

научно-практический журнал

№5 2015
май

ЭЛЕКТРОНИКА ИНФО

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И ПЛИС

Email: smt@riftek.com
Тел.: +375 17 281 36 57



**РИФТЭК
СМТ**
АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

ЧУП «РИФТЭК-СМТ»
Республика Беларусь,
220090, г. Минск,
Логойский тракт, 22

 **ANALOG
DEVICES**  **Hittite**
Honeywell **SICK**

 **ТУП «Альфашип ЛТД»**

Поставка электронных компонентов,
средств автоматизации, компонентов для
светодиодного освещения

220012, г. Минск, ул. Сурганова Ба, 1-й этаж
Тел./факс: +375 17 366 76 01, +375 17 366 76 16
факс: +375 17 366 78 15
www.alfa-chip.com
www.alfacomponent.com
УНП 191754457

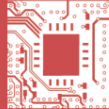
e-mail: info@radioapteka.by
тел./факс: (017) 268-43-34



РАДИОАПТЕКА
ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ



УНН 191128375
www.radioapteka.by



**PROM
WAD**
ELECTRONICS
DESIGN

РАЗРАБОТКА И КОНТРАКТНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

г. Минск, ул. Ольшевского, 22
тел. +375 (17) 312-12-46
manufacturing@promwad.com
www.promwad.ru

УНН 190543037

Amphenol

Amphenol – один из крупнейших мировых производителей соединительной продукции.

Amphenol производит соединители и соединительные системы для применения в областях: телекоммуникация, аэрокосмическая и военная электроника, автомобильный и железнодорожный транспорт, и другие отрасли промышленности.

В линейку продукции Amphenol входят цилиндрические разъемы, D-Sub разъемы, керамические, оптоволоконные, радиочастотные соединители, прямоугольные соединители, соединители с фильтрами, защищенные RJ разъемы для жестких условий эксплуатации, системы передачи данных для жестких условий применения.

Основные области применения: авионика, радары, средства связи, боеприпасы, ракеты, двигатели, наземные транспортные средства и танки, авиастроение.

Amphenol – это инновационные технологии, которые создают решения для самых требовательных клиентов и их приложений.



Axon Cable – мировой лидер по производству разъемов и кабельных узлов. Компания специализируется на разработке и производстве проводов, кабелей, терминированных жгутов, разъемов и комплексных систем для передовых технологий в области авиационной, космической и оборонной промышленности.

Прочные, надежные, оптимизированные и защищенные от ЭМИ, компактные и легкие – вот те качества кабелей, кабельных сборок и разъемов, предлагаемых Axon Cable для военного применения. Защита от электромагнитных помех (EMI) также является ключевым вопросом для электронной военной техники. Не только кабели, но и соединения должны быть защищены от электромагнитных помех, так как системы связи и навигации играют важную роль на поле боя.

Концерн TE Connectivity является ведущим технологическим лидером быстро растущего рынка электронных компонентов в мире: от автомобильной и аэрокосмической отрасли, широкополосной связи, бытовой энергетики, вплоть до тяжелой промышленности. Основной продукцией TE Connectivity являются пассивные электронные компоненты, включая разъемы и системы подключения, реле, переключатели, сенсорные экраны, датчики и фильтры.



Для аэрокосмической, оборонной промышленности компания TE поставляет широчайший спектр изделий, отличающихся высоким уровнем качества и высокой производительностью, малыми габаритами и весом.



Компания NICOMATIC основана в 1976 году. Сегодня компания является лидером на рынке металлических мембран для пленочных клавиатур, обладает уникальной технологией смешанных соединителей для военной, авиа и космической промышленности, обладает широким спектром решений для межплатных соединений.

Новый тип разъемов для соединения платы с гибким кабелем (card-to-flex) разработан на основе объединения технологий гибкого кабеля и разъемов серии CMM. Технология MICROFLEX™ экономически эффективнее многих других систем соединения, надежна и может быть использована в военной технике. Соединители для печатных плат включают в себя штыревые соединители с шагом 2-2,54 мм в один, два и три ряда, колодки для штыревых соединителей и DIP-корпусов, шунты и тестовые контакты.

Группа компаний Schlemmer – это всемирно известный производитель и разработчик систем защиты кабелей и кабельных жгутов, применяемых как в автомобильной, так и в других областях промышленности. Ассортимент продукции охватывает широкий спектр групп товаров, начиная от гофрированной трубы различных исполнений, гладких трубок и защитных трубок, разветвителей, адаптеров, заглушек, вплоть до индивидуальных решений по кабель-каналам. Кроме вышеперечисленного, компания Schlemmer выпускает хорошо известные разъемы, кабельные вводы в пластиковом и металлическом исполнении.



Компания Raychem с начала своего основания в 1957 году является лидером в технологии радиационной химии и материаловедении, что отражается в имени компании – название образовано от RAY CHEMistry – радиационная химия. С 1999 года и по настоящее время входит в состав концерна TE Connectivity.

Технологии, применяемые в радиационной химии в сочетании со знаниями материалов, которыми обладали создатели компании, позволили разработать новую продукцию, такую, как провода для специального применения и термоусаживаемые компоненты. Позднее, компания Raychem использовала эти базовые технологии для разработки другой продукции, в том числе инновационных устройств защиты цепей, которые автоматически восстанавливаются после устранения сбоев в цепи.

В СНГ компания Raychem известна как поставщик материалов для изоляции кабелей и жгутов, используемых в экстремальных условиях эксплуатации: в авиационной и космической технике, судостроении, транспорте, энергетике, медицинской технике. Продукция компании имеет соответствующие сертификаты для применения в каждой из этих областей, включая сертификаты: UL, MIL, SAE, Defense, DNV, Lloyd's Register и др.

Компания Deutsch имеет почти семидесятилетний опыт работы и зарекомендовала себя как высокотехнологичный производитель соединителей для жестких условий эксплуатации. В линейку поставки соединителей для специального применения входят цилиндрические и прямоугольные соединители в герметичном исполнении и с расширенным температурным диапазоном.

Компания DEUTSCH в 2012 году вошла в корпорацию TE Connectivity. Объединение двух лидеров в производстве электрических соединителей, клемм, клеммных блоков и электромонтажного инструмента позволило значительно увеличить перечень предлагаемой продукции и ее качество.



ESSENTRA

Essentra Components – торговая марка компании Moss Plastics Parts (Великобритания).

Ассортимент включает более 25 тысяч наименований: кабельная оснастка, различные промышленные комплектующие, фурнитура, фиксаторы и крепежные детали. Оснастка для проводов: кабельные стяжки, скобы, зажимы, хомуты для проводов, обмотки для жгутов, короба. Оснастка для прокладки волоконно-оптических систем: трубки для оптического волокна с ограничением радиуса изгиба, защитные приспособления, плоские распределительные коробки, защитные трубки, пылезащитные колпачки, заглушки и др.

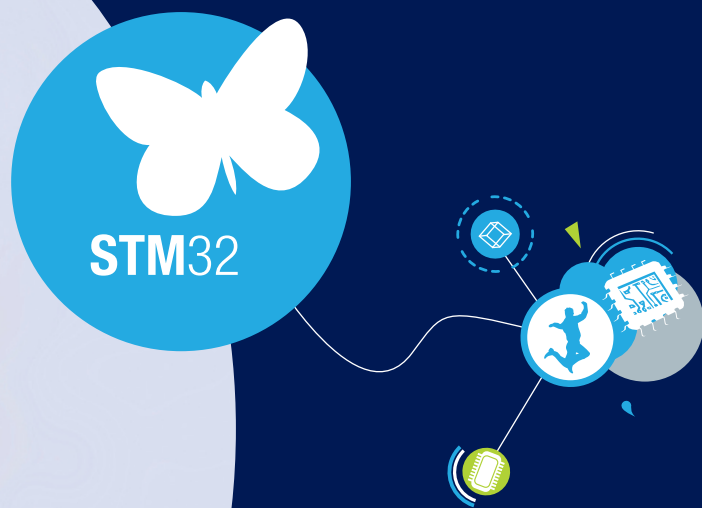
Molex Incorporated – мировой лидер в производстве электронных, электромеханических и волоконно-оптических компонентов. Несомненные преимущества Molex – качество, конкурентоспособная цена, огромная номенклатура (более 100 тысяч наименований), возможность изготовления заказных изделий. Компания предлагает решения для эксплуатации в тяжелых условиях систем управления, связи, компьютерных систем, систем наблюдения и контроля, управления пусковыми установками ракет, наземных транспортных средств, беспилотных средств, систем управления воздушными судами и навигации. Все изделия компактны, высокого качества и соответствуют стандартам MIL. Кроме того, компания дополнила портфолио технологиями от FCT Electronics Group и предлагает ориентированные на конкретного клиента решения в авиакосмической и оборонной промышленности.



FEIK

ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ

Поставщик решений





ЗАО «Финансово-аналитическое агентство «Эф энд Ка» –

**эффективная и качественная бухгалтерская поддержка
ваших достижений**

**Используя в своей работе современные технологии, совершенные программные продукты,
эффективное оборудование и труд высококвалифицированных специалистов,
мы стремимся к высокому качественному уровню постановки
и ведения бухгалтерского и управленческого учета на вашем предприятии.**

Мы предлагаем вам услуги на основе аутсорсинга:

- ведение, постановка бухгалтерского и налогового учета;
- восстановление бухгалтерского учета;
- бухгалтерское обслуживание, сопровождение;
- налоговое планирование, оптимизация;
- управленческий учет;
- расчет заработной платы;
- предоставление статистической отчетности;
- разработка и внедрение иных внутренних нормативно-правовых документов.

У нас индивидуальный подход к каждому клиенту и стоимость услуг определяется исходя из следующих факторов деятельности:

- объема документооборота;
- системы налогообложения;
- видов деятельности;
- количества сотрудников.

***Заключив с нами договор на услуги по бухгалтерскому обслуживанию предприятия,
вы получаете возможность использования знаний и накопленного опыта специалистов высокого
уровня, в котором и заключается преимущество аутсорсинга, а также сможете сэкономить
собственные средства за счет:***

- сокращения расходов на:
 - курсы и семинары, повышающие квалификацию специалистов финансовых, бухгалтерских и экономических служб;
 - подписку на специализированные журналы;
 - обслуживание различных справочно-правовых систем (Бизнес-Инфо, КонсультантПлюс);
- сокращения расходов на оборудование рабочих мест для специалистов финансово-экономических служб:
 - аренда офисного помещения и его обслуживание;
 - приобретение оргтехники (ПК, принтеры, сканеры, факсы) и техническое обслуживание;
 - приобретение специализированных компьютерных программ для ведения учета (1С:Бухгалтерия 8.2);
 - расходы по обслуживанию компьютерных сетей и офисного программного обеспечения;
 - приобретение канцтоваров.

**Стоимость наших услуг в полном объеме учитывается в составе затрат и уменьшает
налогооблагаемую прибыль вашего предприятия.**

УНП 192263557

Контактная информация:

+375 (17) 388-44-71

Электронная почта: buh@afk-m.com

+375 (29) 661-41-47

220018, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Одоевского, 131-401

**ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ
ФАКУЛЬТЕТА РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА.
ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В СПИСОК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ ВАК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ЭЛЕКТРОНИКА
научно-практический журнал
ИНФО

**International magazine
of amateur and professional electronics**

№5 (119) май 2015

Зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь
Регистрационный №71
от 19 августа 2014 года

Главный редактор:
Асмоловская Ирина Михайловна
i.asmolouskaya@electronica.by

Редактор технический:
Бортник Ольга Викторовна

Редакционная коллегия:

Председатель:
Чернявский Александр Федорович
академик НАН Беларуси, д.т.н.

Секретарь:
Садов Василий Сергеевич, к.т.н.
e-mail: sadov@bsu.by

Члены редакционной коллегии:
Беляев Борис Илларионович, д.ф.-м.н.
Борздов Владимир Михайлович, д.ф.-м.н.
Голенков Владимир Васильевич, д.т.н.
Гончаров Виктор Константинович, д.ф.-м.н.
Есман Александр Константинович, д.ф.-м.н.
Ильин Виктор Николаевич, д.т.н.
Кугейко Михаил Михайлович, д.ф.-м.н.
Кучинский Петр Васильевич, д.ф.-м.н.
Мулярич Степан Григорьевич, д.т.н.
Петровский Александр Александрович, д.т.н.
Попечиц Владимир Иванович, д.ф.-м.н.
Рудницкий Антон Сергеевич, д.ф.-м.н.

Отдел рекламы и распространения:
Антоневич Светлана Геннадьевна
тел./факс. +375 (17) 388-44-71
e-mail: s.antonovich@electronica.by

Учредитель:
ЗАО «Финансово-аналитическое агентство
«Эф энд Ка»
220018, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Одоевского,
д. 131, пом. 9, каб. 15,
тел./факс: +375 (17) 388-44-71

© Перепечатка материалов, опубликованных
в журнале «Электроника инфо», допускается
с разрешения редакции

За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет

Подписной индекс в Республике Беларусь:
00822 (индивидуальная),
008222 (ведомственная)

Цена свободная

Подготовка, печать:
180 экз. отпечатано

Унитарное предприятие «Типография ФПБ»
г. Минск, пл. Свободы, д. 23, офис 90
Лицензия №02330/54 от 12.08.2013 г.
Подписано в печать 26.05.2015 г.
Заказ №

ISSN 1999-7515



НОВОСТИ.....2

ОБЗОР РЫНКА

«МАЛЕНЬКИЙ КУСОЧЕК КРЕМНИЯ» А. Полякевич.....	6
MSP432P401X. НОВОЕ СЕМЕЙСТВО МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ОТ TEXAS INSTRUMENTS.....	9
НЕДОРОГИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ MSP430I20XX.....	10
MICROSIP ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВОЕ СЕМЕЙСТВО МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ.....	11
MICROSIP ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВЫЕ ШИМ-КОНТРОЛЛЕРЫ С ФУНКЦИЯМИ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ.....	12
ВЫБОР КОМПРОМИССНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ МИКРОСХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 3-ХФАЗНЫМ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА Б. Чу.....	14
8-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СОКРАТЯТ СТОИМОСТЬ И СЛОЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.....	17
SNVBIOS/RT – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ Р.А. Шуленков.....	18
ПОСТАНОВКА ЭЛЕКТРОНИКИ НА ПРОИЗВОДСТВО: КАК ЭТО ДЕЛАЕТСЯ? С. Ковалев.....	21
РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАНДАРТА ARINC 818 ДЛЯ РАБОТЫ С ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ ДАТЧИКАМИ И СИСТЕМАМИ Т. Келлер, П. Грюнвальд, В. Бауткин, А. Деев.....	23
РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ Н. Домбровский.....	31
SMARTFUSION2 И IGLOO2 – В ПОМОЩЬ РАЗРАБОТЧИКУ. ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ ПЛАТ ДЛЯ НОВЫХ СЕМЕЙСТВ ПЛИС КОРПОРАЦИИ MICROSEMI Д. Иоффе, А. Казаков.....	32

ТЕХНОЛОГИИ

ПЛИС IGLOO2 КОРПОРАЦИИ MICROSEMI: ПРАКТИКУМ ПО СВЕРХНИЗКОМУ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ Д. Иоффе, А. Казаков.....	38
--	----

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ.....49-62

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЙ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ А.В. Гулай, В.М. Зайцев.....	49
--	----

МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

О ВЛИЯНИИ СВЯЗУЮЩЕГО В КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ НА МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ СВЧ А.Г. Бакаев, А.И. Гордиенко, М.И. Маркевич, А.М. Чапланов, С.В. Адашкевич, В.Ф. Стельмах.....	55
ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКИХ КОНТАКТОВ ДЛЯ ПРИБОРОВ С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ НА АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ Е.В. Телеш.....	57
ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК Si/SiGe ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ В АТМОСФЕРЕ ВОДОРОДА А.Г. Новиков, С.Л. Прокопьев, П.И. Гайдук, О.Ю. Наливайко.....	60

ПРАЙС-ЛИСТ.....64

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

«Автоматикацентр».....	64
«Алнар».....	64
«Альфалидер».....	64
«Барс-электроникс».....	59
«БелПлата».....	54
«БелСКАНТИ».....	64
«БЭК-эксперт».....	63
«ГорнТрейд».....	59
«Минский часовой завод».....	54
«Полдень Плюс».....	11
«Приборостроительная компания».....	64
«Промтехсервиснаб».....	17
«СветЛед решения».....	64
«ФЭК».....	64
«Чип электроникс».....	64

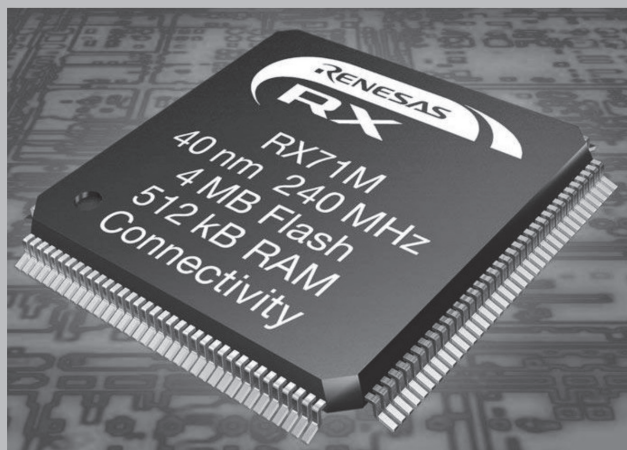
Обложки, цветные вставки

Microchip.....	III вст.
«Альфачип ЛТД».....	I обл., IV вст.
«БЭК-эксперт».....	II обл.
«ИЦТ ГОРИЗОНТ».....	VI вст.
«ПРОМВАД».....	I обл.
«Профессиональные сетевые системы».....	IV обл.
«Радиоаптека».....	I обл.
«РИФТЭК-СМТ».....	I обл.
«Фаворит-ЭК».....	III обл.
«ФЭК».....	I вст.
«Элтикон».....	VI вст.
«Энерджи».....	V вст.
«Эф энд Ка».....	II вст.

RX71M – 32-БИТНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 480 DMIPS И 4 МБ ВСТРОЕННОЙ FLASH ПАМЯТЬЮ ОТ RENESAS ELECTRONICS

ЭЛТЕХ представляет 32-битные микроконтроллеры семейства RX71M от Renesas Electronics. Как и RX64M, они произведены по технологии 40 нм на базе более производительного ядра RXv2. Микроконтроллеры RX71M способны работать с тактовой частотой до 240 МГц при 480 DMIPS (удельная производительность – 2,0 DMIPS/МГц) и являются первым представителем серии RX700. Улучшенные характеристики ядра позволяют использовать RX71M для различных промышленных и коммуникационных устройств, требующих высокой эффективности и производительности вычислений, а также высокой интеграции различных интерфейсов.

За счет большого объема встроенной памяти команд, а также встроенной SRAM памяти данных, предназначенной для работы с задачами реального времени, микроконтроллеры серии RX71M требуют значительно меньше внешних компонентов, что положительно сказывается на габаритах, надежности и стоимости изделия.



Основные технические характеристики семейства RX71M:

- ядро – RXv2 240 МГц (480 DMIPS);
- напряжение питания: 2,7–3,6 В;
- память: 2–4 МБ Flash, 512 КБ RAM, 64 КБ DataFlash;
- интерфейсы: 2xI2C, 1xRSPI, 1xQ-SPI, 13xSCI, 2xSSI;
- 3xCAN, 2xEthernet IEEE1588, 1xUSB High Speed 2.0 Host/Function/OTG, 1xUSB Full Speed 2.0 Host/Function/OTG;
- 1xSD-Host, 1xMMCIF, 1xIEBUS;
- 32-разрядные таймеры – до 5 каналов, 16-разрядные таймеры – до 22 каналов, RTC, 2 Watchdog и др.;
- DMA – 8 каналов, DTC, EXDMAC – 2 канала;
- аппаратные блоки шифрования: AES, DES, SHA, RNG;
- корпуса: QFP176, BGA176, QFP144, QFP100, LGA145, LGA177, LGA100;
- серийное производство микроконтроллеров RX71M начнется в июне 2015 года.

Для программирования и отладки микроконтроллеров RX71M могут быть использованы как программатор/отладчик от компании Renesas E1 (YR0E000010KCE00-EE), так и устройство Segger J-Link.

ОТКРЫТИЕ НОВОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА В МИНСКЕ

Компания ЭЛТЕХ, один из ведущих российских дистрибьюторов электронных компонентов и встраиваемых компьютерных систем, объявляет об открытии своего представительства – ТУП «ОмегаКомпонент» в городе Минске (Республика Беларусь).

Представительство начинает свою работу 18 мая 2015 года по адресу: г. Минск, ул. Казинца, д. 11А, офис № А107.

ТУП «ОмегаКомпонент» ориентирован на работу с юридическими лицами, расчеты производятся в белорусских рублях. Документооборот компании будет осуществляться в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Теперь белорусские инженеры имеют возможность купить практически весь ассортиментный ряд продукции, поставляемый компанией ЭЛТЕХ. Также клиентам представительства будет оказываться техническая поддержка (в том числе с привлечением высококвалифицированных технических специалистов центрального офиса ЭЛТЕХ и инженеров компаний-поставщиков). Возможность предоставления бесплатных образцов продукции под крупные проекты оговаривается дополнительно.

Компания ЭЛТЕХ – один из крупнейших российских дистрибьюторов электронных компонентов и встраиваемых компьютерных систем. Компания существует более 20 лет, и на сегодняшний день является официальным дистрибьютором Analog Devices, Renesas Electronics, Mean Well, Toshiba, Aimtec, Sierra Wireless, Micrel, Radisys, Avalue, SECO, Congatec, Honeywell, NDK, AUO, Bel Solution, Fordata, IXYS, Crydom, Exar, Radiocraft, FCI, Trxcom, Connfly, Global Top и др.

Связаться с представителями ОмегаКомпонент можно по телефону +375 29 644-52-90 или по электронной почте: info@omega-component.com

eltech.spb.ru

МИКРОКОНТРОЛЛЕР TOSHIBA TMPM46BF10FG НА ЯДРЕ ARM CORTEX-M4F ОСНАЩЕН БЛОКОМ ШИФРОВАНИЯ, ГЕНЕРАТОРОМ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ И КОНТРОЛЛЕРОМ SLC NAND

Компания Toshiba пополнила серию микроконтроллеров TX04 моделью TMPM46BF10FG. Этот микроконтроллер на ядре ARM Cortex-M4F предназначен для защищенных управляющих систем и устройств интернета вещей. Тактовая частота TMPM46BF10FG может достигать 120 МГц. В конфигурацию микроконтроллера входит 514 КБ памяти SRAM, четыре специализированных блока для защиты сетевого подключения и контроллер флеш-памяти SLC NAND. Контроллер поддерживает подключение до 4 Гбит памяти и обладает цепями обнаружения и коррекции ошибок. Кроме того, есть сторожевой таймер со встроенным генератором, который работает независимо от системного генератора, что позволяет таймеру обнаруживать нарушения в работе системы даже при сбое системного генератора.

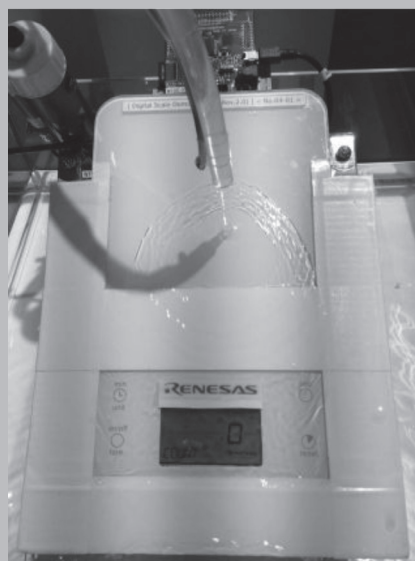
К интегрированным цепям защиты информации относится блок шифрования и дешифрования, соответствующий стандарту AES:FIPS197, генератор хеш-функции (SHA: FIPS180-4) и схема инициализации генератора случайных чисел. Шифрование и дешифрование почти полностью выполняется специализированными аппаратными средствами, что существенно снижает нагрузку на CPU. В микроконтроллере реализована генерация случайных чисел (по стандарту TRNG: SP800-90C) с участием схем инициализации и хеширования, и программного обеспечения.

Микроконтроллер TMPM46BF10FB упакован в корпус LQFP100 размерами 14x14 мм и рассчитан на напряжение питания 2,7–3,6 В. Образцы уже доступны. Серийный выпуск должен начаться в октябре.

toshiba.semicon-storage.com

RX113 – 32-БИТНЫЕ НИЗКОПОТРЕБЛЯЮЩИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С КОНТРОЛЛЕРОМ СЕНСОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТ RENESAS

Компания ЭЛТЕХ предлагает 32-битные низкопотребляющие микроконтроллеры RX113 со встроенным блоком для построения систем с сенсорным управлением. Данное семейство отлично подходит для медицинского применения, систем автоматизации зданий и бытовой техники. Благодаря уникальным технологиям RENESAS, RX113 совмещают в себе высокую помехоустойчивость и чувствительность, что позволяет определять касания на мокрых и изогнутых поверхностях устройств, а также на панелях с толщиной акрилового покрытия свыше 10 мм.



Благодаря уникальному ядру RX CPU core, микроконтроллеры RX113 обладают широкими возможностями цифровой обработки сигналов (DSP), высокой производительностью до 50 DMIPS и низким потреблением. Помимо функции работы с емкостными сенсорными дисплеями, на борту есть LCD контроллер, контроллер USB 2.0, и другие интерфейсы.

Основные характеристики микроконтроллеров RX113:

- 32-битное ядро RX, 32 МГц (50 DMIPS);
- флеш-память: от 128 до 512 КБ с нулевым временем ожидания, ОЗУ: от 32 до 64 КБ;
- интерфейсы: I²C – 1 канал, SCI до 8 каналов, SPI – 1 канал;
- USB2.0 Full speed H/F/OTG: 1 канал;
- SSI – 1 канал, IrDA – 1 канал;
- 12-разрядный АЦП, до 17 каналов, 12-разрядный ЦАП до 2 каналов + компаратор;
- 16-разрядные таймеры – до 8 каналов, RTC;
- контроллер LCD до 288 сегментов;
- контроллер сенсорного управления – до 12 каналов;
- напряжение питания: от 1,8 В до 3,6 В;
- ток потребления 3,2 мА при 32 МГц в режиме RUN;
- ток потребления 350 нА в режиме Software standby mode;
- корпуса: LQFP64, TFLGA100, LQFP100;
- диапазоны рабочей температуры: -40...+85°C и -40...+105°C.

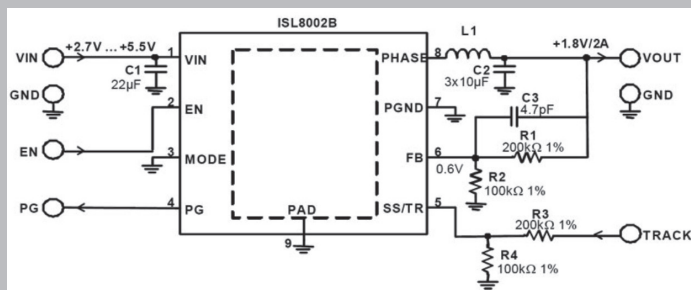
ИМПУЛЬСНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР С ФУНКЦИЯМИ МОНИТОРИНГА ВЫХОДА, ЗАДАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ПЛИС

Intersil представила синхронный импульсный стабилизатор с непрерывным выходным током до 2 А и входным напряжением в диапазоне 2,7 – 5,5 В. Компонент ISL8002B имеет частоту переключения 2 МГц, обеспечивая отличными переходными характеристиками и высокой надежностью благодаря нескольким инновационным функциям.



В стабилизаторе реализован программируемый мягкий запуск, функции мониторинга выхода и задания последовательности импульсов для ПЛИС и микропроцессоров. Чип призван повысить надежность схем POL-преобразователей, используемых в сетевом оборудовании, промышленной автоматике, инструментах и медицинских приборах.

Стабилизатор ISL8002B оборудован функциями мониторинга и задания последовательностей импульсов для гарантии корректного запуска либо выключения мультишинных схем питания. Выходы чипа настраиваются по совмещенной, логотметрической либо последовательной схеме работы, гарантируя то, что встроенные в ПЛИС и микроконтроллеры диоды защиты от электростатики не подвергаются перегрузке во время спада либо нарастания напряжения. Функции защиты, например, от недостатка напряжения, перенапряжения, перегрева, КЗ обезопасят системы от повреждения в случае нежелательных электрических сбоев. Уникальная схема защиты от отрицательного тока предотвратит сбой переключения.



Чип ISL8002B позволит реализовать в компактном форм-факторе готовую схему синхронного понижающего DC/DC-преобразования. Интеграция полевых МОП-транзисторов верхнего (PMOS) и нижнего (NMOS) плеча с низким сопротивлением открытого состояния позволяет исключить компенсационный конденсатор и диод, а высокий КПД дает возможность применения небольших катушек для дальнейшего сокращения размеров платы.

Стабилизатор ISL8002B выпускается в 8-выводном корпусе TDFN с размерами 2x2 мм. Стоимость чипа – 1 долл. США (партии от 1 тыс. шт.).

intersil.com

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА ХМС1000

Компания Infineon, вслед за семействами ХМС4500, запустила в производство большинство микроконтроллеров семейства ХМС1000.

Микроконтроллеры ХМС1000 разработаны на основе ядра Cortex-M0 и позиционируются как замена 8- и 16-разрядных микроконтроллеров по соизмеримой цене. Они способны работать без применения внешних компонентов для тактирования, имеют широкий диапазон рабочих напряжений и удобные для применения корпуса типа TSSOP и VQFN.

Микроконтроллеры работают на тактовой частоте 33 МГц и имеют периферию, хорошо подходящую для промышленной автоматизации, транспортных систем и других областей применения, имеющих повышенные требования к надежности.

Группа микроконтроллеров ХМС1300 имеет встроенный CORDIC сопроцессор, работающий с удвоенной частотой, что позволяет применять их в устройствах управления двигателями, и задачах, требующих интенсивных геометрических вычислений.

Семейство ХМС4500 предназначено для систем, требующих более серьезных вычислительных мощностей, и основано на архитектуре Cortex-M4. При разработке этих микроконтроллеров ставилась цель обеспечить повышенную надежность и энергоэффективность разрабатываемых на них решений (здесь термин энергоэффективность означает не собственное потребление микроконтроллера, а качество реализуемого закона управления исполнительными устройствами, что реализуется за счет хорошо отработанной и продуманной периферии).

Для разработки программ для этих семейств фирмой Infineon разработана собственная бесплатная интегрированная среда разработки Dave3 на основе Eclipse, в которой применена концепция «компонентно-ориентированного» программирования.

Данная среда позволяет обеспечить полный цикл разработки и отладки программ, а также имеет возможность после формирования низкоуровневых драйверов работы периферии (методы, унаследованные от предыдущих систем Dave) перенести проект в среду разработки IAR или Keil.

infineon.com

РЫНОК МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДОСТИГ РЕКОРДНОГО ОБЪЕМА

По оценкам аналитической компании IC Insights, в 2014 году общемировые поставки микроконтроллеров (MCU) составили рекордные 18,6 млн единиц, что на 16 % больше, чем годом ранее. Прежнее максимальное значение датировалось 2012 годом, когда объем рынка равнялся 17,3 млн чипов.

Эксперты прогнозируют, что в 2015 году отгрузки микроконтроллеров поднимутся на 12 % относительно результата годичной давности, а в ближайшие пять лет они будут расти со средней скоростью 7,9 % в год и достигнут 27,3 млн штук. При этом средняя стоимость микросхемы будет ежегодно снижаться на 3,5 %.

MCU для смарт-карт занимают около половины мирового рынка микроконтроллеров в штуках. В 2014 году отгрузки этих решений подскочили на четверть в годовом исчислении, составив 9,2 млн единиц. В 2013 году прогресс сегмента измерялся 22-процентным показателем.

Ускорившиеся темпы роста продаж микроконтроллеров для смарт-карт специалисты связывают с коррекцией рынка и возобновлением ряда правительственных проектов в этой области. В прошлом году производители заработали на MCU-решениях для смарт-карт около 2,6 млрд долл. США, что на 16 % больше, чем годом ранее. В 2013 году выручка поднялась на 11 %.

DailyComm

НОВАЯ ВЕРСИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATSAM21

Компания Atmel выпускает версию микроконтроллера ATSAM21 для автомобильной промышленности. Основными отличиями ATSAM21 являются расширенный рабочий температурный диапазон (-40...+105 °C) и уменьшенный до 64 КБ объем флеш-памяти.

Контроллер емкостного сенсорного ввода PTC, унифицированные модули последовательных коммуникаций SERCOM, низкое энергопотребление и другие особенности кристаллов серии ATSAM21 полностью сохраняются в версии для автомобильных приложений.

Для ускорения процесса изучения ATSAM21 компания Atmel выпустила новую оценочную плату серии Xplained Pro – ATSAM21-XPRO, которая традиционно содержит внутрисхемный отладчик Atmel EDBG, базовые компоненты «обвязки» и разъемы для подключения плат-расширений XplainedPro. Дополнительно на плате установлены LIN-трансивер и соответствующий разъем.

atmel.com

МИКРОКОНТРОЛЛЕР БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ УВЕЛИЧИТ РАДИУС ДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ «УМНОГО» ДОМА

NXP выпустила энергоэффективный микроконтроллер беспроводной связи большого радиуса действия, предназначенный для оборудования «умного» дома. Устройство включает программные стеки ZigBee LightLink, Home Automation, GreenPower. Также новый микроконтроллер JN5169 впервые в промышленности поддерживает специальную NFC-опцию, позволяющую подключать устройства друг к другу интуитивно, в одно касание.

	RF4CE			PRO						IP		
Applikations-profile	ZRC	ZID	Z3S	ZLL	ZHA	ZBH	ZTS	ZRS	ZHC	ZSE 1.X	ZSE 2.0	
Netzwerk	ZigBee RF4CE			ZigBee Pro						ZigBee IP (IETF-Basis)	Alternativer IP-Transport	
MAC	IEEE 802.15.4 – MAC (weltweit)										Alternative Mac	
PHY	IEEE 802.15.4 – sub-GHz (nach Region)					IEEE 802.15.4 – 2.4 GHz (weltweit)					Alternative PHY	
ZRC	ZigBee Remote Control			ZLL ZigBee Light Link						ZRS ZigBee Retail Services		
ZID	ZigBee Interface Devices			ZHA ZigBee Home Automation						ZHC ZigBee Health Care		
Z3S	ZigBee 3D Synch			ZBA ZigBee Building Automation						ZSE ZigBee Smart Energy		
				ZTS ZigBee Telecom Services						ZGP ZigBee Green Power		

Интегрированный в чип усилитель мощности (10 дБ) удвоит радиус действия существующих на рынке компонентов «умного» дома. Устройство может взаимодействовать одновременно с 250 узлами, что позволяет реализовать различные схемы в домашней и промышленной средах. Инновационный тулчейн для разработки программных средств способствует сокращению размера кода в пределах 15 % и имеет всесторонние возможности отладки. Опция интуитивного подключения с применением технологии NFC гарантирует простоту и безопасность сопряжения устройств без передачи сетевых данных, что значительно сокращает риск взлома.

Для поддержки внедрения микроконтроллера JN5169, NXP представила три образца разработки для систем освещения «умного» дома: лампу с белым светом, лампу с белым светом и возможностью подстройки, а также цветную лампу (RGB). Данные образцы сократят себестоимость решений интеллектуального освещения в пределах 25 %. Микроконтроллер, применяемый в образцах разработки, имеет 512 КБ встроенной флеш-памяти, что позволяет обновлять прошивку беспроводным способом, а это дает возможность исключить из схемы поддержку работы с внешней памятью, что далее удешевляет систему. Модули ламп отлично дополняют беспроводные переключатели, удаленные пульты управления, настенные панели, датчики, «умные» штекеры, шлюзы. Все решения могут управляться через облачные службы.

Микроконтроллер JN5169 потребляет 14 мА тока в режиме приема сигнала, позволяя сократить мощность потребления «умных» ламп до 100 мВт в режиме ожидания. Ток во время передачи данных повышается до 20 мА (мощность сигнала – 10 дБм), что, по меньшей мере, на 40 % ниже, в сравнении с аналогами. Таким образом, время автономной работы беспроводных узлов «умного» дома значительно повышается. Благодаря инновационным цепям и программным методам, в «умных» лампах может быть применен недорогой кристалл с нагревом до 85 °C вместо дорогих аналогов с нагревом до 125 °C.

Микроконтроллер JN5169 проходит испытания у лидеров производства систем «интеллектуального» освещения, включая TCP Inc. и Leedarson.

nxp.com

«МАЛЕНЬКИЙ КУСОЧЕК КРЕМНИЯ»

Андрей Полякевич,
инженер компании «ФЭК»,
a.paliakovich@fek.by

В наши дни трудно представить сферу деятельности человека, в которой не используются электронные приборы. Многие люди даже не задумываются над тем, что нажимая на кнопку в любом электронном устройстве, тем самым запускают сложный аппаратно-программный процесс, над которым работали сотни человек. Любое «умное» устройство состоит из множества компонентов, но в нем всегда присутствует «мозг» – микросхема, которая выполняет заложенную в нее программу. Таких микросхем существует огромное количество, они делятся на классы, подклассы, группы, одни называются микропроцессорами, другие – микроконтроллерами, третьи – сигнальными процессорами и т.д. Что касается данной статьи, мы затронем тему работы с маленьким кусочком кремния, который называется микроконтроллер.

Так сложилось, что именно с них в свое время начинал работу в сфере высоких технологий, потом были и сигнальные процессоры, программируемые логические матрицы, обычные микропроцессоры, но к микроконтроллерам всегда проявлялся повышенный интерес.

По современным меркам, микроконтроллеры по своей производительности едва ли смогут соревноваться с чипами производства Intel или Nvidia, но в нашей жизни эти элементы применяются повсеместно, ведь не всегда нужно обрабатывать гигабиты и гигабайты данных, иногда достаточно просто обработать нажатие одной кнопки, и работать от обычной батарейки несколько лет. В обычной жизни их можно встретить практически везде: телевизоры, компьютеры, телефоны, автомобили, везде найдется место, где необходимо выполнить строго написанную программу с минимальным энергопотреблением.

Так же, как и областей применения, на рынке существует такое же огромное количество производителей микроконтроллеров. Каждый из них занимает свою нишу, где-то существует конкуренция. Хотелось бы уделить внимание всем, но в рамках одной статьи это сделать будет очень тяжело, поэтому остановимся более детально на нескольких из них.

Одним из лидеров на рынке полупроводниковых элементов является компания STMicroelectronics. Микроконтроллеры STM имеют огромную популярность в мире, связанную, прежде всего, с весьма демократичной ценой, как на сами изделия, так и на отладочные и демонстрационные платы. Если учесть, что среда разработки IAR Embedded Workbench в бесплатном режиме имеет ограничение по размеру кода в 8 Кб (а это немало), решения на базе микроконтроллеров STM очень привлекательны. Приводить какие-то точные характеристики продукции STM не имеет смысла, достаточно сказать, что, как и у большинства производителей, линейка микроконтроллеров начинается от 8-миразрядных «малышей» с потреблением в режиме сна 400 нА и частотой от 1 до 16-ти МГц, и заканчивается высокопроизводительными,

32-хразрядными, двухъядерными устройствами с рабочей частотой 120 МГц.

Еще один яркий представитель рынка микроконтроллеров – это, конечно, компания Atmel. Линейка устройств этого производителя просто огромна. В данном случае, уместно заметить, что кроме отличия по производительности, семейства микроконтроллеров Atmel также отличаются своей архитектурой, это ставшая классикой архитектура 8051, AVR и ARM. На базе архитектуры 8051, которая за более чем 30-тилетнюю историю претерпела только ряд незначительных изменений, компания предлагает как классические микроконтроллеры с выполнением команд за один такт, так и серии узкоспециализированных изделий, применяемых, к примеру, для обработки данных с CAN шины или готовое решение для обработки данных USB-протокола. Решения на базе архитектуры Atmel AVR отличаются огромной гибкостью и, главное, очень простым и понятным набором команд, что позволяет значительно сократить время на разработку изделия. На базе ARM архитектуры компания производит SAM серию микроконтроллеров бюджетного класса с большим выбором интерфейсов. Мало, кто производит микроконтроллеры с 6-ю UART портами.

Если идти от простого к сложному, то в этом коротком обзоре стоит немного рассказать о микроконтроллерах компании Texas Instruments. Решения, которые предлагает эта компания, в рамках одной статьи очень сложно описать. Серия MSP, как младшая линейка, предлагает контроллеры общего назначения с малым энергопотреблением. Если рассматривать дальнейшее развитие линейки микроконтроллеров, то набор инженерных решений, которые применяются в этих устройствах, просто не имеет аналогов. Это и управление нагрузкой посредством обратной связи, двухъядерная архитектура Hercules, дублирующая выполнение программы для обеспечения надежности. Кроме того, компания предлагает огромное количество решений на базе микроконтроллеров для беспроводной передачи данных.

Для того, чтобы наглядно продемонстрировать применение микроконтроллеров в бытовых условиях, рассмотрим системы учета, которые повсеместно применяются в быту. Это может быть счетчик газа, счетчик воды, счетчик электроэнергии, в более интересных проектах это, так называемая, система «умный дом» или, например, система управления солнечными батареями.

В рамках данной статьи остановимся на примере подбора компонентов и реализации проекта для однофазного электросчетчика.

Прежде всего, при разработке нового изделия необходимо определить платформу и производителя управляющего микроконтроллера, они могут отличаться, как говорилось выше, архитектурой (и, как следствие, системой команд), интерфейсами, необходимыми для передачи данных, и, конечно, типом корпуса (сказывается на сложности монтажа чипа на печатную плату), так же скоростью обработки данных. Для этого по порядку рассмотрим возможные варианты производителей.

Для микроконтроллеров STM в этой сфере применения характерны простые и экономически выгодные решения для использования полученных данных через SPI интерфейс практически с любым дополнительным контроллером или процессором. Дополнительно необходимо использовать контроллер дисплея для визуализации данных, что, конечно, приводит к увеличению компонентов на печатной плате, но делает решение на базе чипов STM очень гибким и многоплатформенным.

Один из интересных вариантов в этом направлении предлагает компания Maxim Integrated.

Решения этой компании коренным образом отличаются от STM, серьезной интеграцией интерфейсов и вычислительных мощностей на одном кристалле. По своей сути, это полноценное SoC-решение, требующее минимальное количество дополнительной периферии при разработке электросчетчика. Такие микроконтроллеры имеют очень доступную в реализации программного кода архитектуру 8051, встроенный контроллер ЖК-дисплея, SPI для обмена данными с внешними устройствами, поддержку батарейного питания, дополнительные программируемые порты ввода/вывода и т.д.

Еще одну платформу для реализации электросчетчика предлагает компания Texas Instruments. Серия микроконтроллеров на базе RISC архитектуры предлагает прекрасную производительность для обработки данных, а совместное использование с аналоговым модулем позволяет на базе всего двух микросхем построить очень высокопроизводительную модель с поддержкой визуализации на ЖК-дисплее. Кроме того, стоит отметить очень низкое энергопотребление микроконтроллеров данного производителя.

В нише микроконтроллеров для учета электроэнергии одним из лидеров рынка является компания Atmel, решения на базе серии микроконтроллеров SAM4C, построенных на ARM платформе, по праву считаются одними из самых производительных на рынке. Эта серия включает в себя две линейки SAM4C16C и SAM4C8C (отличаются объемом встроенной памяти), которые, кроме рабочей частоты 120 МГц и двухъядерного процессора, обеспечивают пользователя полным набором интерфейсов, таких как I²C, USART, IrDA, SPI, что позволяет использовать данные микроконтроллеры в таких системах, как «умный дом».

Это, так сказать, краткий обзор возможных управляющих элементов для счетчика электрической энергии.

