

Информационно-технический
журнал.

Учредитель – ЗАО «КОМПЭЛ»



Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-19835

Редактор:

Геннадий Каневский
vesti@compel.ru

Помощник редактора:

Анна Кузьмина

Редакционная коллегия:

Юрий Гончаров
Алексей Гуторов
Игорь Зайцев
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
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 апреля 2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *TEXAS INSTRUMENTS*

Мы нацелены на новые возможности <i>Бертрам Йокушес</i>	3
Texas Instruments: неоспоримые преимущества <i>Мария Рудяк</i>	5
Texas Instruments: отцы-основатели <i>Георгий Келл</i>	9
Понижающие DC/DC с интегрированным ключом для промышленной автоматики <i>Константин Староверов</i>	11
АЦП и ЦАП Texas Instruments для приложений с низким потреблением <i>Евгений Звонарев</i>	17
Модернизация систем на базе MSP430 – на что обратить внимание <i>Илья Чепурин</i>	20
Управляйте питанием MSP430 – снижайте энергопотребление! <i>Сергей Пичугин, Алексей Пантелейчук</i>	24
Использование режимов пониженного энергопотребления РЧ-трансиверов <i>Всеволод Нестеров</i>	27
ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	32



ОТ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

Мне кажется неслучайным, что юбилейный, пятидесятый номер нашего журнала — это номер, посвященный

бренду **Texas Instruments**. TI — одна из немногих компаний в электронной отрасли, на продукции которой инженер-разработчик может целиком построить всю интегральную часть своей разработки. Операционные и инструментальные усилители, АЦП и ЦАП, компараторы, источники опорного напряжения, DC/DC-преобразователи, высокочастотные компоненты, компоненты беспроводной связи и управляющие процессами микроконтроллеры — все это есть в ассортименте TI. Согласно рейтингам ведущих аналитических агентств, Texas Instruments — четвертая в мире по показателям полупроводниковая компания, после Intel, Samsung и Toshiba.

На сегодняшний день TI — самая открытая, дружелюбная для разработчика и динамичная зарубежная компания-производитель на российском рынке электронных компонентов. В конце прошлого года был открыт сайт компании на русском языке www.ti.com/ru. На сайте доступны, например, такие сервисы, как онлайн-техническая поддержка на русском языке. Специалисты компании КОМПЭЛ приняли активное участие в подготовке русской версии сайта. Помимо этого, регулярно переводятся на русский язык и издаются популярные Selection Guides — руководства Texas Instruments по выбору компонентов для различных инженерных решений. Специалисты TI активно проводят технические семинары для инженеров-разработчиков (информация о ближайшем из таких семи-

наров размещена на последней странице обложки этого номера).

В последние месяцы Texas Instruments проявляет серьезную активность не только в России, но и на постсоветском пространстве. Так, например, специалисты компании стали регулярно посещать Украину, изучать местный рынок, готовить отдельные рекламные материалы для него. Не исключено, что в ближайшем будущем активность компании на украинском рынке так же значительно повысится, как это произошло в 2007 году в России.

На фоне умеренного роста рынка полупроводников в целом (по разным оценкам, от трех до семи процентов), аналитики прогнозируют рост производства компонентов TI на уровне 15% и выше. Компания постоянно представляет на рынке новые изделия (подробнее о них говорится в интервью Марии Рудяк на стр. 5). К тому же, компоненты TI покупать выгодно — это связано с кризисными явлениями в американской экономике и снижением курса доллара.

Примером того, как компания Texas Instruments идет навстречу своим партнерам, в том числе — российским, продвигая на рынке их продукцию, является сотрудничество с российскими компаниями Spirit и Элекард. В частности, Spirit, один из ведущих мировых разработчиков ПО для обработки голоса в телекоммуникационном оборудовании, является автором «бортового» ПО DSP TMS320C54CST. Компания TI поместила логотип Spirit на корпус этой микросхемы.

Думаю, перечисленного достаточно, чтобы сказать: этот номер нашего журнала — далеко не последний из посвященных Texas Instruments.

С уважением,
Геннадий Каневский





Бертрам Йокушес (Texas Instruments)

МЫ НАЦЕЛЕНЫ НА НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



Такие гиганты полупроводниковой индустрии, как Texas Instruments, традиционно осторожны в своих прогнозах и неохотно, в лице своих менеджеров, идут на контакт. Но компания TI в прошлом году была наиболее активна на российском рынке полупроводников, открыв представительство в России и запустив веб-сайт на русском языке. Сохранится ли эта активная позиция и в дальнейшем? — об этом в интервью бренд-менеджеру компании КОМП-ЭЛ Марии Рудяк рассказывает руководитель представительства Texas Instruments в России Бертрам Йокушес.

Мария Рудяк: Какими были для компании Texas Instruments (TI) результаты 2007 года на мировом и европейском рынках?

Бертрам Йокушес: 2007 год был годом прогресса для Texas Instruments. В частности, мы достигли:

- Более сильной стратегической позиции в сфере аналоговых компонентов;
- Большей прибыльности благодаря расширению производственной программы;
- Лучшей эффективности капитала благодаря внедрению производственной стратегии, сфокусированной на долгосрочных капиталовложениях.

Финансовые результаты за четвертый квартал и за весь 2007 финансовый год отражают устойчивые позиции компании в области аналоговой продукции и микросхем для обработки цифрового сигнала. Это был хороший год для компании, нам удалось увеличить стоимость акций и укрепить отношения с заказчиками. Мы вошли в первый квартал 2008 года с ожиданием роста.

В Европе рост прибыли Texas Instruments составил, по сравнению с 2006 годом, 24%. Но поскольку значительную часть потребителей нашей продукции

составляют транснациональные корпорации, зачастую нелегко выделить данные по тому или иному региону. Подробные финансовые показатели за четвертый квартал 2007 финансового года и за год в целом можно найти в последнем финансовом отчете компании от 22 января 2008 года. Этот отчет вывешен на сайте компании.

М.Р.: Что предпринимает Texas Instruments для закрепления своего успеха в России?

Б.Й.: В задачи TI на быстрорастущих рынках входит поддержка инновационных полупроводниковых решений и содействие местным потребителям. Расширенная структура технического сервиса и поддержки в России включает представительства TI в Москве и Санкт-Петербурге, которые работают с российскими заказчиками и дистрибьюторами. У нас есть веб-сайт с информацией на русском языке и телефонная служба технической поддержки, также на русском.

Мы поддерживаем университеты, обеспечивая им доступ к новейшим технологиям и к базам инженерных решений для студентов и аспирантов, использующих цифровые сигнальные процессоры.

Помимо этого, для заказчиков мы проводим конференции, се-



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

минары и совещания по обмену опытом, призванные обеспечивать инженеров-разработчиков и менеджеров целевой технической поддержкой и информацией по многим областям применения, давая им возможность найти оптимальные решения для своих разработок.

М.Р.: Как Вы оцениваете рост доли рынка ТИ в России в 2007 году? Каковы Ваши прогнозы на 2008 год?

Б.Й.: Texas Instruments не предоставляет глобальных или локальных прогнозов. Могу только сказать, что мы видим большой спрос в России, в первую очередь — в промышленной сфере. Более подробную информацию по работе ТИ в России можно найти на www.ti.com/ru.

М.Р.: Каковы специфические черты российского рынка электроники по сравнению с восточно-европейским и европейским рынком в целом?

Б.Й.: Мы не делаем общих оценок на специфичных рынках, так как существует множество маркетинговых компаний, которые специализируются на составлении независимых оценок. Все, что мы можем сказать, — это что компания Texas Instruments впечатлена

большим потенциалом российско-го рынка.

М.Р.: Можете ли Вы назвать наиболее успешную для ТИ в 2007 году линейку продукции?

Б.Й.: Главным двигателем нашего роста в течение ближайших лет останется аналоговая продукция. Объем ее рынка в \$37 миллиардов — один из самых больших в полупроводниковой индустрии. Широкая линейка продукции и продвинутые технологии дают нам уникальную возможность снабдить аналоговыми микросхемами все возможные разработки в мире. Таким образом, мы создаем «аналоговую базу» для всех наших покупателей.

Цифровая продукция также важна. Хотя рынок ее применений более узок, цифровые решения помогают нам устанавливать более глубокие отношения с нашими покупателями и быть в курсе их новейших разработок.

Независимо от линейки продукции, то, о чем стоит помнить — это основное стремление ТИ: решать проблемы заказчиков при создании новых электронных систем, которые сделают мир совершеннее, успешнее, безопаснее и привлекательнее. Мы нацелены


не только на крупных покупателей и известные рынки, но также на многие новые возможности, которые сформируют наше будущее и будущее мира.

М.Р.: Какая продукция ТИ пользуется в России наибольшим спросом и наиболее перспективна с точки зрения применения?

Б.Й.: Мы считаем, что ТИ может предложить достойную продукцию для множества существующих и новых применений: для систем управления производством, счетчиков расхода энергии (электричество, газ, вода) и приборов цифрового управления движением, систем безопасности и видеоконтроля и т.п. Российские инженеры могут получить детальную информацию по цифровым сигнальным процессорам ТИ, высокопроизводительной аналоговой продукции, логике и микроконтроллерам, наряду с информацией о тренингах и семинарах на русском языке на нашем веб-сайте www.ti.com/ru.

ТИ продолжает представлять на рынке передовую полупроводниковую продукцию, например, совсем недавно мы объявили о выпуске пяти новых низкопотребляющих цифровых сигнальных процессоров серии MSP430F2xx, которые дают разработчикам возможность создавать измерительную аппаратуру, системы управления, портативные устройства и целый ряд иных встроенных систем.

М.Р.: Что бы Вы пожелали российским разработчикам электроники — читателям нашего журнала?

Б.Й.: Задача нашего представительства в России — помочь российским потребителям разрабатывать фантастические, успешные устройства. У ТИ очень широкая производственная линейка аналоговой и цифровой продукции, и сейчас компания улучшила поддержку, доступную нашим российским заказчикам на русском языке. Мы думаем, что это сочетание продукции и технической поддержки поможет нашим заказчикам найти наилучшие решения для своих разработок. 



Солнечные часы с основными технологическими достижениями компании у входа в штаб-квартиру Texas Instruments



Мария Рудяк (КОМПЭЛ)

TEXAS INSTRUMENTS: НЕОСПОРИМЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА



*Продукция Texas Instruments традиционно является одним из важнейших по приоритетности направлений работы компании КОМПЭЛ. Не все нюансы и проблемы видны с точки зрения менеджера европейского офиса – важен взгляд человека из компании-дистрибьютора, непосредственно работающего с конечными потребителями. Таким человеком в КОМПЭЛе является **руководитель бизнес-группы по продукции Texas Instruments Мария Рудяк**. Ниже приведено интервью, взятое у нее редактором «Новостей электроники» **Геннадием Каневским**.*

Геннадий Каневский: Представим инженера-разработчика, который решил применить в своей разработке изделия Texas Instruments (TI). Что, по Вашему мнению, ему следует знать, чтобы избежать узких мест и разного рода подводных камней в процессе заказа образцов и комплектации разработки? Иными словами, в чем специфика TI как партнера инженера-разработчика?

Мария Рудяк: Есть несколько преимуществ взаимодействия с TI как партнером инженера-разработчика. TI производит широкую номенклатуру, отраженную на web-сайте компании. Любой разработчик может отыскать там практически любой компонент, необходимый для разработки изделия. Там же можно найти дополнительную информацию о средствах разработки и софте, альтернативных компонентах, примерах реализации и т.д.

TI отличается быстрыми сроками поставок образцов. В среднем, с момента заказа до приезда образца к вам на стол проходит 4-5 дней. Практически любой компонент есть на складе образцов TI. Заказать их можно самостоятельно или через официального дистрибьютора. Компэл также поддерживает склад образцов по

наиболее перспективным компонентам для российского рынка. Наши инженеры готовы оказать поддержку в разработке, рассказать о последних новинках TI и ответить на вопросы.

Г.К.: Задам Вам, Мария, тот вопрос, на который не стал прямо отвечать Бертам Йокушес: какие группы продукции TI, по ощущениям, наиболее востребованы у российских разработчиков, а какие пока не столь востребованы, но обладают большим потенциалом?

М.Р.: TI поставляет широкую номенклатуру полупроводников, начиная со всем известных MSP430 и заканчивая продукцией для беспроводных решений Chipcon. MSP430 остаются по сей день самыми популярными микроконтроллерами для портативных устройств с питанием от батареи на российском рынке. В последнее время возник также повышенный интерес к семейству DSP C2000 (например, TMS320F28), применяемому в приложениях управления приводом и преобразователях мощности, а также к DaVinci – семейству мультимедийных процессоров для видеосистем. Из аналоговых продуктов популярны линейные регуляторы, прецизионные операционные усилители

и интерфейсы стандарта RS-485. В части перспективных направлений TI анонсировал новую линейку цифровых изоляторов ISO72x. Они повышают быстродействие системы и снижают стоимость в применениях с высокими напряжениями и высоким уровнем шумов, таких, как автоматизация производства, управление технологическими процессами и системы сбора данных.

Г.К.: Какие компании являются ближайшими конкурентами TI на российском рынке? В чем TI выигрывает у своих конкурентов, а в чем – проигрывает им?

М.Р.: В аналоговой продукции основными конкурентами являются компании Analog Devices и Maxim Integrated Products. Обе эти компании хорошо известны в России, так как пришли сюда гораздо раньше. По микроконтроллерам и DSP основную конкуренцию составляют Atmel и Microchip. Одно из преимуществ TI – низкое энергопотребление.

В беспроводных решениях TI конкурирует с разными производителями, в зависимости от конкретного приложения. Например, компоненты ZigBee производит как TI, так и Freescale или Amber Technology. ZigBee-решения TI обладают высокими техническими характеристиками и поэтому пользуются заслуженной популярностью в мире. Доказательством этому является тот факт, что независимые производители ZigBee-модулей, например Panasonic и Radiacrafts, выпускают собственные радиомодули, построенные на микросхемах TI. Также могу отметить, что TI, являясь поставщиком малопот-

Продукция

Функциональная группа	Операционные усилители	Инструментальные усилители	Усилители аудио- и видеосигналов	АЦП	ЦАП	Кодеки	Цифровые сигнальные процессоры	Микроконтроллеры	Интерфейсы	Логика
Автомобильная электроника		•		•	•		•	•	•	
Цифровая телефония			•	•	•	•	•		•	
Устройства проводной передачи данных								•	•	
Сотовая связь				•	•	•	•		•	
Компьютеры/периферия	•		•	•	•		•		•	•
Потребительская электроника	•		•	•	•	•	•	•		
Промышленные системы контроля	•	•		•			•	•	•	•
Счетчики расхода газа, жидкостей, электроэнергии		•		•				•	•	
Интеллектуальное управление электроприводом		•		•			•	•		•
Источники питания								•		
Измерительное и диагностическое оборудование	•	•		•			•	•	•	•
Обработка аудиосигнала			•	•	•	•	•			
Обработка видеосигнала			•	•	•	•	•			
Портативные мультимедийные аудио-, видеоустройства			•	•	•	•	•		•	
Медицинское оборудование	•	•		•	•		•	•	•	•
Системы безопасности (сигнализация, идентификация, наблюдение)			•	•	•	•	•	•	•	
Системы контроля доступа							•	•		
Беспроводные системы передачи данных									•	
Системы спутниковой навигации	•			•			•			

Texas Instruments

Радиочастотные компоненты	Компоненты Zig-Bee™	Преобразователи мощности	Управление батарейным питанием	Регуляторы напряжения	Модульные источники питания	Шим-контроллеры	Цифровые системы управления питанием	Радиочастотные идентификаторы TI-RFID™	Функциональная группа
									Применение
•		•	•	•					Автомобильная электроника
•	•	•				•			Цифровая телефония
	•	•		•	•	•	•		Устройства проводной передачи данных
•		•	•	•					Сотовая связь
•	•	•	•	•	•				Компьютеры/периферия
•	•	•	•	•					Потребительская электроника
	•	•	•	•	•	•	•		Промышленные системы контроля
			•						Счетчики расхода газа, жидкостей, электроэнергии
		•		•		•			Интеллектуальное управление электроприводом
		•	•	•		•	•		Источники питания
		•	•	•	•				Измерительное и диагностическое оборудование
									Обработка аудиосигнала
									Обработка видеосигнала
•			•						Портативные мультимедийные аудио-, видеоустройства
•	•	•	•	•	•	•	•		Медицинское оборудование
•	•	•	•		•			•	Системы безопасности (сигнализация, идентификация, наблюдение)
•	•							•	Системы контроля доступа
•		•	•				•		Беспроводные системы передачи данных
									Системы спутниковой навигации

ребяющих микроконтроллеров, обладает отличным потенциалом для значительного увеличения времени работы ZigBee-устройств с батарейным питанием. Я надеюсь, что в скором будущем мы увидим новые ZigBee-системы на кристалле, построенные на основе ядра MSP430.

Г.К.: Компания Texas Instruments известна своей активной маркетинговой политикой. В частности, компания через своих дистрибьюторов постоянно организует технические конференции и семинары, а также развивает специальную программу содействия университетской науке по всему миру. Какие мероприятия компания намерена провести в России в 2008 году?

