

№9 (35), 2007 г.

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:**

Эдуард Бакка

**Электронная подписка:**  
[www.compel.ru/subscribe](http://www.compel.ru/subscribe)

**Отпечатано:**

«Гран При»  
г. Рыбинск

Тираж — 1500 экз.  
© «Новости электроники»

**Подписано в печать:**  
2 июля 2007 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

## БРЕНД НОМЕРА: *TEXAS INSTRUMENTS*

Статья лидером в России <i>Андрей Агеноров</i> .....	3
Решения от Texas Instruments для AC/DC- и DC/DC-преобразователей <i>Евгений Звонарев</i> .....	6
Маломощные операционные усилители <i>Владимир Еремеев</i> .....	13
Температурные датчики Texas Instruments <i>Михаил Удовиченко</i> .....	17
Первые цифровые сигнальные контроллеры с плавающей точкой <i>Алексей Пантелейчук</i> .....	21
Применение радиомодемов стандарта IEEE802.15.4 (ZigBee) в системах промышленной автоматике <i>Алексей Николаев, Владимир Чумычкин</i> .....	23
Датчик движения с низким энергопотреблением на основе MSP430F2013 <i>Алексей Пантелейчук</i> .....	26
Иногда они питаются яблоками <i>Андрей Панисько</i> .....	29
Магические числа электроники: 431, 494, 1524, 1843 <i>Георгий Келл</i> .....	31



# ОТ РЕДАКТОРА

## Уважаемые читатели!

Возможно, вы удивлены: как уже второй номер в этом году, посвященный

**Texas Instruments?** Да, мы решили выпустить еще один такой номер. Все-таки TI — настоящий гигант в области аналогового, смешанного и цифрового сигнала, и компания КОМПЭЛ во всех перечнях поставляемой продукции закономерно ставит этот бренд на первое место. В одном номере журнала невозможно рассказать даже об основных группах товаров, производимых компанией TI.

В этом номере акцент сделан не на больших обзорах, посвященных основным группам товаров, а на более узких группах (маломощные ОУ, температурные датчики) и на вопросах практического применения. Надеюсь, вы с интересом прочтете статьи о применении продукции TI для построения AC/DC- и DC/DC-преобразователей, беспроводных промышленных систем ав-

томатического управления, датчиков движения охранных систем.

Хотелось бы обратить ваше внимание на последнюю страницу обложки. Там размещен анонс проводимого компанией TI семинара по разработке источников питания. Он пройдет в нескольких российских городах в сентябре этого года. Компания TI известна своей активной работой с разработчиками электроники. Она, как правило, откликается на их вопросы и предложения. Пожалуйста, читая журнал, обращайтесь внимание на рекламу такого рода, активной регистрируйтесь для участия в мероприятиях, задавайте вопросы. Может быть, этот вид рекламы — самый полезный из всех, имеющихся в журнале. Мы, в свою очередь, постараемся рассказывать о наиболее значимых конференциях и семинарах на наших страницах.

С уважением,  
Геннадий Каневский



## TEXAS INSTRUMENTS: СТАТЬ ЛИДЕРОМ В РОССИИ

*В третьем номере журнала «Новости электроники» за этот год, также посвященном Texas Instruments, мы опубликовали интервью президента компании КОМПЭЛ Бориса Рудяка, в котором он говорил об уникальных особенностях компании TI. Теперь на вопросы редактора журнала Геннадия Каневского отвечает руководитель отдела бренд-менеджеров КОМПЭЛа Андрей Агеноров — человек, непосредственно отвечающий за работу с брендом Texas Instruments в компании.*

**Геннадий Каневский:** Это — уже второй номер журнала за этот год, целиком посвященный компании Texas Instruments и ее продукции. Поддерживаете ли вы такое решение редколлегии журнала «Новости электроники»?

**Андрей Агеноров:** Для повышенного внимания к Texas Instruments действительно есть серьезные основания. Главная причина состоит в том, что с осени прошлого года TI становится самым активным поставщиком электронных компонентов в Россию и страны СНГ. Texas Instruments по объему бизнеса является компанией номер три среди мировых производителей полупроводников — после Intel и Samsung. Ни Intel, ни Samsung не являются фокусными в нашей модели бизнеса, поскольку их продукция предназначена главным образом для производства компьютеров. Компьютеры в России не производятся. Следовательно, Texas Instruments — самый крупный в мире поставщик для нашего бизнеса. И когда крупнейший поставщик проявляет самую высокую активность на рынке, это не может пройти мимо участников этого самого рынка. Более того, это почти наверняка приведет к существенному изменению в соотношении сил. Texas Instruments — мировой лидер, но не лидер в России. Компания более не согласна мириться с таким положением, именно изменение соотношения

сил на российском рынке и есть главная ее цель.

**Г.К.:** В чем выражается высокая активность Texas Instruments? Чем именно их активность отличается от позиции других поставщиков?

**А.А.:** Прежде всего — в самой формулировке цели: многократное увеличение продаж за относительно небольшое время. Если конкретнее — пятикратное увеличение продаж за 4-5 лет. Что за этим стоит? Именно то, о чем мы сказали чуть ранее — Texas Instruments должен добиться в России, как и во всем мире, позиции лидера. Понятно, что формулировка цели — это еще не вся позиция, нужны действия по достижению цели. Должен сказать, что именно действия TI и побудили нас к тому, чтобы посвятить ему второй по счету бренд-номер журнала. Осенью 2006 года компания TI открыла офис в Москве и начала набирать сильную команду инженеров и менеджеров. Одна из сильнейших сторон менеджмента TI — умение слушать и слышать партнера. Наши встречи всегда очень результативны, наше ежедневное общение всегда предельно конкретно и энергично. Вообще высокая энергетика — основная черта людей, работающих в TI. Кроме того, Texas Instruments, пожалуй, лучше других поставщиков понимает особенности российского рынка и строит маркетинговую по-



литику исходя из этого понимания. Всем известны семинары и тренинги, регулярно проводимые компанией. Они не ограничиваются Москвой, их специалисты из Европы и Америки колесят по всей России, не опасаясь морозов и медведей... (смеется). Их университетская программа — это не что иное, как инвестиции в свое будущее. Многочисленные брошюры, книги на русском языке, диски, русскоязычный сайт. И уверяю вас, это только начало.

**Г.К.:** В каких продуктах Texas Instruments «впереди планеты всей»? Где именно компания хочет стать лидером?

**А.А.:** Любому разработчику хорошо известно, что Texas Instruments — это, прежде всего, микроконтроллеры и DSP для широчайшего спектра приложений. Разумеется, компания не собирается сдавать своих позиций, а намерена их всячески укреплять. Однако гораздо меньше людей ассоциируют Texas Instruments с аналоговыми продуктами. Тем не менее, именно в аналоговых компонентах TI является признанным мировым лидером. В России это не так. Ликвидация этого «перекося» на российском рынке — одна из главных задач московского офиса компании. По сути дела речь идет о своего рода ребрендинге — изменении имиджа компании. Именно в этой — аналоговой — части номенклатуры будут сосредоточены главные силы. Как в семинарах и публикациях, так и в проектной работе с заказчиками. К слову, эффективное сопровождение проектов — также одна из сильных сторон Texas Instruments. КОМПЭЛ старается максимально использовать эту сильную сторону в интересах своих заказчиков. 

# 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



Евгений Звонарев

## РЕШЕНИЯ ОТ TEXAS INSTRUMENTS ДЛЯ AC/DC- И DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

*Вы проектируете системы электропитания? Широкий выбор компонентов для создания высокоэффективных AC/DC- и DC/DC-преобразователей производит компания Texas Instruments. В статье дан краткий обзор электронных компонентов Texas Instruments, на основе которых можно разработать источники питания и схемы управления для самых разнообразных приложений. Среди этих компонентов — корректоры коэффициента мощности, аналоговые и цифровые ШИМ-контроллеры, драйверы МОП-транзисторов, импульсные DC/DC-преобразователи, LDO-стабилизаторы.*

В большинстве случаев источник питания можно построить по структурной схеме, приведенной на рисунке 1.

Часто в качестве схемы питания достаточно только некоторых блоков рисунка 1. Например, для создания низковольтных DC/DC-преобразователей отпадает необходимость в разделительном трансформаторе, схемах обратной связи для гальванической развязки и первичной высоковольтной части схемы.

### Корректоры коэффициента мощности

Большинство современных AC/DC-преобразователей средней и большой выходной мощности имеет на входе корректор коэффициента мощности (ККМ) или PFC (Power Factor Correction). Источники питания без ККМ создают мощные импульсные помехи по электросети для параллельно включенных электроприборов. Международная электротехническая комиссия (МЭК) или IEC (International Electrotechnical Commission) и международная организация по стандартизации или ISO (International Organization for Standardization) устанавливают ограничения на содержание и уровни гармоник во входном токе

вторичных источников электропитания. Использование электроприборов, не удовлетворяющих стандартам этих организаций, запрещено во многих странах, поэтому разработчики серьезной аппаратуры обязательно должны об этом помнить. На рисунке 2 показаны временные диаграммы работы источников питания с ККМ на входе и при его отсутствии.

Типовой AC/DC-преобразователь имеет на входе сетевой выпрямитель и сглаживающий конденсатор, являющийся реактивной нагрузкой для диодного моста и питающей сети. Такой ИП потребляет мощность от сети только в то время, когда напряжение, подаваемое с выпрямителя на сглаживающий конденсатор, превышает напряжение на этой емкости (см. левую часть рисунка 2). На практике это время составляет примерно 25% от периода сетевого напряжения. В оставшиеся три четверти периода мощность от сети не потребляется, так как нагрузка питается от сглаживающего конденсатора. Это приводит к тому, что мощность подается в нагрузку только на пиках напряжения, а потребляемый ток имеет форму короткого импульса и содержит много мощных гармоник. Корректор коэффициента



**Двухкаскадные токовые датчики**  
Компания Texas Instruments представила два токовых датчика с диапазоном синфазных входных напряжений от -16 В до 80 В. INA270 и INA271 имеют двухкаскадную архитектуру и предназначены для применения в цепях, где требуется фильтрация входного сигнала (см. [www.ti.com/sc07083](http://www.ti.com/sc07083)).

Для решения проблем, возникающих при измерении малых падений напряжения на шунте, в присутствии высокого синфазного напряжения, между каскадами INA270 и INA271 могут быть включены фильтрующие цепи для поддержания буферизированного напряжения на выходе. В результате, при управлении АЦП или низкоимпедансными нагрузками, применение дополнительных усилителей не требуется.

Диапазон синфазных напряжений на входе INA270 и INA271 составляет от -16 В (обратное напряжение автомобильной батареи) до напряжений при кратковременных перегрузках +80 В. При этом диапазон напряжений питания приборов от одиночного источника от +2,7 до +18 В.

Устройства отличаются высокой точностью (максимальная погрешность не более 3% во всем температурном диапазоне), широкой полосой (130 кГц), низким током покоя (максимум 900 мкА) и расширенным температурным диапазоном -40...125°C. Доступны коэффициенты усиления: 14 для INA270 и 20 для INA271. Оба прибора могут применяться также в телекоммуникационном оборудовании, портативных компьютерах, паяльных станциях, измерительных и испытательных системах.

мощности уменьшает среднеквадратичное значение потребляемого от сети тока и обеспечивает равномерное потребление мощности практически в течение всего периода сетевого напряжения при резком уменьшении гармонических составляющих тока во входной цепи. Это проиллюстрировано на правой части рисунка 2. Для

## AC/DC-преобразователи

## Изолированные DC/DC-преобразователи

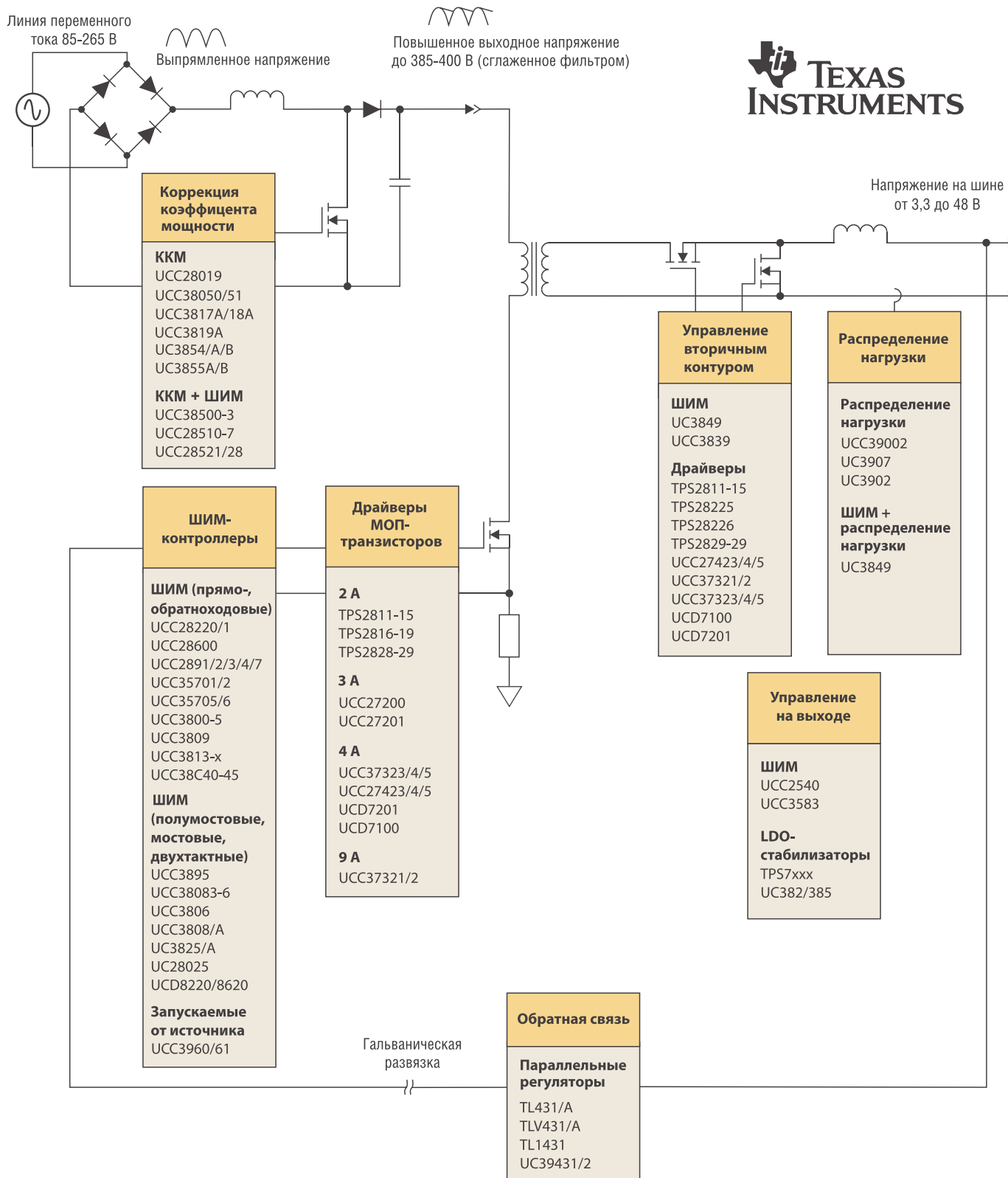


Рис. 1. Типовые решения от Texas Instruments для проектирования AC/DC- и DC/DC-преобразователей

количественной оценки внесенных искажений и помех существует коэффициент мощности (КМ или Power Factor). Коэффициент мощности ИП с параметрами ИП

в правой части рисунка 2 близок к единице и говорит о минимуме создаваемых помех. Одним словом, КМ показывает, насколько равномерно источник питания потреб-

ляет мощность от электрической сети.

У Texas Instruments есть эффективные решения для ККМ. Это многофазные корректоры ко-

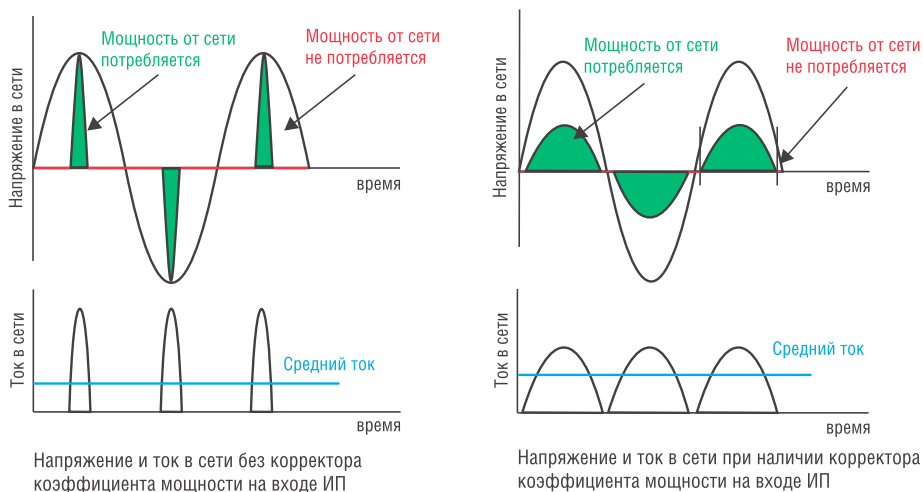


Рис. 2. Временные диаграммы напряжения и тока в источниках питания с ККМ и при его отсутствии

эфициента мощности (Interleaved PFC). Диаграммы работы однофазного и двухфазного ККМ показана на рисунке 3.