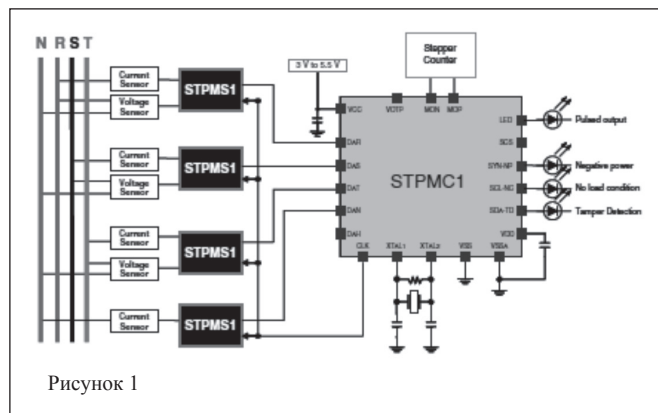


Рисунок 1

Такой подход позволяет заказчику выбрать наиболее оптимальную платформу и в сжатые сроки получить результат, который его удовлетворит.

Для примера рассмотрим построение счетчика электрической энергии с использованием компонентов компании STMicroelectronics, как один из наиболее дешевых вариантов.

За вычисление потребляемой энергии в нашем счетчике будет отвечать программируемый калькулятор потребляемой энергии STPMC1 и интеллектуальный сенсор STPMS2, который при помощи датчика тока (пояс Роговского) будет считывать данные и передавать их в наш калькулятор. Общая схема подключения выглядит следующим образом.

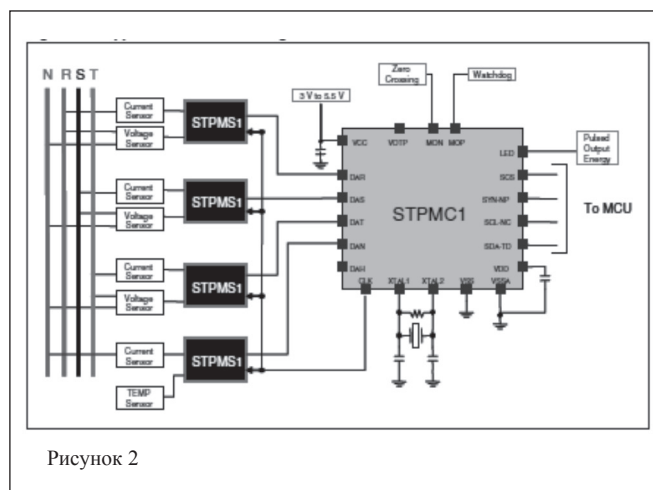


Рисунок 2

В данном варианте подключение этих двух микросхем уже является самодостаточным, но для использования в нашей модели электросчетчика, необходимо применение еще одного микроконтроллера.

Это связано с тем, что, имея результаты потребляемой электроэнергии, необходимо произвести их визуализацию, иметь несколько режимов работы нашего счетчика электроэнергии, разные тарифные планы и иметь возможность хранения данных с их дальнейшей передачей на различные подключаемые устройства или просто в локальную сеть.

Схема в данном случае будет выглядеть, как показано на рисунке 2. Все, что теперь требуется для нашего счетчика, это выбрать микроконтроллер, который будет выполнять все вышеперечисленные функции.

При наличии на выходе нашего калькулятора SPI интерфейса, выбор микроконтроллера зависит только от фантазии инженера, который отвечает за разработку такого устройства.

В нашем случае, чтобы весь электронный блок был от одного производителя, мы остановились на микроконтроллерах STM. Как вариант для этой схемы, выбрали STM32L152CB. Категорично утверждать, что это идеальный выбор, конечно, мы не беремся, но низкое потребление, встроенный контроллер ЖК-дисплея, SPI-порт, максимальная частота работы 32 МГц, наличие значительного объема Flash и EEPROM памяти при весьма демократичной стоимости делает его не самым плохим выбором.

Как уже говорилось выше, наличие в калькуляторе SPI позволяет использовать практически любые микроконтроллеры для увеличения функционала счетчика электрической энергии.

Как вариант, к примеру, для этой схемы подойдут микроконтроллеры серии MegaAVR от компании Atmel, либо аналогичные микроконтроллеры других производителей.

Одним из больших плюсов такой реализации является возможность при минимальном изменении схемы подключить счетчик электроэнергии к локальной сети и осуществлять расчет потребляемой энергии для каждого потребителя автоматически, без необходимости контролировать показания потребителем.

Когда стала понятна платформа и набор компонентов, на которых будет создаваться счетчик, осталось дело за малым – нарисовать схему, развести печатную плату, произвести монтаж компонентов и приступить к отладке.

На этом примере мы показали, как осуществляется подбор элементной управляющей базы для начала изготовления изделия. Теперь стоит рассказать, как это выглядит на практике. Вы размещаете техническое задание на разработку, до начала программирования и разработки прототипа, мы проработаем все возможное варианты решения поставленной задачи. Как правило, разработчик при выборе опирается на удобство, его

умения программировать и работать с какой-либо платформой. В нашем случае, выбор платформы осуществляется исключительно из технических и экономических составляющих. После выбора платформы и утверждения предварительного дизайна можно приступить к работе. На выходе вы получаете прототип и полный пакет конструкторской и технологической документации.

Осуществляя полный цикл работ в области цифровой электроники, часто сталкиваешься с проблемой, когда требования заказчика либо не выполнимы, либо ошибочно занижены.

В таком случае, после ознакомления с техническим заданием необходимо максимально полно проанализировать рынок элементной базы для того, чтобы предложить несколько решений проблемы и выбрать из них максимально оправданное. Иногда решение о переходе с одной платформы на другую или смене производителя способно сэкономить месяцы кропотливого труда, и принести ощутимый экономический эффект для оптимизации затрат на производство. Получая развернутый анализ элементной базы, основанный не только на технических характеристиках платформы, но и экономической составляющей, Вы получаете решение, которое будет инновационным и конкурентным на рынке.

**Более подробную информацию
Вы можете найти на сайте fek.by**

НОВОСТИ

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ОТ STM ПОБИЛИ РЕКОРД ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

STMicroelectronics совместила технологию энергоэффективных микроконтроллеров с ядром ARM Cortex-M4, выпустив серию устройств, достигших максимальной оценки в тестах эффективности EEMBC ULPBench. Серия микроконтроллеров STM32L4 показывает эффективность не только в возможностях управления питанием, но и в рабочих характеристиках. Это надежные решения для оборудования Интернета вещей, потребительских, медицинских и промышленных устройств.

Первые два микроконтроллера серии – STM32L476 и STM32L486 – получили максимальные оценки в тестах EEMBC ULPBench, сравнивающих эффективность микроконтроллеров со сверхнизким уровнем энергопотребления. Для максимизации энергоэффективности без ухудшения рабочих характеристик в новых чипах предусмотрен блок цифровой обработки сигналов (DSP) и блок вычислений с плавающей запятой (FPU). Встроенный ускоритель (ART) позволяет достичь нулевого времени ожидания при работе с флеш-памятью. Производительность микроконтроллеров достигает 100 DMIPS при активном энергопотреблении 100 мкА/МГц. В устройствах предусмотрено до 1 Мб флеш-памяти и 128 Кб ОЗУ. Специальный серийный режим позволяет при минимальном энергопотреблении эффективно обмениваться данными с периферией, отвечающей за связь.

В энергоэффективных микроконтроллерах реализованы функции масштабирования напряжения. Интеллекту-

альная архитектура решений предполагает параллельную передачу данных между ядром, DMA-контроллерами, памятью и периферией. Технология FlexPowerControl предлагает 7 режимов энергосбережения. Микроконтроллер STM32L486 также включает аппаратный криптографический сопроцессор (с 256-разрядным шифрованием AES), что актуально для различных схем с защитой, например, «интеллектуальных» счетчиков.



Образцы компонентов серии STM32L4 доступны для основных заказчиков. Массовая доступность микроконтроллеров планируется на 2 квартал текущего года. Стоимость устройства STM32L476, выпускаемого в корпусе LQFP64, – 3,40 долл. США (объем партии – от 10 тыс. шт.).

st.com

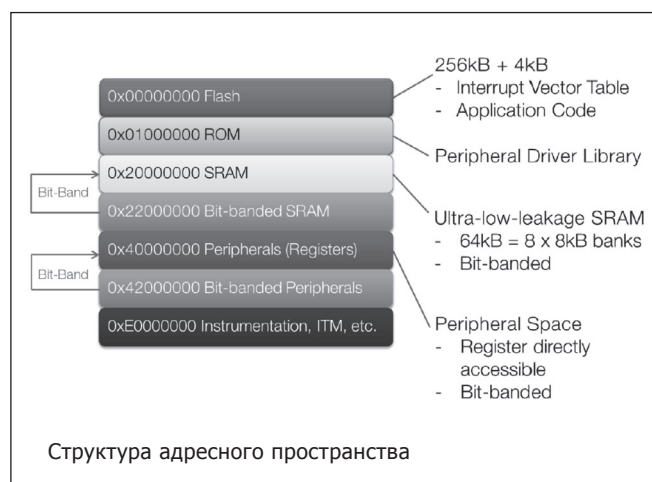
MSP432P401X. НОВОЕ СЕМЕЙСТВО МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ОТ TEXAS INSTRUMENTS

Микроконтроллеры MSP432 являются новым шагом в развитии популярного семейства микросхем MSP430. Построенные на базе процессорного ядра ARM Cortex-M4F, эти контроллеры имеют развитый комплект периферийных устройств, во многом напоминающий периферию MSP430, а также богатый набор функций низкого энергопотребления, также характерный для «старых» моделей контроллеров MSP430. Интересно также наличие в составе контроллеров ROM-памяти с записанными в ней драйверами встроенной периферии.

Основные характеристики новых микроконтроллеров:

- ядро Cortex-M4F – 32-хразрядное ARM ядро с поддержкой операций с плавающей запятой;
- тактовая частота – до 48 МГц;
- единое адресное пространство для памяти программ, данных и периферии:
 - Flash-память программ – до 256 кБ;
 - Flash-память данных – 16 кБ;
 - до 64 кБ оперативной памяти, в т.ч. 8 кБ – с поддержкой резервным питанием;
 - 32 кБ постоянной памяти (ROM) для библиотеки драйверов;
- напряжение питания – от 1,62 до 3,7 В;
- ток потребления в активном режиме: 90 мкА/МГц;
- широкий набор функций энергосбережения. Минимальный ток потребления в режиме с работающим RTC – 0,8 мкА, с выключенным RTC – не более 25 нА;
- гибкие функции тактирования;
- часы реального времени (RTC) с функциями календаря и будильника;
- до 4-х 16-разрядных таймеров с функциями сравнения, захвата и ШИМ-модулятора;
- два 32-хразрядных таймера;
- до 4-х коммуникационных модулей с функциями UART(IrDA)/SPI;
- до 4-х коммуникационных модулей с функциями I²C/SPI;

- до 84 бит параллельного ввода-вывода, в т.ч. 4 бита с высокой нагрузочной способностью – до 20 мА;
- 14-разрядный АЦП с быстродействием 1 млн отсчетов/с;
- внутренний источник опорного напряжения;
- два аналоговых компаратора;
- 32-хразрядный аппаратный генератор CRC;
- 128/192/256-разрядный аппаратный AES шифратор-дешифратор.



Для начала работы с микроконтроллерами семейства MSP432 достаточно приобрести недорогую плату MSP-EXP432P401R. В ее состав, помимо контроллера, входит эмулятор XDS-110ET. Кроме этого, данные микроконтроллеры поддерживаются эмуляторами XDS100, XDS200 и MSP-FET. Для разработки программного обеспечения могут быть использованы Code Composer Studio (CCS), а также компиляторы от Keil и IAR.

ЧНПУП «БелСКАНТИ» – официальный дистрибьютор Texas Instruments в Республике Беларусь.

В настоящее время доступны следующие модели микроконтроллеров семейства MSP432

Device	Flash (KB)	SRAM (KB)	ADC14 Channels	Comparator-E0 Channels	Comparator-E1 Channels	Timer_A ⁽²⁾	eUSCI		20-mA Drive I/O	Total I/Os	Package Type
							Channel A: UART, IrDA, SPI	Channel B: SPI, I ² C			
MSP432P401RIPZ	256	64	24 ext, 2 int	8	8	5, 5, 5, 5	4	4	4	84	100 PZ
MSP432P401MIPZ	128	32	24 ext, 2 int	8	8	5, 5, 5, 5	4	4	4	84	100 PZ
MSP432P401RIZXH	256	64	16 ext, 2 int	6	8	5, 5, 5	3	4	4	64	80 ZXH
MSP432P401MIZXH	128	32	16 ext, 2 int	6	8	5, 5, 5	3	4	4	64	80 ZXH
MSP432P401RIRGC	256	64	12 ext, 2 int	2	4	5, 5, 5	3	3	4	48	64 RGC
MSP432P401MIRGC	128	32	12 ext, 2 int	2	4	5, 5, 5	3	3	4	48	64 RGC

НЕДОРОГИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ MSP430I20XX

Микроконтроллеры MSP430i20xx – это, фактически, недорогие «интеллектуальные АЦП». В состав такого контроллера входит от 2-х до 4-х сигма-дельта АЦП с разрешением 24 бит. Каждый АЦП имеет дифференциальные входы и снабжен программируемым усилителем (PGA). Имеются также встроенный источник опорного напряжения и датчик температуры.

Информация с АЦП обрабатывается 16-разрядным микроконтроллерным ядром, стандартным для семейства MSP430. Рабочая частота – до 16 384 МГц.

В состав микроконтроллера также входят:

- память программ (FLASH) – до 32 кБ;
- память данных (FLASH) – 1 кБ;
- ОЗУ – до 2 кБ;
- два 16-разрядных таймера;
- два канала последовательной связи: UART/SPI и SPI/I²C/;
- 16-разрядный аппаратный умножитель.

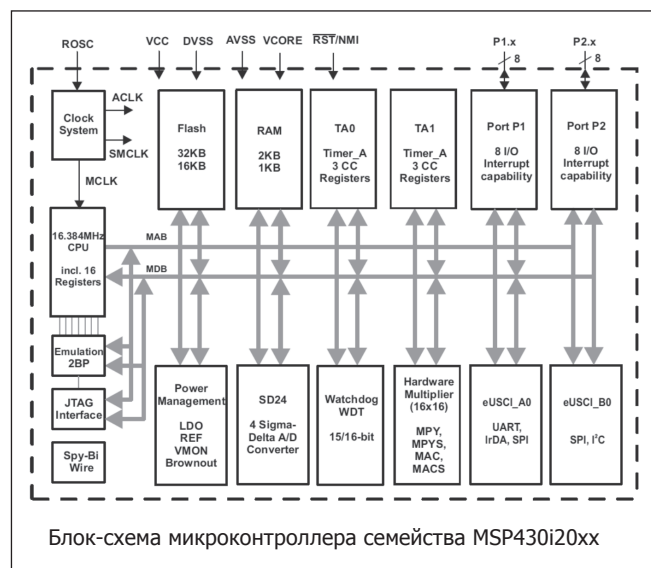
Напряжение питания микроконтроллера может составлять от 2,2 до 3,6 В. Опорное напряжение, формируемое внутренним источником, равно 1,16 В. Усиление PGA может быть равным 1, 2, 4, 8 или 16. Максимальное значение входного напряжения АЦП – ±928 мВ.

Как и во всех микроконтроллерах семейства MSP430, в данных изделиях предусмотрен широкий набор функций пониженного энергопотребления. И если ток потребления в активном режиме составляет 275 мкА/МГц, то в режиме LPM4.5 он равен всего лишь 75 нА.

Микроконтроллеры выпускаются в компактных корпусах с числом выводов 28 или 32, и рассчитаны на работу в диапазоне температур от -40 до +105°C.

Микроконтроллеры MSP430i20xx предназначены для применения в датчиках, измерительных устройствах, контроллерах несложных технологических процессов и т.п.

ЧНПУП «БелСКАНТИ» – официальный дистрибьютор Texas Instruments в Республике Беларусь.



Условные обозначения микроконтроллеров MSP430i2041

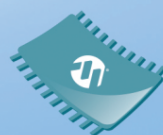
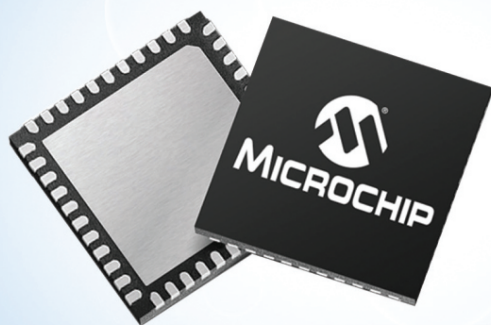
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM) ⁽²⁾
MSP430i204 1PW	TSSOP (28)	9,7×4,4 mm
MSP430i204 1RHB	VQFN (32)	5×5 mm

Доступны следующие модели микроконтроллеров

Device	Flash (KB)	SRAM (KB)	SD24 Converters	Multiplier	Timer_A ⁽²⁾	eUSCI		I/O	Package Type
						Channel A: UART, IrDA, SPI	Channel B: SPI, I ² C		
MSP430i2041	32	2	4	1	3,3	1	1	16	32 RHB
								12	28 PW
MSP430i2040	16	1	4	1	3,3	1	1	16	32 RHB
								12	28 PW
MSP430i2031	32	2	3	1	3,3	1	1	16	32 RHB
								12	28 PW
MSP430i2030	16	1	3	1	3,3	1	1	16	32 RHB
								12	28 PW
MSP430i2021	32	2	2	1	3,3	1	1	16	32 RHB
								12	28 PW
MSP430i2020	16	1	2	1	3,3	1	1	16	32 RHB
								12	28 PW

Создавайте свои проекты

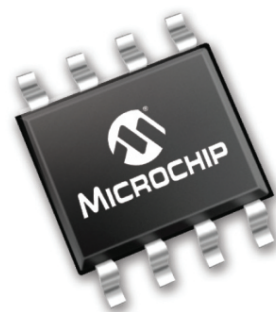
с независимой от ядра периферией



**FLEXIBLE
INTELLIGENCE
MADE EASY**
8-BIT PIC® MICROCONTROLLERS

Микроконтроллеры PIC® с независимой от ядра периферией выводят 8-разрядные МК на новый уровень. Благодаря встроенным периферийным модулям возрастают возможности системы управления. Эти МК представляют собой наилучший выбор при создании встраиваемых систем.

Независимая от ядра периферия позволяет выполнять задачи без вмешательства ЦПУ и не требует написания программных кодов. В результате упрощается проект, и возрастают функциональные возможности систем управления, а проектировщик получает гибкий инструмент для инноваций.



Функциональные возможности встроенных модулей

- Управление преобразователями энергии
- Генерация сигналов
- Управление электроприводом
- Интерфейс датчиков

**microchip
DIRECT**
www.microchipdirect.com

 **MICROCHIP**

www.microchip.com/get/eucip

А л в ф а ч и п л т д

Новые возможности ваших идей

- Средства автоматизации
- Электронные компоненты
- Датчики
- Сенсоры
- Устройства индикации
- Светодиоды

Прямые поставки от мировых производителей

Разработка и Техническая поддержка новых проектов



УНП 191754457

E-MAIL: ANALOG@ALFA-CHIP.COM
WWW.ALFACOMPONENT.COM
WWW.ALFA-CHIP.COM

БЕЛАРУСЬ, МИНСК, УЛ. Я.КОЛАСА, 3, ОФИС 8
ТЕЛ.: +375(17) 209-80-45
ФАКС: +375(17) 209-80-47

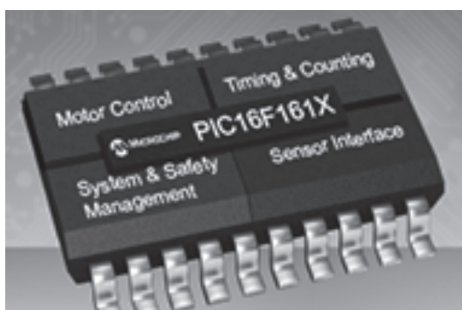
MICROCHIP ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВОЕ СЕМЕЙСТВО МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Особенности:

- улучшенные межблочные связи периферии для снижения нагрузки на ядро;
- модуль расчета ПИД, управление по углу, порты с током 100 мА;
- периферия, независимая от ядра, – быстрые и точные реакции;
- расширенные возможности и низкое энергопотребление.

Microchip представляет новое семейство 8-битных микроконтроллеров PIC16(L)F161X. Эти микросхемы расширяют линейку микроконтроллеров с периферией, независимой от ядра, имеют быструю реакцию на прерывания, низкое энергопотребление, высокую надежность алгоритмов контроля и управления, при этом являются недорогими и простыми в освоении.

Периферия, независимая от ядра, снижает сложность разрабатываемого изделия и позволяет отказаться от многих внешних компонентов и цепей. Она разгружает ядро на критических секциях алгоритма управления, ускоряет реакцию и увеличивает точность.



В состав новых PIC16(L)F161X входит математический ускоритель с ПИД, работающий независимо от ядра с 16-битными операндами. Также в составе периферии имеется угловой таймер (AngTmr), работающий с угловыми величинами, а не периодами/тактами. Он применим для управления двигателями, симисторами, системами зажигания ДВС и пр. Независимо от периода входного сигнала, угловой таймер генерирует прерывания по заданному углу без предварительных программных расчетов, что позволяет ядру заниматься другими задачами, экономит память программ и потребление энергии.

Помимо математического ускорителя и углового таймера, в состав периферии входят 24-битный таймер (SMT), предназначенный для точного измерения широкого диапазона периодических сигналов, а также модуль ZCD, генерирующий прерывания по переходу синусоидального сигнала через нуль. Вкупе со 100 мА портами, конфигурируемыми логическими ячейками, SPI, I²C и EUSART, периферия позволяет легко и быстро

создавать системы управления сложными аналоговыми цепями, такими, как управление электродвигателями, симисторными преобразователями, ИИП и пр.

Контроллеры нового семейства, помимо развитой периферии управления, имеют также расширения для повышения надежности работы в критических приложениях (например, Class B и UL 1998). Ими являются оконный сторожевой таймер (WWDT), контролирующий правильное время работы участков программы, и модуль сканирования/CRC, выполняющий независимое от ядра сканирование блоков памяти с вычислением контрольной суммы. Для контроля внешних аварий имеется специальный таймер HLT, отслеживающий ошибки внешних периодических событий, например, заклинивание или торможение вала электродвигателя. Вдобавок ко всем этим аппаратным улучшениям, контроллеры выполнены по технологии сверхнизкого потребления XLP и выпускаются в компактных 8-, 14- и 20-выводных корпусах.

Новое семейство PIC16(L)F161X поддерживается стандартными средствами программирования и отладки: программатором/отладчиком PICKit3 (PG164130), ICD3 (DV164035) и средой разработки MPLAB X, в т.ч. графических, конфигуратором периферии.

PIC12(L)F1612 доступны в 8-выводных PDIP, SOIC и 3x3 мм DFN и UDFN корпусах.

PIC16(L)F1613 доступны в 14-выводных PDIP, SOIC, TSSOP и 4x4 мм UQFN и QFN корпусах.

PIC(L)F1614 и PIC(L)F1615 находятся в стадии образцов и будут производиться в тех же корпусах, что и PIC16(L)F1613.

PIC16(L)F1618 и PIC(L)F1619 находятся в стадии образцов и будут производиться в 20-выводных PDIP, SOIC, TSSOP и 4x4 мм UQFN и QFN корпусах.

Более подробную информацию о продукции Microchip можно получить в компании АЛЬФАЧИП ЛТД microchip@microchip.by, +375 17 366 76 01

www.polden.by

ПОЛДЕН

ПАЙЛДНО-РЕМОНТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

(017)222-50-23
(017)222-51-02
(029)648-71-31

УНН 190780036

MICROCHIP ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВЫЕ ШИМ-КОНТРОЛЛЕРЫ С ФУНКЦИЯМИ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ НАПЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ

Основные особенности:

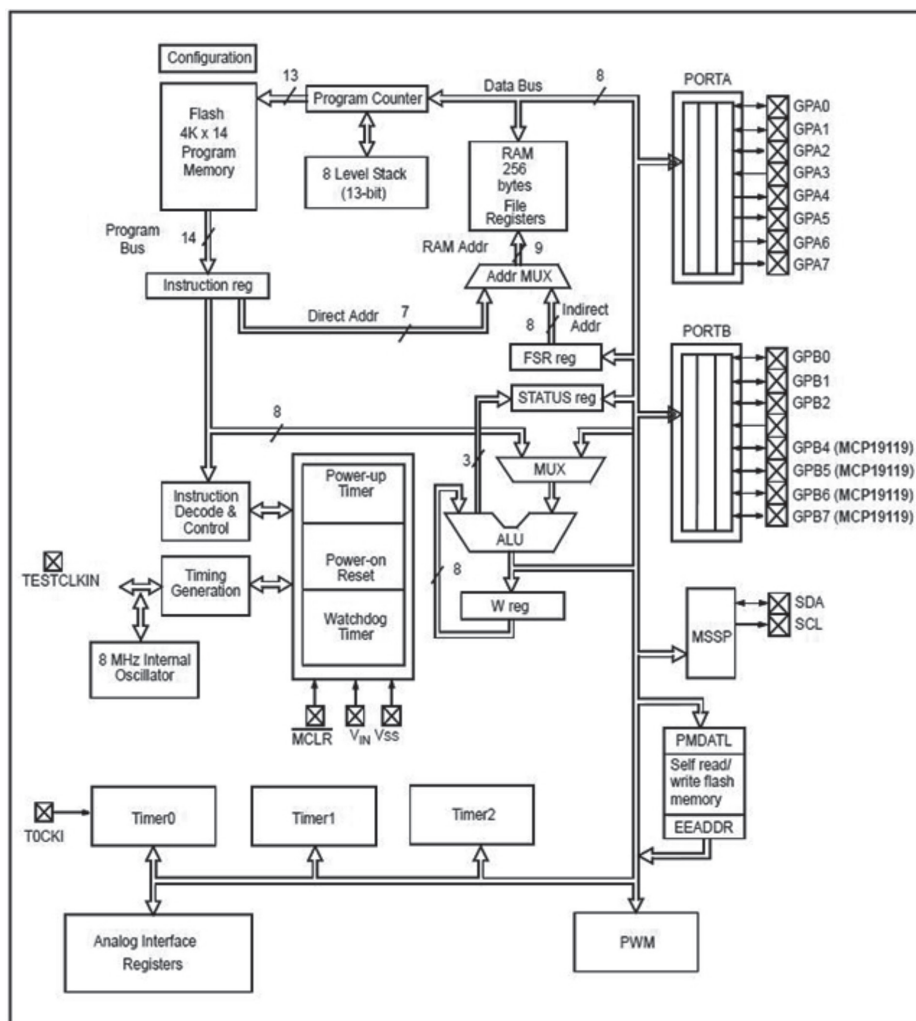
- аналоговый ШИМ-контроллер с интегрированным программируемым микроконтроллером;
- полная поддержка стандарта PMBus;
- возможность работы с напряжением до 40 В;
- поддержка двунаправленного обмена данными для обеспечения возможности диагностики, контроля и обнаружения сбоев в работе;
- возможность перепрограммирования.

Компания Microchip объявила о выпуске новинки среди своей линейки контроллеров питания – микросхемах MCP19118 и MCP19119. Они представляют собой эффективный ШИМ-контроллер, на базе которого можно построить импульсный понижающий DC-DC преобразователь, и интегрированный микроконтроллер. Эти микросхемы поддерживают стандарт PMBus и могут использоваться в промышленных устройствах. Данные особенности позволяют с легкостью разрабатывать преобразователи напряжения с

возможностью контроля и установки параметров с помощью встроенного программируемого 8-битного микроконтроллера. Благодаря такой гибкости эти устройства идеально подходят для таких приложений, как зарядные устройства для аккумуляторов, управление светодиодами, питание от USB, автомобильные блоки питания.

Помимо стремительного роста популярности микросхем контроля питания с цифровым управлением, у разработчиков систем питания также все чаще возникает необходимость мониторинга параметров с возможностью обнаружения ошибок и сбоев. Такая обратная связь обычно реализуется через шину PMBus.

Благодаря интегрированному микроконтроллеру, на микросхеме MCP19118/9 можно разрабатывать программируемые источники питания. Основные параметры, такие как частота ШИМ (от 100 кГц до 1,6 МГц), максимальный ток и рабочее напряжение задаются специальными командами, записываемыми в регистры микросхемы. Один и тот же дизайн



может быть применен в различных изделиях путем простой замены программного обеспечения, что обеспечивает гибкость и сокращает затраты на переработку платы.

Кроме того, встроенный микроконтроллер может быть использован для выполнения многих других задач, таких как обнаружение и исправление ошибок и сбоев в работе, отслеживание условий провалов питания, автоматическое регулирование выходной мощности в зависимости от параметров нагрузки, а также обмен данными по внешним интерфейсам, например, по I²C. Микросхемы MCP19118/9 имеют также встроенный модуль АЦП и драйвер управления MOSFET-транзисторами, что позволяет создавать довольно компактные и многофункциональные решения на их основе.

Данные изделия обеспечивают высокую эффективность и низкие потери мощности, что позволяет использовать радиаторы с малыми габаритами, а также увеличить срок службы аккумулятора в портативных устройствах.

MCP1118/9 могут быть запрограммированы с помощью Design Analyzer и Graphical User Interface Plug-in для MPLAB® X IDE. Все эти программные пакеты доступны для скачивания на официальном сайте в разделе Documentation

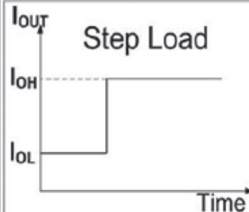


MICROCHIP

MCP19111 DESIGN ANALYZER

Input Parameters for Design				
Parameter	Designator	Value	Units	Notes
Input Voltage	V_{IN}	12	V	$4.5 \leq V_{IN} \leq 30$
Output Voltage	V_{OUT}	1.8	V	$0.6 \leq V_{OUT} \leq 3.6$
Output Current	I_{OUT}	30	A	$0 \leq I_{OUT} \leq 30$
Switching Frequency	F_s	300	kHz	$100 \leq F_s \leq 1200$
Input Voltage Ripple	V_{RIN}	100	mV	
Minimum Input Voltage	V_{IN_MIN}	12	V	$4.5 \leq V_{IN_MIN} \leq V_{IN}$
Step Load Parameters				
High Output Current	I_{OH}	7.5	A	
Low Output Current	I_{OL}	2.5	A	
Output Voltage Overshoot		100	mV	

Use Default EVAL Board Components and Compensation

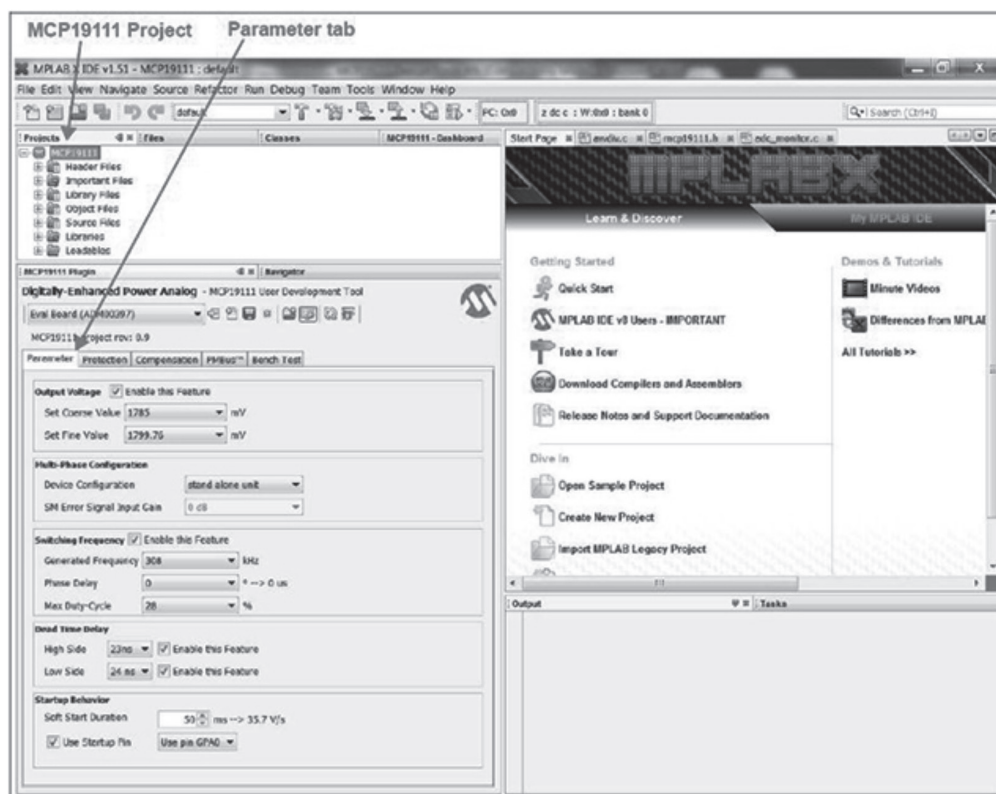


Use Recommended Components and Compensation

& Software, а в документе AN1541 дается подробное описание по работе с данными инструментами.

Для работы с микросхемами MCP19118/9 доступны средства разработки от компании Microchip, такие как MPLAB X Integrated Development Environment (IDE), PICKIT™ 3 (PG164130), PICKit Serial Analyzer (DV164122), и MPLAB XC8 Compiler.

МСР19118 выполнена в 24-выводном QFN корпусе с размерами 4x4 мм, а МСР19119 выполнена в 28-выводном QFN-корпусе с размерами 5x5 мм.



Более подробную информацию о продукции Microchip можно получить в компании АЛЬФАЧИП ЛТД
microchip@microchip.by, +375 17 366 76 01

ВЫБОР КОМПРОМИССНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ МИКРОСХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 3-ФАЗНЫМ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Брайан Чу, Microchip Technology Inc.

Бесколлекторные ДПТ (БДПТ) стремительно увеличивают свою рыночную долю среди других моторных технологий, особенно в автомобильной и медицинской промышленности, и это повлекло за собой разработку новых подходов к управлению двигателями. Теперь разработчики должны определить, какой подход является наиболее подходящим для каждого приложения.

Традиционный подход заключается в разработке схемы управления электродвигателями из дискретных компонентов, но более поздние разработки предполагают как однокристальные микропроцессоры, основанные на однокристальной микросхеме или стандартной интегральной микросхеме, так и многокристальные микропроцессоры.

При этом, во всех новейших одно- и многокристальных микропроцессорах предлагается уменьшение количества компонентов и сложности конструкции, каждый подход имеет свои преимущества и недостатки. Именно это должен понять разработчик для того, чтобы найти компромисс между адаптивностью и компактностью интегральной микросхемы.

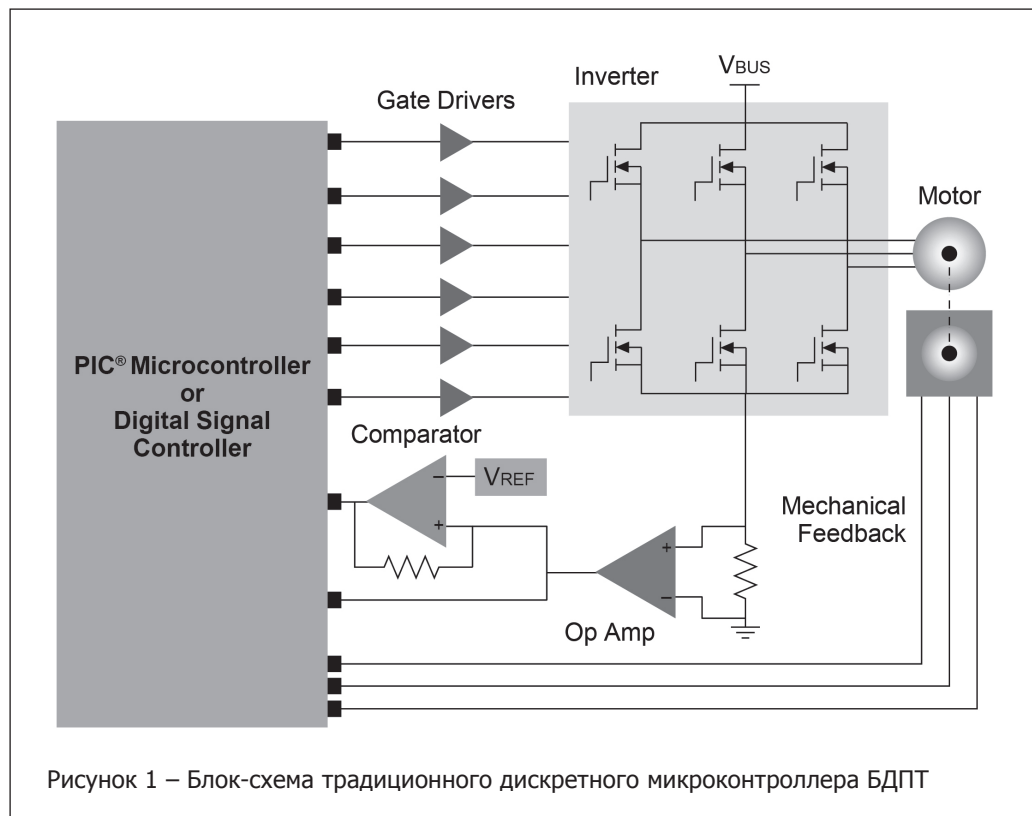
Независимо от применяемого подхода, стандартная система двигателя состоит из трех основных элементов: блока питания, драйвера электродвигателя и блока управления. Традиционная дискретная схема, как показано на рисунке 1, использует простой процессор с ограниченным

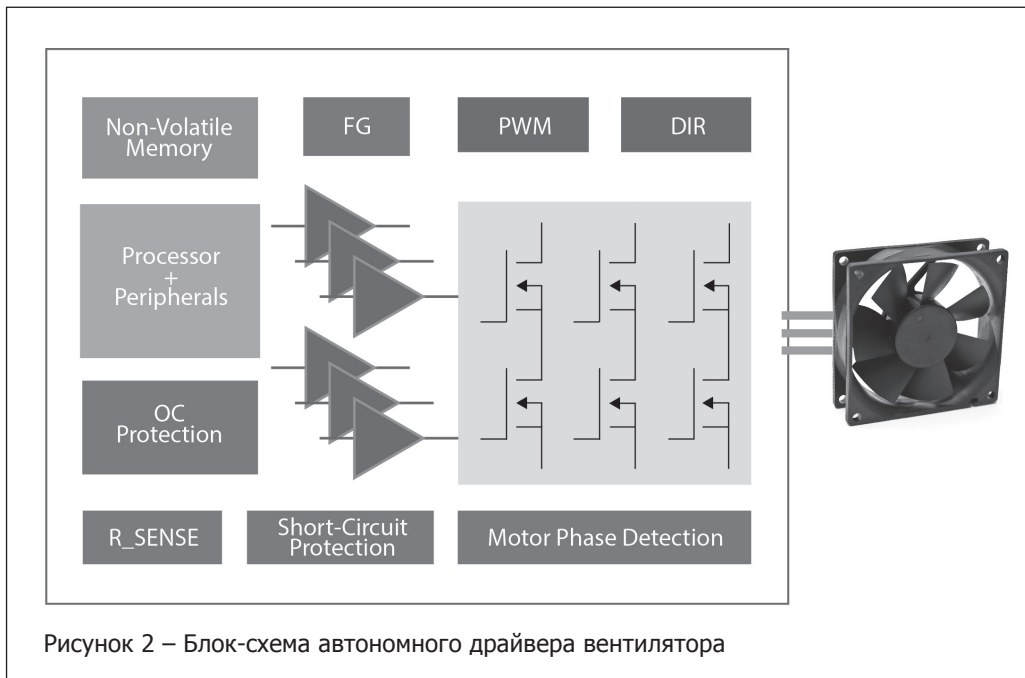
набором команд с внутренней флеш-памятью для управления генератором стробирующих импульсов, которые, в свою очередь, управляют внешними МОП-транзисторами. Альтернативным способом является управление двигателем непосредственно с процессора, содержащего встроенные МОП-транзисторы и регуляторы напряжения, приводящие в действие процессор и драйвер.

Все эти компоненты, как правило, встроены в однокристальную микросхему электродвигателя. Кроме того, однокристальные системы обладают преимуществом программирования, что позволяет использовать ее в различных приложениях. Однокристальная микросхема также подходит для приложений, которые имеют ограниченное пространство платы.

Недостатком использования устройств на однокристальной микросхеме является то, что их низкая производительность и ограниченная внутренняя память приводят к тому, что она не может ответить на запрос приложений, в которых нуждается усовершенствованная система управления двигателем. Еще один недостаток в том, что, несмотря на расширение наборов инструментов, предоставляемых производителями микроконтроллеров, значительно меньшая поддержка оказывается развитию программного обеспечения однокристальных микропроцессоров. Альтернативным подходом является использование интегральных микросхем драйвера двигателя, разработанных специально для каждого приложения.

Преимущество использования интегральной микросхемы состоит в том, что она занимает небольшое пространство на плате, что делает ее идеальной для приложений с ограниченным пространством. 10-контактный автономный драйвер вентилятора показан на рисунке 2. Применение интегральной микросхемы также предопределяет необходимость усовершенствований программного обеспечения, в то же время обеспечивает отличное соотношение цены и качества, высокую производительность, которые соответствуют высококлассным микроконтроллерам.





контроля для обеспечения безопасности двигателя и создания обратной связи между драйвером и главным процессором. Выбираемые параметры обеспечивают производительность драйвера для оптимизации без дополнительного программирования.

Типовое исполнение многокристального микропроцессора показано на рисунке 3. Такой подход сочетает в себе многофункциональный драйвер 3-хфазного двигателя, например, MCP8024 фирмы Microchip, с высокопроизводительным dsPIC33EP MC контроллером цифровых сигналов, для запуска шести

лерам. Драйвер электродвигателя с интегральной микросхемой может, например, быть использован БДПТ. Несмотря на эти преимущества, интегральная микросхема требует улучшения программного обеспечения для достижения более высокой мощности и гибкости для адаптации к будущим колебаниям рынка.

В то время как конструкции, основанные на однокристалльной микросхеме или интегральной микросхеме, могут помочь разработчикам следовать постоянной тенденции к миниатюризации, другие приложения используют многокристальный микропроцессор, сочетающий в себе микроконтроллер, оптимизированный для продвинутого аналога в сочетании с внешним драйвером. Такой подход позволяет разработчику сделать выбор из широкого спектра микроконтроллеров, оптимизированных для соединений с датчиком или без, использующих трапецеидальные или синусоидальные системы управления.

При выборе совместимого управляющего чипа для микроконтроллера, очень важно, чтобы драйвер мог делать больше, чем просто обеспечивать соответствующую мощность для МОП-транзистора или БДПТ. Он также должен включать высокопроизводительный регулятор напряжения, способный минимизировать рассеивание мощности во время включения большого количества микроконтроллеров. Также важной деталью являются блоки

N-канальных МОП-транзисторов для векторного управления БДПТ. Более дешевый базовый 8-битный микроконтроллер может быть использован вместо контроллера цифровых сигналов при использовании простой, шестиступенчатой архитектуры управления. Переход к 8-битному микроконтроллеру может быть реализован без изменения схемы драйвера, если используется БДПТ с одинаковой мощностью.

