



Редактор:

Геннадий Каневский
vesti@compel.ru

Выпускающий редактор:

Анна Кузьмина

Редакционная коллегия:

Андрей Агеноров
Алексей Гуторов
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Валерий Куликов
Александр Райхман
Борис Рудяк
Игорь Таранков
Илья Фурман

Дизайн, графика, верстка:

Елена Георгадзе
Владимир Писанко
Евгений Торочков

Распространение:

Анна Кузьмина

Электронная подписка:

www.compeljournal.ru

Отпечатано:

«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж – 1500 экз.

© «Новости электроники»

Подписано в печать:

3 октября 2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *TEXAS INSTRUMENTS*

Мы готовы удовлетворить запросы российских разработчиков <i>Дэвид Проссер</i>	3
Texas Instruments: осознанный выбор стратегии <i>Валерий Куликов</i>	4
Новые возможности семейства специализированных микроконтроллеров TMX320F2833x <i>Владимир Козаченко</i>	7
Применение технологии DaVinci для систем видеонаблюдения <i>Оливер Чжан</i>	15
IP-камера – где найти простое решение? <i>Илья Чепурин</i>	19
Новое семейство прецизионных ИОН REF50xx <i>Константин Староверов</i>	22
Преимущества применения сдвоенного емкостного барьера в новых цифровых изоляторах Texas Instruments <i>Сергей Пичугин</i>	27
CC2480 – сетевой ZigBee-сопроцессор <i>Олег Пушкарев</i>	32
Протокол SimpliCI <i>Всеволод Нестеров</i>	37



ОТ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

В 1979 году я учился в седьмом классе. И самыми большими счастливыми в нашем классе считались три человека.

У первого была настоящая японская магнитола Sharp, того типа, который в наши дни назвали бы бумбоксом. У второго — виниловая пластинка группы АВВА. И, наконец, у третьего — роскошный «научный» калькулятор Texas Instruments с вычислением тригонометрических функций и возможностью построения графиков, привезенный дядей-журналистом из США. Таких калькуляторов в те годы не делал больше никто, и у нас он вызывал почти священный трепет.

Занимающая третье место в мире по объему производства полупроводников компания Texas Instruments продолжает оставаться законодателем моды не только в научных калькуляторах, которые, кстати, производятся до сих пор. В нынешнем году исполняется 50 лет с момента изобретения первой в истории микросхемы — автором этого изобретения был сотрудник компании Texas Instruments Джек Килби. Цифровые сигнальные контроллеры TI и разработанная компанией идеология встраиваемых систем произвели маленькие революции во многих

отраслях — в беспроводной связи, в управлении электроприводом, в точной измерительной технике и индустриальной электронике. Микроконтроллеры, высокоточные аналоговые микросхемы, АЦП и ЦАП повышенной производительности — все это области, в которых с компанией Texas Instruments мало кто может конкурировать.

Этот номер журнала подготовлен редакцией специально к Дням технологии Texas Instruments, которые проводятся компанией в Москве и Петербурге 14 и 16 октября, соответственно. Мы постарались уделить максимальное внимание тем направлениям, которым посвящено это мероприятие: цифровым сигнальным контроллерам, организации электропитания, встраиваемым системам и обработке сигналов. Статьи номера послужат своеобразным дополнением к докладом на Днях технологии TI, а те из вас, кто не сможет присутствовать на семинарах, получат представление об обсуждаемых новинках и технологиях.

Как всегда, ждем ваших вопросов и предложений.

С уважением,
Геннадий Каневский



Дэвид Проссер (Texas Instruments)

МЫ ГОТОВЫ УДОВЛЕТВОРИТЬ ЗАПРОСЫ РОССИЙСКИХ РАЗРАБОТЧИКОВ

На вопросы Геннадия Каневского отвечает руководитель департамента продаж по Восточной Европе Texas Instruments Дэвид Проссер.

Геннадий Каневский: Этот специализированный выпуск нашего журнала «Новости Электроники» посвящен Дням Технологий компании TI в России, которые будут проходить в Москве 14 октября и в Санкт-Петербурге 16 октября 2008 г. Расскажите, пожалуйста, нашим читателям о главных идеях Дней Технологий TI. Каких целей могут достичь разработчики электроники с одной стороны и компания TI — с другой во время проведения этого мероприятия?

Дэвид Проссер: Компания Texas Instruments считает, что у российского рынка электронных компонентов есть большой потенциал для развития. Расширение рынка сбыта TI в этом регионе продиктовано нашей стратегией «быть ближе к потребителям, где бы они ни находились, какого бы размера ни было их предприятие и, какой бы узкой ни была область применения компонентов TI». Для каждого Дня Технологий команда представителей Texas Instruments в России разработала специальную программу, нацеленную на удовлетворение потребностей российских клиентов. День Технологий позволит нам быть еще ближе к нашим покупателям, поэтому мы проводим это мероприятие в формате выездной презентации для российских инженеров. Мы предоставляем уникальную возможность нашим заказчикам из Москвы и Санкт-Петербурга встретиться со специалистами компании TI, которые могли бы помочь в решении настоящих проектных проблем.

Г.К.: Чем, главным образом, отличается апрельская Конференция разработчиков TI 2007 года

и Дни Технологий TI, которые пройдут в октябре 2008 года?

Д.П.: В программу Дней Технологий, намеченную на 2008 год, войдут презентации новых устройств, которые мы вывели на рынок с апреля 2007 года. Мы знаем, что российские потребители проявляют живой интерес к таким товарам, как встроенные процессоры OMAP35х и DM355 и аналоговая продукция для силовой электроники в схемах управления.

Г.К.: Программа Дней Технологий будет посвящена трем направлениям: цифровые сигнальные процессоры, решения в силовой электронике для управления питанием, встроенные процессоры и схемы управления. Какова занимаемая позиция и главные достижения компании TI в каждом из направлений?

Д.П.: Компания TI предлагает широкий ассортимент полупроводников для электронной промышленности. Еще одно достоинство TI — наш многолетний опыт в развитии аналоговых и цифровых интегральных микросхем для различных областей применения, таких как промышленные системы контроля, обработка видеосигнала, цифровое формирование изображения, измерительное оборудование, бытовая автоматика и др.

Индивидуальный подход к высокотехнологичным решениям задач потребителей и глубокое знание интегрированных систем дает нам возможность помочь российским инженерам в разработке любых устройств. Программы и презентации, запланированные нами на Днях Технологий, позволят нам предложить решения для разработки и модернизации таких устройств.



В России мы видим невероятно большой взрыв предпринимательской активности, стимулирующий подъем в инновационной деятельности. Компания Texas Instruments хотела бы быть ближе к своим российским потребителям, чтобы содействовать успеху в этой области.

Г.К.: Наши читатели получат номер этого журнала в то время, когда будут проходить Дни Технологий. Инженеры постоянно ждут от компании TI каких-либо важных технологических открытий или новых проектов. Будут ли сюрпризы такого рода во время Дней Технологий или сразу после них? Можете ли Вы хотя бы намекнуть, в какой группе продукции?..

Д.П.: Компания TI регулярно анонсирует свою продукцию, и как раз незадолго до Дней Технологий у нас будет чем удивить наших российских клиентов в области аналоговой продукции и встроенных процессоров.

Г.К.: Что бы Вы пожелали участникам Дней Технологий TI в России?

Д.П.: Мы бы хотели, чтобы участники Дней Технологий знали, что модель бизнеса компании TI основана на тесном контакте с нашими потребителями, чтобы помочь им в решении текущих проблем и в осуществлении инновационной деятельности в России. Мы работаем с нашими партнерами по предоставлению инновационных товаров и решений нашим клиентам. В этом нам помогают наши торговые партнеры, такие как КОМПЭЛ; наше Московское и Санкт-Петербургское представительство; русскоговорящие инженеры по применению в Москве и Санкт-Петербурге, центр технической поддержки потребителей с русскоговорящим персоналом и наш русскоязычный сайт www.ti.com/ru.



Валерий Куликов (КОМПЭЛ)

TEXAS INSTRUMENTS: ОСОЗНАННЫЙ ВЫБОР СТРАТЕГИИ



В период с 2004 по 2007 г.г. доходы корпорации Texas Instruments (TI) выросли с \$11,55 млрд до \$13,83 млрд, что позволяет ей удерживать третье место на полупроводниковом рынке. Корпорация TI известна в первую очередь лидерством в области цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) с долей рынка более 60% и отрывом от ближайшего конкурента на полпорядка. Сильны ее позиции и на рынке аналоговых микросхем с долей рынка в более 14% (доходы в \$5,29 млрд от общего рынка в \$36 млрд). По итогам 2007 года, TI также замыкает десятку лидеров микроконтроллерного рынка. Однако с учетом малого разброса показателей и статистической ошибки маркетинговых исследований правильнее говорить о группе компаний, делящей третье место на рынке микроконтроллеров. Что же касается микроконтроллерного рынка США, где разница в долях рынка и сами доли компаний первой пятерки выше показателей мирового рейтинга лидеров, то TI находится на 4 месте.

Области применений микроконтроллеров TI — интеллектуальные датчики, управление двигателями и преобразованием энергии, промышленное оборудование, автомобильные и измерительные системы.

Около 80% объемов применений ЦСП TI относятся к телекоммуникационным приложениям (по данным аналитической компании IC Insights). Промышленные и компьютерные применения ЦСП (например, в качестве процессоров управления дисками) приблизительно равны и в сумме составляют около 10%. Остальной объем поглощают автоэлектроника и «прочие» применения. Тут надо отметить, что доля автоэлектроники с 2005 года стала устойчиво возрастать. Что же касается

телекоммуникаций, то девять из десятки лидеров в производстве оборудования связи поколения 3G являются заказчиками TI.

Рынок аналоговых микросхем разгоняется сегодня подобно стартовой ракете. В среднем на электронную систему приходится более десяти аналоговых микросхем. Инновационное портфолио аналоговых микросхем TI позволяет ей наполнять этими изделиями рынки потребительской электроники, автоэлектроники, компьютерной техники, медицинского оборудования и промышленных приложений. Рост доходов на аналоговом рынке TI составлял в последние два года 11%, при этом рост доходов от продукции подразделения НРА (High-Performance Analog, аналоговые компоненты для высокопроизводительных приложений) в этот же период составил 28%, что свидетельствует о росте спроса на наиболее высокотехнологичную аналоговую продукцию TI.

Уже имея обширный портфель предложений, корпорация TI на-

мерена в ближайший год вывести на рынок до пятисот новых аналоговых продуктов. И возможность практической реализации этого инновационного «замаха» подтверждается всей историей технических и бизнес-инноваций корпорации TI.

В 1954 году компания Texas Instruments, которая получила это имя в 1951 году, а вышла на полупроводниковый рынок в 1952 году, выпустила первые кремниевый и германиевый транзисторы, а в 1957 году — мощный кремниевый транзистор.

Предтечей нынешней работы TI на рынке телекома и встроенных систем стало изобретение в 1958 году Джеком Килби (*Jack Kilby*), патриархом корпорации Texas Instruments, интегральной микросхемы. В 1959 году компания TI выпустила первую коммерческую интегральную микросхему — Solid Circuits™. До первого портативного калькулятора компания шла 8 лет — он был выпущен в 1967 году, а однокристальное решение TMS1000 для 4-разрядной процес-



Штаб-квартира Texas Instruments в городе Даллас, штат Техас, США

сорной микросхемы появилось у компании в 1974 году. Уже через год компания TI выпустила 16-разрядную процессорную микросхему TMS9900. Как мы видим, темпы росли, и этому в немалой степени способствовало развитие собственной технологической базы. Компания последовательно осваивала и внедряла диффузионную и эпитаксиальную технологии выращивания полупроводниковых структур, планарный технологический процесс, МОП (MOS)-технологии, а в 1975 году была запущена программа электронной литографии TI.

В 1981 году компания TI выпустила восьмиразрядный микроконтроллер TMS7000 (его потомками стали микроконтроллеры TMS370), в 1986 году — 32-разрядный ЦСП для графических приложений, а в 1992 году — 486-й процессор. Рассказывая о процессорах 486 от TI в своем январском номере 1996 года, журналисты российского PC Week отметили, ссылаясь на материалы московской пресс-конференции TI, что те «в большинстве своем отличаются от аналогичных по производительности процессоров Intel дешевизной и экономичностью. Так, например, процессоры TI DX2-66 и TI DX2-80 потребляют 1,38 и 1,55 Вт соответственно, в то время как i486DX4-75 обладает мощностью 2,85 Вт, а i486DX2-66 — целых 6,0 Вт».

Кроме процессоров интеловской архитектуры в истории производства TI нашлось место и процессорам семейства SPARC: в 1991 году компания выпустила процессор SuperSPARC, а в 1992 году — MicroSPARC. Если добавить к этому то, что в 1995 году компания вывела на рынок семейство ЦСП TMS320C54x, а в 1997 году — TMS320C6x, первый ЦСП с поддержкой технологии VLIW (Very Long Instruction World, инструкции со сверхдлинным командным словом) и производительностью 1 GFLOPS, то станет ясно, что к началу нового века в руках у компании оказались сосредоточены продукты для всего рынка цифровых вычислений — для ПК, серверов, встроенных систем.

Руководство компании сделало ставку на встроенные системы,

на ЦСП, микроконтроллеры и аналоговые компоненты. В 2003 году компания отпраздновала пятнадцатую годовщину своего сотрудничества с Sun Microsystems, для которой производила процессоры семейства SPARC. В этом же году за производство специализированных микросхем корпорация получила награду «Cisco Supplier of the Year». Но «личный» бизнес TI стоит ныне на трех китах: цифровые процессоры для встраиваемых применений, аналоговые компоненты и микросхемы DLP (digital light processing, цифровое управление светом) для создания проекционных устройств. На рынке проекционных DLP-систем корпорация имеет рыночную долю в 50%, а в области цифрового телевидения DLP-микросхемы Texas Instruments удерживают 20% рынка.

Корпорация TI смогла стремительно выйти в лидеры рынка аналоговых компонентов, используя две технологии бизнеса — покупку успешных компаний и развитие собственных технологий. Приобретение на пороге нового века компаний Power Trends (plug-in модули DC/DC-преобразователей), Unitrode Corporation (микросхемы управления питанием) усилило позиции TI на аналоговом рынке, а приобретение компании Burr-Brown окончательно сформировало «мускулистый» рельеф подразделения HPA (High-Performance Analog, аналоговые компоненты для высокопроизводительных приложений).

Что же касается технологий микроэлектронного производства, то в 1990 году компания TI начала освоение технологии BiCMOS. Сегодня технология BiCom3x используется для создания быстродействующих биполярных КМОП(CMOS)-микросхем и позволяет TI изготавливать высокоскоростные АЦП для таких требовательных к скорости сбор данных и полосе пропускания приложений, как медицинская визуализация и контрольно-измерительное оборудование.


Корпорацией TI взят курс на стратегическое партнерство с производственными микроэлектронными компаниями для создания КМОП-технологий с проектными

нормами меньшими 45 нм. Результатом таких усилий стало появление первых образцов кристаллов с топологией 32 нм.

При создании современных и разработке перспективных микросхем используются технологии диэлектрика с высоким значением коэффициента диэлектрической проницаемости (high-k dielectric), металлического затвора, иммерсионной литографии.

TI использует для производства своих микросхем как собственные «кремниевые фабрики», так и аутсорсинговую модель производства. Ряд аналоговых компонентов, особенно те, что производятся в небольших количествах и используются в особенно «требовательных» приложениях, изготавливаются исключительно на производстве TI. В области производства цифровых КМОП-микросхем корпорация расширяет использование аутсорсинговой технологии, но при этом компания сохраняет достаточные внутренние ресурсы для производства и таких микросхем.

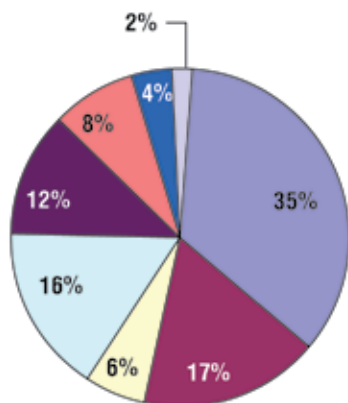
Корпорация TI хорошо понимает важность применения энергоэффективных микросхем в разработках своих заказчиков и уделяет особое внимание созданию изделий с малым потреблением тока и развитыми наборами режимов энергосбережения. Одним из примеров положительного эффекта усилий в этой области является технология SmartReflex, позволившая в некоторых процессорах семейства OMAP уменьшить энергопотребление на 65% в активном режиме и на несколько порядков — в режиме standby. Другой пример — технология LBC7, используемая при создании контроллеров заряда аккумуляторов. Технология LBC7 позволяет достичь высокой интеграции разнообразных компонентов, таких, как мощные транзисторы, КМОП-логика, биполярные транзисторы и пассивные компоненты, и формировать законченные системы, включающие цепи зарядки, управления и защиты.

На ближайший год корпорация Texas Instruments одной из своих важнейших задач видит развитие элементной базы для приложений на основе мобильных портативных устройств. 



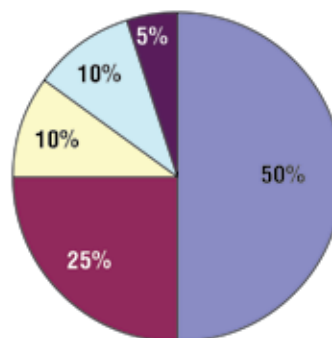
ЛИДЕР ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ИНДУСТРИИ

ПОСТАВКИ TI В 2006 г. ПО ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ГРУППАМ



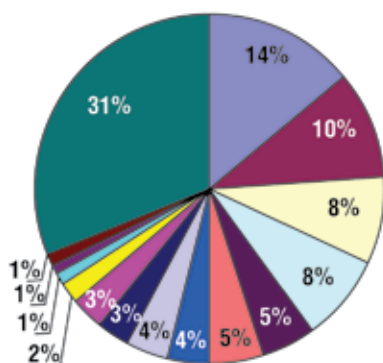
- Беспроводная продукция
- Высокопроизводительная аналоговая продукция
- DLP
- Аналоговые микросхемы
- Другие п/п-компоненты
- DSP
- Средства разработки
- Стандартная аналоговая продукция

ПРОДАЖИ TI В 2007 г. ПО ОТРАСЛЯМ



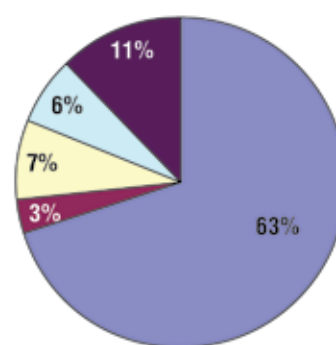
- Связь
- Компьютерная техника
- Потребительская техника
- Индустриальная электроника
- Автоэлектроника

ДОЛЯ РЫНКА TI В 2006 г. ПО АНАЛОГОВОЙ ПРОДУКЦИИ



- Texas Instruments
- Linear
- STMicro
- Renesas
- Infineon
- Intersil
- NXP
- Bosch
- ADI
- On Semi
- NSC
- Fairchild
- Freescale
- Prochie
- Maxim

ДОЛЯ РЫНКА TI В 2006 г. ПО DSP



- Texas Instruments
- Freescale
- Agere
- ADI
- Прочие

По данным www.wikinvest.com



Владимир Козаченко (НПФ «Вектор»)

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СЕМЕЙСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ TMS320F2833X

В статье речь пойдет об особенностях применения микроконтроллеров TMS320F2833x с поддержкой операций с плавающей точкой, которые используются для встраиваемых приложений в силовой электронике, электроприводе и системах питания.

История развития современной микропроцессорной техники характеризуется все большей адаптацией к области предполагаемого применения, когда архитектура центрального процессора, система команд, объем памяти и набор встроенных периферийных устройств определяются совокупностью типовых задач конкретной предметной области. Появились так называемые «специализированные» микроконтроллеры, ориентированные на использование в определенных областях техники. Их основное преимущество состоит в интеграции на кристалл целого ряда автономно работающих периферийных устройств, эффективно решающих широкий спектр типовых задач и высвобождающих ресурсы центрального процессора для поддержки сервисных и системных функций.

Сигнальные микроконтроллеры Texas Instruments 'C2000 являются примером такого специализированного семейства, рассчитанного на применение в силовой электронике, электромеханике, системах комплексной автоматизации производства. Микроконтроллеры семейства эффективны для управления: электрическими двигателями любых типов от асинхронного до вентильно-индукторного (*Motor Control*); роботами, манипуляторами, станками с ЧПУ (*Motion Control*); силовыми преобразова-

телями, источниками вторичного и стабилизированного питания (*Power Control*). Они перекрывают чрезвычайно широкий спектр применений: от бытовой и промышленной техники до энергетики (в том числе ветро- и солнечной энергетики), трансмиссий электромобилей и тяговых электроприводов городского и магистрального транспорта.

История семейства началась в 1995 г. с разработки первого специализированного сигнального микроконтроллера типа Motor Control TMS320F240, на порядок более производительного по сравнению со своими «коллегами» — классическими специализированными микроконтроллерами типа Motor Control фирм Intel, Motorola и др.

Основные этапы развития семейства

16-разрядные DSP-микроконтроллеры '24x:

- производительность 20 млн. оп./с;
- уникальное периферийное устройство менеджер событий, обеспечивающее согласованную работу сразу нескольких периферийных устройств — таймеров с каналами сравнения и захвата, ШИМ-генераторов с поддержкой центрированной ШИМ-модуляции и ШИМ-модуляции базовых векторов, «квадратурного декодера»;



- встроенный 16-канальный 10-разрядный АЦП с временем преобразования 6,6 мкс/канал.

• основное применение — скалярное управление приводами переменного тока по структуре «Неуправляемый выпрямитель-Инвертор-Двигатель».

16-разрядные DSP-микроконтроллеры '240x:

- производительность до 40 млн. оп./с.;
- двоякный менеджер событий, допускающий управление одновременно двумя инверторами и реализацию приводов переменного тока по структуре «Активный выпрямитель-Инвертор-Двигатель»;
- более производительный АЦП с временем преобразования 0,5 мкс/канал;
- встроенные контроллеры интерфейсов — синхронного периферийного (SPI), последовательного коммуникационного (SCI) и CAN.
- основное применение — инверторы, массовые частотно-регулируемые привода переменного тока, привода бытовой техники.