Из рисунка 3 хорошо видно, что при одинаковых условиях у двухфазного ККМ амплитуда тока через выходной конденсатор  $C_{\text{Вых}}$  в два раза меньше при удвоенной рабочей частоте, пульсации которой сгладить можно меньшей емкостью. Это позволяет использовать конденсатор с уменьшенными размерами и на пониженное рабочее напряжение. Габариты индуктивностей  $L1$  и  $L2$  более компактны по сравнению с индуктивностью в однофазном корректоре. Коэффици-

ент мощности у некоторых ККМ Texas Instruments превышает значение 0,99. По способу управления ККМ подразделяются на три вида:

- управление по среднему значению тока – оптимальный метод управления для ККМ при достижении малых нелинейных искажений;
- управление по переходному режиму – недорогое и более простое решение с высокими требованиями к фильтрации и максимальному току;
- управление по переходу напряжения через ноль (ZVT) – один из способов мягкого включения, снижающий уровень

электромагнитных помех и позволяющий работать на более высокой частоте.

### Цифровое управление питанием

Нельзя не остановиться на относительно новом перспективном цифровом управлении питанием – серии Fusion Digital Power для создания изолированных и неизолированных преобразователей, а также для построения управляемых DC/DC-преобразователей в точке нагрузки (Point of Load или POL). Основная идея серий Fusion Digital Power – замена аналогового ШИМ-контроллера на цифровой (Ц-ШИМ). Цифровой ШИМ-контроллер позволяет более гибко регулировать выходное напряжение и коэффициент мощности, выравнивать напряжения в многофазных преобразователях и осуществлять многие другие функции управления и контроля работоспособности. На рисунке 4 показана упрощенная структурная схема преобразователя с использованием микросхем серий Fusion Digital Power.

Под цифровым контроллером подразумевается Ц-ШИМ-ядро плюс цифровая логика, позволяющие осуществлять функции управления, описанные выше. Драйвер и выходной каскад выполнены с учетом прямого согласования между частями схемы с

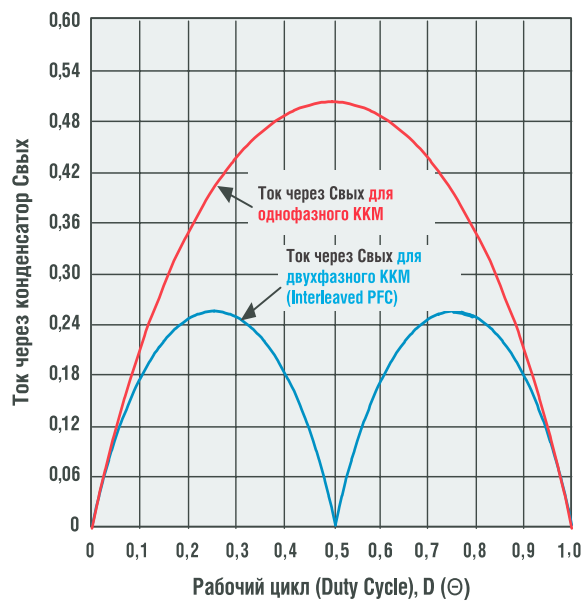
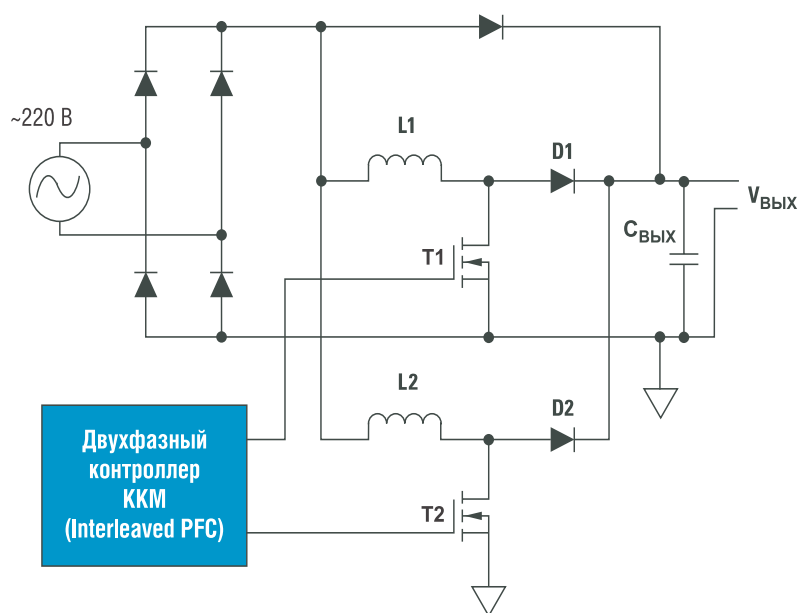
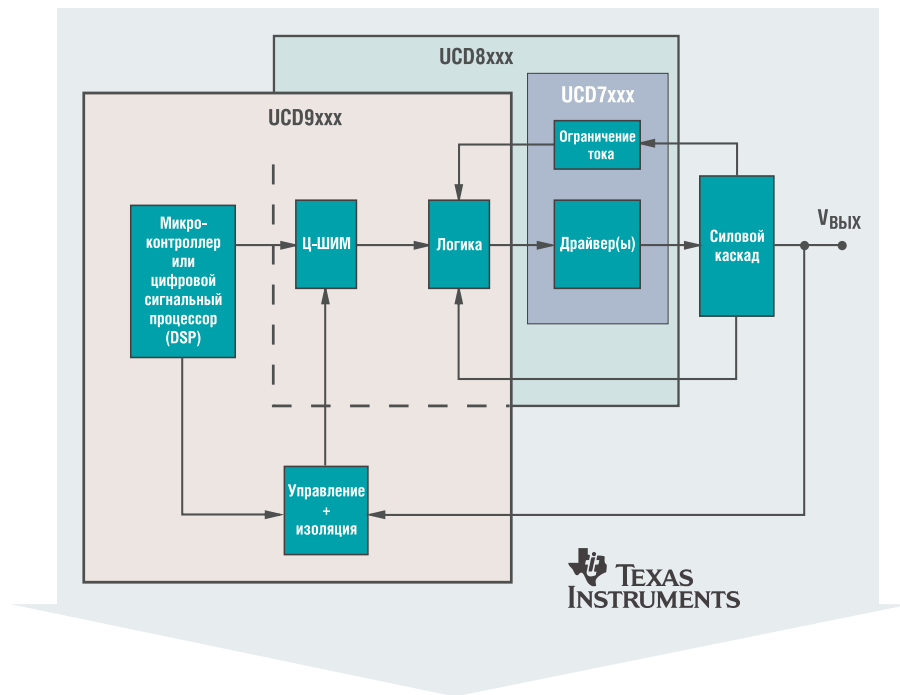


Рис. 3. Структура двухфазного ККМ и диаграммы работы однофазного и двухфазного корректоров мощности



минимумом дополнительных навесных элементов. В цепи обратной связи происходит преобразование аналогового сигнала ошибки в цифровой код с помощью быстродействующего прецизионного АЦП. Цифровой сигналный процессор (DSP) или микроконтроллер (MSP430, TMS470 или любой другой, подходящий по производительности) вычисляют величину сигнала рассогласования, который корректирует ошибку и управляет передачей энергии в силовой каскад. Сигналы с цепей защиты и управления аналогично могут преобразовываться в цифровой код и анализироваться цифровым контроллером. Это позволяет расширить гибкость управления и получить более точную повторяемость схем ИП, а также высокую стабильность характеристик и точность выходных напряжений при широком диапазоне изменения нагрузки и температурного режима.

Самый простой вариант – использование только драйверов с управлением цифровым кодом из серии UCD7xxx. При этом разработчик может использовать любые подходящие микроконтроллеры или ЦСП. Это может быть связано с накопленным опытом по программированию и наличием отладочных средств и программ для контроллеров, с которыми проектировщик работает уже длительное время. Хотя использование всех серий от Texas Instruments для цифрового управления питанием, скорее всего, будет оптимальным с точки зрения количества используемых компонентов, но окончательный выбор останется за разработчиком. Следующий вариант – применение серии UCD8xxx, содержащей ШИМ, управляемый цифровым кодом, логический блок и драйвер(ы) с ограничением выходного тока. Это проиллюстрировано на рисунке 4 блоком UCD8xxx. Максимально гибкое решение для проектирования цифрового источника питания – комбинированное взаимодействие серий UCD9xxx (цифровой контроллер + ШИМ-контроллер) и микросхем драйверов UCD7xxx. Высокая



Fusion Digital Power Drivers	Fusion Digital Power PWM Controllers	Full Digital Controllers
UCD7K серия: Драйвер(ы) с управлением цифровым кодом	UCD8K серия: ШИМ-контроллер + драйвер, управляемый цифровым кодом	UCD9K серия: Цифровой контроллер + ШИМ-контроллер

Рис. 4. Три серии для цифрового управления питанием фирмы Texas Instruments

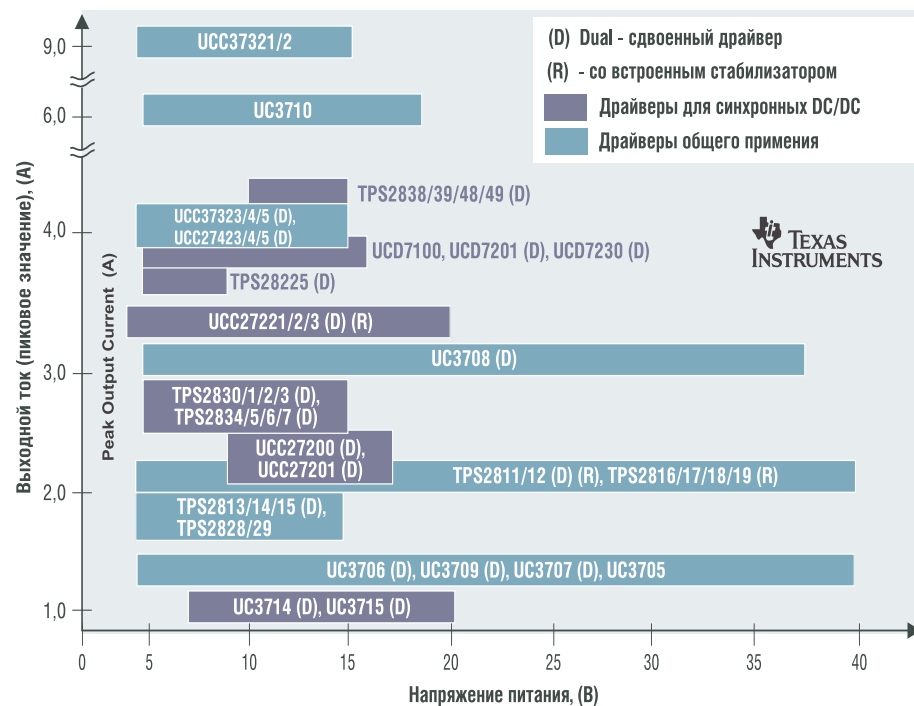


Рис. 5. Драйверы МОП-транзисторов Texas Instruments

повторяемость, возможность автокалибровки и подстройки, стабильность параметров в широком диапазоне температур обеспечивают ИП с цифровым управлением перспективу уже сейчас и в самом ближайшем будущем.

### ШИМ-контроллеры источников питания

По способу управления ШИМ-контроллеры Texas Instruments делятся на две группы:

- управление с помощью обратной связи по напряжению – про-

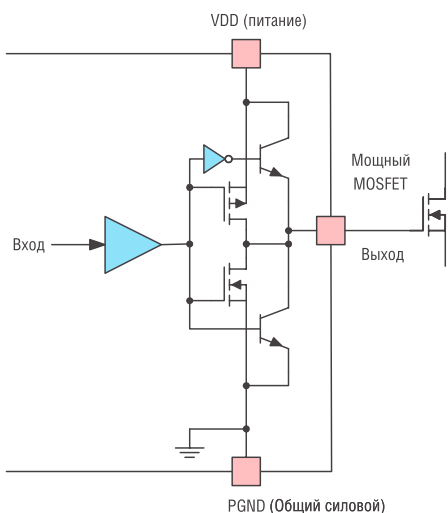


Рис. 6. Мощный выходной буфер TrueDrive™

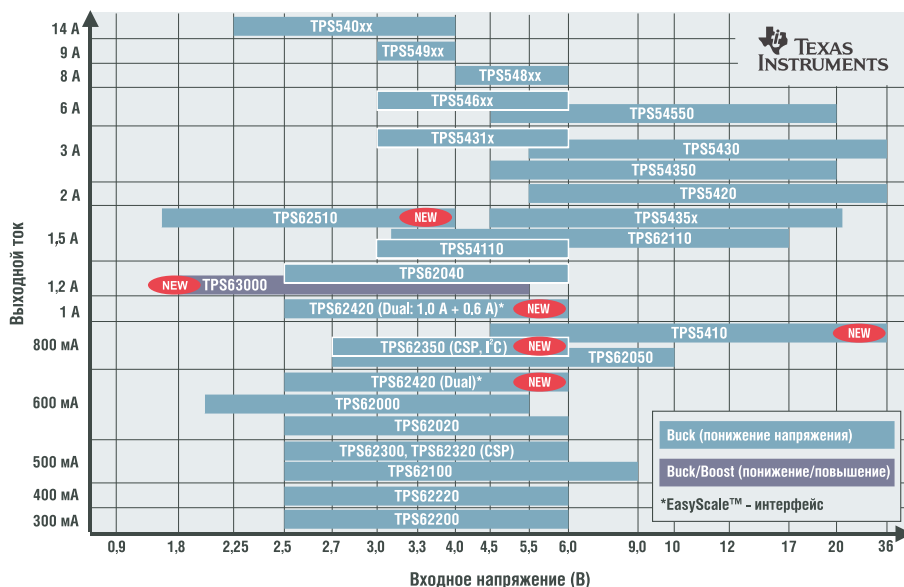


Рис. 7. Понижающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом

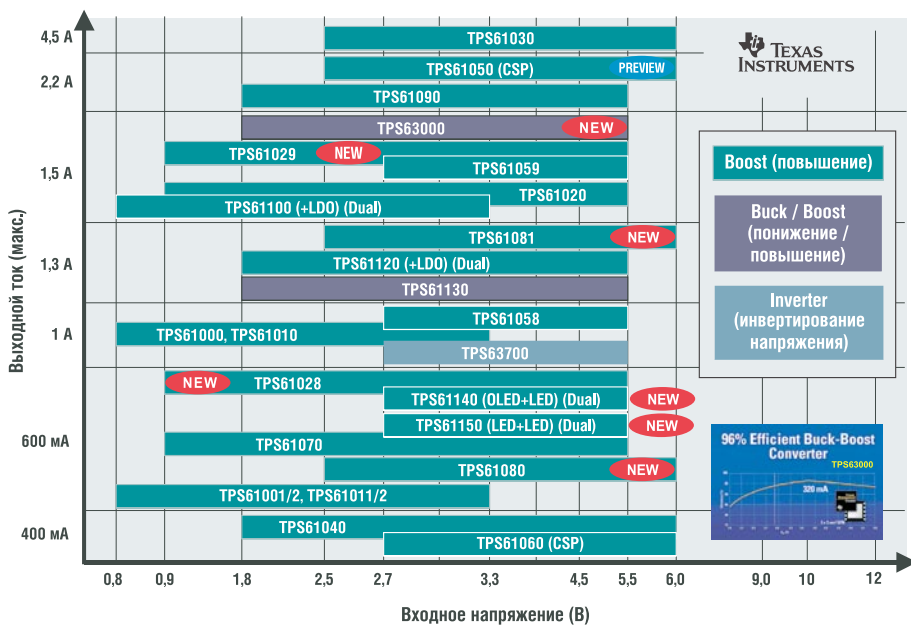


Рис. 8. Повышающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом Texas Instruments

той метод управления для широкого диапазона по входу и выходу устройств;

- управление с помощью обратной связи по току – обеспечение быстрого отклика на входное воздействие с возможностью ограничения по току в каждом рабочем цикле.

Программируемый плавный пуск устраняет жесткие режимы для транзисторов и пассивных компонентов. Наличие в ШИМ-контроллерах схемы ограничения максимальной скважности предо-

твращает насыщение импульсного трансформатора. Микросхемы этого класса с префиксами USS имеют низкий ток запуска и предназначены в первую очередь для автономных приложений. ШИМ-контроллеры Texas Instruments уже давно завоевали широкую популярность у отечественных разработчиков и доказали свою высокую надежность.

### Драйверы МОП-транзисторов

Драйверы МОП-транзисторов (MOSFET) предназначены для

управления мощными полупроводниковыми приборами в выходных каскадах преобразователей электрической энергии. Драйверы используются в качестве промежуточного звена между управляющей схемой (контроллером или цифровым сигнальным процессором) и мощными исполнительными элементами, коммутирующими нагрузку. Драйверы полевых транзисторов Texas Instruments имеют высокие выходные токи (до 9 А), малые длительности фронта, спада, задержки и другие отличительные особенности. Обзорное представление о параметрах драйверов Texas Instruments дает рисунок 5.

Достичь таких больших выходных токов в сочетании с высоким быстродействием позволяет мощный выходной буфер TrueDrive™, представляющий собой параллельное включение двух каскадов, схемное решение которых показано на рисунке 6.

