

№2 (82), 2009 г.

Информационно-технический
журнал

Учредитель — ЗАО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-19835

Редактор:

Геннадий Каневский
vesti@compel.ru

Выпускающий редактор:

Анна Заславская

Редакционная коллегия:

Андрей Агеноров
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Николай Паничкин
Александр Райхман
Борис Рудяк
Илья Фурман

Дизайн, графика, верстка:

Елена Георгадзе
Владимир Писанко
Евгений Торочков

Распространение:

Анна Заславская

Электронная подписка:

www.compeljournal.ru

Отпечатано:

«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж — 1500 экз.

© «Новости электроники»

Подписано в печать:

17 февраля 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *TEXAS INSTRUMENTS INC.*

• Texas Instruments на рынке систем безопасности <i>Мария Рудяк</i>	3
• Радиочастотная продукция Texas Instruments для систем безопасности <i>Константин Староверов</i>	5
• Построение сетей мониторинга на примере набора EZ430-RF250 <i>Алексей Пантелейчук</i>	10
• Датчик дыма на микроконтроллере MSP430F2012 <i>Константин Староверов</i>	16
• Использование DSP компании Texas Instruments в биометрических системах доступа <i>Алексей Пантелейчук</i>	19
• Компоненты Power-over-Ethernet компании Texas Instruments в системах безопасности <i>Андрей Никитин</i>	22
• Устройство электронной печати на базе микроконтроллера MSP430 <i>Валерий Жижин</i>	27



TEXAS INSTRUMENTS

В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ

- Управление питанием в стиле ON Semiconductor
- Беспроводная передача данных – современные аспекты

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала – пишите на адрес vesti@compel.ru с пометкой «Тема в номер».

ОТ РЕДАКТОРА



Уважаемые читатели!

Количество новых подписчиков журнала продолжает расти. Многие из вас впервые держат в руках журнал с надписью на обложке «Бренд номера». Эту надпись вы увидите на большинстве номеров журнала в этом году и, надеюсь, в последующие годы. Чередоваться будут только логотипы компаний.

Традиции выпускать номера, посвященные продукции одного производителя, уже три года. В программе поставок компании КОМПЭЛ — несколько десятков известных на мировом электронном рынке компаний. По этой же традиции один из первых номеров каждый год мы посвящаем **Texas Instruments (TI)**, компании, занимающей первую строчку в списке наших поставщиков. Причины? — самая широкая номенклатура среди производителей полупроводников (50000 изделий), самый давний опыт сотрудничества с КОМ-

ПЭЛ (начавшийся с продукции Burr-Brown), лояльная политика компании по отношению к российскому рынку (гибкие цены, богатые русскоязычные информационные ресурсы, многочисленные семинары и тренинги, проводимые в России). Компании TI уже 80 лет, на полупроводниковом рынке она с 1954 года, в её активе — первые в мире промышленные образцы транзистора, интегральной микросхемы и микрокалькулятора. Сейчас TI — это самые экономичные в мире микроконтроллеры, самые быстродействующие АЦП и ЦАП, лучшие в отрасли характеристики операционных и инструментальных усилителей. Управление питанием и хранение данных в 75% производимых в мире ноутбуков реализовано на микросхемах TI. В 200 моделях мобильных телефонов ведущих мировых производителей мультимедийная часть выполнена на процессорах OMAP™ производства TI.

В этом номере мы решили совместить интерес к продукции TI с востребованностью электронных систем безопасности и контроля доступа. Немалая доля продукции Texas Instruments с успехом применяется в этой сфере.

На ваши вопросы всегда готова ответить команда КОМПЭЛ, отвечающая за продукцию TI. В нее входят Мария Рудяк, Андрей Соколов и Константин Гадушка.

С уважением,
Геннадий Каневский

Мария Рудяк (КОМПЭЛ)

TEXAS INSTRUMENTS НА РЫНКЕ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ



Рынок систем безопасности является одним из наиболее перспективных направлений в отечественной электронике, который даже в трудный 2009 год продолжал развиваться. В современном мире, к сожалению, появляется все больше потенциальных угроз безопасности как людей и их собственности, так и разного рода предприятий. Поэтому, по-прежнему востребованы охранные системы, системы видеонаблюдения, системы контроля доступа, оборудование противопожарных систем, автомобильные сигнализации и многое другое, что защищает и охраняет нас вокруг.

Компания Texas Instruments, дистрибьютором которой с 2001 года является КОМПЭЛ, в своих разработках так же уделяет большое внимание решениям для систем безопасности. Об этом я задала несколько вопросов менеджеру по

продажам представительства компании Texas Instruments в России Василию Басову (см. ниже).

Вряд ли можно найти другого производителя электронных компонентов, который предлагает столь широкий выбор продукции для рынка безопасности. Перечислим основные из них:


1. Сигнальные процессоры **TMS320DMXX** DaVinci для систем видеонаблюдения. (IP-видеокамеры, цифровые видео регистраторы и серверы). Используются в камерах DSP для сжатия видеозображения в различные стандартные и нестандартные видеоформаты, для видеоаналитики и поддержки протоколов связи. Подробнее о решениях TI для систем видеонаблюдения можно прочитать в статье Ильи Чепурина в **НЭ №8/2009**.