М.Р.: Действительно, КОМПЭЛ регулярно проводит различ-

ные семинары и тренинги совместно с TI и самостоятельно. В прошлом году мы провели ряд семинаров по MSP430 и продукции Chipcon. Осенью была проведена серия семинаров и практикумов по разработке цифрового источника питания в Новосибирске, Томске и Москве. Один день был посвящен теории, второй – практике, где можно было в лабораторных условиях «лично» ознакомиться с работой интегральных схем для цифровых источников питания.

В феврале 2008 прошел семинар, посвященный решениям для IP-камер. Из ближайших планов – 29 мая в Москве будет проходить семинар на тему «Разработка систем питания для портативной аппаратуры». Наряду с проведением семинаров, мы регулярно публикуем статьи по продукции TI в журналах «Электронные компо-

ненты», «Новости электроники» и «Компоненты и Технологии», и стараемся выбрать наиболее востребованные для читателей темы.

Г.К.: Представьте читателям команду КОМПЭЛа, работающую с продукцией Texas Instruments. Каковы зоны ответственности членов этой команды?


М.Р.: С удовольствием вам их представлю:

Сергей Пичугин – инженер по применению аналоговой продукции;

Алексей Пантелейчук – инженер по применению микроконтроллеров и DSP;

Всеволод Нестеров – инженер по применению беспроводных решений;

Андрей Соколов – бренд-менеджер по продукции TI;

Мария Рудяк – руководитель группы. 

БИЗНЕС-ГРУППА КОМПЭЛА ПО ПРОДУКЦИИ TI



Мария Рудяк –
развитие бизнеса



Андрей Соколов –
координация и общие вопросы



Сергей Пичугин –
инженер по применению
аналоговой продукции



Алексей Пантелейчук –
инженер по применению
микроконтроллеров и DSP



Всеволод Нестеров –
инженер по применению
беспроводных решений

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО TI В РОССИИ



Бертрам Йокушес –
руководитель представительства



Василий Басов –
координация бизнеса (Москва)



Антон Висторовский –
координация бизнеса
(Санкт-Петербург)



Илья Голубев –
инженер по применению
аналоговой продукции



Илья Чепурин –
инженер по применению
микроконтроллеров и DSP

TEXAS INSTRUMENTS: ОТЦЫ-ОСНОВАТЕЛИ



Известный специалист по рынку электронных компонентов **Георгий Келл** на своей авторской странице рассказывает об истории крупнейших мировых производителей электронных компонентов.

Всемирная известность, 78 лет инноваций и третье место в рейтинге полупроводниковых компаний – вот побочный результат использования сейсмологии для разведки нефтяных месторождений на юге США в годы Великой депрессии. Именно тогда четверка инженеров, будущих основателей **Texas Instruments**, сошлась в компании **Geophysical Service (GSI)**, чтобы заняться новым, по тем временам, методом отраженных сейсмических волн для обнаружения нефтенесущих пластов. Но началось все немного раньше...

Нефтедобывающая компания **Amerada** пригласила в 1921 году создателя метода Джона Карчера (*John Clarence Karcher*) возглавить фирму по сейсмо-

разведке **Geophysical Research Corporation**. Одним из первых сотрудников новой компании стал профессор Университета Айовы Генри Пикок (*Henry Bates Peacock*), позднее присоединился Юджин МакДермотт (*Eugene B. McDermott*), недавний выпускник Колумбийского университета. Работы продвигались настолько успешно, что в мае 1930 года при поддержке известного нефтяного инвестора Эверетта ДеГолиера (*Everette Lee DeGolyer*) была создана одна из первых независимых компаний по сейсморазведке – **Geophysical Service Inc.** В компанию были приглашены Эрик Джонссон (*John Erik Jonsson*) в качестве руководителя лаборатории в Ньюарке и Сесил Грин (*Cecil H. Green*), возглавивший одну из полевых групп. Таким

образом сформировалось кадровое ядро для будущего лидера полупроводниковой электроники **Texas Instruments**.

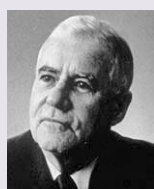
В результате ряда бизнес-трансформаций Сесил Грин, Джон Джонссон, Юджин МакДермотт и Генри Пикок получили возможность выкупить **GSI** за \$275 тыс., чем и воспользовались в конце 1941 года. Сделка состоялась 6 декабря, за день до японского нападения на Перл-Харбор, и война открыла новые горизонты для развития сейсмобиизнеса – был заключен контракт с ВМС на разработку аппаратуры обнаружения подводных лодок. В 1945 году в компанию был принят Патрик Хаггерти (*Patrick Eugene Haggerty*), работавший до этого в Бюро закупок ВМС и хорошо знавший правила составления бумаг, гарантировано вы-



Сесил Грин родился 6 августа 1900 года в Манчестере (Англия). В 1902 году семья переехала в Канаду. Сесил окончил школу в Ванкувере. Затем были Университет Британской Колумбии и МИТ. Затем работа в *General Electric* и *Raytheon*. В 1930 он стал руководителем одной из полевых сейсмологических экспедиций в *GSI*. В этой должности он много ездил по США, посетил Южную Америку, Ближний Восток, Индонезию и Австралию. В 1936 году, при поддержке руководства компании, Сесил и его жена Ида получают статус натурализованных граждан США. После того, как в 1941 году Сесил Грин стал одним из владельцев компании, основное внимание уделялось развитию бизнеса сейсмо-разведки. В 1951 году он стал президентом *GSI*. В 1955 году Сесил Грин был избран председателем совета директоров, но четыре года спустя ушел в отставку, сохранив пост почетного председателя. С 1951 по 1975 год он также занимал пост одного из директоров *TI*, получив затем статус почетного директора. Начиная с 50-х годов, Сесил Грин уделял много внимания образовательным программам *TI*, воплотившимся в *Student Cooperation Plan*. В 1961 году Грин с компаньонами учредил Северо-Западный Центр Перспективных Разработок, который позднее превратился в Университет штата Техас в Далласе. Вместе со своей женой Идой Сесил Грин занимался благотворительной деятельностью. Сесил Грин скончался в 2003 году в возрасте 102 года.



Эрик Джонссон родился 6 сентября 1901 года в Бруклине в семье эмигрантов из Швеции. Окончив школу и Политехнический Институт в Трой (шт. Нью-Йорк), Эрик поработал несколько лет в компании Alcoa, а в августе 1930 года возглавил лабораторию GSI в Ньюарке. В 1934 году он стал секретарем компании и переезжает в Даллас. Именно Эрик Джонссон стал инициатором вхождения компании в бизнес военного приборостроения. С 1951 по 1958 Джонссон занимал пост президента TI, с 1958 по 1966 год являлся председателем совета директоров. Затем он перешел на почетные должности в компании, а основной для него стала общественная деятельность. Именно Эрик, будучи президентом Совета горожан Далласа, объявил жителям города, собравшимся на встречу с президентом Дж.Кеннеди 22 ноября 1963 года, о произошедшем покушении. С 1964 по 1971 год Эрик Джонссон три срока подряд избирался мэром Далласа, с его именем связаны многие проекты, изменившие жизнь города. Он был инициатором строительства аэропорта Далласа, здания City Hall, разработал план «Цели для Далласа», много сделал для развития медицинской инфраструктуры. За эту деятельность и за заслуги в бизнесе Эрик Джонссон имел массу наград и почетных званий. Скончался Эрик Джонссон в 1995 году.



Юджин МакДермотт появился на свет 12 февраля 1899 года в Бруклине (Нью-Йорк), там же окончил школу, а затем учился в Институте Технологии Стевенса и Колумбийском Университете. Он был основателем GSI и занимал посты президента и председателя Совета директоров вплоть до 1941 года. В Texas Instruments он был председателем Совета директоров (1951-1957), председателем исполнительного комитета (1958-1964) и директором (1965-1973). Умер Юджин МакДермотт в 1973 году.



Генри Пикок родился в штате Айова 3 марта 1894 года, там же окончил школу, а затем Университет штата, получив степень Ph.D.. Он начал академическую карьеру в Университете Аризоны, но очень скоро был приглашен в GSI и посвятил свою жизнь развитию метода отраженных сейсмических волн. Начав с должности руководителя полевой сейсмологической экспедиции, в 1942 году он стал вице-президентом, а в 1949 году – президентом GSI. После образования TI Генри Пикок занимал пост директора. Генри Пикок ушел из жизни в 1985 году.



Патрик Хаггерти был самым молодым из основателей компании Texas Instruments, он родился в штате Северная Дакота 17 марта 1914 года. После окончания в 1936 году католического Университета Маркуэтт в штате Висконсин Патрик Хаггерти занялся бизнесом, а в годы Второй Мировой войны работал в бюро авиации ВМС, занимаясь закупкой приборов и оборудования. Именно там с ним познакомился Эрик Джонссон и пригласил в GSI для сопровождения правительственных заказов. В 1951 году Хаггерти стал вице-президентом TI, а в 1958-1966 годах занимал пост президента компании. С 1966 по 1976 год он являлся председателем Совета директоров, а с 1976 года вплоть до кончины в 1980 году – генеральным директором TI.

игрывающих правительственные контракты. Постепенно разработка радиоэлектронной аппаратуры

(РЭА), в первую очередь военного назначения, стала столь же значимой для компании, как и тради-

ционная сейсморазведка. Оборот GSI в 1950 году составил \$7,6 млн, и число сотрудников достигло 1128 человек.

В 1951 году компания получает новое имя – Texas Instruments, но и бренд GSI сохраняется в качестве названия дочерней компании, полностью занятой геофизикой. Пикок и Грин теперь отвечают за сейсмическую часть бизнеса, а МакДермотт и Джонссон – за радиоэлектронную. В мае 1952 года TI становится одним из покупателей лицензии на производство германиевых транзисторов у Western Electric и уже в декабре выпускает первые образцы, открыв тем самым «полупроводниковую» страницу истории компании. В сентябре 1958 Джек Килби демонстрирует первую интегральную схему и... дальнейшая история, полагаю, хорошо известна читателям, поскольку все они используют в своей практике микросхемы с префиксами TL, SN, TMS или MSP. Можно только добавить, что в 1988 году контрольный пакет GSI был продан компании Halliburton.

Хотелось бы еще отметить тот любопытный факт, что основатели TI были инженерами-геофизиками, но это не помешало им создать компанию-лидера полупроводниковой отрасли. Возможно, одной из причин тому были человеческие качества, присущие этим людям, и философия бизнеса. Поэтому нелишне будет познакомиться с их биографиями.

Итак, компанию, производящую в наши дни полупроводников на \$13,8 млрд. и имеющую более 30 тыс. сотрудников по всему миру, основали и управляли ею долгие годы обычные инженеры, очень увлеченные своей работой, но не забывающие о развитии мира вокруг себя. Хороший пример для подражания!

На сайте Texas Instruments имеется удобный интерактивный справочник по истории компании → www.ti.com/corp/docs/company/history/interactivetimeline.shtml.



Константин Староверов

ПОНИЖАЮЩИЕ DC/DC С ИНТЕГРИРОВАННЫМ КЛЮЧОМ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ

В статье пойдет речь о понижающих DC/DC-преобразователях со встроенным коммутатором, как наиболее широко используемых в устройствах промышленной автоматики для стабилизации напряжения питания. Широкий ассортимент таких интегральных схем выпускает компания **Texas Instruments (TI)**.

Подчеркнуты преимущества изделий TI над конкурирующими изделиями.

Преобразователь DC/DC — со встроенным ключом представляет собой интегральную схему (ИС), в которую входит ШИМ-контроллер, контур стабилизации напряжения, драйвер транзисторного ключа и собственно транзисторный ключ (обычно полевой МОП-транзистор). Кроме того, у такой ИС могут поддерживаться такие возможности, как дистанционное включение/отключение, стабилизация выхода выходного напряжения из режима стабилизации (выход «POWER GOOD») и др.

Понижающие DC/DC-преобразователи, которые могут использоваться для локализованной к нагрузке стабилизации напряжения (Point of Load) компания TI выделила в отдельное семейство

SWIFT™. Проектирование на основе таких стабилизаторов существенно облегчается за счет использования бесплатного ПО SWIFT Designer.

Далее DC/DC-преобразователи будут рассмотрены в контексте их возможных применений в устройствах промышленной автоматики.

Понижающие DC/DC-преобразователи с широким диапазоном входного напряжения

Стабилизация изменяющегося в широких пределах напряжения является одной из самых распространенных задач, с которой сталкиваются разработчики устройств промышленной автоматики. Действительно, в таких применениях



Новые коммутаторы стандарта DisplayPort с преобразователями уровня HDMI/DVI

Компания **Texas Instruments** представила три компактных устройства для стандарта цифрового видеointерфейса **DisplayPort**, бесплатно распространяемого Ассоциацией стандартов видеоэлектроники (VESA). Эти микросхемы обеспечивают связь между персональными компьютерами и видеодисплеями. Обладая низким энергопотреблением, они обеспечивают скорость передачи данных до 2,7 Гбит/сек, что помогает согласовать скорости стандарта DisplayPort и мультимедийного интерфейса HDMI, обычно используемого для соединения настольных компьютеров, ноут-буков и dock-станций с DLP-проекторами, компьютерными мониторами и цифровыми телевизорами.

Устройства **SN75DP122**, **SN75DP128** и **SN75DP129** имеют один двухрежимный вход для сигнала DisplayPort и регулируемые выходы для соединения с широким набором устройств. **Двойной режим** означает способность графического процессора (GPU) передавать сигналы как стандарта DisplayPort, так и HDMI/DVI по сигнальной шине DisplayPort, одновременно поддерживая необходимые сигналы управления.

Преобразователь **SN75DP129** имеет один двухрежимный вход DisplayPort и один выход дифференциального сигнала TMDS. Эта возможность позволяет пользователю подключать компьютер с выходом DisplayPort к мониторам, оснащенным DVI-входами. **SN75DP128** — высококачественный коммутатор с одним входом DisplayPort и одним или двумя выходами DisplayPort. Это устройство может использоваться при соединении с dock-станциями.

SN75DP122 имеет один вход DisplayPort в сочетании с выходом DisplayPort или выходом TMDS с преобразованием уровня, что обеспечивает гибкое соединение с монитором или телевизором. Устройства **SN75DP122** и **SN75DP128** выпускаются в корпусе QFN с 56 выводами, **SN75DP129** — в корпусе QFN с 36 выводами.

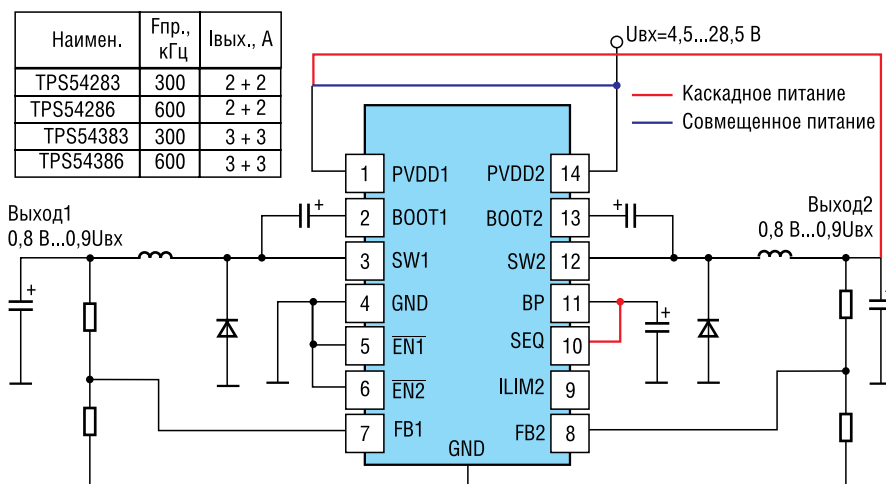


Рис. 1. Укрупненная схема включения двухканальных DC/DC-преобразователей TPS54x8x

Таблица 1. Понижающие DC/DC-преобразователи с широким диапазоном входного напряжения

Наименование	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Макс. ток нагрузки, А	Фпр., кГц	Корпус
TL2575/HV-xx	4,75...40 (60)	3,3/5/12/15 1,23...37 (57)	1	52	5/TO-263
TPS5410	5,5...36	1,23...31	1	500	8/SOIC
TPS5420	5,5...36	1,23...31	2	500	8/SOIC
TPS5430	5,5...36	1,23...31	3	500	8/SOIC
TPS5450	5,5...36	1,22...31	5	500	8/SOIC
TPS5435x	4,5 (6,3)...20	1,2/1,5/1,8/2,5/3,3/(5) 0,9...12,36	3	700	16/HTSSOP
TPS54283/6 TPS54383/6	4,5...28	2 x 0,8...25,2	2 + 2 3 + 3	300/600	14/HTSSOP
TPS54550	4,5...20	0,9...12	6	700	16/HTSSOP
TPS6211x	3,1...17	3,3/5 1,2...16	1,5	1000	16/QFN

Таблица 2. Режимы формирования выходных напряжений

Подключение вывода SEQ	Режим формирования выходных напряжений	Вывод EN1	Вывод EN2
BP	Последовательный: вначале выход 2, а затем 1	Активен только если разрешена работа 2-ого канала (через вывод EN2).	Активен
GND	Последовательный: вначале выход 1, а затем 2	Активен	Активен только если разрешена работа 1-ого канала (через вывод EN1).
не подключен	Независимый или одновременный	Для одновременности выхода на режим стабилизации выходы EN1 и EN2 нужно соединить вместе	

обычно доступно либо переменное напряжение 18/24/36 В, либо постоянное 5/12 В – 24/48 В, в т.ч. напряжения батарейных источников питания. Понижение этих напряжений с помощью линейных стабилизаторов, которым свойственна максимальная простота схемы включения и низкая стоимость, ограничено токами нагрузками до 100 мА или связано с необходимостью использования громоздкого и дорогостоящего теплоотвода. Таким образом, при более высоких токах нагрузки применение импульсных стабилизаторов является более оправданным.