Входная часть каскада состоит из комплементарной пары полевых транзисторов разной проводимости, а выходная – из двух биполярных NPN-транзисторов. Инвертирующая схема на входе верхнего NPN-транзистора обеспечивает противофазную работу биполярных транзисторов. Такой комбинированный выходной каскад эффективно усиливает ток

и при низком напряжении питания благодаря наличию P- и N-канальных МОП-транзисторов (MOSFET). Благодаря встроенным стабилизаторам напряжения драйверы могут работать в широком диапазоне входных напряжений. В линейке этой продукции имеются инвертирующие, неинвертирующие, И и И-НЕ конфигурации драйверов.

**Понижающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом**

Понижающие импульсные DC/DC-преобразователи со встроенным ключом имеют максимальный ток ограничения 14 А. Серия маломощных DC/DC-преобразователей (TPS6xxxx) и понижающих конвертеров SWIFT™ (TPS54xxx) достигают максимального КПД 97% и оптимизированы для применения в маломощных устройствах с батарейным питанием. Синхронное выпрямление не только уменьшает стоимость за счет исключения внешнего выпрямительного диода Шоттки, но и увеличивает КПД преобразования на 10%. Наглядное представление о параметрах понижающих конвертеров со встроенным ключом дает рисунок 7. Широкие диапазоны входных и выходных напряжений этих приборов, наличие у некоторых входов управления по последовательному интерфейсу I<sup>2</sup>C делают их оптимальным выбором для многих приложений. Современные процессоры и специализированные ИС требуют очень низких напряжений питания. Для достижения максимальной гибкости Texas Instruments выпускает конвертеры с выходным напряжением вплоть до 0,7 В.

**Повышающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом**

Среди повышающих/понижающих импульсных DC/DC-преобразователей со встроенным ключом у Texas Instruments есть микросхемы TPS6300x с эффективностью преобразования до 96% во всем диапазоне входных напряжений от 1,8 до 5,5 В. Конвертеры TPS6300x предназначены для приложений, использующих Li-Ion элемент, а также

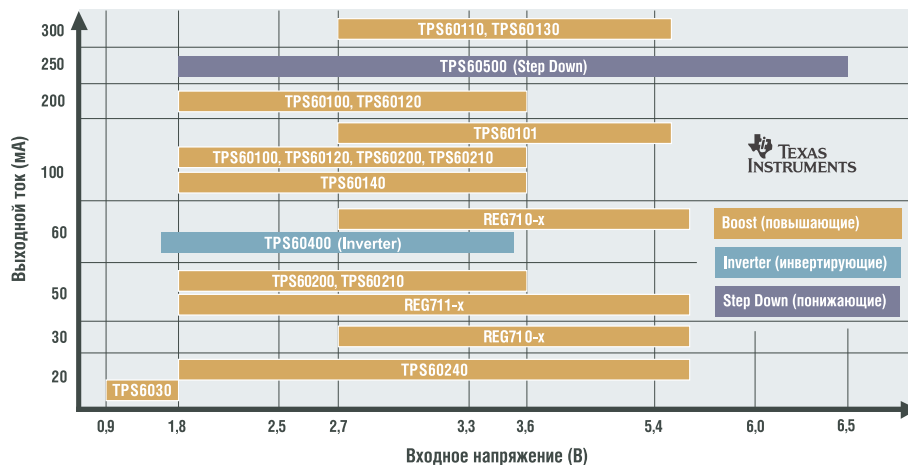


Рис. 9. Безындуктивные (Charge Pumps) DC/DC-преобразователи Texas Instruments

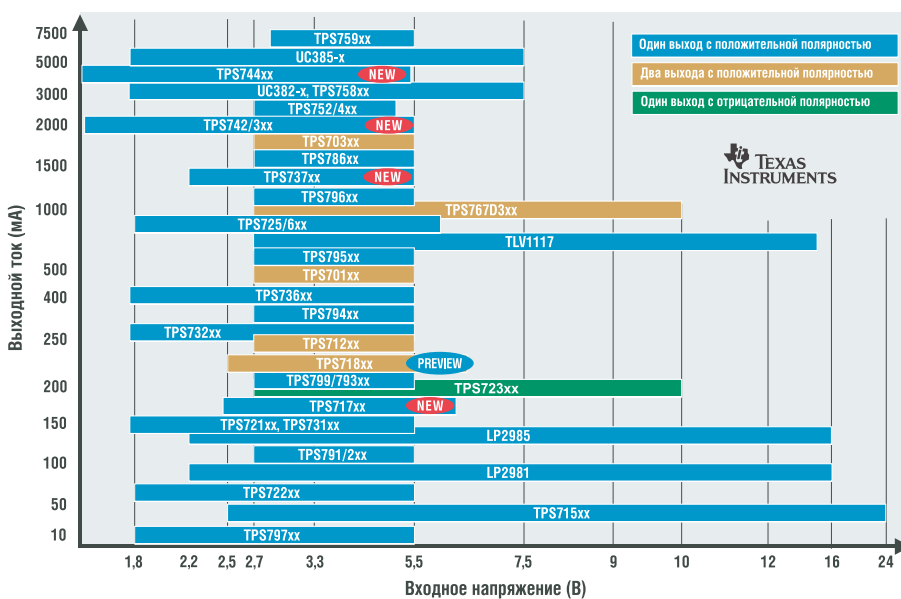


Рис. 10. LDO и линейные стабилизаторы Texas Instruments

2- или 3-элементную батарею питания. Собственное потребление этих микросхем составляет всего 25 мкА. Для работы этих преобразователей требуется индуктивность с номиналом всего 2,2 мкГн. Размеры малогабаритного корпуса QFN всего 3x3 мм. Основные параметры всей линейки повышающих и понижающих/повышающих преобразователей со встроенным ключом представлены на рисунке 8.

**Безындуктивные DC/DC-преобразователи со встроенным ключом**

Применение безындуктивных DC/DC-конвертеров напряжения (Charge Pumps) рекомендуется при необходимости выбора между

эффективностью преобразования и габаритами устройства. Топология с отсутствием индуктивности обеспечивает максимальный КПД 90% и для внешней обвязки требуется всего лишь несколько конденсаторов. Индуктивности, диоды и внешние транзисторы не требуются. Микросхемы выпускаются в миниатюрных корпусах SOT-23 и MSOP-8, размеры которых очень малы. Применение безындуктивных преобразователей целесообразно по стоимости, мощности и габаритам при выходном токе менее 300 мА при напряжении на выходе до 6 В. Если необходимы более высокие значения выходных токов, напряжений или КПД, то более эффективно применение импульсного преобразо-



вателя с индуктивностью как по стоимости, так и по габаритам. В повышающих преобразователях безындуктивного типа пульсации выходного напряжения сводятся к минимуму благодаря действию двух контуров умножения, работающие в противофазе. Это упрощает фильтрацию пульсаций на выходе. Умножители генерируют меньше шумов по сравнению с эквивалентным индуктивным преобразователем с одинаковым диапазоном выходного тока. Это может стать решающим аргументом при выборе схемы питания для малощумящих устройств или схем, чувствительных к высокочастотным шумам. Основные параметры безындуктивных умножителей напряжения Texas Instruments приведены на рисунке 9.

### LDO- и линейные стабилизаторы Texas Instruments

Для дополнительного подавления пульсаций после импульсных преобразователей часто ставят стандартный линейный или LDO-стабилизатор. Texas Instruments

предлагает широкий выбор LDO-стабилизаторов (с низким падением напряжения между входом и выходом) от схем с очень низким потреблением до схем с потреблением 7,5 А. Основные серии этого класса продукции представлены на рисунке 10. Для достижения минимального шума на выходе ИП необходимо выбирать LDO-стабилизатор с высоким коэффициентом подавления пульсаций (PSRR) и низким уровнем выходного шума (<50 мкВ). В некоторых LDO-стабилизаторах есть компенсационный вывод, к которому подключается конденсатор для уменьшения шума на выходе.

В статье кратко рассмотрена лишь небольшая часть продукции для управления питанием фирмы Texas Instruments. Дополнительную информацию заинтересованный читатель может найти на сайте производителя: [www.power.ti.com](http://www.power.ti.com).

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — по e-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru)



### ZigBee-стек на бесплатной основе

Компания Texas Instruments анонсировала доступность своего ZigBee-стека для бесплатного использования. Напомним, ранее стоимость ведущего стека технологии ZigBee составляла \$10 000. Z-Stack доступен с сайта компании по ссылке [www.ti.com/zigbee](http://www.ti.com/zigbee). Z-Stack компании Texas Instruments — золотой призёр ZigBee-альянса (аттестован компанией TUV Rheinland) успешно используется тысячами передовых компаний по всему миру. Z-Stack полностью совместим с требованиями стандарта ZigBee 2006 и поддерживает множество платформ, включая всем известную платформу 802.15.4/ZigBee — систему на кристалле CC2430, так и новую разработку компании — платформу на основе приемопередатчика CC2420 и микроконтроллера с ультранизким потреблением MSP430.

Более того, Z-Stack TI поддерживает новые расширенные возможности, например функцию «over-the-air-download», позволяющую обновлять узлы сети ZigBee, построенные по топологии одноранговой сети (mesh). Стек поддерживает одну из последних разработок компании — систему на кристалле CC2431 с функцией определения положения, позволяющей разработчикам строить ZigBee сети с подвижными узлами.

Одновременно с релизом Z-стека компания Texas Instruments объявила о снижении цены на отладочный набор ZigBee Development Kit, что позволит использовать продукты компании для построения ZigBee-сетей более широкому кругу компаний-разработчиков. Теперь решения ZigBee от Texas Instruments становятся доступными не только OEM-производителям, но и небольшим компаниям. Кроме того, для поддержки разработчиков TI запускает новый ресурс — сеть партнеров разработки и сервиса в области радиочастотных приложений Low-Power RF Developer Network, позволяющей в значительной мере, как и упростить процесс разработки, так и сократить время вывода продукта на рынок. Подробности на сайте компании: [www.ti.com/lprfnetwork](http://www.ti.com/lprfnetwork).

Technology for Innovators™

## Повышающий/понижающий преобразователь с КПД до 96%

Power Management  
TPS63000

Наименование	F <sub>РАБ.МАХ</sub> (мГц)	I <sub>РАБ.МАХ</sub> (А)	U <sub>ВХ</sub> (В)	U <sub>ВЫХ</sub> (В)
TPS63000	1,5	1,2	1,8...5,5	1,2...5,5
TPS63001				3,3
TPS63002				5

[www.compel.ru](http://www.compel.ru)

БРЕНД НОМЕРА

Владимир Еремеев

## МАЛОМОЩНЫЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

*Texas Instruments (TI) предлагает большой выбор операционных усилителей (ОУ), включая прецизионные, маломощные, с низким напряжением питания, высокоскоростные и rail-to-rail. В статье приведен обзор операционных усилителей компании TI, ток потребления которых в состоянии покоя не превышает 1 мА. Основные области их применения – портативные измерительные и детектирующие устройства, в том числе – охранные системы; устройства промышленной автоматики; медицинская техника.*

Компанией Texas Instruments разработано огромное количество промышленных усилителей с малым потреблением и низковольтных операционных усилителей с функциями, которые удовлетворяют самым разнообразным требованиям. Данное разделение не является строгим. ОУ может быть одновременно быстродействующим, малошумящим, с выходным напряжением, близким к напряжению питания и т.п. Облегчить процесс выбора позволяет интерактивный ресурс параметрического поиска [1].

Маломощными в настоящей статье определены усилители, ток потребления которых в состоянии покоя не превышает 1 мА. В таблицах 1 и 2 приведены основные параметры этих устройств. В таблице 1 представлены маломощные ОУ производственной линии BURR-BROWN [2]. Компания Burr-Brown (с 2000 года является подразделением TI) зарекомендовала себя как поставщик эталонной аналоговой продукции. Операционные и инструментальные усилители этой линии являются основными составляющими современных измерительных и управляющих систем, предназначенных для детектирования и усиления слабых сигналов.

Каждая из групп ОУ обладает следующими отличительными параметрами:

- высокоточные ОУ имеют напряжение смещения менее 500 мкВ;
- малошумящие ОУ характеризуются напряжением шумов не более 20 нВ/ на 1 кГц;
- входной ток смещения ОУ с малым входным током не превышает 100 пА (ОРА7хх, ОРА6хх);
- полоса пропускания широкополосных ОУ достигает 5 МГц;
- ОУ, ориентированные на работу при пониженном напряжении питания, работоспособны при напряжении ниже 2,7 В;
- микропотребляющие ОУ имеют ток потребления менее 50 мкА на канал;
- ОУ с выходом Rail-to-Rail обеспечивают максимально возможный размах выходного напряжения (в пределах напряжения питания ОУ), что позволяет получить самый широкий динамический диапазон;
- ОУ общего назначения имеют средние показатели по всем группам параметров и применяются в изделиях, где одним из важнейших требований является низкая цена.

Семейство КМОП ОУ ОРА363 (с входом выключения) и ОРА364

**TEXAS  
INSTRUMENTS**

**Однокиповые решения  
Texas Instruments для мобильных телефонов**

Компания Texas Instruments обнародовала свою «дорожную карту» по выпуску новых однокиповых 65 нм решений для мобильных телефонов, которые, согласно ее планам, должны обеспечить выигрышную позицию относительно продукции конкурентов – Infineon и других. В течение некоторого времени TI уже производит по 90 нм нормам однокиповое устройство LoCosto, нацеленное на растущий взрывными темпами рынок недорогих GSM-телефонов. Сейчас в разработке находится 65 нм версия LoCosto, и отгрузки, по утверждениям производителя, начнутся уже «очень скоро».

TI готовит к выпуску и еще одну линейку 65 нм однокиповых решений для мобильных телефонов – eCosto. Первым представителем этой платформы станет микросхема OPA1V1035, поддерживающая стандарты GSM, GPRS и EDGE. Отгрузки образцов этого чипа начнутся в течение квартала.

Источник:  
<http://www.3dnews.ru>

предназначено для использования в устройствах с однополярным и низким напряжением питания. Питание возможно от источника от 1,8 В ( $\pm 0,9$  В) до 5,5 В ( $\pm 2,25$  В). Эти ОУ идеальны для усиления сигналов датчиков в системах с батарейным питанием (рис. 1). Они оптимизированы для работы совместно со среднескоростными АЦП (до 100 кГц). Диапазон рабочих температур этих ОУ от  $-40^\circ\text{C}$  до  $125^\circ\text{C}$ .

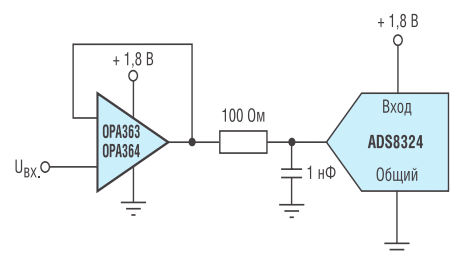


Рис. 1. Функциональная схема включения ОРА363



Таблица 1. Маломощные операционные усилители Texas Instruments из производственной линии Burr-Brown

ОУ	Кол-во каналов	Вход выкл.	V <sub>см</sub> (дрейф V <sub>см</sub> ), мВ (мкВ/°C)	Шум (1кГц), нВ/√Гц	I <sub>пот</sub> , мА/канал	I <sub>см</sub> , пА	f, МГц	Скорость нарастания, V/μs	Напряжение питания, В		
<b>ОУ с малым V<sub>см</sub> и малым дрейфом</b>											
ОРАу*277	1/2/4		0,02 (0,1)	8	0,825	1000	1	0,8	2...18		нет
ОРАу234	1/2/4		0,1 (0,5)	25	0,3	25000	0,35	0,2	2,7...36	да	нет
ОРАу241	1/2/4		0,25 (0,4)	45	0,03	20000	0,035	0,01	2,7...36	да	вых
<b>Маломощные широкополосные</b>											
ОРАу130	1/2/4		1 (2)	16	0,65	20	1	2	2,5...18		
ОРАу137	1/2/4		3 (2,5)	45	0,27	100	1	3,5	2,5...18		
<b>КМОП ОУ с малым I<sub>см</sub></b>											
ОРАу336	1/2/4		0,125 (1,5)	40	0,032	10	0,1	0,03	2,3...5,5	да	вых
ОРАу340	1/2/4	есть	0,5 (2,5)	25	0,95	10	5,5	6	2,7...5,5	да	вх/вых
ОРАу347	1/2/4		6 (2)	60	0,034	10	0,35	0,17	2,3...5,5		вх/вых
ОРАу348	1/2/4		5 (2)	35	0,065	10	1	0,5	2,3...5,5		вх/вых
ОРАу349	1/2/4		0,5 (2)	300	0,002	15	0,07	0,02	1,8...5,5		вх/вых
ОРАу364	1/2/4		0,5 (2)	17	0,75	10	7	5	1,8...5,5	да	вх/вых
ОРАу379	1/2/4		1 (4)	80	0,0045	10	0,09	0,015	1,8...5,5		вх/вых
ОРАу703/4	1/2/4		0,75 (4)	45	0,2	10	1	0,6	4...12	да	вх/вых
<b>Прецизионные</b>											
ОРАу381	1	есть	0,025 (0,1)	10	1	50	18	12	2,7...5,5	да	вых
ОРАу333	1/2		0,01 (0,05)	1μ V <sub>p-p</sub>	0,02	50	0,35	0,05	1,8...5,5	да	вх/вых
ОРАу335	1/2		0,005 (0,02)	1,4μ V <sub>p-p</sub>	0,3	200	2	1,6	2,7...5,5	да	вых
ОРАу734/5	1/2		0,005 (0,05)	150	0,75	200	1,6	1,5	2,7...12	да	вых
*у – количество каналов			Прецизионные V <sub>см</sub> ≤500 мкВ	Маломощные ≤20 нВ/√Гц	Микро-мощные ≤50 мкА	Малое входное смещение ≤100 пА	Быстродействующие ≥5 МГц			Однополярное питание	Полный размах напряжения

Одной из последних новинок в группе маломощных низковольтных усилителей является семейство ОРАу379. Его основные характеристики:

- Низкий уровень шумов: 2,8 мкВ;

- Низкая потребляемая мощность: 5,5 мкА;
- Максимальное значение напряжения смещения нуля: 1,5 мВ;
- Коэффициент ослабления синфазного сигнала: 90 дБ;

- Коэффициент подавления шумов источника питания (макс.): 2 мкВ/В;
- Коэффициент усиления по напряжению при разомкнутой цепи обратной связи: 120 дБ;
- Широкий диапазон напряжения питания: 1,8 В до 5,5 В;
- Малогабаритный корпус.