32-разрядные DSP-микроконтроллеры '281x:

- производительность до 150 млн. оп./с.;
- 8-уровневый конвейер команд;
- одноцикловые команды «Чтение-Модификация-Запись»;
- большой объем встроенной флэш-памяти программ (до 128 К

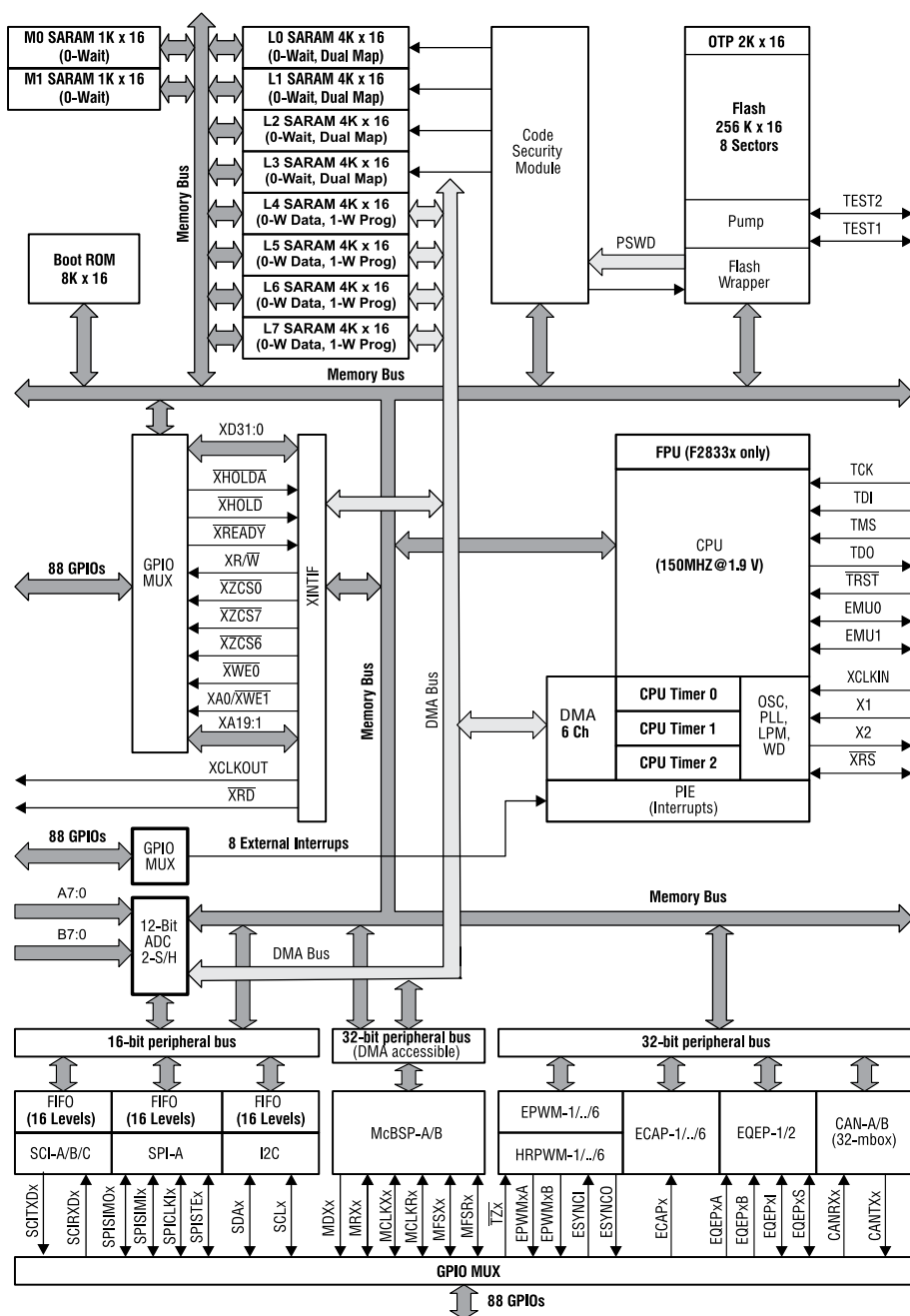


Рис. 1. Функциональная блок-схема микроконтроллеров '2833x

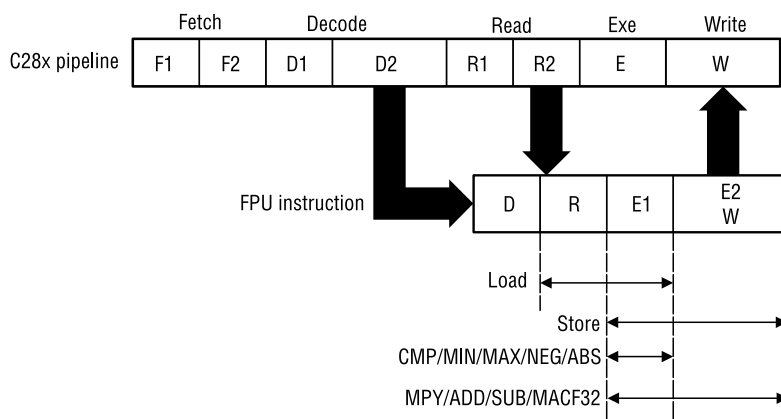


Рис. 2. Конвейер команд ЦПУ с плавающей точкой

слов) и памяти данных (до 18 К слов);

- еще более производительный АЦП с временем преобразования 80 нс/канал;

- расширенные коммуникационные возможности за счет использования двух многоканальных буферизированных последовательных портов McBSP;

- эффективный транслятор с языка высокого уровня C/C++;

- специальная библиотека IQmath поддержки вычислений в любом фиксированном формате (i.q); первая возможность выполнить всю разработку и отладку программного обеспечения в реальном времени на языке высокого уровня.

- основное применение – сложные комплекты электроприводы с системой векторного, векторного бездатчикового управления, расширенными сервисными функциями; системы управления роботов и станков; энергетические установки.

32-разрядные DSP-микроконтроллеры '280x:

- производительность 60-100 млн.оп./с;

- кардинально переработанный менеджер событий, состоящий из трех самостоятельных периферийных устройств – расширенного генератора ШИМ-сигналов (ePWM), расширенного модуля захвата (eCAP), расширенного «квадратурного» декодера (eQEP);

- дальнейшая оптимизация периферии как для управления двигателями, так и силовыми преобразователями и источниками питания, в том числе многоканальными, с фазовой синхронизацией большого числа каналов;

- генерация прецизионных ШИМ-сигналов с разрешением до 160 пс при рекордных значениях несущих частот до 1 МГц;

- встроенные средства поддержки высокочастотных трансформаторных гальванических развязок;

- дополнительное расширение коммуникационных возможностей за счет поддержки интерфейса I²C;

- основное применение – цифровые многоканальные системы стабилизированного и бесперебойного питания, DC/DC и DC/AC-преобразователи системы импульсно-фазового управления регуляторов напряжения и тиристорных преобразователей.

32-разрядные DSP-микроконтроллеры '2833x:

- первые специализированные микроконтроллеры с параллельной работой двух интегрированных на кристалл модулей центрального процессора с фиксированной и плавающей точкой; повышение общей производительности до 300 млн.оп./с;

- значительное увеличение объема встроенной флэш-памяти до 256 К слов и встроенного ОЗУ до 32 К слов;

- модифицированная универсальная периферия семейства '280x для эффективного управления силовыми преобразователями, двигателями и источниками питания;

- контроллер прямого доступа в память для ускоренного обмена данными между внутренней, внешней памятью и периферией;

- два контроллера CAN-шины, позволяющие организовать две независимо работающие CAN-сети – для подключения внутренних интеллектуальных устройств и внешних, например, для связи с системами управления верхнего уровня.

Разработчики систем привода и силовой электроники с появлением микроконтроллеров '2833x получили изделие своей мечты, «начиненное» самой современной периферией (рис. 1) и позволяющее вести разработку программного обеспечения на языке высокого уровня C/C++ как с использованием фиксированной точки (полная совместимость с '28xx), так и с использованием плавающей точки. Первый вариант предполагает представление переменных проекта в относительных единицах и поддерживается оптимизированной по быстродействию библиотекой математических функций IQmath. Во втором случае диапазон представления переменных

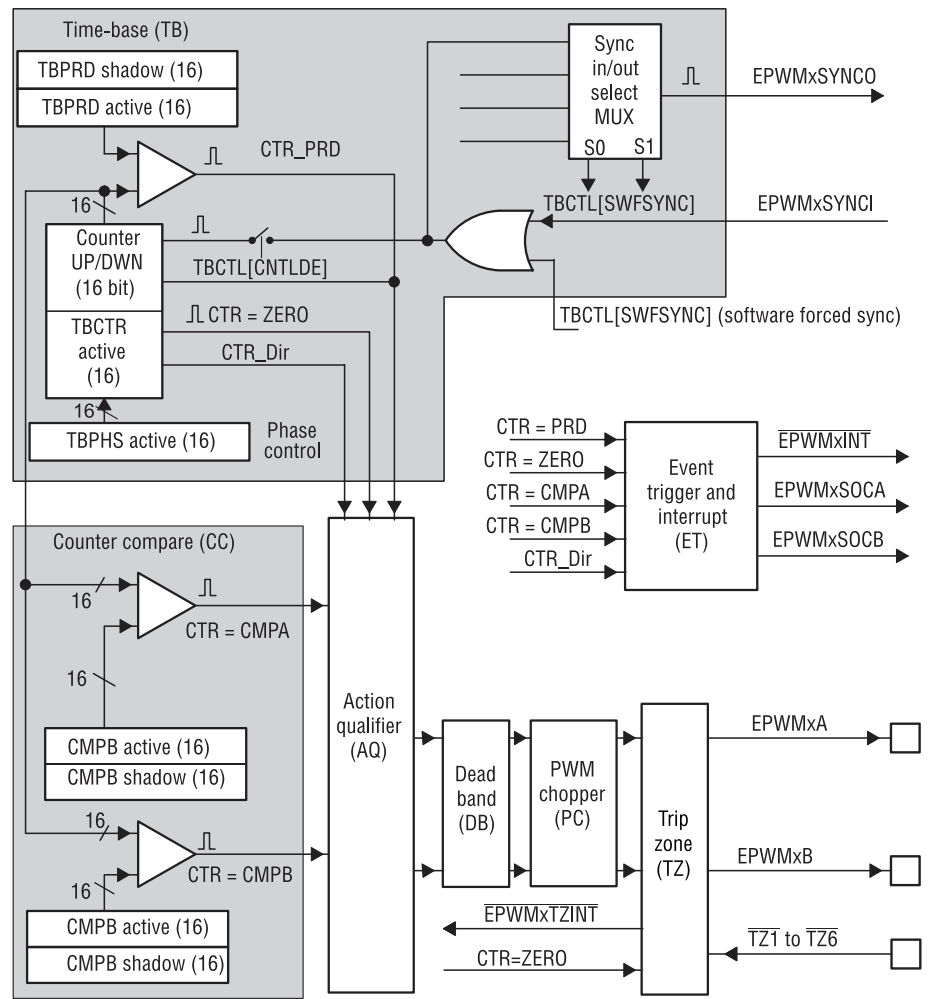


Рис. 3. Структура модуля расширенного ШИМ-генератора

существенно шире и переход к относительным единицам может вообще не потребоваться. Уменьшается объем программного кода и время его выполнения. В тех редких случаях, когда вычисления с плавающей точкой могут привести к накоплению ошибок и к фатальным сбоям (например, при расчете электрических и механических углов в замкнутых по положению системах привода), сохраняется возможность использования арифметики с фиксированной точкой.

Пока в серию микроконтроллеров TMS320F2833x входят три изделия '28335/ '28334/ '28332, отличающиеся тактовой частотой (150/150/100 МГц), объемом встроенной флэш-памяти (256/128/64 К слова, встроенного ОЗУ – 32/32/26 К слов), количеством независимых каналов ШИМ-генератора (18/18/16 (из них 6 поддерживают режим высокого разрешения)), числом ка-

налов захвата внешних событий (6/4/4), числом последовательных коммуникационных портов (SCI – 3/3/2) и многоканальных буферизированных последовательных портов McBSP (2/2/1). Дополнительно имеются: 9 таймеров, «квадратурный» декодер, 16-канальный АЦП с временем преобразования 80 нс/канал; синхронный периферийный интерфейс SPI, интерфейс I²C, 16/32-разрядная шина расширения памяти.

Наличие модуля поддержки вычислений с плавающей точкой (МПТ) удорожает микроконтроллер, поэтому для разработчиков, работающих исключительно в формате с фиксированной точкой, предлагаются точно такие же изделия, но без МПТ – '28235/ '28234/ '28232.

Покажем преимущества новой серии микроконтроллеров '2833x на примере трех важнейших устройств: модуля поддержки вы-

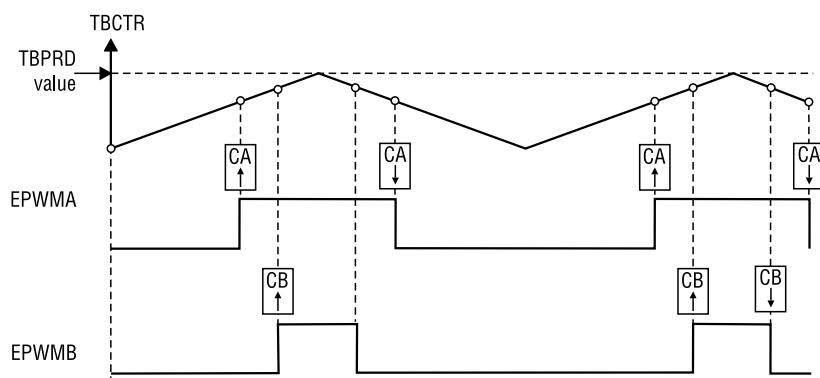


Рис. 4. Конструирование выходных ШИМ-сигналов

числений с плавающей точкой; расширенного модуля ШИМ-генератора и контроллера прямого доступа в память.

Модуль поддержки вычислений с плавающей точкой

Центральный процессор микроконтроллеров '2833x построен по модифицированной Гарвардской архитектуре семейства '28x, и отличается наличием двух параллельно работающих вычислителей с фиксированной и плавающей точкой. По системе команд микроконтроллеры '2833x и '28x совместимы сверху вниз. Любой программный код, написанный для '28x, будет выполняться на '2833x с использованием только вычислителя с фиксированной точкой.

Система команд '2833x расширена командами обработки 32-разрядных чисел с плавающей точкой однократной точности в формате IEEE. Эти команды выполняются с использованием вычислителя с плавающей точкой и дополнительного блока регистров R0N-R7N, — регистров источников/приемников операндов в формате с плавающей точкой. Эти регистры имеют собственные теневые регистры для поддержки механизма быстрого сохранения и восстановления контекста в высоко-приоритетных прерываниях. Вычислитель с плавающей точкой имеет свой собственный статусный регистр, позволяющий анализировать результаты операций. Возможен как программный контроль переполнений вверх и вниз при выполнении операций с плавающей точкой, так и более

эффективный контроль переполнений по прерываниям.

Архитектура центрального процессора содержит дополнительные улучшения, связанные с организацией циклов, — в отличие от микроконтроллеров '28x имеются не только команды повторения отдельной инструкции, но и команды повторения блока кода.

На рис. 2. показан принцип организации конвейера для микроконтроллеров '2833x. Начиная со второй стадии декодирования D2, конвейер раздваивается. Команды вычислений с фиксированной точкой направляются на верхний конвейер, а команды с плавающей точкой — на нижний. Параллельная работа двух вычислителей обеспечивает двукратный рост производительности процессора — до 300 млн. оп./с.

Часть команд с плавающей точкой, таких как команды сравнения CMP, поиска минимума MIN, максимума MAX, инвертирования знака числа NEG и получения абсолютного значения числа ABS являются одноцикловыми. Другая часть команд, в первую очередь арифметических, — умножения MPY, сложения ADD, вычитания SUB, умножения с накоплением MACF32 — двуцикловые. Для того чтобы результат такой операции стал доступен следующей команде, необходимо задержать конвейер на один цикл. В системе команд '2833x даются рекомендации, как это сделать при программировании на Ассемблере. Компилятор C/C++ автоматически оптимизирует алгоритм пользователя с учетом возможного параллельного выполнения ко-

манд, добавляя, как правило, «не конфликтующие с конвейером» команды загрузки операндов, которые понадобятся на следующих этапах вычислений. Тем самым практически полностью исключаются непроизводительные задержки конвейера.

Система команд для работы с числами в формате с плавающей точкой является функционально полной и включает в себя арифметические команды, команды конвертирования форматов (из формата с фиксированной точкой в формат с плавающей точкой и обратно), большое число высокоэффективных параллельно выполняемых команд, таких как арифметическая операция и загрузка или сохранение, умножение и одновременно сложение и т.д.

Имеются также команды получения первого приближения обратного значения числа в формате с плавающей точкой и корня квадратного, которые с помощью двух дополнительных программных итераций в соответствии с алгоритмом Ньютона-Рафсона позволяют получить точный 32-разрядный результат. Тем самым аппаратно обеспечивается высокая эффективность любых операций с плавающей точкой, включая деление. Эти аппаратные возможности поддерживаются компилятором C/C++.

Вызывают восхищение мощная команда умножения с накоплением, которая позволяет одновременно в формате с плавающей точкой рассчитывать сразу два цифровых фильтра любого порядка, выборки и коэффициенты которых последовательно-поочередно расположены в памяти. Команда может включаться в цикл повторения инструкции и выполняется всего за два цикла.

Модуль расширенного ШИМ-генератора

История развития техники идет по спирали, все повторяется на очередном витке, но на более качественном уровне. Первые ШИМ-генераторы строились на базе «массива программируемых таймеров со своими собственными каналами сравнения». Далее на их

основе были созданы «процессоры событий». Оказалось, что в силовой электронике большинство применений связано с управлением сразу группой ключей (например, 6-ю ключами инвертора), причем частота несущей должна быть одинакова. Кроме того, необходимы дополнительные аппаратные средства защиты ключей от сквозного тока, а также поддержка специальных режимов управления, таких как «широтно-импульсная модуляция базовых векторов». Появились более сложные устройства, реализующие эти требования — «менеджеры событий». Эти периферийные устройства предельно эффективны для управления классическими инверторами: на 30% снижаются динамические потери в ключах, на 15% повышается коэффициент использования входного напряжения постоянного тока.

По мере расширения области применения специализированных микроконтроллеров возникли новые задачи: 1) управление многоканальными силовыми источниками питания, где каждый канал должен работать на своей собственной несущей частоте, или на одной и той же частоте, но с заданным фазовым сдвигом; 2) цифро-фазовое управление ключами тиристорных преобразователей и регуляторов напряжения (устройств мягкого пуска); 3) управление многоуровневыми инверторами, в том числе высоковольтными, с синхронизацией значительного числа каналов. Были разработаны расширенные ШИМ-генераторы для семейств '280x и '2833x, структура которых напоминает «процессоры событий» (рис. 3), а возможности значительно перекрывают все старые и новые потребности разработчиков.

Все модули расширенного ШИМ-генератора строятся одинаково. Каждый из них содержит: базовый таймер ТВ, блок сравнения СС, конструктор выходных ШИМ-сигналов АQ, генератор «мертвого времени» DV, прерыватель ШИМ РС, устройство блокировки ШИМ TZ. Модуль имеет два выхода EPWMxA и EPWMxB, которые можно использовать либо независимо друг от друга, либо в паре для управ-

ления верхним и нижним ключом стойки инвертора.

Базовый таймер модуля работает в режимах нереверсивного и реверсивного счетчика. Период ШИМ задается в регистре периода TVPRD, а начальное состояние счетчика аппаратно загружается из регистра фазового сдвига TVPHS по сигналу синхронизации (аппаратному EPWMxSYNCl или программному). Тем самым реализуется новая стратегия фазового управления, когда ШИМ-сигналы, формируемые различными модулями, могут быть сдвинуты друг относительно друга на любой заданный угол. Внутри модуля временной базы формируются три события «по нулю» CTR=ZERO, «по периоду» CTR=PRD, «по направлению счета» CTR_Dir, которые обрабатываются конструктором ШИМ-сигналов.

Отличительной особенностью блока сравнения являются два независимых канала с регистрами задания двух уставок сравнения CMPA и CMPB. Оба события «по сравнению» CTR=CMPA и CTR=CMPB также обрабатываются конструктором ШИМ-сигналов.

Конструктор ШИМ-сигналов для каждого из двух выходов EPWMxA и EPWMxB позволяет по любому из пяти входных событий сгенерировать следующие выходные события: установить высокий уровень сигнала, низкий уровень; переключить с высокого на низкий уровень или обратно; оставить состояние выхода неизменным. Чтобы сконструировать выходные периодические сигналы разработчику нужно расставить на «опорной цифровой пиле» графические обозначения требуемых выходных событий и в соответствии с ними проинициализировать ШИМ-генератор. На рис. 4 в качестве примера показано, как на базе одного модуля создать два центрированных ШИМ-сигнала. Входные события по сравнению А вверх СА и вниз СА управляют фронтами первого ШИМ-сигнала, а по сравнению В вверх СВ и вниз СВ — фронтами второго ШИМ-сигнала.

Как обычно, сохраняется возможность по нужному событию

(например, «по периоду») генерировать запрос прерывания и в процедуре обслуживания этого прерывания изменять период ШИМ и уставки на сравнения СА и СВ, управляя выходными параметрами ШИМ-сигналов (периодом, скважностью и т.п.).

Защиту по «мертвому времени» можно организовать как программно, так и аппаратно, используя блок DV. При этом величина «мертвого времени» регулируется независимо для переднего и заднего фронтов импульсов с точностью до 0,01 мкс.

Интерес для разработчиков представляют необязательные дополнительные блоки, — прерыватель ШИМ-сигналов и блокировки ШИМ. Прерыватель, работающий на очень высокой несущей частоте (до 18,75 МГц), позволяет простыми аппаратными средствами организовать трансформаторную гальваническую развязку между драйверами силовых ключей и микроконтроллером. Модуль блокировки ШИМ может принять сигнал аварии из силового преобразователя и заблокировать выход ШИМ. С его помощью реализуется аппаратный релейный контур тока: как только сигнал по току превысит задание, внешний компаратор выдаст сигнал на один из входов TZx микроконтроллера и заблокирует выход ШИМ, скважность будет автоматически ограничена.

Уникальная архитектура расширенного ШИМ-генератора позволяет легко реализовать: широтно-импульсную модуляцию базовых векторов для обычных трехфазных инверторов; аппаратную синхронизацию 12-и ШИМ-сигналов управления трехуровневыми инверторами; автоматическую фазовую синхронизацию любого числа каналов DC/DC-преобразователей в зависимости от числа работающих каналов; прецизионное управление скважностью для устройств, работающих на высоких частотах несущей (до сотен кГц).