2. Контроллеры питания Power Over Ethernet **TPS237XX** для IP-видеокамер и датчиков. Используются для органи-

зации питания устройств по сетям LAN (см стр. 22).

3. Микропотребляющие контроллеры **MSP430** для интеллектуальных датчиков. Выполняют функции считывания сигналов датчиков, обработки этих сигналов и организации коммуникационных интерфейсов (см. стр. 16 и стр. 27).

4. Радиочастотные приемопередатчики **CC11XX** и **CC25XX**. Используются для организации маломощных радиочастотных сетей датчиков различной конфигурации. Эти компоненты отлично подходят для систем автомобильных сигнализаций, пожарных датчиков, детекторов дыма, датчиков разбития стекла, систем автоматизации зданий и т.д. (см. стр. 5 и стр. 10).

5. Декодеры видеосигнала **TVP51XX** для цифровых видео регистраторов и серверов. Используются для оцифровки и декодирования всех популярных аналоговых видеоформатов. 

Ответы менеджера по продажам представительства Texas Instruments в России Василия Басова

Как бы Вы охарактеризовали основные тенденции развития компании Texas Instruments на 2010 год?

Прежде всего, хочу отметить, что компании TI удалось успешно использовать спад мировой экономики в 2009 году. Были сделаны стратегические инвестиции в области микроконтроллеров и MOSFET — приобретение компаний Luminary Micro и C1CLON Semiconductor Device. Компания получила положительную чистую прибыль в 2009, несмотря на мировой кризис и, в частности, кризис в электронной индустрии.

Особым приоритетом в 2010 году будут микроконтроллеры. Планируется значительное расширение продуктовой линейки. Значительные усилия

будут предприняты в области аналоговой продукции, особенно это касается усиления наших позиций в аналогово-цифровых преобразователях.

Тема этого номера нашего журнала — продукция TI в системах безопасности и контроля доступа. Какова, по вашим оценкам, доля систем безопасности на российском рынке электроники? Каковы перспективы этой отрасли?

Системы безопасности занимают традиционно высокую долю среди потребителей электроники. Отрасль будет, безусловно, развиваться, особенно с учетом появления новых технических возможностей. Растет интерес и количество реальных проектов с использованием беспроводных систем. Появляются новые требования к системам видеонаблюдения, это касается, прежде всего, разрешающей способности и анализа видеoinформации в реаль-

ном времени. В современной электронной отрасли зачастую появление новых технических решений приводит к появлению спроса на них, а не наоборот.

Какие уникальные разработки и технологии TI может предложить потребителям в сфере систем безопасности?

Понятие «система безопасности» чрезвычайно широкое, а TI поставляет практически полный набор электронных компонентов для любых систем. Многие технологии TI являются катализаторами новых идей в отрасли безопасности. В первую очередь это наши компоненты для беспроводных технологий, микроконтроллеры со сверхнизким потреблением **MSP430**, микросхемы для построения устройств электропитания различных типов, самые производительные в мире процессоры цифровой обработки сигналов.

Продукция Texas Instruments

Функциональная группа	Применение																		
	Операционные усилители	Инструментальные усилители	Усилители аудио- и видеосигналов	АЦП	Транзисторы NexFET 	Кодеки	Цифровые сигнальные процессоры	Микроконтроллеры	ARM-микроконтроллеры 	Интерфейсы	Логика	Радиочастотные компоненты	Компоненты Zig-Bee™	Преобразователи мощности	Управление батарейным питанием	Регуляторы напряжения	Модульные источники питания	Шим-контроллеры	Цифровые системы управления питанием
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	•			•			•												

Константин Староверов

РАДИОЧАСТОТНАЯ ПРОДУКЦИЯ TEXAS INSTRUMENTS ДЛЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ



Компания Texas Instruments выпускает широкий ассортимент радиочастотных (РЧ) трансиверов и систем на кристалле, которые полностью отвечают требованиям к современным беспроводным компонентам систем безопасности. О некоторых представителях этого ассортимента и выпускаемых для них инструментальных средств проектирования пойдет речь в данной статье.

Системы безопасности — это целый класс разнообразных систем, направленных на обеспечение безопасной эксплуатации инженерных объектов, а также сбережение ценного имущества, инвентаря, оборудования, интеллектуальной собственности и т.п. К наиболее распространенным представителям этого класса относятся системы противопожарной защиты, системы управления доступом, охранные системы и системы видеонаблюдения. В архитектуре этих систем, которая часто подразумевает применение разнесенных по объекту датчиков, часто используют беспроводные технологии. Они дают возможность просто и быстро установить датчик в любом месте, не прибегая к проводному соединению и дальнейшему контролю его целостности. Однако практичность таких технологий главным образом зависит от особенностей реализующих ее инструментов, которые должны быть

простыми в применении, недорогими и, самое главное, очень маломощными, т.к. любое претендующее на практичность беспроводное решение должно быть обеспечено непрерывным электропитанием в течение длительного времени. К числу таких инструментов можно отнести РЧ-продукцию компании Texas Instruments (TI), которую составляют трансиверы и системы на кристалле SoC для работы в догигагерцовых и 2,4-гигагерцовых нелицензируемых диапазонах частот по стандартизированным (IEEE802.15.4, ZigBee) и нестандартизированным (в т.ч. бесплатно предлагаемый TI SimpliciTI) протоколам передачи данных.