Новое семейство операционных усилителей обладает впечатляющей пропускной способностью (90 кГц) и низким током смещения (25 пА). Одинарные ОУ ОРА379 поставляются в корпусах SC70-5, SOT23-5 и SO-8, двоянные ОРА2379 – в корпусах SOT23-8 и SO-8, счетверенные ОРА4379 – в TSSOP-14. Для всех версий характерен расширенный температурный диапазон: от -40°C до 125°C. ОРАу379 – это прецизионные операционные усилители с низким энергопотреблением, разработанные специально

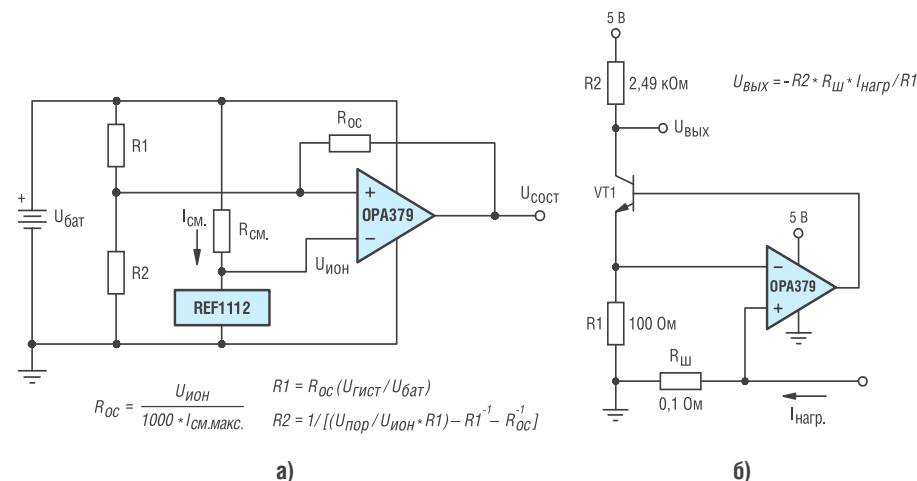


Рис. 2. Типичные примеры использования ОРА379

Таблица 2. Маломощные операционные усилители Texas Instruments

ОУ	Кол-во каналов	Вход выкл	V <sub>см</sub> (дрейф V <sub>см</sub> ), мВ (мкВ/°С)	Шум (1кГц), нВ/√Гц	Ипот, мА/канал	Исм, пА	f, МГц	Скорость нарастания, V/μs	Напряжение питания, В		
TLV27y*	1/2/4		5 (2)	39	0,66	60	3	2,4	2,7...15	да	ВЫХ
LMV321	1		7 (5)	39	0,17	250000	1	1	2,7...5,5	да	ВЫХ
LPV321	1		7 (4)	146	0,012	50000	0,237	0,1	2,7...5,5	да	ВЫХ
LMV324	4		7 (5)	39	0,17	250000	1	1	2,7...5,5	да	ВЫХ
LPV324	4		7 (4)	146	0,0115	50000	0,237	0,1	2,7...5,5	да	ВЫХ
TLV341	1		4 (1,9)	33	0,15	3000	2,3	0,9	1,5...5,5		ВЫХ
LMV341	1		4 (1,7)	40	0,17	120	1	1	2,5...5,5		ВЫХ
TLV342A	2		1,25 (1,9)	33	0,15	3000	2,2	0,9	1,5...5,5		ВЫХ
LMV342	2		4 (1,7)	40	0,17	120	1	1	2,5...5,5		ВЫХ
LMV344	4	есть	4 (1,7)	40	0,17	120	1	1	2,5...5,5		ВЫХ
LMV358	2		7 (5)	39	0,17	250000	1	1	2,7...5,5	да	ВЫХ
LPV358	2		7 (4)	146	0,01	50000	0,237	0,1	2,7...5,5	да	ВЫХ
LMV82y	1/2/4		3,5 (1)	45	0,4	100000	5	1,7	2,7...5,5	да	ВЫХ
LMV93y	1/2/4		5,5 (5,5)	60	0,185	75000	1,4	0,35	1,8...5		ВХ/ВЫХ
LMV98y	1/2	есть	4 (5,5)	60	0,185	65000	1,4	0,35	1,8...5		ВХ/ВЫХ
TLC1078	2		0,85 (1,1)	68	0,017	600	0,085	0,032	1,4...16	да	
TLC1079	4		0,45 (1,1)	68	0,017	600	0,085	0,032	1,4...16	да	
TLV2221	1		3 (1)	19	0,15	150	0,51	0,18	2,7...10	да	ВЫХ
TLV2241	1/2/4		3 (3)	800	0,0012	500	0,0055	0,002	2,5...12	да	ВХ/ВЫХ
TLV2252	2/4		1,5 (0,5)	19	0,0625	150	0,187	0,1	2,7...16	да	ВЫХ
TLV2262	2/4		2,5 (2)	12	0,25	150	0,67	0,55	2,7...16	да	ВЫХ
TLV2322	2/4		9 (1,1)	68	0,017	2000	0,027	0,02	2...8	да	
TLV2332	2/4		9 (1,1)	32	0,28	2000	0,3	0,38	2...8	да	
TLV2370	1/2/4	есть	4,5 (2)	39	0,66	60	3	2,4	2,7-15	да	ВХ/ВЫХ
TLV2381	1/2		4,5 (1,1)	90	0,01	60	0,160	0,06	2,7...16	да	ВХ/ВЫХ
TLV2422A	2		0,95 (2)	18	0,075	150	0,052	0,02	2,7...10	да	ВЫХ
TLV2432A	2/4		0,95 (2)	18	0,125	150	0,5	0,25	2,7...10	да	ВХ/ВЫХ
TLV2402A	1/2/4		1,2 (3)	800	0,00095	150	0,0055	0,0025	2,5...16	да	ВХ/ВЫХ
TLV2442A	2/4		0,95 (2)	18	0,725	300	1,75	1,3	2,7...10	да	ВЫХ
TLV2450	1/2/4	есть	1,5 (0,3)	51	0,035	5000	0,22	0,12	2,7...6	да	ВХ/ВЫХ
TLV2460	1/2/4	есть	1,5 (2)	11	0,575	14000	5,2	1,6	2,7...6	да	ВХ/ВЫХ
TLV2470	1/2/4	есть	1,6 (0,4)	15	0,75	50	2,8	1,4	2,7...6	да	ВХ/ВЫХ
TLV2620	1/2/4	есть	3,5 (3)	53	1	50	11	9,5	2,7...5,5	да	ВЫХ
TLV2630	1/2/4	есть	3,5 (3)	50	1	50	9	6	2,5...5,5	да	ВЫХ
TLV2711	1		3 (1)	22	0,025	150	0,065	0,025	2,7...10	да	ВЫХ
TLV2721	1		3 (1)	20	0,15	150	0,51	0,18	2,7...10	да	ВЫХ
TLV2760	1/2/4	есть	3,5 (9)	95	0,028	15	0,5	0,2	1,8...3,6	да	ВХ/ВЫХ
TLV2780	1/2/4	есть	3 (8)	18	0,82	15	8	4,3	1,8...3,6	да	ВХ/ВЫХ
TLV4110	2/4	есть	3,5 (3)	20	1	50	2,7	1,6	2,5...6	да	ВЫХ
*у – количество каналов			Прецизионные V <sub>см</sub> ≤50 мкВ	Маломощные ≤20 нВ/√Гц	Микро-мощные ≤50 мкА	Малое входное смещение ≤100 пА	Быстродействующие ≥5 МГц			Однополярное питание	Полный размах напряжения

для устройств с батарейным питанием. Они работоспособны при напряжении питания от 1,8 В до 5,5 В и обеспечивают высокую эффективность усиления сигнала и очень низкий уровень шума 80нВ/√Гц. Усилители имеют полосу пропускания 90 кГц (единичное усиление) при токе покоя всего 2,9 мкА. Сочетание таких параметров, как

точность по постоянному току 1,5 мВ; коэффициент ослабления синфазного сигнала CMRR 100 дБ; напряжение смещения относительно напряжения питания PSRR 2 мкВ/В и коэффициент усиления при разомкнутой петле обратной связи AOL 120 дБ, позволяют применять данные усилители для разработки устройств, требующих

высокой точности и низкого энергопотребления. К рекомендуемым производителем областям применения относится совместная работа с маломощными микроконтроллерами MSP430 в портативных медицинских приборах, удаленных датчиках, детекторах дыма и беспроводных измерительных устройствах.

На рисунке 2 представлены две типичные схемы применения ОРАу379: в схеме определения разряда батарейного источника (рисунок 2а) и в схеме контроля тока (рисунок 2б).

В схеме на рисунке 2а напряжение  $U_{сост}$  имеет высокий уровень до тех пор, пока напряжение батарейного источника не ниже 2 В. Для задания порога срабатывания используется мало-мощный источник порогового напряжения. Схема на рисунке 2б может использоваться в источниках питания для реализации функций ограничения тока и защиты от перегрузки. В ней ОРА379 контролирует ток через шунтовой резистор номиналом 0,1 Ом. NPN-транзистор VT1 (2N2222 или подобный) используется для генерации равных напряжений на инвертирующем и неинвертирующем входах. Следовательно, падение напряжений на резисторах R1 и Rш эквивалентны, а ток, протекающий через VT1, прямо

пропорционален току через резистор Rш. По мере увеличения тока нагрузки увеличивается ток через VT1, растет падение напряжения на R2 и, следовательно, снижается выходное напряжение  $U_{вых}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. [www.amplifier.ti.com/search](http://www.amplifier.ti.com/search)
2. Староверов К. Операционные и инструментальные усилители из производственной линии BURR-BROWN. Новости электроники, 2006, №3.
3. Industrial Solutions Guide. Texas Instruments, lit. num. Slab039, 1Q 2006.-77р.
4. Medical Applications Guide. Texas Instruments, lit. num. Slab108, 2Q 2007.-84р.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — по e-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru)

## TEXAS INSTRUMENTS

### Карманный проектор от TI

Индустрия карманных проекторов все отчетливее вырисовывается в обозримом будущем. Прототипы таких проекторов регулярно демонстрируются на выставках, и все большее число компаний оказываются вовлеченными в это еще не развитое направление. Теперь и компания Texas Instruments представила свой прототип карманного проектора для мобильных устройств, основанного на использовании DLP-чипа (digital light processing).



Продемонстрированный проектор состоит из 3-х лазеров, DLP-чипа, устройства питания и имеет длину менее 4 см. Таким образом, по своим габаритам такой проектор может уместиться на человеческом пальце и при этом способен, при наличии освещения, проецировать изображение формата А4. Причем, продемонстрированный DLP-чип способен выдавать изображение с разрешением HVGA (640x240), что вдвое превышает разрешение экрана традиционных мобильных телефонов.

По вопросу будущего развития этого прототипа представители компании Texas Instruments настроены оптимистично и прогнозируют, что уже вскоре такие проекторы смогут проецировать изображение, сопоставимое по размерам с изображением широкоформатного телевидения. А по мнению Pacific Media Associates, уже к 2010 году рынок устройств, использующих карманные проекторы, достигнет 1 млн. штук.

Источник:  
[www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru)

Technology for Innovators™

## ВЫСОКОТОЧНЫЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Высокая точность

Низкий уровень шума и нелинейных искажений

Низкое энергопотребление

Rail-to-Rail

Компактность

Certified ISO 9001 by

www.compel.ru

Михаил Удовиченко

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДАТЧИКИ TEXAS INSTRUMENTS

*Среди популярных датчиков температуры с цифровым выходом, выпускаемых Texas Instruments, есть и достаточно простые приборы, и сложные системы для измерения температуры. Области применения датчиков включают устройства климатического контроля и вентиляции, устройства контроля состояния аккумуляторных батарей, устройства контроля температуры в системах управления питанием, устройства электромеханики, оргтехники, сотовые телефоны и ноутбуки, серверные устройства.*

Для термоизмерений могут использоваться различные зависимости физических величин от температуры. В электронике в качестве датчиков температуры используются терморезисторы (имеют широкий диапазон измеряемых температур и высокую точность, но в то же время они предъявляют высокие требования к схеме включения), терморезисторы (имеют более низкую стоимость, но невысокую точность). Отдельно следует выделить датчики на основе полупроводников. Современные полупроводниковые датчики температуры характеризуются достаточно высокой точностью до  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  и способны работать в диапазоне температур от  $-55$  до  $150^\circ\text{C}$ . А возможность размещения прямо на кристалле ИС дает широкие возможности для их применения. Существуют микросхемы датчиков с аналоговыми и цифровыми выходами, АЦП со встроенными датчиками температуры и т.д.

Использование цифрового формата представления данных дает ряд преимуществ. Сводится к минимуму влияние помех на измерения, т.к. датчик и АЦП расположены непосредственно на одном

кристалле. Уменьшается количество соединений на плате и необходимое количество выводов управляющего микроконтроллера, что дает возможность разместить на одной шине до восьми датчиков. Устройства отличаются простотой в программной реализации обмена данными, так как в большинстве современных микроконтроллеров используемые интерфейсы реализованы аппаратно. К достоинствам этого вида приборов можно отнести и отсутствие внешних элементов.

Компанией Texas Instruments выпускается линейка датчиков с цифровыми выходами (табл. 1). Представленный ряд приборов можно разделить на группы по следующим характеристикам:

- Температурный диапазон: стандартный ( $-40\dots 125^\circ\text{C}$ )  
расширенный ( $-55\dots 125^\circ\text{C}$ , TMP401 до  $+150^\circ\text{C}$ );
- Точность измерения во всем диапазоне температур: малая ( $\pm 3,0^\circ\text{C}$ ), средняя ( $\pm 1,5^\circ\text{C}\dots\pm 2,0^\circ\text{C}$ ), высокая ( $\pm 0,5^\circ\text{C}\dots\pm 1,0^\circ\text{C}$ );
- Тип интерфейса: I<sup>2</sup>C, SPI;
- Тип корпуса:



### Микроконтроллер MSP430F47X4 для счетчиков электроэнергии

Поскольку производители электронных систем учета расхода электроэнергии пытаются оптимизировать стоимостные показатели изделий, одновременно увеличивая функциональность и снижая энергопотребление, компания Texas Instruments Inc. (TI) разработала новую серию микроконтроллеров с пониженным энергопотреблением **MSP430F47X4** для одно- и многофазных счетчиков расхода электроэнергии. На кристалле может содержаться до четырех 16-разрядных сигма-дельта АЦП, 32 32-разрядных аппаратных умножителя, 160-сегментный драйвер LC-дисплея с управлением контрастностью, до 60 кБ флеш-памяти и таймер реального времени. Также линейка измерительных систем TI содержит устройства, специально предназначенные для измерения расхода жидкостей и газов, интерфейсы для организации передачи информации по силовым сетям (PLC), радиочастотам в системах автоматического считывания показаний счетчиков. См. [www.ti.com/msp430](http://www.ti.com/msp430).

С потреблением до 1,5 мкА измерительные устройства, построенные на новых микросхемах, позволяют существенно сократить энергопотребление всей системы. Микроконтроллеры серии F47x4 имеют несколько различных режимов работы с пониженным потреблением, и счетчик крайне мало потребляет энергию в интервалах между циклами считывания показаний. Очень малое время пробуждения контроллера позволяет ему выйти в режим активной работы всего за 6 микросекунд.

Образцы микроконтроллеров серии **MSP430F47x4** будут доступны у официальных дистрибьюторов TI с июля 2007 года.