Контроллер прямого доступа в память

Контроллер прямого доступа в память (ПДП) обеспечивает аппа-

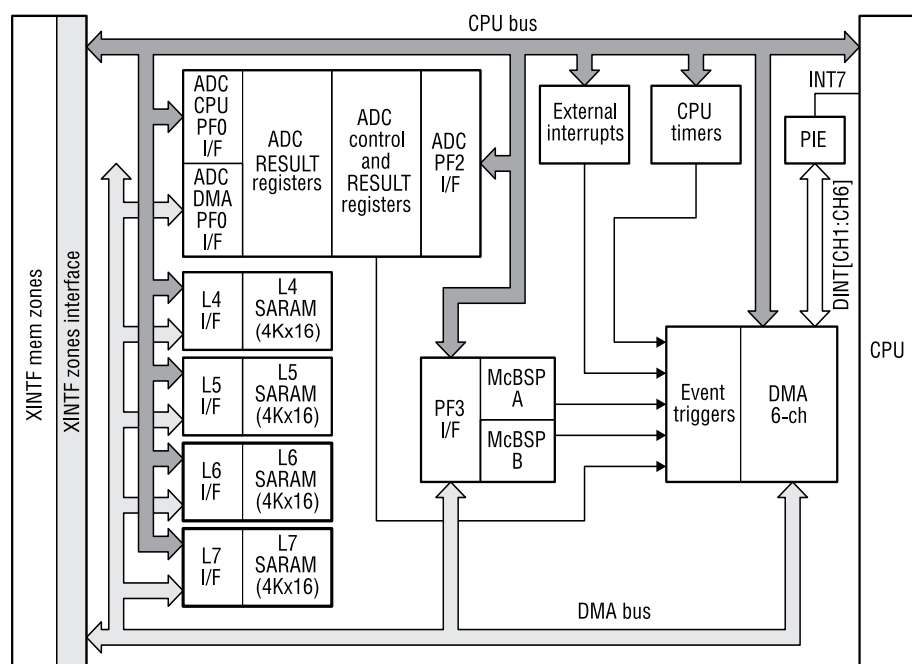


Рис. 5. Схема взаимодействия контроллера ПДП с памятью и периферийными устройствами

ратную передачу данных между периферией и памятью, а также между различными областями памяти без участия центрального процессора, разгружая его от выполнения ряда важных, но рутинных функций. Высвободившееся процессорное время используется для реализации системных функций. В процессе передачи данных возможна их ортогональная перестановка для последующего ускорения обработки данных центральным процессором. В состав контроллера ПДП входит специальный дискретный управляющий автомат, обеспечивающий автоматическую генерацию адресов приемников и источников данных в соответствии с заданными величинами приращений.

Основные возможности контроллера ПДП:

- Число независимых каналов прямого доступа – 6.
- Источники/приемники данных, обслуживаемые контроллером ПДП (рис. 5):
 - Четыре банка встроенного статического ОЗУ однократного доступа SARAM емкостью по 16 К слов каждый L4-L7;
 - Все зоны внешней расширенной памяти XINTF-зоны (0, 6 и 7);
 - Память АЦП – регистры результатов преобразований, отображенные на встроенную память данных;

– Буфера приемника и передатчика многоканальных последовательных буферизированных портов McBSP-A или McBSP-B.

• Все источники/приемники данных связаны с контроллером ПДП дополнительной системой шиной DMA bus, аналогичной системе шине ЦП CPU bus. Они могут использоваться в режиме разделения времени и центральным процессором и контроллером ПДП (рис. 5). Конфликты доступа к памяти и периферии разрешаются аппаратно с помощью дополнительного арбитрашины.

• 18 вариантов независимого запуска любого канала ПДП – программный или по запросу прерывания от одного из встроенных периферийных устройств:

– От 1-го или 2-го задатчика нужной последовательности преобразований по каналам АЦП;

– От многоканального последовательного буферизированного порта McBSP-A или McBSP-B по приему (буфер полон) или передаче данных (буфер пуст);

– От внешних источников прерываний XINT1-7 и XINT13, которые могут быть программно сконфигурированы пользователем на любые свободные линии портов ввода/вывода общего назначения GPIO микроконтроллера;

– От одного из трех таймеров центрального процессора CPU Timers 0, 1, 2 по переполнению.

• Автоматическая очистка флага ждущего периферийного прерывания контроллером ПДП, если прерывание используется только для запуска процесса ПДП.

• Размер передаваемого слова по каналу ПДП: 16 или 32 бита (при работе с McBSP – 16). Рекомендуется, если возможно, использовать 32-разрядную передачу, т.к. это вдвое увеличивает скорость пересылки данных.

• Пропускная способность (производительность канала ПДП): 4 цикла/слово (5 циклов/слово для считывания данных из буфера McBSP). Обеспечивается 4-уровневым конвейером в составе контроллера ПДП.

• Два основных режима работы контроллера ПДП: циклического приоритета каналов; наивысшего приоритета 1-го канала и циклического приоритета остальных. В первом режиме канал ПДП, получивший обслуживание, автоматически опускается на дно приоритетного кольца, а следующий за ним канал – получает наивысший приоритет. Такой механизм обеспечивает примерно равный приоритет каналов. Второй режим используется тогда, когда нужно максимально быстро обслужить один из каналов ПДП, например, работающий совместно с АЦП. В этом режиме процесс передачи данных по низкоприоритетным каналам может прерываться и возобновляться при завершении высокоприоритетной передачи.

• Передача данных по каналу ПДП выполняется порциями – пакетами. Длина каждого пакета – не более 32-х 16-разрядных слов. Общее число пакетов в передаче не ограничено (до 65535). По завершении передачи канал ПДП может генерировать свой собственный запрос прерывания центрального процессора для пере-инициализации контроллера ПДП.

• Канал ПДП может работать в режиме «по-пакетной передачи», когда стартовое событие запускает передачу только одного пакета или в режиме «одноразовой пересыл-

ки» (все пакеты за один раз). Для большинства задач рекомендуется первый режим, как исключаящий монополизацию шины прямого доступа в память одним каналом.

Примеры типовых задач, решение которых целесообразно с поддержкой ПДП:

- Копирование данных из внешней памяти во внутреннюю, встроенную на кристалл, или из одной области внутренней памяти в другую. Например, загрузка «заводских» параметров и уставок при инициализации системы, загрузка во встроенное кодовое ОЗУ программных модулей, требующих предельно быстрого выполнения.

- Автоматическое копирование результатов аналого-цифрового преобразования сразу по нескольким каналам в оперативную память по завершению сессии преобразований, — по готовности данных в регистрах результатов АЦП. Авто-сохранение данных в кольцевом буфере заданной длины с целью наблюдения (осциллографирования) в реальном времени с использованием интегрированной среды разработки и отладки ПО Code Composer Studio. Возможность визуализации динамических процессов в системе с точностью до периода квантования аналоговых сигналов, облегчение тестирования алгоритмов управления и настройки параметров регуляторов. Ускорение отладки сложных алгоритмов и нетрадиционных структур регуляторов, например, наблюдателей для бездатчиковых систем привода.

- Организация быстродействующих каналов связи между несколькими процессорными устройствами в составе системы управления с использованием многоканальных буферизированных последовательных портов McBSP-A/B, обслуживаемых контроллером ПДП. Например, между главным контроллером привода и контроллерами пульта оперативного управления и интеллектуального модуля дискретного/аналогового ввода/вывода. При этом скорость считывания/передачи данных контроллером ПДП из/в буфер последовательного порта на порядок



Рис. 6. Контроллер МК19.1 на базе TMS320F28335

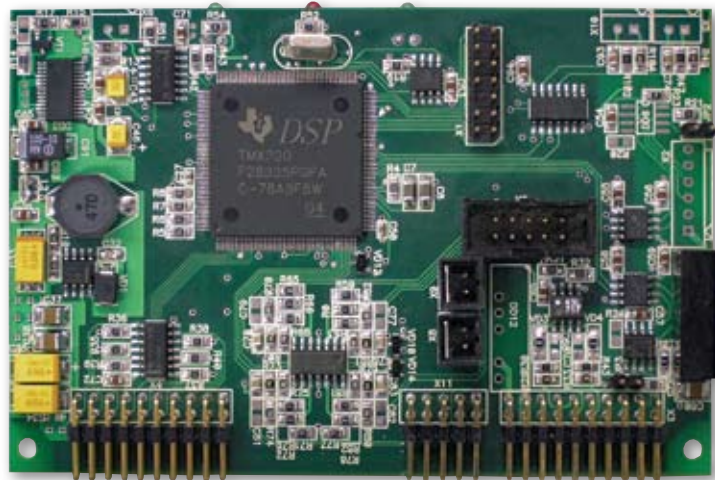


Рис. 7. Контроллер привода МК20.1

больше скорости собственно порта. Это не только гарантирует своевременную аппаратную загрузку/разгрузку портов, но и позволяет в устройствах серии '2833x упростить архитектуру портов, отказавшись от буферов типа FIFO.

Примеры разработок, реализованных на базе микроконтроллеров '2833x

Фирма НПФ «Вектор», совместно с Ижевским радиозаводом, для новой серии преобразователей частоты, предназначенной для тяжелых условий эксплуатации, в том числе в условиях севера, разработала комплектную модульную систему управления. В ее составе — контроллер электропри-

вода МК19.1 (рис. 6), пульт оперативного управления, модуль дискретного и аналогового ввода/вывода, ряд модулей расширения функций контроллера (сопряжения с интеллектуальными датчиками положения по высокоскоростному синхронному интерфейсу, гальванически развязанного аналогового ввода и др.). Все интеллектуальные модули объединены между собой CAN-шиной, которая используется также для межмодульной разводки питания 24 В, что значительно уменьшает число кабелей в системе управления, упрощая монтаж.

Мощные вычислительные возможности контроллера обеспечивают реализацию не только ска-

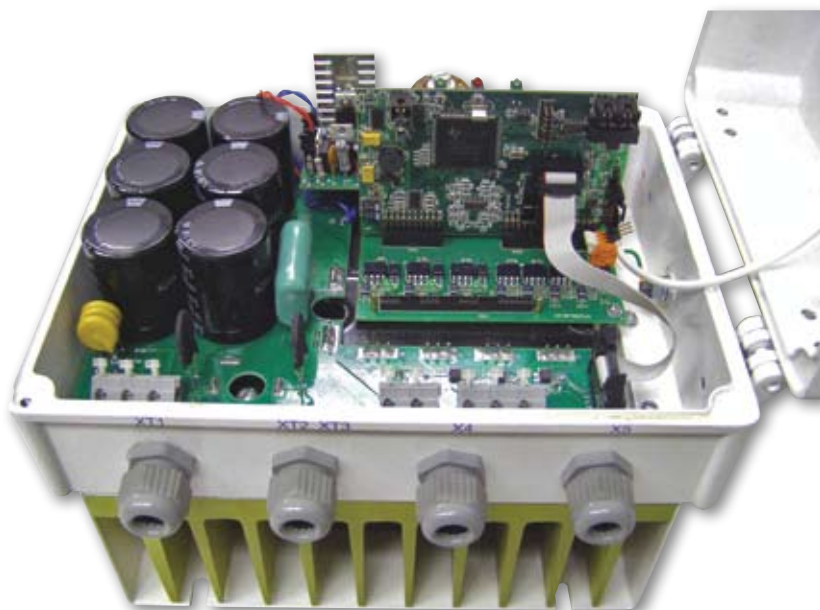


Рис. 8. Преобразователь частоты «Универсал» с открытой крышкой и установленным контроллером МК20.1

лярной, векторной и векторной бездатчиковой системы управления асинхронными двигателями, но и ряд специальных алгоритмов управления, в частности, автоподхвата при исчезновении и повторном появлении напряжения


питания, нужного в условиях удаленного использования преобразовательной техники при слабых электрических сетях. Обеспечивается автоидентификация модулей в составе системы управления и автодиагностика их состояния.

Совместно с фирмами «Цикл+» и «Центртехкомплект» (г. Москва) той же фирмой разработаны малогабаритные высокопроизводительные контроллеры МК20.1 с центральным процессором TMS320F28335 для управления асинхронными, вентильными и вентильно-индукторными двигателями как с независимым возбуждением, так и с самовозбуждением (рис. 7). Контроллеры предназначены для непосредственной установки на силовую плату преобразователя частоты «Универсал» (рис. 8), что позволяет всю конструкцию ПЧ сделать модульной, существенно упростив сборку преобразователя.

Опыт первого успешного использования новейших микроконтроллеров Texas Instruments серии '28335 в комплектных электроприводах отечественного производства полностью подтверждает их уникальные возможности с точки зрения повышения производительности, упрощения программирования и сокращения сроков новых разработок.

Литература

1. Козаченко В.Ф., Грибачев С.А. Перспективы применения специализированных сигнальных микроконтроллеров фирмы Texas Instruments 'F28x в системах управления реального времени // Инженерная микроэлектроника. CHIP NEWS. N10(73), -2002. -С. 5-14.

2. Гук И.И. Сравнительный анализ цифровых сигнальных контроллеров TMS320x281x и TMS320x2833x. // Бюллетень научно-технической информации «Компоненты ТИ. Полный спектр применений», вып. 1(17), 2008 г., -С. 2-12. 

Ответственный за направление
в КОМПЭЛе – Мария Рудяк

Получение технической информации, заказ образцов, поставка –
e-mail: mcu.vesti@compel.ru


TEXAS INSTRUMENTS

СЕМЕЙСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ
TMS320F2833x



ПРИМЕНЕНИЕ:

<ul style="list-style-type: none"> • Силовая электроника • Электромеханика • Бытовая и промышленной техника 	<ul style="list-style-type: none"> • Система комплексной автоматизации производства • Управление электрическими двигателями 	<ul style="list-style-type: none"> • Управление станками с ЧПУ • Управление тяговых электроприводов городского транспорта.
--	---	--




www.compel.ru

Оливер Чжан (HikVision)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ DAVINCI™ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



В статье специалисты компании HikVision описывают, как создавалось оборудование для видеонаблюдения, в т.ч. цифровые видеорекордеры, цифровые видеосерверы и автономные IP-модули видеонаблюдения с применением процессоров последнего поколения компании Texas Instruments, основанных на технологии DaVinci™. Освещены особенности и преимущества процессоров DaVinci при использовании в системах видеонаблюдения, а также вопросы, связанные с выбором программного обеспечения для таких систем. Системы видеонаблюдения находят новые области применения, которые требуют более высокого разрешения изображений, большего числа каналов, а также возможности анализа видеоданных, связанного с очень большим объемом вычислений. Кроме того, такие системы должны обеспечивать низкую потребляемую мощность и стоимость. Компания HikVision, ведущий поставщик цифровых видеорекордеров (DVR), цифровых видеосерверов (DVS) и модулей IP-видеонаблюдения, предлагает свои изделия последнего поколения, которые отвечают этим требованиям.

Ранее материал публиковался в журнале «Электронные компоненты» №7/2008.

Выбор аппаратного обеспечения

В продуктах HikVision предыдущего поколения были использованы цифровые сигнальные процессоры (DSP) TMS320C6000™ компании Texas Instruments (TI) совместно с процессором ARM. Такая комбинация хорошо зарекомендовала себя в этих изделиях, однако возникла необходимость повысить производительность системы в связи с требованиями заказчиков по увеличению числа каналов и улучшению качества изображения.

При выборе платформы для изделий следующего поколения учитывались многие факторы, в частности, производительность, энергопотребление, цена и удобство разработки. Решения на базе заказных микросхем (ASIC) обеспечивают высокую производительность при самом низком энергопотреблении и стоимости за единицу продукции. Однако с микросхемами ASIC связан ряд проблем. Одна из них (и она становится все серьезней) — это высокая стоимость разработки и

большие затраты времени. Для компенсации затрат на разработку требуются чрезмерно высокие объемы реализации. Другая проблема, связанная с такими микросхемами, это их недостаточная гибкость. Отличаясь длительным циклом разработки, ASIC не обеспечивают эффективное реагирование на быстро изменяющиеся запросы потребителей.

Хотя программируемые микросхемы FPGA и процессоры с массовым параллелизмом обеспечивают необходимый уровень программируемости и дополнительные видеоканалы, эти устройства имеют свои недостатки, а именно, их программирование может вызывать затруднение. Для новых продуктов требовалось удобное программируемое решение, обеспечивающее повышенную производительность при сохранении низкого энергопотребления, простой модели программирования и невысокой цены.

Использование нового процессора компании TI оказалось привлекательным вариантом по

целому ряду причин. Самая очевидная из них — это возможность использовать существующий программный код. Компания HikVision вложила значительные ресурсы в реализацию хорошо оптимизированных кодеков для DSP TMS320C62x™. Поскольку следующее поколение DSP компании TI совместимо по системе команд с устройствами C62x™, то перенос существующего программного кода можно выполнить с минимумом усилий. Другая причина — это инструментальные средства. Специалисты компании HikVision хорошо знакомы с инструментом Code Composer Studio компании TI, обеспечивающим проверенную среду разработки и широкий набор функциональных возможностей. И самое важное, в планах компании TI предусмотрены многообещающие разработки цифровых медиапроцессоров семейства DaVinci™.

Устройства семейства DaVinci компании TI включают в себя четырнадцать цифровых медиапроцессоров на базе разработанного компанией TI ядра DSP TMS320C64x+™, обладающего высокой производительностью. Флагманские продукты этого семейства (см. рис. 1) объединяют ядро DSP C64x+™ с процессором ARM9 и подсистемой обработки видеоданных (Video Processing Subsystem, VPSS), которая является хост-системой для аппаратных ускорителей, выполняющих общие задачи обработки видеоданных. Четыре схемы семейства DaVinci имеют эту базовую конфигурацию. У девяти — ядро ARM отсутствует, но имеется ядро C64x+ и подсистема VPSS.

Устройства на основе технологии DaVinci обеспечивают опти-

Процессоры TMS320DM644x™

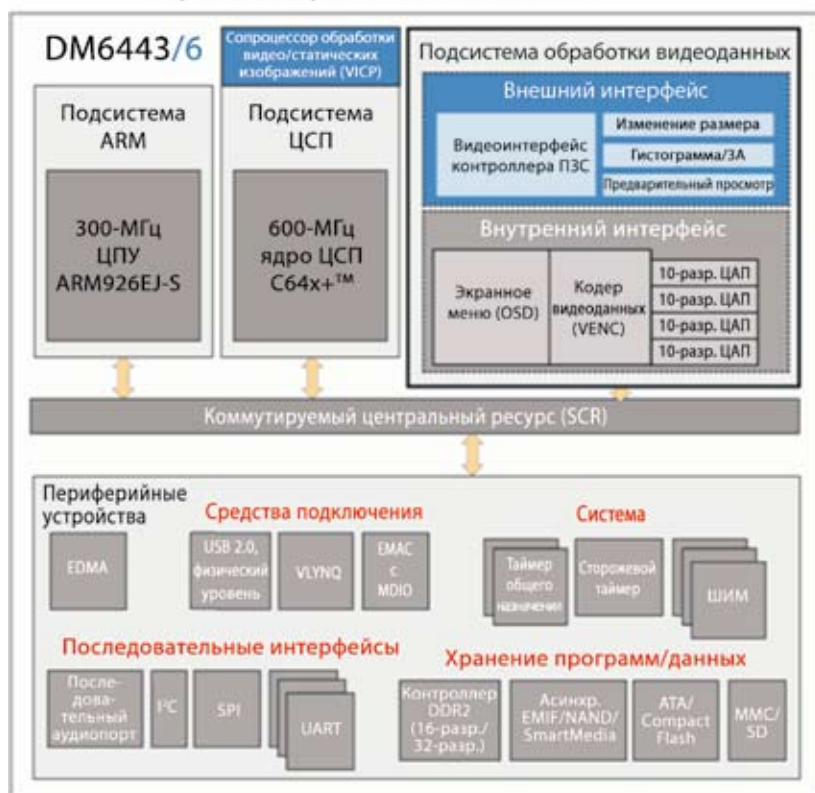


Рис. 1. Блок-схема высокого уровня процессоров TMS320DM644x компании TI

мальное решение, поскольку они сочетают преимущества ASIC и программируемых DSP. В этих приборах предусмотрены фиксированные (и в тоже время конфигурируемые) функции ускорителей в подсистеме VPSS для таких задач обработки видеоданных как кодирование, декодирование и отображение. Кроме того, устройства семейства DaVinci обеспечивают цены на уровне микросхем ASIC и необходимую производительность для решения сложных задач, связанных с применением в системах видеонаблюдения. Предоставляя разработчикам возможности высокопроизводительного программируемого DSP, устройства семейства DaVinci обеспечивают достаточный уровень гибкости для быстрой реализации такой новой функции как анализ видеоданных. К этой теме мы вернемся в этой статье ниже.

Благодаря широкому выбору продуктов в семействе DaVinci эти устройства могут применяться во всех группах изделий (DVR, DVS и IP-модули). Это позволяет использовать универсальную схему дизайна для разных целей, что су-

щественно снижает расходы на проектирование и стоимость системы. Кроме того, объединяя ядро ARM и аппаратные ускорители на одном кристалле, компоненты на основе технологии DaVinci обеспечивают увеличение производительности при меньшей цене и энергопотреблении. Повышенная степень интеграции является особенно важным фактором при разработке IP-модулей видеонаблюдения, где снижение стоимости и энергопотребления являются ключевыми проблемами.

Программное обеспечение

Конкуренция в области систем видеонаблюдения крайне высока. Чтобы соперничать с решениями на основе ASIC, обеспечивающими более низкое энергопотребление и стоимость, компания HikVision воспользовалась преимуществами программного обеспечения. За счет его гибкости можно более эффективно реагировать на специфические и изменяющиеся требования заказчиков, чем при использовании микросхем ASIC.

Значительная часть бюджета компании HikVision, предназна-

ченного для исследований и разработок, была выделена на создание видеокодеков. При разработке видеокодеков с высоким уровнем оптимизации, ориентированных на задачи видеонаблюдения, компания способна обеспечить более высокое качество изображения, чем ее конкуренты. При этом бюджет на аппаратную часть может быть весьма скромным. Например, в компании HikVision разработан и запатентован вариант кодека H.264, в котором реализован базовый профиль H.264, а также избранные функции основного профиля, включая чересстрочную развертку и полевое разбиение. Это оптимальное сочетание базового и основного профилей позволяет получить более высокое качество изображения без удорожания аппаратных средств и снижения плотности загрузки канала связи.

Проблемы использования программного обеспечения

Перенос имеющихся программ на устройства семейства DaVinci не был абсолютно гладким. Первая непростая задача состояла в повторной оптимизации программного кода для использования преимуществ новых команд C64x+. Например, процессор C64x+ может выполнять до восьми 16-разрядных команд умножения и суммирования за цикл. В отличие от него, процессор C62x может выполнить лишь две 16-разрядные команды умножения и суммирования за цикл. Для аудио- и видеокодеков, интенсивно использующих такие операции, эта разница оборачивается большим приростом производительности. Процессор C64x+, кроме того, поддерживает новые команды манипулирования битами, а также расширенные возможности суммирования и вычитания. Эти новые команды в сочетании с более высокой тактовой частотой 600 МГц процессора C64x+ (самая высокая частота C62x составляет 300 МГц) обеспечили существенный выигрыш в производительности для решений компании HikVision на базе технологии DaVinci.

Также было принято решение перейти от фирменной операцион-

ной системы (VxWorks) к системе Linux с открытым исходным кодом. Основанием для этого перехода был ряд веских причин. Одна из них, разумеется, заключается в отсутствии платы за пользование ОС Linux. Другая причина — это расширение поддержки операционных систем Linux на платформе DaVinci. Процессоры из семейства DaVinci в настоящее время поддерживают Open Source Linux и MontaVista Linux.