Относительные преимущества однокристалльных микропроцессоров управления БДПТ, основанных на однокристалльной микросхеме или стандартной интегральной микросхеме и многокристалльных микропроцессорах с контроллером цифровых сигналов или микроконтроллером, представлены в таблице 1. Она показывает, что, несмотря на то, что однокристалльные микросхемы или стандартные интегральные микросхемы отвечают потребностям ограни-

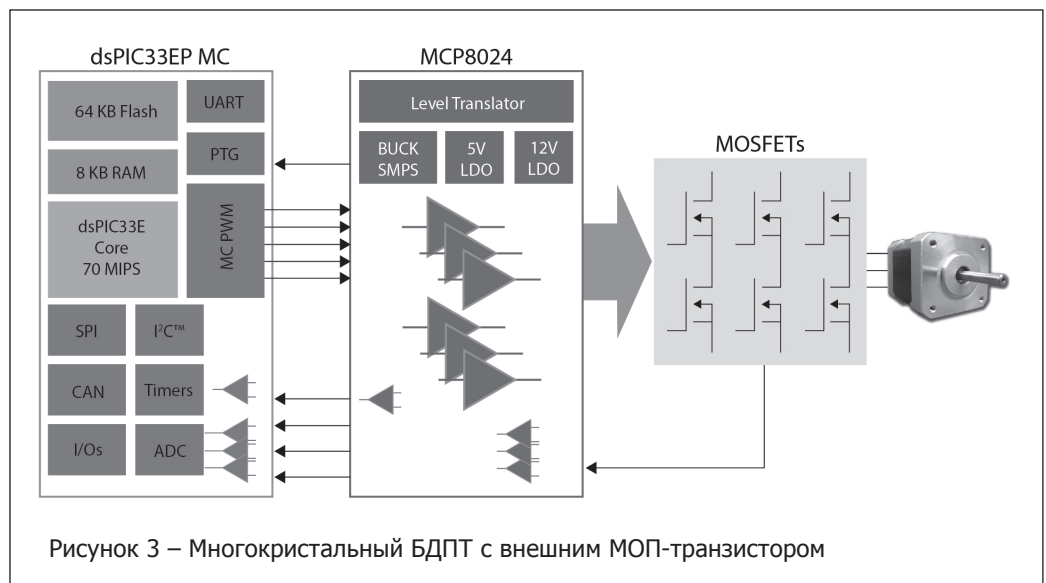
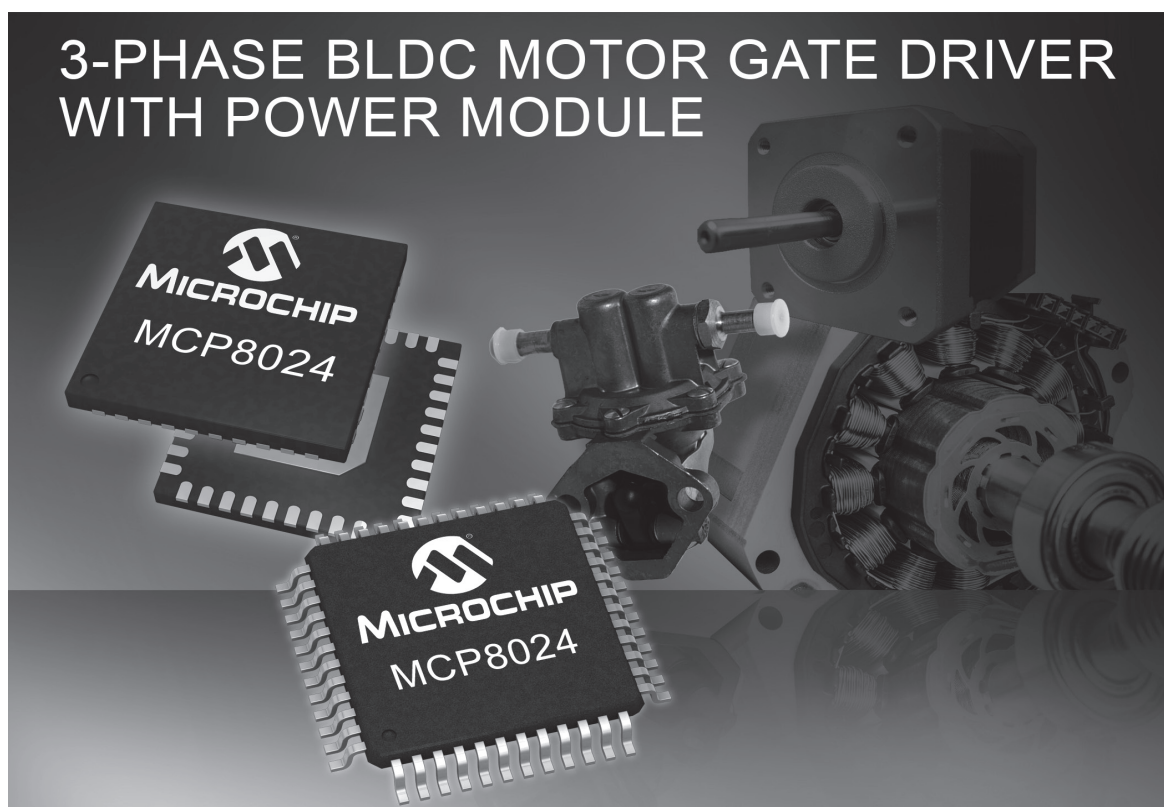


Таблица 1 – Сравнительные характеристики одно- и многокристалльных микропроцессоров

	Однокристалльная микросхема	Стандартная интегральная микросхема	Многокристалльный микропроцессор
Программируемость	ограниченная	нет	есть
Флеш-память	32 Кб или менее	нет	от 16 Кб до 256 Кб
Размер печатной платы	умеренный	маленький	умеренный
Число выводов	умеренное	низкое	высокое
Выбор контроллеров	нет	нет	широкий
Повторное использование в пределах номинальной мощности	умеренное	низкое	высокое
Инструменты развития аппаратно-программного обеспечения	ограниченные	не запрашиваются	стандартные от поставщика

3-PHASE BLDC MOTOR GATE DRIVER WITH POWER MODULE



ценного функционального пространства, их фиксированный функциональный набор в сочетании с ограниченными объемом памяти и производительностью значительно уменьшают приспособляемость и масштабируемость разработки.

Появление однокристалльных и многокристалльных подходов к драйверам управления БДТП позволяют разработчикам снизить затраты и сохранить свободное

пространство платы, в сравнении с традиционными дискретными схемами. Разработка аппаратного и программного обеспечения, библиотек, поставляемых производителями, такими, как Microchip, также значительно сократит время разработки эффективных систем управления и контроля двигателем, и вывода их на рынок.

microchip.com

8-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СОКРАТЯТ СТОИМОСТЬ И СЛОЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Silicon Labs представила новое поколение 8-разрядных микроконтроллеров, спроектированных специально для компактных и энергоэффективных схем оборудования Интернета вещей (IoT). Новое семейство EFM8 включает три линейки высокоинтегрированных микроконтроллеров с богатой периферией, оптимизированным соотношением «цена/качество», поддержкой емкостного сенсорного управления и интерфейса USB.

Микроконтроллеры линейки EFM8 должны значительно упростить схемы, повысить энергоэффективность и рабочие характеристики решений, снизить стоимость. Компоненты подойдут для любых целей, где применяются 8-разрядные микроконтроллеры. Сюда входит оборудование домашней и промышленной автоматики, носимая электроника, потребительские гаджеты, игрушки, системы управления двигателями, схемы промышленного сегмента IoT.



Семейство микроконтроллеров EFM8 отвечает всем требованиям разработчиков IoT-оборудования. Решения сочетают реализацию высококачественного ядра 8051, низкое энергопотребление, прецизионную периферию для связи, встроенные генераторы. Микроконтроллеры выполнены в компактных корпусах, а передовая архитектура позволяет реализовать гибкое мультиплексирование аналоговых и цифровых сигналов для упрощения дизайна печатной платы и маршрутизации вводов/выводов. Семейство EFM8 включает три линейки микроконтроллеров, оптимизированных под определенные задачи разработчиков.

Микроконтроллеры линейки EFM8BB Busy Bee предоставляют оптимальный баланс высококачественных рабочих характеристик, энергоэффективности и возможностей. Решения данной линейки найдут применение в бюджетных схемах. Частота ядра – до 50 МГц, емкость флеш-памяти – от 2 до 16 Кб. Периферия включает 12-разрядный АЦП. Микроконтроллеры EFM8BB Busy Bee найдут применение в схемах управления двигателями (игрушки, вентиляторы и инструменты), модулях питания, зарядных устройствах батарей, контроллерах датчиков, потребительской электронике и коммуникационных устройствах.

Линейка EFM8SB Sleepy Bee представлена наиболее энергоэффективными 8-разрядными устройствами с поддержкой режима сна (потребление 50 нА при сохранении данных памяти), малым временем выхода в рабочий режим (2 мкс). Частота ядра достигает 25 МГц, емкость памяти – от 2 до 64 Кб. Микроконтроллеры содержат лучший в данном классе контроллер сенсорных емкостных экранов с функцией выхода из режима ожидания по касанию с потреблением менее 1 мкА. Микроконтроллеры данной линейки предназначены для IoT-оборудования, промышленных схем с сенсорным управлением и энергоэффективными человеко-машинными интерфейсами.

Микроконтроллеры линейки EFM8 Universal Bee представлены 8-разрядными решениями с поддержкой интерфейса USB, частотами ядра – до 48 МГц, емкостью флеш-памяти – от 8 до 64 Кб. Компоненты линейки сочетают встроенный прецизионный генератор, цепь восстановления синхронизации, высокоскоростной USB-трансивер. Версии с пониженным энергопотреблением могут сокращать энергозатраты в пределах 90 %. Встроенный модуль детектирования подключения зарядного устройств сократит спецификацию и снизит стоимость систем. Микроконтроллеры серии найдут применение в медицинских устройствах, носимой электронике, коммуникационных устройствах, игрушках, оборудовании для удаленного управления, термостатах.

Образцы и серийные партии микроконтроллеров EFM8 доступны для заказа. Решения производятся в компактных корпусах QFN, QSOP, SOIC и QFP. Начальная стоимость компонентов (при заказе от 10 тыс. шт.) – 0,21 долл. США за микроконтроллеры EFM8BB, 0,32 долл. США – EFM8SB, 0,43 долл. США – EFM8UB. Стартовые комплекты для разработки доступны по цене 29 долл. США.

silabs.com

ПТСС ЗАО «Промтехсервиснаб»

г. Минск, ул. Богдановича, 120 Б, ком. 6,
e-mail: uslugi@zapservis.by,
www.zapservis.by

Тел.: 266-23-94; 266-23-92,
моб.: (029) 676-02-56,
моб.: (044) 773-72-04,
факс: 266-23-94.

Контрактное производство РЭА:

- ✓ Автоматизированный монтаж SMD-компонентов любой сложности.
- ✓ Комбинированный монтаж с использованием компонентов DIP (выводных), а также SMD (планарных).
- ✓ Сборка корпусных деталей и узлов.
- ✓ Ультразвуковая отмывка печатных плат и узлов высококачественными импортными растворами.
- ✓ Нанесение влагозащитных покрытий.

**Высокотехническое импортное оборудование обеспечивает высокое качество производимой продукции.*

Продажа неликвидов ПК для РЭА:

- ✓ Резисторы, конденсаторы, транзисторы, микросхемы и т.д.

УНН 690277564

CHIBIOS/RT – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Р.А. Шуленков, ассистент кафедры АППиЭ, БГТУ, инженер-программист НИИТЗИ,
postmaster@mcu.by

ChibiOs/RT – операционная система реального времени (ОСРВ, RTOS – real-time operating system). Реальное время в операционных системах – способность операционной системы обеспечить требуемый уровень сервиса в определенный промежуток времени. Операционная система, реагирующая на событие за определенный, заданный промежуток времени. ChibiOs/RT предназначена для встраивания приложений, работающих в реальном времени. Эта ОСРВ отличается высокой мобильностью, компактными размерами и, главным образом, имеет свою собственную уникальную архитектуру, подходит для быстрого и эффективного переключения контекста.

Основные функции ChibiOs/RT

Функционал применения ChibiOs/RT:

1. Эффективное и портативное ядро.
 2. Лучшая в классе переключения контекста.
 3. Множество поддерживаемых архитектур и платформ.
 4. Статическая архитектура.
 5. Динамическое расширение, динамические объекты поддерживаются с помощью дополнительного слоя.
 6. Богатый набор примитивов для ОСРВ: потоки (threads), виртуальные таймеры (virtual timers), семафоры (semaphores), мьютексы (mutexes), переменные условия/синхронизации (condition variables), сообщения (messages), очереди (queues), флаги событий (event flags) и почтовый ящик (mailboxes).
 7. Поддержка алгоритма наследования для мьютексов.
 8. HAL (Hardware Abstraction Layer – слой аппаратных абстракций), поддержка абстрактных платформ: GPIO, UART/USART, ADC, CAN, EXT, GPT, I²C, ICU, MAC, MMC, PWM, RTC, SDC, SPI, UART, USB, USB-CDC.
 9. Инструментарий для отладки ОСРВ.
- Области применения ChibiOs/RT:
- автомобильная электроника;
 - робототехника и промышленная автоматика;
 - бытовая электроника;
 - системы управления электроэнергией;
 - DIY.

Производительность ChibiOs/RT (Таблица 1)

Ядро ChibiOs/RT было перенесено на множество различных архитектур и для различных компиляторов, однако, текущая стратегия заключается в поддержке меньшего числа конкретных микроконтроллеров, и для текущего набора официально поддерживаемых микроконтроллеров обеспечить полноценный HAL. HAL – слой абстрагирования, реализованный на уровне удобных пользовательских функций, находящийся между физическим уровнем аппаратного обеспечения и программным обеспечением, работающим с периферией микроконтроллера. HAL предназначен для скрытия различий в аппаратном обеспечении от основной части, алгоритма работы программы, таким образом, чтобы большая часть кода, работающая в режиме ядра, не нуждалась в изменении при запуске ОСРВ на различных платформах микроконтроллеров.

ChibiOs/RT предлагает отличную поддержку для нескольких популярных семейств микроконтроллеров. Для семейств, которые не входят в официальный дистрибутив, существует сообщество и поддержка от авторов сторонних семейств микроконтроллеров.

Официально поддерживаемые платформы

Следующий список включает в себя архитектуры и платформы, поддерживаемые ChibiOs/RT (таблица 2). Платформы тщательно протестированы и стабильно работают со своим набором инструментария. Для каждой архитектуры представлен список поддерживаемых семейств микроконтроллеров.

Концепция ядра ChibiOs/RT

Соглашение по именованию: все имена в ChibiOs/RT имеют следующую концепцию записи `ch<группа><действие><суффикс>`.

Возможны следующие группы: Sys, Sch, Time, VT, Thd, Sem, Mtx, Cond, Evt, Msg, Reg, SequentialStream, IO, IQ, OQ, Dbg, Core, Heap, Pool.

Таблица 1 – Синтетические тесты. Версия ядра 2.4 ChibiOs/RT

Платформа-Частота-Компилятор	Переключение контекста	Размера ядра, байт
ARM7(ARM)/LPC2148-48-GCC4.6.2	2.03μS	9224
ARM7(THUMB)/LPC2148-48-GCC4.6.2	2.43μS	6052
ARMCM0/LPC1114-48-GCC4.6.2	2.60μS	5500
ARMCM0/LPC1343-72-GCC4.6.2	1.02μS	6172
ARMCM3/STM32F1xx-72-GCC4.6.2	1.03μS	6172
ARMCM3/STM32F4xx-168-GCC4.6.2	0.40μS	6172
MSP430F1611-8-GCC3.2.3	16.93μS	6108
AVR/ATMega128-16-GCC4.3.0	11.24μS	N/A ~7500
STM8L152-16-Cosmic	N/A	N/A ~6500
STM8L152-16-Raisonance	9.03μS	N/A ~7000
STM8S105-16-Cosmic	N/A	N/A ~6500
STM8S105-16-Raisonance	9.03μS	N/A ~7000
PA/SPC563M64-80-GCC4.4.1	1.11μS	11944

Таблица 2 – Официально поддерживаемые платформы ChibiOs/RT

Ядро архитектуры	Компилятор	Поддерживаемые платформы
ARM Cortex-M0 (ARMv6-M)	GCC	LPC11xx, LPC11Uxx, STM32F0xx
ARM Cortex-M0 (ARMv6-M)	RVCT	LPC11xx, LPC11Uxx, STM32F0xx
ARM Cortex-M3 (ARMv7-M)	GCC	LPC13xx, STM32F1xx, STM32F2xx, STM32L1xx
ARM Cortex-M3 (ARMv7-M)	IAR	LPC13xx, STM32F1xx, STM32F2xx, STM32L1xx
ARM Cortex-M3 (ARMv7-M)	RVCT	LPC13xx, STM32F1xx, STM32F2xx, STM32L1xx
ARM Cortex-M4 (ARMv7-ME)	GCC	STM32F3xx, STM32F4xx
ARM Cortex-M4 (ARMv7-ME)	IAR	STM32F3xx, STM32F4xx
ARM Cortex-M4 (ARMv7-ME)	RVCT	STM32F3xx, STM32F4xx
ARM7	GCC	AT91SAM7x, LPC214x
MegaAVR	GCC	ATmega128, AT90CAN128, ATmega328p, ATmega1280
MSP430	GCC	MSP430F1611
Power Architecture e200z	GCC/HighTec	SPC56x (all)
STM8	Cosmic	STM8L, STM8S
STM8	Raisonance	STM8L, STM8S

API имена суффиксов

Суффикс может быть:

– None, API (application programming interface, интерфейс прикладного программирования), без суффиксов не может быть вызван из кода пользователя в нормальном режиме, если по-другому не указано;

– "I", API I-класса являются нерегулярными только в состояниях I-Locked или S-Locked;

– "S", API S-класса являются нерегулярными только в S-Locked состоянии.

Примеры: chThdCreateStatic(), chSemSignalI(), chIQGetTimeout().

Классы прерываний

В ChibiOs / RT существуют 3 класса логических прерываний:

1. Регулярные прерывания. Источник маскируемых прерываний, прерывания не могут воздействовать на код ядра

и, таким образом, появляется возможность вызывать API операционной системы изнутри обработчиков прерываний. Обработчики прерываний, принадлежащие к этому классу, должны быть описаны с помощью определенных правил.

2. Быстрые прерывания. Источник маскируемых прерываний с возможностью воздействовать на код ядра, таким образом, имеет меньше скрытых состояний работы и менее подвержен дребезгу.

3. Немаскируемые прерывания. Немаскируемые источники прерываний контролируются операционной системой не полностью и имеют наименьшее число скрытых состояний работы.

Состояние системы

При использовании ChibiOs/RT система может находиться в одном из следующих рабочих логических состояний:

– Init. В этом состоянии все маскируемые источники преры-

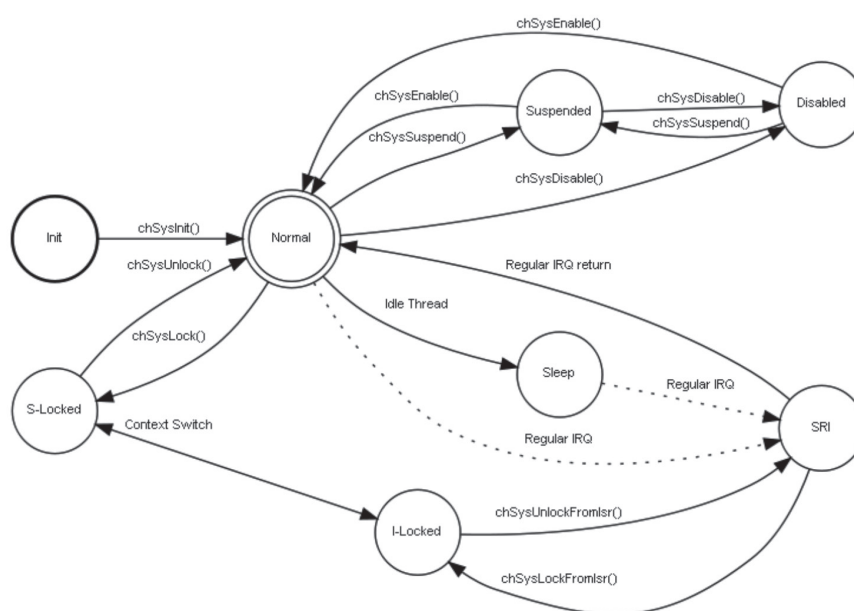
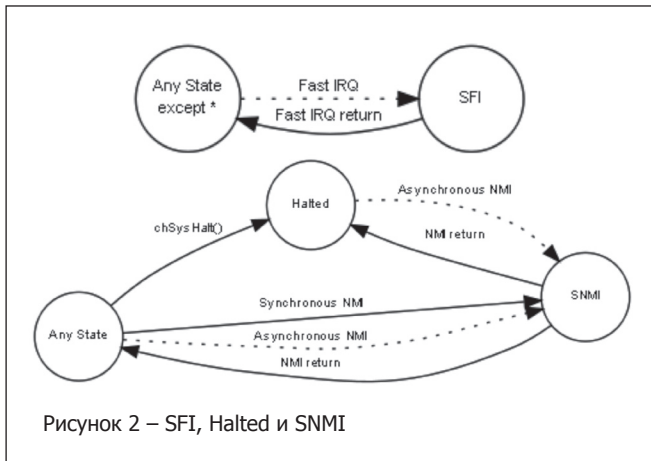


Рисунок 1 – Состояние работы ChibiOs/RT



ваний запрещены, не представляется возможным использовать различные системные API, за исключением chSysInit(), состояние системы возможно определить после физического сброса.

– Normal. Все источники прерываний разрешены, доступны системные API, потоки выполняются.

– Suspended. В этом состоянии разрешены быстрые, но не регулярные источники прерываний, не представляется возможным использовать различные системные API, исключением являются chSysDisable() или chSysEnable(), с их помощью можно изменить состояние системы.

– Disabled. В этом состоянии регулярные и быстрые источники прерываний запрещены, не представляется возможным использовать различные системные API, исключением являются chSysSuspend() или chSysEnable(), с помощью их можно изменить состояние системы.

– Sleep. Архитектурно-зависимый режим пониженного энергопотребления. В этом состоянии находятся потоки в режиме ожидания. После возникновения прерывания восстанавливается нормальное состояние работы планировщика, при котором есть возможность перепланировать работу потоков или продолжить выполнение задач до входа в режим пониженного энергопотребления.

– S-Locked. Ядро заблокировано и регулярные источники прерываний запрещены. Быстрые источники прерываний разрешены.

ваний разрешены. API S-класса и I-класса – нерегулярные в этом состоянии.

– I-Locked. Ядро заблокировано и регулярные источники прерываний запрещены. API I-класса – нерегулярные в этом состоянии.

– Обработка регулярных прерываний. Нет доступа к системным API, но можно переключиться на состояние I-Locked и использовать chSysLockFromIsr(), и вызывать различные I-Class API. Обработка прерываний может быть вытеснена на некоторых архитектурах, чтобы перейти к I-Locked состоянию до вызова системных API.

– Обслуживание быстрых прерываний. Системные API недоступны.

– Обслуживание немаскируемых прерываний. Системные API недоступны.

– Halted. Все источники прерываний запрещены, и система переходит в бесконечный цикл. Это состояние может быть достигнуто, если активируется режим отладки и обнаруживается ошибка, или после явного вызова функции chSysHalt().

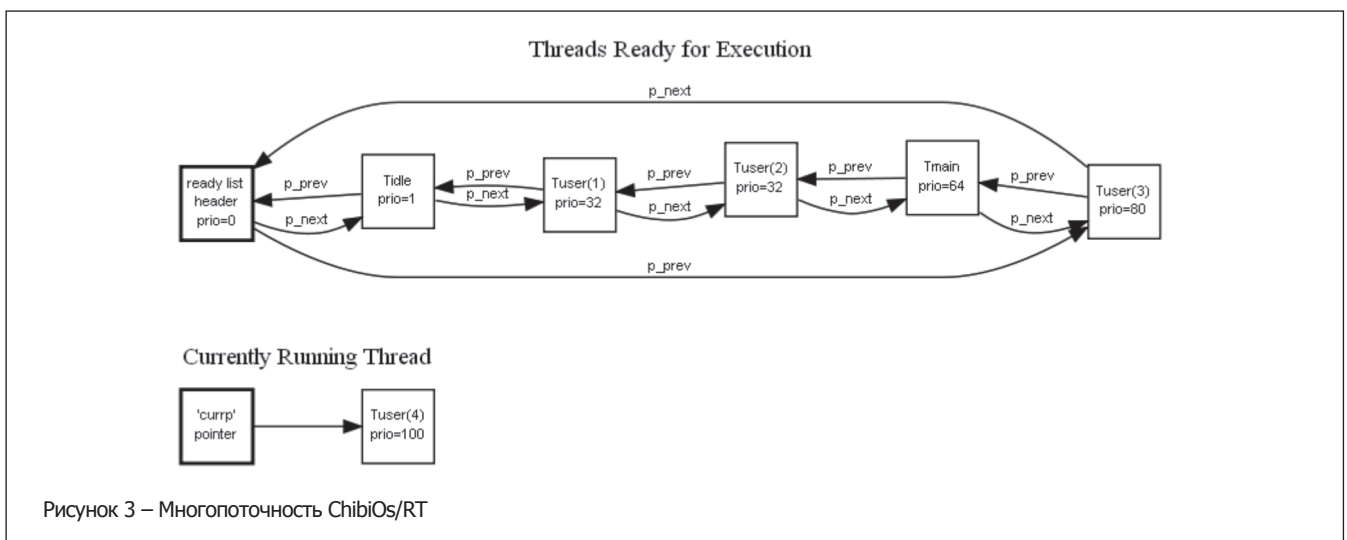
Диаграмма на рисунке 1 показывает возможные переходы между состояниями работы.

Обратите внимание, что SFI, Halted и SNMI состояния не были показаны, потому что они доступны для большинства состояний (рисунок 2).

Планировщик

Планировщик – часть операционной системы, которая отвечает за параллельное выполнение задач, потоков, процессов. Планировщик выделяет потокам процессорное время, память, стек и прочие ресурсы. Планировщик может принудительно забирать управление у потока, либо ожидать пока поток отдаст управление планировщику (рисунок 3).

Выбор работы потока зависит от приоритета задачи. Приоритет задачи – важность задачи для планировщика, чем выше приоритет, тем быстрее планировщик ее начнет выполнять и тем меньше система потратит процессорного времени на выполнение задачи. ChibiOs/RT имеет следующие стандартные приоритеты: IDLEPRIO, LOWPRIO, NORMALPRIO, HIGHPRIO и ABSPRO.



ПОСТАНОВКА ЭЛЕКТРОНИКИ НА ПРОИЗВОДСТВО: КАК ЭТО ДЕЛАЕТСЯ?

Ковалев Сергей,
руководитель подразделения по контрактному производству электроники
компании Promwad

Новый успешный электронный продукт – сумма многих факторов: оригинальная идея, продуманный маркетинг, профессиональная разработка и, наконец, успешная постановка на массовое производство.

Коммерческое производство – финальная стадия выпуска нового продукта на рынок – не всегда приводит к ожидаемому результату по качеству, стоимости или срокам.

Автор статьи рассказывает, с какими проблемами можно столкнуться на этапе постановки на производство, и предлагает варианты их решения.

Кому нужно производство электроники: стартапы и зрелые компании

Цели и задачи коммерческого производства зависят от типа компании, которая планирует воплотить свою разработку в реальном электронном устройстве.

Индивидуальный предприниматель, или стартап, который инвестировал в разработку инновационного продукта, не всегда планирует заниматься коммерческим производством, так как зачастую его цель – это продажа бизнес-идеи на различных стадиях проработки. Например, на этапе прототипа. Однако важно учитывать, что чем ближе разработка продукта к финалу, тем дороже он стоит. Потенциальная стоимость проекта существенно снижается, если устройство невозможно произвести с учетом доступных технологий. Соответственно, стадию производства нужно учитывать в любом случае.

Наиболее полное понимание всех стадий и потенциальных рисков производства есть у зрелых продуктовых компаний со своей производственной базой, командой специалистов, опытом производства и поставок популярного продукта. Если такая компания решит выйти на рынок с инновационной разработкой, у нее есть все шансы на успех.

Тем не менее, производственные вопросы приходится решать снова и снова в каждом конкретном проекте. Так, нынешняя производственная база компании может технологически не соответствовать новой разработке, либо она может быть занята под производство другого востребованного продукта, либо главный инженер небезосновательно считает, что в данном случае проект можно передать подрядчикам, которые реализуют его дешевле и качественнее. Соответственно, даже для зрелых продуктовых компаний новое устройство – это новый анализ возможностей производства, независимо от наличия собственной производственной базы.

Примечательно, что на рынках Западной Европы и США одним из самых распространенных методов создания электронных продуктов является фокус на генерации идеи и маркетинговой стратегии, при этом разработка и производство передаются сторонним компаниям.

Этапы и задачи коммерческого производства

Процесс коммерческого производства можно разделить на следующие базовые этапы и задачи:

1. Адаптация нового продукта под массовое производство и конкретного производителя. По результатам разработки продукт не готов к массовому производству, даже при наличии опытных образцов и партий, так как технологии выпуска опытных образцов принципиально отличаются от технологий на серийном производстве.

2. Оптимальное и ритмичное обеспечение производства электронными компонентами, печатными платами, корпусными деталями, упаковочными и расходными материалами, а также прочими комплектующими.

3. Производство и поставка печатных плат. Требования к печатным платам в зависимости от продукта могут быть разными, соответственно, и поставщика нужно выбирать, руководствуясь этими требованиями.

4. Подготовка, настройка и наладка технологического оборудования – это многоэтапный процесс, который обеспечивает максимально качественное массовое производство при минимальном количестве технологических операций.

5. Автоматический и ручной монтаж электронных компонентов. От 85 до 98 % сборочных операций – автоматические, ручной монтаж используется при невозможности внедрения автоматических процессов или их дороговизне.

6. Контроль качества. Проводится на каждом этапе производства с последующим анализом, выявлением дефектов и оттачиванием процесса.

7. Изготовление технологической оснастки. Корпуса и специализированные компоненты электронных устройств производятся из различных материалов (пластмассы, металлов, стекла, резины, керамики, древесины) с использованием различных технологий (литья под давлением, экструзии, штамповки, фрезеровки) – все это требует разнообразной и дорогостоящей технологической оснастки.

8. Производство и поставка корпусных деталей и специализированных компонентов.

9. Сборка устройства по специальной инструкции предварительно обученными рабочими.

10. «Прошивка» ПО и функциональное тестирование. Сначала происходит «прошивка» тестовой программы и выполнение тестов, затем, при удачном завершении проверки, проводится «прошивка» рабочего ПО. Возможны и другие варианты установки программного обеспечения.

11. Контроль выхода годных изделий, сбор статистики и обеспечение ремонта. Благодаря маркировке устройства можно вести статистику, локализовать проблемные места и свести выход брака к минимуму. Ремонт также может стать частью производства, он проводится по специальной методике.

12. Маркировка. Каждое устройство получает индивидуальный номер, по которому впоследствии можно определить,

где находится изделие в данный момент, какие операции с ним уже успели провести. Если устройство попало в брак, по маркировке можно узнать, на каком этапе произошел сбой.

13. Изготовление упаковки, индивидуальная упаковка изделий.

14. Групповая упаковка и доставка до склада реализации.

В случае, когда компания-собственник нового электронного продукта сама занимается организацией производства, ей придется скоординировать работу различных организаций и специалистов, которые задействованы на каждом из перечисленных этапов, установить сроки и распределить ответственность. Даже при отсутствии собственной производственной площадки часть задач компания может взять на себя. Например, выбрать поставщиков электронных компонентов, отправить своих инженеров на производство для проведения тестирования и контроля качества, организовать собственную площадку для сбора устройств из готовых смонтированных плат и корпусов. (Автоматизированные сборочные линии работают только при выпуске очень крупных серий). Есть разные варианты организации производственного процесса, рассмотрим их более подробно.

Кому поручить производство: собственному заводу и фаблесс-компании?

Как решить задачи коммерческого производства электронных устройств? Первый вариант – за счет собственного производства. Это решение выглядит логичным. Идеальный вариант – создание завода, который самостоятельно делает все: от добычи и переработки сырья до создания всех компонентов устройства и его сборки. К сожалению, это утопический подход советского периода.

Если вернуться к идее собственного современного и конкурентоспособного производства, руководствуясь здравым смыслом и экономическими показателями, то организовать производство собственными силами можно за счет следующих элементов: собственная линия по монтажу электронных компонентов на печатные платы, цех по сборке устройств, а также технический контроль и тестирование. В этот список можно включить также производство пластиковых и/или металлических корпусных деталей. Выпуск электронных компонентов и специфичное производство печатных плат оставим традиционным производителям.

Важно учитывать, что производственная деятельность – это специфические подходы в управлении и организации внутренних процессов, необходимость содержания команды высококвалифицированных инженеров и технологов, а также полная ответственность за результат. Итого: производство отвлекает ресурсы и уводит фокус компании от разработки и продвижения новых продуктов на рынке.

В каком случае есть смысл вкладываться в собственное производство? Только при гарантированном массовом и/или долгосрочном выпуске продукции, то есть когда это экономически оправдано. На практике это достаточно редкая ситуация, учитывая современные требования к технологическому совершенству электронных продуктов и их время жизни на рынке.

Второй вариант решения задачи коммерческого производства – подключение различных контрактных про-

изводителей. Их особенность – узкая специализация, благодаря которой они обеспечивают эффективность, технологичность и получают возможность работать на конкурентном рынке, предлагая свои услуги в заданном ценовом диапазоне и постоянно совершенствуя технологии производства и производственную базу.

Основной недостаток этого подхода – «распыление» производства по разным небольшим контрактным производителям и, соответственно, опасность потерять центр ответственности за продукт в целом и его качество. Авторским надзором приходится заниматься компании-собственнику продукта, она отвечает за результат и занимается подбором производителей, адаптацией конструкторской документации, контролем качества, логистикой.

Для этого необходимо содержать штат соответствующих специалистов и выстраивать оптимальные бизнес-процессы.

Третий вариант решения задачи коммерческого производства – это работа с единым технологическим партнером, который предлагает более широкий формат сотрудничества и закрывает большую часть вопросов, связанных с производством, а также предлагает дополнительные услуги, такие как разработка, тестирование, послепродажное обслуживание и т.п. В роли такого партнера могут выступать независимые дизайн-центры электроники, которые, в отличие от контрактных разработчиков, занимаются не только проектированием электроники, но и адаптацией КД и постановкой устройств на массовое производство.

Как правило, дизайн-центры электроники используют гибкие схемы сотрудничества с клиентами, встраиваются в отраслевые экосистемы и развивают партнерские отношения с разработчиками и поставщиками электронных компонентов. Такая особенность их работы – важное преимущество для заказчиков, которые могут передать на аутсорсинг в дизайн-центр не только отдельные производственные задачи, но весь проект по коммерческому производству продукта, вплоть до его технической поддержки на протяжении всего жизненного цикла.

При выборе такого варианта ответственность за результат ложится на технологического партнера компании, который самостоятельно выбирает оптимальную производственную площадку, оптимизирует BOM, контролирует качество на производстве, обеспечивает логистику и занимается другими вопросами. Так заказчик получает контроль себестоимости изделия и значительно сокращает свои риски.

Более того, подобный подход позволяет компании-собственнику устройства полностью сфокусироваться на продвижении продукта на рынок, выработке новых маркетинговых стратегий, расширении функциональности своей разработки и развитии продуктовой линейки.

Таким образом, вопросы коммерческого производства остаются актуальными для любого типа бизнеса. В зависимости от специфики проекта и доступных финансовых ресурсов компания может запустить коммерческое производство на собственной площадке или воспользоваться услугами подрядчиков, передавая им ответственность за конечный результат частично или полностью.

promwad.ru

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАНДАРТА ARINC 818 ДЛЯ РАБОТЫ С ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ ДАТЧИКАМИ И СИСТЕМАМИ

Тим Келлер, Пол Грюнвальд,
Компания Great River Technology, NM USA;
Валерий Бауткин, Алексей Деев,
Компания «Фаворит-ЭК», г. Москва

Введение

Стандарт Avionics Digital Video Bus (ADVB) («Цифровой видеоинтерфейс авиационного радиоэлектронного оборудования с высокой скоростью передачи данных»), которому присвоено обозначение ARINC 818, представляет собой стандарт и спецификацию передачи видеoinформации на дисплеи кабин пилотов воздушных судов. Он получил широкое признание в отрасли и применяется как на коммерческих, так и на военных судах. Используется на самолетах Boeing 787, A350XWB, A400M, KC-46A и многих других. Будучи первоначально ориентированным на дисплеи, сейчас этот стандарт – благодаря тому, что его применение обеспечивает высокую пропускную способность и высокую надежность – начинает распространяться на область высокоскоростных датчиков, таких как датчики инфракрасного излучения и оптические видеокамеры.

Спецификация стандарта ARINC 818 была впервые обнародована в 2006 году и недавно подверглась существенному обновлению, которое способствовало расширению сферы его применения также и в качестве стандарта на интерфейс высокоскоростных датчиков. Новая редакция спецификации – ARINC 818-2 – была опубликована в декабре 2013 года.

В новую редакцию вошло следующее: коммутация видеопотоков, поддержка стерео- и 3-мерных изображений, реализация последовательной передачи цветов, выделение интересующих пользователя областей, реализация каналов передачи только данных, реализация многоканального режима, двунаправленная связь, поддержка более высоких скоростей передачи – до 32 Гб/с, формирование сигналов синхронизации, возможности для реализации высокоскоростных интерфейсов с применением коаксиальных кабелей и описание характеристик оптического интерфейса. Эти дополнения к исходной редакции спецификации особенно ценны для широкополосных систем с несколькими датчиками, для которых характерны проблемы, связанные с габаритами, массой и мощностью (Size, Weight and Power – SWaP) и «узкими местами» по пропускной способности. Кроме того, системы с высокоскоростными датчиками, которые призваны отслеживать цели, могут извлечь преимущества, связанные с заложенной в спецификацию ARINC 818-2s возможностью переключаться из режима отображения полного изображения в режим сверхвысокоскоростного отображения тех или иных интересующих пользователя областей. Физическими средами высокоскоростной передачи, на которых реализуется спецификация ARINC 818, являются либо медный провод, либо оптоволоконный кабель, спецификация предусматривает коммутацию

нескольких датчиков на одну линию передачи в режиме временного разделения.

Предыстория и область охвата стандарта ARINC 818

Мир «интеллектуальной работы с движущимися объектами» меняется прямо на глазах в стремлении идти в ногу с постоянно возникающими новыми угрозами и необходимостью внедрять новейшие технологии. Одной из целей при этом является реализация концепции видео с полноценным отображением движения (Full Motion Video) FMV 3.0, что должно вылиться в создание более интеллектуальных, более быстродействующих и более точных систем обработки, использования и распространения видео (Processing, Exploitation, and Dissemination – PED). Все увеличивающееся количество датчиков, которые имеют все более и более высокую разрешающую способность, и работают на все более и более высоких частотах обновления информации, приводит к тому, что специалисты просто захлебываются в море данных, а разработчики систем теряют последние силы в попытках решить технические проблемы – с тем, чтобы системы могли обнаруживать, классифицировать и отслеживать все больше и больше целей одновременно.

В данной статье упор делается на обсуждение того, каким образом изменения, внесенные в спецификацию ARINC 818, позволяют реализовать более сложные системы. При этом особое внимание уделяется интерфейсу «датчик и бортовой компьютер (mission processor) / видеопроцессор». Также будут рассмотрены три примера сценария, иллюстрирующие то, как новые возможности, заложенные в спецификацию ARINC 818-2, упрощают реализацию соответствующих сложных интерфейсов. В Примере 1 рассматривается платформа (турель) с различными, подлежащими интеграции, электрооптическими и инфракрасными датчиками. Пример 2 посвящен решению задачи слежения за быстро движущимися целями в рамках системы разведки, наблюдения и рекогносцировки (ISR) или системы противодействия. В Примере 3 описывается датчик с ультравысоким разрешением для системы наблюдения за целями в обширном районе (Wide Area Surveillance – WAS).

Обзор протокола ARINC 818-1

Поскольку не все читатели знакомы со стандартом ARINC 818, ниже приводится краткое описание данного протокола. Стандарт ARINC 818 основан на своем предшественнике – стандарте «Оптоволоконный канал для аудио- и видеoinформации» (Fibre Channel Audio Video – FC-AV), который был упрощен и специально переработан

с целью построения критически важных видеосистем, которые должны иметь высокую пропускную способность и малые задержки.

Протокол ARINC 818 является протоколом последовательной связи «точка-точка» с кодированием по схеме 8b / 10b для передачи видеоинформации, аудиоинформации и данных. Он предусматривает работу с пакетами данных, но при этом специально ориентирован на видеоинформацию, и является очень гибким – поддерживает целый ряд сложных видеофункций, включая мультиплексирование нескольких потоков видеоданных на одноканальную линию передачи или передачу одного потока данных по двухканальной линии. В протоколе определены четыре разных класса видеоинформации – от простой асинхронной системы до точной синхронизации на уровне растровых точек.

Структура пакета ADVB

Стандарт ARINC 818 ориентирован на базовый (пакетный) механизм транспортировки данных – ADVB-кадр. Представляется важным именовать эти кадры именно «ADVB-кадрами», а не просто «кадрами» – с тем, чтобы исключить неправильное отождествление их с экранными видеокдрами.

Как показано на рисунке 1, начало ADVB-кадра сигнализируется упорядоченным набором SOFх, а конец – упорядоченным набором EOFх. Каждый ADVB-кадр имеет заголовок, состоящий из шести 32-разрядных слов. Эти слова дают информацию относительно источника и планируемого получателя (адресата) данного ADVB-кадра, а также сведения о позиции кадров в передаваемой последовательности. Поле полезного контента содержит либо видеоданные, либо их параметры и вспомогательные данные. Размер поля может быть разным, но не более 2112 байтов. С целью контроля целостности передачи, все ADVB-кадры содержат 32-разрядный код циклического контроля (CRC), вычисляемый по данным, находящимся в промежутке между SOFх и CRC. Для вычисления CRC применяется тот же самый 32-разрядный полиномиальный алгоритм, который описан в стандарте FC-AV (Fibre Channel Audio Video).

Спецификация ARINC 818 (аналогично стандарту FC-AV) определяет понятие «контейнер» – набор ADVB-кадров, служащих для транспортировки видео. Другими словами, видеоизображение и данные инкапсулированы в контейнер, который вмещает множество ADVB-кадров. В рамках понятия «контейнер» стандарт ARINC 818 определяет объекты, каждый из которых содержит определенный тип данных. То есть, конкретные ADVB-кадры внутри контейнера представляют собой часть некоторого объекта. Как показано в таблице 1, в контейнере могут находиться объекты четырех типов.

Таблица 1 – Стандарт ARINC 818 определяет четыре типа данных, которые могут находиться в ADVB-кадрах, и именуются объектами

Объект	Данные
0	Вспомогательные
1	Аудио (не используются)
2	Видео: поля прогрессивной развертки или нечетные поля чересстрочной развертки
3	Видео: четные поля чересстрочной развертки

В большинстве случаев единичный контейнер отображает ровно один видеок кадр. Однако вполне допустима транспортировка в одном контейнере только части видеок кадра. Это возможно, например, в ситуации, когда есть необходимость обновлять курсорную информацию для дисплея с частотой, превышающей частоту видеок кадров, или когда задаются интересующие пользователя области с высокой скоростью перемещения целей. В этом случае в контейнере может находиться некоторая часть кадра, поэтому появление ADVB-кадров с объектами типа 0 происходит довольно часто. Данные о положении курсора могут быть загружены в ADVB-кадры с объектами типа 0, которые появляются в потоке достаточно часто – возможно и несколько раз при передаче одного видеок кадра. Вспомогательные данные (объект типа 0) присутствуют и тогда, когда – наряду с видеок кадрами – может передаваться информация, задаваемая пользователем. Например, в поле вспомогательных данных могут вводиться метаданные типа «ключ-длина-значение» (Key-Length-Value, протокол KLV).