6SOT-23,  
8SOIC,  
8MSOP,  
6DSBGA (1,65x1,15 мм);

- Дополнительные функции: режим энергосбережения (потребляемый ток  $\sim 1$  мкА)



Таблица 1. Температурные датчики с цифровым выходом Texas Instruments

Тип компонента	Точность измерения во всем диапазоне температур, °C	Разрешение (бит, мин.)	Разрешение (бит, макс.)	Диапазон измеряемых температур, °C	Напряжение питания (минимальное), В	Напряжение питания (максимальное), В	Потребляемый ток, мкА	Режим энергосбережения	Программируемые температурные пороги	Тип корпуса	Интерфейс
TMP100	±3,0	9	12	-55...125	2,7	5,5	45	Да	Да	6SOT-23	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP100-EP	±3,0	9	12	-55...125	2,7	5,5	45	Да	Да	6SOT-23	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP101	±3,0	9	12	-55...125	2,7	5,5	45	Да	Да	6SOT-23	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP105	±2,0	9	12	-40...125	2,6	3,3	50	Да	Да	6DSBGA	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP106	±2,0	9	12	-40...125	2,7	5,5	50	Да	Да	6DSBGA	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP121	±2,0	12	12	-40...125	2,7	5,5	35	Да	Нет	6SOT-23	SPI
TMP122	±2,0	9	12	-40...125	2,7	5,5	50	Да	Да	6SOT-23	SPI
TMP123	±2,0	12	12	-55...125	2,7	5,5	35	Да	Нет	6SOT-23	SPI
TMP124	±2,0	9	12	-40...125	2,7	5,5	50	Да	Да	8SOIC	SPI
TMP125	±2,0	10		-40...125	2,7	5,5	36	Нет	Нет	6SOT-23	SPI
TMP141	±3,0	10	10	-40...125	2,7	5,5	110	Да	Нет	6SOT-23 8MSOP	One-wire
TMP175	±1,5	9	12	-40...125	2,7	5,5	50	Да	Да	8MSOP 8SOIC	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP275	±0,5	9	12	-40...125	2,7	5,5	50	Да	Да	8MSOP 8SOIC	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP401	±1,0	9	12	-40...125	3	5,5	250	Да	Да	8MSOP	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP411	±1,0	9	12	-40...125	3	5,5	400	Да	Да	8MSOP	I <sup>2</sup> C SMBus
TMP75	±2,0	9	12	-40...125	2,7	5,5	50	Да	Да	8MSOP 8SOIC	I <sup>2</sup> C SMBus

наличие программируемых температурных порогов (термостат).

Остановимся более подробно на основных представителях семейства.

TMP105, TMP106 – температурные датчики с двухпроводным последовательным интерфейсом I<sup>2</sup>C, изготавливаются в миниатюрном шестивыводном корпусе DSBGA.

Эти микросхемы включают в себя (см. рис. 1) температурный датчик на основе p-n перехода, АЦП преобразующий сигнал с датчика, управляющую логику, отвечающую за обмен с внешними устройствами и конфигурацию устройства.

В датчиках имеется четыре регистра (см. рис. 2):

- 12-битный регистр температуры. Старшие 8 бит соответствуют разрешению 1 бит на 1°C, младшие четыре бита – дробная часть значения температуры.

- Регистр конфигурации:

- флаг включения режима пониженного энергопотребления,
- флаг включения режима термостата (при превышении температуры записанной в регистре верхнего порога температуры выход ALERT становится активным и сбрасывается только при снижении ниже нижнего порога),

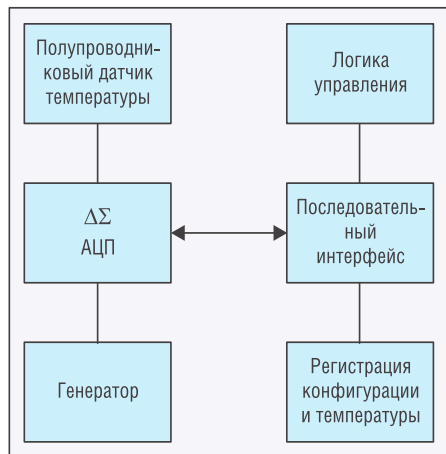


Рис. 1. Внутренняя структура датчиков

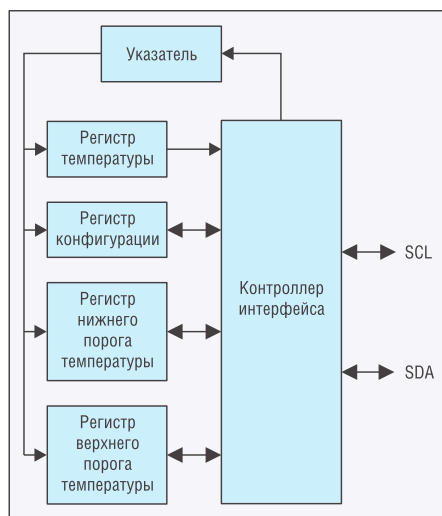


Рис. 2. Структура внутренних регистров датчиков



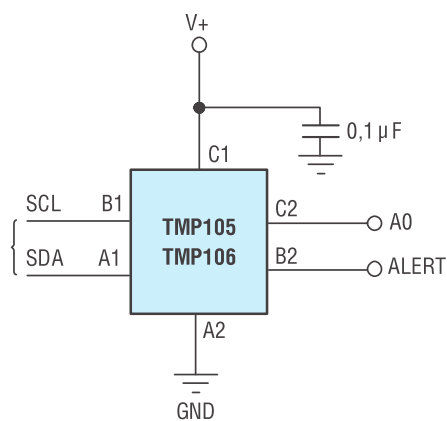


Рис. 3. Типовое включение TMP105, TMP106

– флаг инверсии выхода ALERT,

– флаг разрешения преобразования (позволяет увеличивать разрядность с 9 до 12 бит, но при этом время на измерение увеличивается с 27,5 мс до 220 мс),

– флаг включения единичного преобразования (в режиме пониженного энергопотребления производится одно преобразование и выдача данных);

- Регистры для хранения верхнего и нижнего порогов температуры.

Типовое включение датчиков показано на рис. 3.

Для обмена с внешними устройствами в датчиках используется интерфейс I<sup>2</sup>C. Датчики могут работать только в режиме ведомого устройства. Адрес датчика на шине зависит от того, куда подключен вывод A0 (общая шина или шина питания) и может быть равен соответственно 48h и 49h. Таким образом, возможно подключение двух устройств данного типа на одной шине.

Благодаря своим характеристикам, эти датчики могут применяться в устройствах климатического контроля и вентиляции, устройствах контроля за состоянием аккумуляторных батарей, сотовых телефонах, ноутбуках, устройствах тепловой защиты периферии персональных компьютеров.

Следующим представителем серии является температурный датчик TMP275 с самой высокой

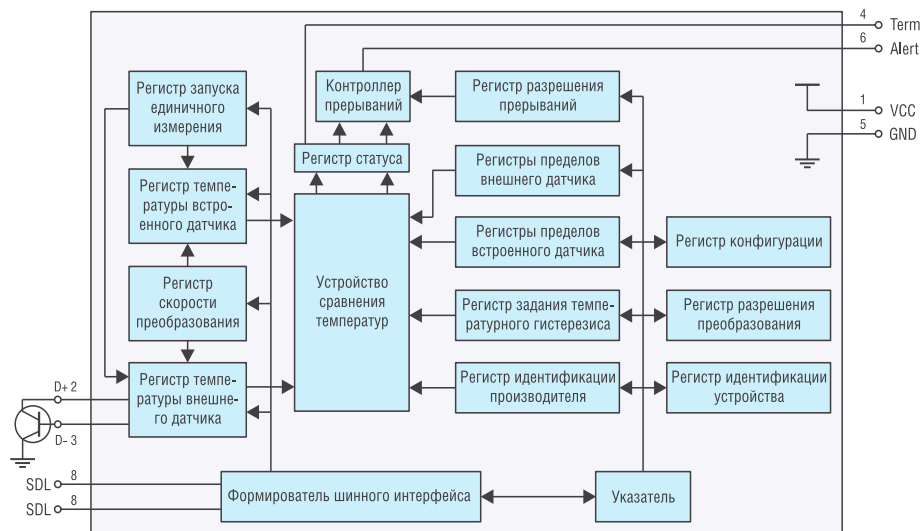


Рис. 4. Структурная схема датчика TMP401

точностью измерения температуры из всего семейства ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  в диапазоне температур  $10...85^{\circ}\text{C}$ ). Датчик также имеет встроенный двухпроводный последовательный интерфейс I<sup>2</sup>C. Наличие трех входов задания адреса позволяет разместить на одной шине до восьми устройств данного типа. TMP275 поставляется в корпусах SOIC-8 и MSOP-8.

Внутренняя структура датчика и имеющиеся в наличии регистры идентичны рассмотренным ранее TMP105 и TMP106, за тем исключением, что адреса на шине I<sup>2</sup>C устройств данного типа варьируются в пределах 48h – 4Fh.

Область применения этих датчиков включает в себя устройства климатического контроля и вентиляции, устройства контроля состояния аккумуляторных батарей, устройства контроля температуры в системах управления питанием, устройства электромеханики, оргтехники, сотовые телефоны и ноутбуки.

В заключение остановимся на наиболее функциональном датчике TMP401 (см. рис. 4). Данный тип прибора позволяет контролировать температуру как непосредственно со встроенного датчика, с точностью измерения  $\pm 3,0^{\circ}\text{C}$ , так и с внешнего, роль которого может выполнять обычный маломощный транзистор п-р-п или р-п-р типа в диодном включении, при этом точность измерения будет составлять  $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ . Диапазон

измеряемых температур равен:  $-55...150^{\circ}\text{C}$ .

TMP401 также имеет интерфейс I<sup>2</sup>C. Дополнительно имеются возможности по обнаружению неисправности датчика и компенсации сопротивления потерь, включающего сопротивление проводников печатной платы и проводников для подключения датчика к плате. Так, при напряжении питания +5 В сопротивление проводников может составлять до 3 кОм, а при питании от источника 3,3 В – не более 500 Ом. При этом максимальная емкость, образованная проводниками, не должна превышать 1000 пФ.

Рассмотрим отличительные особенности данного типа датчиков:

1. Возможность подключения внешнего транзистора для измерения температуры удаленных объектов. В качестве температурного датчика рекомендуется использовать маломощные транзисторы.

2. Наличие в датчике регистра скорости преобразования. От значения, записанного в этот регистр, фактическая скорость преобразования не изменяется, но между преобразованиями добавляется задержка, что позволяет сократить потребление энергии от источника питания. Этот регистр определяет количество преобразований: от восьми в секунду до одного за 16 секунд, при этом потребляемый ток составляет 355...29 мкА соответственно.

3. Регистр разрешения прерываний помимо своей основной функции позволяет указать минимальное количество последовательных измерений (1...4), превышающих содержимое регистра верхнего порога температуры в режиме термостата (аналогично работает контроль над нижним порогом температуры), после которых должно возникнуть прерывание. Возникающее прерывание управляет работой выхода ALERT.

4. Регистр статуса предназначен для хранения состояний компараторов температур. Помимо этого в нем присутствует флаг выполнения аналого-цифрового преобразования и флаг, сигнализирующий о состоянии внешнего датчика: присоединен или отключен.

5. Регистр конфигурации помимо флага включения режима пониженного энергопотребления содержит также бит включения измерения в расширенном диапазоне температур -55...150°C. Ошибка в данном случае не пре-

вышает  $\pm 5,0^\circ\text{C}$ . В регистре конфигурации, можно изменить режим работы датчика: в качестве термостата, и в качестве триггера с гистерезисом. В режиме триггера используются значения, хранимые в дополнительных регистрах пределов. Для каждого из каналов устанавливается пороговое значение и задается гистерезис, то есть работа микросхемы в этом режиме аналогична работе триггера Шмидта.

Адрес датчика TMP401 на шине данных по умолчанию равен 4Ch, таким образом, на одной шине можно разместить один датчик. Однако при необходимости можно подключить рассмотренные выше датчики по другим адресам.

Регистры идентификации устройства и производителя предназначены только для чтения и их значения должны быть равными 11h и 55h соответственно.

Помимо известных применений этого датчика, можно отметить

возможность его использования в системах охлаждения LCD-проекторов, настольных компьютеров и ноутбуков, серверов и хранилищ данных.

Стоимость TMP401 по сравнению с датчиками, описанными выше, вдвое больше. Однако, благодаря возможности подключения внешнего недорогого маломощного транзистора в качестве измерительного элемента, стоимость одного измерения температуры практически не изменяется.

Полную документацию можно найти на сайте компании производителя Texas Instruments ([www.ti.com](http://www.ti.com)) в разделе Temperature Sensors and Control ICs.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — по e-mail: [sensors.vesti@compel.ru](mailto:sensors.vesti@compel.ru)



Technology for Innovators™

## Датчики температуры с цифровым выходом

- Широкий температурный диапазон: -55...125°C

TMP100; TMP101; TMP123

- Высокая точность измерения:

$\pm 0,5^\circ\text{C}$  TMP275;  $\pm 1,0^\circ\text{C}$  TMP401; TMP411

- Оптимально для автономного питания:

$U_{\text{пит}} = 2,6 \dots 3,3 \text{ В}$  TMP105

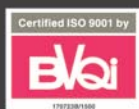
- Малый потребляемый ток: 35 мкА

TMP123

SPI  
SMBus  
1-Wire  
I<sup>2</sup>C



Доступно со склада в Москве



Компэл  
[www.compel.ru](http://www.compel.ru)



Алексей Пантелейчук

# ПЕРВЫЕ ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ С ПЛАВАЮЩЕЙ ТОЧКОЙ



16-канальный 24-разрядный сигма-дельта АЦП

Компания Texas Instruments анонсировала самый быстрый в своем классе 16-канальный 24-разрядный сигма-дельта АЦП ADS1258, оптимизированный под такие применения, как:

- медицинская аппаратура,
- системы мониторинга, сбор данных,
- аппаратура управления производственными процессами,
- измерительное оборудование.

Для нового АЦП характерны лучшая, в данном классе, частота тактирования канала (23,7 kSPS) и самое низкое время задержки (42 мкс).

Непревзойденный по скорости среди 24-битных сигма-дельта АЦП, ADS1258 может измерить сигналы на всех своих 16 входных каналах менее, чем за 625 мкс при уровне шумов, приведенных ко входу менее 12 мкВ, что является выдающимися параметрами для точных многоканальных приложений.

ADS1258 выдает установившиеся данные сразу, как только новый входной канал был подключен.

ADS1258 имеет следующие режимы:

- с автоматическим сканированием каналов (быстродействие 23,7 Квыб/с на канал) или
- с обработкой одного канала (быстродействие 125 Квыб/с) при эффективном разрешении 20 бит.

Встроенный супервизор упрощает слежение за питающим напряжением, температурой и опорным напряжением. Внутренняя тактовая частота может быть получена с помощью встроенного ФАПЧ-синтезатора с использованием недорогого 32,768 КГц кварца или внешнего источника тактового сигнала.

Работа АЦП контролируется аппаратно внешними выводами или программным способом. SPI-совместимый последовательный интерфейс ADS1258 легко стыкуется с микроконтроллерами, включая микроконтроллеры семейства MSP430 с ультранизким потреблением фирмы TI.

ADS1258 поставляется в 48-выводных корпусах QFN-48, размерами 7x7 мм.

Седьмого июня компания **Texas Instruments** анонсировала серию новых цифровых сигнальных контроллеров **TMS320F283x**. Контроллеры имеют производительность до 300 миллионов инструкций с плавающей точкой в секунду (MFLOPS), работают на частоте 150 МГц и являются самыми дешевыми контроллерами с плавающей точкой.

Разработчики программного обеспечения обычно начинают разработку алгоритма, используя арифметику с плавающей точкой. Затем преобразуют полученный код для запуска его на процессоре с фиксированной точкой. Используя новые микроконтроллеры TMS320F283x от компании Texas Instruments, можно избежать этого этапа разработки.

Ядро новых цифровых сигнальных контроллеров представлено на рисунке 1. Все контроллеры семейства F2833x являются высокоинтегрированными устройствами и содержат 12-битный 16-канальный АЦП, работающий со скоростью 12,5 MSPS (на сегодняшний день самый быстрый АЦП, встроенный в цифровой сигнальный контрол-

лер), до 18 каналов ШИМ, шесть из которых — с разрешающей способностью 150 пс. Последовательные интерфейсы включают: CAN, I<sup>2</sup>C, UART, SPI и McBSP. Вся встроенная Flash и 32 кбайт RAM защищены 256-битным паролем. 16/32-битный интерфейс внешней памяти поддерживает асинхронную SRAM, flash, ROM. Контроллер имеет 88 цифровых портов ввода/вывода.

В таблице 1 представлены основные отличия контроллеров нового семейства.

Все цифровые сигнальные контроллеры семейства TMS320F2833x полностью совместимы по выводам и программному коду.

При реализации алгоритмов управления масштабирование и округление производится намного чаще, чем при реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов. Вот почему плавающая точка значительно увеличивает производительность в таких приложениях.

В таблице 2 представлены основные математические операции и количество тактов процессора, которые тратятся при их реализации с помощью процессоров C28x с использованием фиксированной и плавающей точки.