Переход на операционную систему Linux потребовал серьезных усилий. Впрочем, этот переход был облегчен поддержкой Linux в среде DSPLink компании TI. Среда DSPLink — это схема межпроцессорной коммуникации, в которой предусмотрен уровень абстракции между ядром ARM и DSP. Благодаря средствам DSPLink программный код, исполняемый процессором ARM, использует одни и те же интерфейсы прикладного программирования для коммуникации с DSP, независимо от операционной системы. Эти интерфейсы облегчают переход между операционными системами на платформе DaVinci.

Вопросы, возникающие на системном уровне

С появлением возможности обработки большого числа каналов видеоданных возникает другая проблема: обеспечение ввода и вывода большого потока видеоданных на микросхеме. Процессор TMS320DM6446 имеет единственный специализированный порт ввода видеоданных и единственный специализированный порт вывода видеоданных. Для организации дополнительных каналов на микросхеме применяется FPGA, чтобы реализовать порт PCI потоковой передачи нескольких цифровых каналов.

Технические решения

Для продуктов с единственным каналом ввода/вывода был выбран DSP TMS320DM648. Это устройство включает в себя ядро C64x+ и подсистему VPSS, но не имеет ядра ARM. Разработанный компанией HikVision IP-модуль

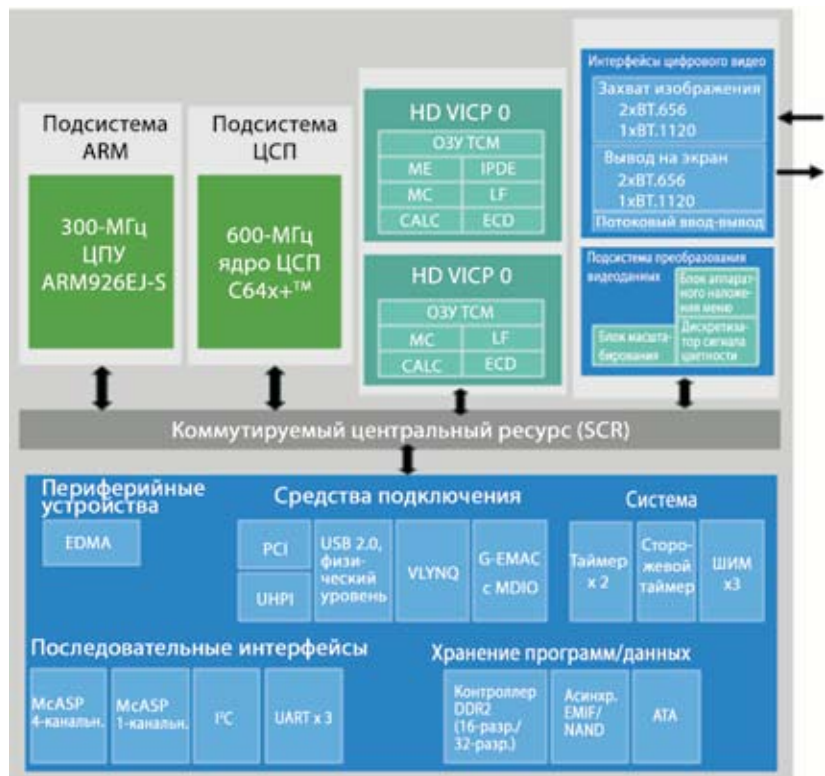


Рис. 2. Блок-схема высокого уровня процессора DM6467 на базе технологии DaVinci компании TI

использует DM648 для сжатия одного канала видеоданных с применением патентованного алгоритма H.264 компании HikVision. Видеоданные сжимаются с разрешением 4CIF (4CIF = 4×CIF, то есть 704×576 пикселей). Также поддерживается один канал сжатия аудиоданных с использованием кодека OggVorbis. Этот IP-модуль имеет небольшие размеры, потребляет очень мало энергии и может быть встроен в аналоговую камеру для того, чтобы использовать ее как сетевую камеру.

Для изделий, использующих несколько каналов, было выбрано устройство DM6446, включающее в себя как ядро C64x+ и подсистему VPSS, так и ядро ARM9. Например, цифровой видеосервер DS-6004HCI поддерживает одновременное кодирование и декодирование до четырех каналов. Видеосервер поддерживает разрешение 4CIF на одном канале и разрешение CIF на трех других каналах. В качестве альтернативы видеосервер DS-6004 может быть сконфигурирован только на два канала, имеющих разрешение 4CIF. Также под-

держивается до четырех каналов кодирования и декодирования аудиоданных с использованием кодека OggVorbis.

Взгляд в будущее

В настоящее время основным рынком сбыта HikVision является китайский, однако компания планирует расширить свое присутствие на рынках Европы и Северной Америки. Например, недавно ее разработки были выбраны поставщиком решений в области видеонаблюдения из Франции. Эта компания ранее разрабатывала системы видеонаблюдения, используя оборудование от трех различных производителей. Поскольку помимо видеорекордеров, цифровых видеосерверов и автономных IP-модулей компания HikVision также занимается продажами видеокамер, она оказалась в состоянии заменить всех трех поставщиков при меньшей цене оборудования.

В ближайшей перспективе компания HikVision намерена увеличить разрешение и качество изображения даже за счет меньшей частоты кадров, а в долгосрочной перспективе нормой станут высо-

кое разрешение и высокая частота кадров.

Заказчикам также все чаще требуются средства анализа видеоданных. Улучшенные алгоритмы сжатия, например H.264, позволяют передавать и хранить больший объем видеоданных. Это приводит к росту числа каналов в видеосистемах, что является положительным фактором, но ставит новые проблемы: как осуществлять управление возросшего числа каналов. Мониторинг видео с участием человека связан с большими затратами и подвержен ошибкам, поэтому необходимы алгоритмы, способные осуществлять анализ видеоизображения для контроля важных событий, например, какой-либо подозрительной деятельности. Такие события могут затем вызывать срабатывание охранной сигнализации и передаваться для визуального наблюдения оператору с целью дальнейшей проверки.

В области анализа видеоданных (Video Content Analysis —

VCA) был выполнен большой объем исследований, но внедрение результатов этих исследований в массовую продукцию происходит медленно. В основном, это связано с высокими требованиями алгоритмов анализа к вычислительным ресурсам. Однако передовые технологии, подобные DaVinci, делают анализ видеоданных доступным. Благодаря аппаратным ускорителям DaVinci, принимающим на себя основную нагрузку, связанную с кодированием, декодированием и отображением видеоданных, высокопроизводительный DSP C64x+ способен удовлетворять требования алгоритмов анализа видеоданных к интенсивности обработки. В настоящее время компания HikVision работает над реализацией первой функции анализа видеоизображений — распознавания лиц.

Разумеется, для того чтобы соответствовать будущим запросам, потребуется еще большая производительность. Продолжая изучать перспективные разработки

TI, компания HikVision в настоящее время оценивает возможности новейшего процессора из семейства DaVinci — TMS320DM6467 (см. рис. 2). Это устройство обеспечивает ряд преимуществ для систем видеонаблюдения. Во-первых, устройство DM6467 дает существенное увеличение производительности за счет наличия сопроцессора транскодирования, состоящего из тесно взаимосвязанных сопроцессоров кодирования и декодирования. В цифровых видеосерверах, требующих одновременного кодирования и декодирования, преимуществами этого сопроцессора можно воспользоваться в полной мере, освобождая еще больше ресурсов ядра C64x+ для аналитических алгоритмов, связанных с большим объемом вычислений. Для изделий, требующих только кодирования, например для IP-модулей видеонаблюдения, декодер может использоваться в интеллектуальном режиме для ускорения кодирования, поскольку процессор декодирования представляет собой, в сущности, некоторое подмножество ускорителя кодирования.

В устройстве DM6467 также добавлен порт PCI. Благодаря использованию этого порта нет необходимости применять FPGA в многоканальных видеорекордерах и цифровых видеосерверах, разработанных компанией HikVision. Помимо этого, DM6467 поддерживает два 8-разрядных входа и выхода BT.656, которые могут быть сконфигурированы в единственный 16-разрядный вход и выход BT. Все это делает DM6467 хорошим выбором для систем видеонаблюдения с двумя входами высокого разрешения. 

ПЕРВАЯ ПОЛНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОСИГНАЛА ЛЮБОГО ТИПА

Видеотелефоны

Видеокамеры

Будущие видеотехнологии

ПРОЦЕССОРЫ для видеоприложений

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

DAVINCI TEXAS INSTRUMENTS

Автомобильные видеосистемы

Системы безопасности

Set-top boxes

www.compel.ru

Ответственный за направление
в КОМПЭЛе — Мария Рудяк

Получение технической информации, заказ образцов, поставка —
e-mail: dsp.vesti@compel.ru



Илья Чепрун (Texas Instruments)

IP-КАМЕРА – ГДЕ НАЙТИ ПРОСТОЕ РЕШЕНИЕ?

В предлагаемой статье речь пойдет об IP-камерах и их использовании в IP-сетях.

Золотое правило инженеров гласит: «Если система работает, то ее лучше не трогать». Это в полной мере относится и к рынку систем видеонаблюдения, который является относительно инертным, особенно если речь идет о внесении каких-либо существенных изменений в систему. Тем не менее, прогресс в технологиях цифровой обработки изображений и повсеместное распространение IP-сетей не могли не сказаться на перспективах отрасли. В настоящее время на рынке систем видеонаблюдения можно отметить следующие тенденции:

- Все более широкое использование IP-сетей как для удаленного мониторинга и управления, так и для непосредственной передачи изображения;

- Системы видеорегистрации на базе видеомagneтофонов практически полностью уступили место многоканальным цифровым видеорекодерам (DVR), которые могут работать как с аналоговыми, так и с цифровыми камерами;

- IP-камеры постепенно приходят на смену аналоговым CCTV-камерам.

Основное преимущество внедрения IP-технологий в системы видеонаблюдения – возможность строить децентрализованные распределенные системы, особенно на крупных объектах. Кроме того, переход от аналогового формата к цифровому обеспечивает широчайшие возможности аналитической обработки изображений: от простейших функций по детектированию условий изменения освещения до распознавания объектов, лиц и траектории их передвижения.

Если говорить про IP-камеры, то можно выделить следующие моменты:

- Растет потребность в высоком разрешении, вплоть до HD и даже выше;

- Появляется все больше модификаций IP-камер, не только в разных форм-факторах, но и учитывающих специфику применения в той или иной области;

- Наряду с MJPEG все большее распространение получают камеры с поддержкой MPEG4 и H.264, обеспечивающими более высокую степень сжатия;

- Повышенное внимание к интеллектуальным функциям камер.

В настоящее время на рынке IP-камер можно несколько сегментов в соответствии с их возможностями, они сведены в таблицу 1.

Основное количество выпускаемых на сегодняшний день камер относится к среднему сегменту, однако в России более популярны недорогие решения. Дороговизна IP-камер «премиум»-сегмента объясняется использованием более чувствительных датчиков изображения с высоким разрешением (>1 Мп) и мощных процессоров, обеспечивающих весь необходимый функционал. До недавнего времени такие решения строились на базе многопроцессорной архитектуры: сигнал от датчика изображения сначала обрабатывается одним процессором (фильтрация, обработка экспозиции, баланса белого, фокусировка), затем другой процессор осуществляет сжатие и третий процессор уже непосредственно отправляет сжатый видеопоток в сеть. В настоящее время многие производители процессоров стараются интегрировать все или несколько указанных функций на одном кристалле. Цена конечного решения существенно зависит и от стоимости труда разработчиков, поэтому помимо аппа-



ратной части немаловажным фактором является и период времени, требуемый для того, чтобы выпустить готовый продукт на рынок.

Компания Texas Instruments в сотрудничестве с Arpro Photoelectron представила на рынке решение, позволяющее найти хороший баланс между требованиями конечных потребителей (низкая стоимость, широкая функциональность) и разработчиков систем (высокие затраты на разработку, недешевые электронные компоненты). Оно представляет собой аппаратную платформу в виде готовой IP-камеры, в комплекте с которой идет все необходимое программное обеспечение для создания законченного продукта (см. рис. 1). Стоимость электронных компонентов для построения IP-камеры не превышает 40 долларов, однако по функциональности эта камера намного превосходит многие камеры из среднего сегмента.

Основная задача предлагаемого решения – максимально снизить затраты на разработку. Как показывает практика, наиболее трудоемкими задачами, с которыми приходится сталкиваться разработчикам при создании IP-камер, являются:

- Реализация операционной системы и написание драйверов;

- Реализация алгоритмов сжатия и их оптимизация;



Рис. 1. Внешний вид IP-камеры

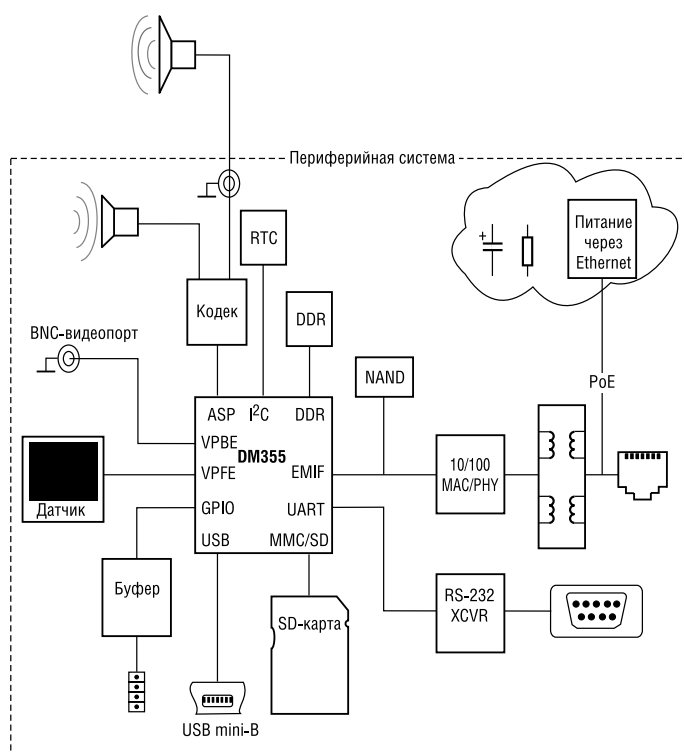


Рис. 2. Структурная схема IP-камеры

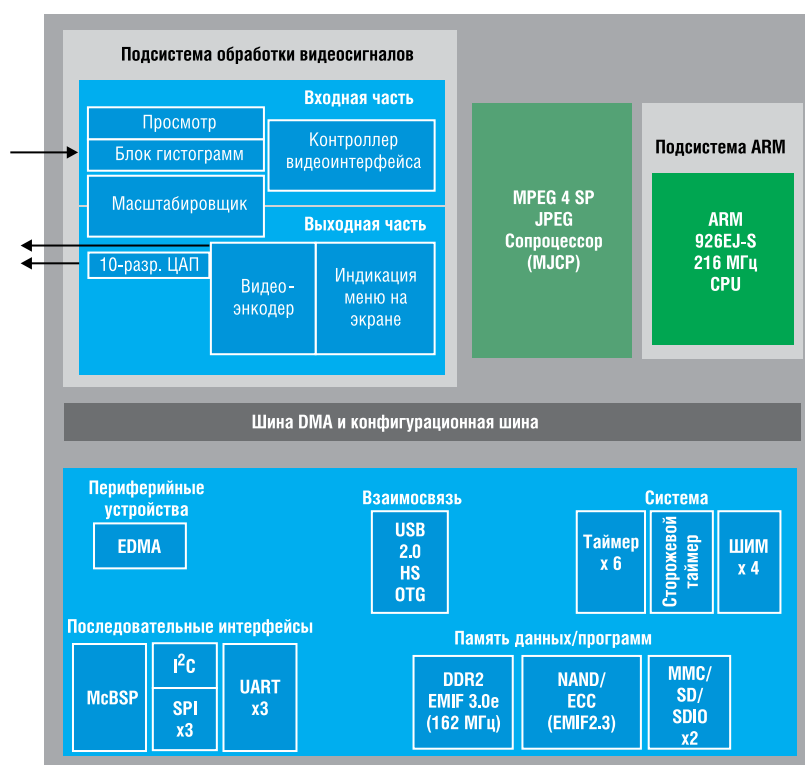


Рис. 3. Медиапроцессор DM355

• Написание и отладка программного кода непосредственно самого приложения.

Кроме того, надо решать также вопросы, связанные с оптимальной настройкой получаемого изображения, обеспечить необходимый преппроцессинг. По сравнению

с вышеперечисленным, разработка принципиальной схемы и разводка печатной платы поучаются наименее затратными, но тем не менее эту работу также нужно сделать. Если же воспользоваться уже готовым решением, то все трудозатраты сведутся к реализации

дополнительных функций (если необходимо), тестированию и подготовке производства.

Входящее в состав комплекта IP-камеры программное обеспечение позволяет сократить время разработки до четырех месяцев. В его состав входят следующие компоненты:

- Операционная система Linux 2.6.10 (MontaVista) с комплектом драйверов в исходных кодах и средства компиляции;
- Приложение, реализующее функциональность камеры в исходных кодах;
- Принципиальная схема камеры и файлы разводки печатных плат.

Для получения доступа к программному обеспечению необходимо подписать лицензионное соглашение с компанией Appro Photoelectron. Если требуется реализация автоэкспозиции и авто-баланса белого, то нужно подписать дополнительное соглашение об отчислениях роялти с каждого процессора.

Рассмотрим предлагаемое решение для реализации IP-камеры с аппаратной точки зрения (структурная схема представлена на рис. 2).

В сердце системы находится медиапроцессор DM355 (рис. 3). Преимуществом его использования является низкая стоимость, интегрированный аппаратный ускоритель для поддержки алгоритмов сжатия MJPEG/MPEG4 в формате HD, специализированный видеопорт для прямого подключения датчика изображения и вывода видео на монитор. Стоимость декодов JPEG и MPEG4 уже включена в цену процессора, поэтому заказчику не требуется проводить никаких дополнительных платежей в сторонние организации. Высокая степень интеграции периферийных узлов позволяет получить полностью однокристальное решение. Особо требуется отметить тот факт, что предварительная обработка изображения также реализована на самом процессоре: благодаря мощной видеоподсистеме такие функции, как автоэкспозиция, автобаланс белого, фильтрация шумов и преобразование цветового пространства RGB в YUV поддерживаются на аппаратном уровне.

Таблица 1. Сегменты рынка IP-камер

TEXAS INSTRUMENTS	Недорогие решения	Решения среднего класса	High-end камеры
Разрешение/кадры в сек	CIF-D1, 30 fps	Основной поток D1 30fps Вторичный поток CIF 15 fps	Основной поток 720p – 1080p 30-60 fps Вторичный – D1 15-30 fps Дополнительно CIF 15-30 fps
Алгоритм сжатия (кодек)	MJPEG, MPEG4, опционально H.264 BP	MJPEG, MPEG4 H.264 BP кодеки собственной разработки	MJPEG, MPEG4 H.264 HP/MP кодеки собст. разработки, AVS-S, SVC
Обработка видеосигнала	На базе CCD или CMOS-датчика. де-интерлейсинг, фильтрация, AE, AF, AWB*	На базе CCD или CMOS-датчика. де-интерлейсинг, фильтрация, AE, AF, AWB*	AE, AF, AWB*, фильтрация шумов при низкой освещенности, стабилизация изображения
Аналитическая обработка изображения	Простые алгоритмы детектирования движения или изменения условий освещения	Сложные алгоритмы детектирования и слежения за движением, обнаружение попыток «подставки» ложного изображения (изменение расстояния фокусировки)	Встроенные приложения по аналитической обработке (предотвращение краж, отслеживание траектории передвижения, подсчет и анализ посетителей)
IP	10/100 Мбит/с	10/100 Мбит/с, дополнительно поддержка SRTP	10/100/1000 Мбит/с, поддержка SRTP
Аудиокодеки, аудиоаналитика	Нет	G.711 Нет	G.711, G.726, G.729ab, AAC-LD распознавание звуков, дуплексная передача аудио
Прочее	Панорамирование/наклон/зуммирование, питание через Ethernet, поддержка Home Plug и SIP	Панорамирование/наклон/зуммирование, питание через Ethernet, поддержка Home Plug и SIP, поддержка карт памяти, WiFi, USB	Виртуальное панорамирование/наклон/зуммирование, питание через Ethernet, поддержка карт памяти, WiFi, USB, датчики с широким динамическим диапазоном WDR

Поскольку сжатие кодеков обеспечивается отдельным аппаратным ускорителем MJCP, процессора на базе ядра ARM926 полностью хватает на реализацию функций операционной системы и самого приложения.

«Глазом» IP-камеры является 5-Мп КМОП-датчик компании Aptina (ранее Micron). Благодаря технологии биннинга («объединения» нескольких пикселей в один) возможно на его базе получить более широкий динамический диапазон, что позволяет получать хорошее изображение даже при плохих условиях освещения. Датчик имеет цифровой параллельный выход и подключается напрямую к видеопорту DM355.

«Уши» IP-камеры – микрофон, подключенный к кодеку TLV320AIC26, обеспечивающему полнодуплексную передачу аудиоинформации из внешнего мира к процессору и обратно.

Питание IP-камеры возможно как от внешнего источника, так и через сеть Ethernet с помощью микросхем DC/DC-преобразователя TPS5430 и контроллера PoE TPS23750. Вырабатываемое ими напряжение +5В подается на микросхему TPS65053, которая уже формирует необходи-

мые уровни напряжения для процессора и периферии.

Видео- и аудио-поток можно передавать в сеть могут также сохраняться на SD-карту или во внутреннюю память камеры.

Для конфигурации и управления работой камеры используется встроенный web-сервер.

Ниже приводится перечень основных функциональных особенностей, которые реализованы в решении:

- Отличное качество изображения в формате HD 720p (1280x720 точек);
- 5-Мп датчик изображения с помощью функции биннинга позволяет улучшить чувствительность при плохом освещении;
- Имеет встроенные функции автоматического управления автоэкспозицией и балансом белого;
- Обеспечивает сжатие и передачу видеопотока в форматах MJPEG и MPEG4, для сжатия аудио используется кодек G.711;
- Одновременная передача изображения и аудиоинформации в нескольких форматах:
 - MPEG4 720P + MJPEG + G.711;
 - MPEG4 720P + MPEG4 CIF + G.711;

- Встроенный web-сервер (HTTP, FTP);
- SMTP-клиент, DHCP-клиент; UPnP-клиент;
- Поддержка RTP/RTSP;
- Встроенные функции видеоаналитики (назначение области интереса, детектирование движения, изменения условий освещения);
- Возможность записи видео на SD-карту или удаленный FTP-сервер по расписанию, по событию или по внешнему сигналу;
- Подключение к системе безопасности (RS-485, передача сигналов тревоги);
- Питание +12 В/PoE;
- Энергопотребление менее 3 Вт.