Ассортимент преобразователей с широким входным диапазоном представлен в табл. 1 (новинки выделены красным цветом). Там же приведена информация о ближайших аналогах и преимуществах предложения TI. Информация по, вероятно, наиболее привлекательному для разработчиков семейству стабилизаторов TPS54x0, который при размещении в миниатюрном 8-выводном корпусе SOIC характеризуется верхней границей входного диапазона 36 В и большим выходным током 1...5 А, уже публиковалась на страницах журнала [1], поэтому здесь более подроб-

но остановимся на следующем (по верхней границе входного диапазона) преобразователе, а точнее семействе двухканальных преобразователей TPS54x83/6. Благодаря широкому входному диапазону и возможности регулировки выходного напряжения от 0,8 В, данные стабилизаторы могут использоваться в различных применениях, например:

- преобразование напряжения 24 В в 12 В для питания устройств сопряжения и 5 В для питания микроконтроллера;
- преобразование напряжения 12 В в 5 В и 3,3 В в микропроцес-

Таблица 1. Понижающие DC/DC-преобразователи с широким диапазоном входного напряжения (окончание)

Сравнение с конкурирующими решениями		
Наименование	Производитель	Преимущества TI
LM2575/HV	NSC	Совместимая по расположению выводов замена
LM2675	NSC	Повышенная частота преобразования (500 кГц)
L5970D	ST	Повышенная частота преобразования (500 кГц), пониженное собственное потребление
MIC4690	Micrel	Повышенный КПД (до 92%), более высокое макс. входное напряжение
L5973D	ST	Повышенная частота преобразования (500 кГц), пониженное собственное потребление
LM25005	NSC	Повышенный КПД (до 93%), более низкое входное напряжение
LM2676	NSC	Повышенная частота преобразования (500 кГц), улучшенные тепловые характеристики
LM2696	NSC	Повышенная частота преобразования (500 кГц), улучшенные тепловые характеристики
MIC4576	Micrel	Повышенная частота преобразования (500 кГц), улучшенный КПД (до 93%)
—	—	—
LT1765	LTC	Повышенный КПД (до 92%), улучшенный разброс (1%)
—	—	—
LM2677	NSC	Повышенная частота преобразования (700 кГц), более компактный корпус
LM2678	NSC	Повышенная частота преобразования (700 кГц), улучшенный КПД (>90%), более компактный корпус
LM2734	NSC	Повышенный КПД (до 95%), пониж. собственное потребление, экономичный режим работы
MIC2179	Micrel	Повышенная частота преобразования (1 МГц), более компактный корпус, экономичный режим работы

сорных системах со смешанным питанием;

- преобразование напряжения 5 В в 3,3 В и 1,2 В в цифровых системах с отдельным питанием логического ядра и интерфейсов ввода-вывода.

Подробные принципиальные электрические схемы для каждого из этих применений приводятся в документации [2], здесь же ограничимся упрощенной схемой включения (рис. 1). Благодаря внутренней установке частоты преобразования (Fпр), параметров плавного запуска и интегрированию схемы компенсации контура стабилизации напряжения, преобразователь достаточно прост в применении и требует минимально возможное число внешних компонентов. Кроме того, преобразование на достаточной большой частоте (300/600 кГц) позволит даже при работе с максимальным перепадом напряжения использовать дроссели индуктивностью менее 50 мкГн, что существенно удешевит 2...3-амперные каскады электропитания. Оба кана-

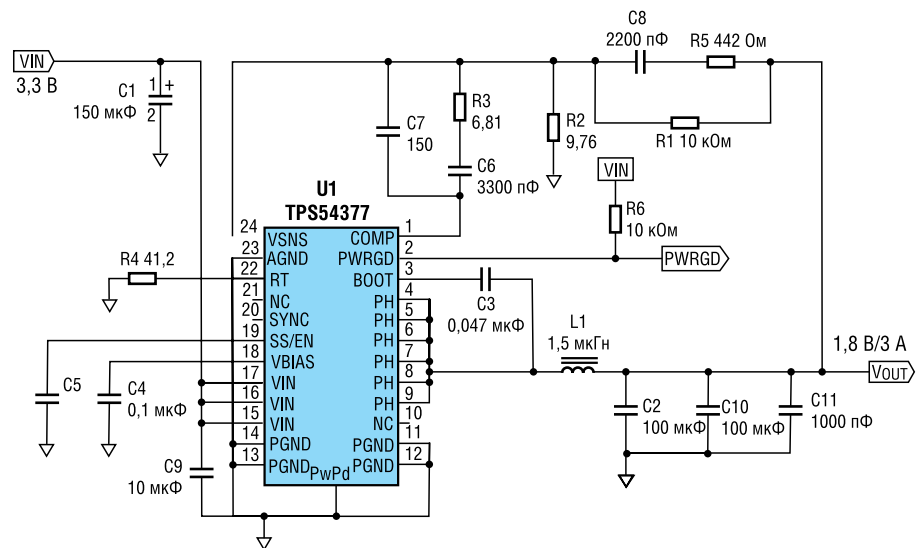


Рис. 2. Пример высоконадежного стабилизатора напряжения 1.8 В, питаемого от шины 3.3 В

ла оснащены защитой от токовой перегрузки, причем порог ее срабатывания в первом канале фиксированный (3 А и 4,5 А у 2- и 3-амперных версий, соответственно), а во втором — задается через вывод ILIM2: соответственно, 4,5 А и 1,5 А (ILIM2 соединен с BP), 3 А (ILIM2 оставлен неподключенным) и 1,5 А (ILIM2 соединен с GND). Особую гибкость данному преобразователю придает раздельное расположение входов питания каждого канала. Это делает возможным питать каждый канал разными напряжениями или организовать каскадное питание, когда выход одного преобразователя

питает другой. Кроме того, преобразователь имеет возможность работать в режиме пониженного потребления тока (Low Power Mode), что позволяет использовать его в качестве источника питания для микроконтроллеров и других устройств с низким энергопотреблением. Также преобразователь имеет возможность работать в режиме ожидания (Sleep Mode), что позволяет использовать его в качестве источника питания для устройств с низким энергопотреблением. Преобразователь имеет возможность работать в режиме пониженного потребления тока (Low Power Mode), что позволяет использовать его в качестве источника питания для микроконтроллеров и других устройств с низким энергопотреблением. Также преобразователь имеет возможность работать в режиме ожидания (Sleep Mode), что позволяет использовать его в качестве источника питания для устройств с низким энергопотреблением.

Таблица 3. Низковольтные понижающие DC/DC-преобразователи

Наименование	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Макс. ток нагрузки, А	Фпр., кГц	Корпус	Особенности
TPS40222	4,5...8	0,8...0,9 V _{вх}	1,6	1250	6/SOP	Малый 6-выв. корпус (3x3 мм)
TPS54010	2,2...4	0,9...2,5	14	700	28/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS54073	2,2...4	0,9...2,5	14	700	28/HTSSOP	Функция блокировки втекания тока во время запуска
TPS54110	3...6	0,9...4,5	1,5	700	20/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS5431x	3...6	0,9/1,2/1,5/1,8/2,5/3,3 0,9...3,3	3	700	20/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS54317	3...6	0,9...3,3	3	1600	24/QFN	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS54373	3...6	0,9...3,3	3	700	20/HTSSOP	Функция блокировки втекания тока во время запуска
TPS54377	3...6	0,9...3,3	3	1600	24/QFN	Функция блокировки втекания тока во время запуска
TPS54380	3...6	0,9...4,5	3	700	20/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения
TPS5461x	3...6	0,9/1,2/1,5/1,8/2,5/3,3 0,9...4,5	6	700	28/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS54672/3 TPS54872/3	3...6	0,2/0,9...4,5	6 8	700	28/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения/блокировки втекания тока во время запуска
TPS54680 TPS54880	3...6 4...6	0,9...4,5 0,9...3,3	6 8	700	28/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения при подаче/снятии питания
TPS54810 TPS54910	4...6 3...4	0,9...3,3 0,9...2,5	8 9	700	28/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель, разброс 1%
TPS54972/3	3...4	0,2/0,9...4,5	9	700	28/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения/блокировки втекания тока во время запуска
TPS54974	2,2...2,8	0,9...2,0	9	700	28/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель, разброс 1%
TPS54980	3...4	0,9...2,5	9	700	28/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения
TPS6200x	2...5,5	0,9/1/1,2/1,5/1,8/1,9/ 2,5/3,3 0,9...5	0,6	1000	10/MSOP	КПД 95%
TPS6202x TPS6204x	2,5...6	3,3/0,7...6 1,5/1,6/1,8/3,3/0,7...6	0,6 1,2	1500	10/MSOP-PPAD, 10/SOP	КПД 95%, два выборочных режима работы: экономичный при малых токах нагрузки и режим с постоянной частотой преобразования
TPS6205x	2,7...10	1,5/1,8/3,3/0,7...6	0,8	1000	10/MSOP	Совместимость с большинством аккумуляторных батарей: 1...2 x Li-Ion, 3...5 x NiMH/NiCd
TPS6210x	2,5...9	0,8...8	0,5	600...2500	8/SOIC	Три режима работы: автоматический, отключение, постоянная частота преобразования
TPS6220x	2,5...6	0,7...6/1,2/1,5/1,6/ 1,8/1,875/2,5/3,3	0,3	1500	5/SOT-23	КПД 95%, миниатюрный корпус
TPS6222x	2,5...6	1,2/1,5/1,6/1,8/1,875/ 2,3 0,7...6	0,4	1850	5/SOT	КПД 95%, собств. потребление 15 мкА, миниатюрный корпус
TPS6224x TPS6226x TPS62270	2...6	0,6...6 1,2/1,8/2,5/0,6...6 0,6...6	0,3 0,6 0,4	2250	6/SOP	Миниатюрный корпус с размерами 2x2 мм

Таблица 3. Низковольтные понижающие DC/DC-преобразователи (Окончание)

Наименование	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Макс. ток нагрузки, А	Фрп., кГц	Корпус	Особенности
TPS6229x	2,3...6	1,8/3,3/0,6...6	1	2250	6/SON	Миниатюрный корпус с размерами 2x2 мм
TPS6230x TPS6231x	2,7...6	1,2/1,5/1,6/1,8/1,875 0,6...5,4	0,5	3000	10/SON, 8/DSBGA	Доступность в корпусах QFN и Chip-Scale
TPS6232x	2,7...6	0,6...5,4/1,5	0,5	3000	10/SON, 8/DSBGA	Доступность в корпусах QFN и Chip-Scale
TPS6235x	2,7...5,5	0,75...1,975	1	3000	12/DSBGA	Динамич. масштабирование напряжения через интерфейс I ² C
TPS6240x TPS62410 TPS62420	2,5...6	2 x 0,6...6	0,4 + 0,6 0,8 + 0,8 0,6 + 1	2250	10/SON	2 канала в миниатюрном корпусе, 1-пров. интерфейс EasyScale
TPS62510	1,8...3,8	0,6...3,8	1,5	1500	10/SON	КПД 97%, работа от очень малого входного напряжения
TPS62700	2,7...5,5	1,3...3,09	0,65	2000	8/DSBGA	Стабилизатор для РЧ усилителей мощности
TPS6502x	2,5...6	3 x 0,6...V _{вх}	1,2 + 1 + 0,8	1500	40/QFN	3xDC/DC-преобраз. + 3x LDO; I ² C интерфейс; динамич. масштабирование напряжения; для систем с питанием от Li-Ion
TPS6505x	2,5...6	0,6...2,5 + 0,6...2,5 3,3+1/1,3 0,6...2,5 + 1,3/1,05	0,6+0,6 1+0,6	2250	32/QFN	2xDC/DC-преобраз. + 4x LDO в корпусе с размерами 4 мм x 4 мм

питает вход другого. Однако при этом необходимо учитывать, что внутренний стабилизатор напряжения, питающий всю внутреннюю логику, в т.ч. схему блокировки при снижении напряжения (порог 4,1 В), получает питание с вывода PVDD2. Из этого вытекает требование для отдельного или каскадного питания: напряжение на входе PVDD2 должно быть выше напряжения на входе PVDD1. Также необходимо, чтобы до нарастания напряжения на PVDD1 напряжение на входе PVDD2 пресекло порог блокировки при снижении напряжения.

При построении каскада питания цифровых схем, требующих формирования напряжений питания в определенной последовательности, поможет функция программирования через вывод SEQ режимов формирования выходных напряжений: два последовательных и один отдельный или одновременный (см. табл. 2). При последовательном формировании напряжений задержка активизации «ведомого» канала составляет приблизительно 400 мкс относительно момента выхода в режим стабилизации «ведущего» канала. Если выбран независимый режим,

и выводы EN1 и EN2 соединены вместе, то формирование напряжений будет происходить с сохранением постоянства их соотношений. Благодаря этому достигается одномоментность выхода в режим стабилизации обоих каналов.

Низковольтные DC/DC-преобразователи для понижения напряжения шин +3,3 и +5,0 В

Такие преобразователи необходимы в устройствах, где используются низковольтные микропроцессоры, ЦПОС, программируемая логика, специализированные СБИС (ASIC) и/или синхронные динамические ОЗУ, и применяется архитектура распределенного питания от шин напряжением +3,3 В или +5,0 В. TI предлагает большой ассортимент преобразователей для таких применений (табл. 3). В него вошли преобразователи с входным диапазоном от 1,8 до 10 В, выходным током до 14 А, частотой преобразования до 3 МГц (многие поддерживают возможность ее регулировки), со встроенным синхронным выпрямителем (заменяет внешний диод Шоттки и улучшает КПД преобразования), с поддержкой специальных возможнос-

тей для многоканальных каскадов электропитания (управление последовательностью формирования напряжений или отслеживание напряжений), с цифровым интерфейсом управления (в т.ч. для динамического масштабирования напряжения, которое необходимо для оптимизации энергопотребления некоторых микропроцессоров) и др. Многим преобразователям свойственно сочетание высокого КПД преобразования (более 90%), малого собственного потребления (менее 20 мкА) и размещения в миниатюрных корпусах с улучшенным рассеиванием тепла. Такие особенности преобразователей позволяют использовать их для понижения напряжений литиево-ионных аккумуляторов и 3...5-элементных никель-кадмиевых и никель-металлогидридных аккумуляторных батарей. Однако для таких применений необходимо отдавать предпочтение преобразователям, поддерживающих 100%-ое заполнение импульсов, когда встроенный ключ полностью открыт. Это позволит максимально полно использовать энергию батарейного источника.

Ранее на страницах журнала [3] уже публиковалась информа-

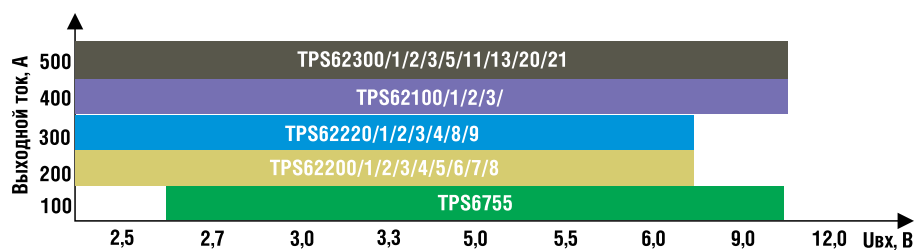


Рис. 3. Понижающие DC/DC-преобразователи для питания микроконтроллеров MSP430

ция по некоторым из представленных в табл. 3 преобразователям, в т.ч. TPS6220х, TPS623хх и TPS6240х, поэтому, здесь в качестве дополнения этой информации приводится пример построения стабилизатора напряжения 1,8 В, питаемый от шины 3,3 В (рис. 2). Этот стабилизатор обеспечит надежность электропитания потребителей и длительный срок безотказной работы всей системы благодаря таким функциям, как блокировка формирования выходного напряжения до установления входного напряжения к номинальному уровню; плавный старт, ограничивающий пусковые токи и блокировка втекающего тока во время запуска, обеспечивающей возможность запуска с предварительно смещенной нагрузкой.