CC1101

CC1101 — улучшенная версия трансивера CC1100 для работы во всех догигагерцовых ISM-диапазонах

Представленный в 2007 году трансивер **CC1101** является усовершенство-

ванным, совместимым по расположению выводов и программированию аналогом **CC1100**. Трансивер CC1101 отличается улучшенными РЧ-характеристиками (расширенным диапазоном частот, повышенной избирательностью, улучшенным входным уровнем насыщения и возможностью управления выходной мощностью) и характеристиками электропотребления. Благодаря малому потребляемому току, отличным РЧ-характеристикам (таблица 1) и высокой степени интеграции он прекрасно подходит для реализации беспроводных компонентов систем безопасности: элементов охранных систем; контрольных приборов с автоматическим считыванием; устройств сигнализации, мониторинга и автоматизации. В критичных к уровню электропотребления устройствах с батарейным питанием вместе с CC1101 часто используются микроконтроллеры (МК) из семейства **MSP430 (TI)**. Для подключения к внешнему МК предусмотрен четырехпроводной SPI-совместимый интерфейс, а две занятые для этих целей линии ввода-вывода МК могут быть скомпенсированы двумя программируемыми цифровыми выходами CC1101. Благодаря высокой степени интеграции достигается упрощение внешнего подключения транс-

Таблица 1. Основные технические характеристики трансивера CC1101 (433/868 МГц, 3.0 В, 25°C)

Наименование параметра	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Частотный диапазон, МГц	300	—	348
	387	—	464
	779	—	928
Рабочий температурный диапазон, °C	-40	—	85
Рабочее напряжение питания, В	1,8	—	3,6
Скорость передачи (программируемая), кбод	1,2	—	500
Выходная мощность (программируемая), дБм	-30	—	+12
Чувствительность приемника ¹⁾ , дБм	—	-113	—
Потребляемый ток:			
— режим приема ²⁾ , мА	—	14,7	—
— режим передачи (0 дБм), мА	—	15,0	—
— режим передачи (12 дБм), мА	—	30,0	—
— режим отключения, мкА	—	<1	—

Примечание:

- 1,2 кбод, 868 МГц, частота ошибок в пакете 1%;
2. Входной сигнал существенно выше порога чувствительности.

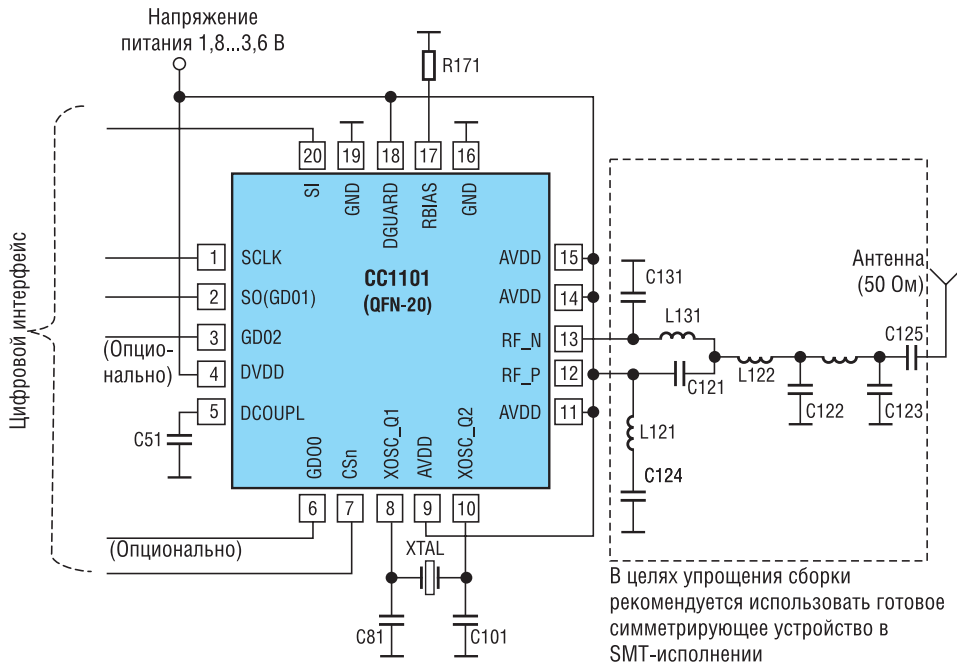


Рис. 1. Типовая схема включения трансивера CC1101 для работы в частотном диапазоне 315 или 433 МГц