Стоимость всего решения составляет 795 долларов США, более подробную информацию можно найти на сайте www.apprho.com и www.ti.com/dm355.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Мария Рудяк

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: dsp.vesti@compel.ru



Константин Староверов

НОВОЕ СЕМЕЙСТВО ПРЕЦИЗИОННЫХ ИОН REF50XX

В статье рассматривается новое семейство прецизионных источников опорного напряжения (ИОН) из производственной линии Burr-Brown REF50xx. Эти ИОН выполнены по архитектуре бэндгап, но по характеристикам начального разброса, температурного дрейфа и шума способны конкурировать с другими лидирующими по уровню прецизионности архитектурами.

Источники опорного напряжения являются важной составной частью любого цифрового оборудования с функцией ввода/вывода аналоговых сигналов. Параметры этого прибора напрямую влияют на уровень рабочих характеристик конечной продукции. Возможностей встроенного в микроконтроллеры ИОН, при работе во всем рабочем диапазоне температур, хватит в лучшем случае на обеспечение 8-битной разрешающей способности. Например, чтобы обеспечить точность работы в 1/2 м.з.р. интегрируемого во многие микроконтроллеры 10-битного АЦП необходимо, чтобы диапазон изменения выходного напряжения ИОН не превышал 1,22 мВ (для ИОН на напряжение 2,5 В). В случае встроенного ИОН, который не предусматривает возможности подстройки выходного напряжения, в этот уровень должно уложиться изменение выходного напряжения, вызванное влиянием как температурного дрейфа, так и начального разброса. Таким образом, при обоснованном подходе к выбору ИОН для применений с 10-битной и более разрешающей способностью преобразования, скорее всего, возникнет потребность в применении внешнего ИОН. К дополнительным преимуществам такого выбора также относятся:

- возможность выбора ИОН с подходящим к заданным условиям применения выходным напряжением, меньшим уровнем шума, функцией аналоговой подстройки выходного напряжения, дру-

гими вспомогательными функциями и пр.;

- возможность работы не только совместно с АЦП/ЦАП, но и с внешней аналоговой схемой сопряжения;

- более высокая нагрузочная способность;

- возможность лучшей изоляции от влияния потребляемого цифровыми ИС тока.

Первый интегральный ИОН был разработан в 1969 году легендарным изобретателем и виртуозом транзисторных схем Робертом Видларом (в то время сотрудником National Semiconductor) в ходе работы над первым однокристалльным 20-ваттным линейным стабилизатором напряжения **LM109**. Позже, в 1971 году, Видлар совместно с еще одним легендарным разработчиком Робертом Добкиным разрабатывают первый монолитный ИОН **LM113**. Этот ИОН получил название «бэндгап» (или ИОН на разности баз-эмиттерных напряжений). Он был двухвыводным прибором и включался в схему по типу стабилитрона. Даже сейчас многие разработчики предпочитают называть ИОН этого типа программируемыми стабилитронами и обозначать их на схеме как стабилитроны, хотя правильнее их называть «ИОН параллельного (или шунтового) типа», что указывает на подключение параллельно нагрузке. Некоторые ИОН этого типа, например, TL431 компании Texas Instruments, выпускаются уже много лет и по-прежнему со-



Step-down преобразователь со встроенным ключом

Компания Texas Instruments представила новый понижающий импульсный преобразователь напряжения **TPS5433x** со встроенным ключом.

Основные параметры:

- Широкое входное напряжение от 3,5 до 28 В
- Частота переключения **TPS54331**: 570 кГц, **TPS54332**: 1,1 МГц
- Полностью совместимые по выводам
- Выходное напряжение от 0,8 В
- Ток ключа (продолжительный) до 3 А
- Потребление в спящем режиме (типичное) 1 мкА
- Потребление в рабочем режиме (типичное) 110 мкА.

храняют свою популярность. Более совершенный, с точки зрения прецизионности, последовательный тип бэндгап ИОН был предложен Полом Брокау в конце 1970-х и выпускался компанией Analog Devices под наименованием **AD580**. Он отличался 3-выводным подключением (по типу стабилизатора напряжения), позволял с помощью резистивного делителя напряжения устанавливать требуемое выходное напряжение (с использованием развивающейся в то время технологии лазерной подгонки параметров) и допускал возможность протекания выходного тока в обоих направлениях. Именно этот тип ИОН, ввиду оптимального соотношения «цена — качество» и сравнительной доступности в широком числе исполнений, со временем стал наиболее распространенным и выпускается в настоящее время множеством производителей.

Одним из лидеров в области разработки и производства бэндгап ИОН является компания Texas Instruments (TI). Одна из ее недавних разработок, серия REF50xx, стала настоящим прорывом для ИОН типа бэндгап,

Таблица 1. Основные характеристики ИОН семейства REF50xx и лучших конкурирующих решений

	Семейство REF50xx						Сравнение с лучшими конкурирующими решениями ($V_{OUT} = 2,5 \text{ В}$)		
	REF5020	REF5025	REF5030	REF5040	REF5045	REF5050	ISL21009	ADR291	MAX6325
Архитектура	Бэндгап, последовательный тип						FGA	XFET	Стабилизатор со скрытым пробоем
Выходное напряжение V_{OUT} , В	2,048	2,5	3	4,096	4,5	5	2,5	2,5	2,5
Начальный разброс (25°C), %	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04
Макс. ТК, ppm/ $^\circ\text{C}$	3	3	3	3	3	3	3	3	1
Макс. ток нагрузки I_{OUT} , мА	10	10	10	10	10	10	7	5	15
Собственный потребляемый ток I_Q , не более, мкА	1000	1000	1000	1000	1000	1000	180	12	3000
Входное напряжение V_{IN} , В	2,7...18	2,7...18	3,2...18	4,296...18	4,7...18	5,2...18	3,5...16,5	2,8...15	8...36
Размах напряжения шума eN (0,1...10 Гц), мкВ	6	7,5	9	12	13,5	15	4,5	8	1,5
Корпус	8-SOIC						8-SOIC, 8-TSSOP		8-DIP/SOIC
Рабочий температурный диапазон, $^\circ\text{C}$	-40 ...125								-40...85

т.к. теперь по совокупности рабочих характеристик и степени прецизионности их можно поставить на одну ступеньку с лидирующими на данный момент архитектурами XFET компании Analog Devices и FGA компании Intersil (последняя архитектура была разработана в 2003 году компанией Xicog, год спустя вошедшей в состав Intersil; ее принцип действия идентичен ЭСПЗУ, но для хранения данных не в двоичной форме, а в аналоговой). Убедиться в этом поможет таблица 1, где представлены характеристики представителей семейства REF50xx и лучших ИОН с выходным напряжением 2,5 В, выполненных по технологиям FGA, XFET и стабилизатора со скрытым пробоем.

Знакомство с семейством REF50xx

Как следует из таблицы 1, семейство REF50xx состоит из шести ИОН, различающихся уровнем выходного напряжения. Кроме того, каждый из этих ИОН доступен в двух исполнениях: повышенной точности (характеристики представлены в таблице 1) и стандартном. Точностные характеристики стандартного исполнения примерно в два раза хуже,

чем у исполнения повышенной точности.

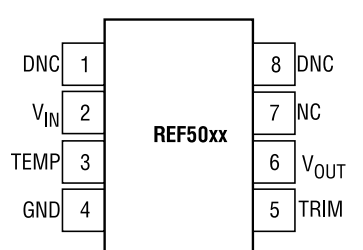
Все виды и исполнения ИОН доступны в 8-выводных корпусах двух типов: SO и MSOP. Расположение выводов представлено на рисунке 1а. Здесь же, на рисунке 1б, показана упрощенная структурная схема ИОН REF50xx.

Основой ИОН REF50xx является элемент бэндгап на напряжение 1,2 В. Это напряжение затем буферизуется и масштабируется до требуемого выходного уровня с помощью неинвертирующего усилительного каскада, выполненного на основе прецизионного операционного усилителя (ОУ). Предусмотрена возможность влияния на коэффициент передачи этого усилительного каскада через вывод TRIM. Подключение потенциометра к этому выводу позволяет корректировать выходное напряжение в пределах $\pm 15 \text{ мВ}$. Еще одной дополнительной возможностью REF50xx является возможность контроля температуры кристалла через вывод TEMP. Напряжение на этом выводе зависит от температуры (выражение этой зависимости показано на рисунке 1б). Важно обратить внимание на то, что функция контроля температуры больше подходит для кон-

троля изменений температуры, чем ее абсолютного значения, т.к. погрешность измерения достаточно велика и составляет приблизительно $\pm 15^\circ\text{C}$ [1, стр. 10]. Тем не менее, данная функция вполне применима в схемах температурной компенсации аналоговых каскадов. Выход TEMP является высокоомным, поэтому при работе со сравнительно низкоомными нагрузками потребуется его буферизация с помощью ОУ, обладающего малым температурным дрейфом. Производитель рекомендует использовать для этих целей ОУ **ОРА333**, **ОРА335** или **ОРА376**.

Обзор рабочих характеристик Начальный разброс

Величина начального разброса демонстрирует, насколько может отклониться выходное напряжение ИОН относительно номинального значения сразу после подачи питания и при комнатной температуре (25°C). Как уже упоминалось, ИОН REF50xx выпускаются в двух исполнениях с начальным разбросом 0,05% (50 ppm) и 0,1% (100 ppm). Таким образом, начальный разброс даже стандартных исполнений отвечает требованиям систем с разрешающей способностью не меньше 12 бит и погрешностью преобразования

**Назначение выводов:**

V_{IN} – входное напряжение;
 GND – общий вывод;
 TRIM – вывод подстройки V_{OUT} ;
 TEMP – вывод пропорционального
 температуре напряжения;
 DNC – вывод, не допускающий
 внешнего подключения;
 NC – вывод, не имеющий
 внутреннего подключения.

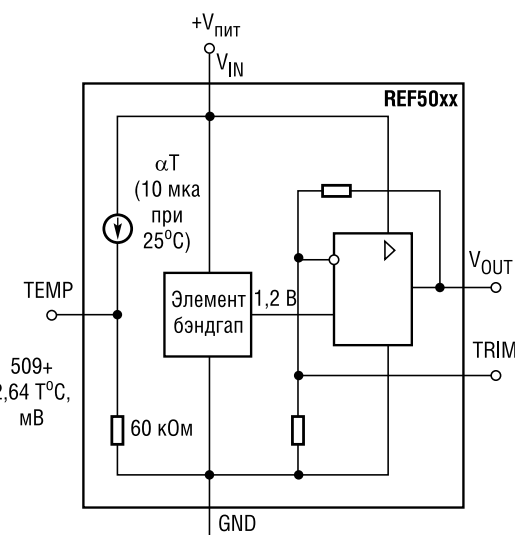


Рис. 1. Расположение выводов и упрощенная структурная схема ИОН REF50xx

1 м.з.р. (для диапазона преобразования 2,5 В этим условиям эквивалентна разрешающая способность 610 мкВ, а у ИОН 2,5 В $\pm 0,01\%$ выходное напряжение отклоняется на величину не более 250 мВ). Если же задействовать возможность подстройки выходного напряжения, то, без учета прочих ограничений (температурный дрейф, шум), разрешающая способность может быть расширена до 16 бит.

Температурный дрейф (температурный коэффициент, ТК)

Данная характеристика показывает, насколько изменится выходное напряжение при изменениях температуры. ИОН REF50xx характеризуются очень малым ТК, который составляет 3 ppm/°C у исполнений повышенной точности и 8 ppm/°C у стандартных исполнений. Значение ТК 8 ppm/°C для ИОН напряжением 2,5 В означает, что при работе в температурном диапазоне шириной 100°C (например, -25...75°C) выходное напряжение ИОН будет изменяться на величину 2,0 мВ. Из этого следует, что ТК рассматриваемых ИОН вполне достаточно для обеспечения 10-битной разрешающей способности в широком диапазоне температур с погрешностью преобразования 1/2 м.з.р., а добиться более высокого разрешения можно только в более узком диапазоне температур. Для 16-битной

системы с погрешностью преобразования 1/2 м.з.р. допускается относительное изменение напряжения всего лишь на 7,6 ppm (0,00076%). Таким образом, ИОН REF50xx смогут добиться такой точности лишь в полностью статических температурных условиях (отклонение не более 1...2°C). В 14-битной системе при прочих равных условиях REF50xx уже смогут обеспечить требуемую точность при колебаниях температуры до 10°C, в 12-битной – 40°C, в 10-битной – 160°C.

Шум

Выходное напряжение любого ИОН имеет шумовую составляющую. Шум, особенно низкочастотный, может затруднить измерение напряжения с высокой разрешающей способностью и/или с высоким быстродействием. Типичные значения размаха напряжения шума в диапазоне частот 0,1...10 Гц приведены в таблице 1 (распространяются и на стандартные исполнения). Данные значения вполне адекватны требованиям систем с разрешающей способностью до 14 бит включительно и погрешностью преобразования 1/2 м.з.р.

Нестабильность по входу и нагрузке

Данные характеристики позволяют оценить, насколько изменится выходное напряжение при ко-

лебаниях входного напряжения и тока нагрузки. Нестабильность по входу у всех ИОН REF50xx составляет не более 1 ppm/V, а по нагрузке – 50 ppm/мА (во всем рабочем диапазоне температур). Нестабильность по нагрузке можно также трактовать как выходное сопротивление ИОН, т.е. 50 ppm/мА означает, что выходное сопротивление ИОН на напряжение 2,5 В равно $2,5 \times 50 = 125$ Ом.

Максимальный выходной ток

Несмотря на то, что ИОН REF50xx допускают протекание на выходе как втекающего, так и вытекающего тока величиной до 10 мА, желательно не использовать ИОН на пределе его возможностей. При работе с токами, близкими к предельным, не исключены самонагрев кристалла ИОН и возникновение вдоль микросхемы тепловых градиентов, негативно влияющих на точность и стабильность системы. Также важно заметить, что ИОН REF50xx оснащены защитой выхода от короткого замыкания с линиями питания (ток к.з. ограничивается на уровне 25 мА), что делает их более надежными приборами.

Диапазон напряжения питания

ИОН REF50xx рассчитаны на работу в достаточно широком диапазоне напряжения питания: от 2,7 В у самых низковольтных приборов до 18 В. Однако эти характеристики не следует трактовать как возможность работы от нестабилизированного напряжения, т.к. чтобы добиться прецизионных характеристик, ИОН лучше питать с выхода линейного стабилизатора напряжения, который примет на себя решение многих проблем, связанных с фильтрацией шума, подавлением переходных процессов на входе питания и др. Нижняя граница диапазона напряжения питания определяется еще одной характеристикой – минимально-допустимым перепадом напряжения. Его величина зависит от тока нагрузки и температуры, и при наихудших условиях (10 мА, 125°C) составляет чуть более 700 мВ. Если, исхо-

для из озвученных выше рекомендаций, обеспечить работу с током, вдвое меньшим относительно максимального (т.е. 5 мА), то величина минимального перепада напряжения будет лежать в пределах 0,3...0,4 В в диапазоне температур 25...125°C, соответственно.

Потребляемый ток

ИОН REF50xx характеризуются достаточно большим потребляемым током, если сравнивать с конкурирующими технологиями FGA и XFET, что видно из таблицы 1. Столь высокое потребление свойственно другой прецизионной архитектуре: ИОН на стабилитроне со скрытым пробоем. Таким образом, применение REF50xx ограничено в приложениях с батарейным питанием, где требуется непрерывная работа ИОН. Однако и в приложениях с периодической работой ИОН существует еще одно ограничение — время установления после подачи питания. У REF50xx оно достаточно большое: при работе с нагрузочным конденсатором 1 мкФ типичное значение времени установления равно 200 мкс. Таким образом, эти ИОН больше подходят для работы в составе стационарной прецизионной аппаратуры, для которой более низкая себестоимость продукции более важна, чем характеристики энергопотребления.

Типичные применения и схемы включения

Как уже упоминалось, ввиду достаточно большого энергопотребления, но и сравнительно небольшой стоимости, ИОН семейства REF50xx идеальны для работы в составе высокоточного стационарного оборудования с разрешающей способностью преобразования до 16 бит, в т.ч.:

- системы сбора данных;
- автоматизированное испытательное оборудование;
- устройства промышленной автоматики;
- медицинское оборудование;
- прецизионные контрольно-измерительные приборы.

Базовая схема включения, которая не предусматривает использование функций контроля темпе-

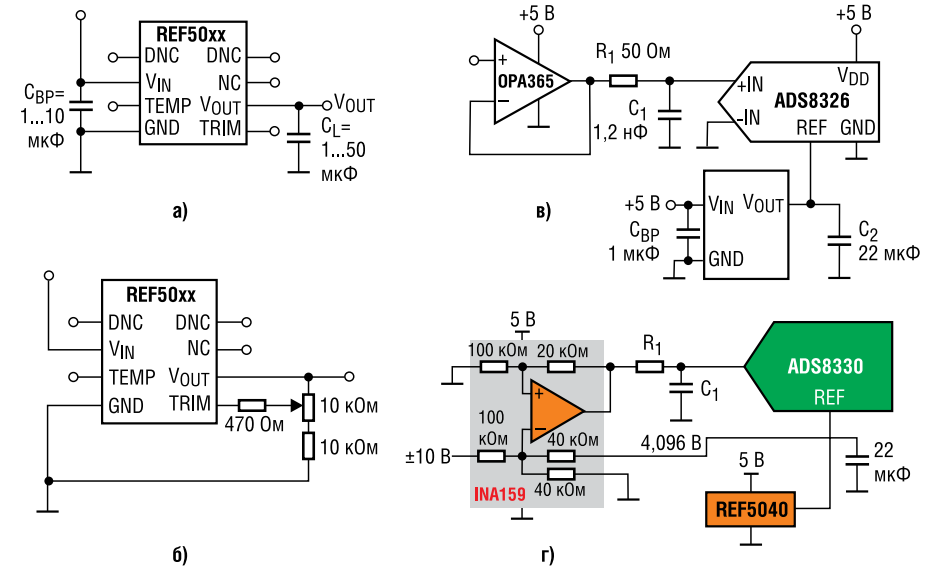


Рис. 2. Схемы включения REF50x: базовая (а), с подстройкой выходного напряжения (б) и в составе 16-битной системы сбора данных: с однополярным (в) и двуполярным (г) входом

ратуры и подстройки выходного напряжения, показана на рисунке 2а. В этой конфигурации ИОН дополняется снаружи всего лишь двумя компонентами: блокировочный конденсатор на входе емкостью 1...10 мкФ и нагрузочный конденсатор на выходе емкостью 1...50 мкФ. Нагрузочный конденсатор должен относиться к типу «low ESR», т.е. обладать малым эквивалентным последовательным сопротивлением. При необходимости подстройки выходного напряжения, эту схему необходимо дополнить схемой на рисунке 2б. Важно понимать, что использование недорогого резистора типа «cermet» в качестве подстроечного может привести к ухудшению ТК ИОН, т.к. ТКС этого резистора превышает 100 ppm. Более предпочтительно использовать прецизионные проволочные или металло-фольговые типы подстроечных резисторов с 5%-ым допуском на сопротивление и ТКС менее 50 ppm.

На рисунке 2 в можно увидеть пример построения входного каскада одноканальной 16-битной системы сбора данных с входным диапазоном 0...4 В [1, стр. 11]. Здесь входной сигнал буферизуется прецизионным ОУ **ОРА365**, включенным по схеме неинвертирующего усилителя-повторителя. Далее сигнал фильтруется RC-цепью и поступает на вход 16-битного АЦП **ADS8326**. Измерительный диа-

пазон задается ИОН **REF5040** на напряжение 4,0 В. Благодаря поддержке ОУ полного размаха напряжения на входе и выходе (тип rail-to-rail) и малому минимальному перепаду напряжения ИОН, схема способна работать от 5-вольтового источника питания.

Еще один пример, но уже для преобразования двуполярного сигнала в диапазоне ±10 В, показан на рисунке 2г. Схема отличается применением во входном каскаде инструментального усилителя **INA159**, который выполняет преобразование двуполярного диапазона ±10 В в однополярный 0...4 В. В качестве АЦП используется 16-битный АЦП с однополярным входом и частотой преобразования до 1 МГц **ADS8330**.

Выводы

Несмотря на то, что ИОН семейства REF50xx выполнены по архитектуре бэндгап, они обладают столь высокой прецизионностью, что их можно поставить в один ряд с такими лидирующими архитектурами, как стабилитрон со скрытым пробоем, XFET и FGA.

В семейство входят шесть ИОН на различные выходные напряжения в диапазоне от 2,048 до 5 В. Кроме того, каждый из этих ИОН доступен в двух исполнениях: стандартном и повышенной точности. Все ИОН поддерживают возмож-

ность подстройки выходного напряжения и контроля температуры.

Существенными недостатками ИОН являются их высокое энергопотребление (1 мА) и большое время установления после подачи питания (200 мкс), что ограничивает возможность их применения в критичных к уровню энергопотребления системах. Производитель указывает на возможность применения ИОН в системах с разрешающей способностью до 16 бит включительно.

Литература

1. REF5020, REF5025, REF5030, REF5040, REF5045, REF5050 — Low-Noise, Very Low Drift, Precision Voltage Reference // Data Sheet, Texas Instruments, lit. num. SBOS410, 2007.— 18p.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе — Мария Рудяк

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: analog.vesti@compel.ru

CC2591 — микросхема высокочастотного усилителя



Компания **Texas Instruments** представила высокочастотный усилитель на 2,4 ГГц с высокой степенью интеграции для беспроводных приложений малой мощности. Усилитель **CC2591** увеличивает дальность действия беспроводных систем за счет объединения усилителя мощности, повышающего выходную мощность до +22 дБм и малошумящего усилителя, повышающего чувствительность приемника до +6 дБм (см. www.ti.com/cc2591-pr).

CC2591 представляет из себя высокопроизводительный и рентабельный по цене усилитель для всех 2,4 ГГц беспроводных систем, таких как ZigBee®-сети, измерительные датчики, промышленная, бытовая и аудиоэлектроника. Устройство способно работать со всеми существующими и разрабатываемыми TI 2,4 ГГц радиоча-

стотными трансиверами, передатчиками и системами на кристалле, что ускорит время разработки и повысит производительность.

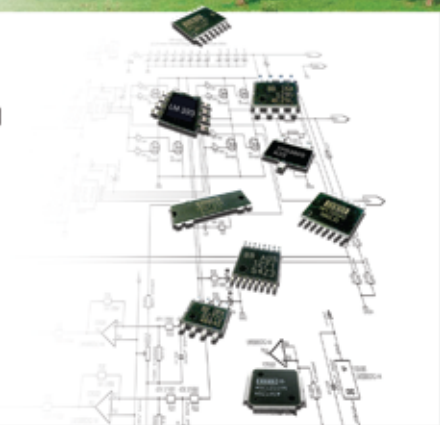
«Усилитель CC2591 обеспечивает такое увеличение дальности действия и зоны покрытия, что компания Raхton Access впервые смогла предложить своим клиентам беспроводную альтернативу проводным системам доступа и контроля здания.» — сказал Марк Томпсон, директор по развитию компании Raхton Access Ltd «CC2591, в сочетании с системой на кристалле CC2430, позволит нам развить новое поколение беспроводных систем доступа и контроля».