Понижающие DC/DC-преобразователи для питания микроконтроллеров MSP430

Большое число средств промышленной автоматики выполняются на основе не столь высокопроизводительных и энергоемких цифровых ИС, как перечислялись выше, а с использованием более прозаичных 8/16-битных микроконтроллеров, характеризу-

ющихся более низким энергопотреблением и не предъявляющих особых требований к управлению электропитанием, как, например, динамическое масштабирование напряжения или формирование напряжений в заданной последовательности. Однако построение высоконадежного, компактного и эффективного стабилизатора здесь также остается актуальным. Среди представленных в табл. 3 преобразователей TI выделяет несколько семейств (рис. 3), которые рекомендуется использовать для питания их 16-битных микроконтроллеров из семейства MSP430 [4]. Если учесть, что принципы питания микроконтроллеров разных производителей, в т.ч. 8- и 32-битных, принципиально не различаются, то эти преобразователи могут с таким же успехом применяться и для питания других популярных микроконтроллеров.

Таким образом, компания Texas Instruments выпускает обширный ассортимент интегральных схем понижающих DC/DC-преобразователей, позволяющих решить широкий круг задач, связанных с реализацией высоконадежных каскадов электропитания устройств промышленной автомати-

ки, охватывая диапазон входных напряжений до 60 В и токов нагрузки до 14 А. Преобразователи характеризуются простотой применения, малыми размерами конечного решения и высоким КПД преобразования. По отношению к конкурирующим решениям преобразователям TI свойственна более высокая частота преобразования, что позволит сократить размеры и снизить стоимость конечного решения. Ряд преобразователей поддерживается бесплатным программным обеспечением для синтеза и анализа схем импульсных источников питания, что еще больше упрощает проектирование и снижает риск принятия неправильных решений еще на начальных фазах проектирования.

Более детальную информацию по рассмотренным DC/DC-преобразователям можно получить, посетив специальный раздел сайта их производителя *power.ti.com*, который посвящен продукции для построения узлов электропитания.

Ссылки:

1. Цветков Д. Понижающие DC/DC-преобразователи Texas Instruments со встроенным ключом // Новости электроники, №14, 2007 г., С. 7-9.
2. TPS54383, TPS54386: 3-A DUAL NON-SYNCHRONOUS CONVERTER WITH INTEGRATED HIGH-SIDE MOSFET // Data Sheet, Texas Instruments Incorporated, lit.num. SLUS774B, 2007, P. 33-44.
3. Староверов К. DC/DC-преобразователи со встроенным ключом от Texas Instruments // Новости электроники, №18, 2007 г., С. 3-7.
4. MSP430 Ultra-Low-Power MCU Power Management Reference Guide // Lit. num. SLYT218, Texas Instruments Incorporated, 1Q 2006, P. 3. 5

Ответственный за направление
в КОМПЭЛе – Мария Рудяк

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

Наименование	U _{вх} , В	U _{вых} , В	I _{вых} , А
TPS54283	4,5...28	2x0,8...25,2	2+2
TPS54383	4,5...28	2x0,8...25,2	3+3



Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

АЦП и ЦАП TEXAS INSTRUMENTS ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ С НИЗКИМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ

Рассмотрены АЦП и ЦАП из широкого ассортимента компании Texas Instruments, ориентированные на устройства с минимальным энергопотреблением. Низкое потребление энергии АЦП и ЦАП от источника питания ассоциируется обычно с низкой скоростью обработки сигналов, однако современные достижения микроэлектроники демонстрируют сочетание относительно высокого быстродействия и экономичного расходования энергии.

АЦП с низким потреблением

Наиболее экономичные архитектуры АЦП — это дельта-сигма АЦП (delta-sigma или) и SAR АЦП (Successive-Approximation Register или АЦП последовательного приближения). Самые оптимальные из них с сочетанием высокой точности и щадящим отношением к источнику питания сведены в таблицу 1, которая составлена на основе рекомендаций производителя. Конечно, выбор наиболее оптимальных микросхем с точки зрения низкого потребления не ограничивается только данными таблицы 1, так как все зависит от мощности и емкости источника питания и некоторых других параметров системы обработки сигналов.

Максимально высокой точностью и линейностью характеристик преобразования обладают $\Delta\Sigma$ АЦП при относительно невысоком быстродействии (см. наименования в первых четырех строчках таблицы 1). Среди них нельзя отставить без внимания новые $\Delta\Sigma$ АЦП ADS1225/ADS1226 с одним или двумя дифференциальными каналами. Структурная схема этих аналого-цифровых преобразователей и их основные характе-

ристики показаны на рисунке 1. Одна из особенностей ADS1225/ADS1226 — наличие встроенного отключаемого буферного усилителя. Включение буферного усилителя позволяет повысить точность преобразования, но увеличивает ток потребления от аналогового источника питания. Например, при напряжении аналогового питания 5 В с включенным буфером этот ток составляет 400 мкА, а при отключенном — 280 мкА. При напряжении питания 3 В — 380 и 270 мкА соответственно. Кроме того, ADS1225/ADS1226 имеют вход запуска преобразования. После окончания преобразования АЦП переходит в режим shutdown. Ток потребления в этом режиме составляет менее 1 мкА, что позволяет в отключенном режиме существенно экономить энергию источника питания. Для дальнейшей обработки цифровых данных целесообразно использовать микроконтроллеры Texas Instruments MSP430 с очень низким потреблением электроэнергии.

Среди новых 24-разрядных дельта-сигма АЦП вызывают интерес



Новый IEEE 802.15.4
трансивер CC2520 для сетей
ZigBee

CC2520 — это микросхема IEEE 802.15.4 трансивера второго поколения, выпущенная Texas Instruments и предназначенная для использования в сетях ZigBee в безлицензионном диапазоне 2,4 ГГц. Этот чип можно применять в ответственных приложениях в условиях высоких промышленных электромагнитных помех. Трансивер CC2520 обладает высоким энергетическим потенциалом радиоканала, низким уровнем потребляемого тока и может работать в интервале рабочих температур от -40 до 125°C. Также трансивер CC2520 предоставляет широкую аппаратную поддержку для управления пакетами, буферизации данных, пакетной передачи, шифрования и аутентификации данных, оценки уровня зашумленности канала, индикации уровня сигнала, формирования точных временных характеристик пакетов. Эта достоинства уменьшают вычислительную нагрузку на управляющий контроллер.

Ключевые характеристики:

- большая помехозащищенность (избирательность по соседнему каналу — минимум 48 дБ);
- высокий энергетический потенциал канала (103 дБ);
- широкий рабочий диапазон температур (-40...125°C);
- поддержка стандарта IEEE 802.15.4;
- аппаратная совместимость с трансивером CC2420;
- модуль шифрования AES-128.

ADS1225, ADS1226 24 разряда, $\Delta\Sigma$ АЦП, 1 или 2 канала со встроенным генератором

NEW

- ADS1225 - один канал
- ADS1226 - два канала

- 24 разряда, дельта-сигма АЦП
- Встроенный буферный усилитель с отключением
- Скорость преобразования: 100 sps (в режиме "high-speed")
- Низкий шум: 4 мкВ (RMS) в режиме "высокое разрешение"
- Последовательный интерфейс 2-wire (только чтение)
- Встроенный датчик температуры
- Внутренний генератор
- Аналоговое и цифровое питание: 2.7 - 5.5 В
- Простое сопряжение с микроконтроллерами MSP430
- Корпус: QFN-16

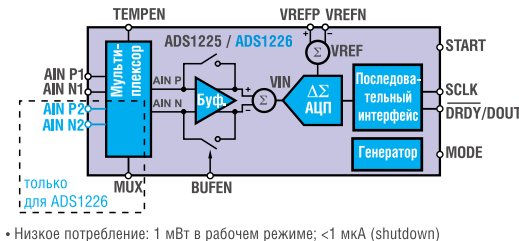


Рис. 1. Структурная схема и основные параметры новых АЦП ADS1225/ADS1226

ADS1271 (один канал), ADS1274 (два канала), ADS1278 (четыре канала) с максимальной скоростью преобразования до 125 ksp/s. Эти микросхемы отличаются высокими динамическими и статическими характеристиками. Полоса пропускания составляет 51 кГц, суммарный коэффициент гармонических искажений -105 дБ. У разработчика есть возможность выбора режимов работы — высокая скорость

Таблица 1. Аналого-цифровые преобразователи Texas Instruments для приложений с низким потреблением электроэнергии

Наименование	Описание	Свойства	Корпус(а)
ADS1222/4	24 разряда, 2/4 канала, дельта-сигма, дифференциальный вход	2,7...5,5 В, SPI, 240 sps, ± 5 В дифф. вход, 0,0003% INL**	TSSOP-14
ADS1225/26	24 разряда, 2/4 канала, дельта-сигма, дифференциальный вход	2,7...5,5 В, SPI, 100 sps, 0,0005% INL	4x4 QFN-16
ADS1244/1	24 разряда, 15 sps*, 1/8 каналов, дельта-сигма, I ² C, shutdown	1,8...3,6 В, 90 мкА, 50/60 Гц цифровой фильтр	MSOP-10
ADS1110/2	16 разрядов, 15 sps, 1/2 канала, дельта-сигма, I ² C-интерфейс	2,7...5,5 В, 240 мкА, внутренний ИОН, PGA***	SOT23-6
ADS7823/8	16 разрядов, 50 ksps, 1/8 каналов, SAR АЦП, I ² C-интерфейс	2,7...5,5 В, внутренний ИОН 2,5 В	TSSOP-16
ADS8325	16 разрядов, 100 ksps, 1 канал, SAR АЦП, SPI-интерфейс	2,7...5,5 В, 4,5 мВт при 100 кГц (1 мВт при 10 кГц)	3x3 QFN-8
ADS7886/7/8	12/10/8 разрядов, 1 Msps, SAR АЦП, SPI-интерфейс	2,5...5,75 В, 71,2 дБ SNR и -84 дБ при 100 кГц	SOT23-6, SC70-6
ADS7822	12 разрядов, 75 ksps, 1 канал, SAR АЦП, SPI-интерфейс	2,7...3,6 В, 60 мкВт при 7,5 кГц, 540 мкВт при 75 кГц	MSOP-8
ADS7829	12 разрядов, 125 ksps, 1 канал, SAR АЦП, SPI-интерфейс	2,7...5,25 В, <60 мкВт при 75 кГц, наличие режима shutdown	3x3 QFN-8
ADS7827	8 разрядов, 250 ksps, 1 канал, SAR АЦП, SPI-интерфейс	2,7...5,25 В, <60 мкВт при 75 кГц, наличие режима shutdown	3x3 QFN-8

*sps — samples per second — количество отсчетов (выборки) в секунду.

**INL — интегральная нелинейность характеристики преобразования.

***PGA — Programmable Gain Amplifier — усилитель с программируемым усилением.

ADS1271, ADS1274, ADS1278 24-разрядные дельта-сигма АЦП с высокой точностью

NEW

- ADS1271 - один канал
- ADS1274 - четыре канала
- ADS1278 - восемь каналов

- Полоса пропускания: 51 кГц
- Гармонические искажения: -105 дБ
- Дрейф напряжения смещения: 1,8 мкВ/°C
- Дрейф коэффициента усиления: 2ppm/°C
- Возможность выбора режима работы:
 - Высокое быстродействие : 105 ksps
 - Высокое разрешение: 109дБ SNR (сигнал/шум)
 - Низкое потребление: 35 мВт

- Аналоговое напряжение питания: 5 В
- Цифровое напряжение питания: 1,8 - 3,3 В
- Корпус: TSSOP-16

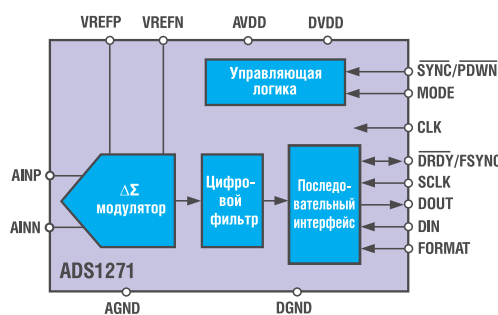


Рис. 2. Структурная схема и основные характеристики ADS1271, ADS1274, ADS1278

ного выбора соответствующего преобразователя.

Новые цифроаналоговые преобразователи в таблице 2 выделены красным цветом. DAC8830 и DAC8831 — одноканальные 16-разрядные ЦАП с однополярным питанием от 2,7 до 5,5 В. Они характеризуются высокой линейностью (1 LSB INL, то есть интегральная нелинейность в пределах одного младшего значащего разряда), малым временем установления (1 мкс при достижении максимального значения с точностью 1/2 МЗР). Диапазон рабочих температур от -40 до 85°C. Производитель отмечает очень низкое потребление этих микросхем (15 мкВт при напряжении питания 3 В). Структурная схема и основные параметры рассмотренных ЦАП приведены на рисунке 3.

На рисунке 4 приведены параметры еще двух семейств цифроаналоговых преобразователей общего применения DAC855x и DAC856x. Среди них Texas Instruments обращает особенное внимание на DAC8554. Это счетверенный 16-разрядный ЦАП с прецизионными rail-to-rail операционными усилителями на выходах. Время установления этих преобразователей составляет 10 мкс при достижении точности выходного сигнала 0,003% от максимального сигнала (FSR). Преобразователь DAC8560 имеет встроенный прецизионный ИОН, стабильность

DAC8830, DAC8831, DAC8832

Прецизионные ЦАП

NEW

- 16 разрядов
- Однополярное питание: 2,7 - 5,5 В
- Очень низкое потребление: 15 мкВт при $U_p = 3$ В
- Высокая точность: INL = 1LSB (макс.)
- Low glitch: 8nV-s
- Низкий шум : 10 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$
- Время установления 1 мкс
- Скоростной SPI интерфейс (до 50 МГц)
- Диапазон рабочих температур: -40 ... 85°C
- Корпуса: SOIC-8 (DAC8830), SOIC-14, QFN-14

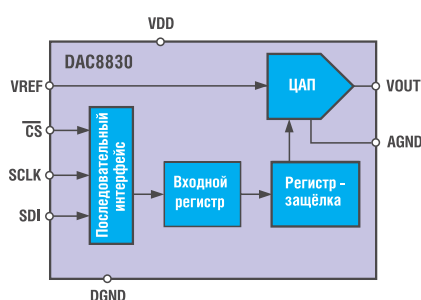


Рис. 3. Структурная схема DAC8830, DAC8831, DAC8832

преобразования, высокое разрешение или режим максимальной экономии электроэнергии. Структурная схема этих преобразователей и их основные параметры приведены на рисунке 2. Очень низкий дрейф и шум АЦП достигается за счет стабилизированных по чопперной (chopper) схеме дельта-сигма модуляторов.

ЦАП с низким потреблением

Параметры цифроаналоговых преобразователей Texas Instruments для приложений с низким потреблением приведены в таблице 2. Конечно, этим перечнем не исчерпывается весь спектр подходящих ЦАП для этих целей. Таблицу 2 следует рассматривать в качестве исход-

Таблица 2. Цифроаналоговые преобразователи Texas Instruments для приложений с низким потреблением электроэнергии

Наименование	Описание	Свойства	Корпус(а)
DAC857x	16 разрядов, 1/4 канала, I ² C интерфейс	2,7...5,5 В, 160 мкА/канал, время установления 10 мкс	MSOP-8
DAC855x	16 разрядов, ultra-low glitch, 1/2/4 канала, SPI-интерфейс	2,7...5,5 В, 200 мкА/канал, время установления 10 мкс (0.003%)	MSOP-8
DAC8560	16 разрядов, 1 канал, внутренний ИОН 2.5 В, 2 ppm/°C	2,7...5,5 В, SPI-интерфейс, время установления 10 мкс	MSOP-8
DAC8830/1	16 разрядов, ультранизкое потребление, 1 канал	2,7...5,5 В, SPI-интерфейс, время установления 10 мкс, 10нВ/√Гц	SO-8/SO-14/QFN-14
DAC8801/11	14/16 разрядов, однополярное питание	2,7...5,5 В, SPI-интерфейс, 2 мкА, INL = ±1 LSB*	MSOP-8, SON-8
DAC7512	12 разрядов, 1 канал, SPI интерфейс	2,7...5,5 В, SPI-интерфейс, 135 мкА, встроенный RRO** буферный усилитель	SOT23-6
DAC755x	12 разрядов, ultra-low glitch, 1/2/4/8 каналов	2,7...5,5 В, SPI-интерфейс, 200 мкА, встроенный буферный усилитель	SON
DAC657x	10 разрядов, 1/4 канала, I ² C-интерфейс	2,7...5,5 В, 160 мкА/канал, время установления 10 мкс, RRO-усилитель	SOP-6
DAC557x	8 разрядов, 1/4 канала, I ² C-интерфейс	2,7...5,5 В, 160 мкА/канал, время установления 10 мкс, RRO-усилитель	SOP-6

*LSB – Least Significant Bit – младший значащий разряд (МЗР).

**RRO – Rail-to-Rail Output – буферный усилитель с выходным сигналом, близким к напряжению питания.

выходного напряжения которого составляет 2 ppm/°C.