вера (рис. 1) и снижение нагрузки на программу МК. Последнее является следствием интеграции конфигурируемого модема, который разгружает МК от необходимости выполнения критичных ко времени выполнения задач: обработки пакетов; буферизации данных; пакетной передачи; поиска свободного канала; оценки качества канала и возобновления активной работы через РЧ-канал. Данный модем поддерживает очень широкие возможности по конфигурации, в т.ч. выбор схемы модуляции (ASK, 2-FSK, GFSK, MSK, OOK), что существенно улучшает гибкость применения трансивера. CC1101 размещен в ультраминиатюрном корпусе QFN-20 (4x4 мм), что, наряду с высокой степенью интеграции, дает дополнительное преимущество при необходимости создания портативного устройства. Также необходимо отметить, что CC1101 является основой для построения другой более высокоинтегрированной РЧ продукции TI, в т.ч. SoC **CC1110**, **CC1111**

и **CC430**, а также совместим по расположению выводов и регистрам с 2,4-гигагерцовым **CC2500**.

CC1111

CC1111 – полностью интегрированное решение для подключения ПК к сети беспроводных датчиков через порт USB 2.0

Тенденции к миниатюризации, удешевлению и упрощению устройств беспроводной передачи данных позволяют сделать РЧ-системы на кристалле, которые объединяют в одной микросхеме РЧ-трансивер и Flash-микроконтроллер. Одним из примеров такой SoC является микросхема **CC1111** со встроенным Device-контроллером полноскоростного порта USB 2.0. Данная микросхема, являющаяся, по сути, полностью интегрированным решением USB-заглушки (*dongle*), предоставляет управляющему компьютеру доступ к сети беспроводных датчиков и устройств. Основой этой, размещенной в миниатюрном

корпусе QFN36 (6x6 мм), микросхемы является рассмотренный выше РЧ-трансивер CC1101 и 8051-совместимое микроконтроллерное ядро с одноктактным выполнением цикла инструкции (у стандартного ядра 8051 требовалось 12 тактов на цикл инструкции). Данное ядро дополнено Flash-памятью (8/16/32 кбайт), статическим ОЗУ (SRAM, 1/2/4 кбайт), а также набором встроенных модулей ввода-вывода: восьмиканальным 7...12-битным АЦП; двумя интерфейсами USART; одним I²S; 19 линиями дискретного ввода-вывода; сторожевым таймером; генератором случайных чисел; пятью таймерами; контроллером прямого доступа к памяти и сопроцессором для аппаратной шифрации/дешифрации по алгоритму AES с использованием 128-битного ключа. Встроенный USB-контроллер оснащен буфером FIFO (1 кбайт) и поддерживает передачи типа *bulk*, *interrupt* и *isochronous* на скорости до 12 Мбит/с через пять встроенных двунаправленных конечных точек.

Микросхема обладает отличными характеристиками электропотребления. В режиме передачи с выходной мощностью 0 дБм суммарный потребляемый ток составляет порядка 20 мА, а после перевода микросхемы в самый экономичный режим работы он снижается до 0,3 мкА (номинальное значение). Возобновление активной работы из этого режима достигается за время около 100 мкс.

Схема включения CC1111 представлена на рис. 2. Ее РЧ тракт полностью идентичен схеме для CC1101. Частота системной синхронизации микросхемы задается внешним кварцевым резонатором X3 (48 МГц). Микросхема также оснащена низкочастотной системой синхронизации (32 кГц), источником для которой может служить встроенный маломощный RC-генератор или низкочастотный кварцевый генератор (требует установки отдельного внешнего кварцевого резонатора X2 на частоту 32,768 кГц). Кроме того, источником системной синхронизации на

Таблица 2. Сведения по представителям семейства CC430

Наименование	Flash-память ¹⁾ , кбайт	ОЗУ, кбайт	Контроллер ЖКИ (96 сегментов)	АЦП (12 бит, 8 каналов)	Максимальное число линий в/в	Температурный диапазон, °С	Корпус
CC430F5133	8	2	—	Есть	30	-40...85	QFN-48
CC430F5135	16	2	—	Есть	30		QFN-48
CC430F5137	32	4	—	Есть	30		QFN-48
CC430F6125	16	2	Есть	—	44		QFN-64
CC430F6126	32	2	Есть	—	44		QFN-64
CC430F6127	32	4	Есть	—	44		QFN-64
CC430F6135	16	2	Есть	Есть	44		QFN-64
CC430F6137	32	4	Есть	Есть	44		QFN-64

Примечание:

1. Каждая микросхема содержит дополнительно 512 байт Flash-памяти для хранения кода программы самопрограммирования (Bootstrap Loader) через интерфейс UART.