Микросхема CC2591 содержит усилитель мощности, малошумящий усилитель, трансформатор, ключи, индуктивности и сетевой радиочастотный интерфейс. Этот не имеющий себе равных уровень интеграции упрощает разработку высокопроизводительных устройств и позволяет клиентам создавать мощные беспроводные решения с малым количеством внешних компонентов. Микросхема CC2591 выпускается в корпусе QFN-16 размерами 4x4 мм.



Полная номенклатура Texas Instruments со склада КОМПЭЛ

- Аналого-цифровые преобразователи
- Системы-на-кристалле
- Изолирующие усилители
- Операционные усилители
- Инструментальные усилители
- Мультиплексоры
- Микросхемы управления питанием
- Цифроаналоговые преобразователи
- Источники опорного напряжения



Компэл
www.compel.ru



Сергей Пичугин (КОМПЭЛ)

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ СДВОЕННОГО ЕМКОСТНОГО БАРЬЕРА В НОВЫХ ЦИФРОВЫХ ИЗОЛЯТОРАХ TEXAS INSTRUMENTS



Задача цифрового изолятора — передавать цифровой сигнал между двумя гальванически развязанными электрическими цепями. Как правило, такая изоляция крайне необходима для устранения негативного влияния высокоточных и высоковольтных цепей на измерительные схемы, схемы связи с внешними устройствами и схемы управления в составе одного или нескольких устройств. В статье описана реализация новой технологии передачи цифровых сигналов через сдвоенный емкостной изоляционный барьер, используемая в семействе цифровых изоляторов ISO72x от Texas Instruments.

Ранее материал публиковался в журнале «Компоненты и технологии».

Устройство емкостного изолятора-барьера

Возможные области применения цифровых изоляторов — схемы, работающие в непосредственной близости от мощных двигателей или других источников сильного электромагнитного излучения. В такой среде очень велика вероятность потерь данных или возникновения ошибок при передаче информации. Учитывая этот очень важный факт, компания Texas Instruments применила в своих изоляторах новый принцип гальванической развязки — сдвоенный емкостной барьер.

В изоляторах серии ISO72x сигнал дифференцированно пересекает изоляционный барьер через два конденсатора состоящих из металлической пластины и проводящей кремниевой подложки, расположенных по двум сторонам диэлектрика — оксида кремния SiO₂ (рис. 1). На рис. 2 можно видеть соединения внутри ИС ISO721 между двумя гальванически изолированными подложками, на одной из которых расположены емкостные барьеры.

Для передачи постоянной составляющей сигнала, ISO72x использует два канала, как показано

на рис. 3. Первый, высокоскоростной канал (нижний по схеме) передает фронты (переходы) сигнала. Второй, низкочастотный (верхний по схеме) канал при помощи ШИМ-модуляции передает дифференциальный сигнал, скважность которого прямо пропорциональна уровню постоянной составляющей входного сигнала.

Устойчивость к переходным процессам при быстронарастающем сигнале

Переходные процессы при быстро нарастающем (высокочастотном) сигнале могут нарушить передачу данных через изоляционный барьер. К примеру, паразитная емкость изоляционного барьера в оптоизоляторе, как показано на рис. 4, обеспечивает путь для прохождения быстронарастающего сигнала, в результате чего про-

исходит искажения принимаемых данных в выходных цепях. Сетка Фарадея может отвести часть этого смещенного потока от важных выходных цепей оптических и индуктивных изоляторов.

В емкостных изоляторах сетка Фарадея — не подходящее решение проблемы, так как вместе с блокировкой быстрых переходных процессов происходила бы блокировка электрической области, используемой для передачи данных. Чтобы обеспечить устойчивость к переходным процессам при быстронарастающем сигнале, семейство цифровых емкостных изоляторов ISO72x передает во вторичный приемный канал только переходы сигнала данных. В таблице 1 указаны допустимые скорости нарастания входного сигнала для разных типов изоляторов. Как видно из таблицы, ISO721 имеет наилучшее значение параметра устойчивости к быстрым переходным процессам, что позволяет

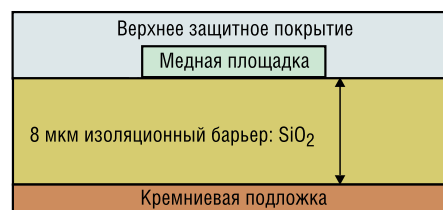


Рис. 1. Структура емкостного изолятора (один конденсатор)

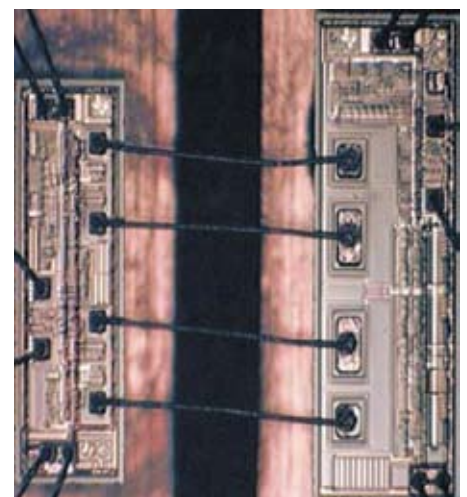


Рис. 2. Внешний вид внутренних соединений между двумя подложками ИС ISO721

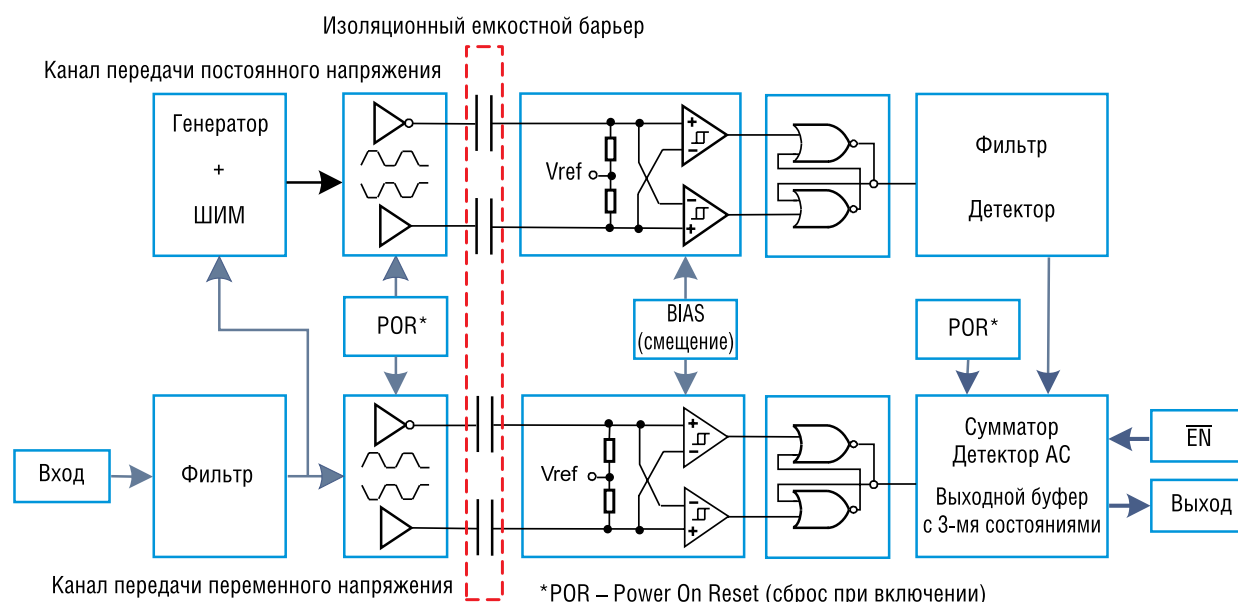


Рис. 3. Структурная схема цифровых изоляторов ISO72x

Таблица 1. Допустимая скорость нарастания входного сигнала

Наименование	Технология изоляции	Допустимая скорость нарастания входного сигнала (кВ/мкс)
ISO721	емкостная	25
ADuM1100	индуктивная	25
HCPL-0900	индуктивная	15
HCPL-0721	оптическая	10
HCPL-0723		

Таблица 2. Потребляемая мощность цифровых изоляторов TI, AD и Avago Technologies

Наименование	Производитель	Технология изоляции	Напряжения питания Vcc1 и Vcc2 (В)	Icc1 (мА)	Icc2 (мА)	Потребляемая мощность (мВт)
ISO721	Texas Instruments	емкостная	5	1	11	60
			3,3	0,5	6	21,5
ADuM1100	Analog Devices	индуктивная	5	0,8	0,006	4,3
			3,3	0,3	0,04	1,2
HCPL-0900	Avago Technologies	индуктивная	5	0,018	6	30
			3,3	0,01	4	13,2
HCPL-0721	Avago Technologies	оптическая	только 5 В	10*	9	95
HCPL-0723		оптическая	только 5 В	10*	17,5**	137,5

* 10 мА при логическом «0» на входе. При логической «1» на входе ток потребления уменьшается до 3 мА

** 17,5 мА при логическом «0» на входе. При логической «1» на входе ток потребления уменьшается до 16,5 мА.

ему надежно передавать данные со скоростью до 150 Mbps.

Важно отметить, что кроме всего прочего, цифровые изоляторы серии ISO722x имеют наименьший дрейф (джиттер – jitter) задержки передачи сигнала. Зависимость максимального смещения задержки от скорости передачи данных при различных напряжениях питания отображена на рис. 5. При скорости передачи данных 100 Mbps, уровень джиттера менее 0,6 нс!

Потребляемая мощность

В таблице 2 указаны параметры потребляемой мощности различных типов цифровых изоляторов производства Texas Instruments (TI), Analog Devices (AD) и Avago Technologies. Как видно из таблицы, представленные оптические изоляторы потребляют больше энергии, чем индуктивные и емкостные изоляторы.

На рис. 6 представлен сравнительный график зависимости потребляемого тока одним изо-

ляционным каналом от скорости передачи сигнала для различных цифровых изоляторов.

Надежность

Среднее время до отказа (MTTF – Mean Time To Failure) – стандартный параметр надежности электронных приборов.

Таблица 3 отображает параметр MTTF для оптического, индуктивного и емкостного цифровых изоляторов. Из таблицы видно, что ISO721 значительно превосходит

Таблица 3. Параметры надежности различных типов цифровых изоляторов

Наименование	Производитель	Технология изоляции	Температура окружающей среды, °C	Доверительный интервал 60%		Доверительный интервал 90%	
				MTTF* (часы/отказ)	Количество отказов за 109 часов	MTTF (часы/отказ)	Количество отказов за 109 часов
ISO721	Texas Instruments	емкостная	125	1246889	802	504408	1983
HCPL-0900	Avago	индуктивная		288118	3471	114654	8722
HCPL-0721		оптическая		174617	5727	69487	14391

* Расчетная величина.

Таблица 4. Допустимые напряжения изоляции

Наименование	Производитель	Технология изоляции	Напряжение изоляции (V _{RMS}) по стандарту UL1577	Напряжение изоляции V _{ЮРМ} (V _{пиковое}) по стандарту IEC60747-5-2
ISO721	Texas Instruments	емкостная	2500	560
ADuM1100	Analog Devices	индуктивная	2500	560
HCPL-0900	Avago Technologies	индуктивная	2500	нет данных
HCPL-0721 HCPL-0723		оптическая	3750	560

Таблица 5. Расчетное значение времени до пробоя диэлектрика

Напряжение вход-выход, В	Время до пробоя диэлектрика (TDDP), лет
200	85
400	46
560	28
700	18
800	13

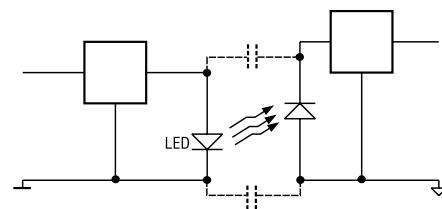


Рис. 4. Паразитная емкость в изоляционном барьере оптопары

Таблица 6. Семейство цифровых емкостных изоляторов производства Texas Instruments (по состоянию на октябрь 2007 года)

Наименование	Кол-во каналов	Напряжение изоляции (V _{RMS})	Конфигурация каналов (прямо/обратно)	Напряжение питания, В	Макс. скорость передачи данных, Mbps	Входной фильтр	Задержка (макс), нс	Входной гистерезис	pin-to-pin совместимость	Корпус
ISO150	2	1500	программ.	5	80	нет	40	TTL	—	SOP-12
ISO721	1	2500	1/0	3,3/5	100	есть	24	TTL	ADuM1100	SOIC-8
ISO721M	1	2500	1/0	3,3/5	150	нет	16	CMOS	ADuM1100	SOIC-8
ISO722	1	2500	1/0	3,3/5	100	есть	24	TTL	ADuM1100	SOIC-8
ISO7220A	2	2500	2/0	3,3/5	1	есть	475	TTL	ADuM1200	SOIC-8
ISO7220C	2	2500	2/0	3,3/5	25	есть	42	TTL	ADuM1200	SOIC-8
ISO7220M	2	2500	2/0	3,3/5	150	нет	16	CMOS	ADuM1200	SOIC-8
ISO7221A	2	2500	1/1	3,3/5	1	есть	475	TTL	ADuM1201	SOIC-8
ISO7221C	2	2500	1/1	3,3/5	25	есть	42	TTL	ADuM1201	SOIC-8
ISO7221M	2	2500	1/1	3,3/5	150	нет	16	CMOS	ADuM1201	SOIC-8
ISO722M	1	2500	1/0	3,3/5	150	нет	16	CMOS	ADuM1100	SOIC-8
ISO7230A	3	2500	3/0	3,3/5	1	есть	70	TTL	ADuM1300	SOIC-16
ISO7230C	3	2500	3/0	3,3/5	25	есть	30	TTL	ADuM1300	SOIC-16
ISO7230M	3	2500	3/0	3,3/5	150	нет	16	CMOS	ADuM1300	SOIC-16
ISO7240A	4	2500	4/0	3,3/5	1	есть	70	TTL	ADuM1400	SOIC-16
ISO7240C	4	2500	4/0	3,3/5	25	есть	30	TTL	ADuM1400	SOIC-16
ISO7240CF	4	2500	4/0	3,3/5	25	есть	46	TTL	ADuM1400	SOIC-16
ISO7240M	4	2500	4/0	3,3/5	150	нет	16	CMOS	ADuM1400	SOIC-16

по надежности представленные индуктивные и оптические решения. К сожалению, в технических описаниях на ADuM1100 параметр надежности MTTF не представлен.

Характеристики изоляции

Диэлектрики имеют свойство изоляции в соответствии с их физическим и химическим составом, который содержит различные примеси и неоднородности.

Понятно, что в течение времени эти примеси приводят к изменению изоляционных свойств материала и в конечном итоге могут вызвать выход из строя (пробой) диэлектрика. Эти изменения мо-

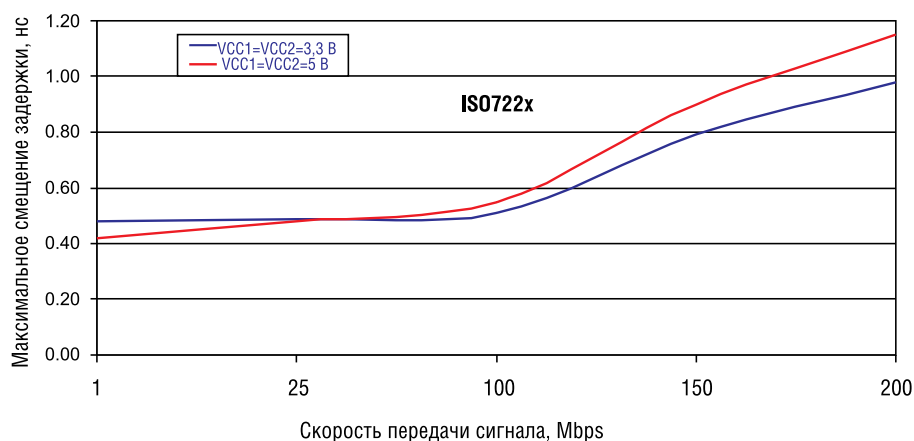


Рис. 5. Зависимость максимального смещения задержки от скорости передачи данных

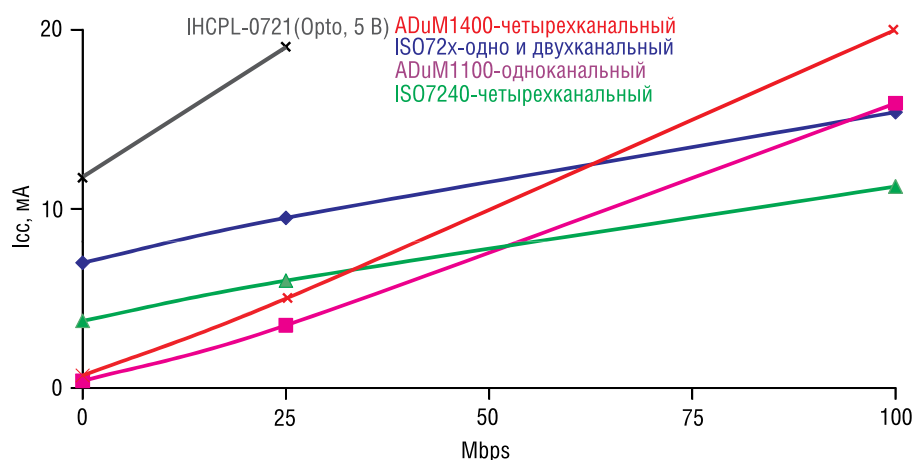


Рис. 6. Сравнительные зависимости потребляемого тока

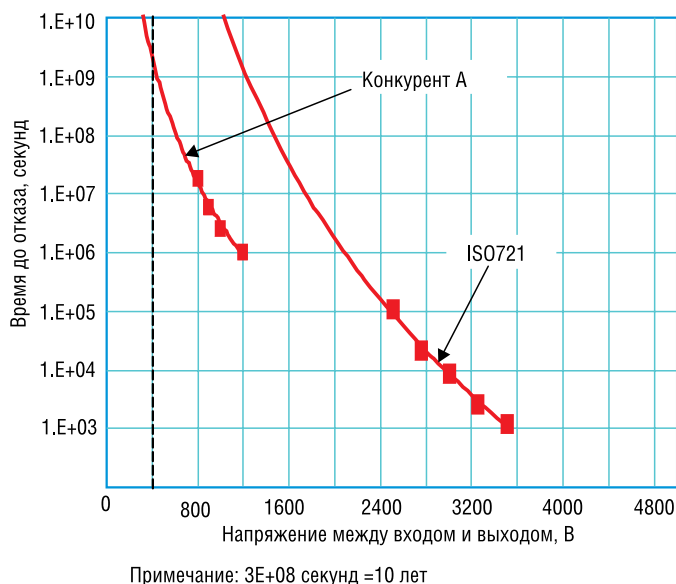


Рис. 7. Зависимость времени жизни изолятора от напряжения между входом и выходом

гут ускориться в среде сильного электромагнитного излучения, высокой температуры и под воздействием электрического поля, создаваемым высоким напряжением, приложенным к изолятору.

У большинства цифровых изоляторов в техническом описании указаны только главные параметры. Большинство общедоступных изоляторов (включая семейство IS072x) нормированы на 4 кВ зна-

чение пикового напряжения между входом и выходом (VIOTM). Но, важно понимать, что эта оценка не предусматривает, что изолятор будет противостоять этому высокому напряжению в течение неограниченного времени и, тем более, при произвольно высокой температуре окружающей среды. Соответственно, учитывая только этот параметр, невозможно предсказать реальное поведение изолятора в течение длительного времени.

Другая характеристика изоляции, представляющая интерес, — это рабочее напряжение (VIORM) или непрерывно действующее напряжение. Этот параметр подразумевает, что при данном напряжении между входом и выходом изолятор сохраняет свои свойства изоляции в течение всей жизни. Обычно, для полупроводниковых приборов в качестве минимального срока службы принимается цифра 10 лет. В таблице 4 отображены допустимые напряжения изоляции для разных типов изоляторов в соответствии со стандартами UL 1577 и IEC 60747-5-2.

Еще один параметр, описывающий надежность изоляции — TDDB (Time-Depended Dielectric Breakdown) определяет время до пробоя диэлектрического материала, такого как оксид кремния (SiO₂), под воздействием высокого напряжения. Один из методов прогнозирования этого параметра — расчет при помощи физико-математической, так называемой, E-модели (E-Model), основанной на физической деградации диэлектрика. Не останавливаясь на описании этого метода, который достаточно подробно описан в различных источниках сети интернет, приводим таблицу с результатами расчета параметра TDDP для емкостных изоляторов серии IS072x для различных значений напряжений между входом и выходом (табл. 5).

Нежелая использовать E-модель расчета параметра TDDB, различные производители применяют любые удобные для них данные и методы, не базирующиеся на физической деградации диэлектрика. Для примера, на рис. 7 отображен график с зависимостью параметра TDDB для IS0721 с данными, по-

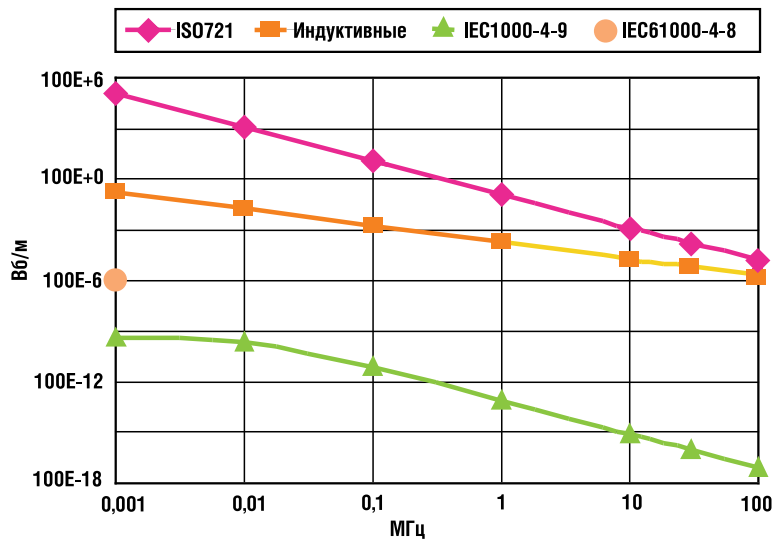


Рис. 8. Устойчивость к воздействию внешних электромагнитных полей емкостных и индуктивных изоляторов

лученными при помощи упрощенного общепринятого метода расчета. Как можно видеть, таким способом были полученные более значительные сроки службы изолятора. Опубликованные данные другого производителя для индуктивного изолятора также включены в график для сравнения (конкурент А).

Семейство изоляторов ISO72x может благополучно работать в течение более чем 25 лет при рабочем напряжении вход-выход 560 вольт. Результаты также показывают, что такой изоляционный барьер является очень «крепким» и способен противостоять многократным всплескам высокого напряжения до 4000 вольт пикового или 2828 вольт среднеквадратичного (RMS) значения.