Еще один интересный микро-мощный цифроаналоговый преобразователь – это DAC8871 с биполярным выходом и типовой потребляемой мощностью 15 мкВт при двуполярном напряжении питания ±18 В. Производитель не встроил в эту микросхему выходной усилитель. Это сделано для уменьшения потребляемой мощности и предоставления разработчику выбора операционного усилителя для достижения оптимальных параметров преобразования. Время установления DAC8871 находится в пределах 1 мкс при достижении точности выходного сигнала 1 МЗР (LSB). Низкий собственный шум 10 нВ/√Гц микросхемы DAC8871 позволяет получить широкий динамический диапазон выходного сигнала. Основные параметры и структурная схема DAC8871 приведены на рисунке 5.

Заключение

В печатном руководстве Texas Instruments по выбору электронных компонентов для приложений с низким потреблением «Analog and Logic for Low – Power Processors» предлагаются также микросхемы для создания экономичных DC/DC-преобразователей, LDO-стабилизаторы, супервизоры для мониторинга питания, низковольтные операционные усилители с напряжением питания от 1,8 В, компараторы с очень низким потреблением, инструментальные усилители, источники опорного напряжения,

DAC855x, DAC856x

- 16 разрядов, 1/2/4 канала
- Точность: ±4LSB INL (тип.)
- Напряжение питания: 2.7 - 5.5 В
- microPower : 850 мкА при 5 В
- Время установления: 10 мкс при ±0,003% FSR
- Интерфейс 3-wire
- Встроенные выходные усилители
- Встроенный ИОН 2 ppm/°C
- Глитч (Glitch energy): 0.15 nV-s
- Корпус TSSOP-16

ЦАП для широкого применения

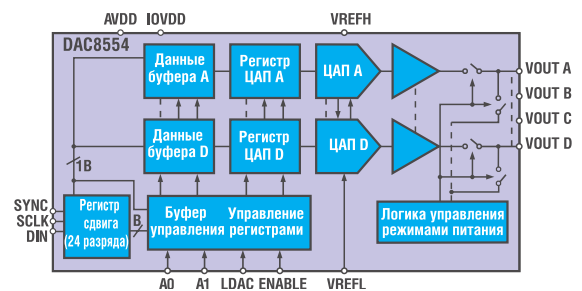


Рис. 4. Структурная схема и параметры ЦАП серий DAC855x и DAC856x

DAC8871

ЦАП с очень высокой точностью и биполярным выходом



- 16 разрядов
- Напряжение питания до ±18 В
- Выходное напряжение до ±18 В
- Высокая точность: ±1LSB INL (макс.)
- Низкий шум: 10 нВ/√Гц
- Время установления: 1 мкс до 1 LSB
- Скоростной SPI интерфейс (до 50 МГц)
- Очень низкое потребление (very low power)
- Корпус TSSOP-16

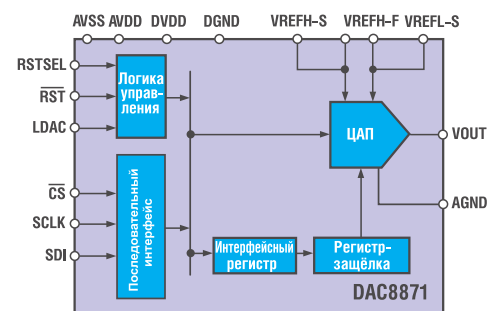


Рис. 5. Основные параметры и структурная схема DAC8871

преобразователи логических уровней, датчики температуры, интерфейсные микросхемы и радиочастотные схемы для беспроводной передачи данных. Под микроконтроллерами с низким потреблением Texas Instruments по умолчанию подразумевается популярное семейство MSP 430, очень хорошо известное нашим разработчикам. Каждый месяц на сайте Texas Instruments www.ti.com появляются новинки среди разных категорий продук-

ции. Основная тенденция развития микросхем – повышение производительности при одновременном снижении энергопотребления.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Мария Рудяк

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



Илья Чугурин (Texas Instruments)

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ НА БАЗЕ MSP430 – НА ЧТО ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ

Семейство микроконтроллеров **MSP430** компании **Texas Instruments**, получившее широкую известность благодаря сверхнизкому энергопотреблению, продолжает активно развиваться. В статье рассмотрены основные моменты перехода от МК серии **MSP430F1xx** к **более современным и менее потребляющим МК MSP430F2xx**, обладающим к тому же расширенным набором периферийных модулей.

Микроконтроллеры (МК) серии **MSP430F2xx** (рис. 1) задают новый уровень сверхнизкого потребления, обеспечивая более высокую производительность и в то же время сохраняя совместимость (как по программному коду, так и по выводам) с уже существующими на рынке МК серии **MSP430F1xx**. Благодаря этому модернизация приложений на их базе потребует минимум усилий при заметном улучшении параметров портативной аппаратуры по производительности и энергопотреблению.

Рассмотрим более детально, какие изменения претерпели МК, и в чем это выражается с точки зрения разработчика встраиваемых систем.

Прежде всего, изменились эксплуатационные параметры – тактовая частота возросла в 2 раза, до 16 МГц, а при минимальном напряжении питания 1,8 В – до 6 МГц. Напряжение программирования Flash-памяти в МК **MSP430F2xx** снижено до 2,2 В (рис. 2). В то же время потребление в режиме Standby (LPM3) снизилось практически в два раза, а время выхода из него занимает менее 1 мкс.

При создании МК серии **MSP430F2xxx** максимальное внимание уделялось обеспечению совместимости с микроконтроллерами предыдущего поколения, особенно при редизайне периферийных модулей, поэтому, как уже гово-



Texas Instruments и MIT разработали экономичные микросхемы

Сотрудники компаний MIT и Texas Instruments сообщили о разработке нового дизайна интегральных микросхем для **портативной электроники**, которые отличаются сниженным энергопотреблением по сравнению с современными технологиями изготовления ИС. Новые решения должны найти применение в мобильных телефонах, различных медицинских портативных аппаратах и пр.

Основной идеей инженеров стало значительное снижение рабочего напряжения – в то время, как большинство современных микросхем работает от напряжения 1 В, новое поколение устройств будет работать от напряжения 0,3 В. Но снижение этого параметра дается не так просто, как можно ожидать – для этого необходимо провести серьезную модификацию конструкции микросхем, среди которых отмечаются: наличие DC/DC-конвертера, снижающего напряжение на входе до требуемого уровня, изменение в конструкции логических элементов, ячеек памяти и пр. К тому же, требуется и модификация существующего технологического процесса изготовления экономичных интегральных микросхем.

Все представленные выше проблемы, с которыми должны столкнуться схемотехники и технологи, не позволяют наладить серийных выпуск обновленных микросхем в течение короткого времени. По оценкам MIT и Texas Instruments для перехода на выпуск новой продукции потребуются около пяти лет, но в результате разработчики обещают значительное увеличение времени автономной работы портативных электронных устройств.

рилось, новые МК можно использовать просто в качестве drop-in-замены без изменения дизайна печатной платы. С одной стороны, такой подход позволяет разработчикам сохранить заложенную в систему функциональность,

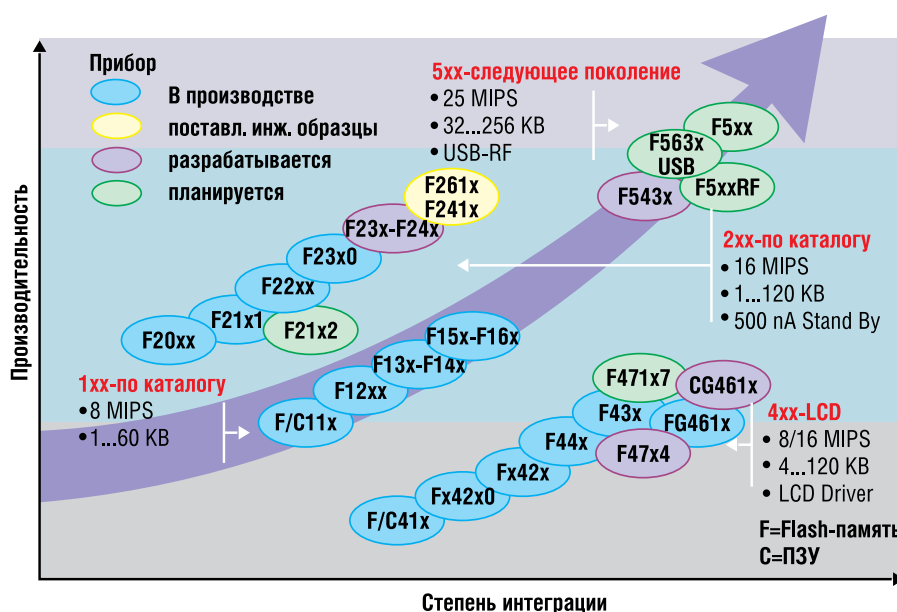


Рис. 1. Серия микроконтроллеров MSP430F2xx

а с другой, обновленная периферия дает возможность внедрения новых функций, улучшающих стабильность системы и расширяющих возможности по обработке приложений.

Процессорное ядро

От предыдущего варианта процессорное ядро отличается прежде всего тактовой частотой (теперь она составляет 16 МГц), расширенной до 20 разрядов шиной адреса, а также увеличенными до 20 разрядов регистрами центрального процессора, что позволяет получить доступ к адресному пространству до 1 Мб без использования страничной адресации. Несмотря на это, совместимость по объектному коду сохранилась практически на 100%: объектный код, скомпилированный под МК серии MSP430F1xx, будет выполняться и на МК MSP430F2xx. Однако если планируется использовать расширенное адресное пространство (за пределами первых 64 Кб), то для обеспечения совместимости код программы будет необходимо доработать. Если программа была написана на C, то компилятор все сделает автоматически, но если использовался ассемблер, то нужно обратить внимание на вызов и возврат из подпрограмм – счетчик программ теперь 20-разрядный. Также необходимо модифицировать все команды, изменяющие значение программного счетчика PC, и команды, производящие операции со стеком. Особенно это касается собственных подключаемых библиотек, которые в данном случае нужно изменить соответствующим образом и/или перекомпилировать.

Системные модули

Устойчивость системы

Для обеспечения устойчивой работы системы на базе новых МК на кристалл был дополнительно интегрирован модуль сброса при пониженном напряжении питания (BOR – brown-out reset). Он позволяет задать несколько уровней напряжения, при которых будет происходить сброс и включение МК. Таким образом, учитывая также наличие встроенной цепи

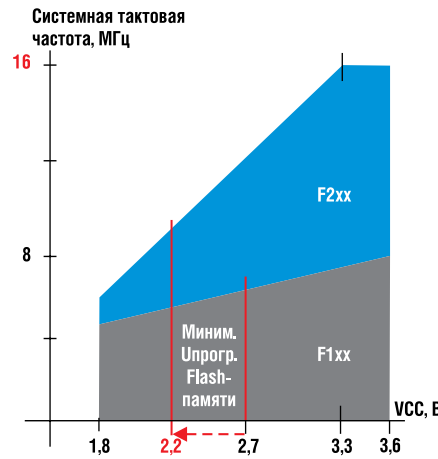


Рис. 2. Напряжение программирования Flash-памяти в МК MSP430F2xx

сброса по питанию (POR – power on reset), можно отказаться от использования внешнего супервизора питания.

Изменениям подвергся и сторожевой таймер (WDT), теперь он входит в состав всех МК новой серии. Отличия заключаются в том, что WDT постоянно находится во включенном состоянии, даже в энергосберегающих режимах. При этом если собственный генератор тактовой частоты выходит из строя, сторожевой таймер автоматически переключается на работу от встроенного генератора DCO.

Улучшенный аппаратный загрузчик BSL получил новую прошивку, которая позволяет более эффективно защитить содержимое flash-памяти. Измененный встроенный алгоритм загрузки предотвращает непреднамеренный запуск процедур записи/стирания. Для защиты от несанкционированного доступа можно, как и раньше, использовать 256-разрядный пароль. При этом можно сконфигурировать BSL таким образом, чтобы при первом неправильно введенном пароле все содержимое flash-памяти было стерто (реализовано не во всех МК).

Flash-память

Основные изменения в модуле flash-памяти заключаются в снижении напряжения программирования/стирания до 2,2 В и уменьшении времени записи в память. Дополнительно нужно отметить, что область памяти для хранения

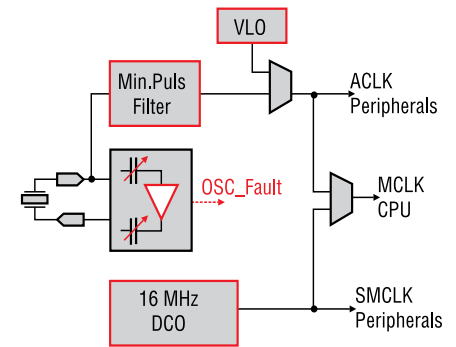


Рис. 3. Система тактирования MSP430F2xxx

данных теперь имеет 4 сегмента по 64 байта, при этом сегмент А имеет бит защиты от непреднамеренного стирания, поэтому он идеально подходит для хранения данных, необходимых для нормального функционирования системы. Это могут быть, например, калибровочные коэффициенты для генератора тактовой частоты или АЦП.

Особенное внимание при переходе к новым МК следует уделить контроллеру прерываний, поскольку количество векторов прерываний для периферийных модулей увеличилось и их адреса изменились. Поэтому необходимо обратиться к технической документации на конкретный МК, чтобы уточнить новые параметры таблицы векторов.

Генератор тактовой частоты

Для того чтобы обеспечить низкое энергопотребление, необходимо иметь соответствующую систему тактирования, способную обеспечивать высокую рабочую частоту в режиме выполнения прикладной программы и низкую частоту в энергосберегающих режимах для реализации функции периодических прерываний. В МК серии MSP430F2xxx система тактирования включает в себя:

- встроенный малопотребляющий генератор тактовой частоты VLO (Very Low-power Oscillator), служащий источником тактирования для малопотребляющих периферийных модулей;

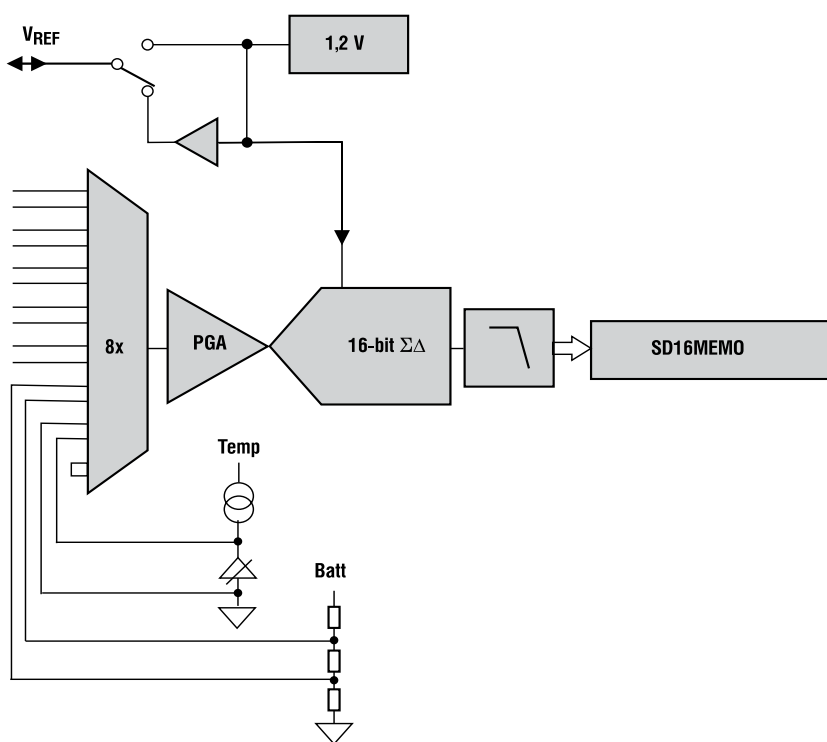


Рис. 4. 16-разрядный сигма-дельта АЦП-модуль микроконтроллеров MSP430F2xxx

- цифровой высокочастотный генератор DCO (Digitally Controlled Oscillator), управляющий тактированием процессорного ядра и обеспечивающий быстрый старт при выходе из энергосберегающих режимов;

- модуль, позволяющий тактироваться от внешних источников тактовой частоты. Встроенная функция контроля улучшает устойчивость системы при выходе любого из вышеперечисленных модулей из строя. Если какой-либо сигнал пропадает, то происходит автоматический переход на другой источник тактовой частоты (рис. 3).

Малопотребляющий низкочастотный генератор VLO является новым для семейства MSP430, его частота составляет 12 кГц. Он может использоваться для получения тактового сигнала ACLK для малопотребляющей периферии. Благодаря низкому потреблению этого модуля (500 нА), можно в энергосберегающем режиме поддерживать работу таких модулей, как таймер периодических прерываний, сторожевой таймер и т.п. При этом стабильность генерируемой частоты сравнима с характеристиками кварцевых резонаторов. Если для обработки какого-либо события

МК требуется полная мощность, то автоматически включается основной рабочий генератор тактовой частоты DCO, обеспечивающий выход на частоту до 16 МГц менее чем за 1 мкс. За счет такого быстрого включения можно более эффективно использовать энергосберегающие режимы работы МК. С помощью подстроечных конденсаторов модуль DCO можно откалибровать, записав нужное значение в соответствующую ячейку памяти, причем калибровочные коэффициенты можно сохранять для нескольких значений частот.