Из таблицы видно, что благодаря плавающей точке, математические действия можно выполнять в 2,5 раза быстрее. Эквивалентная частота означает, что разработчик, использующий F2812, должен ра-

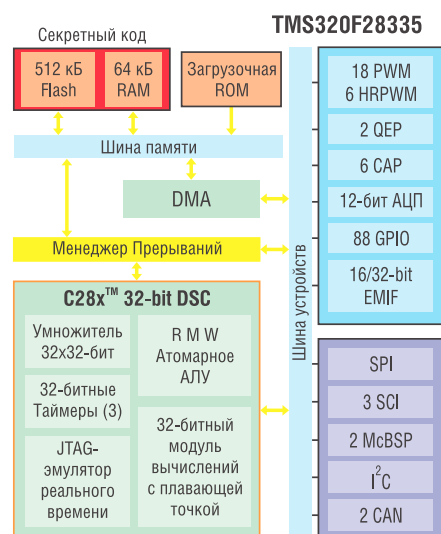


Рис. 1. Ядро контроллера



Таблица 1. Основные отличия контроллеров TMS320F2833x

TMS320	МГц	Flash, кбайт	RAM, кбайт	DMA	PWM/HRPWM	CAP/QEP	Последовательные интерфейсы
F28335	150	512	68	Есть	12/6	6/2	SPI, 3x SCI, I <sup>2</sup> C, 2x McBSP, 2x CAN
F28334	150	256	68	Есть	12/6	4/2	SPI, 3x SCI, I <sup>2</sup> C, 2x McBSP, 2x CAN
F28332	100	128	52	Есть	12/4	4/2	SPI, 2x SCI, I <sup>2</sup> C, McBSP, 2x CAN

Таблица 2. Основные математические операции и число тактов процессора

Операции	C28x 32-bit (Оптимизированный Ассемблер)	float32 (Оптимизированный Ассемблер)
Div	70	24 (2,92)
Sqrt	69	27 (2,56)
Sin & Cos	92	44 (2,09)
Atan2	118	53 (2,23)
Среднее значение увеличения производительности (эквивалентная частота F2812)		2,45 (367 МГц)

Таблица 3. Изменение числа тактов при переходе на плавающую точку

Алгоритмы управления	C28x 32/64-битная математика (C/C++)	float32(C/C++)
State Estimator	1563	~1137 (1,37)
Park Transform	107	~60 (1,78)
High Precision PID	110	~70 (1,57)
Среднее значение увеличения производительности (эквивалентная F2812 частота)		1,57 (236 МГц)

Таблица 4. Сравнение скорости выполнения DSP-алгоритмов

DSP	C28x 16/32-bit (Оптимизированный Ассемблер)	float32 (Оптимизированный Ассемблер)
Vector Product (N=40)	57	59 (0,97)
Vector Max (N=40)	139	103 (1,35)
Vector Sum (N=40)	134	139 (0,96)
Ecludian Distance (N=40)	141	106 (1,33)
FFT Complex (256)	~27000	~11000 (2,45)
IIR Cascaded	14 cycles/filter	8 cycles/filter (1,75)
FIR Single Sample (N=1, T=16)	39	42 (0,93)
FIR LMS (N=1, T=16)	102	76 (1,34)
Среднее значение увеличения производительности (эквивалентная F2812 частота)		1,38 (207 МГц)

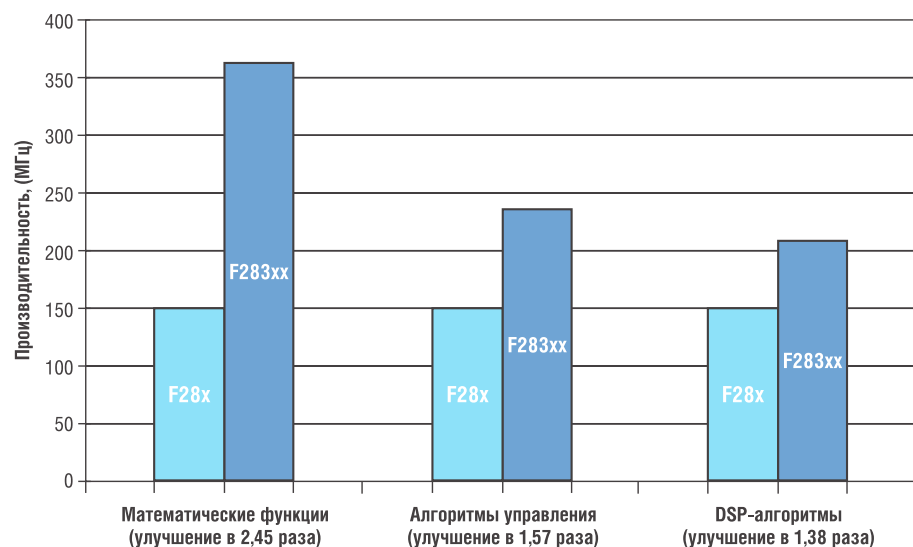


Рис. 2. Увеличение производительности при переходе на плавающую точку

зогнать процессор до 367 МГц, чтобы получить производительность F28335. Рассмотрим, как изменится число тактов при переходе на плавающую точку в алгоритмах управления. Результаты представлены в таблице 3.

В таблице 4 представлены результаты сравнения скорости выполнения DSP-алгоритмов.

На рисунке 2 показано графически увеличение производительности при переходе на плавающую точку для математических функций, алгоритмов управления и алгоритмов цифровой обработки сигналов.

F283xx подойдет:

- Пользователям, которым нужна производительность больше, чем у F2812;
- Тем, кому нужно сочетание ШИМ с высоким разрешением и 150 мегагерцового процессора;
- Пользователям, которым нужен EMIF на процессорах F2809/F2808;

• Пользователям, желающим использовать контроллер, сочетающий в себе лучшие характеристики устройств F281x и F280x;

• Пользователям, реализующим алгоритмы с плавающей точкой.

Эти устройства увеличат производительность на 50% и упростят программное обеспечение таких приложений как трехфазные инверторы для солнечных батарей, высококлассные источники мощности, автомобильные радиолокаторы, системы управления приводами и др.

Образцы новых цифровых сигнальных контроллеров появятся в сентябре 2007 года. Серийные кристаллы будут доступны в июне 2008 г. Разработка приложения может быть начата уже сейчас с использованием доступных контроллеров F28xx, стартер китов eZdsp и библиотеки IQ Math. Программное обеспечение, разработанное с использованием IQ Math, будет автоматически запускаться на микроконтроллерах F2833x.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — по e-mail: [dsp.vesti@compel.ru](mailto:dsp.vesti@compel.ru)

Алексей Николаев, Владимир Чумычкин

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОМОДЕМОВ СТАНДАРТА IEEE802.15.4 (ZigBee) В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ

С появлением стандарта беспроводной связи **IEEE802.15.4 (ZigBee)** стало возможным создавать беспроводные промышленные системы автоматического управления с увеличенной гибкостью и улучшенными ценовыми характеристиками. В статье инженеров СКБ ПСИС (Чебоксары) рассматривается применение радиомодемов CC2420 и CC2430 компании Texas Instruments в модулях производимого СКБ промышленного контроллера CP6000.

Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) выработан для низкоскоростных сетей. Возможность работы сети на любом из 16 выделенных каналов исключает интерференцию сигналов между соседними системами, а использование 16-битной адресации допускает построение сети практически любой сложности с любым необходимым числом модулей. Максимальная скорость передачи, равная 250 Кбит/с, достигается в диапазоне 2,4 ГГц (16 каналов с полосой 5 МГц и возможностью одновременной работы на всех каналах) [1].

В то время как в промышленности насчитывается великое множество объектов автоматизации малой и средней сложности, основная их специфика состоит в наличии большого количества разнесенных в пространстве датчиков, регулирующих органов и исполнительных механизмов. При этом дальность их расположения по любому из трех измерений редко превышает 25 м. Вести сигнальный провод к каждому из них крайне неэффективно, поэтому целесообразнее использовать беспроводную вычислительную сеть (WPAN) малого радиуса

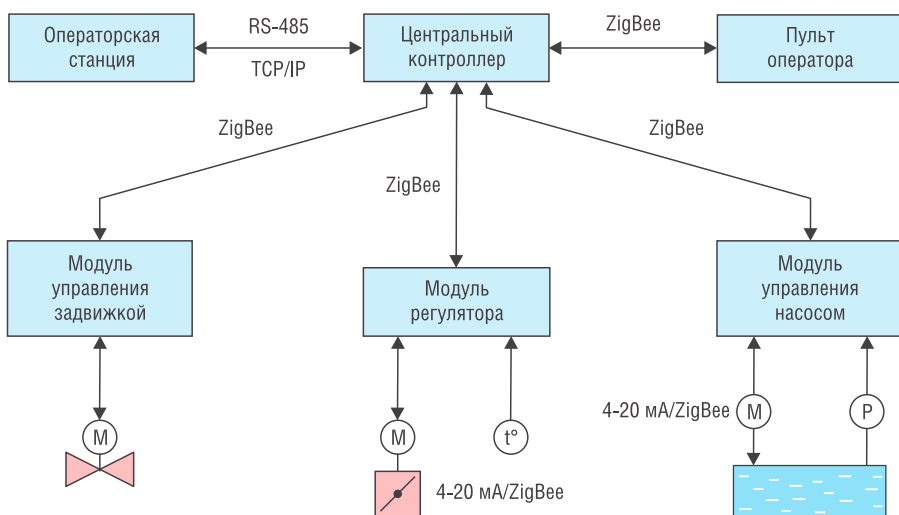


Рис. 1. Пример распределенной беспроводной системы управления



### Новый DC/DC-преобразователь от Texas Instruments

Компания Texas Instruments представила **TPS40K** — универсальный синхронный понижающий преобразователь, позволяющий существенно упростить схему источника питания телевизоров с ЖК-экраном и ТВ-приставок авторизованного вещания, в которых используются цифровые процессоры обработки сигналов (DSP) и программируемая логика FPGA.

**TPS40195** поддерживает ряд особенностей, которые позволяют улучшить энергетические характеристики систем, требующих напряжения питания 4,5...20 В. Например, интегральная схема использует преобразуемое входное напряжение для своего же питания, что исключает необходимость формирования дополнительных напряжений для питания ИС. Контроллер TPS40195, который размещен в 16-выводном корпусе TSSOP, имеет двунаправленный вывод синхронизации, который позволяет организовать противофазную работу с другим понижающим контроллером. Такая конфигурация позволяет снизить емкость больших конденсаторов и сэкономить размеры платы и снизить стоимость при работе с 5- и 12-вольтовым питанием. Кроме того, если этот вывод подключен к основному источнику тактового сигнала, то TPS40195 излучает меньший уровень электромагнитного сигнала.

Контроллер обладает отличными возможностями по определению тока при работе с малыми коэффициентами заполнения импульсов и ограничивает отдаваемую в нагрузку мощность путем выявления токовой перегрузки в каждом МОП-транзисторе верхнего и нижнего уровня. TPS40195 также выполняет функции управления и защиты, в т.ч. управление отключением, индикацию корректности выходного напряжения, регулируемой блокировки при снижении напряжения, опционально имеет функцию плавного пуска с цифровым управлением, а также программируемого плавного пуска с обратной связью и функцию защиты от короткого замыкания.



действия. А в случае расположения части системы на движущихся объектах применение беспроводных сетей оказывается единственным возможным решением. Такая малая удаленность составных частей системы делает возможным связь между модулями без использования ретрансляции, а значит, не требует дополнительной аппаратуры и повышает надежность системы. Гибкость архитектуры построения беспроводных систем позволяет впоследствии легко и с небольшими затратами производить наращивание системы.

Упрощенный пример локальной распределенной беспроводной системы управления приведен на рис. 1.

Исполнительными механизмами являются электрифицированная задвижка, регулирующий клапан и двигатель насоса. Управляющие модули устанавливаются на корпусе механизмов или в непосредственной близости от них. Связь с центральным контроллером осуществляется по радиоканалу, что автоматически обеспечивает гальваническую изоляцию между модулями. Применение же радиоканала для связи с пультом оператора позволяет сделать его мобильным с автономным питанием. При этом длина кабельных линий минимальна. Другим немаловажным преимуществом распределенной системы является высокая живучесть, так как при выходе из строя одного из управляющих модулей неработоспособной оказывается лишь небольшая

часть системы. При подобной организации системы центральный процессор может обладать меньшими вычислительными мощностями, а, следовательно, быть доступнее, дешевле и иметь меньшие массогабаритные размеры.

При таком разделении задач между частями распределенной системы управляющие модули и, во многих случаях, центральный процессор могут быть реализованы на основе кристаллов CC2430 и CC2431.

### РАЗРАБОТКИ

В 2005 году в специальном конструкторском бюро программируемых средств и систем управления (СКБ ПСИС) начато изучение возможности применения стандарта беспроводной связи IEEE 802.15.4 в распределенных системах управления [2].

Первым результатом стало производство блока беспроводного интерфейса ZigBee PSIS2420SPI на основе радио-модема CC2420. Внешний вид модуля представлен на рис. 2. Все выводы, используемые для работы с микросхемой, доступны через штырьковый соединитель, а простой интерфейс SPI модуля позволяет с минимальными затратами использовать его для расширения функциональности существующих изделий.

Данный модуль также представляет большой интерес для разработчиков новых устройств. При этом наиболее рационально изначально ориентироваться на разработку новых устройств для

совместного использования с готовыми модулями приемопередатчиков. В связи с высокой несущей частотой (2,4 ГГц) сигнала, при проектировании устройств на основе радиомодемов стандарта ZigBee необходимо использовать электронные компоненты малого типоразмера 0402, печатные платы высокого класса точности и высокоточный монтаж. Все это связано с дополнительными производственными затратами при опытном и мелкосерийном производстве.

После выпуска радиомодема CC2430 с интегрированным микропроцессорным ядром (совместимым с C51) был разработан блок беспроводного интерфейса ZigBee PSIS2430. Ресурсы микропроцессора достаточны для решения большого круга достаточно серьезных задач. Немаловажным аргументом в пользу этого является факт адаптации в СКБ ПСИС под CC2430 аппаратно-независимого комплекса МЭК 61131-3 программирования CoDeSyS компании Smart Software Solutions GmbH (3S) [3]. Это позволяет не только значительно уменьшить требования к квалификации разработчика технологических программ для программируемых контроллеров и

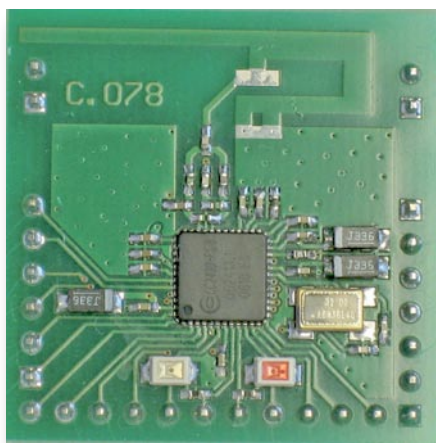
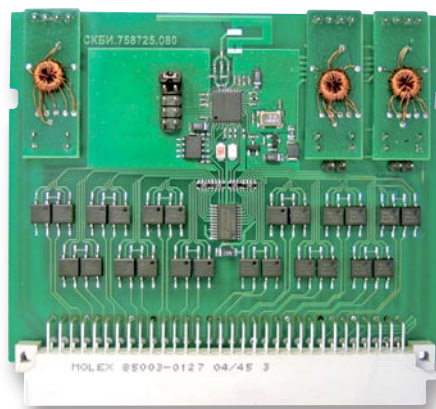


Рис. 2. Блок беспроводного интерфейса PSIS2420SPI



а)



б)

Рис. 3. Модули серии CP6000: а) контроллер; б) пульт мобильный

увеличить наглядность разработки, но и сократить время.

Блок беспроводного интерфейса ZigBee PSIS2431 выполнен на основе кристалла CC2431, который является версией кристалла CC2430, дополненной системой определения местоположения. Основная область применения — системы слежения за положением движущихся объектов в пределах определенной зоны покрытия.

Развитием линейки продукции стала разработка законченных промышленных контроллеров и устройств (рис. 3) на основе кристалла CC2430 [2]:

- CP6110 — контроллер дискретный;
- CP6210 — контроллер универсальный;
- CP6910 — пульт технологический мобильный;
- CP6920 — пульт технологический стационарный.

Платформа для построения систем промышленной автоматизации CP6000 создавалась для автоматизации объектов малой и средней сложности. Все контроллеры серии CP6000 имеют гальванически изолированные интерфейсы RS-485 и интерфейс беспроводной связи, совместимый с промышленным стандартом ZigBee, что делает возможным применение их в качестве самостоятельных устройств, а также как элемент системы в сетях различных топологий. В остальном контроллеры построены по классической архитектуре. Также для данных контроллеров разработана гамма вспомогательных устройств (источники питания, преобразователи интерфейсов, релейные усилители, клеммные колодки и т.д.), делающих ее законченной системой для построения систем промышленной автоматизации.

Для программирования технологических задач используется уже упоминавшийся аппаратно-независимый комплекс МЭК 61131-3 программирования CoDeSyS. Однако возможно и традиционное программирование на ассемблере или языках высокого уровня. Для этого был разработан блок программатора-эмулятора psisCON2430D. Модуль предназначен для програм-

### Состав линейки продукции СКБ ПСИС на основе радиомодемов ZigBee производства Texas Instruments

<b>Блок беспроводного интерфейса PSIS2430</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Радиомодем CC2420</li> <li>• Интерфейс SPI</li> <li>• Питание 3,3 В</li> <li>• Размер 33x33x20</li> </ul>
<b>Блок беспроводного интерфейса PSIS2430</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Радиомодем CC2430</li> <li>• Ядро C51</li> <li>• Питание 3,3 В</li> <li>• Размер 33x33x20</li> </ul>
<b>Контроллер дискретный CP6110</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Радиомодем CC2430</li> <li>• Ядро C51</li> <li>• 18 дискретных входов</li> <li>• 16 дискретных выходов</li> <li>• 2 x RS-485</li> <li>• ZigBee</li> <li>• Питание 24 В</li> </ul>
<b>Контроллер универсальный CP6210</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Радиомодем CC2430</li> <li>• Ядро C51</li> <li>• 8 дискретных входов</li> <li>• 8 дискретных выходов</li> <li>• 8 аналоговых токовых входов</li> <li>• 2 x RS-485</li> <li>• ZigBee</li> <li>• Питание 24 В</li> </ul>
<b>Пульты технологические CP6910 и CP6920</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Разрешение 320x240</li> <li>• Ядро C51</li> <li>• Гальванически изолированный RS-485</li> <li>• Питание 3,3 В</li> </ul>
<b>Блок программатора-эмулятора psisCON2430D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Поддерживаемые МК CC2430, CC2431</li> <li>• Интерфейс USB1.1, USB2.0</li> <li>• Питание от шины USB</li> <li>• Среда IAR Embedded Workbench for 8051</li> </ul>

мирования и отладки устройств на основе микросхем TI/Chipcon CC2430, CC2431. Совместим с интегрированной средой разработки IAR Embedded Workbench for 8051 [4]. Поддерживает использование фирменного программного обеспечения Chipcon SmartRF04 Flash Programmer и Chipcon IEEE Address Programmer [5].