Таблица 3. Основные технические характеристики системы на кристалле CC2530

Наименование параметра	Минимальное значение	Номинальное значение	Максимальное значение
Частотный диапазон, МГц	2400	—	2483,6
Рабочий температурный диапазон, °С	-40	—	85/125
Рабочее напряжение питания, В	2,0	—	3,6
Скорость передачи, кбод	—	250	—
Чувствительность приемника, дБм	—	-97	—
Подавление соседнего канала, дБ	—	49/49	—
Подавление побочного канала, дБ	—	54/54	—
Подавление интерферирующего канала, дБ	—	54/54	—
Номинальная выходная мощность в режиме передачи, дБм	—	+4	—
Потребляемый ток:			
- режим приема (МК активен), мА	—	25	—
- режим передачи (+4 дБм, МК активен), мА	—	34	—
- режим PM1, мкА	—	105	—
- режим PM2, мкА	—	0,8	—
- режим PM3, мкА	—	0,4	—
Время активизации из режима PM2 или PM3, мкс	—	120	—
Задержка переключения между режимами приема и передачи, мкс	—	192	—

период неактивной РЧ-передачи может служить встроенный высокочастотный RC-генератор. Все встроенные RC-генераторы поддерживают возможность автоматической калибровки и дальнейшей оптимизации электропотребления как в активном, так и в дежурном режиме работы. Наконец, для тех применений, где не требуется USB-связь, доступна идентичная серия SoC **CC1110**.

CC430

CC430 — технологическая платформа для создания передовых устройств с возможностями РЧ-связи

Семейство **CC430** — новейшая разработка TI. Его составляют высокоинтегрированные SoC, объединяющие в одном 48- или 64-выводном корпусе QFN (размеры 7x7 мм и 9x9 мм, соответственно) современный 16-битный микроконтроллер **MSP430F5xx** и РЧ-модуль **RF1A**, созданный по типу рассмотренного вначале трансивера CC1101 и обладающий идентичными CC1101 РЧ-характеристиками. В настоящее время семейство составляют восемь различных SoC, отличительные характеристики которых представлены в таблице 2. Микросхемы обладают превосходными характеристиками электропитания: напряжение питания 1,8...3,6 В; потребляемый ток без учета трансивера 180 мкА/МГц (в активном режиме), 1,7 мкА (в дежурном режиме) и 1 мкА (в режиме отключения). Данные характеристики, в сочетании с возможностью возобновления активной работы из дежурного режима за время менее 5 мкс, делают возможным применение рассматриваемых SoC в устройствах, которые должны работать без замены батареи питания до 10 и более лет. К числу таких устройств относятся беспроводные датчики (например, дыма, разбития стекла, присутствия и др.), измерительные приборы с дистан-

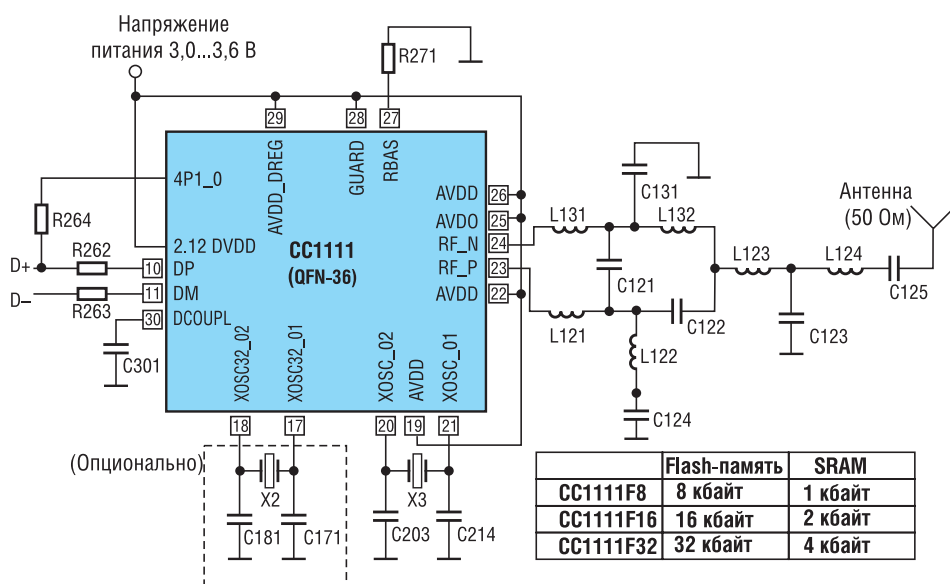


Рис. 2. Типовая схема включения системы на кристалле CC1111

ционным считыванием, беспроводные пульты, активные теги/метки систем РЧ идентификации и мониторинга. Помимо представленных в таблице 1 модулей, все микросхемы дополнительно интегрируют: конфигурируемую систему управления электропитанием; унифицированную систему синхронизации, такую же, как и у CC1110/11 (состоит из НЧ- и ВЧ-каналов, но имеет более гибкую организацию и ряд дополнительных возможностей, в т.ч. синтез частоты и обнаружение отказа кварцевых генераторов); два 16-битных таймера с режимами захвата/сравнения; модуль последовательных интерфейсов с двумя каналами (первый канал: UART, IrDA или SPI, второй канал: SPI или I²C); часы реального времени; аппаратные ускорители CRC16, умножения и шифрации/дешифрации по алгоритму AES128; трехканальный контроллер прямого доступа к памяти; аналоговый компаратор; сторожевой таймер и со-

временную отладочную систему с доступом через интерфейс JTAG или Spy-Bi-Wire. Столь широкие возможности и миниатюрный корпус, делают семейство CC430 настоящей технологической платформой для создания в кратчайшие сроки современной РЧ продукции с рядом конкурентных преимуществ, в числе которых — компактность, низкая стоимость и улучшенные функциональные возможности.