Помимо внутренних источников тактирования можно использовать и внешние — от кварцевого резонатора 32,768 кГц до высокочастотного тактового сигнала. При этом если внешний источник частоты не задействуется, то соответствующие выводы могут быть сконфигурированы как линии стандартного порта ввода/вывода.

Периферийные модули 16-разрядный сигма-дельта АЦП

Для приложений, требующих высокой точности измерений, в новой серии МК MSP430F2xxx появился модуль 16-разрядного АЦП,

использующий принцип сигма-дельта преобразования. Структура модуля приведена на рис. 4.

Модуль имеет 8 дифференциальных входов, при этом наружные выводы есть только у пяти входов. Остальные задействованы для измерения напряжения питания (например, батарейки), подключения встроенного датчика температуры и для калибровки смещения АЦП. Для каждого из входов можно задать диапазон измерения с учетом программируемого коэффициента усиления. Опорное напряжение может подаваться от встроенного прецизионного источника 1,2 В или же извне.

АЦП может производить как единичные, так и последовательные измерения, время одного преобразования составляет чуть более 244 мкс. Важно отметить, что модуль может работать в энергосберегающих режимах и тактироваться от «медленного» источника ACLK (внешний кварц 32,768 кГц или встроенный генератор VLO 12 кГц). Более того, если измерения в данный момент не проводятся, то АЦП автоматически отключается и не потребляет энергии.

10-разрядный АЦП

С помощью обновленного модуля АЦП можно значительно упростить программный код, обслуживающий АЦП. Благодаря возможности автоматического сканирования входов теперь достаточно лишь задать последовательность подключения входов АЦП для измерения входных сигналов. Все остальное будет сделано автоматически без участия центрального процессора. Запуск сканирования также может быть произведен без участия процессора — сигналом для начала работы может служить сигнал от таймера. Результаты измерений можно напрямую сохранять в памяти МК, также не задействуя ядро ЦП для обслуживания модуля. Контроллер передачи данных DTC может сам записывать результаты измерений в любую область памяти, сконфигурированную как буфер объемом до 256 байт, генерируя прерывание для ЦП, когда буфер заполнится наполовину или полностью.

За счет этого в системе освобождается порядка 4MIPS для проведения вычислений, или же ЦП может дольше находиться в спящем состоянии для снижения энергопотребления. Скорость измерений при использовании DTC достигает 200 000 отсчетов в секунду.

Компаратор

Основное отличие нового компаратора от модуля предыдущего поколения — это наличие цепи дискретизации с запоминанием отсчетов. Это дает возможность разнести во времени процесс измерения аналогового сигнала и считывания итогового результата. С помощью входного мультиплексора входы компаратора можно подключать к разным входам микроконтроллера для измерений нескольких аналоговых сигналов. При этом измерения могут производиться как относительно внутреннего порогового напряжения, так и непосредственно относительно входного сигнала. Если напряжение на неинвертирующем входе компаратора превысит напряжение на инверти-

рующем, то на выходе компаратора появится высокий уровень сигнала. Выход компаратора можно также подключить к RC-фильтру, чтобы избежать влияния паразитных наводок и повысить точность срабатывания при малой разности напряжений на входе.

Универсальный последовательный интерфейс USCI

Еще одним новым модулем для МК MSP430 стал универсальный последовательный интерфейс. Он поддерживает несколько стандартных интерфейсов и может быть сконфигурирован как стандартный UART/USART, SPI, LIN, I²C или IrDA. В состав МК обычно входят два канала USCI, один из которых (USCI_A) поддерживает UART/USART, SPI, LIN и IrDA, а другой — SPI и I²C.

Дальнейшие направления развития семейства MSP430

Уже на подходе новая серия МК MSP430F5xxx, которая будет иметь практически то же самое

потребление, что и серия 2xxx, но при этом тактовая частота возрастет до 25 МГц, обеспечивая производительность 25 MIPS. Ожидается, что новые МК будут также полностью совместимы по системе команд и программному коду. Одним из первых должен появиться МК с интерфейсом USB и объемом flash-памяти 256 Кб, в дальнейших планах — появление МК с интегрированным радиоинтерфейсом.

Для поддержки разработчиков также появится новая версия среды разработки CodeComposer Essentials 3.0, которая в бесплатной версии позволит компилировать до 16 Кб С-кода. Из аппаратных средств — обновленный USB/JTAG-интерфейс, который будет поддерживать новые микроконтроллеры.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе — Мария Рудяк

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



MSP430 для интеллектуальных датчиков

MSP430F2001, MSP430F2011, MSP430F2002, MSP430F2012, MSP430F2003, MSP430F2013

Отличительные особенности контроллеров:

- Высокая производительность до 16 MIPS
- Быстрый запуск системы тактирования из спящего режима менее 1 мкс
- Точность работы модуля DCO 2.5%
- Еще меньшее энергопотребление:
 - в режиме RTC менее 0,1 мкА
 - в активном режиме 200 мкА/MIPS
- Миниатюрный 14-выводный корпус QFN (4x4 мм), TSSOP, PDIP
- Напряжение питания 1,8...3,6 В
- Напряжение внутрисхемного программирования 2,2 В

Основные области применения:

Устройства, требующие длительной работы с батарейным питанием, критичные к занимаемой площади; малобюджетные приложения, например датчики системы безопасности — дыма и движения, сенсоры разрушения стекла; бытовая аппаратура и многое другое.



Компэл
www.compel.ru

Сергей Пичугин, Алексей Пантелейчук (КОМПЭЛ)

УПРАВЛЯЙТЕ ПИТАНИЕМ MSP430 – СНИЖАЙТЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ!

Для того чтобы воспользоваться преимуществами MSP430 в полном объеме и создать конкурентоспособное приложение, разработчик должен придерживаться определенных принципов: программных и аппаратных. О них и пойдет речь в этой статье.

MSP430 известны разработчикам как микроконтроллеры с рекордно низким энергопотреблением. Архитектура ядра, периферийные устройства, режимы работы, система синхронизации, система памяти этих микроконтроллеров разработаны в соответствии с принципами обеспечения максимально низкого энергопотребления и высокой производительности.

Один из основных принципов снижения энергопотребления заключается в использовании режимов низкого энергопотребления микроконтроллера (рисунок 1). Переключение между режимами осуществляется с помощью переключения битов регистров управления ЦПУ в соответствии с таблицей 1.

Приложение следует организовать таким образом, чтобы микроконтроллер максимально возможное


**TEXAS
INSTRUMENTS**

DaVinci для видеоприложений с высоким разрешением

С момента своего появления технология DaVinci постоянно проникает в различные сегменты рынка видеоприборов. Этому способствует расширение семейства медиа-процессоров, новые представители которого специализированы под определенное применение. Процессор DM6467 представляет собой систему на кристалле, предназначенную для таких устройств, как медиа-шлюзы, цифровые медиа-адаптеры, сервера цифровых систем видеонаблюдения, IP-сет-топ-боксы.

DM6467 построен на базе ядер ARM9 и C64x+ и сопроцессора для обработки видео/изображения с высоким разрешением (HD-VICP). В состав периферийных устройств входят 10/100/1000 Ethernet, 32-бит PCI, 32/16-бит NPI, USB, 2 McASP, I²C, SPI, 3 UART, 2 модуля ШИМ и др.

Ускорить разработку HD видео устройств можно с помощью отладочной платы DM6467 Digital Video Evaluation Module (DVEVM).

время находился в режиме низкого энергопотребления с отключенным ядром и неиспользуемыми периферийными устройствами.

Выбор режимов низкого энергопотребления производится с помощью переключения битов CPUOFF, OSCOFF, SCG0 и SCG1 в регистре статуса (таблица 1). Преимущество включения битов управления CPUOFF, OSCOFF, SCG0 и SCG1 в состав регистра статуса SR состоит в том, что текущий режим работы может быть сохранен путем помещения содержимого SR в стек во время работы процедуры обработки прерывания. Выполняемая программа возвращается к предыдущему режиму работы, если сохраненное содержимое регистра SR не было изменено процедурой обработки прерывания. Выполнение программы может продолжиться в другом рабочем режиме, если процедура

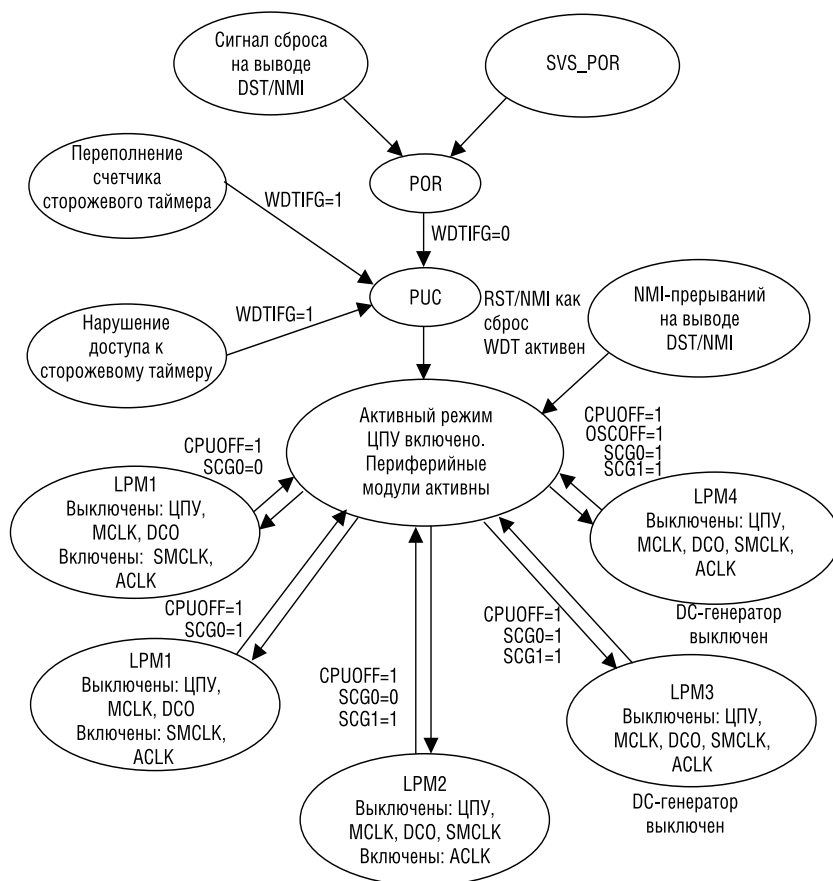


Рис. 1. Режимы работы MSP430x2xx

Таблица 1. Управление режимами работы MSP430F2xx

SCG1	SCG0	OSCOFF	CPUOFF	Режим	Состояние ЦПУ и систем тактирования
0	0	0	0	Активный	ЦПУ и все системы тактирования активны
0	0	0	1	LPM0	ЦПУ и MCLK отключены; SMCLK и ACLK активны
0	1	0	1	LPM1	ЦПУ, MCLK и DCO и DC генератор отключены, если DCO не используется для SMCLK; ACLK активен
1	0	0	1	LPM2	ЦПУ, MCLK, SMCLK, DCO отключены; DC генератор остается включенным; ACLK активно
1	1	0	1	LPM3	ЦПУ, MCLK, SMCLK, DCO отключены; DC отключен; ACLK активно
1	1	1	1	LPM4	ЦПУ и все системы тактирования отключены

обработки прерывания изменит значение SR-регистра в стеке.

При изменении любого бита управления режимами, выбранный режим работы сразу активизируется. При отключении любой системы тактирования блокируются также периферийные устройства, работающие от этой системы. Периферийные устройства также могут отключаться с помощью соответствующих им индивидуальных регистров управления. Состояние всех выводов портов ввода/вывода и ячеек ОЗУ остается неизменным. «Пробуждение» возможно через все разрешенные прерывания.

На рисунке 2 показаны типичные значения потребляемого тока микроконтроллеров семейства MSP430F2xx в различных режимах. Точные значения представлены в документации на конкретный микроконтроллер.

Из рисунка видно, что потребляемый ток в каждом из режимов зависит от напряжения питания микроконтроллера (в диапазоне от 1,8 до 3,6 В). От напряжения питания зависит также максимально достижимая производительность микроконтроллера (рисунок 3).

Получается, что для достижения максимальной производительности в активном режиме требуется обеспечить напряжение питания 3,3 В, но в режимах низкого энергопотребления, потребляемый ток уменьшается при снижении напряжения питания.

Реализация управления питанием

Наша задача — переключать выходное напряжение регулятора по сигналу с микроконтроллера MSP430. Для реализации изменения напряжения питания MSP430 при переходе в спящий режим и обратно можно воспользоваться

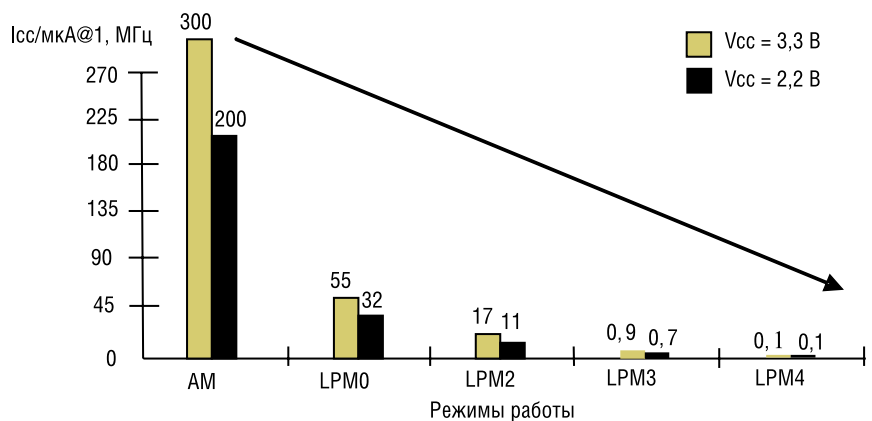


Рис. 2. Типичное энергопотребление микроконтроллеров MSP430F2xx в различных режимах

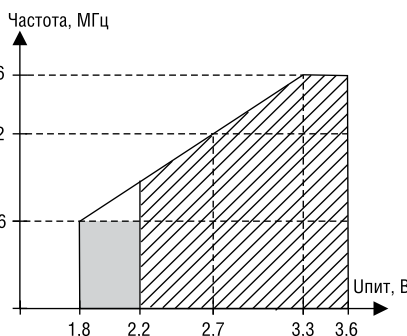


Рис. 3. Зависимость производительности MSP430 от напряжения питания

регулируемой версией понижающего линейного стабилизатора (рисунок 4).

У регулируемых стабилизаторов напряжения существует отдельный вход обратной связи. Этот вход может обозначаться как «FB» («Feed Back») или «ADJ» («Adjust»). На рисунке 4 это вывод соединен со средней точкой выходного резистивного делителя. Не важно, каким будет сам регулятор, импульсным или линейным, обратная связь по напряжению играет одну роль. От коэффициента деления пары резисторов зависит выходное напряжение, определяемое по формуле:

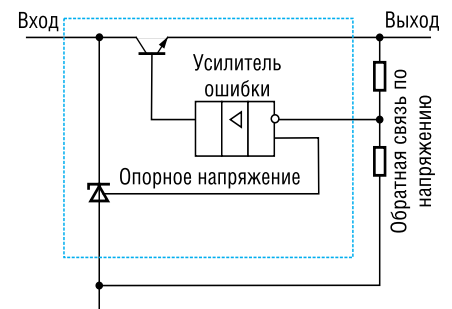


Рис. 4. Упрощенная топология понижающего линейного регулятора напряжения

$$U_{\text{вых.}} = U_{\text{опорное}} \times \left(\frac{R1}{R2} + 1 \right)$$
, где R1 — верхний резистор делителя; R2 — нижний резистор делителя (рисунок 1). Соответственно, для того чтобы увеличить выходное напряжение, достаточно уменьшить сопротивление нижнего резистора (R2 по рисунку 4). Для организации управления питанием MSP430 можно воспользоваться схемой на рисунке 5.

Для примера на схеме указан TPS71501 — низкопотребляющий регулируемый линейный регулятор напряжения. Собственный ток потребления TPS71501 составляет порядка 3,2 мкА, при этом не стоит забывать про дополнительный

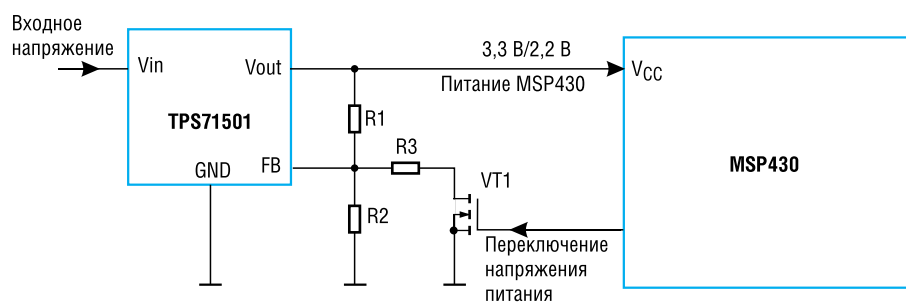


Рис. 5. Пример схемы управления собственным питанием MSP430

ток потребления через выходной резистивный делитель (R1R2R3).