Устойчивость к воздействию внешних электромагнитных полей

Незащищенный никакими внешними средствами, изолятор ISO721 успешно прошел испытания по устойчивости к внешним электромагнитным полям в соответствии с 5-м классом* требований предъявляемых стандартом IEC6100-4-8 (электромагнитные поля про-

мышленных частот) и стандартом IEC61000-4-9 (импульсные электромагнитные поля).

На рис. 8 представлен график со сравнительным анализом устойчивости изоляторов к электромагнитным полям на примере емкостного (ISO721, производства Texas Instruments) и индуктивного (ADuM1100, производства Analog Devices) принципа действия и их соответствие 5 классу (наивысшему) стандартов IEC6100-4-8 и IEC61000-4-9. Данные для ADuM1100 получены из его технического описания версии «Е» (рис. 8), взятого с официального сайта производителя (с конвертацией в удобные для сравнения единицы измерения).

Согласно расчетам, емкостная пара в дифференциальной цепи ISO72x с медленным сигналом и двукратном запасе по шуму требует плотности внешнего электромагнитного поля более чем 12,3 Вб/м² на частоте 1 МГц. К примеру, это поле сгенерированное более чем 10 миллионами ампер, проходящими через 10-см проводник, на расстоянии 10 см от прибора. Маловероятно, что подобное вообще когда-либо может произойти в природе или любом изготовлен-



Рис. 9. Демонстрационная плата ISO721EVM

ном оборудовании. Даже если это произойдет, то более вероятно, что компоненты, окружающие ISO72x первыми выйдут из строя.

Для практического ознакомления с цифровыми емкостными изоляторами, компания Texas Instruments выпускает демонстрационную плату ISO721EVM, внешний вид которой можно видеть на рис. 9.

Заключение

Цифровые изоляторы со сдвоенным емкостным барьером выводят отрасль на самые высокие скорости передачи данных в сочетании с высокой надежностью передачи, обеспечивают на шесть порядков более высокую устойчивость к воздействию магнитных полей, чем существующие индуктивные изоляторы и потребляют на 60% меньше мощности, чем быстродействующие оптроны. Новые изоляторы повышают быстродействие системы и снижают стоимость в применениях с высокими напряжениями и высоким уровнем шумов, таких как автоматизация производства, управление технологических процессов и системах сбора данных.

Литература

1. Технические описания (datasheets) рассматриваемых приборов с интернет-сайтов производителей: www.avagotech.com, www.analog.com, www.ti.com
2. Application Reports с интернет-сайта www.ti.com: [slla181](#), [slla197](#), [slla198](#).

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Мария Рудяк

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: analog.vesti@compel.ru

* Стандарт, определяющий 5-й класс, относится к серьезным промышленным средам, для которых характерны проводники, шины проводников, линии среднего напряжения или высоковольтные линии по которым передаются десятки килоампер; линии грозозащит высотных сооружений, переносящих ток молнии.



Олег Пушкарев (КОМПЭЛ)

CC2480 – СЕТЕВОЙ ZIGBEE-СОПРОЦЕССОР

Набор продуктов **Texas Instruments**, включающий маломощные радиочастотные компоненты и микроконтроллеры MSP430, является идеальным для создания беспроводных сетей.

В 2008 году TI выпустил новую микросхему – **ZigBee-процессор CC2480**, который позволяет построить сетевое ZigBee-устройство без необходимости изучения объемных спецификаций 802.15.4 и ZigBee. CC2480 содержит полный ZigBee-стек и выполняет всю «черновую» работу, связанную с построением сети, передачей данных и ретрансляцией пакетов. Приложение пользователя в случае применения CC2480 исполняется на любом внешнем микроконтроллере.



ного набора протоколов ZigBee-стека. CC2480 работает со ПО Z-Stack™ (разработанная компанией TI программная реализация стека ZigBee-2006), в то время как приложение пользователя исполняется на любом внешнем микроконтроллере. Процессор CC2480 занимается исключительно сетевым взаимодействием в ZigBee-сети, беря на себя все критические по времени задачи и оставляя свободными для работы с приложением ресурсы внешнего микроконтроллера. CC2480 может выступать координатором, роутером или конечным узлом ZigBee-сети с топологией Mesh. Каждая микросхема CC2480 поставляется с предварительно запрограммированным уникальным 64-битным IEEE-адресом. Внешний управляющий микроконтроллер передает команды управления по интерфейсу SPI или UART. TI рекомендует использовать микроконтроллер с низким энергопотреблением MSP430 в качестве хост-процессора для CC2480 (рис. 1).

Взаимодействие с хост-процессором

В общей структуре ПО узла ZigBee-сети (рис. 2) CC2480 является устройством нижнего уровня, которое получает ко-



манды и данные от ПО верхнего уровня – приложения пользователя, выполняющегося на управляющем хост-процессоре. Для взаимодействия с CC2480 предусмотрено два набора команд API – SimpleAPI и Z-Stack API. Упрощенный интерфейс взаимодействия SimpleAPI позволяет организовать сеть с Mesh-топологией с помощью всего лишь десяти команд. SimpleAPI позволяет произвести настройку узла в качестве координатора, роутера или конечного устройства, запустить сеть (в случае координатора), выполнить связывание узлов и организовать передачу данных внутри сети. Большие возможности предоставляет интерфейс Z-Stack API, позволяющий реализовать 100%-совместимое ZigBee-приложение любой сложности. Z-Stack API включает в себя интерфейс AF (Application Framework) для регистрации пользовательского приложения и отправки-приема данных, а также интерфейс ZDO (ZigBee Device Objects) для обнаружения узлов и управления сетью. Назначение всех функций программного интерфейса, подробное описание всех API и структуры передаваемых пакетов приведены в [1]

Для взаимодействия с «внешним миром» в CC2480 предусмотрены два физических интерфейса – SPI и UART, однако функционал спящего узла может быть реализован только при использовании SPI. Приложению пользователя доступны некоторые аппаратные ресурсы CC2480 – 12-битный АЦП, энергонезависимая память, четыре программных таймера и аппаратный генератор случайных чисел. Кроме линий последовательно-

CC2480. Основные параметры

ZigBee-процессор CC2480 может применяться для построения сетей беспроводных датчиков, систем автоматизации зданий, промышленной телеметрии, узлов «умного дома» и систем автоматизации зданий. Технические характеристики CC2480 приведены в таблице 1. CC2480 является сетевым ZigBee-сопроцессором. Его задача – передача данных и поддержание работоспособности сети во взаимодействии с внешним микроконтроллером, на котором выполняется основное приложение пользователя. CC2480 по идеологии подобен различным ZigBee-модулям, имеющим собственную прошивку и управляющимся извне через небольшой набор команд. CC2480 будет идеальным выбором для тех разработчиков, кто предпочитает работать с привычным для него микроконтроллером и хочет добавить ZigBee-функционал в свою разработку без изучения слож-

го интерфейса, CC2480 имеет дополнительные для управления и доступа к аппаратным ресурсам CC2480 (рис. 3):

- **Управление питанием:** 2 линии (SRDY и MRDY) используются для получения информации о текущем состоянии CC2480 и для вывода его из состояния сна. Работают только при использовании интерфейса SPI.

- **Сброс:** вывод RESET_N используется для сброса CC2480. Также предусмотрен программный сброс.

- **Конфигурирование:** 2 линии (CFG0 и CFG1) используются для выбора интерфейса – UART или SPI. Некоторые дополнительные параметры CC2480 также конфигурируются через эти линии.

- **Вход АЦП:** CC2480 содержит 12-битный АЦП с двумя входами (A0 и A1). Программный интерфейс для внешнего процессора позволяет запустить преобразование и извлечь результат. Данные со встроенного температурного датчика и монитора батареи могут быть также получены через интерфейс АЦП.

- **Порты ввода-вывода (GPIO):** CC2480 предоставляет для внешнего приложения четыре настраиваемых порта ввода-вывода.

- **Энергонезависимая память:** программный интерфейс позволяет сохранять и считывать из CC2480 четыре двухбайтных параметра и два шестнадцатибайтных параметра.

- **Программные таймеры:** на CC2480 могут быть запущены внешним микроконтроллером до четырех программных таймеров.

Демонстрационный набор eZ430-RF2480

Для тех инженеров, кто в качестве управляющего микроконтроллера выбрал MSP430, удобным и недорогим подспорьем в разработке будет отладочный набор eZ430-RF2480. Недорогой демонстрационный набор eZ430-RF2480 Demo Kit включает три целевых радиочастотных платы, два батарейных отсека и плату USB-программатора (рис. 4). Несмотря на миниатюрные габариты и скромную цену, данный набор

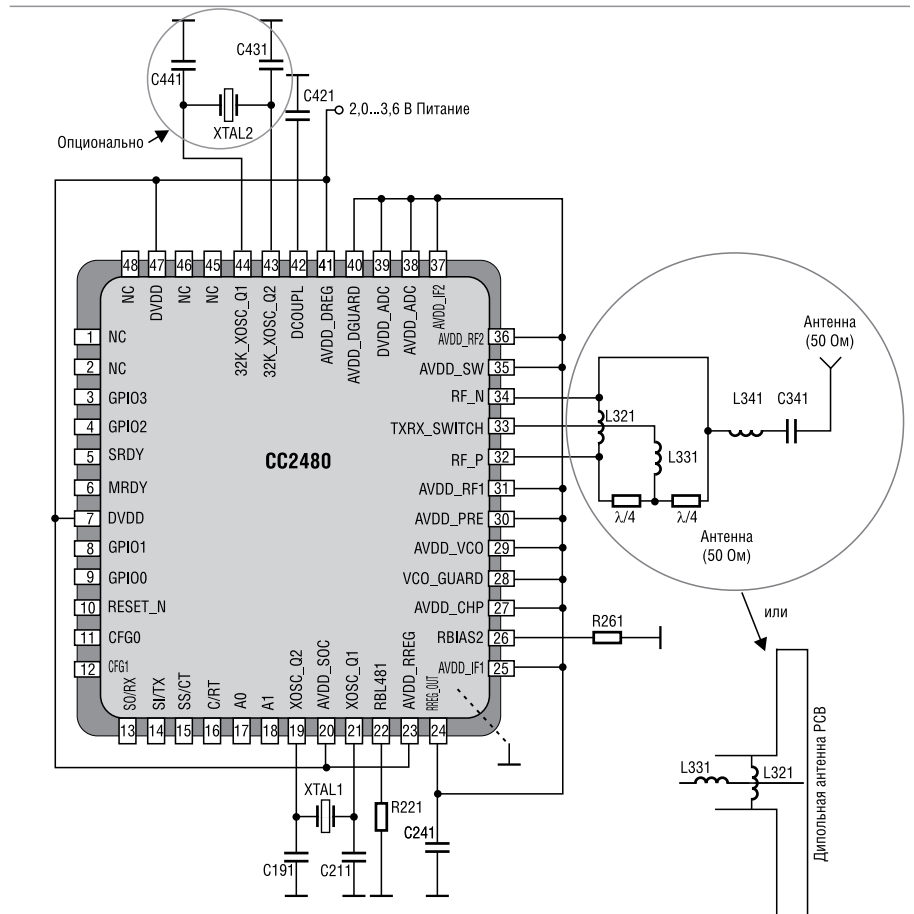


Рис. 1. Схема включения CC2480

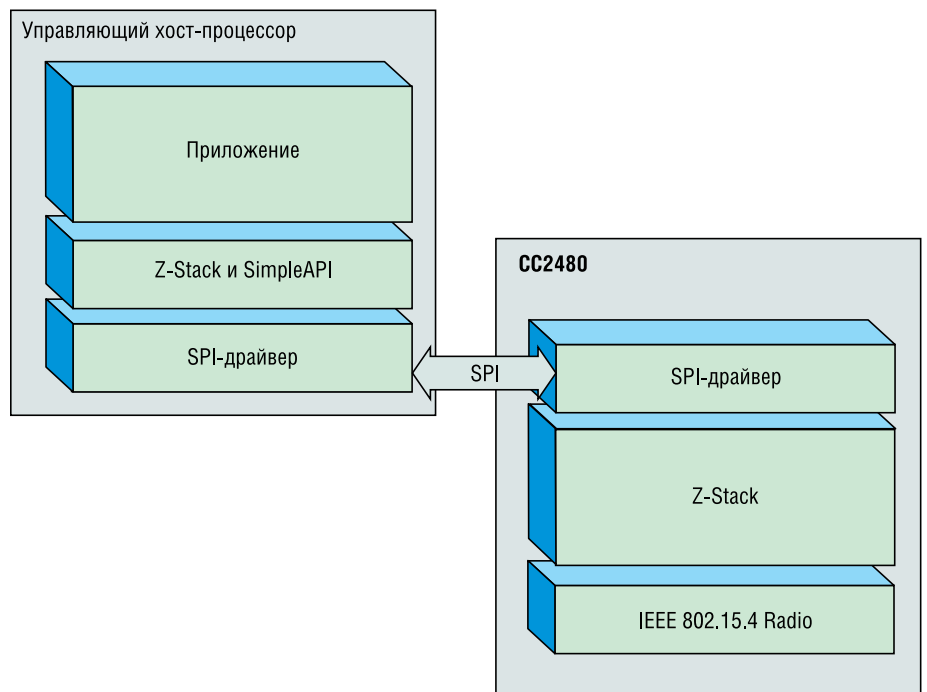


Рис. 2. Структура ПО для ZigBee-узла на базе CC2480

позволяет построить полноценную ZigBee-сеть из трех узлов. Для построения сети с большим количеством узлов можно использовать

несколько таких наборов (рис. 5). Демонстрационное приложение позволяет отображать на экране ПК температуру и напряжение ба-

Таблица 1. Основные характеристики СС2480

Параметр	Минимальное значение	Типичное значение	Максимальное значение	Единица измерения	Условия
Условия эксплуатации					
Диапазон частот	2400		2483	МГц	
Скорость передачи данных		250		Кбит/сек	
Рабочее напряжение	2,0		3,6	В	
Диапазон рабочих температур	-40		+85	С	
Режим передачи					
Номинальная выходная мощность в режиме передачи с учетом линии согласования		0		дБм	На нагрузке 50 Ом
Побочные излучения		-47		дБм	В полосе 30-1000 МГц
Режим приема					
Чувствительность приемника		-92		дБм	PER = 1%
Подавление соседнего канала с частотой +5 МГц		41		дБ	Полезный сигнал -88 дБм, PER = 1%
Подавление соседнего канала с частотой +10 МГц		55		дБ	
Подавление соседнего канала с частотой > ±15 МГц		55		дБ	
Ток потребления					
Процессор работает, 16 МГц, низкая активность		4,3		мА	Включен RC-генератор (16 МГц). Радиочасть отключена. Нет обращений CPU во Flash (только кэш).
Процессор работает, 32 МГц, высокая активность		12,3		мА	Включен XT-генератор (32 МГц). Радиочасть отключена. Максимальная загрузка CPU.
Процессор работает, 32 МГц, режим приема		26,7		мА	Входной сигнал -50 дБм
Процессор работает, 32 МГц, режим передачи		26,9		мА	Выходная мощность 0 дБм
Режим энергосбережения 1		190		мкА	Включены: стабилизатор, XOSC 32,768 кГц, таймер, прерывания.
Режим энергосбережения 2		0,5		мкА	Включены: XOSC 32 кГц, таймер, прерывания. Стабилизатор отключен.
Режим энергосбережения 3		0,3		мкА	Нет тактовых импульсов. POR разрешен.
Время перехода в активный режим					
В режим 0 из режима 1		4,1		мкс	Стабилизатор включен. Запуск высокоскоростного RC-генератора (16 МГц)
В режим 0 из режима 2 или 3		120		мкс	Стабилизатор выключен. Запуск стабилизатора и высокоскоростного RC-генератора (16 МГц)
В режим приема или передачи из активного режима		525		мкс	Включения радиочасти из режима 0 (до начала передачи). Включение регулятора напряжения и запуск кварцевого генератора 32 МГц.
Периферийные устройства					
АЦП, время преобразования		132		мкс	12 бит
Температурный датчик, точность		±2		°С	В диапазоне -20...80°С
Температурный датчик, температурный коэффициент		2,45		мВ/°С	
Генератор случайных чисел, разрядность		16		бит	Полином $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ (т.е. CRC16).
Прочее					
Точность кварцевого резонатора		±40		ppm	С учетом температурного диапазона и эффекта старения
Интерфейс SPI, максимальная тактовая частота		4		МГц	

тарей для объединенных в ZigBee-сеть нескольких целевых плат. В открытом доступе имеется ис-

ходный код приложения, который загружен в целевые платы, полная схема и топология печатных

плат [2]. Оптимизированные под минимальный размер печатные платы и не самая эффективная

чип-антенна не позволяют продемонстрировать все возможности CC2480 с точки зрения дальности связи. Тем не менее на практике, в условиях современного офиса, удалось установить связь на расстоянии около 35 метров между соседними узлами.

В качестве управляющего процессора на целевых платах используется микроконтроллер MSP430F2274. В статье [3] оценивается продолжительность работы системы на базе CC2480 при питании от батарей. На базе eZ430-RF2480 Demo Kit авторы оценили средний потребляемый ток в зависимости от режима работы узла. Реальные измерения показывают, что время автономной работы узла на базе CC2480 может достигать 5 лет при использовании батарей емкостью 1200 мА/ч (AAA) и отправки сообщений каждые 15 секунд (без использования подтверждений уровня приложения).

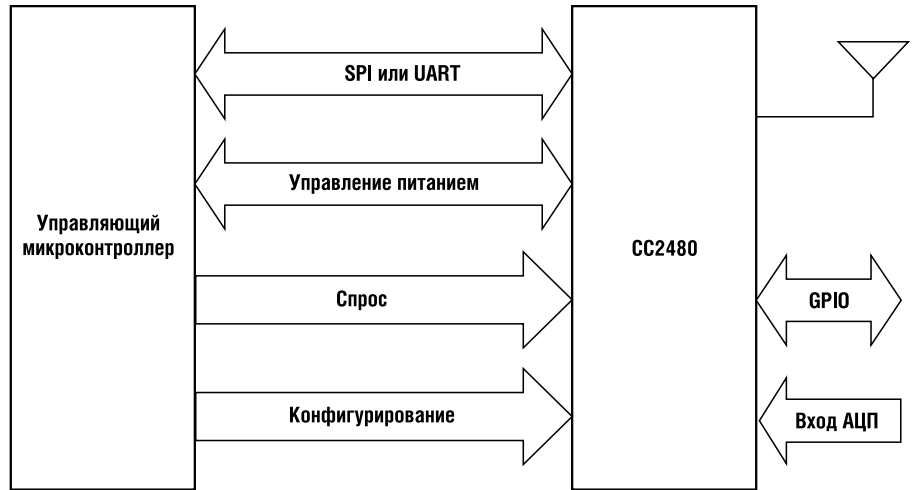


Рис. 3. Линии управления CC2480



Рис. 4. Демонстрационный набор eZ430-RF2480 Demo Kit

Сетевые решения – что нового?

В 2008 году произошло принятие новой спецификации ZigBee-2007 (ZigBee Pro), которая ориентирована на применение ZigBee в промышленных приложениях и позволяет строить действительно надежные ZigBee-сети. Параллельно с появлением нового стандарта, поддержанного всеми ключевыми производителями, на рынке появились альтернативные упрощенные сетевые протоколы, основанные на стандарте 802.15.4 – SimpliciTI (Texas Instruments), JenNet (Jennic), MiWi (Microchip). Причем эти новые сетевые протоколы разработаны производителями, которые уже имеют в своем портфолио полноценные ZigBee-стеки. Здесь нет никакого противоречия, т.к. эти фирменные (proprietary) протоколы нацелены на нишу тех приложений, где полноценная реализация ZigBee-стандарта оказывается неоптимальной по ряду причин – повышенные требования к объему Flash-памяти, ограниченный выбор утвержденных профилей, затраты на сертификацию, большой объем документации для изучения. Все ключевые производители ZigBee-микросхем, похоже, сошлись во мнении, что для

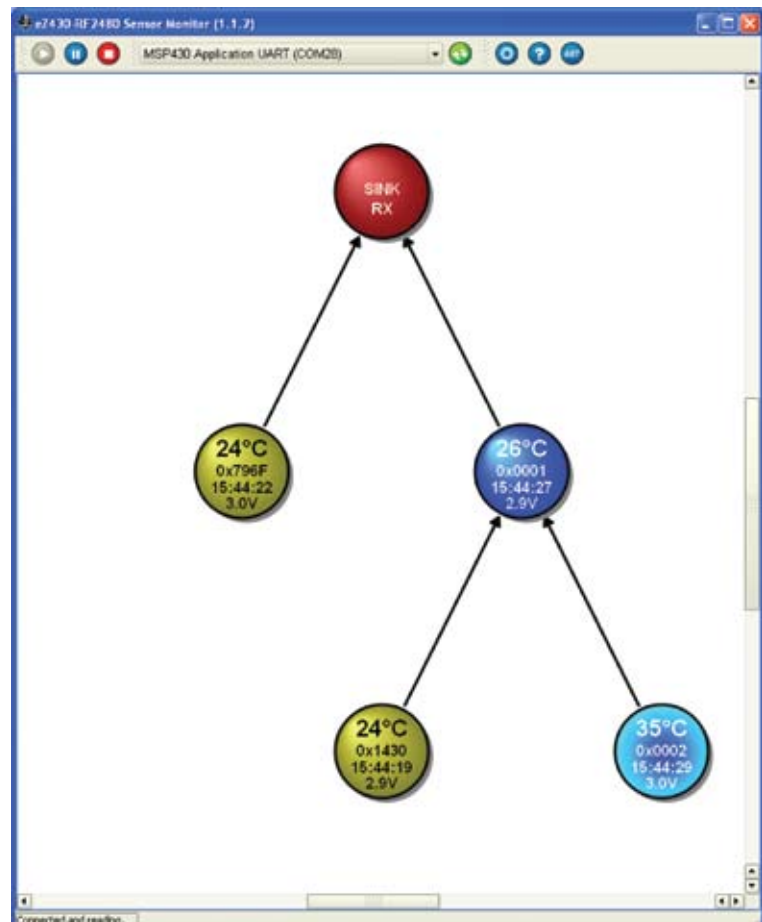


Рис. 5. Окно демонстрационной программы

продвижения стандарта и взрывного роста количества реальных предложений необходимо облегчить инженерам процесс разработки. Texas Instruments, со своей стороны, предлагает кардинально сократить время разработки и уменьшить время вывода продукта на рынок с помощью своей новой микросхемы CC2480, которая позволяет построить полноценную ZigBee-сеть. «Процессор CC2480 для сетей ZigBee существенно упрощает разработку новых беспроводных устройств с низким энергопотреблением и позволяет добавить функцию беспроводной связи в существующие изделия благодаря разделению прикладного кода и сетевого компонента системы», — отметил Арт Джордж (Art George), старший вице-президент подразделения высокопроизводительных аналоговых устройств TI, — «Компания TI продолжает выпускать инновационные продукты и программное обеспечение, благодаря

чему наши заказчики могут создавать передовые беспроводные системы с малым энергопотреблением при меньшем времени разработки и более низких затратах на производство».