CC2530

CC2530 — система на кристалле для работы в диапазоне частот 2,4 ГГц по стандартам IEEE 802.15.4 и ZigBee®

Система на кристалле **CC2530**, представленная в середине прошлого года, выполнена по концепции, идентичной CC1110, т.е. интегрирует 8051-совместимый микроконтроллер и РЧ трансивер, но для работы в диапазоне частот 2,4 ГГц. SoC CC2530 доступна в пяти исполнениях (**CC2530F32/64/128/256**)

Таблица 4. Инструментальные средства из семейства eZ430

Наименование	Описание	Фото
eZ430-Chronos	Высокоинтегрированная система для разработки беспроводных устройств на базе системы на кристалле CC430, выполненная в виде наручных часов. Интегрирует SoC CC430F6137, 96-сегментный ЖКИ, датчик давления и трехосевой акселерометр. Способна взаимодействовать с другими РЧ устройствами, выполненными на основе трансивера CC1101 или систем на кристалле CC111х, CC430. В комплект входит USB-адаптер ПК для внутрисистемного программирования/отладки, а также подключаемая к ПК беспроводная точка доступа (выполнена на основе CC1111). Выпускается в трех исполнениях для разных частотных диапазонов (433 МГц, 868 МГц и 915 МГц).	
eZ430-F2013	Завершенное средство для проектирования на основе МК MSP430, по конструкции напоминающее USB-накопитель. Состоит из платы USB-адаптера отладочной системы и съемной целевой платы на основе MSP430F2013. USB-адаптер может использоваться для отладки других МК MSP430, оснащенных интерфейсом Spy-Bi-Wire (MSP430F20xx, F21x2, F22xx), а также целевых плат eZ430-T2012 и eZ430-RF2500T. Целевая плата с MSP430F2013 содержит светодиодный индикатор и 14 контактов для доступа к выводам МК.	
eZ430-RF2500	Завершенное средство для проектирования беспроводных устройств на основе МК MSP430 и трансивера CC2500. Конструктивно выполнено как USB-накопитель. Состоит из USB-адаптера отладочной системы, двух съемных целевых плат с РЧ-портом (2,4 ГГц) и высокоинтегрированным МК MSP430F2274, платы батарейного питания с держателем батареек типа AAA и собственно батареек. USB-адаптер поддерживает другие МК MS430 с интерфейсом Spy-Bi-Wire.	
eZ430-RF2480	Содержит все аппаратные и программные компоненты, необходимые для оценки сетевого ZigBee-процессора CC2480 и МК MSP430F2274, в т.ч. три ZigBee-узла в виде целевых плат eZ430-RF2480, один USB-адаптер (MSP-eZ430U), две платы батарейного питания (eZ430-BB), четыре батарейки AAA. На каждой целевой плате имеются контакты для доступа к пяти линиям ввода-вывода МК, два управляемых из МК светодиода и кнопка, соединенная со входом внешнего прерывания.	
eZ430-RF2500-SEH	Усовершенствованная версия eZ430-RF2500 в направлении поддержки набирающей популярности технологии «Energy Harvesting» как альтернативы батарейного питания микромощных устройств. В комплект входит плата автономного питания, выполненная на основе высокоэффективной солнечной батареи (56x56 мм) и перезаряжаемой тонкопленочной батареи EnerChips компании Cymbet. Солнечная батарея обеспечивает возможность питания даже при плохом освещении, а батарея EnerChips обеспечивает возможность выполнения свыше 400 передач в полной темноте.	
eZ430-T2012	Три целевых платы на основе МК MSP430F2012. Требуют отдельного адаптера отладочной системы. Идентичны по возможностям плате с МК MSP430F2013, но дополнительно содержат восьмиканальный 10-битный АЦП.	
eZ430-RF2500T	Целевая плата из набора eZ430-RF2500 в комплекте с платой батарейного питания и двумя батарейками AAA. Предназначена для расширения имеющейся беспроводной сети.	
AMB8423 (eZ430-RF1101T)	Целевая плата, которая является 868/915-мегагерцовой альтернативой 2,4-гигагерцовой модулю eZ430-RF2500. Взамен трансивера CC2500 здесь используется CC1101. В связи с работой в другом диапазоне частот плата имеет измененную конструкцию антенны. Плата предназначена для расширения имеющейся 900-мегагерцовой сети.	