Для обеспечения настройки системы и оперативного управления разработаны стационарный и мобильный технологические пульты. Для отображения используется цветной графический экран разрешением 320x240 точек. Для ввода имеется клавиатура на 16 клавиш и сенсорный экран (стационарный пульт). Поддерживаются интерфейсы ZigBee и гальванически изолированный RS-485.


### ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

Одно из первых практических применений модулей беспроводной связи PSIS2420SPI — обмен данными между компьютером диспетчера и контроллером ICPDAS серии I-7188, установленного на борту автомобиля КАМАЗ (г. Курган).

Снимаются показатели пробега, времени приезда на базу и др.

Одним из типичных опытов применения контроллеров серии CP6000 является система из CP6210 и двух CP6110 для проверки электрооборудования кабин тракторов на ОАО Чебоксарский завод промышленных тракторов. Связь между АРМ оператора, находящегося в кабине трактора, и контроллером осуществляется по интерфейсу ZigBee. Для написания технологической части программы использовался комплекс CoDeSyS.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы сайта [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)
2. Материалы сайта [psis.ru](http://psis.ru)
3. Материалы сайта [www.3s-software.com/](http://www.3s-software.com/)
4. Материалы сайта [www.iar.com](http://www.iar.com)
5. Материалы сайта [ti.com](http://ti.com). 

Техническая информация, заказ образцов, поставка комплектов и модулей — по e-mail: [wireless.vesti@compel.ru](mailto:wireless.vesti@compel.ru)



Алексей Пантелейчук

## ДАТЧИК ДВИЖЕНИЯ С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ MSP430F2013

Продолжаем тему практического применения **MSP430**. Она была начата в третьем номере журнала за 2007 год статьей Маркуса Пфайфера о беспроводных решениях для систем безопасности на базе этого контроллера. Теперь речь пойдет о построении датчика движения с низким энергопотреблением. Он найдет применение в системах контроля доступа и в промышленной автоматике.

Данная статья начинает цикл материалов по использованию MSP430, в которых будут рассмотрены основные принципы построения приложения. Исходные тексты программ и подробное описание можно найти на сайте Texas Instruments.

### АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ

В системе для оценки движения используется двоякий пирозлектрический пассивный инфракрасный (PIR) датчик и микроконтроллер MSP430F2013 (рис. 1). Микроконтроллер имеет встроенный 16-битный сигма-дельта АЦП, обеспечивающий интерфейс с датчиком. Благодаря наличию аналоговой части, 16-мегагерцовому 16-битному RISC ядру, MSP430F2013 обеспечивает необходимую производительность и низкую стоимость системы в целом.

На рисунке 1 показана упрощенная схема подключения датчика к микроконтроллеру. Внешние компоненты включают резистор смещения  $R_B$ , необходимый для датчика, и два RC-фильтра, образованные  $R_1/C_1$  и  $R_2/C_2$ .

Фильтры выполняют две разные функции. Так как вход сигма-дельта АЦП, SD16\_A, — дифференциальный, нужно обеспечить положительный и отрицательный входы.  $R_1/C_1$  работает как низкочастотный фильтр для устранения зубчатых искажений (anti-aliasing) на входе  $A_{X+}$ . Второй фильтр,  $R_2/C_2$ , создает смещение на входе  $A_{X-}$  аналого-цифрового преобразователя. Это нужно из-за большого сдвига между выходным сигналом датчика и сигналом  $V_{SS}$ . Рисунок 2 отображает ключевые сигналы системы в момент определения движения.

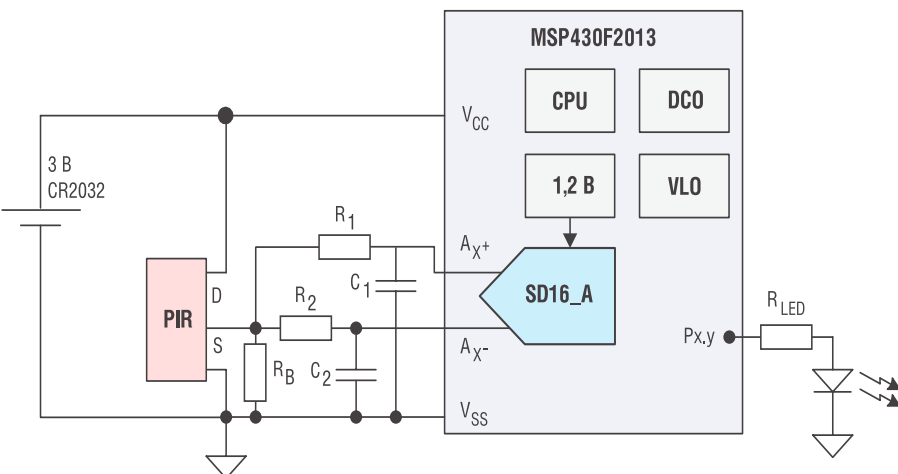


Рис. 1. Система оценки движения



**Контроллеры для цифрового управления источниками питания**  
Компания Texas Instruments Incorporated (TI), продолжая расширять ассортимент своих цифровых контроллеров обработки сигнала (DSP), объявила о начале серийного производства цифровых сигнальных процессоров **TMS320F28044** и **F2809**. Производительность этих 32-х разрядных контроллеров составляет 100 MIPS и они оптимально подходят для применения в цифровых системах управления питанием, управления электроприводом и системами сбора информации. Контроллер F28044 позволяет разработчикам систем питания перейти к программному цифровому управлению источниками питания. Этот контроллер предназначен для организации многоканального питания устройств типа point-of-load, например, в телекоммуникационном и сетевом оборудовании, серверах, портативных компьютерах и промышленном оборудовании. На основе контроллеров F2809, благодаря наличию в них большого набора устройств ввода-вывода и периферийных коммуникационных устройств, можно создавать промышленные системы управления с высокой степенью интеграции. За дополнительной информацией о контроллерах F28044 и F2809 обращайтесь на сайт: [www.ti.com/new280x](http://www.ti.com/new280x).

Канал 1 отображает выходной сигнал датчика. При напряжении на датчике 3 В выходное смещение составляет приблизительно 500 мВ.  $A_{X-}$  подключен к  $V_{SS}$ , а выход датчика — к  $A_{X+}$ , при этом коэффициент усиления SD16\_A PGA равен единице. Из-за малого динамического диапазона выходного сигнала датчика (рис. 2, канал 2), требуется его усиление, что препятствует возможности прямого подключения  $A_{X-}$  к  $V_{SS}$ .

Канал 2 отображает выходной сигнал датчика после фильтрации. Кроме фильтрации, выходной сигнал датчика также подвергается смещению для соответствия динамическому диапазону SD16\_A.



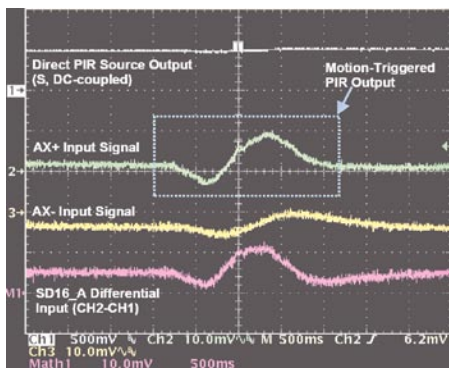


Рис. 2. Сигналы системы в момент определения движения

Прямое напряжение смещения также подается на вход Ax-. Для этой цели служит фильтр низких частот R2/C2. Канал 3 отображает выходной сигнал R2/C2 фильтра. Математическая разность второго и третьего каналов отображается каналом M1. Это дифференциальное напряжение входов сигма-дельта АЦП.

В приложении устанавливается коэффициент усиления PGA, равный 4, и коэффициент передискретизации, равный 256. Если требуется повысить чувствительность системы, можно задавать коэффициенты усиления и передискретизации равными 32 и 1024 соответственно.

Порт ввода/вывода используется для управления светодиодом. Светодиод излучает при обнаружении движения. Этот же сигнал может использоваться для управления аналоговым переключателем или реле для включения осветительной или другой системы.

В качестве последнего аспекта разработки аппаратной части можно использовать линзу Френеля для вычисления направления на движущийся объект. Внутренняя архитектура двойного датчика обеспечивает хорошую помехоустойчивость и защиту от ложного срабатывания, но также создает ограничения по углу обзора. Использование линз позволяет уменьшить эти ограничения.

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Для достижения низкого энергопотребления аналого-цифровое преобразование и обработка оцифрованных данных сводится к

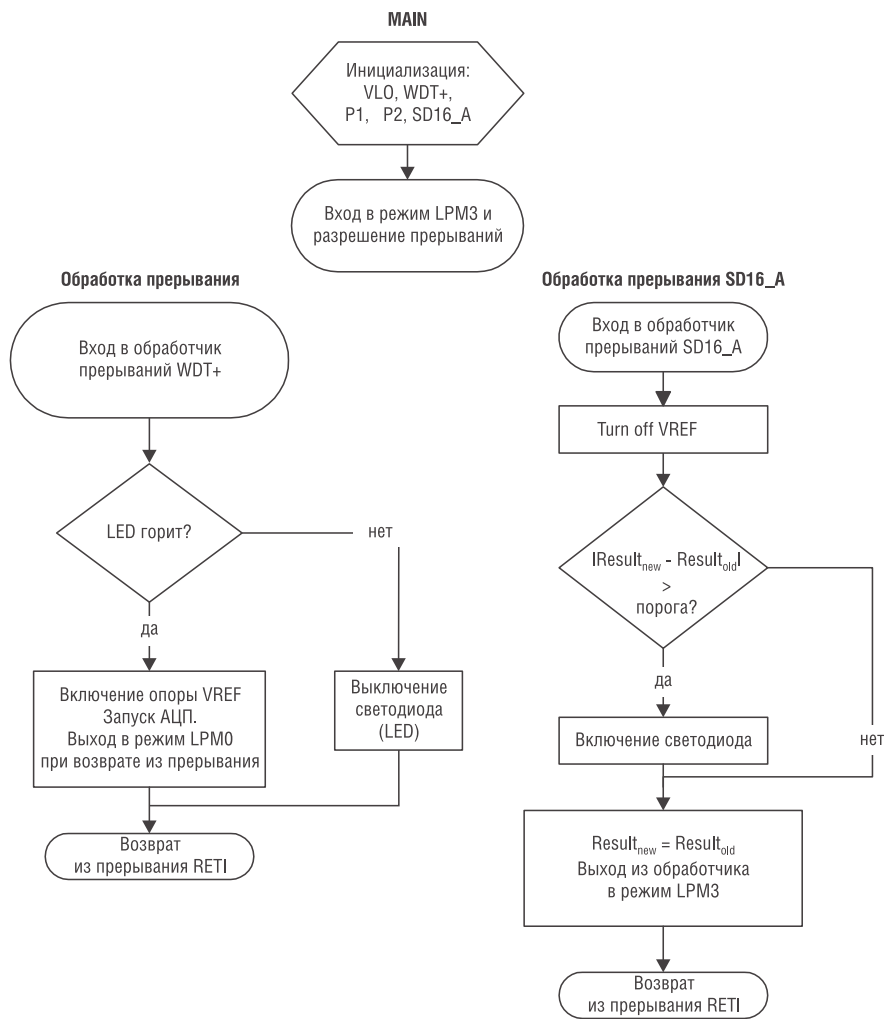


Рис. 3. Структура программного обеспечения приложения

минимуму, достаточно для определения движения. На рисунке 3 показана структура программного обеспечения приложения.

Программный код состоит из трех элементов: основной программы, обработчика прерываний сторожевого таймера и обработчика прерываний аналого-цифрового преобразователя. Для синхронизации используется сигнал внутреннего низкочастотного малопотребляющего VLO осциллятора. Частота этого сигнала составляет приблизительно 12 кГц, и он подается на линию ACLK. Частота этого сигнала затем делится на 8 и подается на сторожевой таймер, чтобы «будить» ядро каждые 32768 циклов/12 кГц/8 = 341 мс. После инициализации периферийных устройств, ядро входит в режим LPM3 и ожидает прерывания сторожевого таймера.

Каждые 341 мс сторожевой таймер генерирует прерывание.

В обработчике этого прерывания выполняются две основные функции: иницируется новая выборка АЦП и включается светодиод, если зафиксировано движение. Если во время предыдущей выборки движение не было зафиксировано (светодиод выключен), включается опорный сигнал SD16\_A и производится новое аналого-цифровое преобразование. Перед тем как выйти из обработчика прерывания, изменяются значения регистра статуса так, что DCO и SMCLK, используемые для тактирования АЦП, остаются активными. Это означает, что ЦПУ переходит из режима LPM3 в режим LPM0 после выполнения функции RETI.

Сигма-дельта АЦП, SD16\_A, выполняет преобразование за 256 циклов/1 МГц DCO\*4 = 1,024 мс. В регистре начальной задержки INTDLYx устанавливается значение 4. Эта установка позволяет



АЦП выполнить 4 преобразования перед прерыванием ядра для того, чтобы предотвратить появление неправильных значений после фильтрации с децимацией. Для более подробной информации можно обратиться к документу MSP430x2xx Family Users Guide.

После завершения преобразования запускается процедура обработки прерывания от SD16\_A и отключается внутренний источник опорного напряжения. Вычисляется абсолютная разница между новым и предыдущим значением и сравнивается с порогом. Превышение порога означает обнаружение движения. В этом случае включается светодиод. При выходе из обработчика прерываний ЦПУ входит в режим LPM3 (DCO и SMCLK выключены) и снова ожидает прерывания от сторожевого таймера WDT+.

Используя этот алгоритм, можно добиться энергопотребления, достаточного низкого для того, чтобы

Таблица 1. Длительность и энергозатратность функций системы

Функция	Длительность	Активный ток, мкА	Средний ток, мкА
Датчик PIR325	1 с	6	6
SD16_A и VREF+DCO	1,024 мс, ~2,94 раз в сек.	895	2,69
Активное ядро (1 МГц@3 В)	262 MCLK в сек.: 262 мкс	300	0,08
MSP430 Standby (LPM3)	996,7 мс	0,6	0,598

подключать устройство к стандартной батарейке на 3 В. Средний ток составляет приблизительно 9,4 мкА. В таблице 1 приведены данные по длительности и энергозатратности функций системы.

Алгоритм, реализованный в этом примере, достаточно прост. 2 кБ Flash и 16 MIPS вычислительной мощности микроконтроллера MSP430F2013 позволяет реализовать алгоритмы более высокого уровня с более сложной обработкой.

Подробные схемы устройства, списки компонентов, исходные тексты программ можно найти на сайте производителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ultra-Low Power Motion Detection using the MSP430F2013 (SLAU283).

2. MSP430x2xx Family User's Guide (SLAU144)

3. MSP430F20xx Mixed Signal Microcontroller Datasheet (SLAS491)

4. "Infrared Parts Manual: PIR325&FL65", GLOBAL Corporation, [www.globlab.com](http://www.globlab.com), 2003.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — по e-mail: [mcu.vesti@compel.ru](mailto:mcu.vesti@compel.ru)

## Микроконтроллеры с ультранизким потреблением **MSP430F2xxx**

Семейства	Количество выводов	Flash/RAM	Отличия
F20x1	14	2 кБ / 256 Б	Comp_A
F20x2	14	2 кБ / 128 Б	ADC10
F20x3	14	2 кБ / 128 Б	SD16
F21x1	20	8 кБ / 256 Б	Comp_A
F22x2	38/40	32 кБ / 1 кБ	ADC10
F22x4	38/40	32 кБ / 1 кБ	ADC10, (2) OPA
F23x0	40	32 кБ / 2 кБ	Comp_A, MPY
F23x*	64	16 кБ / 2 кБ	ADC12, MPY
F24x*	64	60 кБ / 4 кБ	ADC12, MPY
F24xx*	64/80	120 кБ / 8 кБ	ADC12, MPY
F26xx*	64/80	120 кБ / 8 кБ	ADC12, MPY, (2) DAC12, (3) DM

### Отличительные особенности

- 0.1 мкА в режиме power down
- 0.5 мкА в режиме ожидания
- 250 мкА/1 MIPS в активном режиме
- <1 мкс запуск системы синхронизации
- 16-битное RISC-ядро, 16 МГц
- Производительность 16 MIPS
- 2.2 В напряжение программирования Flash
- Высокая интеграция периферийных устройств



Все устройства содержат улучшенный сторожевой таймер (WDT+) и базовую систему синхронизации (BCS+)

\* (Разрабатываемые устройства)





Андрей Панисько

## ИНОГДА ОНИ ПИТАЮТСЯ ЯБЛОКАМИ

*Питание средств отладки популярных микроконтроллеров MSP430 с помощью гальванического элемента из трех... яблок — трюк, продемонстрированный специалистами Texas Instruments на московской конференции разработчиков. Болгарская фирма Olimex предлагает использовать для этой же цели солнечную батарею — простое и экономичное решение. И это — не единственное предложение Olimex для разработчиков аппаратуры на базе MSP430.*

Современный рынок однокристальных ЭВМ сложно представить себе без сложившегося на сегодняшний день многообразия представленных там производителей, семейств и отдельных, особо выдающихся, устройств.