Хорошей иллюстрацией вышесказанному может служить пример-описание того, как в соответствии с протоколом ARINC 818 передается цветной кадр формата XGA RGB. Такой кадр требует передачи данных со скоростью ~141 М байт/с (1024 пикселя x 3 байта на пиксель x 768 строк x 60 Гц). Если добавить «накладные расходы» протокола и продолжительность гасящего сигнала, то требуется стандартная скорость передачи данных по каналу, равная 2,125 Гб/с. Протокол ARINC 818 пакетирует видеоизображения в ADVB-кадры. Структура ADVB-кадра показана на рисунке 1, причем максимальная длина поля полезного контента составляет 2112 байтов. Каждый ADVB-кадр начинается с 4-байтового упорядоченного набора битов (поля), именуемого SOF (Start of Frame), и заканчивается полем EOF (End of Frame). Кроме того, в целях контроля целостности данных при передаче в ADVB-кадр включается 4-байтовое поле кода циклического контроля CRC. Поле полезного контента первого ADVB-кадра последовательности содержит встроенную заголовочную информацию, которой сопровождается каждый кадр видеоизображения.

Каждая строка видеок кадра XGA требует 3072 байтов, что превышает максимально допустимую длину поля полезного контента FC-кадра. Поэтому каждая такая строка распределяется на два ADVB-кадра. Транспортировка XGA-изображения «потребляет» объем полезного контента, содержащийся в 1536 FC-кадрах. Кроме того, должен быть добавлен



Рисунок 1 – Структура кадра ADVB (Fibre Channel)

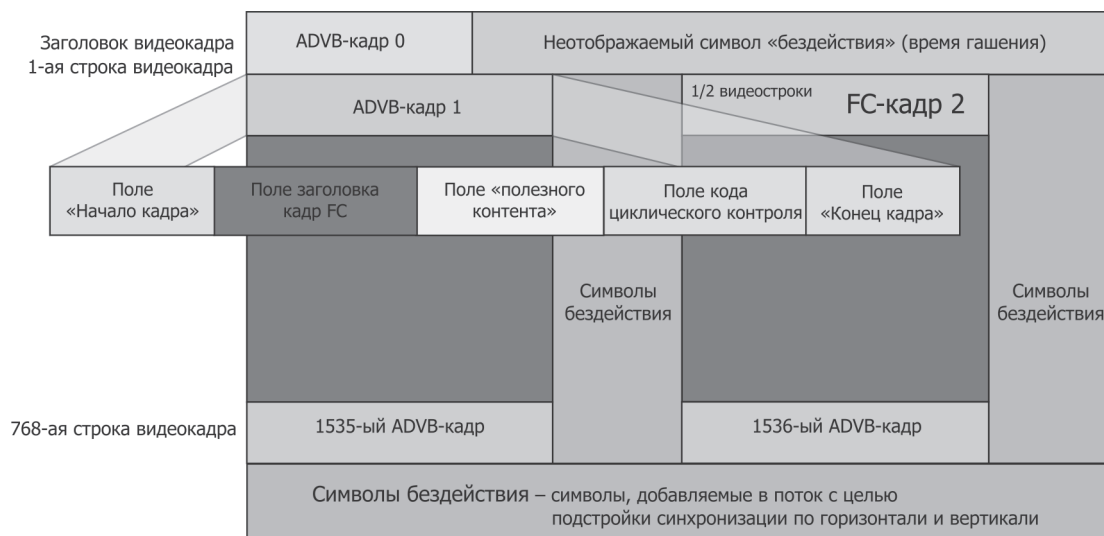


Рисунок 2 – Пример XGA-изображения пакетированного в 1537 ADVB-кадров; показано также время гашения (idle OS)

заголовок видеокadra. Это означает, что всего требуется 1537 FC-кадров, как это и показано на рисунке 2. Между ADVB-кадрами необходимо вставлять неотображаемые символы «бездействия», которые используются для синхронизации передатчиков и приемников, и служат в качестве механизма подстройки синхронизации гашения по вертикали и по горизонтали.

Гибкость и взаимозаменяемость

Стандарт ARINC 818 покрывает практически все разнообразие существующих видеоформатов, схем цветового кодирования, классов синхронизации и объемов, подлежащих встраиванию данных, благодаря чему разработчик систем не заперт в строгих рамках. Однако построить систему, способную работать со всеми возможными сочетаниями характеристик, практически нереально. Поэтому каждая разработка требует создание документа, описывающего необходимую конфигурацию интерфейса протокола Arinc 818 (Interface Control Document, ICD). Этот документ нужен для описания области задач проекта и упрощает его реализацию. Бесплатные образцы-шаблоны ICD можно найти на сайте www.ARINC818.com.

Предыстория редакции стандарта ARINC 818-2 и новые возможности

На протяжении последних восьми лет стандарт ARINC 818 быстро распространялся в военной и коммерческой авиакосмической индустрии в качестве самого предпочтительного видеоинтерфейса для тех применений в авионике, где требуется высокая пропускная способность и малые задержки. Современные «Стеклянные кабины» с экранной индикацией насыщены линиями передачи стандарта ARINC 818. Увеличение количества таких каналов дало толчок к переходу на ARINC 818 и в области коммутации и организации интерфейса с датчиками, видеокамерами, радарными, улучшенными системами видения для пилотов, регистраторами, бортовыми компьютерами (mission processors) и многими типами дисплеев. Для удовлетворения потребностей разрабатываемых в настоящее время сложных ARINC 818-систем спецификация ARINC 818

была обновлена. Благодаря этому, она позволяет работать с более широкой номенклатурой датчиков, с широкодиагональными дисплеями, передавать командно-управляющую информацию, осуществлять сжатие и кодирование данных, синхронизацию датчиков и коммутацию видеопотоков. Многие вновь введенные возможности позволяют применять стандарт ARINC 818 для работы с новыми классами датчиков и систем в области ISR и противодействия. Далее дается краткий обзор новых возможностей спецификации, примеров, показывающих как ARINC 818 можно использовать в различных применениях.

Весной и летом 2013 года специалисты аэрокосмической отрасли, представлявшие такие компании, как Airbus, Boeing, Cotsworlds, DDC, Honeywell, SRB Consulting и Thales, вместе со специалистами компании Great River Technology (в роли отраслевого координатора) разработали проект Дополнение 2 к рассматриваемой спецификации. На промежуточной сессии Airlines Electronic Engineering Committee, (AEEC), состоявшейся в Загреб (Хорватия) в конце октября 2013 года, проект получил единодушное одобрение исполнительного комитета организации. 18 декабря того же года ARINC официально опубликовала эту редакцию под обозначением ARINC Specification 818-2.

Пропускная способность

На тот момент, когда утверждался стандарт ARINC 818, протокол оптоволоконного канала (FC-AV) поддерживал скорости передачи 1,0625; 2,125; 4,25 и 8,5 Гбит/с. Затем, со временем, появились каналы со скоростью передачи 14,025 и 28,05 Гбит/с. Сегодня же планируются еще более высокие скорости. Например, для дисплея формата WQXGA (кадровая частота – 30 Гц, разрешение – 2560×1600 пикселей, 24-разрядное кодирование цвета) требуется пропускная способность 3864 Мбит/с. В версию ARINC 818-2 введены скорости передачи 5,0; 6,375 (FC 6x); 12,75 (FC 12x); 14,025 (FC 16x); 21,0375 (FC 24x) и 28,05 (FC 32x) Гбит/с. Опции 6x, 12x и 24x были введены с тем, чтобы сделать возможным использование в качестве физической среды передачи высокоскоростного двунаправленного канала на коаксиальном кабеле с электропитанием.

Аэрокосмическая отрасль начинает применять для подключения датчиков и дисплеев системы связи, характеризующиеся очень высокими скоростями передачи. Программируемые пользователем вентильные матрицы (Field Programmable Gate Array, FPGA) Virtex 7 фирмы Xilinx и Stratix V фирмы Altera имеют модификации с трансиверами, работающими на скорости 28 Гбит/с, что позволяет реализовывать на базе спецификации ARINC 818 ультра-скоростную связь.

Сжатие и шифрование

В исходной версии стандарта ADBV была предусмотрена только передача несжатой видео- и аудиоинформации. Однако такие приложения, как датчики с высоким разрешением, беспилотные летательные аппараты/беспилотные авиационные системы (UAV/UAS) с ограниченной пропускной способностью канала «воздух-земля» и системы, в которые требуется передавать только данные, заставляют предусматривать процедуру сжатия и/или кодирования (шифрования) передаваемой информации. Это вызвало оживленные дискуссии по поводу того, что необходимо заложить в стандарт. Например, следует ли определить в нем кодеки, алгоритмы и обмен ключами? В конце концов, было решено внедрить в контейнеры ARINC 818 только флаги-признаки, чтобы идентифицировать, подвергнут ли полезный контент (будь то видеоинформация, аудиоинформация или просто данные) кодированию и/или сжатию.

Несмотря на то, что изначально стандарт ARINC 818 разрабатывался для систем управления и отображения, в которых центральную роль играет человек, существуют ситуации, когда требуется либо кодирование информации, либо ее сжатие, либо и то и другое вместе. Сжатие позволяет сократить объем видеоданных настолько, что их можно передавать или регистрировать даже при использовании сильно ограниченных по пропускной способности каналов передачи «воздух – земля» или при ограниченных ресурсах, отведенных на хранение информации. Кодирование защищает данные в процессе передачи, что необходимо при работе с конфиденциальной или секретной информацией. Эти дополнительные возможности могут позволить использовать некий датчик, разработанный для применения как в системе с оператором, так и в необслуживаемой системе (например, на беспилотнике). Для этого потребуется внести лишь минимальные изменения в интерфейсы стандарта ARINC 81.

В полном соответствии с идеологическим принципом ARINC 818, обеспечивающим максимальную гибкость, для каждого отдельного проекта выпускается документ описания интерфейса (ICD), который специфицирует конкретные детали реализации.

Коммутация

При разработке стандарта ARINC 818 ставилась задача добиться 100 % качества обслуживания, поэтому в него был заложен протокол, ориентированный на схему связи «точка-точка». Однако, в связи с быстрым ростом на борту самолетов числа камер, датчиков и дисплеев и с соответствующим увеличением количества каналов ARINC 818, возникла необходимость ввести в спецификацию функцию их коммутации.

От спецификации FC-AV контейнеры ARINC 818 «унаследовали» идентификаторы источника данных и ее получателя. Поэтому, в принципе, возможна маршрутизация на основе соответствующих адресов. Но с практической точки зрения это было бы трудно реализовать для данных или аудиоинформации, так как в этом случае размеры контейнера могут меняться, а задержка выхода на конец передачи полезного контента становится слишком большой. Что касается видео, то рассматриваемая спецификация требует, чтобы активная коммутация происходила только между передачами видеокадров. На практике – во избежание повреждения видеокадров – коммутация должна откладываться до истечения периода гашения по вертикали. В целях обеспечения взаимозаменяемости, рассматриваемая спецификация формализует к техническим средствам только несколько требований, а исходя из принципа обеспечения максимальной гибкости, даются лишь самые общие указания по данному вопросу – с отсылкой к ICD проекта, где должны описываться конкретные детали реализации.

Последовательная передача цветов по полям

С целью поддержки режима последовательной передачи цветов по полям, в стандарт был введен код описания видеоформата. В указанном режиме каждый компонент цвета передается в отдельном контейнере и есть возможность передавать не только основные цвета, как это характерно для традиционных систем. Как правило, каждый цвет передается на более высокой скорости, поддерживаемой быстрым стробированием светодиодных излучателей (LED). Например, в режиме RGB («красный-зеленый-синий») передается сначала содержимое красной составляющей кадра R, затем зеленой G, потом синей B, после чего цикл повторяется, как это показано на рисунке 3. Каждый контейнер будет передаваться с утроенной частотой смены кадров, т.е. 180 Гц для 60-герцевого видео.

Новые ЖК-технологии (LCD) используют в настоящее время именно этот режим, поскольку он не требует интерполяции в промежутках между пикселями (sub-pixels), благодаря чему дает возможность применять более дешевые компактные дисплеи. Эти дисплеи могут быть прозрачными, так как не требуют цветковых фильтров. Как правило, они характеризуются более высокой контрастностью изображения и более широким углом обзора. Описанные характеристики делают данную технологию наиболее предпочтительной при создании наשלемых индикаторов и носимых дисплеев.

Объединение каналов передачи

Одним из методов преодоления ограничений пропускной способности является использование нескольких параллельных каналов. Видеокадр разбивается на более мелкие сегменты и передается по двум или более физическим каналам. Потребность в таком решении может быть связана с необходимостью использовать существующие кабельные каналы, которые имеют ограниченную пропускную способность. Это может быть продиктовано также и соображениями экономии. ПЛИС (FPGA) с двумя линиями со скоростью передачи 3,1875 Гбит/с каждая обойдется дешевле, чем та же матрица, имеющая одну линию с пропускной способностью 6,375 Гбит/с.

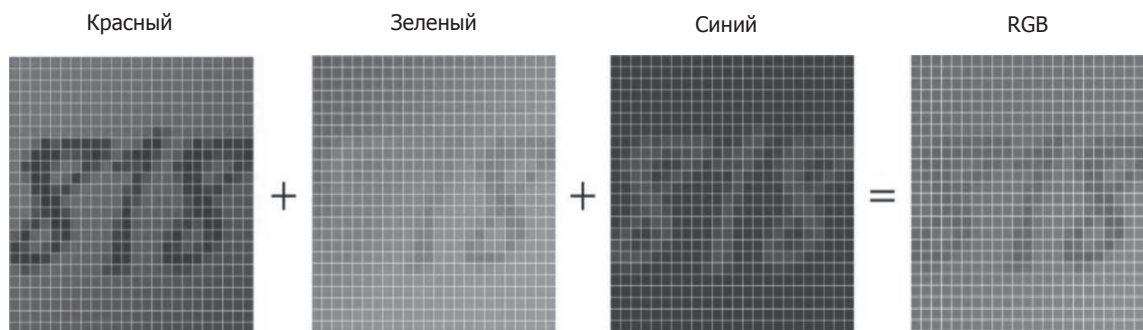


Рисунок 3 – Пример реализации режима последовательной передачи цветов по полям, показывающий как RGB-изображение передается посредством последовательной передачи трех изображений в трех основных цветах

Например, для передачи изображения формата WQXGA с 24-битной глубиной цвета при частоте кадров 60 Гц требуется канал с пропускной способностью 737 280 000 бит/с. При использовании опции связывания каналов такое изображение можно «расщепить» и передать через два канала ARINC 818 со скоростью 4,25 Гбит/с на каждом.

Стандарт ARINC 818 позволяет применять два способа связывания каналов – на пиксельном уровне (нечетные / четные пиксели) и на уровне видеостроки (левая / правая). Второй вариант показан на рисунке 4.

Каналы передачи данных

В спецификацию введена опция работы с каналами связи, предназначенными исключительно для передачи данных (но не видео- или аудиоинформации). Такие каналы обычно используются для передачи команд и управляющих данных. Например, «нормальный» канал ARINC 818 от камеры или датчика транспортирует поток видеоинформации. Рассматриваемый же дополнительный канал может доставлять к камере, например, управляющую информацию для выполнения таких функций, как фокусировка или регулировка уровня белого. Еще один пример – организация обратного тракта передачи для сенсорного экрана или сигнала, вводимого при помощи кнопки на рамке-оправе того или иного устройства. При этом одновременно на дисплей кабины пилота передается видеоизображение, как это показано на рисунке 4.

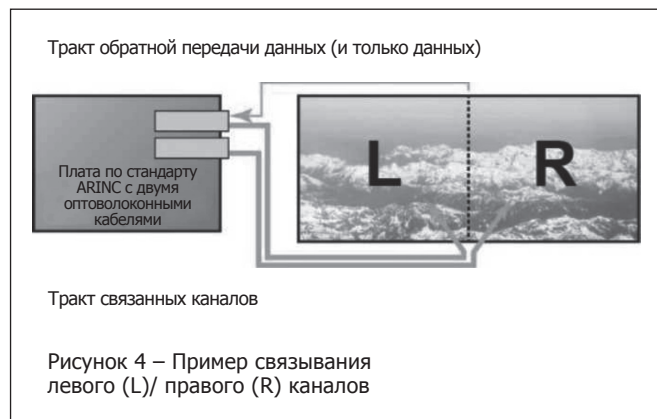


Рисунок 4 – Пример связывания левого (L)/ правого (R) каналов

Передачи «исключительно данных» могут быть любого размера и могут состоять из множества ADVB-кадров. Любые специфические правила пакетирования (например, использование ADVB-кадров фиксированного размера) должны быть указаны в ICD. Каналы передачи только данных могут иметь как одну из упомянутых выше стандартных скоростей передачи, так и любую другую, описанную в ICD. Указание на то, что речь идет о канале передачи только данных, делается через бит заголовка кадра.

Двунаправленные каналы, высокоскоростные коаксиальные линии и синхронизация датчиков

При разработке стандарта ARINC 818 изначально ставилась задача добиться 100-процентного качества обслуживания, поэтому из соображений простоты было решено отказаться от процедуры подтверждения установления связи (квитирования), которая была обязательной в сетях Fibre Channel. В то же время, по мере распространения стандарта ARINC 818 в области камер и датчиков, возникла необходимость в организации двунаправленной связи.

С практической точки зрения, двунаправленный интерфейс камеры – просто частный случай канала передачи исключительно данных. Но авторы стандарта пришли к пониманию, что в стандарт следует включить некоторые указания по этой функции. Одной из главных характеристик реализации данной функции в стандарте является возможность работы видеоканала и канала обратной передачи команд и управляющих данных на разных скоростях. Эта возможность важна, когда речь идет о новых физических уровнях, обеспечивающих двунаправленную связь по одному коаксиальному кабелю. В частности, на скорости 3, 6 или 12 Гбит/с в прямом направлении и на скорости 20 Мбит/с – в обратном. Имеющиеся на рынке чипсеты (например, выпускаемые фирмой Ecollogic / Microchip) продемонстрировали реализацию функции двунаправленной связи по кабелю длиной 25 м и более, и прошли проверку с контактными кольцами, которые часто применяются в случае, когда платформа с датчиками устанавливается на шарнирном узле. Демонстрация применения спецификации ARINC 818 в соответствующих высокоскоростных интерфейсах на коаксиальных кабелях прошла успешно [1].

В новую редакцию рассматриваемого стандарта был также введен метод синхронизации, при котором используется специальный бит в заголовке кадра, показывающий, что данное иницирующее поле-символ начала кадра (SOFi) является синхронизирующим сигналом. Это дает возможность использовать соответствующий пакет для синхронизации нескольких датчиков с тем, чтобы облегчить их совместную работу. Благодаря версии ARINC 818-2 появляется возможность передавать информацию от нескольких датчиков, объединять их в системы и управлять ими. И все это без ущерба тем преимуществам, которые характерны для стандарта ARINC 818.

Сtereo- и другие типы дисплеев (выделение полос и областей)

Стандарт ARINC 818 с самого начала предусматривал возможность работать со стереодисплеями, но во вторую его редакцию были введены некоторые управляющие параметры, придавшие стандарту в этом отношении дополнительную гибкость. Эти параметры дают возможность оперировать не только стереоизображениями, но также выделять части изображения, размещать его фрагменты по схеме плиточного покрытия экрана (tiling) и выделять интересующие пользователя области. На рисунке 5 приведены примеры – выделение вертикальной полосы (кадр А), выделение горизонтальной полосы (кадр В) и плиточное размещение и выделение интересующей пользователя области (кадр С).

Дополнительные управляющие параметры дают возможность делать горизонтальные и вертикальные срезы изображений. При одновременном их использовании может выделять интересующие его области. Возможно также разделение изображений, полученных с левого и правого каналов, и организация зон-вставок.

Пример применения стандарта ARINC 818 №1: Платформа с датчиками для интеграции датчиков системы ISR

В этом примере рассматривается интерфейс оптических датчиков (смонтированных на платформе, установленной на шарнирном узле) с применением одного выполненного по стандарту ARINC 818 канала связи на коаксиальном кабеле. Используются длинноволновые (LWIR) и коротковолновые (SWIR) ИК-датчики и датчики, действующие в видимой части спектра. Видеотракт работает на скорости 6,375 Гбит/с, а обратный тракт для команд и сигналов управления – на скорости 21 Мбит/с (рисунок 6). Данная система требует применения специализированного чипсета фирмы Eqsologic.

Предполагается, что используются ИК-датчики со следующими характеристиками: разрешение 1000×1000, 14-разрядная цветность (черно-белый режим), частота 60 Гц, и каждый из них требует скорости передачи ~110 Мбит/с. Используемая же обычная оптическая камера имеет следующие характеристики: 1080p, 24-разрядная цветность (цветной режим), частота 60 Гц, требуемая скорость передачи 373 Мбит/с. Суммарная скорость передачи должна быть равной 593 Мбит/с ($110 \times 2 + 373$). Если добавить к этому «накладные расходы» протокола ARINC 818, то получается, что требуется скорость передачи ~610 Мбит/с. В системе

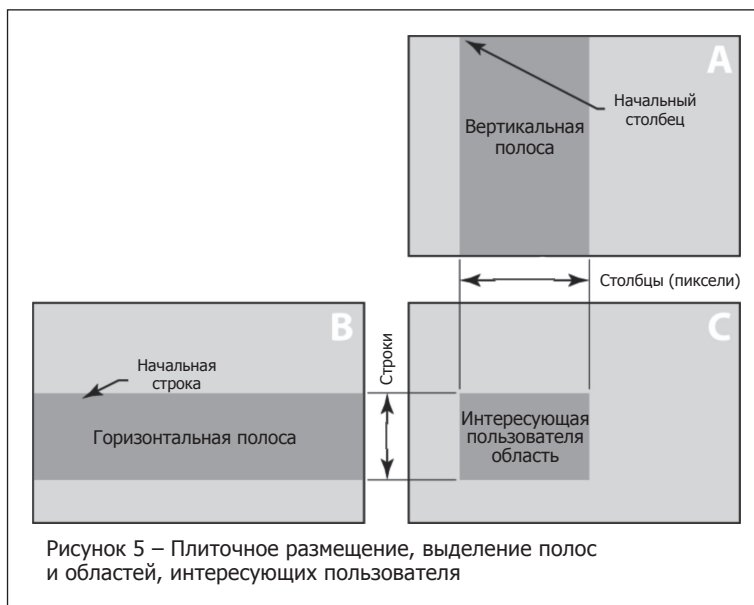


Рисунок 5 – Плиточное размещение, выделение полос и областей, интересующих пользователя

применяется видеоконцентратор ARINC 818, а информация от каждого из датчиков пакетируется в кадры ARINC 818. При этом для каждого из датчиков в заголовке пакета указывается поле уникального адреса источника (Source ID field). ADVB-пакеты поступают на одну линию ARINC 818, которая проходит через контактное кольцо. Сигналы каждого из трех датчиков могут быть выделены (восстановлены) платой обработки видеоизображений по их адресам (Source ID). Кроме того, в системе имеется возвратный тракт со скоростью передачи 21 Мбит/с, по которому на каждый из датчиков передаются команды и управляющие сигналы.

Преимуществом использования одного ARINC 818-интерфейса является снижение массы системы и количества потребляемой ею энергии. Поскольку в каждом пакете ARINC 818 имеется поле с вычисленным для этого пакета кодом циклического контроля (CRC), пакеты с поврежденными данными легко выявляются. Согласно протоколу ARINC 818 видеоинформация разбивается на пакеты длиной не более 2112 байтов, поэтому даже если некоторые данные будут повреждены, их доля в видеоизображении будет ничтожно мала.

Описанные три датчика синхронизируются посредством символа SOFi в обратном тракте данных ARINC 818. Благодаря тому, что изображения синхронизированы по времени, их слияние – задача достаточно простая.

Пример применения стандарта ARINC 818 №2: Высокоскоростной датчик для слежения за целью и противодействия

В этом примере в системе используется высокоскоростная ИК-камера высокого разрешения, предназначенная для идентификации и слежения за несколькими представляющими интерес для пользователя целями. В ситуации, когда пользователю особенно интересна одна из целей, формируется область интереса (Region Of Interest, ROI), которая подлежит особому отслеживанию с более высокой частотой обновления информации. Такую систему можно рассматривать в качестве части системы, реализующей подход Tip – Cue – Slew – Find – Fix – Finish («Подозрение (о наличии цели) – Явные признаки (цели) – Наведение (на цель) – Обнаружение – Захват – Уни-

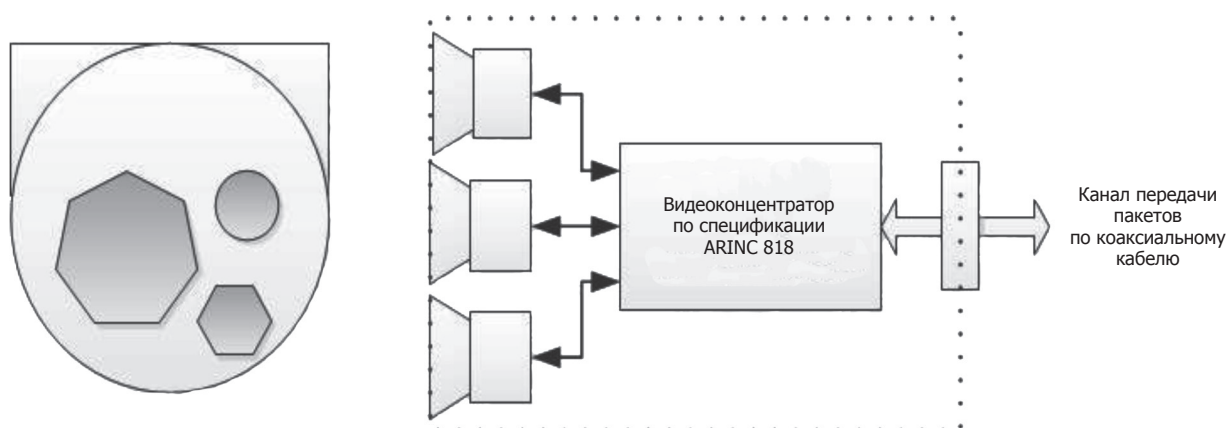


Рисунок 6 – Иллюстрация платформы с датчиками, содержащей три устройства и интерфейс через один двунаправленный канал связи, работающий со скоростью 6,375 Гбит/с и реализованный на коаксиальном кабеле, который проходит через контактное кольцо

чтожение»). В рассматриваемом случае речь идет о том, как спецификация ARINC 818-2 позволяет датчику лучше обнаружить, классифицировать и отслеживать цель.

Подразумевается использование высокоскоростного ИК-датчика с разрешением 2000×2000 , 14-разрядной цветностью (черно-белый режим) и с двунаправленным интерфейсом по спецификации ARINC 818. Скорость передачи сигнала от датчика – 8,5 Гбит/с, к датчику – 1,0625 Гбит/с. Вначале датчик работает в режиме полной разрешающей способности 2000×2000 на частоте 100 Гц, что требует скорости 7,34 Гбит/с. Это вполне укладывается в возможности одного канала ARINC 818 (скорость – 8,5 Гбит/с) или двух связанных каналов (со скоростью 4,25 Гбит/с каждый). Для того, чтобы обеспечивалась требуемая пропускная способность 14-разрядные пиксели упаковываются в плотную, а не по тому варианту, когда для размещения 14-разрядного пикселя используется 16-разрядное слово. Как показано на рисунке 7, изображение с полным разрешением имеет три области интереса, но одна из них становится областью непосредственной угрозы, требующей принятия мер противодействия. Используя функцию выделения полос / областей интереса, предусмотренную в спецификации ARINC 818,

интерфейс передачи только данных от видеопроцессора к датчику выделяет для более плотного отслеживания область интереса размером 512×512 . После этого датчик начинает передавать изображение данной области с частотой 1000 Гц. Это позволяет системе противодействия захватить объект-цель (например, ракету) и вести ее с достаточно высокой для приведения в действие средства электронного противодействия или лазерного противодействия точностью.

Одной из главных проблем любой системы управления является проблема минимизации сигнала ошибки – разности между фактическим положением цели и тем ее положением, которое формируется в системе в качестве прогноза. Учитывая тот факт, что современные ракеты «земля-воздух» могут развивать скорость до 2380 м/с (число Маха = 7), даже при частоте обновления изображения равной 1000 Гц, изменение положения цели за период смены кадров может достигать 2,38 м (точное значение этого параметра зависит от ориентации отслеживаемой цели). Конечно, современные системы управления могут обрабатывать алгоритмы оценивания состояния цели (положение/скорость). Однако эти алгоритмы не являются безошибочными, и ввод в контроллер фактических значений положения скорости цели, а

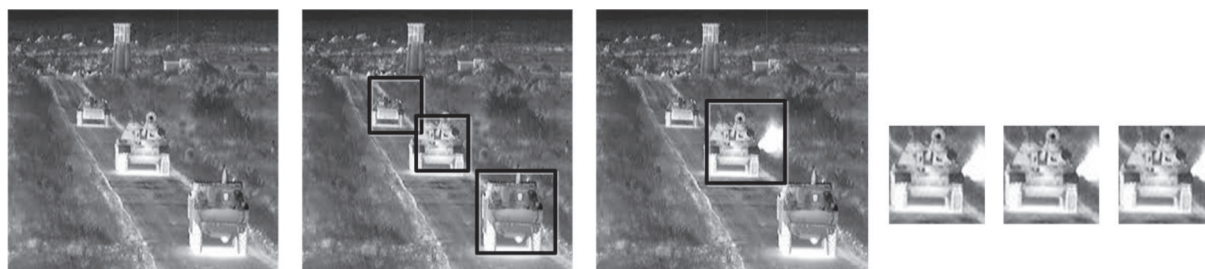


Рисунок 7 – Последовательность изображений – первое с полным разрешением и обновлением с частотой 100 Гц, следующие – с обновлением выделенной области интереса с частотой 1000 Гц

не расчетных их значений, минимизирует ошибку. Система, построенная с применением интерфейса ARINC 818, будет ограничена в большей степени реальной скоростью обновления информации в системе управления или временем, необходимым для преобразования в цифровые данные сигнала с ИК-датчика, чем скоростью передачи данных по каналу ARINC 818. Например, автономная цифровая система управления двигателем (Full Authority Digital Engine Control, FADEC), устанавливаемая на турбинном двигателе самолета, в общем случае имеет частоту обновления данных всего 5 мс и 20 мс (200 Гц или 50 Гц). Это определяется динамикой (частотной характеристикой) двигателя (противопомпажная защита и защита от превышения частоты вращения вала). А вот динамика летящей ракеты, для обеспечения достаточной точности отслеживания, требует обновления данных с частотой в диапазоне от 1000 до 10 000 Гц. Если бы ИК-датчик и компьютер, обрабатывающий алгоритмы слежения за целью, были бы способны работать с такими частотами, то со стороны канала связи по спецификации ARINC 818 ничто не препятствовало бы формированию области интереса размерами 128×128 пикселей и с частотой обновления 10 000 Гц. Так что спецификация ARINC 818-2, которая предусматривает двунаправленную связь (позволяющую передавать управляющие сигналы), выделение областей интереса и переменную скорость передачи видеоизображений, имеет два достоинства:

- построенный на ее основе физический интерфейс с датчиком не окажется узким местом по пропускной способности;
- возможность пересылать информацию, отображающую область интереса, создает предпосылки к более точному слежению за целью и к устранению соответствующей угрозы.

Возможна некоторая вариация описанного примера, в которой интерфейс ARINC 818 конфигурируется на передачу «комбинации изображений». Отправляются изображения всей картинке и картинке области интереса с полным разрешением (например, с частотой обновления 20 Гц) и изображения только одной области интереса с частотой 1000 Гц или даже «одновременно» могут передаваться изображения 5 разных областей интереса с частотой обновления 200 Гц каждая. Такое решение позволило бы сохранять контроль над всей ситуацией в целом и в то же самое время внимательно отслеживать цель, представляющую наибольшую угрозу.

Пример применения стандарта ARINC 818 №3:

Датчик с ультравысокой разрешающей способностью для системы наблюдения за целями в обширном районе

Спецификация ARINC 818-2 предусматривает расширение диапазона скорости передачи от FC 8x до верхнего предела FC 32x (28 Гбит/с). Использование ПЛИС (FPGA) нового класса (выпуск которых освоен фирмами Xilinx и Altera) и трансиверов, рассчитанных на скорость 28 Гбит/с, дает возможность реализовать функцию связи каналов в отношении двух линий. (Напомним, что имеется в виду «расщепление» потока пикселей на потоки нечетных и четных пикселей или потока видеострок на потоки правых и левых строк). Такое решение позволит выйти на скорость ~50 Гбит/с, в случае использования двух каналов (два оптоволоконных кабеля) или на скорость 100 Гбит/с при использовании четырех каналов (четыре оптоволоконных кабеля). Например, цветная видеокамера

с разрешением 8000×8000 с 24-разрядной цветностью при работе на частоте 20 Гц требует пропускной способности, равной ~40 Гбит/с. Очевидно, что это требование легко может быть удовлетворено, если реализовать связь на двух оптоволоконных кабелях 32x с применением функции связывания каналов по спецификации ARINC 818. Благодаря применению новых возможностей, заложенных в спецификацию ARINC 818-2 (выделение областей интереса, двунаправленная связь и наличие множества контейнеров), несколько изображений с полным разрешением может быть «скомбинировано» с изображениями, имеющими меньшую разрешающую способность, но характеризующимися более высокой частотой кадров. Поскольку в вышеописанном примере имеется запас по пропускной способности, превышающий 10 Гбит/с, появляется возможность включения в систему дополнительных датчиков со сравнительно малым разрешением с коммутацией их в режиме разделения времени на тот же канал, на котором работает основная видеокамера. Таким образом, будет реализована система интеграции датчиков, подобная той, которая описана в Примере 1.

Заключение

Стандарт Avionics Digital Video Bus («Цифровой видеоинтерфейс авиационного радиоэлектронного оборудования с высокой скоростью передачи данных»), которому присвоено обозначение ARINC 818, первоначально разрабатывался с ориентацией на дисплеи, установленные в кабинах пилотов воздушных судов. В настоящее время, благодаря тому, что стандарт обеспечивает высокую пропускную способность и надежность, он распространился на область высокоскоростных датчиков. Последние изменения, внесенные в стандарт и оформленные в его новой редакции ARINC 818-2, способствовали применению протокола ARINC 818 в системах разведки, наблюдения и рекогносцировки (ISR), а также в системах противодействия и других системах, требующих очень высокой пропускной способности. Они также содействовали реализации функции выделения областей интереса, наблюдение за которыми требует очень высокой частоты обновления информации, и функции коммутации нескольких датчиков на один канал связи в режиме разделения времени. В настоящее время разработчики систем ISR и систем противодействия наталкиваются на определенные технологические барьеры. В частности, это «узкие места» физических каналов связи по пропускной способности. Происходит это на фоне острой потребности решения двух задач:

- выделение областей интереса, наблюдение за которыми требует очень высокой частоты обновления информации;
- поддержка работы датчиков с ультравысокой разрешающей способностью.

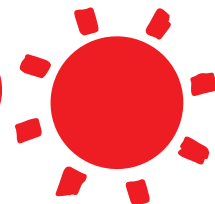
На выручку им приходит протокол ARINC 818-2, который позволяет упростить структуру разрабатываемых систем и способствует оптимизации параметров SWaP («Габариты, масса и мощность»).

Литература:

1. Keller, T., Alexander, J. «ARINC 818 express for high-speed avionics video and power over coax» Proc. SPIE 8383, Head-and-Helmet-Mounted Displays XVII; and Display Technologies and Applications for Defense, Security, and Avionics VI (2012).

20-я Международная специализированная выставка | 20th International Specialized Exhibition

ENERGY EXP



"Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро" | "Energy. Ecology. Energy Saving. Electro"



79th GM
MINSK 2015

XX БЕЛОРУССКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ

13-16.10.2015

г. Минск, пр. Победителей 20/2
(Футбольный манеж)



АТОМЭХПРО
Belarus

7-я специализированная выставка
"Атомэкспо-Беларусь"



Water & Air
technologies

10-я специализированная выставка
"Водные и воздушные технологии"



exp light

11-я специализированная выставка
светотехнического оборудования "ЭкспоСВЕТ"

ЗАО "ТЕХНИКА И КОММУНИКАЦИИ"



тел.: (+375 17) 306 06 06, www.tc.by, energy@tc.by

Генеральные информационные партнеры



Генеральные интернет-партнеры



Информационные партнеры:



Официальные информационные партнеры



УНП 100663012



ИНТЕРАКТИВНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

Информационно-обслуживающий центр «Трибуна»

- Исполнение Indoor
- ИК рамка
- Диагональ 42"
- Антивандальное исполнение, закаленное, ударопрочное стекло



ИНТЕРАКТИВНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА DUO

Для торговых центров

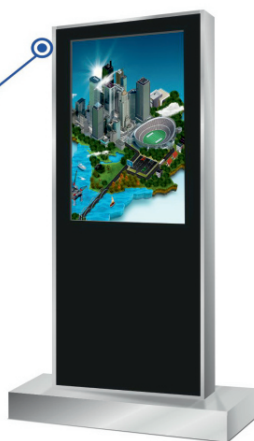
- Двусторонняя интерактивность
- Диагональ 32"
- Высококонтрастный FullHD LED-дисплей (1920x1080)
- Угол обзора 178
- Контрастность 1050000:1 (динамическая)
- Поддержка до 6 касаний
- Антивандальное исполнение
- Закаленное ударопрочное стекло
- Исполнение indoor - рабочая температура +5...+50
- Исполнение indoor - рабочая температура -35...+50



ИНТЕРАКТИВНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

Для уличного применения

- Высококонтрастный FullHD LED-дисплей (1920x1080)
- Диагональ 42"
- Угол обзора 178
- Контрастность 1050000:1 (динамическая)
- Поддержка до 10 касаний
- Антивандальное исполнение
- Рабочая температура -35...+50
- Режим работы 24/7
- Система подогрева и охлаждения
- Опционально - видеосъемка, GSM
- Режим работы в перчатках
- WiFi Ethernet



ИНТЕРАКТИВНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

Для образования и бизнеса

- Диагональ 65" (1670x930 мм)
- Высококонтрастный FullHD LED-дисплей (1920x1080)
- Угол обзора 178
- Контрастность 2250000:1 (динамическая)
- Частота обновления экрана 100Гц
- Поддержка 6 касаний
- TV-тюнер аналоговый, DVB-C, DVB-T/T2
- Встроенные динамики 2x10Вт
- Закаленное ударопрочное стекло
- Встроенный системный блок (процессоры Intel i3/i5/i7)
- Windows 7/8.1/Linux/Android
- WiFi Ethernet



УНП 100085149



ВСЁ НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Группа компаний **ЭЛТИКОН**

- Промышленные компьютеры, серверы, центры обработки и хранения данных;
- Встраиваемые и бортовые вычислительные системы, в т.ч. для жестких условий эксплуатации;
- ПЛК и микроконтроллеры, распределенные системы управления и сбора данных;
- Средства операторского интерфейса: мониторы, панели оператора, консоли управления, клавиатуры, трекболы, указательные устройства, информационные табло и мониторы для уличных применений;
- Устройства локального и удаленного ввода-вывода сигналов, АЦП, ЦАП, решения для управления движением, нормализаторы сигналов;
- Сетевое и коммуникационное оборудование для различных сетей, шлюзы данных, коммутаторы Ethernet, медиа-конвертеры, сетевые контроллеры, модемы, удлинители сетей, преобразователи интерфейсов, протоколов и т.п.;
- Датчики для различных применений;
- Источники вторичного электропитания для промышленных, медицинских, бортовых и специальных применений, инверторы электропитания, программируемые источники питания;
- Решения на основе полупроводниковых источников света для уличного освещения и архитектурной подсветки;
- Специализированные датчики, контроллеры и устройства для «умного дома»
- Корпуса, конструктивы, субблоки в стандарте евромеханика, шкафы, стойки, компьютерные корпуса;
- Крепежные элементы, клеммы, монтажный инструмент, провода и кабели, кабельные вводы, соединители;
- Программное обеспечение всех уровней АСУТП, SCADA-система Genesis, OPC-серверы и средства их разработки

ADVANTECH



ADLINK
TECHNOLOGY INC.



PROSOFT
АВТОРИЗОВАННЫЙ ДИЛЕР

Akiwa Technology, Inc.
SUBSIDIARY OF EVANGELION INDUSTRIES, JAPAN

iKey

OCTAGON
SYSTEMS

Getac

iconics

LITEMAX

BELDEN
SENDING ALL THE RIGHT SIGNALS

TDK-Lambda

APC
by Schneider Electric

iBASE

PEPPERL+FUCHS
ELCON

EtherWAN

ICE

Transcend

SCAIME
L'IMPRESSE PRECISE - IMPRIMERIE PRECISION

WEINTEK

INNO-DISK
Beyond your imagination

Schroff

rttd

CEHCOP

ifm electronic



WAGO

PLANAR

XLight

Fastwel

DATAFORTH

mikro elektronik
gmbh - nurnberg

VIPA
art of automation

InduKey
Industrial Input Devices

TRI-M
ENGINEERING

УНП 191092652

- ✓ Более 50 вендоров в программе поставок
- ✓ Широкий диапазон продукции "из одних рук"
- ✓ Сервисный центр и послегарантийное обслуживание продукции

- ✓ Компетентный анализ технических решений с гарантией совместимости и работоспособности конфигурации
- ✓ Наличие сертификатов и ГТД

- ✓ Развитая система логистики, нестандартные схемы поставок, склады в Минске, Москве и Гамбурге
- ✓ Производство промышленных компьютеров, шкафов автоматизации, сборка телекоммуникационных шкафов

РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Н. Домбровский,
зам.директора по развитию УП «ИЦТ Горизонт»

«Горизонт» расширяет границы традиционной деятельности в сфере бытовой и цифровой электроники, открывая новый вектор развития – интеллектуальные продукты и системы.

В конце 2014 года в продажу поступила первая партия «умных» приставок – SmartTV box.

Такая приставка стоимостью менее 1 млн руб. и размером чуть больше пачки сигарет позволяет превратить любой телевизор, имеющий HDMI вход, в смарт, а любому смарт ТВ – расширить в разы диапазон функций. В отличие от других смарт телевизоров, базирующихся на платформе производителя, смарт бокс Горизонт создан на платформе Андроид. Производители смарт ТВ предлагают потребителям закрытую платформу с предустановленными приложениями, в то время как приставка Горизонта позволяет каждому пользователю создавать свой набор приложений, полностью адаптируя ТВ по своему вкусу. Посредством такого смарт бокса можно получить все доступные на сегодня сервисы, общаться в соц.сетях, работать с почтой, играть в 3D-игры и многое другое.



В ближайшем будущем эта приставка будет интегрирована в состав телевизора и, при незначительном повышении цены, даст потребителю все изложенные выше возможности.



Во втором кв. 2015 года «Горизонт» начинает выпуск новой гаммы изделий – интеллектуальные сенсорные системы.

Такие системы предназначены, в первую очередь, для информационно-обслуживающих и образовательных целей. Мощный встроенный компьютер позволяет системам выполнять и специфические узконаправленные задачи в рамках коммерческих и общественно значимых проектов. Конструктивно системы варьируются и в зависимости от условий эксплуатации, в том числе доступны уличные антивандальные исполнения.



Эти изделия представляют собой телевизионную панель с сенсорной технологией – инфракрасной, емкостной и иные. Выбор технологии зависит от сферы применения и поставленных задач. Спектр диагоналей и дизайна варьируется от 22 до 70 дюймов. Система управляется встроенным мультиплатформенным мини-PC (Android, Windows).



Первые проекты Горизонт по направлению интеллектуальных сенсорных систем связаны с оснащением городской инфраструктуры, транспортных узлов, системы образования, конференц-залов и т.п. По сравнению с имеющимися на рынке предложениями, продукты Горизонт дешевле на 20–30 %, имеют большую функциональность и надежность.

