГц / 26,5 ГГц / 45 ГГц / 50 ГГц
- Максимальная полоса анализа 200 МГц
- Высокочувствительный анализ спектра, IQ-анализ, анализ импульсных сигналов, анализ аудиосигналов, анализ аналоговых модулированных сигналов и измерение фазовых шумов
- Превосходные значения уровня собственных фазовых шумов
- Возможность расширения до 325 ГГц

Реклама

Работа в диапазоне до 500 ГГц без экспортных лицензий и ограничений

**SALUKI – высокоточное контрольно-измерительное оборудование
по доступной цене**

www.salukitec.ru