Жесткая ценовая конкуренция в этой нише, хоть и является одним из основных факторов развития сегмента рынка, остается не единственным и не главным. Вполне сложившейся можно считать тенденцию смещения конкуренции производителей из области цен в область технических характеристик: производительности, энергопотребления, габаритов, помехоустойчивости и дополнительной функциональности. В этих условиях получают совершенно оправданное право на существование и традиционные с8051, и повсеместно распространенные AVR, и ST7 с защитой от помех. Микроконтроллеры семейства MSP430 производства компании Texas Instruments занимают устойчивое лидирующее положение в номинации «энергопотребление и компактность», что зачастую делает незаменимым их применение в портативных и встраиваемых приложениях.

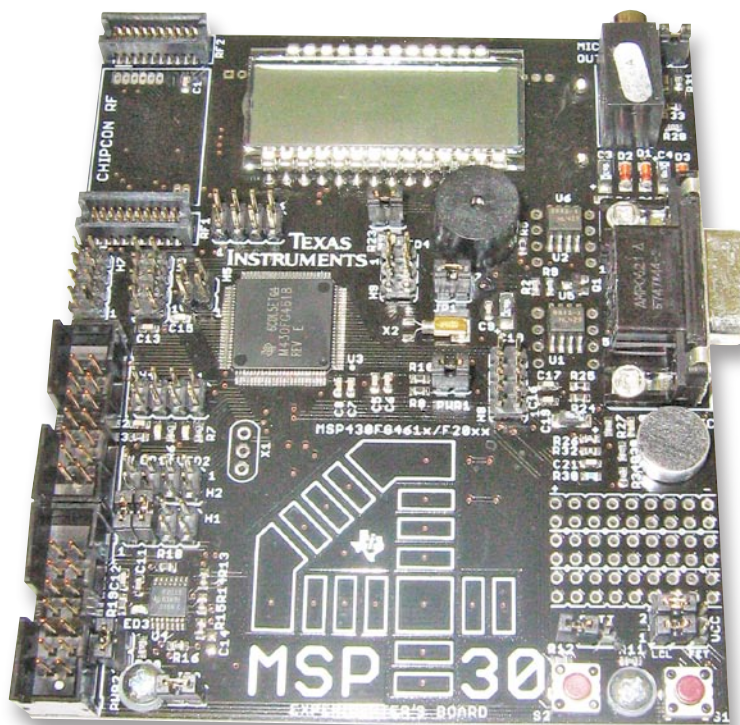
На прошедшей в апреле этого года в Москве конференции Texas Instruments (Developer Conference) технические специалисты компании демонстрировали работу платы с микроконтролле-

ром MSP430F149 и ЖК-индикатором, когда в качестве источника питания использовалось три яблока. Гальванический эффект, изучаемый в курсе физики за восьмой класс средней школы, нашел такое оригинальное применение совершенно обоснованно. Пара металлических пластин, медная и цинковая, площадью не более десяти см<sup>2</sup> в каждом яблоке, последовательно соединяясь в батарею из трех элементов, позволяют получить напряжение порядка 3 В с нагрузочной способностью,

TEXAS  
INSTRUMENTS

достаточной для питания связи МК+ЖКИ. В качестве электролита может выступать любой другой материал с кислой реакцией, как вариант, по словам все тех же специалистов Texas Instruments. Вполне пригодными для этой цели являются клубни картофеля, с той лишь разницей, что, в отличие от яблок, емкость такого элемента получается низкой.

Это все, конечно, лирика. А ведь есть уже вполне оформившиеся решения подобной тематики. Компания Olimex (Болгария), признанный лидер в производстве недорогих отладочных средств на основе популярных микроконтроллеров, выпустила модуль, построенный на базе компактной солнечной батареи и держателя аккумулятора формата АА для накопления





энергии. Плата MSP430-SOLAR, о которой идет речь, предназначена для совместной работы с отладочными и демонстрационными платами на базе микроконтроллеров семейства MSP430. При освещении батареи солнечным светом она вырабатывает достаточное количество энергии, чтобы запитать несложную схему с микроконтроллером и небольшой периферией. Аккумулятор, устанавливаемый на плату, выполняет функции источника резервного питания. Заряжается он все от той же солнечной батареи.

Подключение батареи к целевой плате осуществляется посредством стандартного JTAG-соединителя, что очень удобно ввиду его наличия практически на каждой отладочной плате с микроконтроллером MSP430.

К числу отличительных особенностей платы следует отнести:

- использование панели солнечной батареи 2,4 В/80 мА;
- наличие DC/DC-преобразователя NCP1400 производства ON SEMICONDUCTOR;
- выходное напряжение на JTAG-соединителе 3,3 В;
- наличие установленного JTAG-соединителя для непосредственного подключения к плате с МК MSP430;
- возможность установки аккумулятора типа АА и его подзарядки от солнечной батареи (примерно 10 часов на солнце для элемента емкостью 800 мАч).

При всех своих возможностях плата обладает небольшими габаритами, всего 56x48 мм.

Итак, с вопросом, чем и как питать MSP430, похоже, все понятно. Что же производители предлагают использовать в качестве целевой платы?

Для разработки приложений, ориентированных на обеспечение пользовательского интерфейса, компания Olimex предлагает использовать отладочную плату MSP430-4619LCD, на которой помимо микроконтроллера MSP430FG4619 (120 кбайт Flash-памяти программ и 4 кбайта оперативной памяти) установлен цветной (4 бита на канал) жидкокристаллический индикатор

NOKIA 6610 LCD разрешением 128x128 точек с подсветкой.


Для ввода информации разработчик может использовать две кнопки, подключенные к портам общего назначения, но лучше и правильнее для этой цели использовать установленный на плате джойстик с четырьмя направлениями смещения и функцией вертикального нажатия.

Используя в качестве прототипа плату MSP430-4619LCD, разработчик сможет создать практически любое необходимое устройство. Как вариант, это может быть mp3-плеер, благо в его распоряжении уже есть установленный разъем чтения карт памяти типа SD/MMC. А к стандартному для современной продукции Olimex коннектору UEXT можно присоединить универсальный модуль MOD-MP3 на основе кодека VS1002 фирмы VLSI, который поставляется отдельно.

Альтернативное решение на базе MSP430-4619LCD – система беспроводной передачи данных, достаточная аппаратная функциональность в этом случае реализуется подключением модуля MOD-NRF24Lx.

Интересное решение игровой приставки может быть развернуто с использованием уже установленного на плате трехосевого акселерометра Freescale MMA7620, для этого на сайте: [www.olimex.com](http://www.olimex.com) даже опубликован опорный демонстрационный проект.

При заданной функциональности плата имеет небольшие, можно сказать, оптимальные размеры 80x60 мм.

Представленные в статье отладочные средства, а также другой инструментарий разработчика для микроконтроллеров и сигнальных процессоров можно приобрести у официального дистрибьютора Olimex в России, московской компании «Терраэлектроника» либо через ее партнерскую сеть в регионах. 

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — по e-mail: [info@terraelectronica.ru](mailto:info@terraelectronica.ru)



### Новый логарифмический усилитель от TI

Компания Texas Instruments представила новый прецизионный высокоскоростной (длительность переходного процесса 1 мкс) логарифмический усилитель, который формирует выходное напряжение или ток как натуральный или десятичный логарифм входного напряжения или тока. LOG114 имеет динамический диапазон 8 декад и реализовывает функцию логарифмирования без применения внешних компонентов (см. [www.ti.com/SC7071](http://www.ti.com/SC7071)).

LOG114 специально разработан для усиления сигналов на выходе фотодиодов волоконно-оптических кабелей коммуникационных систем. LOG114 также может применяться для измерения оптической плотности в медицинских и промышленных приложениях. Корпус QFN-16 позволяет использовать усилитель в компактных встраиваемых модулях и многоканальных системах.

Высокая скорость и широкий динамический диапазон (эквивалентно 27 битам; от 100 пА до 10 мА на входе) с высокой точностью делают LOG114 пригодным для применения в лазерных системах управления. Усилитель имеет встроенный источник опорного напряжения 2,5 В и два независимых операционных усилителя, что позволяет организовать смещение, амплитудное масштабирование, пороговое детектирование, а также некоторые другие функции.

LOG114 работает от одиночного +5 В или двоячного  $\pm 5$  В источника питания в диапазоне температур  $-5...75^{\circ}\text{C}$ . Высокая стабильность коэффициента усиления во всем диапазоне температур обеспечивается применением технологии термокомпенсации. Низкий шум, широкая полоса усиления обеспечивают высокую точность измерения даже для сигналов с низким уровнем и относительно высокими частотами, рабочее значение тока покоя при этом не превышает 10 мА. При применении для сжатия сигнала, LOG114 может работать с АЦП от TI, например 12-разрядными ADS7816, ADS7822 и ADS7844, 16-разрядными ADS8320 и ADS8344.

# МАГИЧЕСКИЕ ЧИСЛА ЭЛЕКТРОНИКИ: 431, 494, 1524, 1843



Известный специалист по рынку электронных компонентов **Георгий Келл** на своей авторской странице рассказывает об электронных компонентах, сыгравших ключевую роль в развитии отрасли.

Совсем не факт, что крупные компании «генерируют» больше магических чисел в наименованиях своих микросхем, но, несомненно, — чем больше номенклатура, тем вероятнее попадание в «магический» рейтинг. Еще лучше, если компания стояла у истоков полупроводниковой эры — именно в первые десятилетия создавались изделия максимально широкого применения. Этим условиям полностью удовлетворяет компания **TEXAS INSTRUMENTS** — все пять десятилетий полупроводниковой эры компания сохраняет позицию в мировом Top-10 рейтинге, а сотрудник компании Джек Килби в 1958 году создал первую интегральную микросхему.

Трудно найти электронщика, не знакомого с префиксом **TL** для аналоговых микросхем или **SN** для логических. И хотя в последнее де-

сятилетие в номенклатуре компании появились и иные префиксы — UC, OPA, REF, VQ (пришедшие из поглощенных компаний Unitrode, Burr-Brown и Benchmarq), классические микросхемы **TI** прочно вошли в историю отрасли.

Безусловным претендентом на включение в список «магических» ИС следует признать «регулируемый прецизионный шунтовой регулятор» **TL431**. Это 3-х выводная микросхема содержит 10 транзисторов и эквивалентна обычному стабилитрону (диоду Зенера), но имеет более высокую крутизну характеристики и температурную стабильность. Кроме того, с помощью внешнего делителя можно регулировать напряжение в диапазоне от 2,5 до 30 В (в более поздних моделях минимальное напряжение стабилизации было понижено до 1,25 В).

Создал **TL431** в конце 70-х сотрудник TI Барни Холланд (*Barney Holland*), причем произошло это в процессе копирования линейного стабилизатора LM117 компании **National Semiconductor**. Барни пришлось в голову, что источник опорного напряжения в составе стабилизатора после некоторой доработки может быть использован в качестве отдельного элемента. Сначала была выпущена микросхема TL430, а затем более точная и стабильная **TL431**, которая и стала, возможно, самой популярной и массовой микросхемой, применяемой в источниках питания. Клоны **TL431** производятся многими компаниями. Первые микросхемы выпускались в корпусе to-92, сейчас же они доступны и в dip8, so8, tssop8, sot23, sot89, sc70, to-252... Одно из самых популярных применений TL431 — источник опорного напряжения с усилителем ошибки в цепи обратной связи импульсных источников питания с гальванической развязкой через оптрон.

Барни Холланд создал и другую микросхему для импульсных источников питания, число в обозначении которой настолько хорошо известно специалистам, что с полным правом может быть отнесено к «магическим». Это двухтактный ШИМ-контроллер **TL494**, сыгравший заметную роль в становлении импульсной силовой электроники. Стоит упомянуть, что, разрабатывая TL494 Барни Холланд, использовал в качестве прототипа классическую микросхему ШИМ-контроллера **SG1524** компании **Silicon General**. Кстати, тем же путем шли и разработчики других ШИМ-контроллеров: MC3240 (Motorola), NE5560 (Signetics) и ZN1066 (Ferranti).

Тут стоит немного отвлечься от продукции **TI** и рассказать о числе **1524**, не столь известном российским электронщикам, но в мировой электронике причисляемом к «магическим» за использование в микросхеме **SG1524** — первой микросхеме ШИМ-контроллера, открывшей эру массовых импульсных источников питания.

Разработчиком микросхемы **SG1524** в компании Silicon General был Боб Маммано (*Robert Mammano*) — «пионер» силовой электроники и обладатель 20-ти патентов в этой сфере. В 1975 году перед ним была поставлена задача «перевести в кремний», используемые главным образом военными (из-за их высокой стоимости), схемотехнические решения импульсных преобразователей напряжения, выполненных на дискретных компонентах. Одним из заказчиков была компания **Teledyne**, стремившаяся уменьшить размеры и повысить КПД источников питания своих телетайпов. Разработка заняла год и в 1976 году на рынок была выпущена первая микросхема, совместившая в себе цифровые (триггер, логические



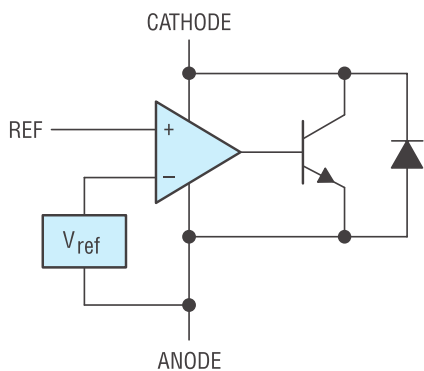


Рис. 1. Функциональная схема TL431

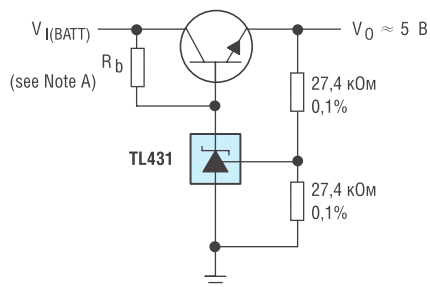


Рис. 2. Пример применения в линейном стабилизаторе

элементы, генератор) и аналоговые (ОУ, компаратор, ИОН) элементы, что было по тому времени

технологическим прорывом. Это и была SG1524. За ней последовали SG1525 и SG1526...

В 1980 году Боб Маммано переходит в компанию **Unitrode**. В 1993 году компания **Silicon General** становится **Linfinity**, а последняя вскоре поглощается компанией **Microsemi**, в номенклатуре которой **SG1524** числится до сих пор. Следует отметить, что в практике ряда американских компаний принято первой цифрой в обозначении микросхем кодировать температурный диапазон: «1» – (military) -55...125°C, «2» – (industrial) -25...85°C и «3» – (commercial) 0...70°C. Таким образом, числа 1524, 2524 и 3524 фактически эквивалентны, но для простоты «магическим» будем считать начинающееся с «1». Как и в нашей стране, в США военные были главными потребителями (по крайней мере, в те годы), и микросхемы на расширенный температурный диапазон можно считать «главными».

В качестве последнего «магического» числа рассмотрим **1843**. Хотя

оно представляет только одну микросхему из семейства UC1842... UC1845, да и то, с учетом сказанного выше, в military исполнении. Российским электронщикам, как в сфере разработки, так и ремонта, больше известны именно микросхемы в коммерческом исполнении UC3842...UC3845.

Разработчиком **UC1843** в компании **Unitrode** был Ларри Вофффорд (*Larry Wofford*). Сначала им была разработана микросхема UC1846, работавшая в появившемся начале 80-х режиме постоянного контроля тока (current-mode control). Но эта микросхема требовала использования 16-ти выводного DIP корпуса и являлась избыточной для многих приложений. Ее модификация и стала ядром семейства UC1842... UC1845, выполненного в корпусе dip8. Микросхемы семейства отличались только значениями пороговых уставок по напряжению питания и глубиной ШИМ (50% или 100%).

Любопытно, что пути всех трех упомянутых разработчиков микросхем для силовой электроники в итоге сошлись в компании **Texas Instruments**. Барни Холланд в начале 80-х покинул компанию и, став главным инженером в компании **Unitrode**, участвовал в разработке UC3846. Однако в 1999 году компания **Texas Instruments** купила **Unitrode**, и Барни вернулся. И проработал в должности вице-президента вплоть до выхода на пенсию в 2004 году. Боб Маммано, бывший в числе основателей **Silicon General**, а затем создававший направление силовых микросхем в **Unitrode**, также пришел в **TI** вместе с остальным коллективом **Unitrode** в 1999 году и работает до сих пор. Таким же был путь и Ларри Вофффорда, и он тоже продолжает работать в компании.

В заключение стоит отметить, что поиск в Google по рассмотренным наименованиям ИС дает число ссылок, в целом соответствующее их положению на рынке в наши дни:

- TL431 – 790 тыс. ссылок
- TL494 – 78 тыс. ссылок
- UC1843 – 1070 ссылок
- SG1524 – 650 ссылок.

## Texas Instruments —

# МИРОВОЙ ЛИДЕР ПО ПРОДАЖАМ АНАЛОГОВОЙ ПРОДУКЦИИ\*

1. Texas Instruments
2. STMicroelectronics
3. Infineon Technologies
4. Philips (NXP) Semiconductors
5. Analog Devices
6. National Semiconductor

\* по данным Databeans за 2005 год

www.compel.ru