Литература

[1] CC2480 Interface Specification <http://www.ti.com/litv/pdf/swra175a>

[2] CC2480 Target Board Reference Design 1.3 <http://www.ti.com/litv/zip/swru156>

[3] Measuring the Power Consumption on eZ430-RF2480 <http://www.ti.com/litv/pdf/swra177>.⁵

Ответственный за направление
в КОМПЭЛе — Мария Рудяк

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: wireless.vesti@compel.ru



Микросхемы управления электропитанием для OMAP35xx

Компания Texas Instruments продолжает расширять набор микросхем электропитания встраиваемых микропроцессорных систем и представляет три новых микросхемы, соответствующие требованиям по питанию платформы **OMAP35xx**.

TPS65920, TPS65930 и TPS65950 являются высокоинтегрированными системами, включающими в себя различные периферийные модули.

TPS65950 поддерживает до 14 каналов питания. В дополнение к интегрированному 3 МГц DC/DC-преобразователю и малощумящему LDO, она имеет вдвоенные аудиокодек и драйвер, систему управления и мониторинга, контроллер заряда батареи, LED-драйвер, три канала 10-разрядных АЦП, драйвер клавиатуры и вибровывода, высокоскоростной USB-трансивер с интегрированным 5 В источником питания и интерфейс I²C. Вся система находится в корпусе BGA размерами 7x7 мм. TPS65920 и TPS65930 имеют часть функций TPS65950, поддерживают до 8 каналов питания и поставляются в корпусах 10x10 мм. Более подробную информацию можно получить на сайте Texas Instruments.

Новые устройства пополняют постоянно растущую номенклатуру одно- и многоканальных регуляторов напряжения для процессоров OMAP35x. В дополнение к семейству TPS659xx, TI уже отгрузил миллионы одноканальных 3 МГц DC/DC-преобразователей семейства TPS6235x и многоканальных преобразователей TPS65023.

TPS659xx, TPS65023 и TPS6235x используют выделенный интерфейс I²C, позволяющий задействовать фирменную технологию управления питанием и производительностью **SmartReflex™**.

Образцы TPS65920, TPS65930 и TPS65950 будут доступны в начале 4 квартала 2008 года, начало серийного производства ожидается к концу 2008 года. Промышленные поставки TPS65023 и TPS6235x уже производятся.

TEXAS INSTRUMENTS

Демонстрационный набор EZ430-RF2480

Состав набора:

- три целевых радиочастотных платы
- два батарейных отсека
- плата USB-эмулятора

В качестве управляющего контроллера используется MSP430F2274

Дополнительно предоставлены:

- полная схема устройства
- разводка печатных плат
- исходный код загруженных приложений
- среда отладки IAR Embedded Workbench Integrated Development Environment (Kickstart version)

www.compel.ru



Всеволод Нестеров (КОМПЭЛ)

ПРОТОКОЛ SIMPLICITY



Данная статья посвящена применению *SimpliciTI* в различных возможных топологиях.

Гибкость и универсальность нового протокола *SimpliciTI* от компании *Texas Instruments* позволяют разработчику использовать его в приложениях охранной и пожарной автоматики, домашней автоматизации и счетчиках.

Протокол *SimpliciTI* был разработан компанией для небольших беспроводных сетей, имеющих не более 100 узлов. С его помощью можно организовывать сети по топологиям «звезда», «звезда» с ретрансляцией и «точка-точка».

Благодаря малому размеру кода требования к аппаратной части довольно низки, из-за чего себестоимость сети получается довольно незначительной. Протокол разрабатывался с учетом того, что устройства большую часть времени должны быть в «спящем» режиме, благодаря этому потребляемый элементами сети ток достаточно мал. Гибкость и универсальность протокола позволяет использовать для построения сети различные микроконтроллеры и приемопередатчики разных частотных диапазонов. Перечисленные достоинства дают возможность применения *SimpliciTI* в таких областях как охранная и пожарная автоматика, счетчики газа, воды, электросчетчики, домашняя автоматизация и многих других. Пример топологии сети на базе протокола *SimpliciTI* показан на рисунке 1.

Для начала работы с протоколом можно приобрести отладочную плату микроконтроллера MSP430 с интерфейсной платой трансиверов CC1100 или CC2500 (рисунок 2).

Можно также использовать отладочный набор eZ430-RF2500 с трансивером CC2500 (рисунок 3).

Рассмотрим пример реализации протокола *SimpliciTI* на базе этого набора. Этот набор поставляется с уже загруженным программ-

ным обеспечением *SimpliciTI* двух типов узлов: точки доступа и конечного устройства. Пример называется *Wireless Sensor Monitor*. Точка доступа имеет стационарное питание и управляет сетью. Конечное устройство имеет батарейное питание и основную часть времени находится в спящем режиме. Раз в секунду оно просыпается, измеряет температуру окружающей среды,

передает данные на точку доступа и снова засыпает. Точка доступа подключена через USB-интерфейс к компьютеру и с помощью программы *Network Visualizer GUI* можно просмотреть информацию о температуре с каждого датчика. Точка доступа также может измерять температуру окружающей среды, кроме того, она постоянно тестирует сеть на факт появления новых устройств.

Блок-схема алгоритма работы точки доступа приведена на рисунке 4.

Исходный код этой программы для точки доступа содержится в файле *demo_AP.c*.

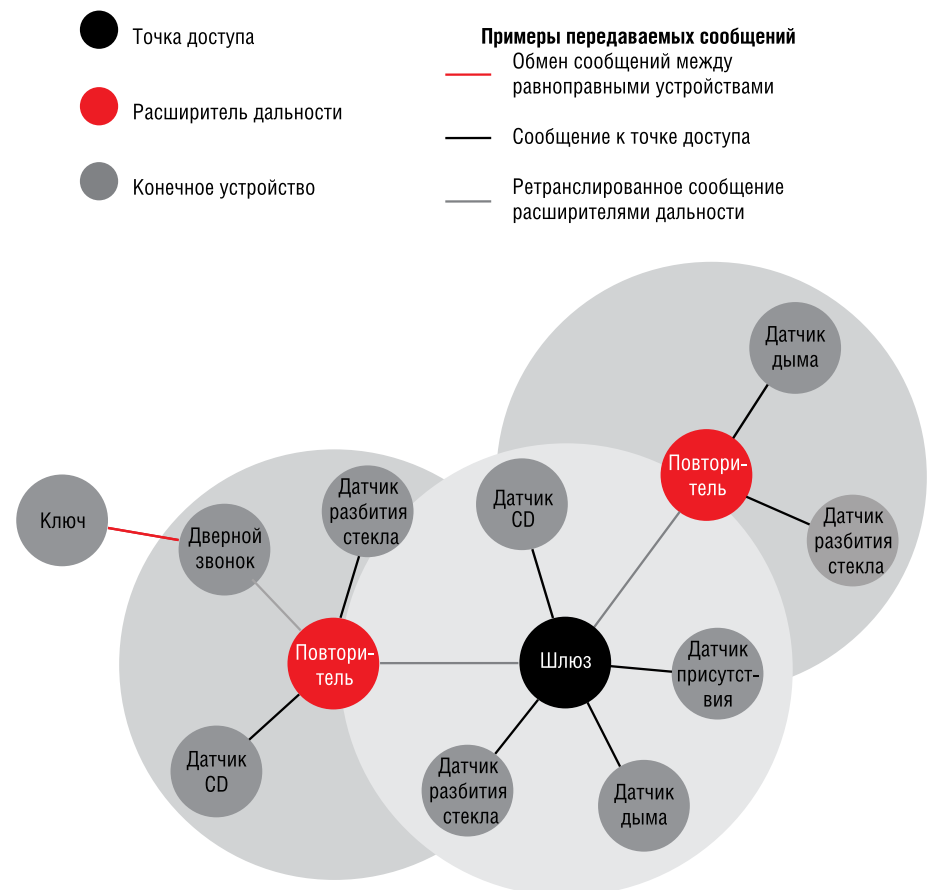


Рис. 1. Пример топологии протокола *SimpliciTI*

Таблица 1. Описание структуры фрейма

Поле	Описание	Комментарии
Preamble	Радиосинхронизация	Заполняется трансивером
Sync	Радиосинхронизация	Заполняется трансивером
Length	Длина пакета в байтах	Заполняется программно при передаче. Частично фильтруется при приеме.
MISK	Различные данные	Различно для разных трансиверов, может не заполняться
DSTADDR	Адрес получателя	Заполняется программно. Фильтруется в зависимости от трансивера.
SRCADDR	Адрес отправителя	Заполняется программно.
PORT	Биты шифрования – 6-7 Номер порта приложения – биты 5-0	Заполняется программно. Номера портов 0x20 – 0x3F зарезервированы за приложением пользователя, 0-1F – за сетевым уровнем
Device info	Отправитель/получатель и возможности платформы	Заполняется программно.
TRACTID	Идентификатор транзакции	Заполняется программно. Порядок зависит от контекста, каждый раз увеличивается.
APP Payload	Данные приложения	$0 \leq n \leq 52$ (50 байт для некоторых трансиверов, которые берут данные о 64 байтовом буфере FIFO для получения информации о сигнале)
FSC	Контрольная сумма	Обычно CRC прибавляется самим трансивером

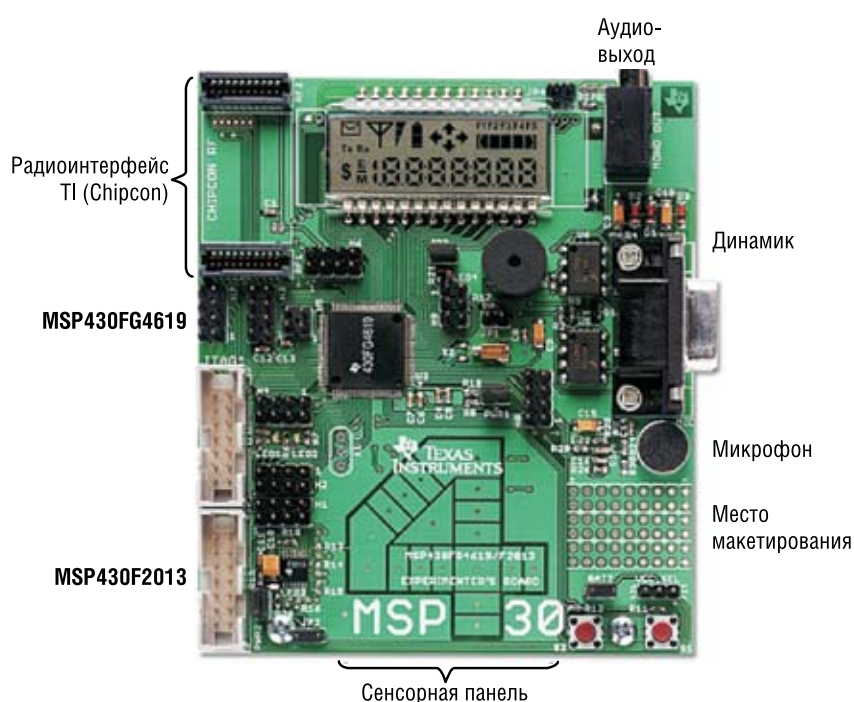


Рис. 2. Отладочная плата MSP430

На этапе инициализации функция `BSP_Init()` инициализирует светодиоды, функция `MCU_init()` инициализирует процессор, далее выдается сообщение на COM-порт, и функция `SMPL_init(sCB)` инициализирует трансивер и протокол `SimpliciTI`. Параметр `sCB` представляет собой указатель на функцию обратного вызова, которая будет выполняться в обработке прерываний при получении точкой доступа пакета. Эта функция определяет источник посылки пакетов в зависимости от идентификатора канала. Если идентификатор канала имеет нулевое значе-

ние, это означает, что происходит запрос на подключение. В случае принятия запроса точка доступа устройству очередной идентификатор из диапазона от `0x01` до `0x1D`. Пример `Wireless Sensor Monitor` версии 1.03 позволяет подключить максимум 8 конечных устройств к точке доступа.

В зависимости от идентификатора канала функция обратного вызова `sCB` определяет и увеличивает значения соответствующих семафоров `sPeerFrameSem` или `sJoinSem` для того, чтобы обработать их в теле основной програм-

мы. В программе также используется семафор `sSelfMeasureSem`, который устанавливается таймером `B`, чтобы каждую секунду измерять напряжение питания и температуру точки доступа. Таким образом, после инициализации логикой программы управляют три семафора. Функция обратного вызова `sCB` возвращает определенное значение. Если это значение больше нуля, значит, функция обработала принятый пакет и освободила память. В коде `demo_AR.c` функция возвращает нулевое значение, потому что оставляет принятый пакет в памяти для его обработки самим приложением. Это сделано для того, чтобы уменьшить время, проведенное в обработке этого прерывания. Когда устройство работает со многими конечными устройствами, важно иметь код небольшого размера в обработке, чтобы минимизировать риск потерь пакетов.

Блок-схема алгоритма работы конечного устройства представлена на рисунке 5.

Инициализация конечного устройства похожа на инициализацию точки доступа, однако есть некоторые отличия: адрес точки доступа генерируется случайным образом и передается в функцию инициализации `SMPL_init()`. Таким образом, если конечное устройство по какой либо причине перезапустится, оно получит тот же самый адрес, по которому его запо-

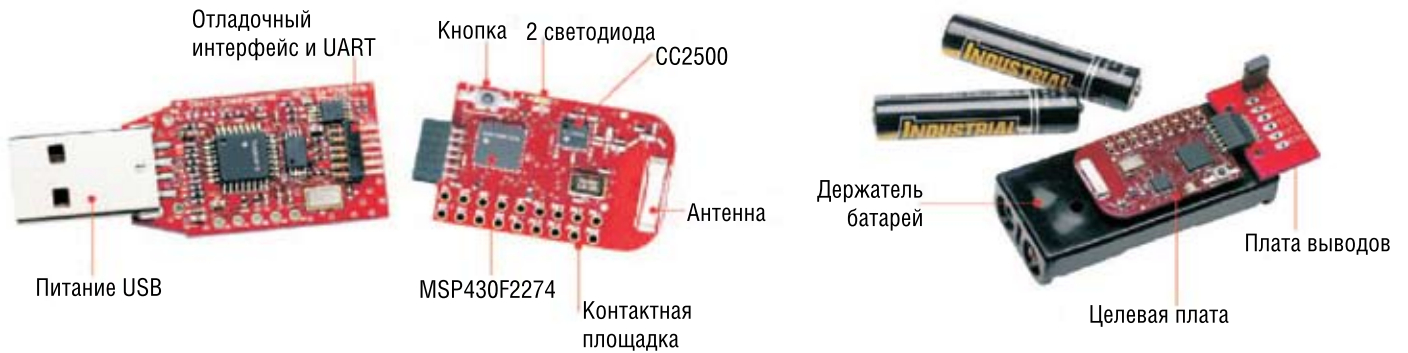


Рис. 3. Отладочный набор eZ430-RF2500

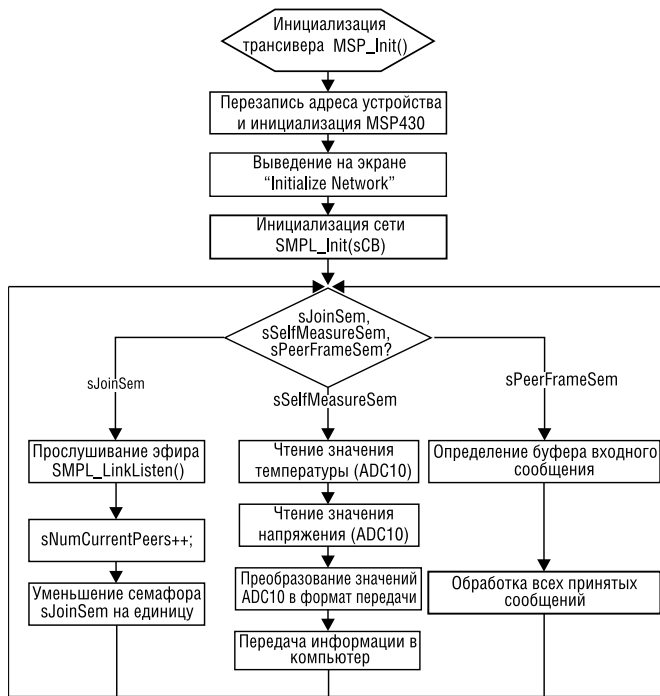


Рис. 4. Блок-схема алгоритма работы дочки доступа

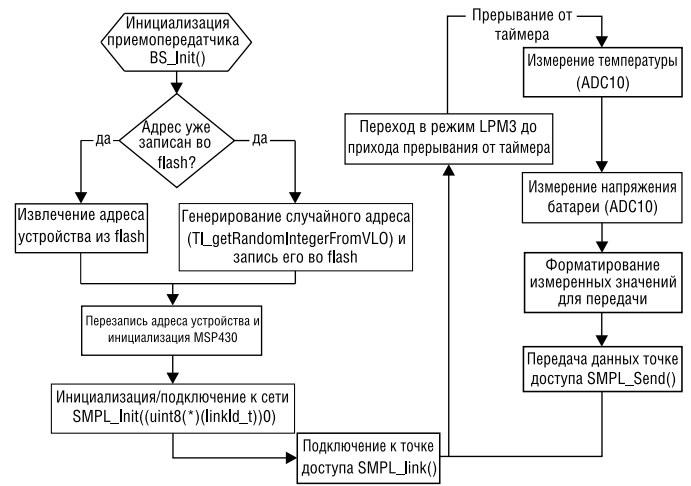


Рис. 5. Блок-схема алгоритма работы конечного устройства

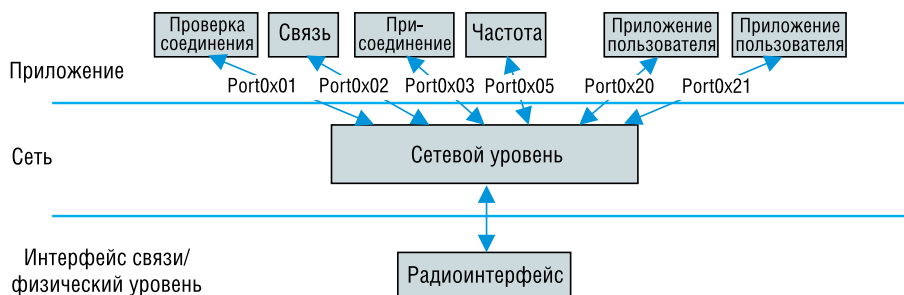


Рис. 6. Программные уровни протокола SimpliciTI

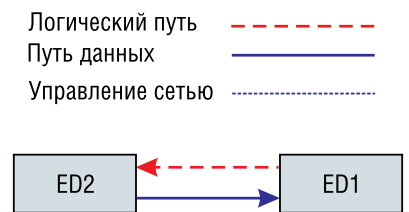


Рис. 7. Соединение точка-точка (ED1,2 - конечное устройство 1,2)

нила точка доступа, и для точки доступа оно не будет новым конечным устройством. После инициализации конечное устройство подключается к точке доступа, переходит в режим пониженного энергопотребления, из которого

оно раз в секунду пробуждается по прерыванию таймера, измеряет напряжение питания и температуру, передает на точку доступа и опять засыпает.

Более подробно с работой сети на примере Wireless Sensor Monitor

можно познакомиться в документе slaa378b.pdf, который можно скачать с сайта Texas Instruments.

Концептуально протокол SimpliciTI состоит из трех программных уровней, которые показаны на рисунке 6.

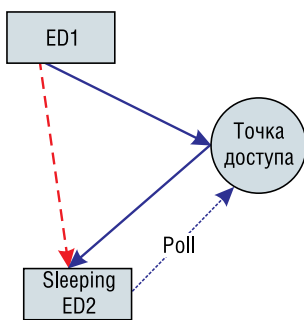


Рис. 8. Соединение точка-точка с сохранением и перенаправлением данных

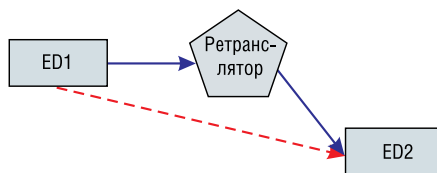


Рис. 9. Соединение точка-точка через ретранслятор

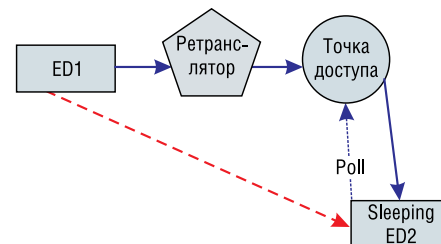
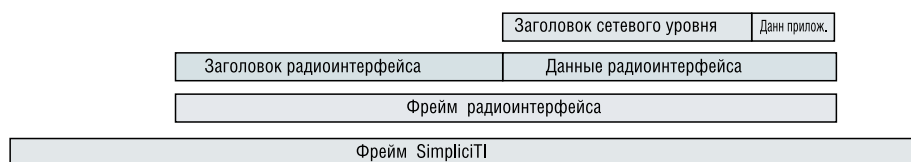


Рис. 10. Соединение точка-точка с сохранением и перенаправлением данных через ретранслятор и точку доступа

Преамбула	Поле синхр.	Длина	Разл. данные	Адрес получателя	Адрес отправителя	Порт	Информация об устройстве	Идентификат. транзакции	Данные приложения	Контрольная сумма
RD*	RD*	1	RD*	4	4	1	1	1	n	RD*



*RD – зависит от радиоинтерфейса, заполняется им, либо самим трансивером

Рис. 11. Структура фрейма протокола SimpliciTI

В этой архитектуре пользователю достаточно только работы с уровнем приложения пользовате-

ля для построения законченного устройства. Поддержка связи обеспечивается простой установкой

API-символов, используемых для инициализации сети, чтения и записи сообщений. Эта архитектура отличается от 7-уровневой сетевой архитектуры OSI. В SimpliciTI нет уровня PHY или MAC/LLC: данные принимаются непосредственно от радиоинтерфейса уже сформированными, таким образом, радиоинтерфейс выполняет функции этих уровней. Также в SimpliciTI нет уровня представления, где его функции берет на себя сетевой уровень, и нет транспортного уровня, в случае его необходимости его можно реализовать в уровне приложений.

Возможные топологии сети SimpliciTI показаны на рисунках 7, 8, 9, 10.

Структура фрейма протокола SimpliciTI представлена на рисунке 11.

Описания структуры фрейма приведено в таблице 1.

Более детальную информацию по протоколу SimpliciTI можно получить, скачав с сайта www.ti.com пакет, который содержит компоненты протокола, документацию и примеры.

Сетевой протокол SimpliciTI™

для небольших беспроводных сетей с низким энергопотреблением и малым объемом передачи данных

- Предназначен для диапазонов от 433 до 2400 МГц
- Топологии: «точка – точка», «звезда»
- Увеличение дальности с помощью повторителя
- Использование минимальных ресурсов микроконтроллера
- Всего пять команд управления
- Для устройств с батарейным питанием
- Простота внедрения
- Низкая стоимость

www.compel.ru

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Мария Рудяк

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: wireless.vesti@compel.ru