с различным объемом встроенной Flash-памяти (32/64/128/256 кбайт). Доступность исполнений с повышенным объемом Flash-памяти выделяет предложение TI на фоне конкурирующих решений и позволяет поддерживать сразу несколько сетевых протоколов. Этому также способствует доступность полностью бесплатного микропрограммного обеспечения, реализующего некоторые сетевые протоколы, в т.ч. стандарти-

зированные протоколы ZigBee PRO и ZigBee RF4CE, а также разработанный TI протокол SimpliciTI™. SoC CC2530 отличается лидирующими РЧ-характеристиками и характеристиками электропотребления (таблица 3), что существенно облегчает разработку высококачественной продукции. Микросхема подходит для использования в разнообразных применениях. Для этого в нее интегрированы как стандарт-

ная микроконтроллерная периферия: 8/16-битные таймеры; сторожевой таймер; АЦП два модуля USART с поддержкой протоколов SPI и UART; порты ввода-вывода (21 линия: 19x4 + 2x20 mA), так и специализированная: MAC таймер (определен стандартом IEEE 802.15.4), блок аппаратной поддержки сетевого протокола CSMA/CA, а также генератор случайных чисел и ускоритель шифрации/дешифрации

данных по алгоритму AES с использованием 128-битного ключа. Все перечисленные возможности интегрированы в один миниатюрный корпус QFN-40 (6x6 мм). CC2530 имеет столь же простую, как и у CC1111, схему включения (за вычетом интерфейса USB), поэтому здесь она не приводится. Кроме того, как и в случае с микросхемами CC1110/11, для CC2530 доступна USB-альтернатива — **CC2531**. Более детально о CC2531 можно прочитать в другой публикации НЭ [1].

CC2480 – ZigBee-процессор

Появление ZigBee-процессора **CC2480** является ответом на потребности тех клиентов, которые выбрали наиболее подходящий для них МК и теперь хотят добавить к нему поддержку протокола ZigBee без необходимости его глубокого изучения. В микромощных системах вместе с CC2480 обычно используют МК из семейства **MSP430** (рис. 3). Эти МК обладают минимальными в отрасли характеристиками малого электропотребления. Для взаимодействия с управляющим МК у CC2480 предусмотрен командный интерфейс (SPI или UART). CC2480 полностью интегрирует протокольный стек ZigBee 2006, что существенно снижает нагрузку на программу управляющего МК. Например, предлагаемый TI программный интерфейс SimpleAPI позволяет управлять CC2480 посредством десяти API-команд. Простота применения CC2480 также обеспечивается отличными РЧ характеристиками, которые дают возможность прекрасно сосуществовать с другой 2,4-гигагерцовой РЧ продукцией (Bluetooth, WiFi) и отличаются простой схемой включения [2]. CC2480 полностью отвечает условиям применения в портативной продукции с батарейным питанием: микросхема размещена в миниатюрном корпусе QFN-48 с размерами 7x7 мм и потребляет порядка 27 мА в активном режиме и менее 1 мкА в двух дежурных режимах с отключенным встроенным стабилизатором напряжения и ВЧ синхронизацией.

Поддержка проектирования

Всесторонняя техническая поддержка является эффективным инструментом популяризации продукции, и компания TI успешно им пользуется. Помимо обширного числа рекомендаций по применению и бесплатного микропрограммного обеспечения, пользователю доступны недорогие аппаратные инструменты, с помощью которых можно в кратчайшие сроки выполнить полный цикл разработки беспроводных микромощных устройств для работы в любом из ISM-

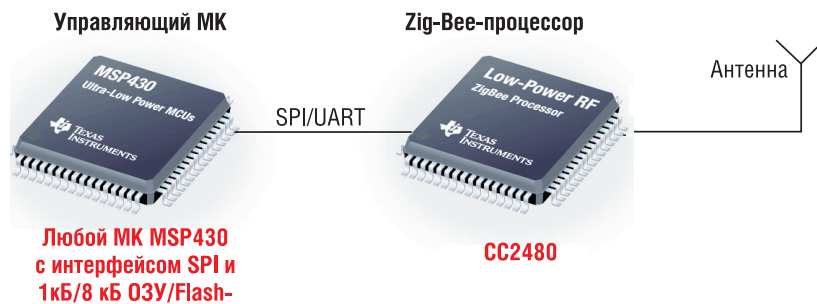


Рис. 3. ZigBee-система на основе CC2480 и МК MSP430

диапазонов. Сведения по некоторым из них представлены в таблице 4.

Заключение

Компания TI выпускает широкий ассортимент РЧ продукции, охватывающий все нелицензируемые частотные диапазоны. Неизменными чертами данной продукции являются отличные РЧ-характеристики, лидирующие характеристики электропотребления, унифицированность и простота схемы включения, гибкость, а также доступность всесторонней технической поддержки, в т.ч. в виде бесплатного микропрограммного обеспечения и недорогих аппаратных инструментальных средств для проектирования. Перечисленные особенности делают РЧ-продукцию TI иде-

альной для построения беспроводных компонентов разнообразных систем безопасности. Более детальная информация по РЧ-продукции TI доступна по ссылке http://www.ti.com/home_rf_if.

Литература

1. П. Ильин, О. Пушкарев. CC2530 – новый ZigBee-трансивер для широкого спектра применений // Новости электроники, №13, 2009 г. – С.25-28.
2. О. Пушкарев. CC2480 – сетевой ZigBee-процессор // Новости электроники, №14, 2008 г. – С. 32-36.

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

ОТЛАДОЧНЫЙ НАБОР НА БАЗЕ CC430

EM430F6137RF900 –

Отладочный набор на базе систем на кристалле новейшего семейства CC430 с ядром на базе микроконтроллера MSP430

Закажите сейчас со склада в Москве!