О востребованности новых продуктов говорит тот факт, что образцы сенсорных систем, представленные на выставке «Белорусский промышленный форум» по ее окончании, были практически все распроданы.

idtv.by

SMARTFUSION2 И IGLOO2 – В ПОМОЩЬ РАЗРАБОТЧИКУ. ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ ПЛАТ ДЛЯ НОВЫХ СЕМЕЙСТВ ПЛИС КОРПОРАЦИИ MICROSEMI

Дмитрий Иоффе, support@actel.ru;
Артем Казаков, kazakov@actel.ru

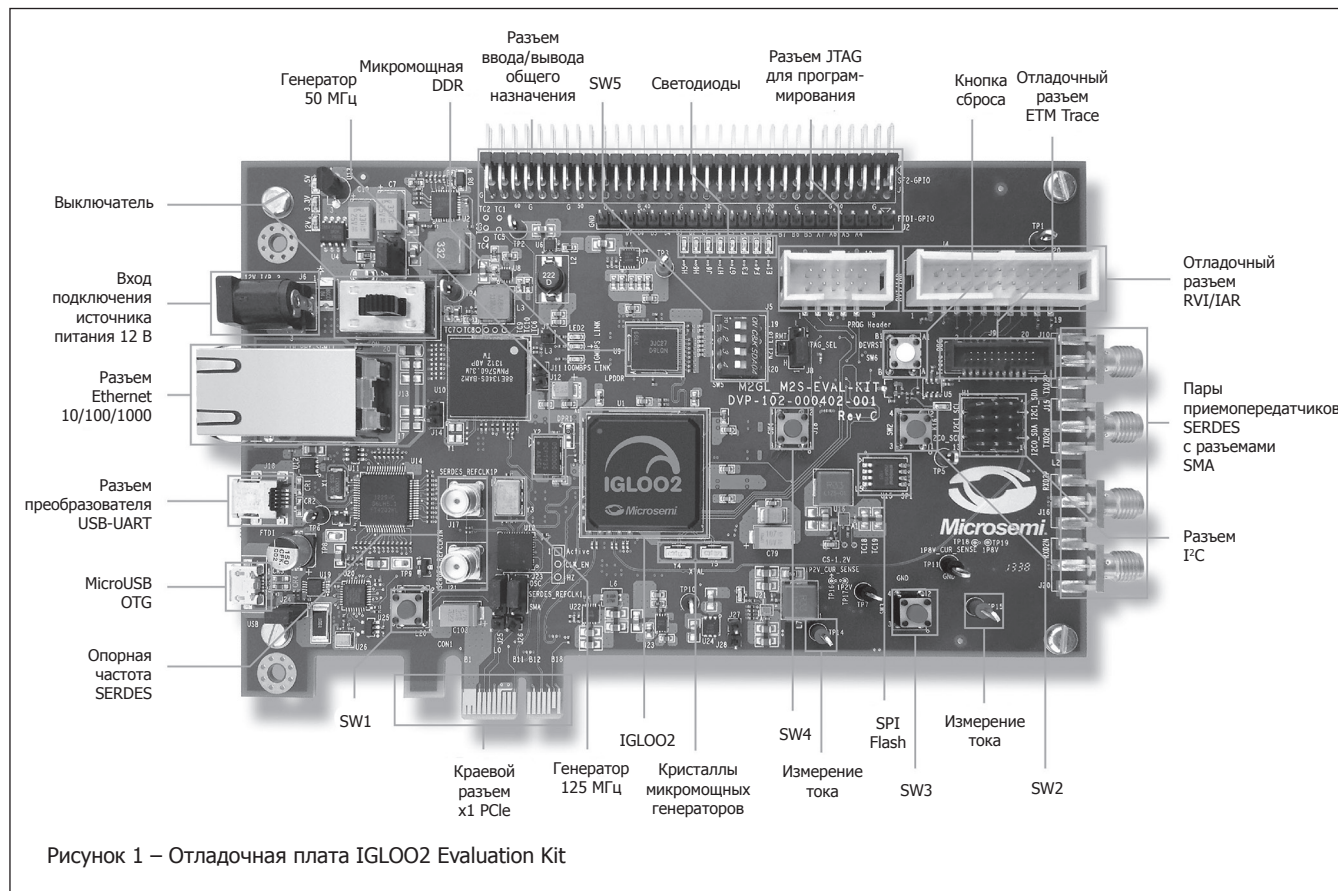
Вниманию читателя предлагается статья, посвященная новым семействам ПЛИС корпорации Microsemi – SmartFusion2 и IGLOO2. Рассмотрим отладочные наборы для них.

Лучший способ ознакомиться с возможностями сложного изделия – лично опробовать эти возможности. Если речь идет о микросхемах программируемой логики, то с их возможностями, как и с возможностями других сложных микроэлектронных изделий, помогают ознакомиться отладочные наборы. Корпорация Microsemi предлагает разработчикам хороший выбор отладочных наборов для новейших семейств своих ПЛИС: SmartFusion2 и IGLOO2. На их платах есть узлы для сопряжения с разнообразными интерфейсами: от простого и неторопливого I²C до скоростных PCIe и сериализаторов-десериализаторов (SERDES), а также микросхемы памяти и другие электронные компоненты. По ходу знакомства инженер может нарабатывать свои библиотеки для работы с этими элементами, чтобы затем использовать их в конечных изделиях. Отладочные платы позволяют полностью протестировать все возможности установленных на них

ПЛИС. И, конечно, ничто не мешает использовать отладочную плату в своем изделии как готовый мощный вычислительный и управляющий модуль с универсальным набором интерфейсов.

Корпорация Microsemi считает семейства SmartFusion2 и IGLOO2 основным современным направлением (mainstream) своей деятельности в области ПЛИС. В 2014 году корпорация предлагала для них следующие наборы с отладочными платами:

- IGLOO2 Evaluation Kit [2] – недорогая отладочная платформа для ПЛИС семейства IGLOO2, позволяет разрабатывать оптимальные по стоимости проекты на основе этих ПЛИС;
- SmartFusion2 Evaluation Kit [3] – отладочный набор аналогичного класса для семейства SmartFusion2;
- SmartFusion2 Starter Kit [4] – базовая система прототипирования для систем на кристалле SmartFusion2;
- SmartFusion2 Development Kit [5] – полнофункциональный отладочный набор для разработки систем и приложений на базе семейства SmartFusion2;
- SmartFusion2 SoC FPGA Advanced Development Kit [6] – продвинутый отладочный набор с наиболее мощным кри-



сталлом из семейства SmartFusion2 на 150 000 логических элементов, M2S150T-1FCG1152ES;

– SmartFusion2 DMPM Kit [7] – набор для исследования работы со смешанными сигналами и управления питанием.

Все наборы подробно документированы, к ним прилагаются принципиальные электрические схемы и проекты печатных плат, проекты прошивок, руководства по применению и многое другое. Во время знакомства с платами очень интересно рассматривать их фотографии высокой четкости на сайте Microsemi, на которых показано расположение отдельных узлов с подписями.

Давайте познакомимся с этими наборами поближе.

IGLOO2 Evaluation Kit

Набор IGLOO2 Evaluation Kit (рисунок 1) – это недорогая платформа для разработки оптимизированных по стоимости проектов на ПЛИС IGLOO2. Она сочетает лучший в своем классе уровень интеграции с наименьшим потреблением, высокой надежностью и наивысшей защитой. Набор позволяет с легкостью разрабатывать проекты приемопередатчиков на ПЛИС для систем на основе PCI Express и Gigabit Ethernet. Плата совместима с малым форм-фактором (small form-factor) стандарта PCI Express, поэтому ее можно устанавливать в слот PCIe любого настольного компьютера или ноутбука.

С помощью этого набора можно:

- разрабатывать и тестировать проекты для PCI Express Gen2 x1;
- тестировать качество сигнала приемопередатчиков на FPGA с использованием полнодуплексных пар SERDES SMA;
- оценить низкую потребляемую мощность ПЛИС IGLOO2;
- быстро создать работающий канал PCIe с использованием платы PCIe Control Plane Demo [8].

На плате установлена ПЛИС семейства IGLOO2 объемом 12 000 логических ячеек. Кроме того, здесь есть интерфейс 10/100/1000 Ethernet с разъемом RJ-45, 512 МБ малопотребляющей памяти DDR (LPDDR), 64 МБ флеш-памяти с интерфейсом SPI, мост USB-UART, разъемы I²C, SPI и ввода-вывода общего назначения (GPIO), а также кнопки и светодиоды. В состав набора входит источник питания на 12 В, но питание на плату можно подавать и через краевой разъем PCIe. Кроме того, в состав набора входит программатор FlashPro4 для программирования и отладки.

SmartFusion2 Evaluation Kit

Эта плата (рисунок 2) отличается от только что рассмотренной IGLOO2 Evaluation Kit тем, что на ней вместо ПЛИС IGLOO2 установлена система на кристалле (System On Chip, SoC) SmartFusion2 объемом 25 000 логических ячеек.

Кроме структуры flash-based ПЛИС, обладающей повышенной надежностью, эта микросхема содержит процессор ARM®Cortex™-M3 с тактовой частотой 166 МГц, расширенные аппаратные средства поддержки криптографических алгоритмов, блоки цифровой обработки сигналов, ОЗУ, ПЗУ,

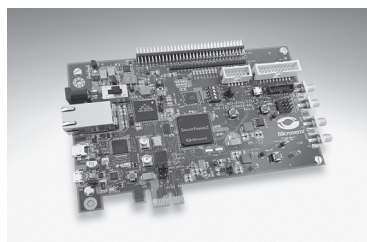


Рисунок 2 – Отладочная плата SmartFusion2 Evaluation Kit

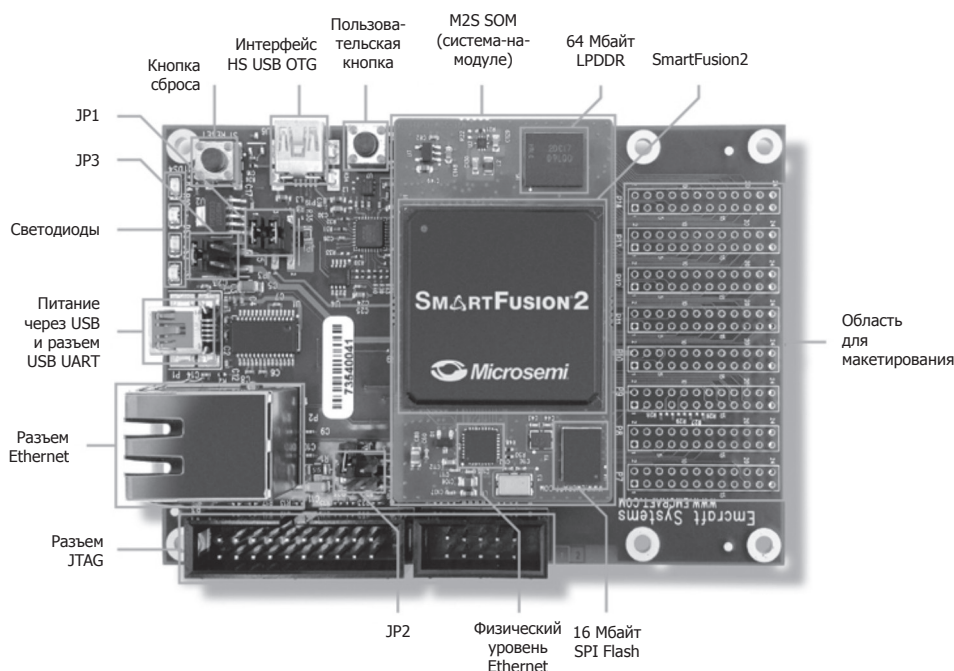


Рисунок 3 – Отладочная плата SmartFusion2 Starter Kit

а также востребованные в промышленности высокопроизводительные коммуникационные интерфейсы – все это на одном кристалле. Запомним эти слова, и впредь каждый раз при упоминании SoC SmartFusion2 будем иметь в виду, что все это может оказаться в нашем распоряжении.

В остальном, отладочная плата SmartFusion2 Evaluation Kit практически не отличается от IGLOO2 Evaluation Kit.

SmartFusion2 Starter Kit

Отладочный набор SmartFusion2 Starter Kit (рисунок 3) поддерживает стандартные промышленные интерфейсы Ethernet, SPI, I²C и UART. Набор можно использовать со средой Libero SoC корпорации Microsemi версии 11.0 и выше. Он поступает к потребителю с предустановленной демонстрационной версией операционной системы uClinux. Поддерживается также среда разработки Emcraft Systems на базе Linux.

Микросхема SmartFusion2 смонтирована на миниатюрной мезонинной плате Emcraft Systems, выполненной в формате «система на модуле» (system-on-module) M2S-SOM, которая устанавливается на базовой плате SOM-BSB-EXT.

Набор SmartFusion2 Starter Kit выпускается в двух вариантах, с разными устройствами SmartFusion2: SF2-STARTER-KIT с устройством M2S050-FGG484 и SF2-484-STARTER-KIT с M2S010-FGG484.

На плате есть область для макетирования, где можно собрать макет небольшого пользовательского узла.

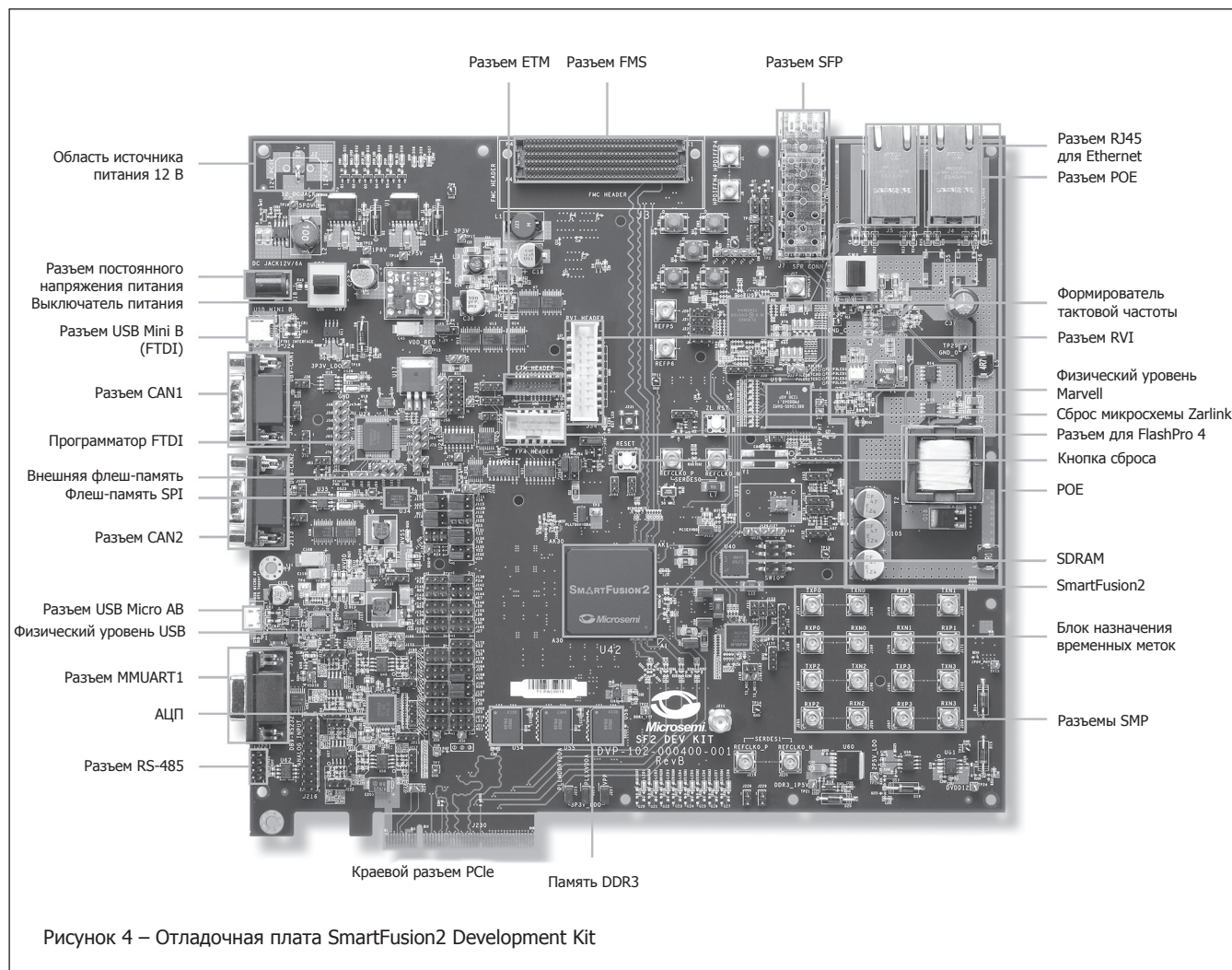
В зависимости от требований проекта, можно подавать необходимые напряжения питания (+5 В, +3,3 В, +1,5 В для оптимизации потребления системы на модуле) от внешних источников через специальные контактные площадки, расположенные в области для макетирования.

При помощи входящего в набор USB Wi-Fi адаптера можно подключиться к радиосистеме RaLink 5370 USB, что позволяет через uClinux настроить беспроводную точку доступа, обслуживающую DHCP Wi-Fi соединения.

Пользователь может запустить HTTPD сервер и получить доступ к устройству SmartFusion2 через смартфон с веб-браузером или другое беспроводное устройство.

SmartFusion2 Development Kit

Предыдущие наборы назывались «evaluation kit» (оценочный набор) или «starter kit» (стартовый набор), то есть они предназначены для начального ознакомления с устройствами IGLOO2 и SmartFusion2. Набор SmartFusion2 Development Kit (рисунок 4), даже если судить только по его названию, предназначен для более серьезных дел. Слово «development» можно перевести даже как «совершенствование».



Плата содержит множество приемопередатчиков для поддержки компонентов подсистемы микроконтроллера, таких, как HS USB 2.0 OTG, CAN, RS232, RS485, а также формирователь временных меток по стандарту IEEE1588 и физический уровень Triple Speed Ethernet с поддержкой Sync E. Набор поставляется с обычным сетевым адаптером, и, кроме того, существует возможность подать питание на отладочную плату через Ethernet (PoE, Power over Ethernet). Еще на плате установлены 16-разрядный АЦП, 512 МБ памяти DDR3 и память SPI Flash, использующие встроенную в SmartFusion2 систему управления памятью. Доступ к блокам SERDES можно получить через краевой разъем PCIe или через высокоскоростные разъемы SMP.

Набор SmartFusion2 Development Kit предоставляет следующие возможности:

- протестировать 5G SERDES, встроенные в SmartFusion2, подключившись к ним через имеющиеся разъемы SMP (SmartFusion2 предоставляет самые компактные 5G SERDES в индустрии);
- создать приложение конечной точки PCI Express с использованием краевого разъема x4 на отладочной плате;
- протестировать производительность DDR3 и GPIO (SmartFusion2 имеет наибольшее количество линий ввода-вывода в индустрии);
- создавать подсистемы, в которых требуются:
 - временная синхронизация по стандарту IEEE 1588;

- питание через Ethernet;
- промышленное управление двигателями;
- коммутаторы Gigabit Ethernet / 10 Gigabit Ethernet;
- управление питанием и смешанными сигналами.

На отладочной плате установлены:

– микросхема M2S050T-1FGG896 семейства SmartFusion2, которая содержит:

- 50 000 LUT, 256 Кбит ПЗУ, 1,5 Мбит ОЗУ, а также распределенное ОЗУ в структуре ПЛИС и контроллер внешней памяти;
- периферийные устройства, включая модули Triple Speed Ethernet, USB 2.0, SPI, CAN, DMA, I2C, UART, таймеры;
- 16 модулей 5 Gbps SERDES, PCIe, XAUI/XGXS+ Native SERDES;
- и многое другое, о чем можно прочитать в описании микросхемы на сайте корпорации Microsemi;
- ZL30362 – временной синхронизатор, поддерживающий требования стандарта синхронного Ethernet (SyncE) IEEE 1588;
- модуль питания через Ethernet (PoE) мощностью до 48 Вт;
- прецизионный 16-разрядный 8-канальный АЦП с частотой преобразования 500 kSPS;
- память:
 - 512 МБ DDR3 и 256 МБ для контроля ошибок (ECC);

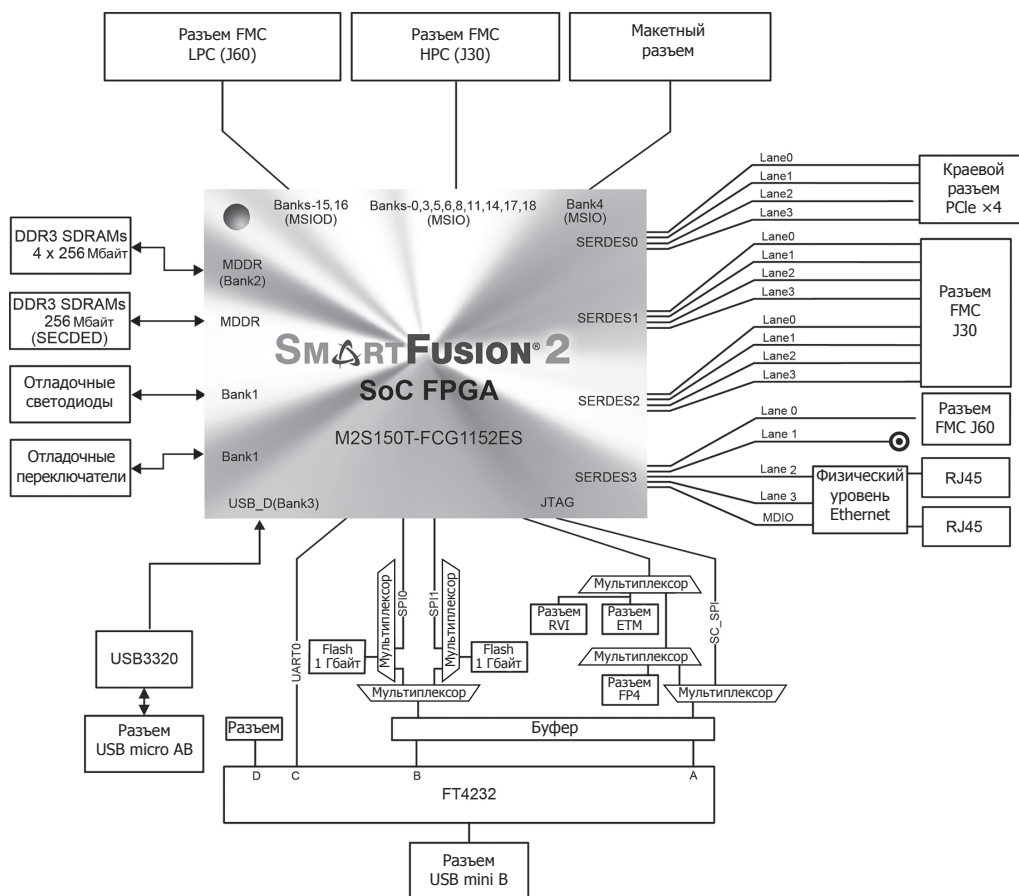


Рисунок 5 – Структура отладочной платы SmartFusion2 Advanced Development Kit

- 16 МБ SDRAM;
 - 4 Гб флеш-памяти NAND;
 - 8 Мб флеш-памяти с интерфейсом SPI;
- разъем FMC для подключения плат расширения.

SmartFusion2 Advanced Development Kit

На отладочной плате набора SmartFusion2 Advanced Development Kit (рисунок 5) установлена самая мощная микросхема семейства SmartFusion2: M2S150T-1FCG1152ES. Она содержит 150 000 логических ячеек программируемой логики.

Содержимое отладочной платы этого набора несколько отличается от SmartFusion2 Development Kit. Например, здесь нет интерфейса CAN, но есть два разъема FMC для подключения дочерних плат из числа имеющихся в продаже, два порта Gigabit Ethernet. Прецизионная схема на операционном усилителе позволяет точно измерить потребляемую мощность устройства. Объем установленной на плате памяти разных видов значительно больше: 1 Гб DDR3 и 256 Мб для коррекции ошибок, а также 2 Гб флеш-памяти SPI, из которых 1 Гб подключен к SPI порту микроконтроллерной подсистемы и 1 Гб – к программируемой логике. На плате есть также небольшая макетная область.

При покупке набора бесплатно предоставляется годовая лицензия Platinum на САПР Libero стоимостью 2500 долл. США.

SmartFusion2 DMPM Kit

Аббревиатура DMPM расшифровывается как Digital Mixed-Signal Power Management – цифровое управление смешанными сигналами и питанием. Отладочный набор

SmartFusion2 DMPM Kit (рисунок 6) сделан на основе набора SmartFusion DMPM kit. В нем используется способность устройства SmartFusion2 управлять множеством (до 64) каналов аналоговых и цифровых точек нагрузки. На плате SmartFusion2 DMPM Kit есть 16 каналов, 8 аналоговых и цифровых точек нагрузки. Разъем PMBus предназначен для организации связи по шине I²C, которую можно протестировать при помощи модуля USB-I²C, входящего в набор.

Система цифрового управления смешанными сигналами и питанием – MPM – позволяет решать следующие задачи:

- высокоточное слежение за состоянием системы питания;
- управление последовательностью включения источников питания;
- подстройка выходных напряжений с обратной связью;
- управление включением и выключением до 64 внешних источников питания, каждый из которых может быть аналоговой точкой нагрузки (Analog Point of Load, APOL) или цифровой точкой нагрузки (Digital Point of Load, DPOL).

Вам не нужно использовать инструменты проектирования для ПЛИС, чтобы конфигурировать последовательность включения источников питания, уровни или пороги. Проект MPM программируется в устройстве через удобную автономную графическую оболочку. Эта оболочка позволяет:

- конфигурировать управление питанием;
- управлять выходными сигналами;

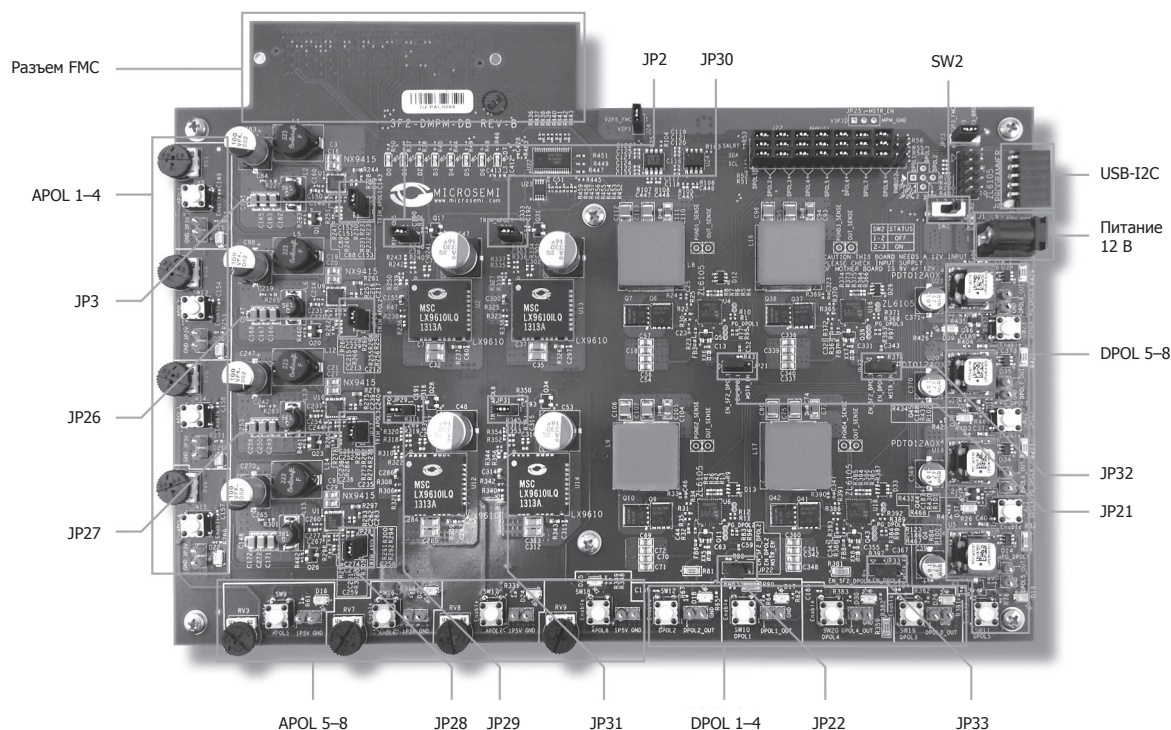


Рисунок 6 – Отладочная плата SmartFusion2 DMPM Kit

– отслеживать напряжения и их отклонения от пределов, заданных пользователем.

Все это можно делать, не запуская среду Libero SoC. В результате увеличивается гибкость, уменьшается количество деталей на печатной плате и увеличивается надежность системы за счет уменьшения числа возможных точек возникновения отказов.

Особенности дочерних плат для набора SmartFusion2 DMPM Kit:

- восемь независимых аналоговых стабилизаторов – четыре на 3,3 В и четыре на 1,5 В. Для каждой аналоговой шины питания имеются потенциометр смещения и замыкающая кнопка для имитации отказа;

- восемь цифровых точек нагрузки – четыре на 3,3 В и четыре на 1,5 В. Все шины имеют замыкающие кнопки для имитации отказа;

- восемь светодиодов для отображения состояния системы MPM;

- полностью независимый источник питания 12 В со своим выключателем;

- полностью изолированные от материнской платы области питания;

- возможность подключения через разъем FMC к отладочному набору SmartFusion2 Development Kit;

- если необходимо использовать MPM в качестве образцового проекта, то можно загрузить с сайта корпорации Microsemi проект для среды Libero SoC и исходный код ПО на языке C.

Заключение

Корпорация Microsemi уделяет много внимания поддержке разработчиков, которые используют или соби-

раются использовать микросхемы семейств IGLOO2 и SmartFusion2. Для них выпущен целый ряд отладочных наборов, который непрерывно развивается, выпускаются новые наборы, старые снимаются с производства. Это позволяет адаптировать разработки под современные требования промышленности.

Литература:

1. SmartFusion2 и IGLOO2 – надежные, экономичные, компактные // «Компоненты и технологии». – 2014. – № 8.

2. IGLOO2 Evaluation Kit <http://www.microsemi.com/products/fpga-soc/design-resources/dev-kits/igloo2/igloo2-evaluation-kit>.

3. SmartFusion2 Evaluation Kit <http://www.microsemi.com/products/fpga-soc/design-resources/dev-kits/smartfusion2/sf2-evaluation-kit>.

4. SmartFusion2 Starter Kit <http://www.microsemi.com/products/fpga-soc/design-resources/dev-kits/smartfusion2/smartfusion2-starter-kit>.

5. SmartFusion2 Development Kit <http://www.microsemi.com/products/fpga-soc/design-resources/dev-kits/smartfusion2/smartfusion2-development-kit>.

6. SmartFusion2 SoC FPGA Advanced Development Kit <http://www.microsemi.com/products/fpga-soc/design-resources/dev-kits/smartfusion2/smartfusion2-advanced-development-kit>.

7. <http://www.microsemi.com/products/fpga-soc/design-resources/dev-kits/smartfusion2/smartfusion2-dmpm-kit>.

8. http://www.microsemi.com/document-portal/doc_download/132902-pcie-adaptor-card-for-pcie-control-plane-demo.

actel.ru или Microsemi.com

НОВОСТИ

КОМПАНИЯ TOSHIBA РАСШИРЯЕТ ЛИНЕЙКУ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ ПРИНТЕРОВ НА ОСНОВЕ ЯДРА ARM CORTEX-M0

Новые микроконтроллеры отличаются увеличенным числом каналов передачи данных и наличием таймера для оптимизации работы.

Компания Toshiba Electronics Europe (TEE) выпустила новый микроконтроллер TMPM036FWFG, ставший последним дополнением серии TX00 на основе ядра ARM® Cortex®-M0. Новая интегральная схема (ИС) оптимизирована для использования в обычных и многофункциональных принтерах (МФУ). Помимо МФУ и принтеров ИС TMPM036FWFG может применяться в бытовой технике, цифровых устройствах и промышленном оборудовании.

Микроконтроллеры принтеров должны обмениваться данными с главным устройством управления и со встроенным периферийным оборудованием. Требуется также наличие функции таймера для отправки контрольных сигналов на шаговые двигатели и двигатели постоянного тока. Первоочередным требованием для разработки полнофункциональных принтеров и МФУ является увеличенное число каналов связи.

В микроконтроллере TMPM036FWFG используется ядро ARM® Cortex®-M0, которое работает с максимальной частотой 20 МГц в диапазоне напряжения от 2,3 до 3,6 В. Возможность использования того же средства среды разработки, что и для текущей серии TX03/TX04 на основе ARM® Cortex®-M, позволяет снизить расходы на разработку системы.

Микроконтроллер TMPM036FWFG, размещенный в корпусе LQFP размером 14×14 мм со 100 выводами и шагом 0,5 мм между ними, обеспечивает больше каналов передачи данных и сигналов таймера, чем предшествующая модель ИС Toshiba TMPM037FWUG, размещенная в корпусе LQFP с 64 выводами. В новой ИС используется 8-канальный интерфейс связи (6-канальный SIO/UART; 2-канальный I²C), что на два канала больше по сравнению с предшествующей моделью ИС, а также 14-канальный 16-разрядный таймер (в модели TMPM037FWUG 10 каналов таймера). Разработчики могут выбрать для себя наиболее подходящую из этих двух моделей, учитывая размеры системы или область применения.

toshiba.com

ПЛИС IGLOO2 КОРПОРАЦИИ MICROSEMI: ПРАКТИКУМ ПО СВЕРХНИЗКОМУ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ

Дмитрий Иоффе, support@actel.ru;
Артем Казаков, kazakov@actel.ru

Одна из наиболее сильных сторон новых ПЛИС корпорации Microsemi IGLOO2 и SmartFusion2 – это развитая система снижения энергопотребления до чрезвычайно малых величин, вплоть до 1 мВт. В предлагаемой статье, основанной на специальном руководстве корпорации Microsemi [1], описывается практическое исследование работы этой системы на базе недорогого отладочного набора «IGLOO2 Evaluation Kit».

Введение

Современные программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) – это очень сложные устройства. Они содержат не только собственно массив программируемой логики (programmable gate array), но и множество аппаратных узлов, расширяющих возможности устройства. Это скоростные преобразователи параллельного кода в последовательный и обратно (SERDES), подсистемы управления памятью и многое другое – вплоть до микроконтроллерных ядер. Новейшие ПЛИС корпорации Microsemi, представленные семействами IGLOO2 и SmartFusion2, пожалуй, даже выделяются на общем фоне обилием и разнообразием встроенных аппаратных блоков, которые наделяют эти устройства большим количеством функций и позволяют сократить число внешних компонентов.

Сегодня мы познакомимся с одной из самых интересных подсистем ПЛИС семейства IGLOO2 – подсистемой энергосбережения. Благодаря этой подсистеме новые ПЛИС корпорации Microsemi выделяются своей экономичностью даже среди весьма продвинутых в этом отношении конкурентов. Знакомство состоится по ходу лабораторной работы, которую мы выполним по фирменному руководству [1] с использованием отладочного набора IGLOO2 Evaluation Kit [3].

Режим сверхмалого энергопотребления Flash*Freeze

Flash*Freeze – это режим ожидания с ультранизким статическим потреблением, вплоть до 1 мВт. Устройство может легко входить в этот режим и выходить из него. Таким об-

разом, когда от устройства не требуется активная деятельность, потребляемая мощность сокращается в десятки раз. Этот режим можно использовать в мобильных устройствах, в медицинских системах для наблюдения за пациентами и во многих других случаях, где требуется минимальная статическая потребляемая мощность.

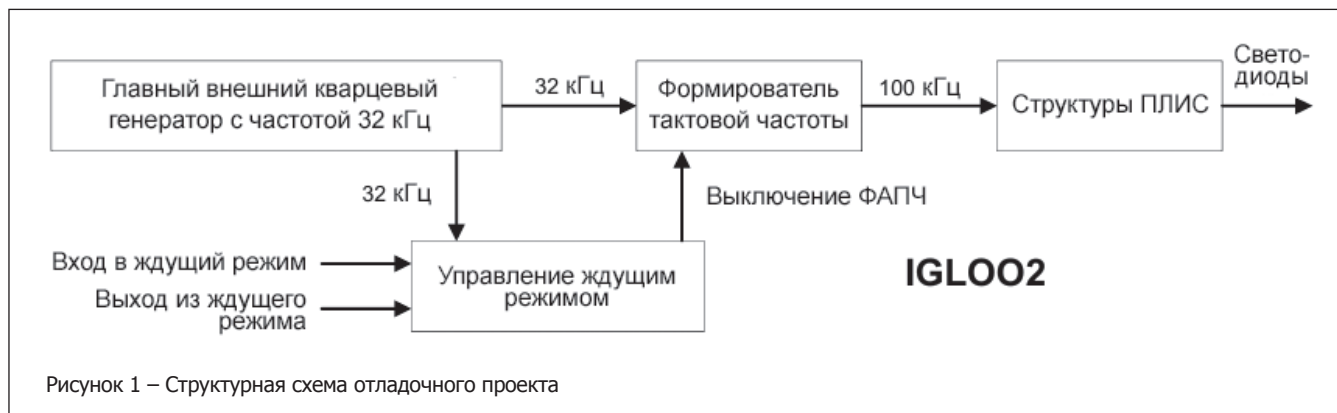
Устройство можно перевести в режим Flash*Freeze по сигналу извне или по внутреннему сигналу. Выход из режима может происходить по наличию любой активности на линиях ввода-вывода или же при появлении на них заданной сигнатуры (конфигурируется пользователем). Внешний источник тактирующего сигнала при этом не нужен. Подсистема памяти HPMS (High Performance Memory Subsystem) остается включенной, поэтому данные в статическом ОЗУ сохраняются. Также сохраняется информация в регистрах и данные о состоянии линий ввода-вывода. Поэтому возврат в активный режим происходит очень быстро.

Более подробно режим Flash*Freeze описан в тексте [2].

Подготовка к работе

По ходу работы мы создадим и откомпилируем специальный отладочный проект (рисунок 1). Он содержит большое количество непрерывно переключающихся триггеров: 421 18-разрядный двоичный счетчик, 604-разрядный сдвиговый регистр, 11 блоков LSRAM и математические блоки. Формирователь тактовой частоты (Fabric clock conditioning circuit, FCCC) при помощи системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ, по-английски PLL – Phased-locked loop) генерирует частоту 100 МГц из входной частоты 32 кГц, которая поступает от внешнего кварцевого генератора. Сигнал захвата (Lock) ФАПЧ используется для сброса ПЛИС. Схема управления переходом в ждущий режим содержит тактируемый RS-триггер, который включает и выключает питание ФАПЧ в формирователе тактовой частоты. Кроме того, проект содержит блок управления светодиодами, которые отображают состояние ПЛИС при входе в ждущий режим и выходе из него.

Файлы для создания проекта необходимо скачать с сайта корпорации Microsemi [3]. Для этого надо найти на



сайте раздел «ASIC, FPGA & SoC», войти в него и пройти по древовидному меню следующим маршрутом: ASIC, FPGA & SoC – Design Resources – Dev Kits – IGLOO2 – Evaluation Kit. Откроется страница, озаглавленная «IGLOO2 Evaluation Kit». На этой странице надо будет открыть вкладку «Training & Demos». Здесь можно найти большую подборку обучающих материалов по IGLOO2, среди которых есть несколько лабораторных работ для изучения различных свойств семейства. Нас сейчас интересует группа материалов под заголовком «Low Power». В ней есть ссылка на то самое руководство «IGLOO2 FPGA Low Standby Power – Libero SoC v11.4 Demo Guide» [1], по которому мы будем идти, и чуть ниже ссылка на архив с файлами проекта к нему – «Design Files». Скачаем и то, и другое. В тексте руководства есть ссылки на другие материалы, которые будут очень полезны для углубленного изучения.

Кроме того, конечно же, надо скачать с сайта Microsemi САПР Libero SoC версии 11.4 и установить ее, если это еще не сделано. О том, как это сделать, написано в статье [4]. Там же можно найти описание главного окна среды Libero SoC и порядок работы с ней. Заметим, что в разделе системных требований в описании лабораторной работы указана 64-разрядная операционная система семейства Windows. Тем не менее, вся работа, описанная в настоящей статье, была сделана на компьютере с 32-разрядной ОС Windows XP SP3 и 2 ГБ ОЗУ. Таким образом, на предлагаемом начальном этапе ознакомления с семейством IGLOO2 можно использовать недорогой и не самый новый компьютер.

В [1] подразумевается, что лабораторная работа будет выполняться на отладочной плате из набора «IGLOO2 Evaluation Kit». Но в конечном итоге проект из данной работы можно использовать в качестве готового блока управления режимом сверхнизкого потребления в целевом устройстве. Набор «IGLOO2 Evaluation Kit» стоит недорого, а после завершения ознакомления с ПЛИС IGLOO2 его можно использовать для чего-то полезного, например, превратить его в программируемый лабораторный генератор сигналов. А лет через 10 достать его из стола и вздохнуть: как далеко ушла вперед техника...

Итак, приступим к работе. Распакуем скачанный архив с файлами проекта «IGL2_Standby_tutorial_11p4_DF.zip» в за-

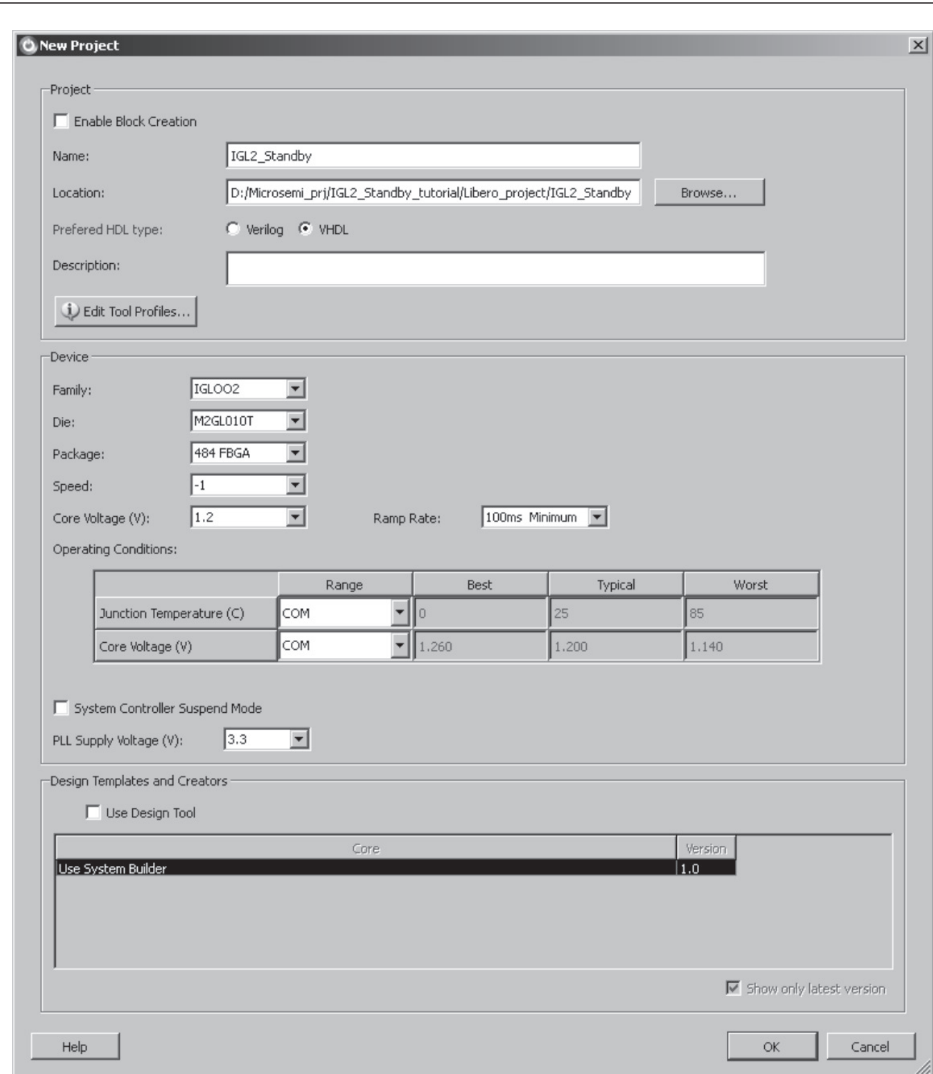


Рисунок 2 – Диалоговое окно создания нового проекта

готовленную под наши учебные проекты папку на жестком диске, и начнем.