При подаче напряжения на затвор полевого транзистора VT1 (установка вывода MSP430 в логическую единицу), сам транзистор открывается, и сопротивление канала сток-исток уменьшается с десятков МОм до единиц Ом. В этом случае в работу схемы включается R3, который оказывается параллельно включенным с R2. Таким образом, выходное напряжение, согласно выше указанной формуле, увеличивается. Для удобства расчета делителя по схеме на рисунке 5, установим значение $R2 = 1,1 \text{ МОм}$ (большее значение возможно, но не рекомендуется из-за некоторого тока утечки по входу «FB» TPS71501).

• При логическом нуле на затворе VT1 (R3 не участвует, $U_{\text{вых}} = 2,2 \text{ В}$):

$$R1 = R2 \times ((U_{\text{вых}} / U_{\text{опорн.}}) - 1) = 1,1 \text{ МОм} \times (2,2 \text{ В} / 1,205 \text{ В} - 1) = 910 \text{ кОм}$$

• При логической единице на затворе VT1 (R3 участвует, $U_{\text{вых}} = 3,3 \text{ В}$):

$$R1 = 910 \text{ кОм}$$

$$R3 = (U_{\text{опорн.}} \times R2 \times R1) / (R2 \times (U_{\text{вых.}} - U_{\text{опорн.}}) - R1 \times U_{\text{опорн.}}) = 1 \text{ Мом}$$

Указанное значение опорного напряжения 1,205 В справедливо для TPS71501. В качестве транзистора VT1 подойдет любой маломощный полевой транзистор с управлением от логического уровня и с минимальной выходной емкостью. Возможно, также попробовать обойтись без этого транзистора, подключив R3 напрямую к выводу MSP430. В последнем случае, сигнал с MSP430 придется инвертировать, а сам вывод должен находиться в двух состояни-

ях — логический ноль или высокоимпедансное состояние (режим «вход»). В противном случае, если использовать вместо высокоимпедансного состояния логическую единицу, то необходимо будет пересчитать все резисторы делителя. Согласно рекомендациям из технического описания на TPS71501, для корректной работы обратной связи параллельно R1 потребуются включить керамический конденсатор некоторой емкости.

Относительно недавно компания Texas Instruments анонсировала специализированную серию 150 мА LDO-регуляторов для низкопотребляющих микроконтроллеров MSP430. Первое важнейшее отличие — это крайне низкий ток собственного потребления (всего **500 нА**). В настоящий момент доступны два представителя этого семейства — TPS78001 и TPS780330220. Конструктивно они выполнены в двух видах миниатюрных корпусов: TSOT23-5 и SON-6 (2x2 мм). **TPS78001** — это регулируемая версия регулятора, которая позволяет получить одно выходное напряжение в пределах от 1,22 В до 5,25 В. А у **TPS780330220** существует вторая важная особенность — наличие отдельного логического входа, реализующего функцию переключения выходного напряжения. Оба возможных уровня выходного напряжения 2,2 В и 3,3 В заданы на заводе-изготовителе и выбираются пользователем подачей соответствующего сигнала на вход «V_{SET}». В будущем ожидается появление остальных представителей семейства TPS780VVVXXX, где VVV — первое номинальное напряжение (при V_{SET} = 0), XXX — второе номинальное напряжение (при

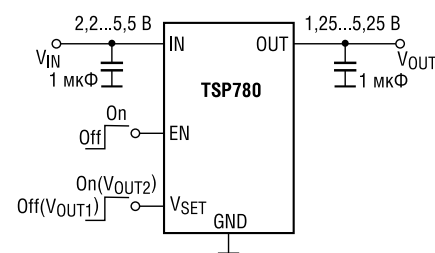


Рис. 6. Типовая схема включения TPS780VVVXXX

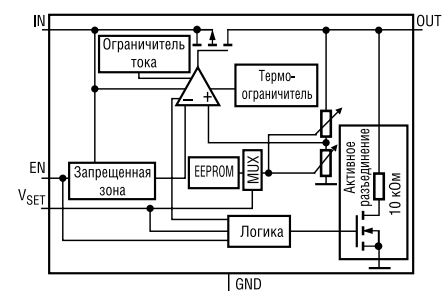


Рис. 7. Внутренняя структурная схема TPS780VVVXXX

$V_{\text{SET}} = 1$). На рисунках 6 и 7 можно видеть типовую схему включения и внутреннюю структуру TPS780VVVXXX соответственно.

На структурной схеме можно видеть что регулировка (изменение) выходного напряжения осуществляется при помощи внутреннего цифро-аналогового делителя в цепи обратной связи, а информация о заданных на заводе-изготовителе значениях делителя хранится во встроенной EEPROM. Таким образом, применяя новые ультранизкопотребляющие LDO-регуляторы серии TPS780VVVXXX для реализации функции переключения питания MSP430, уже отпадает необходимость в построении внешних цепей — резистивных делителей, описанных в предыдущем случае, получая при этом дополнительный выигрыш по току потребления. **5**

Ответственный за направление в КОМПЭЛе — Мария Рудяк

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



Всеволод Нестеров (КОМПЭЛ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПОНИЖЕННОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ РЧ-ТРАНСИВЕРОВ

Многообразие режимов работы с пониженным энергопотреблением позволяет использовать современные радиочастотные трансиверы в устройствах с батарейным питанием. В статье рассказывается о режимах пониженного энергопотребления трансиверов Texas Instruments CC111xFx/CC251xFx/CC243x из производственной линейки Chipcon.

Трансиверы CC111xFx/CC251xFx/CC243x имеют пять основных режимов работы:

Активный режим: Режим полной функциональности. Включен внутренний стабилизатор напряжения и питание подается на ядро. Активны высокочастотные тактовые генераторы — либо по отдельности, либо оба вместе. Также работают либо RC-, либо кварцевый генератор 32,768 кГц, либо они оба одновременно.

Режим PM0: Аналогичен активному, но процессор находится в ждущем режиме, то есть код не выполняется.

Режим PM1: Включен внутренний стабилизатор напряжения и питание подается на ядро. Ни один из тактовых генераторов не работает. Работает либо RC-, либо кварцевый генератор 32,768 кГц. Система перейдет в активный режим по сигналу RESET, или по сигналу внешнего прерывания, или по срабатыванию таймера спящего режима.

Режим PM2: Питание на ядро не подается. Ни один из тактовых генераторов не работает. Работает либо RC-, либо кварцевый генератор 32,768 кГц. Система перейдет в активный режим по сигналу RESET, или по сигналу внешнего прерывания, или по срабатыванию таймера спящего режима. Информация о состоянии USB для тран-

сивера CC2511Fx будет потеряна при вхождении в режим PM2. Таким образом, не следует использовать режим PM2 с USB.

Режим PM3: Питание на ядро не подается. Ни один из генераторов не работает. Система перейдет в активный режим либо по сигналу RESET, либо по сигналу внешнего прерывания. Информация о состоянии USB для трансивера CC2511Fx будет потеряна при вхождении в режим PM3. Этот режим также не следует использовать с USB.

Требуемый режим выбирается установкой битов SLEEP.MODE. После установки этих битов необходимо установить биты IDLE в регистре PCON SFR, что переведет трансивер в выбранный режим. Надо заметить, что при SLEEP.MODE≠0 прерывания и переключение между генераторами заблокированы. Также надо соблюдать гарантированное время нахождения тактовых генераторов в режимах пониженного энергопотребления. Если это время будет меньше, чем указано в описаниях, то могут быть коллизии.

На рисунке 1 указан пример кода на языке C для перевода трансиверов в режимы PM0-PM3.

Для трансиверов CC111xFx/CC251xFx при «пробуждении» из режимов PM{2-3} есть небольшая вероятность того, что SLEEP.



На рынке появился новый РЧ-модуль на базе CC1100

Радиочастотный модуль Panasonic PAN3550 выполнен на базе многоканального приемопередатчика (трансивера) CC1100 компании Texas Instruments (Chipcon) и микроконтроллера MC9S08GT60 компании Freescale. Радиочастотный модуль предназначен для применения в системах малого радиуса действия с двухсторонней передачей данных в безлицензионном диапазоне частот 868 МГц. Модуль PAN3550 идеально подходит для использования в качестве радиомодема промышленного стандарта RF Konnex™. Особенностью модуля является интегрированная антенна, выполненная в виде проводников печатной платы. Трансивер CC1100 позволяет гибко выбирать длину пакета и самостоятельно осуществляет полную обработку данных — генерацию преамбулы, вставку и обнаружение синхрослова, проверку адреса, автоматическое вычисление контрольной суммы CRC. Модуль может использоваться как автономный законченный узел, благодаря возможности выполнения прикладной программы пользователя в микроконтроллере MC9S08GT60.

Особенности PAN3550:

- Законченный радиомодем,
- Встроенная антенна,
- Интерфейсы GPIO(14), UART (2), I²C, A/D (4),
- 32 Кб Flash-памяти программ, 2 Кб RAM-памяти,
- Оценка занятости канала и качества соединения,
- Аппаратная коррекция ошибок.

Основные технические характеристики:

- Высокая чувствительность: -110 дБм при 1,2 кбит/с,
- Программируемая скорость передачи данных: от 1,2 до 500 кбит/с,
- Выходная мощность до +6 дБм (программируемая),
- Температурный диапазон от -40 до 85°C,
- Размеры: 20,3 x 26 x 3 мм.

```

/* код на языке C: */
void main(void)
{
/* Здесь необходимо вставить соответствующий код, указанный на
/* рисунках 6 и 7. Не подходит для режима PM0! */

/* Настройка и разрешение прерываний (Sleep-таймер, порт)
/* по которым трансивер будет «просыпаться» */

/* Замечание:
/* Для входа в режим PM{2 - 3} для CC111xFx/CC251xFx следующий
/* блок кода должен быть заменен кодом из рисунка 2 */

/* Начало блока кода

/* Установка SLEEP.MODE в соответствии с нужным режимом PM,
/* например, PM1.

SLEEP = (SLEEP & 0xFC) | 0x01;

/* Необходимо вставить три NOP для того, чтобы позволить
/* процессу блокирования прерываний закончиться перед следующей
/* проверкой битов SLEEP.MODE. Надо заметить, что прерывания
/* блокируются при SLEEP.MODE ≠ 0, таким образом, время между
/* установкой SLEEP.MODE ≠ 0, и записью в PCON.IDLE должно быть
/* как можно меньше. Если прерывание возникнет перед тем, как
/* команды NOP закончатся, процедура обработки прерываний
/* очистит SLEEP.MODE-биты в соответствии с кодом на рисунке 8.

asm("NOP");
asm("NOP");
asm("NOP");

/* Если во время команд NOP прерывание не поступит,
/* то прерывания эффективно заблокируются в этом месте кода
/* Если биты SLEEP.MODE будут очищены в этом месте, это будет
/* означать, что их очистила процедура обработки прерываний
/* во время команд NOP и трансивер не войдет в режим PM.

if (SLEEP & 0x03)
{
/* Установка PCON.IDLE для входа в выбранный режим PM, т.е. PM1.
PCON |= 0x01;

/* Трансивер сейчас в выбранном режиме и «проснется»
/* по прерыванию таймера или внешнего порта

/* Первая инструкция после выхода из режима PM.

asm("NOP");

}
/* Конец блока кода

/* Здесь надо вставить соответствующий код, указанный
/* на рисунках 6 и 7. Не подходит для режима PM0!

...
}

```

Рис. 1. Пример кода на языке C для перевода трансиверов в режимы PM0...PM3

MODE-биты будут ошибочно установлены в отличное от нуля значение перед тем, как бит PCON.IDLE будет очищен микроконтроллером. Вследствие этого трансиверы CC111xFx/CC251xFx немедленно вновь перейдут в режим PM{2-3}. Так как причина пробуждения (прерывание) все еще будет активна в этот момент, трансиверы CC111xFx/CC251xFx «проснутся» и снова перейдут в режим PM{2-3}, что приведет к зависи-

нию, из которого можно выйти только по сигналу RESET.

Для того чтобы быть уверенным, что биты SLEEP.MODE установлены в 0, рекомендуется передавать посредством DMA-передачи определенное количество байт в регистр SLEEP. Этот регистр переключается записью DMAREQ.DMAREQx битов непосредственно перед записью бита PCON.IDLE, однако это требует определенных условий:

```

/* код на языке C: */

/* Инициализация буферов источников и DMA дескрипторов для DMA
/* передачи.
unsigned char __xdata PM2_BUF[7] =
{0x06, 0x06, 0x06, 0x06, 0x06, 0x06, 0x04};
unsigned char __xdata PM3_BUF[7] =
{0x07, 0x07, 0x07, 0x07, 0x07, 0x07, 0x04};
unsigned char __xdata dmaDesc[8] =
{0x00, 0x00, 0xDF, 0xBE, 0x00, 0x07, 0x20, 0x42};

void main(void)
{
...

/* сохранение текущего DMA дескриптора нулевого канала 0
/* и остановка текущих передач, если канал используется
unsigned char storedDescHigh = DMA0CFGH;
unsigned char storedDescLow = DMA0CFGH;
DMAARM |= 0x81;

/* Связывание дескриптора с правильным источником
/* Замените &PM2_BUF на &PM3_BUF если используется PM3

dmaDesc[0] = (unsigned int)& PM2_BUF >> 8;
dmaDesc[1] = (unsigned int)& PM2_BUF;

/* Связывание дескриптора с DMA каналом 0 и его активация
DMA0CFGH = (unsigned int)&dmaDesc >> 8;
DMA0CFGH = (unsigned int)&dmaDesc;
DMAARM = 0x01;

/* Замечание! В этом месте надо убедиться, что все прерывания,
/* которые не будут использоваться для «пробуждения»
/* трансивера, были отключены, как описано в главе "Power
/* Management Control" описания.

/* Синхронизация с положительным фронтом сигнала генератора
/* 32 кГц как описано в главе "Sleep Timer and Power Modes".
char temp = WORTIME0;
while (temp == WORTIME0);

/* Убедитесь, что генератор XOSC отключен при входе в режим
/* PM{2 - 3} и что кэш отключена.
/* Замените 0x06 на 0x07, если используется Pm3
MEMCTR |= 0x02;
SLEEP = 0x06;

/* Вход в режим так, как рассказано в главе "Power Management
/* Control" описания. Убедитесь, что DMA-канал 0 активирован
/* непосредственно перед установкой PCON.IDLE.
asm("NOP");
asm("NOP");
asm("NOP");
if (SLEEP & 0x03)
{
asm("MOV 0xD7, #0x01"); /* DMAREQ = 0x01;
asm("NOP"); /* Needed to perfectly align the
/* the DMA transfer.
asm("ORL 0x87, #0x01"); /* PCON |= 0x01;
asm("NOP");
}

/* Включение кэша.
MEMCTR &= ~0x02;

/* Связывание DMA канала 0 с оригинальным дескриптором и его
/* инициализация, если он использовался перед входом в режим PM
DMA0CFGH = storedDescHigh;
DMA0CFGH = storedDescLow;
DMAARM = 0x01;

...
}

```

Рис. 2. Пример кода для начала DMA-передачи

- Трансивер CC111xFx/CC251xFx должен работать на максимально возможной частоте HS RC-генератора.

- Генератор HS XOSC должен быть отключен

- Кэш-память должна быть отключена

Следующий код на рисунке 2 предполагает, что трансивер CC111xFx/CC251xFx уже работает на максимально возможной скорости HS RC-генератора. Код,

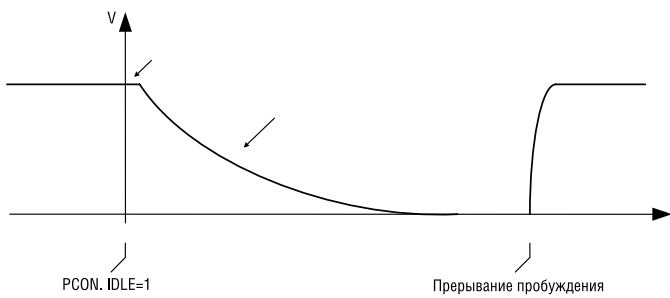


Рис. 3. Напряжение на регуляторе в режиме PM{2 - 3}

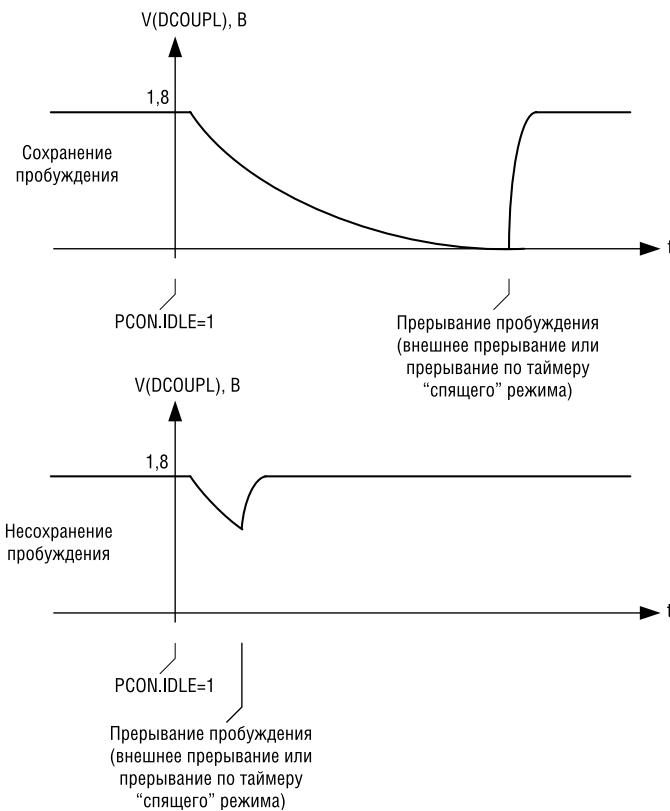


Рис. 4. Гарантированные и негарантированные «пробуждения» трансивера CC2430

выделенный жирным цветом, критичен ко времени выполнения, поэтому должен быть использован без изменений.