Отметим, что по ходу работы нам может понадобиться подключение к Интернету.

Создание проекта

Запустим среду проектирования Libero SoC. Из меню «Project» выберем пункт «New Project». Появится диалоговое окно «New Project» (рисунок 2).

Заполним поля этого окна так, как показано на рисунке:

- Project Name: IGL2_Standby;
- Project Location: папка IGL2_Standby внутри распакованного содержимого архива, где лежит файл нашего проекта IGL2_Standby.prjx. Например, D:\Microsemi_prj\IGL2_Standby_tutorial\Libero_project\IGL2_Standby;
- Preferred HDL type: VHDL;
- Family: IGLOO2;
- Die: M2GL010T;
- Package: 484 FBGA;
- Speed: -1;
- Core Voltage (V): 1.2;

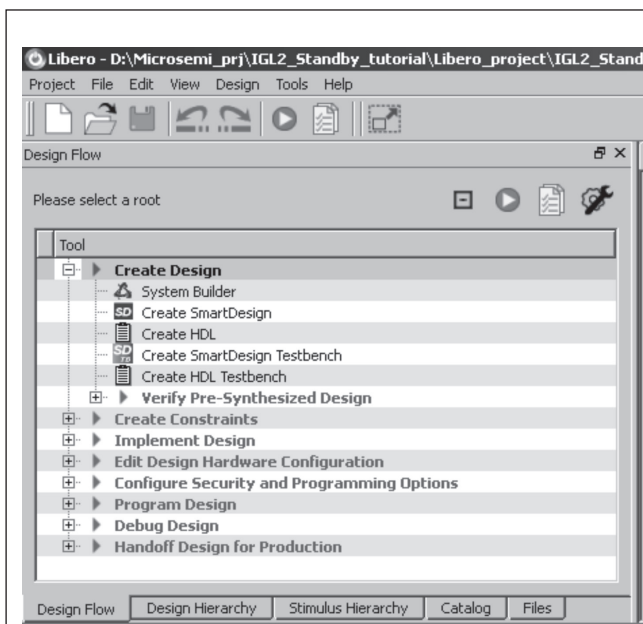


Рисунок 3 – Закладка «Design Flow»

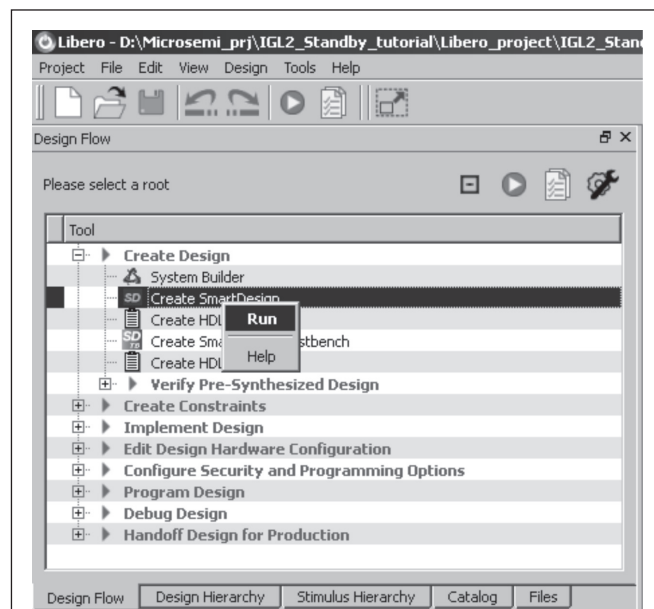


Рисунок 4 – Запуск создания проекта SmartDesign

- Ramp rate: 100ms Minimum;
- Junction Temperature: COM;
- Core Voltage: COM;
- PLL Supply Voltage (V): 3.3 (обратите внимание: по умолчанию стояло 2,5 В, но в отладочной плате подано 3,3 В);
- Use Design Tool: снять флажок (по умолчанию он был установлен).

Щелчком по кнопке ОК, окно создания нового проекта закроется.

Теперь посмотрим на главное окно Libero SoC (его описание можно найти в [6]). В его левой части мы увидим поле

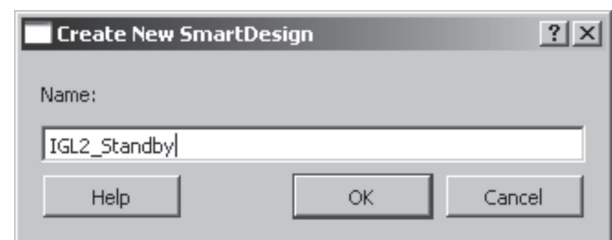


Рисунок 5 – Задание имени проекта SmartDesign

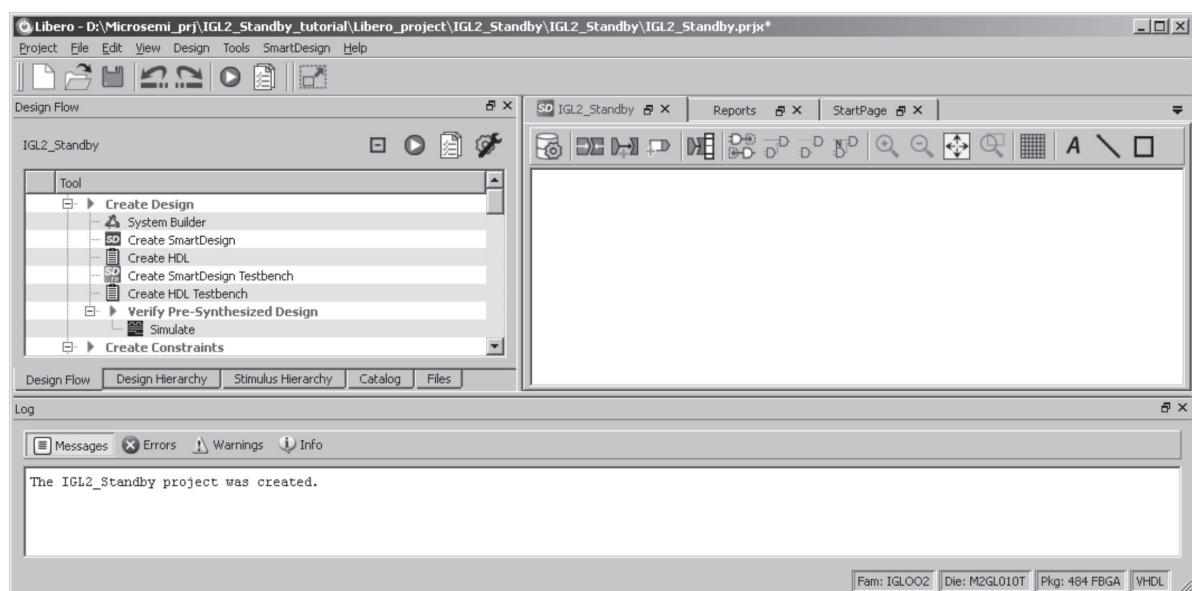


Рисунок 6 – Окно Libero SoC с пустым холстом нового проекта

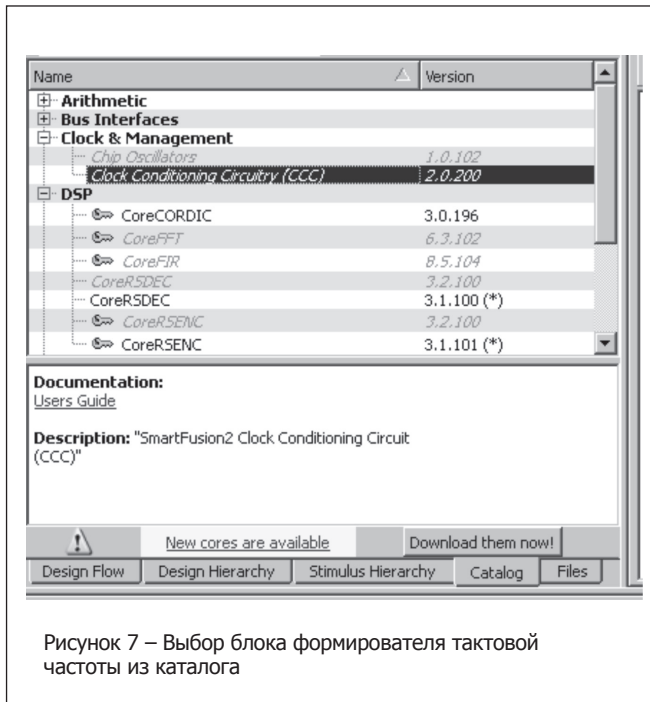


Рисунок 7 – Выбор блока формирователя тактовой частоты из каталога

с закладками. Переключимся на закладку «Design Flow» (рисунок 3). В ней отображается древовидная структура хода работы над проектом. Какие-то ветви дерева будут развернуты, какие-то свернуты. Сворачивать и разворачивать ветвь можно двойным щелчком мыши по ее имени или одиночным щелчком по маленькому квадратику рядом с именем.

Развернем ветвь «Create Design». Найдем там строку «Create SmartDesign», щелкнем по ней правой кнопкой мыши и выберем из выпавшего меню пункт «Run» (рисунок 4).

Появится небольшое диалоговое окно «Create New SmartDesign». Введем в его единственное поле «Name»

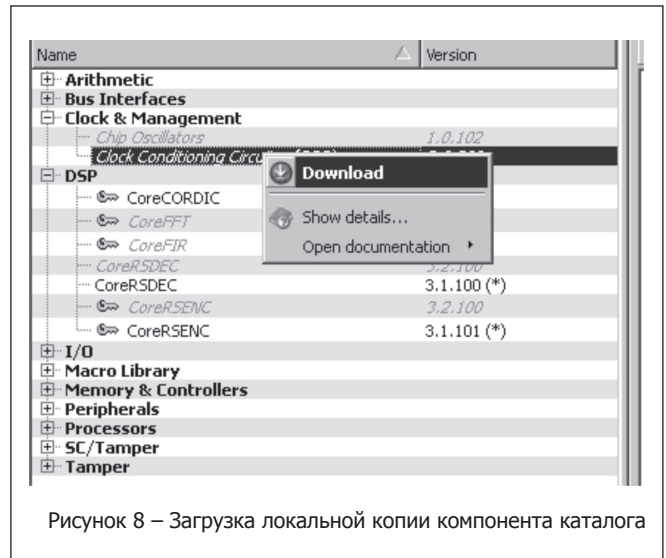


Рисунок 8 – Загрузка локальной копии компонента каталога

имя нашего проекта «IGL2_Standby» и нажмем на кнопку ОК (рисунок 5).

После этого в правой части окна Libero SoC поверх ее остального содержимого появится поле интерактивного графического инструмента для создания проекта – «холст» (canvas) для нашего проекта (рисунок 6).

Теперь мы будем собирать наш проект из готовых «кирпичиков» – IP-ядер из каталога Libero, а также модулей скачанного учебного проекта, используя интерактивный графический инструмент SmartDesign среды Libero SoC.

Начнем с формирователя тактовой частоты. Он должен генерировать тактовую частоту 100 МГц из входной частоты 32 кГц, поступающей от внешнего кварцевого генератора.

Переключимся в левой части окна Libero SoC с закладки «Design Flow» на закладку «Catalog». Там мы также увидим древовидную структуру. Развернем ветвь «Clock & Management» (рисунок 7).

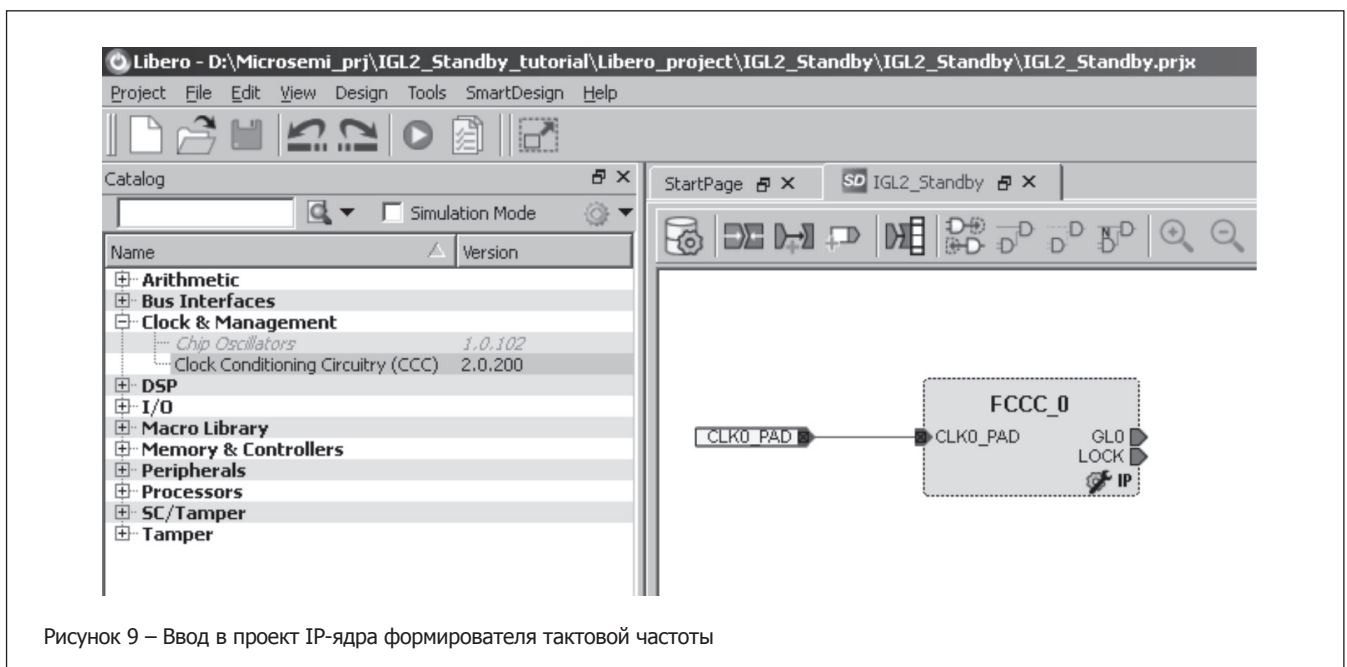


Рисунок 9 – Ввод в проект IP-ядра формирователя тактовой частоты

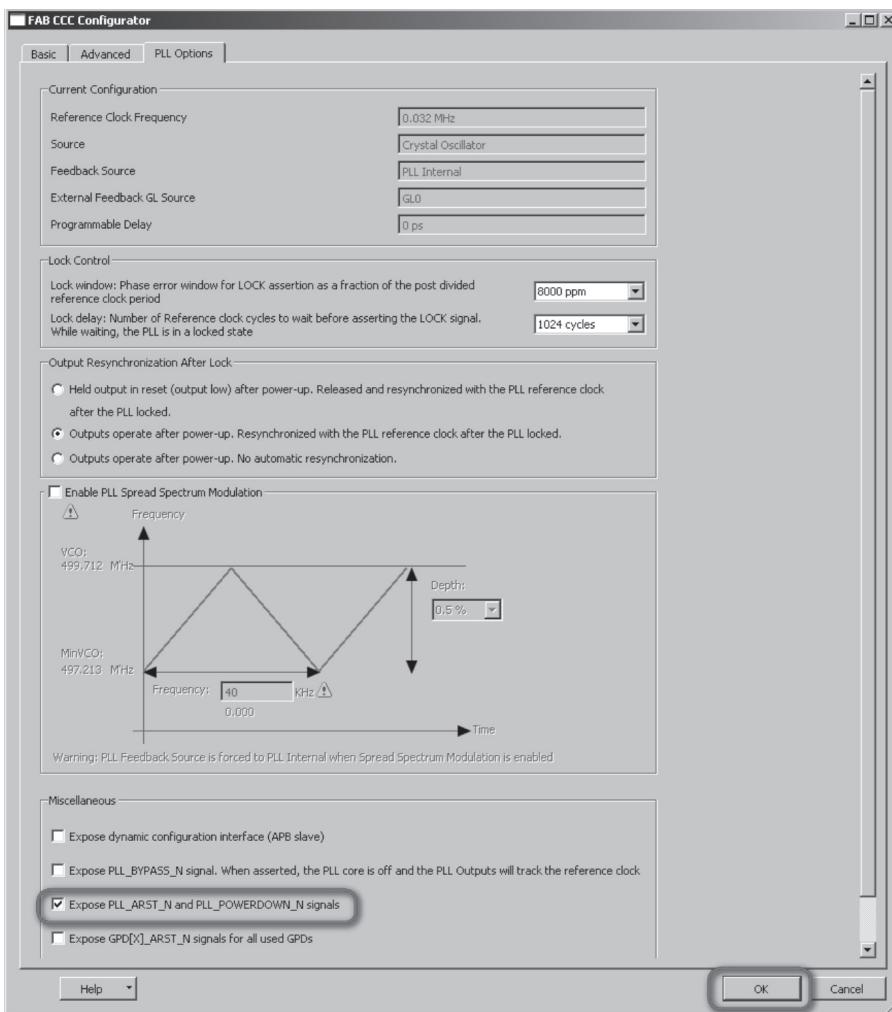


Рисунок 12 – Окончание конфигурирования формирователя тактовой частоты

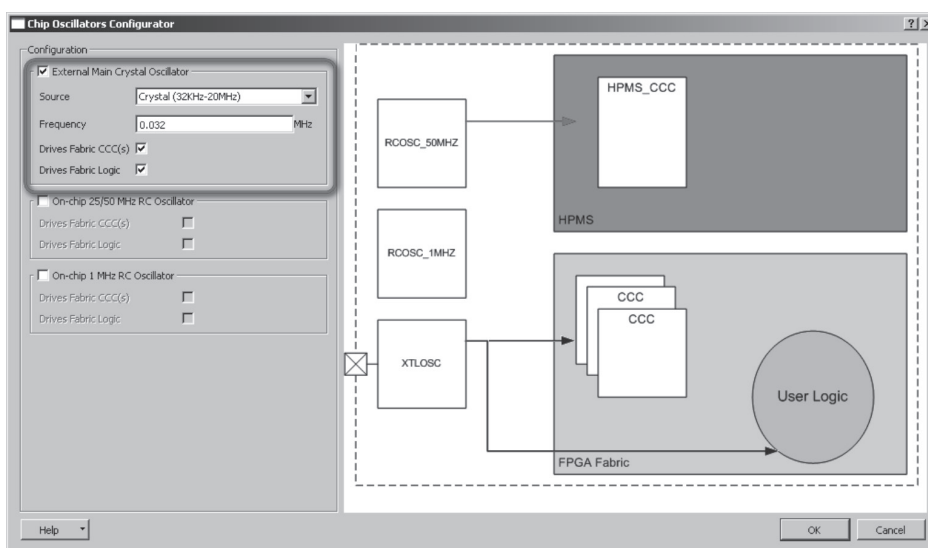


Рисунок 13 – Конфигурирование IP-ядра генератора

– установим флажок «External Main Crystal Oscillator»;

– из выпадающего списка «Source» выберем вариант «Crystal (32 КГц – 20 МГц)»;

– в поле «Frequency» введем «0.032»;

– установим флажки «Drives Fabric CCC(s)» и «Drives Fabric Logic»;

– закроем окно конфигурации – щелкнем по кнопке OK.

Теперь добавим в наш проект блоки, написанные на языке VHDL. Они лежат в папке «Source_files» распакованного архива. Для этого надо сделать следующее:

– вернуться на закладку «Design Flow» в левой части окна Libero SoC;

– в ветви «Create Design» щелкнуть правой кнопкой мыши по строке «Create HDL» и выбрать из выпавшего меню пункт «Import Files...» (рисунок 14);

– в открывшемся окне выбора файлов найти ту самую папку «Source_files» и войти в нее;

– одновременно нажать и отпустить клавиши «Ctrl» и «A» (латинское) – это команда «Выбрать все», после этого все файлы в диалоговом окне будут выделены;

– нажать на кнопку «Открыть» («Open») в правом нижнем углу диалогового окна.

Если мы теперь перейдем на закладку «Design Hierarchy» в левой части окна Libero SoC, то увидим там все добавленные файлы в правильном иерархическом порядке (рисунок 15).

На верхнем уровне иерархии мы видим два модуля: Standby_Control и Fabric_Logic. Перетащим мышью строчки с их именами на холст. На холсте эти строчки, опять же, преобразуются в прямоугольные изображения модулей проекта. На этом этапе состав нашего проекта определился (рисунок 16).

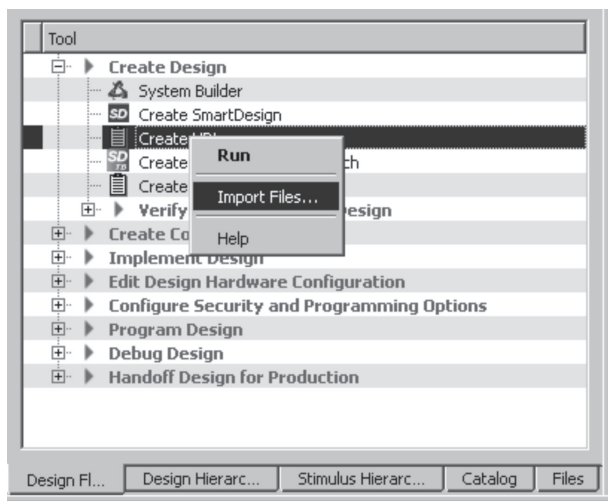


Рисунок 14 – Добавление в проект файлов на языке описания аппаратуры

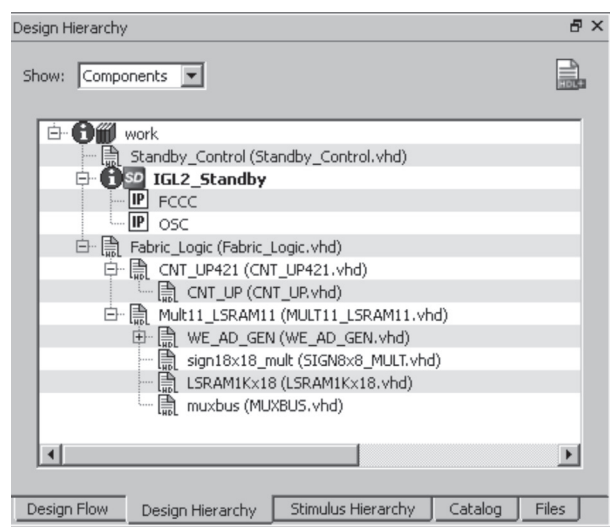


Рисунок 15 – Иерархия проекта

Теперь нам надо выполнить соединения компонентов на холсте. Перейдем в режим соединения, выбрав из меню Libero SoC пункт «SmartDesign – Connection Mode». Вид указателя мыши при этом изменится. Соединим выход генератора со входом формирователя тактовой частоты следующим образом:

- щелкнем левой кнопкой мыши по порту XTLOSC_CCC_OUT компонента OSC_0 (щелкать можно не только по значку на границе изображения компонента, но и по имени порта), после этого порт окажется выделенным;
- нажмем клавишу «Ctrl» и, не отпуская ее, щелкнем по порту XTLOSC_CCC_IN компонента FCCC_0, теперь выделен и этот порт;

- щелкнем по одному из выделенных портов правой кнопкой мыши и выберем из выпавшего меню пункт «Connect».

После этих действий на холсте возникнет соединение между портами.

Теперь по образцу и подобию выполним соединения, перечисленные в таблице 1. Если надо соединить более двух портов, то аналогично выделяем все эти порты при нажатой клавише «Ctrl».

Далее надо вывести часть сигналов на выводы ПЛИС. В терминологии среды Libero SoC это называется «Promote to Top Level». Чтобы вывести сигнал на выводы ПЛИС, надо

Таблица 1 – Соединения на холсте

От	До
OSC_0: XTLOSC_O2F	Standby_Control_0: CLK
Standby_Control_0: PLL_PowerDown	FCCC_0: PLL_ARST_N FCCC_0: PLL_POWERDOWN_N
FCCC_0: GL0	Fabric_Logic_0: CLK
FCCC_0: LOCK	Fabric_Logic_0: RST

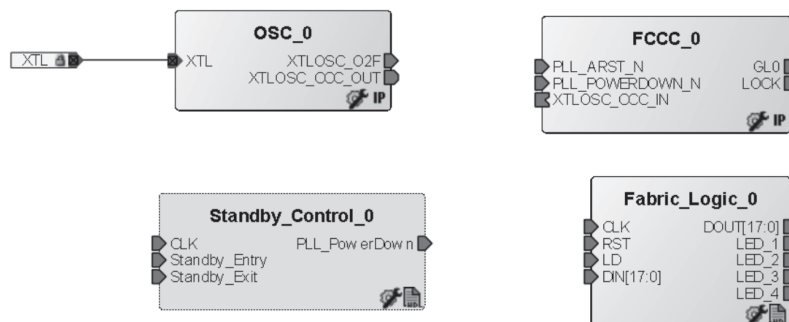


Рисунок 16 – Вид холста после добавления модулей проекта

щелкнуть по его порту правой кнопкой мыши и выбрать из выпавшего меню пункт «Promote to Top Level». Выведем наружу следующие порты:

- Standby_Control_0: Standby_Entry;
- Standby_Control_0: Standby_Exit;
- Fabric_Logic_0: LD;
- Fabric_Logic_0: DIN[17:0];
- Fabric_Logic_0: DOUT[17:0];
- Fabric_Logic_0: LED_1;
- Fabric_Logic_0: LED_2;
- Fabric_Logic_0: LED_3;
- Fabric_Logic_0: LED_4.

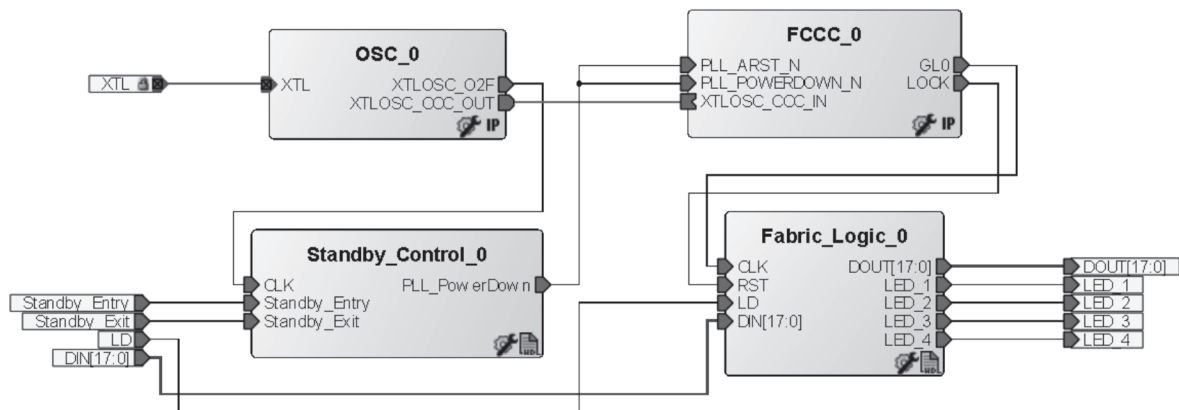


Рисунок 17 – Вид холста после выполнения соединений

Теперь все соединения сделаны (рисунок 17). Для улучшения читаемости схемы можно перетащить компоненты в более удобные места мышью и/или доверить это среде Libero SoC: щелкнуть правой кнопкой мыши в любом свободном месте холста и выбрать из выпавшего меню пункт «Auto Arrange Instances».

Сохраним наш проект, нажав на панели инструментов окна Libero SoC кнопку с изображением дискеты.

Следующий шаг – генерация компонента SmartDesign. Выбираем пункт меню главного окна «SmartDesign – Generate Component» и ожидаем появления в поле протокола в нижней части главного окна сообщения «Info: 'IGL2_Standby' was successfully generated».

Импорт файла физических ограничений

Теперь нам надо привязать наш проект к реальной микросхеме, установленной на плате отладочного набора, а именно: указать соответствие выведенных наружу сигналов проекта конкретным выводам микросхемы и для каждого вывода задать его атрибуты: направление передачи сигнала

и прочее. Такая привязка задается в файле физических ограничений (Physical Constraint file). В среде Libero SoC эти файлы имеют расширение PDC. В папке, которую мы получили в начале работы из архива, есть подпапка «Constraints», а в ней лежит тот самый файл «IGL2_Standby.pdc», который нам нужен. Импортировать в проект его можно следующим образом:

- перейти на закладку «Design Flow» в левой части окна Libero SoC;

- развернуть ветвь «Create Constraints»;

- выбрать в этой ветви строку «I/O Constraints», щелкнуть по ней правой кнопкой мыши и выбрать из выпавшего меню пункт «Import Files» (рисунок 18). Появится обычное диалоговое окно выбора файла. Найдем через него наш файл PDC и нажмем OK. В появившемся после этого окне «Information» в ответ на вопрос «Do you want to organize constraint file(s) for your current root (IGL2_Standby) for (Compile)» надо нажать на кнопку «No».

Теперь этот файл можно найти на закладке «Files» в левой части окна Libero SoC в разделе «Constraint – io» (рисунок 19).

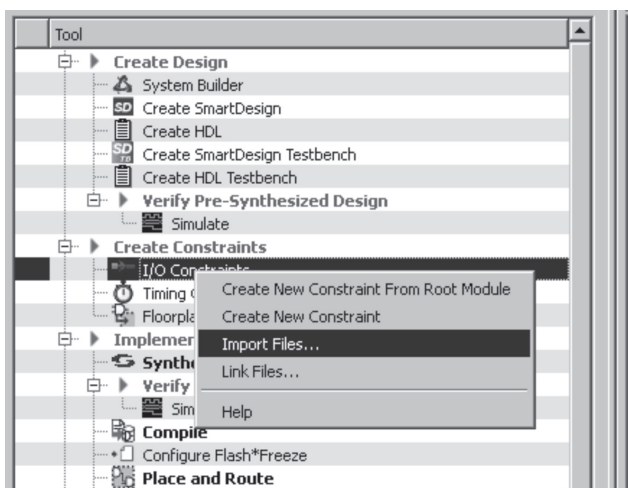


Рисунок 18 – Импорт файла физических ограничений

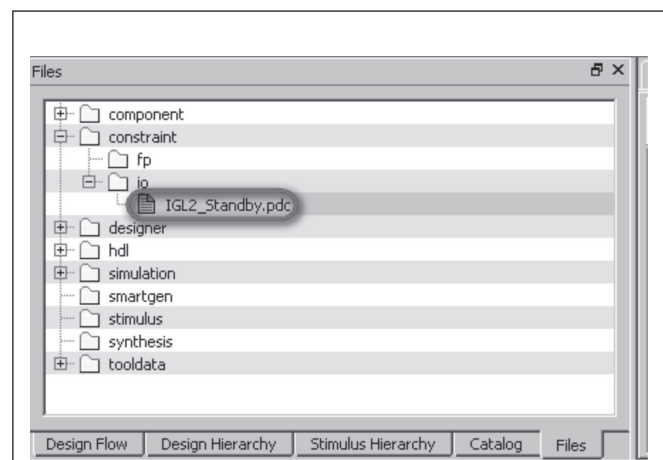


Рисунок 19 – Результат импорта файла физических ограничений

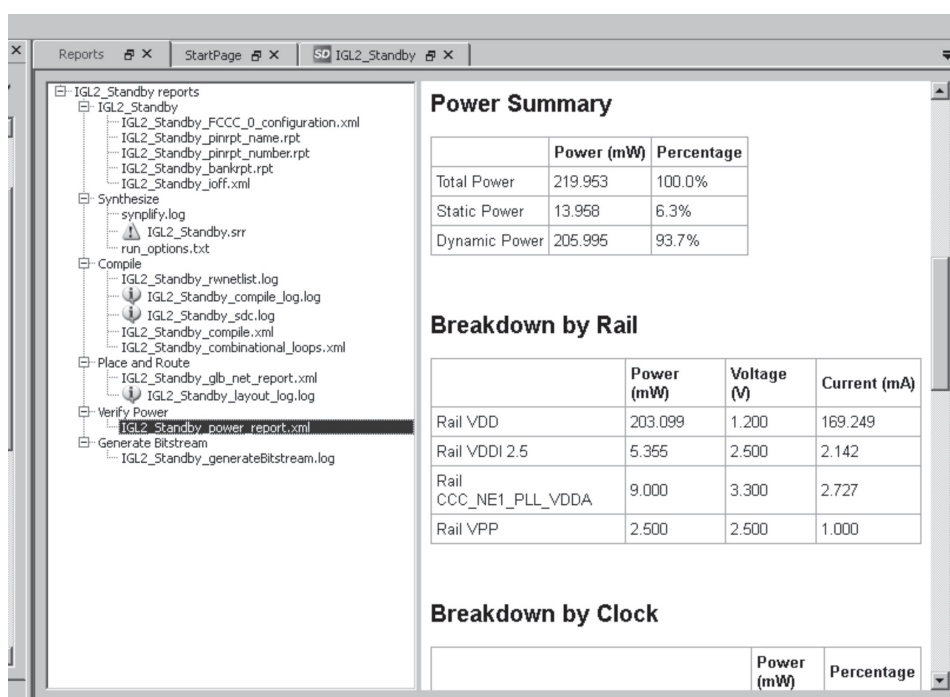


Рисунок 20 – Отчет о потребляемой мощности

Описание построения файла физических ограничений можно найти в справочной системе Libero SoC (Help – Help Topics – Implement Design – Constrain Place and Route – Assigning Design Constraints – Design Constraints Guide – Reference – Constraints by File Format – PDC Command Reference).

Синтез и трассировка

Следующий этап работы – синтез и трассировка проекта. Для нас это будет последовательностью несложных действий.

1. В левой части окна Libero SoC на закладке «Design Flow» развернем ветвь «Create Constraints», в ней развернем ветвь «I/O Constraints» и увидим имя нашего файла физических ограничений. Оно помечено перечеркнутым красным кругом. Щелкнем по нему правой кнопкой мыши и выберем из выпавшего меню пункт «Use for Compile». После этого перечеркнутый красный круг сменится на зеленую галочку.

2. Запустим генерацию данных для программирования. Для этого надо выбрать из меню Libero SoC пункт «Design – Generate Bitstream» (в других версиях среды возможно название «Generate Programming Data») или найти в верхней части закладки «Design Flow» кнопку с зеленым кругом и белым треугольником внутри и щелкнуть по ней мышью. Дальнейшая деятельность Libero SoC пойдет в пакетном режиме, среда будет самостоятельно запускать нужные программы в нужном порядке. Нам останется только наблюдать за сообщениями в поле протокола в нижней части окна Libero SoC.

Если в проекте нет ошибок, то по мере выполнения этапов работы можно увидеть в разделе «Implement Design» закладки «Design Flow» появление галочек рядом с име-

нами этих этапов. Сама закладка «Design Flow» при этом будет неактивна, за исключением красной кнопки «Abort», которая позволит при необходимости прервать процесс. Мы узнаем об окончании процесса по переходу закладки «Design Flow» в активное состояние и по сообщению «Generating Bitstream File Finished» в поле протокола.

Генерация отчета о потреблении

После окончания трассировки мы сможем увидеть один из основных результатов нашей лабораторной работы – отчет о потреблении (Power Report). Найдем в разделе «Implement Design» закладки «Design Flow» ветвь «Verify Post Layout Implementation», развернем ее, если она свернута,

и щелкнем правой кнопкой мыши по строке «Verify Power», а затем выберем из выпавшего меню пункт «Run». Через некоторое время в правой верхней части окна Libero SoC активизируется закладка «Reports», а на ней мы увидим подробный отчет о расчетной потребляемой мощности (рисунок 20): суммарно, статическая, динамическая, по отдельным напряжениям питания и т.д. Отметим, что для нашего объемистого проекта предсказано суммарное потребление всего в 220 мВт.

Программирование

И, наконец, пришел время взять в руки отладочную плату из набора «IGLOO2 Evaluation Kit» (рисунок 21).

Для того, чтобы запрограммировать ПЛИС, нам надо сделать следующее:

- до начала программирования (и до включения питания) установить джамперы J3 и J8 так, как показано на рисунке (в самое нижнее (по рисунку) из возможных положений);
- подключить ленточный кабель программатора FlashPro4 к разъему J5 (разъем для программирования через JTAG);
- соединить FlashPro4 с портом USB компьютера при помощи кабеля miniUSB;
- если появится запрос установки драйверов – установить драйверы FlashPro4. Они находятся в папке установки Libero SoC, в подпапке \Designer\Drivers;
- подать питание на отладочную плату. Для этого надо подключить к плате сетевой адаптер и передвинуть выключатель в левое (по рисунку) положение. После этого должны загореться три зеленых светодиода в левом верхнем углу платы;
- развернуть ветвь «Program Design» в нижней части закладки «Design Flow», щелкнуть правой кнопкой мыши

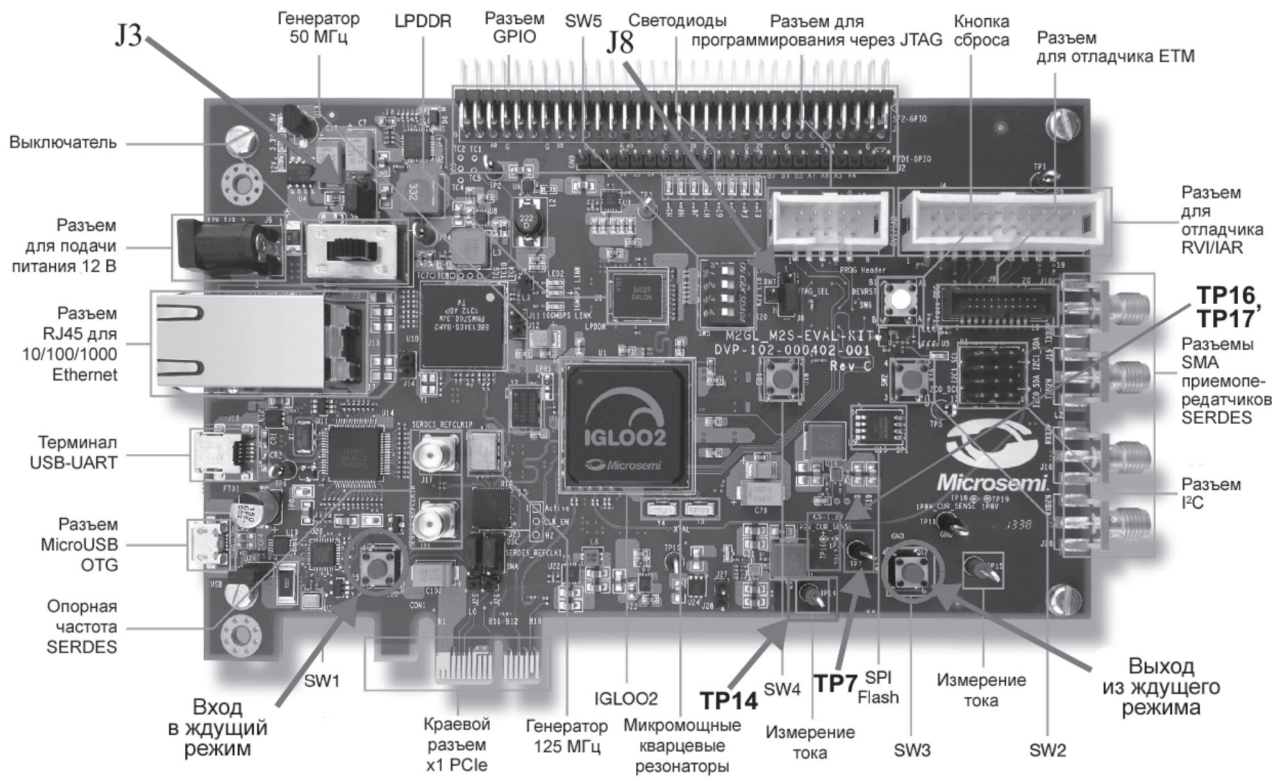


Рисунок 21 – Отладочная плата из набора «IGLOO2 Evaluation Kit»

по строчке «Run PROGRAM Action» и выбрать из выпавшего меню пункт «Run». Утилита управления программатором запустится в пакетном режиме, ее работу можно отслеживать в поле протокола. На время программирования закладка «Design Flow» также станет неактивной. По окончании программирования в поле протокола среди прочих сообщений появится сообщение «Chain Programming Finished». Об успешном окончании программирования будет также свидетельствовать зеленая галочка возле строки «PROGRAM Action» на закладке «Design Flow». Отметим, что прерывать программирование нельзя, это может привести к повреждению микросхемы или программатора.

Если после окончания программирования мы посмотрим на отладочную плату, то мы увидим, что правые четыре светодиода в группе из восьми светодиодов левее разъема JTAG (E1, F4, F3 и G7) начали переключаться с различной частотой.

Теперь окно Libero SoC можно закрыть.

Измерение потребляемой мощности

На отладочной плате, как уже упоминалось, есть специальная схема для измерения тока, потребляемого ядром ПЛИС. Эта схема усиливает падение напряжения на специальном токоизмерительном резисторе сопротивлением 0,05 Ом, установленном в цепи питания ядра. Выходное напряжение этой схемы надо измерять между точками TP7 (отрицательный щуп вольтметра) и TP14 (положительный щуп) (рисунок 22).

Если полученное напряжение в милливольтках разделить на пять, то получится ток потребления в миллиамперах. Затем умножим этот ток на напряжение питания ядра 1,2 В и получим потребляемую мощность в милливаттах.

Кроме того, можно измерить напряжение непосредственно на токоизмерительном резисторе. Для этого надо подключить вольтметр к точкам TP17 (отрицательный щуп) и TP16 (положительный щуп). Если измеренное

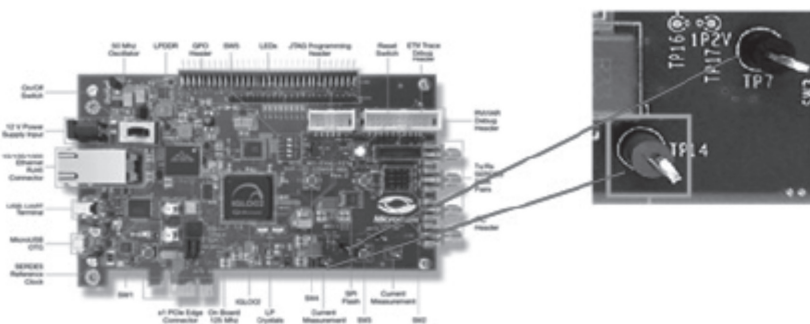


Рисунок 22 – Расположение точек для измерения на отладочной плате

напряжение в милливольтках поделить на 0,05 и умножить на 1,2, то мы получим потребляемую ядром ПЛИС мощность в милливаттах. Заметим, что при ожидаемом токе менее 10 мА падение напряжения составит меньше 0,5 мВ, поэтому для таких измерений нужно использовать точный вольтметр с субмилливольтовым диапазоном измерения.

Мы начнем с измерения полной потребляемой мощности. Подадим питание на отладочную плату. Убедимся, что светодиоды E1, F4, F3 и G7 (рисунок 21) переключаются. Если это не так (что очень маловероятно), то нажмем на кнопку сброса. Измерим напряжение между точками TP7 и TP14. У авторов получилось 865 мВ. Это соответствует потребляемой мощности 207,6 мВт. Полученный результат с очень высокой точностью совпадает с величиной полного потребления 205,995 мВт (рисунок 20), предсказанной в отчете по потребляемой мощности.

Теперь нажмем кнопку SW1 и переведем ПЛИС в ждущий режим. При этом переключение светодиодов E1, F4, F3 и G7 должно остановиться. Снова измерим напряжение между точками TP7 и TP14. У авторов получилось 60,2 мВ, или 14,4 мВт. Это достаточно хорошо совпадает с величиной статического потребления 13,958 мВт из отчета по потребляемой мощности.

Заключение

В нашей лабораторной работе мы провели измерение потребляемой мощности ПЛИС семейства IGLOO2 корпорации Microsemi в рабочем режиме и в ждущем режиме. Выяснилось, что:

- в ждущем режиме потребляемая мощность, и так небольшая, снизилась более, чем в 10 раз;
 - САПР Libero SoC позволяет с высокой точностью оценить мощность потребления для откомпилированного проекта.
- Кроме того, мы приобрели начальные сведения и навыки по работе в САПР Libero SoC версии 11.4.

Литература:

1. IGLOO2 FPGA Low Standby Power – Libero SoC v11.4 Demo Guide. – Материал с сайта корпорации Microsemi.
2. IGLOO2 FPGA Low Power Design User Guide. – Материал с сайта корпорации Microsemi.
3. <http://www.microsemi.com>. – Материал с сайта корпорации Microsemi.
4. Libero SoC – быстрый старт // «Компоненты и технологии». – 2013. – № 10.

НОВОСТИ

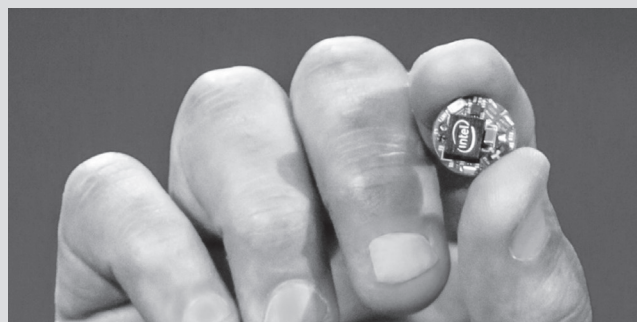
МОДУЛЬ INTEL CURIE РАЗМЕРОМ С ПУГОВИЦУ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ НОСИМЫХ УСТРОЙСТВ

Компания Intel представила свою новую разработку – Intel Curie. Этот модуль можно использовать в носимых устройствах: браслетах, кулонах, очках и так далее. Intel Curie Module – это чип размером буквально с крупную пуговицу, поэтому его можно устанавливать даже в небольшие решения.



Intel Curie включает 32-битный энергоэффективный микроконтроллер Intel Quark SE, 384 КБ флеш-памяти и 80 КБ SRAM, 6-осный комбинированный сенсор (акселерометр и гироскоп), модуль Bluetooth Low Energy, датчик движения и блок зарядки аккумулятора.

Intel Curie, как уже упоминалось, работает на основе однокристалльной системы Intel Quark SE, которая спроектирована специально для носимых устройств. Эта система подойдет для постоянно работающих при-



ложений, включая уведомления из социальных сетей и отслеживание занятий спортом. Она изначально проектировалась таким образом, чтобы обеспечить очень низкий уровень энергопотребления. Система может работать на протяжении длительного времени от аккумулятора размером с монету. Кроме того, Intel Quark SE имеет механизм распознавания образов, который позволяет определять различные движения. Выпуск Intel Curie запланирован на вторую половину 2015 года.

Intel

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЙ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

УДК 004.89

А.В. Гулай, В.М. Зайцев, БНТУ, г. Минск

Аннотация

Рассмотрены возможные подходы к оценке уровня многообразия интеллектуальной системы, который определяется ее функциональным состоянием. Предложена схема выработки управленческих решений на основе использования таблицы соответствия укрупненных состояний определенным рациональным управленческим решениям. Апостериорные риски принятия управленческих решений учитываются в данной схеме путем введения статистических критериев.

Введение

Любая развитая и достаточно сложная система технического назначения должна обеспечивать целенаправленное управление и автоматическую или автоматизированную адаптацию к изменяющимся внешним и внутренним условиям функционирования, что является центральным вопросом ее жизнедеятельности. Используемая при этом технология управления фактически определяет эффективность, эксплуатационные параметры и сложность построения системы. По технической сущности, управление в интеллектуальных системах – это целенаправленное воздействие системы (субъекта управления) на среду функционирования, объект управления и на саму систему, которое рефлекторно выбирается из множества возможных воздействий на основании имеющихся для этого информационных сенсорных образов.

Возможностей управления тем больше, а управление осуществляется тем эффективнее, чем шире диапазон значений, которые могут принимать управляющие воздействия в процессе функционирования системы. Однако в реальных системах диапазон изменения каждого управляющего воздействия ограничен, и эти ограничения определяются адаптационными возможностями системы [1–3]. В данном случае адаптация – это отклик системы на изменения условий и на другие возможные возмущения, которые способны реально или потенциально уменьшить состав или качество реализуемых функций, возложенных на систему, при этом отклик должен препятствовать развитию негативных явлений. При пассивной адаптации система изменяет свое поведение для компенсации негативных факторов. Активная или комбинированная адаптация предусматривает выработку встречных управляющих воздействий на среду функционирования, на объект управления и на саму систему, которые способны в настоящем и в будущем целенаправленно изменять в предпочтительном направлении поведение как объекта управления, так и системы [2, 3].

Оценка необходимого разнообразия состояний интеллектуальной системы управления

Введение в состав системы цифровых вычислительных компонентов и цифровых методов обработки сигналов существенно расширило функциональные системотех-

нические возможности, и на смену физическим способам формирования управляющих воздействий пришли виртуальные принципы гибкого высокоскоростного интеллектуального управления и адаптации. Возникла возможность автоматической оценки различных комбинаций воздействий путем их предварительной классификации и укрупнения с помощью промежуточного информационного слоя, который обеспечивает представление в системе некоторого сенсорного образа реально складывающейся системотехнической обстановки.

У.Р. Эшби был сформулирован основополагающий закон кибернетической теории систем – закон необходимого разнообразия, согласно которому разнообразие управляющей системы должно быть не меньше разнообразия среды функционирования и объекта управления [1]. Для результативного управления и адекватного изменения своих структурно-параметрических свойств в ответ на возможные возмущения внешних и внутренних условий функционирования системы должны оперативно получать и использовать сведения для учета динамически складывающейся обстановки. По внутреннему энергетическому балансу они при этом приближаются к автоматическим системам, но очень далеки от них по своему внешнему энтропийному или информационному балансу. Равновесие, к которому стремятся сложные интеллектуальные системы, характеризуется как состояние частичного гомеостаза [2, 3]. Для управления сложной системой и для эффективной адаптации ей необходимо обладать значительным собственным разнообразием. Однако каким должно быть необходимое разнообразие системы и каков его характер, в указанных работах не поясняется.

Для описания разнообразия систем применяются различные методы, наиболее распространенным из которых является способ, опирающийся на теорию оценки сложности информационных систем К. Шеннона. При этом используется известная формула:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (1)$$

где H – коэффициент Шеннона; n – количество видов состояний в системе; p_i – доля состояний i -го вида в общем количестве состояний [4].

Однако данная теория не является универсальной: статистическое понятие информации и основанная на нем мера разнообразия выражают, прежде всего, «структурно-синтаксический» аспект. Это приводит к определенному огрублению идеи информации – наблюдается отвлечение от ее смысла; проявляется игнорирование ее ценности для практического решения задач управления; происходит порождение различных парадоксов [2, 3]. Например, наибольшей информацией будет обладать случайная, бессистемная совокупность равновероятных состояний системы, лишенная всякого смысла и не пригодная для формирования каких-либо управляющих воздействий. Ограничен-

ность данной теории информации для решения задач управления привела к возникновению других подходов к ее трактованию и описанию системного разнообразия. Так, наряду с энтропийным методом наиболее употребительными являются семантический и прагматический способы, которые связаны с качественными аспектами информации.

Семантическая концепция информации возникла как попытка измерения смысла сообщений в форме суждений, являющихся носителями знания и понимаемых человеком. Для нее наиболее важным оказывается анализ содержательных характеристик информации. Практической направленностью отличается вариант построения семантической теории информации, предложенный Ю.А. Шрейдером [5]. В отборе альтернатив управления участвует акт принятия управленческого решения, который обычно осуществляется специальной организационной структурой системы – органом управления, ответственным за придание системе максимальной функциональной эффективности и устойчивости. В данном случае показана прямая зависимость ценности информации от степени развития тезауруса системы, что определяется минимальным запасом знаний органа управления о среде функционирования, объекте управления и системе, а также об их возможных состояниях.

Сущность прагматической концепции оценки информации заключается в выявлении ее полезности и ценности по конечным результатам использования органом управления. Одним из первых на этот аспект проблемы обратил внимание А.А. Харкевич, который считал, что величину ценности информации целесообразно выражать через приращение вероятности достижения цели после получения необходимой информации [6]. Поскольку оперативные свойства информации выражаются в процессуальных формах, то речь должна идти, прежде всего, о процессах передачи, приема, хранения и переработки информации.

Перспективным подходом представляется направление синергетического исследования управления в системах и описание системных процессов на макроскопическом и микроскопическом уровнях. Синергетика рассматривается как физико-математическая теория так называемых диссипативных систем, то есть систем открытых, взаимодействующих с окружающей средой и сохраняющих свое существование благодаря постоянному обмену с ней веществом, энергией, информацией [7, 8]. Макроскопический подход соответствует внешней точке зрения на процессы управления и позволяет представить структурные характеристики функционирования системы. Центральным моментом такого подхода является первичный анализ микроскопических состояний среды функционирования, объекта управления и системы.

В работах основоположника синергетики Г. Хакена методологическая схема конкретизируется с помощью принципа круговой причинности [7, 8]. С одной стороны, уровень разнообразия системных состояний, описывающий макроскопическую структуру системы, подчиняет себе движение ее компонентов. С другой стороны, компоненты системы кооперативно взаимодействуют между собой, при этом определяют параметры микросостояний и порождаются конкретные макросостояния. При решении указанной проблемы различается обмен информацией системы с окружающей средой (макроуровень) и обмен информацией между частями системы (микроуровень). Шенноновская

информация, по мнению автора данной концепции, никак не связана со смыслом, поскольку она отражает процессы в замкнутых системах, которые не могут ни порождать, ни хранить информацию. Синергетику, имеющую дело с открытыми самоорганизующимися системами, можно рассматривать как теорию возникновения новых качеств на макроскопическом уровне, а данную характеристику интерпретировать как возникновение смысла.

Понятие «разнообразие» в процессе развития получило расширенное многоуровневое толкование: разнообразие должно рассматриваться как основной параметр, характеризующий возможные состояния систем (рисунок 1). Оно имеет отношение к размаху изменчивости или различий между некоторыми множествами или группами состояний и логически складывается из двух компонентов [2, 3, 9–11]:

- видового разнообразия, которое характеризуется общим числом системных параметров или характеристик, принципиально определяющих выделение тех или иных системных состояний;

- выравнинности, основанной на ранговом показателе значимости каждого состояния и его положении в структуре предпочтительности и доминирования.

Анализ различных подходов показывает, что разнообразие объекта управления и системы технического назначения целесообразно определять не одним параметром, а набором определенных количественных показателей системы. Для создания условий, при которых система будет обладать способностью к самопозиционированию и адаптации в пространстве возможных состояний и, следовательно, к генерации новых видов информации – выработке управленческих решений, в эту группу показателей следует ввести:

- множество возможных характеристически обособленных в смысловом отношении групп системных состояний (таксонов) S ;

- число применяемого видового разнообразия m_g ;

- функцию рангового распределения числа системных состояний $W_s(p)$ по таксонам.



Под таксоном S понимается классификационная группа, состоящая из некоторых дискретных элементов, которые объединяются в эту группу на основе общих свойств и признаков. В контексте процессов управления количество R_S возможных таксонов системы S и их смысловое назначение определяется системными аналитиками в зависимости от числа и содержания задач выработки управляющих воздействий на среду функционирования, на объект управления и саму систему. Каждому таксону могут быть поставлены в соответствие определенные управляющие воздействия. При количестве таксонов $R_S = 5$ и наиболее распространенной схеме классификации значений параметров или характеристик x_g отдельным таксонам может быть приписан следующий системотехнический смысл: S_1 – таксон предпочтительных состояний для формирования управляющих воздействий в соответствии с требуемым законом управления или с целью сохранения текущих состояний системы; S_2, S_3, S_4, S_5 – таксоны выработки управляющих воздействий при достижении контролируемыми параметрами или характеристиками, соответственно, верхних и нижних предупредительных, а также верхних и нижних аварийных границ.

Количество таксонов может быть расширено, например, при иерархическом разбиении таксонов S_2, S_3, S_4, S_5 на дополнительные таксоны S_{r1}, S_{r2}, S_{r3} ($r = 2, 3, 4, 5$) по месту возникновения события: среда функционирования, объект управления, управляющая система. Кроме того, вместо таксона S_1 могут быть введены дополнительные таксоны $S_{11}, S_{12}, S_{13}, \dots$. Расширение состава таксонов обеспечивает выработку системой более адекватных управляющих воздействий.

Число применяемого видового разнообразия m_g определяется составом видов контролируемых, непрерывных, дискретных и импульсных параметров и характеристик среды функционирования, объекта управления и управляющей системы. Увеличение m_g позволяет сформировать детальное внутрисистемное сенсорное отображение свойств среды, объекта и системы, и выполнить более точное самопозиционирование и адаптацию. Фактическое сочетание значений параметров и характеристик определяет текущее системотехническое состояние – сенсорный образ свершившихся фактов проявления указанных свойств.

Ранговый закон распределения является одним из наиболее общих системотехнических подходов; это распределение может рассматриваться как отображение закона разнообразия. Данное распределение называется гиперболическим распределением Ципфа-Мандельброта и является результатом процедуры ранжирования системотехнических состояний – их группирования по таксонам и расстановки в порядке убывания ранга (порядкового номера ранжирования) [9, 10]. Если $p_1, p_2, \dots$ – относительная частота появления системотехнических состояний r -го таксона, при этом выполняется условие нормирования $p_1 + p_2 + \dots = 1$, то гиперболический закон Ципфа определяется выражением:

$$p_r = A/r; \quad r = 1, 2, \dots, R_S. \quad (2)$$

В этом случае из условий нормирования справедливы следующие соотношения:

$$A/1 + A/2 + \dots + A/R_S = 1; \quad (3)$$

$$A = 1/[1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/R_S]. \quad (4)$$

Достаточно часто применяют иную форму гиперболического закона:

$$W = A/r^\beta, \quad (5)$$

где W – ранжируемый параметр системы; r – ранговый номер ($1, 2, \dots, S$); A – максимальное значение параметра W с рангом $r = 1$; β – коэффициент, характеризующий степень крутизны гиперболы [10].

Если полагать, что относительная частота p_r появления системотехнических состояний r -го таксона приблизительно равна относительному объему системотехнических состояний, отнесенных к этому таксону, то $p_r = T_r / T$, где T_r – количество различных непересекающихся системотехнических состояний, отнесенных системными аналитиками к r -му таксону; T – общее количество выделенных системными аналитиками различных непересекающихся системотехнических состояний. Это позволяет априорно выбрать наиболее рациональные значения параметров закона Ципфа. Таким образом, понятие «необходимого разнообразия» приобретает конкретный смысл разнообразия возможных состояний системы, которое при использовании рангового распределения отображается гиперболой (5). Системам с большим разнообразием будут соответствовать более пологие гиперболы с меньшими значениями коэффициента β .

Выбор управленческих решений в интеллектуальной системе технического назначения

В интеллектуальной системе технического назначения автоматический выбор целей управления и соответствующих им параметрических и структурных изменений может осуществляться только на основе информационных образов, которые формируются сенсорным оборудованием и интеллектуальными компонентами системы и отражают ее текущие и прогнозные состояния. Некоторые цели связаны с необходимостью устранения или ограничения степени влияния факторов, которые реально существуют или проявляются, но в системном плане нежелательны. Другие цели связаны с достижением или приобретением системой и ее функциональными процессами желательных свойств, которые в текущий момент отсутствуют.

Достижение тех или иных целей обычно обеспечивается с помощью выработки и реализации серии управленческих решений, которые соответствуют принятой стратегии управления. Содержание стратегии определяется целями управления, обликом управляющих воздействий и масштабом воздействий. Ни одна стратегия, независимо от ее содержания, не может быть реализована без использования и осуществления изменений во внешней среде, в объекте управления и в самой системе. Содержание стратегии должно непрерывно подвергаться адаптации и расширению, а цели управления, облик управляющих воздействий и их масштаб в сложных системах никогда не должны быть заданными раз и навсегда. Для решения задач управления огромное значение имеет количество структурной информации, ее смысл, а также ценность информации.

Предположим, что среди объемно-временных параметров или характеристик вещества, энергии и информации,

параметров воздействий среды функционирования, состояний объекта управления и системы

$$X = \{x_i(t)\}; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

выделено некоторое подмножество

$$X_G = \{x_g(t)\}; \quad g = 1, 2, \dots, m_g \in X, \quad (7)$$

значения элементов которого отображают частные свойства, то есть микросостояния среды функционирования, объекта управления и системы. Для каждого непрерывного или импульсного параметра или характеристики x_g из этого подмножества на смысловом уровне могут быть выделены G_g интервалов и заданы их возможные значения в виде нижних и верхних границ:

$$\{x_{ng1}; x_{ng2}; \dots; x_{ngG_g}\}; \quad g = 1, 2, \dots, m_g \in X, \quad (8)$$

$$\{x_{ng1}; x_{ng2}; \dots; x_{ngG_g}\}; \quad u = 1, 2, \dots, G_{g1} = \{x_{ng1}; x_{ng2}; \dots; x_{ngG_g}\}, \quad (9)$$

$$x_{ng1} = x_{ng2}; \quad x_{ng2} = x_{ng3}; \quad x_{ng3} = x_{ng4}; \quad x_{ng4} = x_{ng5}. \quad (10)$$

Для дискретных параметров или характеристик этого подмножества необходимо задать списки их возможных дискретных значений:

$$\{x_{g1}; x_{g2}; \dots; x_{gm_g}\}; \quad g = 1, 2, \dots, m_g \in X, \quad (11)$$

при этом $m_{g1} + m_{g2} = m_g$, где m_g – параметр видовой разнородности. Системные аналитики предварительно должны поставить в соответствие каждому из выделенных интервалов или дискретных значений любого параметра или характеристики определенный системотехнический смысл и определенный таксон.

В общем случае, на начальных интервалах времени функционирования системы входные процессы $X = \{x_i(t)\}; i = 1, 2, \dots, m$ не стационарны. Если $f[x_g(t)]$ является функцией плотности распределения значений случайной величины $x_g(t)$, то ее математическое ожидание и дисперсия будут функциями времени: $m[x_g(t)], D[x_g(t)]$ [8]. Однако в установившемся режиме функционирования входные процессы приобретают выраженную стационарность. При этом математическое ожидание и дисперсия $m[x_g(t)], D[x_g(t)]$ представляются некоторыми постоянными значениями:

$$m[x_g] = \text{const}; \quad D[x_g] = \text{const}, \quad (12)$$

а функция плотности принимает вид:

$$f[x_g(t)] = f[x_g]. \quad (13)$$

При этих условиях вероятности расположения значений параметра x_g в соответствующем интервале u определяются следующими соотношениями:

$$\left\{ P_{gu} = \int_{x_{gu}}^{x_{gu}} f[x_g] dx \right\}; \quad g = 1, 2, \dots, \quad (14)$$

$$\left\{ \sum_{u=1}^{G_{g1}} P_{gu} = \sum_{u=1}^{G_{g1}} \int_{x_{gu}}^{x_{gu}} f[x_g] dx = 1 \right\}; \quad g = 1, 2, \dots, m_{g1}. \quad (15)$$

Для дискретных параметров или характеристик задаются вероятности

$$\{P_{g1} = P[x_g = x_{g1}]; P_{g2} = P[x_g = x_{g2}]; \dots; P_{gu} = P[x_g = x_{gu}]; \dots; P_{gG_{g2}} = P[x_g = x_{gG_{g2}}]\}; \quad g = 1, 2, \dots, m_{g2} \in X, \quad (16)$$

$$\{P_{g1} + P_{g2} + \dots + P_{gu} + \dots + P_{gG_{g2}} = 1\}; \quad g = 1, 2, \dots, m_{g2}, \quad (17)$$

принятия ими конкретных значений из списков:

$$\{x_{g1}; x_{g2}; \dots; x_{gG_{g2}}\}; \quad g = 1, 2, \dots, m_{g2} \in X. \quad (18)$$

Возможным уникальным комбинациям параметров и характеристик естественно поставить в соответствие отдельные системотехнические состояния S_f среды функционирования, объекта управления и системы, а также установить принадлежность этих комбинаций выделенным таксонам S_r . Таким образом, каждый таксон S_r представляет собой некоторое множество непересекающихся системотехнических состояний $\{S_f\}$. Этим самым обеспечивается необходимая дискретизация информационной основы для выработки адекватных системных управляющих воздействий.

Общее количество системотехнических состояний S_f достаточно велико и определяется декартовым произведением:

$$F = G_1 \times G_2 \times G_3 \times \dots \times G_m, \quad (19)$$

при этом $f = 1, 2, 3, \dots, F$. Так, например, если в системе действует 10 входных непрерывных процессов ($m = 10$), а для каждого процесса выделено по 5 интервалов возможных значений, то общее количество различных системных состояний будет определяться значением 5^{10} , то есть 9 765 625. При количестве таксонов $R_s = 5$ параметр A распределения Ципфа будет иметь значение $A = 1 / (1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5) = 0,438$, а таксон первого ранга будет объединять около 4 277 344 системных состояний (так называемая «ноева каста»). Смысловое значение таксона первого и других четырех рангов определяется по результатам аналитической классификации и оценки их ожидаемых объемов. Слияние (взаимопоглощение) расположенных рядом интервалов значений характеристик и параметров делает соответствующие поглощаемые состояния в системотехническом плане неразличимыми.

Для взаимно независимых входных процессов вероятность нахождения системы в одном из системотехнических состояний S_f таксона S_r соответствует попаданию значений отдельных непрерывных и импульсных параметров и характеристик в определенные интервалы:

$$\{x_{n1a}; x_{n1b}\}, \{x_{n2a}; x_{n2b}\}, \dots, \{x_{nm1a}; x_{nm1b}\}, \quad (20)$$

а для дискретных параметров соответствует принятию одного из значений списка n (18). Эта величина определяется произведением соответствующих вероятностей:

$$P_{S_f} = P_{1a} \times P_{2b} \times P_{3c} \times \dots \times P_{m1G_{m1}} \times \dots \quad (21)$$

Таким образом, оценка текущего состояния системы по результатам измерения фактических значений характеристик и параметров $X_G = \{x_g(t)\}; g = 1, 2, \dots, m_g \in X$ в циклах управления сводится к последовательным опе-

рациям определения фактов попадания этих результатов в соответствующие интервалы значений и активизации ассоциативных связей $S_f \rightarrow S_r$.

Увеличение количества интервалов при разложении результатов наблюдений приводит к повышению достоверности оценки текущих состояний системы и, следовательно, к выработке более правильных управленческих решений. Однако это неминуемо сопровождается лавинообразным нарастанием вычислительной емкости проведения операций, необходимых для выполнения такой оценки. Задача нахождения рационального компромисса в данном случае остается за системным аналитиком.

Если на длительность выполнения цикла управления $\tau_{\text{ц}}^{\text{у}}$ налагается ограничение, то некоторая его доля $\tau_{\text{отс}}^{\text{у}}$ ($\tau_{\text{отс}}^{\text{у}} < \tau_{\text{ц}}^{\text{у}}$) отводится на выполнение операций оценки текущего состояния среды функционирования, объекта управления и системы. Определенная часть данного интервала ($\tau_{\text{впр}}^{\text{у}}$) отводится также на оперативный выбор и принятие рационального, или, в худшем случае, удовлетворительного управленческого решения, причем $\tau_{\text{впр}}^{\text{у}} < \tau_{\text{ц}}^{\text{у}}$. В системах с оперативным выбором управленческих решений интервалы времени $\tau_{\text{отс}}^{\text{у}}$ и $\tau_{\text{впр}}^{\text{у}}$ крайне малы, при этом $\tau_{\text{отс}}^{\text{у}} + \tau_{\text{впр}}^{\text{у}} < \tau_{\text{ц}}^{\text{у}}$. В этих условиях достаточно часто и эффективно применяют элементы теории статистических решений [6].

Допустим, что текущее состояние системы S_f оценено и входит в множество возможных состояний системы $\{S_f\}$; $f = 1, 2, \dots, F$. Кроме того, будем полагать, что по ассоциативной связи $S_f \rightarrow S_r$ определяется соответствующий таксон S_r , а у органа управления имеется стратегия управления – набор возможных управленческих решений $\{V_\phi\}$; $\phi = 1, 2, \dots, \Phi$.

При этих условиях выбор управленческого решения для таксона S_r может быть выполнен на основе матрицы эффективности принимаемых статистических решений:

$$E = \|e_{r\phi}\|; \quad r = 1, 2, \dots, R_S; \quad \phi = 1, 2, \dots, \Phi, \quad (22)$$

где $e_{r\phi}$ – ожидаемая эффективность управленческого решения V_ϕ , если это решение принимается в системном состоянии S_r .

Технология выбора управленческого решения предполагает выполнение следующих действий (рисунок 2):

- по номеру системного состояния S_f выбирается соответствующий таксон S_r , а затем строка матрицы E ;
- в выбранной строке находится максимальный элемент $e_{r\phi}$;
- управленческое решение V_ϕ определяется по номеру столбца ϕ размещения найденного элемента $e_{r\phi}$ в матрице E .

При реализации управленческих решений следует учитывать, что в определенных условиях может наблюдаться нарушение целостности некоторых систем, что связано с их энергетическими характеристиками, прежде всего, с энергетическим балансом. Выделяют два основных условия разрушения целостных систем:

- если суммарная энергия движения системы в результате отработки управленческого решения будет превышать энергию ее внутренних связей;
- если энергия внутренних связей окажется меньше суммарной энергии внешних воздействий.

По своей сути, риск – это общая функция вероятности наступления негативного события или развития негативной

тенденции и их последующего долгосрочного влияния на показатели функционирования системы [12]. С целью учета возможных рисков и негативных последствий при использовании в системе подобных решений целесообразно дополнительно применять матрицу рисков:

$$\pi = \|\pi_{r\phi}\|; \quad r = 1, 2, \dots, R_S; \quad \phi = 1, 2, \dots, \Phi, \quad (23)$$

где $\pi_{r\phi}$ – ожидаемый риск негативных последствий выбора управленческого решения V_ϕ , если это решение принимается при нахождении в таксоне S_r .

Технология выбора управленческого решения обязательно дополняется операциями оценки рисков, которые выполняются по приведенной выше схеме. При этом выбирается не самое эффективное из возможных решений, а наиболее эффективное при условии обеспечения заданного уровня ожидаемых рисков.

При выборе решений традиционно применяются статистические критерии Ваальда, Сэвиджа или Гурвица:

- критерий Ваальда направлен на выбор управленческого решения в условиях крайнего пессимизма и предусматривает максимизацию ожидаемой эффективности решения после выбора возможных наименее эффективных решений по матрице E :

$$V_\phi \text{ соответствует } \max_{\phi} \{ \min_{r\phi} \{ e_{r\phi} \}; \quad \phi = 1, 2, \dots, \Phi \}; \quad (24)$$

- критерий Сэвиджа направлен на решение задачи выбора управленческого решения с минимизацией рисков после определения наиболее опасных по своим последствиям решений по матрице π :

$$V_\phi \text{ соответствует } \min_{\phi} \{ \max_{r\phi} \{ \pi_{r\phi} \}; \quad \phi = 1, 2, \dots, \Phi \}; \quad (25)$$

- критерий Гурвица направлен на решение задачи выбора управленческого решения с получением компромиссных решений:

$$V_\phi \text{ соответствует } \max_{\phi} \{ \chi \min_{r\phi} \{ e_{r\phi} \} + (1 - \chi) \max_{r\phi} \{ e_{r\phi} \} \}. \quad (26)$$

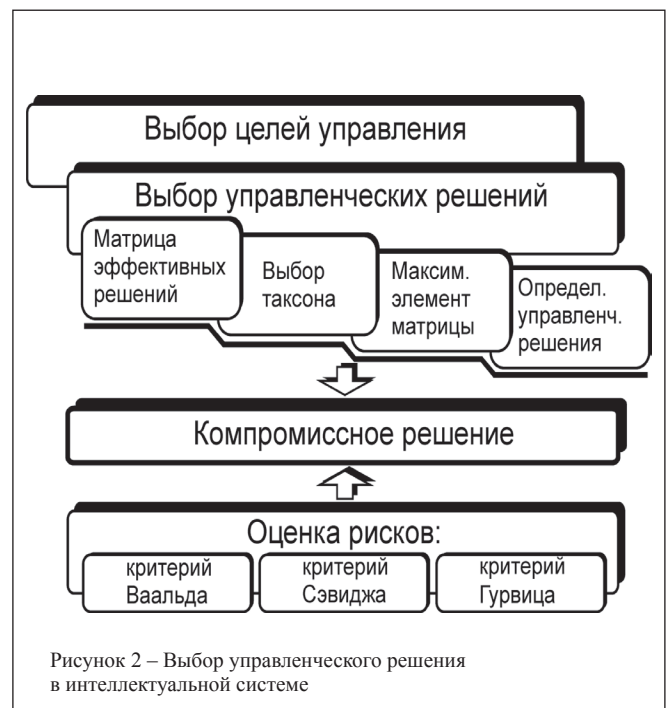


Рисунок 2 – Выбор управленческого решения в интеллектуальной системе

Выбор указанных критериев или их некоторой совокупности определяет системный аналитик. Однако во всех случаях эффективность управления будет в значительной мере зависеть от правильности позиционирования системы по выделенным таксонам, которое выполняется на основании сформированного сенсорного образа среды функционирования, объекта управления и системы.

Литература:

1. Эшби, У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби. – М. : Издательство иностранной литературы, 1959. – 432 с.
2. Усов, В.Н. Философские проблемы информатики: учебное пособие для аспирантов и соискателей / В.Н. Усов. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 26 с.
3. Бажин, И.И. Управление изменениями: компакт-учебник / И.И. Бажин. – Харьков : Консум, 2003. – 287 с.
4. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М. : Иностранная литература, 1963. – 829 с.
5. Шрейдер, Ю.А. Тезаурусы в информатике и теоретической семантике / Ю.А. Шрейдер // Информационные языки. НТИ. Серия 2. – 1971. – № 3. – С. 21–24.
6. Харкевич, А.А. О ценности информации / А.А. Харкевич // Проблемы кибернетики. – 1960. – Вып. IV. – С. 53–57.
7. Хакен, Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен. – М. : Мир, 1991. – 240 с.
8. Хакен, Г. Принципы работы головного мозга. Синергетический подход к активности мозга, поведению

и когнитивной деятельности / Г. Хакен. – М. : ПЕРСЭ, 2001. – 351 с.

9. Гурина, Р.В. Закон рангового распределения как закон разнообразия / Р.В. Гурина, М.В. Дятлова // Специфика ценологических представлений разных школ. Общая и прикладная ценология : материалы XVI конференции по философии технетики и семинара по ценологии, Москва, 11 ноября 2011. – Вып. 46 : Ценологические исследования. – М. : Технетика, 2012. – С. 162–171.

10. Zipf, J.K. Human behavior and the principle of least effort / J.K. Zipf. – Cambridge (Mass.) : Addison-Wesley Pres, 1949. – 574 p.

11. Коротков, Э.М. Исследование систем управления / Э.М. Коротков. – М. : Изд.-консалт. компания «ДеКА», 2000. – 285 с.

12. Петренко, С.А. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность / С.А. Петренко, С.В. Симонов. – М. : АйТи-Пресс, 2004. – 384 с.

Abstract

Possible approaches have been considered for assessing the diversity level of the intellectual system which is defined by its functional state. A scheme has been proposed for elaborating the managerial decisions based on the use of a table of enlarged states compliance with certain rational managerial decisions. A posteriori risks of taking any managerial decisions are taken into account in this scheme by means of input of statistical criteria.

Поступила в редакцию 12.05.2015 г.

Качество и компетентность в мире печатных плат

ОАО «Минский часовой завод»

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

220095, г. Минск, пр. Независимости, 95, т./ф. +375 (17) 280-49-55, моб. +375 (29) 750-45-50, bogdashich@mail.ru

Срок изготовления от 2 дней до двух недель

Типы плат

- ДПП, МПП (до 24 слоев) любого класса точности
- Гибкие печатные платы
- Платы для ВЧ/СВЧ
- Платы на алюминиевой подложке
- Платы для смарт-карт

Возможности

- Проектирование плат
- Технологическая поддержка
- Покрытия: HASL, иммерсионное золото, иммерсионное олово, ПОС, Ni-B
- Формирование контура любой формы
- Материалы: FR-4, Rogers, Duroid, алюминий, лавсан

Качество

- Сертификат соответствия ВУ/112 05.01.0030030

УНП 100230391

БелПлата тел. +375 17 287 85 66, факс +375 17 287 85 65, тел.моб. +375 29 684 43 09, 220068, г. Минск, ул. Некрасова, 114, оф. 238, 2 этаж, e-mail: info@belplata.by

Разработка и поставка печатных плат: любой класс точности, широкий спектр покрытий, изготовление образцов от 5 дней.

Поставка фотошаблонов

Поставка трафаретов: из нержавеющей стали и латуни.

Материалы для печатных плат: защитные маски, маркировочные краски, фоторезисты, паяльные пасты.

Поставка изделий из феррита: любые виды сердечников CI, EE, EEM, EP, EER, ETD, EC, EF, ED, EFD, EI, EPO, EPX, EPC и т.д.

Поставка электронных компонентов: STMicroelectronics, NXP Semiconductors, Vishay, Holtek Semiconductor.

www.belplata.by

УНП 190533632

О ВЛИЯНИИ СВЯЗУЮЩЕГО В КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ НА МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ СВЧ

УДК 539.2

А.Г. Бакаев, А.И. Гордиенко, М.И. Маркевич, А.М. Чапланов,
ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск;
С.В. Адашкевич, В.Ф. Стельмах,
УО «Белорусский государственный университет», г. Минск

Аннотация

Приведены результаты магниторезонансных измерений композиционных материалов на основе арселона, порошка гексаферрита $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$, эпоксидной смолы и лака АК-113 в качестве связующего. Показано, что синтезированные композиционные материалы обладают большим магниторезонансным поглощением, что свидетельствует о наличии высокой концентрации магнитных центров.

Введение

Увеличение интенсивности электромагнитных излучений предопределяет необходимость поиска путей управления частотной дисперсией параметров радиопоглощающих материалов.

Наиболее перспективные направления открываются при применении композиционных материалов (КМ), обеспечивающих поглощение радиоволн благодаря сочетанию различных механизмов, структуры и состава композиционного материала, приводящих к потерям энергии электромагнитного поля. Каждый материал характеризуется наилучшим уровнем поглощения лишь на определенных частотах, поэтому одной из проблем, возникающих при разработке радиопоглощающих материалов (РПМ), является сложность достижения их широкополосности. Ферритовые материалы, как наполнители в КМ, могут работать в области как низких частот (от сотен кГц до 1 ГГц), так и в области СВЧ.

Свойства композиционных материалов во многом определяются свойствами связующего. От типа связующего зависят как прочностные, электроизоляционные свойства, так и поглощающие СВЧ-энергию характеристики, при этом, связующее должно обладать малой объемной усадкой при отверждении, низкой токсичностью и невысокой стоимостью.

Основная часть

Целью настоящей работы является сравнительный анализ поглощения СВЧ-энергии композиционными материалами на основе связующих: эпоксидной смолы и лака АК-113.

Были синтезированы два типа композиционных материалов: первый – на основе арселона, порошка гексаферрита $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$ и связующего лака АК-113, во втором композиционном материале связующим была эпоксидная смола. Получение данных материалов проводилось по «холодной технологии» в объемном соотношении порошка гексаферрита и связующего 1:1. Арселон (оксалон) используется в качестве третьей компоненты КМ для обеспечения термостойкости и прочности. Среди новых видов термостойких волокон и волокнистых материалов на их основе наиболее перспективными являются отечественные полиоксодиазольные (ПОД) волокна и нити арселона (светостабилизированные). Уникальный комплекс функциональных свойств и удачные технико-экономические факторы определяют широкие области применения данного материала. Арселон и изделия из него могут эксплуатироваться при высоких температурах вплоть до 250 °С. Волокна не плавятся, удлинение при разрыве – 10–15 %. Арселоновые волокна и ткани обладают высокой гигроскопичностью и сравнимы с хлопковыми волокнами [10–12].

Исследования состава образцов проводились с помощью системы энергодисперсионного (EDS) микроанализа, установленной на сканирующем электронном микроскопе SEM 515. Этот комплекс, в состав которого входят Si(Li) детектор со сверхультратонким окном, охлаждаемый жидким азотом, компьютер и пакет программного обеспечения Genesis SEM Quant ZAF software. Измерения проводились при различных значениях ускоряющего напряжения: от минимального порога чувствительности системы микроанализа (6,4 кВ) до максимального значения ускоряющего напряжения, рав-

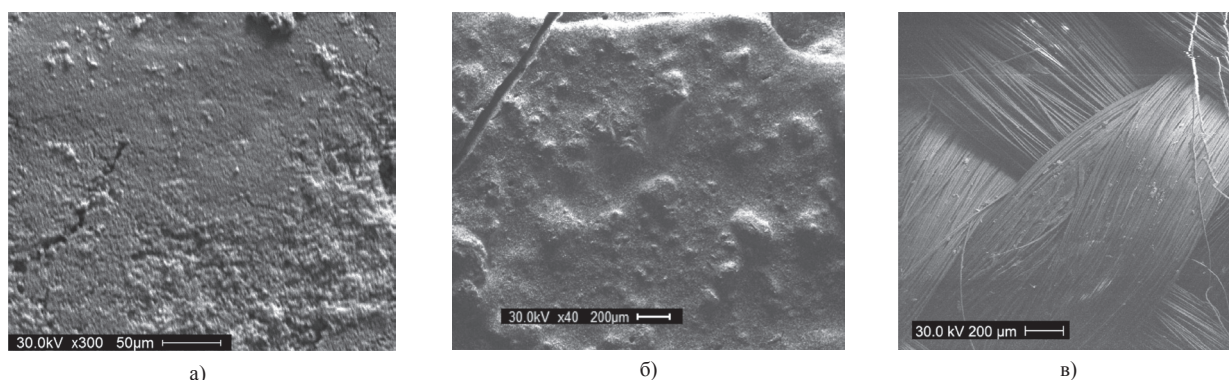


Рисунок 1 – Морфология образцов материалов с разными связующими: а – морфология композита на основе арселона, гексаферрита и лака АК-113; б – морфология композита на основе арселона, гексаферрита и эпоксидной смолы; в – морфология обратной стороны композита

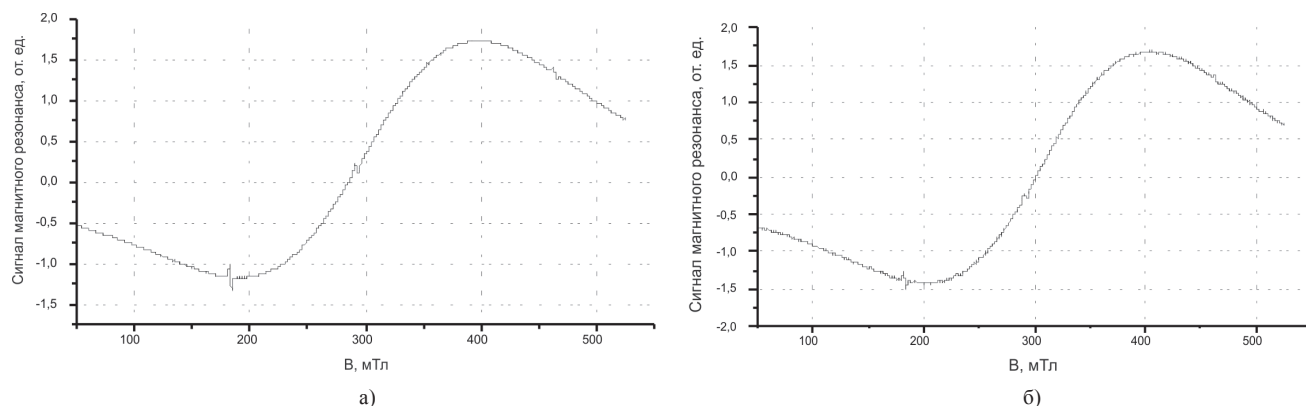


Рисунок 2 – Спектры магнитного резонанса: а) магниторезонансная кривая композиционного материала (связующее – лак АК-113); б) магниторезонансная кривая композиционного материала (связующее – эпоксидная смола)

ного 30 кВ. Исследования магнитного резонанса проводились на специализированном малогабаритном анализаторе ЭПР «Минск 22» при комнатной температуре. Рабочая длина волны – 3 см. Максимальное значение индукции магнитного поля – 450 мТл. Частота модуляции магнитного поля – 30 кГц. Для калибровки интенсивности сигналов объектов исследования использовался образец из монокристалла рубина ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$). Выбор оптимальных параметров регистрации рабочих спектров магнитного резонанса осуществлялся в области значений g-факторов от 1,5–4,0. В процессе измерений дополнительный контроль стабильности работы спектрометра осуществлялся путем измерения калибровочного материала двухвалентного марганца.

На рисунке 1 представлена морфология образцов материалов с разными связующими.

Из рисунка 1 следует, что в композиционном материале, где связующим является эпоксидная смола, имеются достаточно широкие трещины, ширина которых достигает примерно 80 мкм, в тоже время ширина трещин в композите на основе связующего лака АК-113 составляет примерно 5 мкм.

На спектрах магнитного резонанса (рисунок 2) видна широкая резонансная линия в области эффективного g-фактора $2,4 \pm 0,1$. Ширина линий примерно одинакова и составляет ~200,2 мТл. Из соотношения интенсивностей сигналов заполненного резонатора и калибровочного образца следует, что нерезонансное поглощение электрической компоненты электромагнитного поля СВЧ в композите со связующим, эпоксидная смола в два раза выше, чем со связующим лаком. Были проведены эксперименты по исследованию магниторезонансных свойств композитов с откачкой форвакуумным насосом РВН-20. Следует отметить, что слабый «кислородный эффект» обнаруживается в обоих композитах, но более существенно он проявляется в композитах, где связующим является эпоксидная смола и размер сформировавшихся трещин, доступных воздействию молекулярного кислорода O_2 на магнитные центры наполнителя, более значителен.

Выводы

Синтезированы и диагностированы композиционные материалы на основе арселона, гексаферрита и связующих: эпоксидной смолы и лака АК-113. Методом ЭМР установлено, что спектры композиционных материалов представляют со-

бой неоднородно уширенные широкие линии с эффективным значением g-фактора $2,4 \pm 0,1$ и шириной примерно 200,2 мТл. Показано, что композиционный материал на основе гексаферрита, арселона и связующего эпоксидной смолы обладает лучшим нерезонансным поглощением энергии СВЧ-поля, чем при применении лака АК-113 в качестве связующего. Оба композиционных материала обладают слабым «кислородным эффектом».

Литература:

1. Zweben, C.H. Tensile strength of hybrid composites / C.H. Zweben // J. Science. – 1977. – № 12. – P. 1325–1337.
2. Серебрянников, С.В. Физико-механические свойства композиционных радиопоглощающих материалов на основе ферритов / С.В. Серебрянников, В.Н. Бородулин, В.П. Чепарин, Д.О. Смирнов, Д.Н. Конкин // Труды XVI международной конференции «Радиолокация и радиосвязь». – Москва : МЭИ, 2008. – С. 579–587.
3. Гоулдстейн, Д. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ / Д. Гоулдстейн. – М. : Мир, 1984. – 303 с.
4. Акунец, В.В. Анализатор электронного парамагнитного резонанса: Учебно-справочное пособие / В.В. Акунец, В.Ф. Стельмах, Л.В. Цвирко. – Минск : УП «Технопринт», 2002. – 102 с.
5. Будницкий, Г.А. Основные направления развития науки и промышленности в области химических волокон / Г.А. Будницкий // Хим. Волокна. – 1981. – № 2. – С. 11–21.
6. Бутт, Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. – М. : Высш. шк., 1980. – 472 с.
7. Stelmakh, V. Oxygen influence on EPR spectra of carbon materials / V. Stelmakh [et. al] // Polish Journal of applied chemistry. – 2000. – XLIV. – № 4. – P. 227–234.