Трансивер CC243x не имеет таких проблем с пробуждением, как CC111xFx/CC251xFx. Таким образом, процедура ввода CC243x в режим PM{2-3} такая же, как описана на рисунке 1. Надо лишь заметить, что CC243x должен вводиться в режим PM{2-3} на максимально возможной скорости HS RC-генератора. Однако в кристаллах версии D для CC243x есть

другая проблема с «пробуждением» из режимов PM{2-3}.

Трансивер CC243x имеет встроенный регулятор, который выдает напряжение 1,8 В для питания ядра при входных 2,0...3,6 В. Типичное напря-

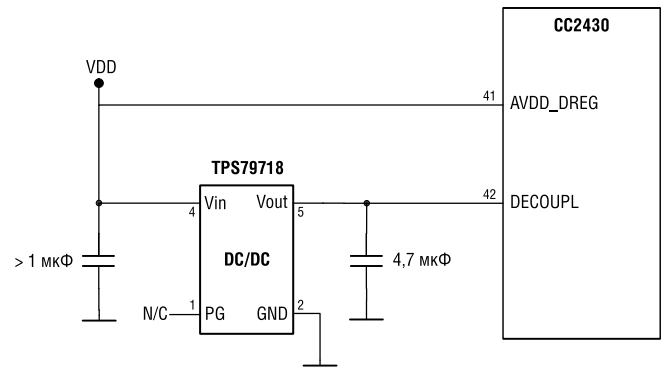


Рис. 5. Принципиальная схема применения внешнего регулятора напряжения

```

/* код на языке C: */
Void main(void)
{
...
/* Следующий код должен быть выполнен как перед входением */
/* в режим PM, так и после «пробуждения»: */
/* Очистка CLKCON.OSC для того, чтобы трансивер */
/* CC111xFx/CC251xFx работал на частоте генератора HS XOSC. */
/* Это необходимо, если генератор HS XOSC не был запущен перед */
/* входом в режим PM */
CLKCON &= 0xBF;

/* Проверка SLEEP.XOSC_STB для того, чтобы быть уверенным, что */
/* генератор HS XOSC стабильно работает перед продолжением */
/* выполнения кода */
while(!(SLEEP & 0x40));

/* Установка SLEEP.OSC_PD для выключения генератора HS RCOSC */
SLEEP |= 0x04;
...
}

```

Рис. 6. Проверка/инициализация генераторов для CC111xFx/CC251xFx

```

/* код на языке C: */
Void main(void)
{
...
/* Следующий код должен быть выполнен как перед входением в */
/* режим PM, так и после «пробуждения». Однако, надо заметить, */
/* что он необходим, только если необходимо запустить генератор */
/* HS XOSC в активном режиме: */
/* Установка SLEEP.OSC_PD для включения генератора HS XOSC */
/* (генератор HS RCOSC уже запущен) */
SLEEP &= 0x0B;

/* Проверка SLEEP.XOSC_STB для того, чтобы быть уверенным, что */
/* генератор HS XOSC стабильно работает перед продолжением */
/* выполнения кода */
while(!(SLEEP & 0x40));

/* В соответствии с описанием CC243x необходимо добавить */
/* соответствующее количество команд NOP, что дает 64 мкс */
/* задержки перед включением генератора HS XOSC */
asm("NOP");

/* Очистка CLKCON.OSC для включения генератора HS XOSC. */
CLKCON &= 0xBF;

/* Проверка CLKCON.OSC, для того, чтобы быть уверенным, что */
/* трансивер CC243x переключился на работу от генератора */
/* HS XOSC */
while (CLKCON & 0x40);

/* Установка SLEEP.OSC_PD для выключения генератора HS RCOSC */
SLEEP |= 0x04;
...
}

```

Рис. 7. Проверка/инициализация генераторов для CC243x

```

/* код на языке C: */
/* процедура обработки прерываний таймера спящего режима (ISR) */
#pragma(vector=VECT(5, 0x2B)) __near_func __interrupt void
ST_ISR(void);

#pragma(vector=VECT(5, 0x2B)) __near_func __interrupt void
ST_ISR(void)
{
/* Очистка IRCON.STIF (флаг прерывания таймера спящего режима) */
IRCON &= 0x7F;

/* Очистка WORIRQ.EVENT0_FLAG (флаг внешнего прерывания таймера
/* спящего режима) */
/* Это необходимо только для трансивера CC111xFx/CC251xFx! */
WORIRQ &= 0xFE;

...

/* Необходимо очистить биты SLEEP.MODE для того, чтобы
/* прерывание также могло возникнуть и перед тем как трансивер
/* войдет в режим PM. Если это прерывание возникнет в течении
/* работы трех команд NOP (перед тем, как прерывания
/* заблокируются) в коде из рисунка 1, то очистка битов
/* SLEEP.MODE будет гарантировать, что приложение не войдет
/* в режим PM.
SLEEP &= 0xFC;
}

/* Процедура обработки внешних прерываний, например из порта 1 */
#pragma(vector=VECT(15, 0x7B)) __near_func __interrupt void
Pl_ISR(void);

#pragma(vector=VECT(15, 0x7B)) __near_func __interrupt void
Pl_ISR(void)
{
/* Очистка P1IFG.bit1 (флага внешнего прерывания Port1.Pin1) */
P1IFG = 0xFD;

/* Очистка IRCON2.P1IF (флага прерываний порта 1) */
IRCON2 &= 0xF7;

...

/* Необходимо очистить биты SLEEP.MODE для того, чтобы
/* прерывание также могло возникнуть и перед тем как трансивер
/* войдет в режим PM. Если это прерывание возникнет в течении
/* работы трех команд NOP (перед тем, как прерывания
/* заблокируются) в коде из рисунка 1, то очистка битов
/* SLEEP.MODE будет гарантировать, что приложение не войдет
/* в режим PM.
SLEEP &= 0xFC;
}

```

Рис. 8. Код возврата в активный режим

Таблица 1. Потребляемые токи в каждом из режимов

Интервал	Описание	Ток, мА	Длительность, мс	Потребление, мА/мс
1	Переход из спящего режима в режим генератора HS RCOSC 16 МГц	0,75	0,49	0,3675
2	Переход в режим генератора HS XOOSC 32 МГц	12	1,8	21,6
3	CMSA/CA алгоритм. Трансивер в режиме приема.	31	1,6	32,86
4	Переключение из режима приема в режим передачи	18	0,19	3,42
5	Передача пакетов. Трансивер в режиме передачи.	29	0,58	16,82
6	Переключение из режима передачи в режим приема	18	0,11	1,98
7	Прием подтверждения от координатора. Трансивер в режиме приема	31	1,1	34,1
8	Обработка пакетов. Ядро в режиме 32 МГц	12	1,1	13,2
9	Переход в спящий режим (PM0 → PM2). Ядро в режиме 16 МГц.	7	0,62	4,34

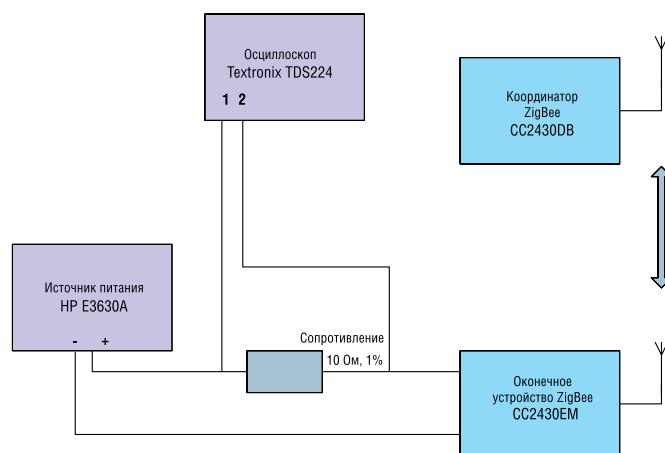


Рис. 9. Блок-схема изменения потребления тока

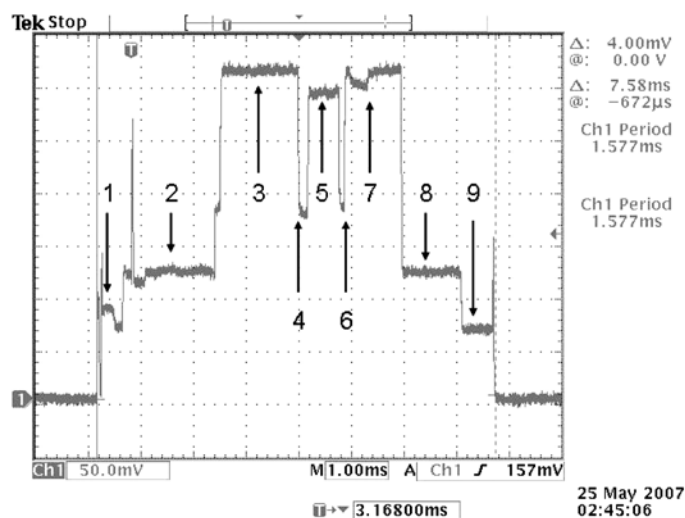


Рис. 10. Вид измерений на экране осциллографа

жение в режиме PM{2-3} показано на рисунке 3.

Проблема заключается в том, что если прерывание на «пробуждение» поступает в момент, когда напряжение на выходе регулятора находится в пределах 0,5...1,6 В, то это может привести к зависанию ядра, потерям данных в оперативной памяти и регистрах и другим проблемам (рис. 4).

Для борьбы с этим явлением рекомендуется использование внешнего регулятора (рис. 5).

При возвращении трансиверов CC111xFx/CC251xFx (рис. 6) и CC243x (рис. 7) в активный режим важно правильно сделать проверку/инициализацию генераторов.

Собственно код возврата в активный режим для трансиверов CC111xFx/CC251xFx/CC243x: показан на рисунке 8.

При использовании для питания трансиверов аккумуляторов важно знать, за какое время устройство разрядит используемый элемент. Для определения потребления можно использовать следующую схему (рис. 9) на примере ZigBee-трансиверов CC2430.

На экране осциллографа измерения могут выглядеть примерно так, как показано на рисунке 10.

Итого имеем следующие данные, обобщенные в таблице 1.

Вычисляем общее потребление, оно получается 128,7 мА/мс.

Попробуем рассчитать время жизни батареи при односекундных интервалах опроса:

Потребление во время опроса:

$$\frac{128,7 \text{ мА/мс} \times 60 \text{ с/мин} \times 60 \text{ мин/ч} \times 24 \text{ ч/сут}}{1000 \text{ мс/с} \times 3600 \text{ с/ч}} = 3,088 \text{ мА/ч}$$

Потребление во время сна:

$$\frac{0,0005 \text{ мА} \times (1000 \text{ мс} - 7,05 \text{ мс}) \times 60 \text{ с/мин} \times 60 \text{ мин/ч} \times 24 \text{ ч/сут}}{1000 \text{ мс/с} \times 3600 \text{ с/ч}} = 0,0119 \text{ мА/ч}$$

Общее потребление в сутки:

$$\frac{3,088 \text{ мА/ч} + 0,0119 \text{ мА/ч}}{24 \text{ ч}} = 0,129 \text{ мА/ч}$$

Если питать устройство от двух последовательно соединенных 1,5 В батарей емкостью, например 3,1 А/ч, то время жизни батарей составляет 1000 дней.

Таким же образом можно рассчитать время жизни батарей и при других значениях интервала опросов.

Литература

1. Application Note AN053 Measuring power consumption with CC2430 & Z-Stack
2. Design Note DN106 Power Modes in CC111xFx, CC243x, and CC251xFx
3. Application Note AN044 CC2430 Revision D, Power Modes.

Ответственный за направление
в КОМПЭЛе – Мария Рудяк

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



СИСТЕМА НА КРИСТАЛЛЕ **CC2430**

CC2430 – SoC, построенная на базе ZigBee-трансивера CC2420, объединенного с производительным контроллером 8051

Ключевые особенности:

- 8051 микроконтроллер с тактовой частотой 32 МГц
- Трансивер IEEE 802.15.4 (2.4 ГГц)
- 3 версии: 32/64/128 Кб программируемой FLASH-памяти
- Малое потребление энергии
- Статическая память 8 Кб (SRAM) с функцией DMA
- Один IEEE 802.15.4 MAC таймер, один общий 16-битный таймер и два 8-битных таймера
- Цифровая схема измерения уровня сигнала RSSI/LQI



ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ



Заработает ли устройство, если в нем заменить микроконтроллер MSP430F169 на MSP430F2619?

Отвечает инженер по применению микроконтроллеров и DSP
Алексей Пантелейчук

Несмотря на то, что микроконтроллеры MSP430F261x могут рассматриваться как совместимые по выводам прямые замены MSP430F16x, существует несколько моментов, на которые стоит обратить особое внимание.

Больше всего повезло разработчикам, использующим MSP430F16x в 64-выводном корпусе LQFP, так как они могут напрямую заменить этот микроконтроллер на MSP430F261x в том же корпусе. Т.е. как корпус, так и площадь, занимаемая на печатной плате (PCB footprint) идентичны.

Сигналы I ² C	Вывод/сигнал F16x	Вывод/сигнал F261x	Комментарии
SDA	вывод 29 (P3.1/SIM00/SDA)	вывод 29 (P3.1/UCB0SIM0/UCB0SDA)	нет конфликта
SCL	вывод 31 (P3.3/UCLK0/SCL)	вывод 30 (P3.2/UCB0SOMI/UCB0SCL)	меняется вывод

Однако при переходе на устройства в 80-выводном LQFP-корпусе позволяет получить в распоряжение дополнительные порты ввода/вывода, хотя сам переход потребует аппаратной переработки приложения.

Практически все выводы MSP430F261x могут быть использованы для тех же целей, что и выводы MSP430F16x, кроме одного исключения. Если в приложении используется последовательный интерфейс USART микроконтроллера F16x в режиме I²C, прямую замену на F261x осуществить не получится из-за несовместимости по выводам (см. таблицу 1).

Кроме того, несмотря на то, что оба семейства программно совместимы, можно сказать, что в большинс-

тве случаев, при переходе на новый микроконтроллер нельзя просто загрузить бинарный код MSP430F16x в MSP430F261x. В общем, потребуется перекомпоновать ПО на уровне исходных кодов с использованием необходимых заголовочных файлов, библиотек и соответствующего linker command file для MSP430F261x (lnk_msp430f2619.cmd для среды разработки Code Composer Essential, или lnk430f2619.xcl для IAR Embedded Workbench).

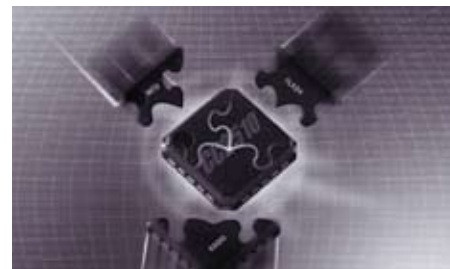
Подробнее о предпосылках и особенностях перехода на новое семейство микроконтроллеров см. <http://mcu.compel.ru/article/43> и <http://mcu.compel.ru/article/44>.



Можно ли использовать трансиверы Chipcon компании Texas Instruments для передачи звука?

Отвечает инженер по системам беспроводной связи
Всеволод Нестеров

Системы на кристалле CC2510 и CC2511 имеют в своем составе интерфейсы АЦП, ЦАП и I2S. Они предоставляют возможность применения CC2510 и CC2511 для передачи звука без использования внешнего аудио-кодека. Более подробную информацию можно получить из документа DN402, который выложен на сайте TI.



Вниманию потенциальных авторов!

Редакция журнала «Новости электроники» ищет новых авторов статей в рубрики «Аналоговые микросхемы», «Управление питанием», «Микроконтроллеры», «DSP», «Беспроводные технологии» (с акцентом на практическое применение).

Желателен личный опыт реальной практической работы в области разработки электроники, опыт написания научных или практических материалов по данной тематике, знание тенденций развития мировой электроники.

Оплата материалов от 1500 руб. за 5000 печатных знаков с пробелами.

Предложения просьба присылать на электронный адрес: vesti@compel.ru, указав в теме письма «автор».