Abstract

The results of MRI measurement of composite materials based on the arselon, hexaferite powder $\text{SrFe}_6\text{O}_{19}$, epoxy resins and varnish AK-113 as the binder. The synthesized composite materials have large magnetic resonance absorption, indicating the presence of a high concentration of the magnetic centers.

Поступила в редакцию 13.05.2015 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКИХ КОНТАКТОВ ДЛЯ ПРИБОРОВ С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ НА АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ

УДК 621.382.22

Е.В. Телеш, БГУИР, г. Минск

Аннотация

Исследованы процессы ионно-лучевого формирования термостойких контактов с барьером Шоттки на арсениде галлия с использованием в качестве контактного слоя диборида титана. Изучено влияние режимов нанесения на адгезию и пористость контактного слоя. Исследована термостойкость контактов $\text{TiB}_2/\text{n-GaAs}$ и $\text{Au/TiB}_2/\text{n-GaAs}$. Установлено, что контакты на основе TiB_2 выдерживают воздействие температур до 973–1073 К. Предложены возможные причины деградации контактов.

Введение

Развитие технологии микроэлектронных устройств на основе арсенида галлия выдвигает ряд требований по обеспечению их надежности, стабильности и воспроизводимости, которые во многом определяются конструкцией и технологией формирования контактов с барьером Шоттки. Наибольшее воздействие на контакты оказывает температура, т.к. ускоряет протекание деградационных процессов. В настоящее время актуальной проблемой является разработка контактов с барьером Шоттки, которые могли бы обеспечить стабильные и воспроизводимые характеристики приборов после выдержки при температурах от 1073 до 1173 К, которые обусловлены наличием высокотемпературного отжига после ионной имплантации. Поэтому возникает задача разработки новых материалов и технологий для контактов с барьером Шоттки.

Основными причинами, приводящими к отказам контактов, являются механические напряжения в системе металл-GaAs, процессы диффузии, аутидиффузии элементов данной системы, испарение компонентов полупроводника, образование химических соединений, твердых растворов, сплавов. Это приводит к изменению свойств приповерхностного слоя GaAs, переходного слоя и пленки металла [1].

Для повышения термостойкости в качестве материалов слоев применяются металлоподобные тугоплавкие соединения, обладающие высокой химической инертностью, что предотвращает формирование новых соединений и твердых растворов, а также хорошими барьерными свойствами, что будет способствовать существенному замедлению диффузионных процессов [2, 3]. Применение таких соединений позволяет сформировать контакты с относительно инертными границами раздела с арсенидом галлия и другими слоями контактной системы.

Для формирования термостойких контактов с барьером Шоттки было предложено использовать дибориды тугоплавких переходных металлов [4]. Соединения металлов с бором отличаются тугоплавкостью, высокой химической стойкостью, а также высокой электро- и теплопроводностью. Для формирования тонких пленок диборидов предпочтительным является метод ионно-лучевого распыления, позволяющий наносить слои при низком уровне радиационных повреждений поверхности GaAs.

В данной статье проведено исследование процессов формирования термостойких контактов на основе диборида титана, изучено влияние режимов нанесения на адгезию и пористость контактного слоя, исследованы характеристики контактов с барьером Шоттки после высокотемпературной обработки.

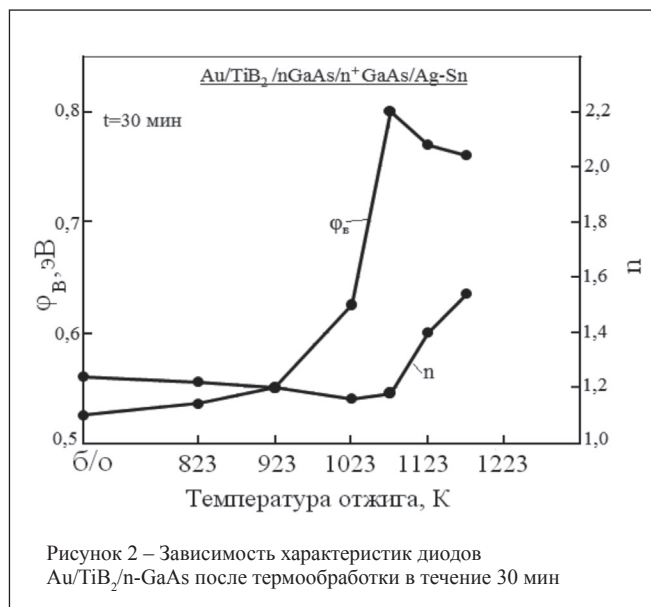
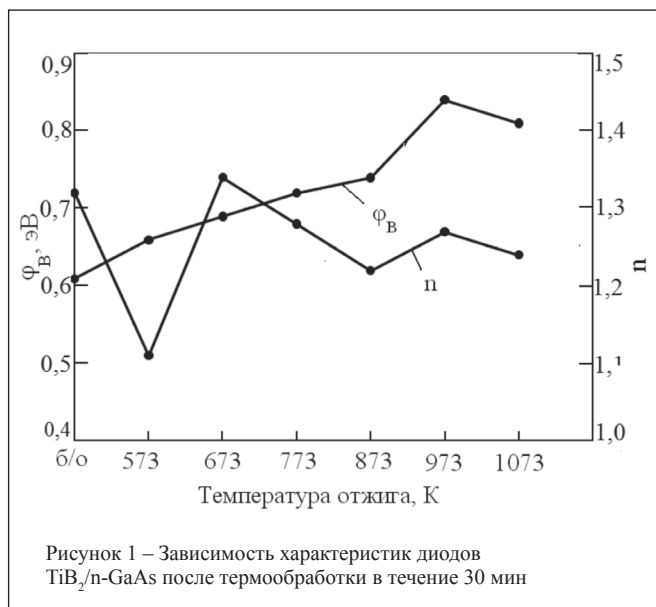
Основная часть

Формирование диодов с барьером Шоттки проведено с использованием непланарной конструкции. В качестве подложки применялись эпитаксиальные структуры GaAs, выращенные на высоколегированной подложке n-p⁺-типа АГЭ ЕТО.035.026 ТУ. Толщина активного слоя составляла 0,3–0,5 мкм, концентрация электронов $(4-8) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, подвижность $4500 \text{ В} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}$. Омические контакты к p⁺-подложке формировали на основе сплава Ag-Sn (90:10).

Конфигурацию контакта получали с помощью обратной фотолитографии. Перед напылением контактного слоя осуществлялась очистка поверхности арсенида галлия, которая включала в себя кипячение пластин в изопропиловом спирте, промывку в дистиллированной воде, химическое подтравливание поверхности арсенида галлия в серно-перекисном растворе в течение 15–20 сек. с последующей промывкой в дистиллированной воде и сушкой на центрифуге. Контактный слой из TiB_2 формировался ионно-лучевым распылением горячепрессованной мишени из диборида титана. Режимы нанесения были следующими: остаточное давление $1,1 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$, рабочее давление аргона $(3-5) \cdot 10^{-2} \text{ Па}$, ускоряющее напряжение на аноде $U_a = 3,0 \text{ кВ}$, ток разряда $I_p = 40-110 \text{ мА}$, ток мишени $I_m = 25-75 \text{ мА}$, температура подложки $\sim 313 \text{ К}$. Толщина контактного слоя составила около 200 нм. Ионная очистка проводилась непосредственно перед нанесением контакта. Напряжение на аноде при очистке составляло $U_o = 1,0 \text{ кВ}$, плотность тока ионов аргона $j_o = 100 \text{ мкА/см}^2$. Очистка осуществлялась в режиме вращения карусели в течение 10 мин. Один образец был нанесен при ионной бомбардировке растущей пленки диборида титана. Адгезия контактных слоев измерялась методом нормального отрыва. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования адгезии контактного слоя от режимов нанесения

U_a , кВ	I_p , мА	I_m , мА	U_o , кВ	j_o , мкА/см ²	U_o , кВ	j_o , мкА/см ²	P , МПа
3,0	40	25	–	–	–	–	2,28
3,0	70	50	–	–	–	–	2,01
3,0	110	75	–	–	–	–	2,40
3,0	70	50	1,0	100	–	–	3,10
3,0	70	50	1,0	100	1,0	25	4,20



Установлено, что ток мишени неоднозначно влияет на величину адгезии. С ростом I_m , как правило, происходит увеличение адгезии контактного слоя. При увеличении тока мишени происходит облучение подложки положительно заряженными частицами (отраженные ионы распыленных атомов мишени и др.). Энергия этих частиц может достигать 20–35 эВ [4]. Таким образом, подложка из арсенида галлия и конденсирующаяся пленка диборида титана подвергается воздействию ускоренных частиц, что приводит к увеличению адгезии.

Ионная очистка поверхности GaAs перед нанесением контактного слоя способствует росту адгезии последнего, т.к. при этом распыляются собственные оксиды арсенида галлия, которые обладают рыхлой структурой, а также происходит десорбция с поверхности газов остаточной атмосферы. Ионная бомбардировка растущей пленки TiB₂ позволила достичь максимальной адгезии.

На рисунке 1 приведены зависимости высоты барьера ϕ_B и коэффициента неидеальности n-контактов TiB₂/n-GaAs от температуры отжига T_0 в вакууме в течение 30 мин. Наблюдалось увеличение ϕ_B до 973 К, что объясняется отжигом дефектов на границе раздела. При $T_0 > 973$ К происходит некоторое снижение высоты барьера, что может быть связано с диффузией лигатуры из подложки в эпитаксиальный слой.

Зависимость коэффициента неидеальности от T_0 имела, в отличие от ϕ_B , немонокотный характер, однако, при $T_0 > 973$ К происходило его уменьшение, что можно объяснить ростом проводимости диборида титана за счет твердофазной кристаллизации.

Для снижения последовательного сопротивления контактов с барьером Шоттки и для обеспечения присоединения внешних выводов необходимо использовать двухслойную структуру контакта. Проведено исследование свойств контактной системы Au/TiB₂/GaAs. В

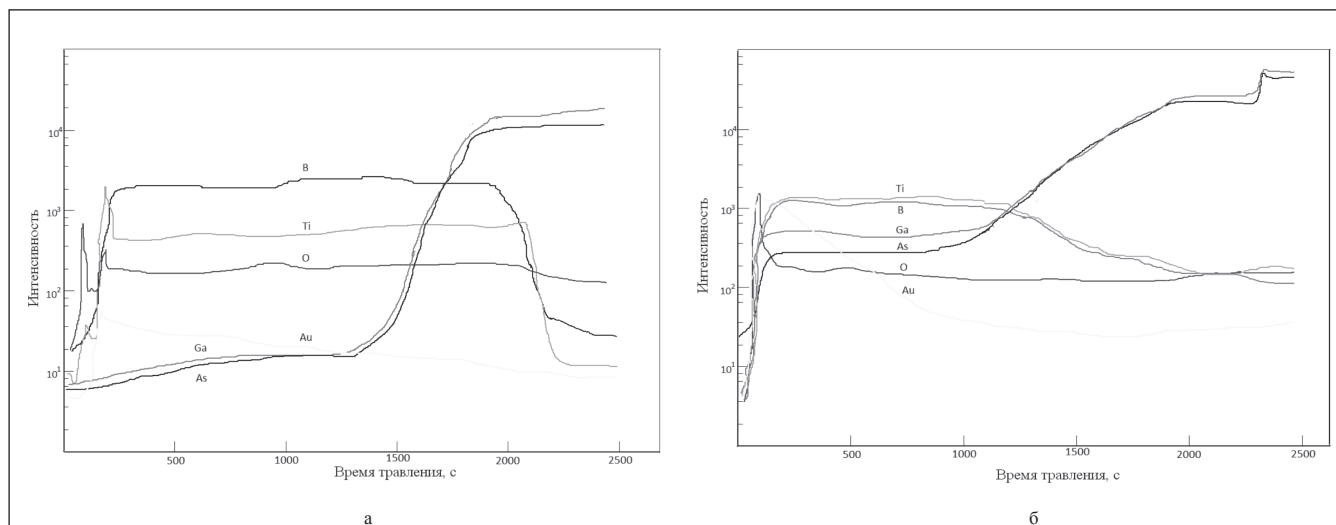


Рисунок 3 – Распределение элементов в контактной системе Au/TiB₂/GaAs до (а) и после термообработки при 1123 К в течение 20 мин (б)

одном вакуумном цикле осуществлялось ионно-лучевое нанесение слоев диборида титана и резистивное испарение золота толщиной 0,15 и 0,3 мкм соответственно. Затем полученная структура была подвергнута отжигу в вакууме в течение 30 мин. Результаты измерений представлены на рисунке 2. После $T_0 > 1073$ К происходило резкое ухудшение параметров контакта.

Были проведены исследования распределения элементов в контактной системе Au/TiB₂/GaAs методом вторичной ионной масс-спектрометрии (рисунок 3). Анализ спектров показывает, что в системе наблюдается взаимная диффузия элементов. Это может быть связано с наличием сквозных пор в контактом слое. Проведены исследования пористости слоев из TiB₂ из зависимости от скорости нанесения и температуры подложки по специальной методике. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования пористости структуры Al/TiB₂/GaAs

№ обр.	U _а , кВ	I _а , мА	V _а , нм/с	T _а , К	Пористость, см ²
1	3,0	30	0,14	313	100
2	3,0	30	0,14	523	135
3	3,0	60	0,20	523	300

Установлено, что снижение скорости нанесения и температуры подложки приводит к уменьшению пористости барьерного слоя.

Заключение

Таким образом, результаты исследований показали пригодность диборида титана для формирования термостойких контактов с барьером Шоттки на арсениде галлия. Установлено, что термостойкость контактных систем TiB₂/n-GaAs и Au/TiB₂/n-GaAs находится в диапазоне 973...1073 К.

Литература:

1. Стриха, В.И. Физические основы надежности контактов металл-полупроводник в интегральной электронике / В.И. Стриха, Е.В. Бузанева. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.: ил.
2. Paccagnella, A. Thermal stability of TaSix/n-GaAs metallizations / A. Paccagnella [et al.] // Thin Solid Films. – 1989. – V. 176. – № 2. – P. 187–196.
3. Zhang, L.C. Thermal stability and barrier height enhancement for refractory metal nitride contacts on GaAs / L.C. Zhang, S.K. Cheung, C.L. Liang, N.W. Cheung // Appl. Phys. Lett. – 1987. – V. 50. – № 8. – P. 445–447.
4. Телеш, Е.В. Исследование процессов формирования контактных слоев токопроводящих систем на арсениде галлия / Е.В. Телеш, А.П. Достанко // Приборостроение-11: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 16–18 нояб. 2011 г. / БНТУ; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск, 2011. – С. 416–418.
5. Телеш, Е.В. Контроль пористости тонких пленок на арсениде галлия / Е.В. Телеш // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф. и выст., Могилев, 26–27 сент. 2012 г. / ГУ высшего профес. образования Белорусско-российский университет.

Abstract

Processes of is ion-beam forming of thermally stable contacts with Schottky barrier on gallium arsenide with use titanium diboride as contact layer material are explored. Influence of coating conditions on adhesion and porosity of contact layer were studied. Thermal stability of contact electrodes TiB₂/n-GaAs and Au/TiB₂/n-GaAs was explored. It is positioned, that contact electrodes on the basis of TiB₂ soak action of temperatures to 973 1073 K. The possible reasons of contact degradation were proposed.

Поступила в редакцию 13.05.2015 г.



поставка электронных компонентов

контрактное производство

тел.: +375 17 290 0082

факс: +375 17 290 0084

e-mail: info@horntrade.net

УНП 190491237



ООО «БАРС-ЭЛЕКТРОНИКС»

220124, г. Минск, ул. Лынькова, 121,
тел.: +375 17 399-75-04,
моб.: +375 29 647-53-76,
+375 25 991-09-44,

e-mail: info@elbars.com
pcb@elbars.com
web: www.elbars.com

1. Трафареты для поверхностного монтажа печатных плат.
2. Электрополировка. Срок изготовления 3 дня.
3. Разработка и поставка печатных плат.
4. Монтаж печатных плат.
5. Поставка электронных компонентов.
5. Светодиодное оформление витрин, фасадов зданий.
- Изготовление LED прожекторов.

УНП 191061502

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК Si/SiGe ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ В АТМОСФЕРЕ ВОДОРОДА

УДК 621.315.592

А.Г. Новиков, С.Л. Прокопьев, П.И. Гайдук, БГУ, г. Минск;
О.Ю. Наливайко, ОАО «Интеграл», г. Минск

Аннотация

С использованием методов резерфордского обратного рассеяния, растровой электронной микроскопии и оптической спектрометрии исследованы структурные и оптические свойства тонких поликристаллических пленок $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$, выращенных методом химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ) и подверженных термообработке в атмосфере водорода при температуре 850 °С. В пленках $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ после термообработки обнаружено перераспределение Ge и Si, изменение морфологии слоев, а также коэффициента поглощения оптического излучения в видимом и ближнем ИК-диапазоне. Результаты обсуждаются с учетом эффектов, возникающих при взаимодействии водорода с атомами Ge в слоях $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ при термообработке.

Введение

В настоящее время разработаны твердотельные фотоприемники на основе монокристаллических и поликристаллических (в частности, аморфных) слоев Si и Ge. При этом недорогие матричные фотоприемники для ближней инфракрасной (ИК) области основаны, как правило, на поликристаллических пленках $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$, осажденных на подложки Si [1, 2]. Предложены различные варианты реализации таких фотоприемников, как например, кремниевые лавинные фотодиоды с поглощающим слоем поликристаллического Ge, фотодиоды на основе барьера Шоттки (структуры типа металл-полупроводник (Ge)-металл), а также быстродействующие PIN фотодиоды на основе поликристаллических SiGe-Ge слоев. В ряде работ показана возможность формирования чувствительных поликристаллических слоев SiGe-Ge методами термического осаждения, магнетронного распыления и химического осаждения из газовой фазы. Наиболее критичным параметром сформированных слоев является наличие структурных дефектов, количеством которых можно управлять изменяя режимы выращивания, такие, как температура, состав газовой смеси, остаточное давление в камере и др. Одной из важнейших задач является получение слоев с минимально возможным количеством структурных дефектов (дислокации, межзеренные границы) из-за их негативного влияния на рекомбинационные процессы, вместе с тем обладающих высоким коэффициентом поглощения и высоким временем жизни носителей заряда.

Для улучшения характеристик поликристаллических пленок $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ и приборов на их основе предложены различные методы [4–6]. В частности, для улучшения структурных и электронных характеристик эпитаксиальных слоев Ge / Si в [7–10] предложена обработка в атмосфере водорода. Благодаря взаимодействию с водородом, достигнута, в частности, эффективная пассивация дислокационных дефектов в таких структурах [10]. Однако для поликристаллических пленок такие исследования по термообработке в атмосфере водорода практически отсутствуют, несмотря на то, что благотворное влияние водорода на свойства чистого кремния хорошо известно [11, 12].

В настоящей работе предложен метод модификации структурных и оптических свойств структур на основе поликристаллических пленок Ge и SiGe, осажденных на подложки Si при пониженном давлении. Исследованы морфологические свойства поверхности таких структур и влияние термообработок на эффективность поглощения света в ИК и видимой области спектра.

Методика исследования

В качестве подложек использовались легированные бором пластины Si КДБ-20 диаметром $d=100$ мм ориентации (100). Осаждение пленок Ge, SiGe и a-Si проводилось методом химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ) при температуре в горизонтальном реакторе пониженного давления с горячими стенками «Лада-34». С целью исключения образования промежуточных слоев оксида кремния осаждение слоев SiGe, Ge и аморфного кремния проводилось при одной температуре (500 °С) без промежуточных отжигов. Пленки Ge толщиной $d=0,5$ мкм и $d=1,0$ мкм служили контрольными образцами. Высокотемпературная ($T=850$ °С) обработка в атмосфере водорода проводилась с использованием установки эпитаксиального наращивания кремния «Gemini-1».

Исследования элементного состава образцов и оценка толщины слоев $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ и Ge проводили при помощи спектрометрии резерфордского обратного рассеяния в наклонной геометрии на ускорительном комплексе AN 2500. Для оценки морфологии поверхности слоев $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ и толщины полученных структур использовался метод растровой электронной микроскопии с использованием микроскопа Hitachi S4800. Спектры отражения пленок исследовались на микроспектрофотометре MPV-SP Leica в диапазоне длин волн от 400 до 800 нм. Спектры поглощения пленок в ИК диапазоне от 1,3 до 33 мкм измерялись на ИК Фурье спектрометре Vertex 70.

Результаты и их обсуждение

Спектры POP структур Si / SiGe после выращивания, а также после термообработки в атмосфере водорода при температуре $T=850$ °С показаны на рисунке 1.

Расчет спектров POP, полученных от пленок $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ после осаждения, показал, что имеется хорошая корреляция между толщиной и композиционным составом сплавов $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ с основными параметрами осаждения (температура, расход газа, длительность процесса и т.д.), которые были предварительно рассчитаны. Результаты измерения POP, по которым можно судить о влиянии термообработки в атмосфере водорода на композиционный состав пленок $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$, представлены на рисунке 1 б. Из сравнения спектров POP, полученных от образцов «2» и «2Н», хорошо видно, что термообработка пленок $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ в атмосфере водорода при температуре $T=850$ °С приводит к снижению максимальной концентрации Ge на глубине (каналы 350–405) и диффузии Ge по направлению к поверхности (каналы 405–440). В то же время, на спектрах POP не наблюдается какого-либо перераспределения Ge из

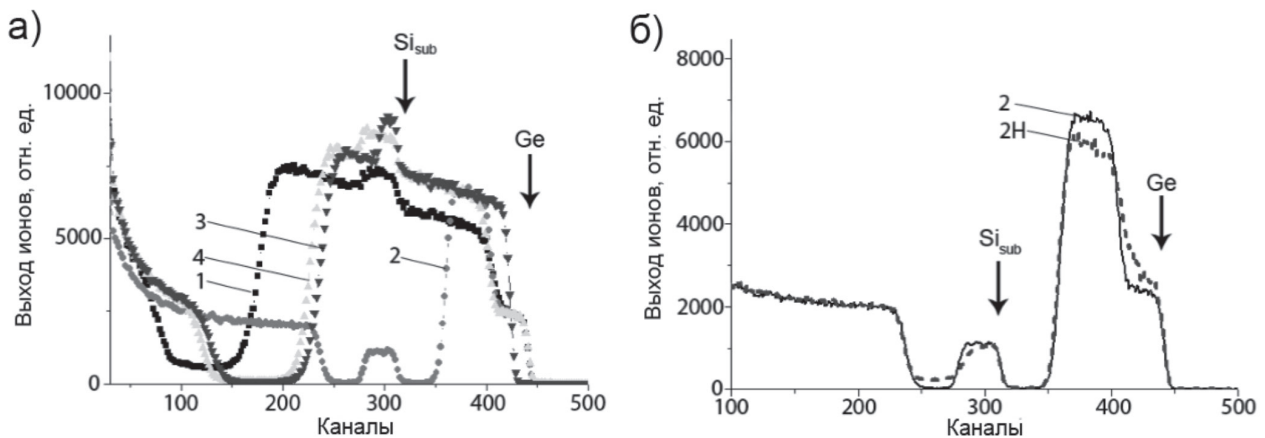


Рисунок 1 – POP спектры пленок SiGe после выращивания (а, б) и после термообработки в атмосфере водорода при температуре $T=850^\circ\text{C}$ (б). Стрелки, обозначенные как «Ge» и «Si_{sub}», показывают расположение пиков POP от Ge в пленке SiGe и подложки Si соответственно: 1 – $\text{Si}_{0,2}\text{Ge}_{0,8}$ (1,3 мкм) / $\text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ (0,25 мкм); 2 – Ge (0,27 мкм) / $\text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ (0,25 мкм), 2H – $\text{Si}_{0,15}\text{Ge}_{0,85}$ (0,27 мкм) / $\text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ (0,25 мкм) после термообработки в атмосфере водорода при температуре $T=850^\circ\text{C}$; 3 – Ge (0,96 мкм) / $\text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ (0,25 мкм); 4 – Ge (1 мкм) / $\alpha\text{-Si}$ (0,18 мкм)

пленки $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ по направлению к подложке Si. При этом, количество Ge в пленке $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ остается постоянным по толщине слоя. Таким образом, термообработка поликристаллических слоев $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ в атмосфере водорода при температуре 850°C приводит к обогащению германием приповерхностных слоев структуры $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$.

На рисунке 2 показаны РЭМ микрофотографии структур с пленками $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ в планарном (рисунок 2 а, в, д) и поперечном (рисунок 2 б, г, е) сечении. Все пленки подвергались термообработке в атмосфере водорода при температуре $T=850^\circ\text{C}$.

Сравнение микрофотографий показывает, что несмотря на то, что после термообработки в атмосфере водорода поверхность пленок остается шероховатой, имеет место некоторое сглаживание микрорельефа поверхности. Эффект сглаживания поверхности Ge при обработке в атмосфере водорода ранее обсуждался в работах [7–8] при выращивании эпитаксиальных слоев. Как показано в этих работах, механизм сглаживания может быть связан с формированием кластеров Ge-H. Предполагается, что формирование кластеров Ge-H снижает энергию активации их перемещения, уменьшает высоту потенциальных барьеров диффузии, и, как следствие, увеличивает поверхностную подвижность диффузии Ge. Это, в свою очередь, приводит к трансформации поверхности пленки Ge и уменьшению шероховатости. Мы считаем, что этот механизм справедлив и для поликристаллических слоев с учетом того, что характер взаимодействия Ge и H в поликристаллических слоях усложняется из-за присутствия многочисленных границ зерен, со структурной точки зрения являющихся дефектами.

Из сравнительного анализа данных POP и РЭМ следует их хорошая корреляция в контексте диффузионного перераспределения атомов Ge в слоях $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$. Как уже отмечалось выше, из спектров POP (рисунок 1 б) видно, что термообработка в атмосфере водорода приводит к значительному перераспределению Ge по направлению к поверхности. В итоге, в верхнем слое $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ увеличивается концентрация Ge. Это особенно характерно для структур Ge (0,27 мкм) / $\text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ (0,25 мкм), РЭМ-микрофотографии которых представлены на рисунке 2 в, г. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что термообработка в атмосфере водорода увеличивает

не только поверхностную, но и объемную диффузионную подвижность атомов Ge.

В таблице 1 приведены результаты измерений поглощения в видимом и ближнем ИК-диапазоне (1,3–1,55 мкм) для пленок $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ после выращивания и после термообработки в атмосфере водорода при температуре 850°C .

Хорошо видно, что общий диапазон поглощения изменяется в пределах 57–96 % и сильно зависит от

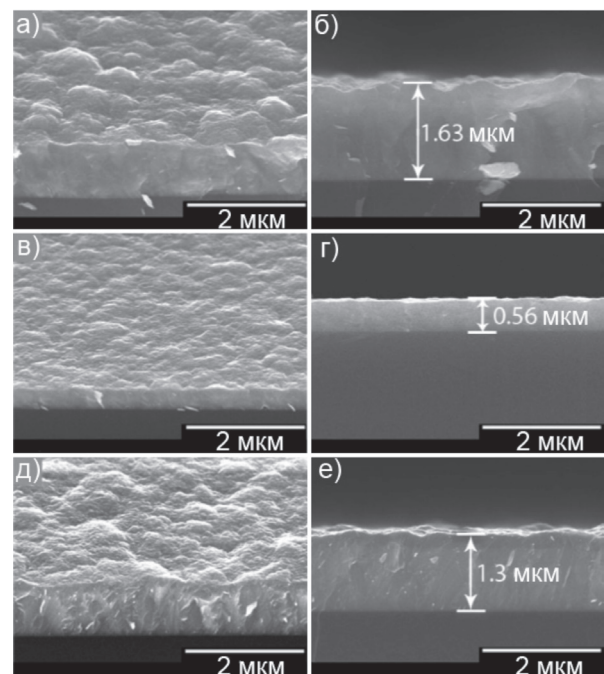


Рисунок 2 – РЭМ изображения пленок в планарном (а, в, д) и поперечном (б, г, е) сечении. Все пленки подвергались термообработке в атмосфере водорода при температуре $T=850^\circ\text{C}$: а, б – $\text{Si}_{0,2}\text{Ge}_{0,8}$ (1,3 мкм) / $\text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ (0,25 мкм); в, г – Ge (0,27 мкм) / $\text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ (0,25 мкм); д, е – Ge (0,96 мкм) / $\text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ (0,25 мкм)

Таблица 1 – Поглощение излучения в структурах $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x / \text{Si}_{1-y}\text{Ge}_y$

Структура	Толщина промежуточного слоя, мкм	Толщина верхнего слоя, мкм	Поглощение, %	
			Видимый диапазон	ИК-диапазон
$\text{Si}_{0,2}\text{Ge}_{0,8} / \text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$	1,3	0,3	78*	91
			78**	91
$\text{Ge} / \text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$	0,27	0,25	60	68
			60	57
$\text{Ge} / \text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$	1,0	0,25	72	95
			75	91
$\text{Ge} + \alpha\text{-Si}$	1,0	0,2	75	96
			78	93

Примечания: * послеосаждения. – ** после термообработки при температуре $T=850^\circ\text{C}$ в атмосфере водорода.

параметров осаждения и термообработки структур. В частности, поглощение осажденных пленок изменяется в диапазоне 60–78 % для видимой области и 68–96 % для ИК области спектра. Максимум поглощения составляет 78 % для $\text{Si}_{0,2}\text{Ge}_{0,8} / \text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ структуры и 96 % для $\text{Ge} + \alpha\text{-Si}$ структуры в видимом и ИК-диапазоне соответственно. Термообработка в атмосфере водорода также незначительно увеличивает поглощение в пленках $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$. Установлено, что для пленок $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ после термообработки в атмосфере водорода при температуре 850°C типичным является поглощение 60–78 % и 57–93 % для видимого и ИК-диапазона соответственно. Так, высокотемпературная обработка в атмосфере водорода приводит к изменению поглощения в пленках $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$, что наиболее проявляется для $\text{Ge} / \text{Si}_{0,7}\text{Ge}_{0,3}$ и $\text{Ge} + \alpha\text{-Si}$ в видимом диапазоне (72–75 % и 75–78 % соответственно). Также определено, что поглощение возрастает вместе с толщиной Ge или SiGe пленки.

Таким образом, РОР и РЭМ анализ позволили установить структурные свойства и морфологические трансформации в структурах на основе германия. Обнаружено увеличение диффузионной подвижности атомов германия в приповерхностной области вследствие термообработки в атмосфере водорода. Этот эффект может быть использован для уменьшения шероховатости поверхности структур в оптимизированных режимах осаждения. Показано, что максимальное поглощение наблюдается в пленках Ge и SiGe с толщиной $d=1$ мкм или выше.

Благодарности

Исследования проводились при финансовой поддержке ГПНИ «Электроника и фотоника» (проект 1.2.09) и при частичной поддержке фонда Марии Кюри 7-й Рамочной программы ЕС - FP7-PEOPLE-2011-PIF (проект No 911932).

Литература:

1. Masini, G. Monolithic integration of near-infrared Ge photodetectors with Si complementary metal–oxide–semiconductor readout electronics / G. Masini, V. Cencelli, L. Colace, et al // Appl. Phys. Lett. – 2002. – № 80. – P. 3268–3270.
2. Colace, L. Low Dark-Current Germanium-on-Silicon Near-Infrared Detectors / L. Colace, P. Ferrara, G. Assanto // IEEE Photon. Technol. Lett. – 2007. – V. 19, № 22. – P. 1813–1815.
3. Sze, S.M. Physics of semiconductor devices / S.M. Sze. – M., 1984. – 456 p.

4. R.A. Rudder, J.W. Cook Jr. and G. Lucovsky // Appl. Phys. Lett. – 1983. – № 43. – P. 871.

5. Wugen, Pan Ge composition dependence of properties of solar cells based on multicrystalline SiGe with microscopic compositional distribution / Pan Wugen // J. of Appl. Phys. – 2004. – V. 96, № 2. – P. 1238–1241.

6. Bidiville, A. Effect of oxygen doping in microcrystalline SiGe p-i-n solar cells / A. Bidiville, T. Matsui and M. Kondo // J. Appl. Phys. – 2014. – № 116. – P. 053701.

7. Nayfeh, A. Effects of hydrogen annealing on heteroepitaxial- Ge layers on Si : Surface roughness and electrical quality / A. Nayfeh, C.O. Chui, K.C. Saraswat & T. Yonehara // Appl. Phys. Lett. – 2004. – № 85. – P. 2815–2817.

8. Nayfeh, A. High Quality Heteroepitaxial- Ge layers on Si by Multi-Step Hydrogen Annealing and Re-Growth / A. Nayfeh, C.O. Chui, T. Yonehara, K.C. Saraswat // MRS 2005 Spring Meeting Symposium G: Advanced Gate Dielectric Stacks on High-Mobility Semiconductors, San Francisco, CA, 2005, G8.4.

9. Choi, D. Low surface roughness and threading dislocation density Ge growth / D. Choi, Y.S. Ge, J.S. Harris, J. Cagnon & S. Stemmer // on Si . J. Cryst. Growth. – 2008. – № 310. – P. 4273–4279.

10. Osmond, J. Ultralow dark current $\text{Ge/Si}(100)$ photodiodes with low thermal budget / J. Osmond, et al. // Appl. Phys. Lett. – 2009. – № 94. – P. 201106.

11. Chevalier, J. Hydrogen in crystalline semiconductors / J. Chevalier, M. Aucouturier // Ann. Rev. Mater. Sci. – 1988. – V. 18. – P. 219–561.

12. Estreicher, S. Hydrogen in Si and Ge , in «Silicon, Germanium, and Their Alloys: Growth, Defects, Impurities, and Nanocrystals», edited by G. Kissinger and S. Pizzini / S. Estreicher, M. Stavola, J. Weber // CRC Press, Boca Raton, 2014.

Abstract

Using the Rutherford backscattering, scanning electron microscopy and optical spectroscopy methods the structural and optical properties of thin polycrystalline $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ films, treated in a hydrogen atmosphere at 850°C were investigated. The redistribution of Ge and Si as well as morphological transformations and variation of absorption coefficient in the visible and near-IR range were found in hydrogen treated $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ films. The results are discussed in terms of the H-Ge interaction in the $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ layers during high temperature hydrogen treatment.

Поступила в редакцию 10.04.2015 г.



тел./факс: +375 172 510 353; + 375 172 071 264; + 375 172 042 722;
 моб.: +375 296 559 005;
 e-mail: v.yatseiko@bek.by

Соединители и кабельная продукция для оборонно-промышленного комплекса	Провода	Кабельные сборки	Плоские шлейфы	Крепежные элементы	Термоусадочные трубки	Гофрированные трубки	Экранирующие оплетки	D-sub разъем (Micro, Nano)	Миниаторные цилиндрические	ВЧ разъемы	Разъемы MIL-DTL-38999	Байонетные разъемы MIL-C-26482	Силовые и сигнальные разъемы MIL-DTL-5015	Кожухи для цилиндрических	Разъемы для ВОЛС	Защищенные разъемы RJ45, USB	Слаботочные разъемы MIL-DTL-55116	Фильтры	Соединители MIL-STD-1760	Кожухи	Кнопки, переключатели	Реле	Межплатные соединители	Инструменты	Герметичные разъемы
Amphenol		*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	
Axon' Cable	*	*	*	*			*	*	*		*	*	*	*	*		*	*	*	*				*	
Deutsch									*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*			*	*	
C&K Components								*									*	*	*	*	*			*	
Glenair	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	
Essentra Components				*																	*			*	
Molex	*	*					*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	
TE Connectivity	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
NICOMATIC		*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Raychem	*		*		*		*											*	*	*					
Schlemmer						*																			
Souriau							*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	
ITT CANNON								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Samtec	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	
SCHURTER				*													*	*	*	*	*	*	*	*	
Marquardt																		*	*	*	*	*	*	*	
Harting		*		*											*		*	*	*	*	*	*	*	*	

Электронные компоненты для оборонно-промышленного комплекса	Дискретные активные компоненты	Аналоговые микросхемы	АЦП / ЦАП	Управление электропитанием	DSP	Микроконтроллеры	Микропроцессоры	ПЛИС	Компоненты для беспроводных решений	Интерфейсы	Синхронизация	Память	Компоненты для датчиков	Передача данных	Дисплеи и мониторы	ASIC	Системы на кристалле	Встраиваемые системы	Резисторы	Конденсаторы	Индуктивность	Оптические компоненты	Трансформаторы
Actel								*								*	*						
Analog Devices		*	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*									
Axiomtek															*			*					
AVX											*									*	*		
Bourns	*																		*		*		*
Cirrus Logic		*	*		*					*	*			*			*						
Coilcraft																					*		*
Cypress Semiconductor						*	*		*		*	*		*									
Diodes	*	*		*								*										*	
D3CI		*	*	*	*	*	*			*	*	*				*	*						
E2V		*	*			*	*	*		*	*	*										*	*
EPCOS											*									*	*		
Freescale Semiconductor		*		*	*	*	*		*				*	*									
Finisar																						*	
GSI Technology											*												
Gigalight																						*	
Halo Electronics				*										*							*		*
Infineon Technologies	*			*		*	*						*	*								*	
International Rectifier	*			*																			
Intersil		*		*						*	*												
Maxim Integrated		*		*		*		*	*	*	*		*	*	*								
Microsemi	*	*					*	*			*	*	*	*	*		*	*					
Microtips															*			*					
Murata				*							*			*					*		*	*	
NXP	*	*	*	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	
ON Semiconductor	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*								
STMicroelectronics	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*								
Texas Instruments	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*								
Vishay											*								*	*	*		
Xilinx					*	*	*	*				*								*	*	*	

НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ			
Инкрементальные, абсолютные, круговые агнитные энкодеры фирмы Lika Electronic (Италия)	80-380 у.е.	ООО «ФЭК»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 200-34-23, тел.: +375 17 200-04-96. E-mail: lighting@fek.by
Индукционные лампы Smart Dragon 40, 80, 120, 150, 200, 300W	80-380 у.е.		
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 391-02-22, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by
AC/DC источники тока, LED-драйвера, источники напряжения для светодиодного освещения и мощных светодиодов			
Мощные светодиоды (EMITTER, STAR), сборки и модули мощных светодиодов, линзы ARLIGHT	Договор	ООО «СветЛед решения»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 214-73-27, +375 17 214-73-55. E-mail: info@belaist.by www.belaist.by
Управление светом: RGB-контроллеры, усилители, диммеры и декодеры			
Источники тока AC/DC для мощных светодиодов (350/700/100-1400 мА) мощностью от 1W до 100W ARLIGHT			
Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT			
Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48V/ от 5 до 300W) в металлическом кожухе, пластиковом, герметичном корпусе ARLIGHT, HAITAIK			
Светодиодные ленты, линейки открытые и герметичные, ленты бокового свечения, светодиоды выводные ARLIGHT			
Светодиодные лампы E27, E14, GU 5.3, GU 10 и др.			
Светодиодные светильники, прожектора, алюминиевый профиль для светодиодных изделий			
Индуктивные, емкостные, оптоэлектронные, магнитные, ультразвуковые, механические датчики фирмы Balluff (Германия)	Договор	ООО «Автоматикацентр»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 218-17-98, тел.: +375 17 218-17-13. E-mail: sos@electric.by www.electric.by
Блоки питания, датчики давления, разъемы, промышленная идентификация RFID, комплектующие фирмы Balluff (Германия)			
Магнитострикционные, индуктивные, магнитные измерители пути, лазерные дальномеры, индуктивные сенсоры с аналоговым выходом, инклинометры фирмы Balluff (Германия)			
Инкрементальные, абсолютные, круговые магнитные энкодеры фирмы Lika Electronic (Италия)			
Абсолютные и инкрементальные магнитные измерители пути, УЦИ (устройство цифровой индикации), тросиковые блоки, муфты, угловые актуаторы фирмы Lika Electronic (Италия)			
Преобразователи частоты, устройства плавного пуска, сервопривода, ПЛК, интеллектуальные реле, сенсорные панели, линейные и шаговые приводы фирмы Schneider Electric (Франция)			
Автоматические выключатели, УЗО, дифавтоматы, УЗИП, выключатели нагрузки фирмы Schneider Electric (Франция)			
Контакты, промежуточные реле, тепловые реле перегрузки, реле защиты, автоматические выключатели защиты двигателя фирмы Schneider Electric (Франция)			
Кнопки, переключатели, сигнальные лампы, посты управления, джойстики, выключатели безопасности, источники питания, световые колонны фирмы Schneider Electric (Франция)			
Универсальные шкафы, автоматические выключатели, устройства управления и сигнализации, УЗО и дифавтоматы, промежуточные реле, выключатели нагрузки, контакты, предохранители, реле фирмы DEKraft			
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ			
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	от 0,10 у.е.	УП «Алнар»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 209-69-97, тел.: +375 29 644-44-09. E-mail: alnar@alnar.net www.alnar.net
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,10 у.е.		
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,50 у.е.		
Термокомпенсированные кварцевые генераторы	от 2,20 у.е.		
Резонаторы и фильтры на ПАВ			
Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены	от 0,04 у.е.		
СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ			
Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ. Микросхемы производства Xilinx, Samsung, Maxim, Atmel, Altera, Infineon и пр. Термоусаживаемая трубка, диоды, резисторы, конденсаторы, паяльная паста, кварцевые резонаторы и генераторы, разъемы, коммутация и др.	Договор	ЧТУП «Чип электроникс»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 269-92-36. E-mail: chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by
Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 391-02-22, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АКИП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agilent	1-й поставщик	ООО «Приборостроительная компания»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 284-11-18, тел.: +375 17 284-11-16. E-mail: 4805@tut.by
Поставка электронных компонентов и отладочных средств (микросхемы, реле, герконы, батарейки, кварцевые резонаторы) по проектным ценам: Texas Instruments, Intersil, Cypress, MXIC, Huawei, EM-Marin, COTO, Gruner, COMUS, Micro Crystal, RENATA, PKCELL, XENO, SAURIS и др.	Дистрибьютора	ЧНПУП «БелСКАНТИ»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 256-08-67, тел.: +375 17 398-21-62. E-mail: nab@scanti.ru www.scanti.ru



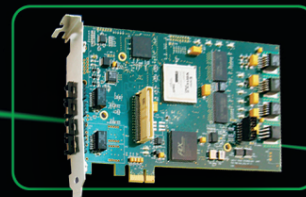
Great River
Technology

Advanced Video and Data Systems

Мировой лидер в разработке систем на основе стандарта ARINC 818 — базового стандарта Интегрированной Модульной Авионики

GRT предлагает следующие решения:

- Платы захвата кадра и генераторы видеосигнала
- Отдельно устанавливаемые высокоскоростные модули генерации сигнала
- Модули преобразования видеосигнала в защищенном исполнении
- Системы записи и воспроизведения
- Коммутаторы



ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР GREAT RIVER TECHNOLOGY



«Фаворит — Электронная Компания»

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

МОСКВА
+7 (495) 627-76-24
info@favorit-ec.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
+7 (812) 449-92-15 (16)
spb@favorit-ec.ru

МИНСК
+375 (17) 207-01-85
info@favorit-ec.ru



- « Кабели и аксессуары
- « Оборудование для СКС
- « Оборудование для ЦОД
- « Электротехника и автоматизация
- « Инструменты и расходные материалы
- « Приборы: измерения, диагностика, обслуживание
- « Оборудование для мобильных операторов
- « Оборудование для эфирно-кабельного телевидения
- « Программное обеспечение и программно-аппаратные комплексы



**ПРЕИМУЩЕСТВА
НАДЕЖНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА**

ЗАО «Профессиональные сетевые системы»

220035, г. Минск, ул. Тимирязева, 656, офис 308
+ 375 (17) 290-83-72, + 375 (17) 290-83-73
факс: + 375 (17) 254-78-28; моб.: + 375 (29) 688-84-78
www.pns.by info@pns.by

ЗАО «Профессиональные сетевые системы» УНН-190490917