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

www.compel.ru

Алексей Пантелейчук

ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕЙ МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ НАБОРА EZ430-RF250



Без сомнения, все слышали про технологию ZigBee, позволяющую соединить в беспроводную сеть сотни и даже тысячи устройств (датчиков, счетчиков, пожарных извещателей). Однако организация небольшой сети с использованием технологии ZigBee -- избыточное и дорогое решение. В предлагаемой статье описывается пример построения сети беспроводных температурных датчиков с использованием протокола SimpliciTI компании Texas Instruments, упрощенной версии ZigBee.

В рассматриваемом примере сети термодатчиков конечные устройства передают значения измеренной температуры и напряжения по беспроводному каналу к точке доступа, которая сообщает все накопленные данные через интерфейс UART в COM-порт компьютера.

Описание беспроводной сети

Приложение построено на базе микроконтроллера MSP430, беспроводного приемопередатчика с низким энергопотреблением CC2500 и сетевого протокола SimpliciTI. Разработчик может повторить систему, используя два готовых решения:

- Отладочный набор eZ430-RF2500;
- Беспроводной протокол SimpliciTI.

eZ430-RF2500 — это полный отладочный комплект для работы с микроконтроллером MSP430F2274 и беспроводным трансивером CC2500 на 2,4 ГГц. В отладочный комплект входит: USB-программатор/эмулятор; две

съемные целевые платы; две батарейки в специальном корпусе (рис. 1); а также диск с документацией, графическим интерфейсом пользователя Network Visualizer и исходными кодами приложения. Целевая плата eZ430-RF2500T может использоваться как в паре с USB-программатором, так и в виде отдельной системы с внешним датчиком или без него, а также — как готовое решение. Через USB-интерфейс программатора можно организовать прием и передачу данных между компьютером и MSP430.

Отличительными характеристиками eZ430-RF2500 являются:

- USB программатор/эмулятор;
- 21 доступный вывод для отладки;
- Высокоинтегрированный микроконтроллер с низким энергопотреблением MSP430, работающий на частоте 16 МГц;
- Два светодиода, зеленый и красный, управляющиеся двумя цифровыми портами ввода/вывода общего назначения;
- Кнопка, генерирующая внешнее прерывание приложения.

Блок батареек и плата расширения используются для запуска программы на eZ430-RF2500T без программатора (рис. 1). Подробно о eZ430-RF2500 можно узнать на сайте TI: www.ti.com/eZ430-rf или в документе [1].

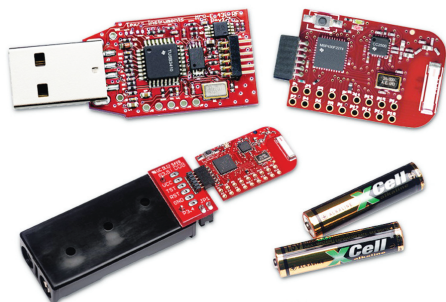
SimpliciTI — разработанный компанией TI протокол, ориентированный на сети с маломощными устройствами (до 30 устройств в сети). Сетевой протокол SimpliciTI очень прост в применении и требует минимальных ресурсов микроконтроллера. Протокол может быть реализован на базе микроконтроллеров с ультранизким энергопотреблением

MSP430 и многочисленных радиочастотных приемопередатчиков. Несмотря на скромные требования к ресурсам микроконтроллера, сетевой протокол SimpliciTI поддерживает топологии «звезда» с точкой доступа для записи и отправки сообщений конечному устройству, а также до четырех расширителей дальности. Протокол SimpliciTI предназначен для таких приложений, как системы безопасности и сигнализации (датчики присутствия и движения, датчики управления включением света, датчики разрушения стекла, детекторы дыма и угарного газа), бытовые расходомеры (измерители расхода газа, воды и электричества), домашняя автоматизация (дистанционные системы открывания гаражных дверей, системы кондиционирования и отопления), системы радиочастотной идентификации. Сетевой протокол SimpliciTI распространяется с открытым кодом и не требует лицензии. Разработчики беспроводных устройств могут адаптировать протокол под свои задачи. Более подробную информацию о протоколе см. в [2],[3].

Две целевые платы eZ430-RF2500 отладочного комплекта изначально запрограммированы различным программным обеспечением для работы в беспроводной сети. Точка доступа (AP) всегда включена и управляет сетью, один раз в секунду принимает информацию от одного или нескольких конечных устройств (ED). Конечное устройство (ED) большую часть времени проводит в режиме низкого энергопотребления LPM3, «просыпаясь» раз в секунду для измерения температуры окружающей среды и напряжения батарейки, затем пересылает результаты измерений точке доступа. При получении данных от конечного устройства точка доступа пересылает их через UART в COM-порт компьютера для отображения. Безусловно, все устройства в сети должны работать по протоколу SimpliciTI.

Точка доступа (AP)

Первое, что делает точка доступа при включении — передает текст (рис. 2) в COM-порт. Затем точка доступа инициализируется как сетевой концентратор.



eZ430-RF2500
Wireless Development Tool



Рис. 1. Отладочный набор eZ430-RF2500

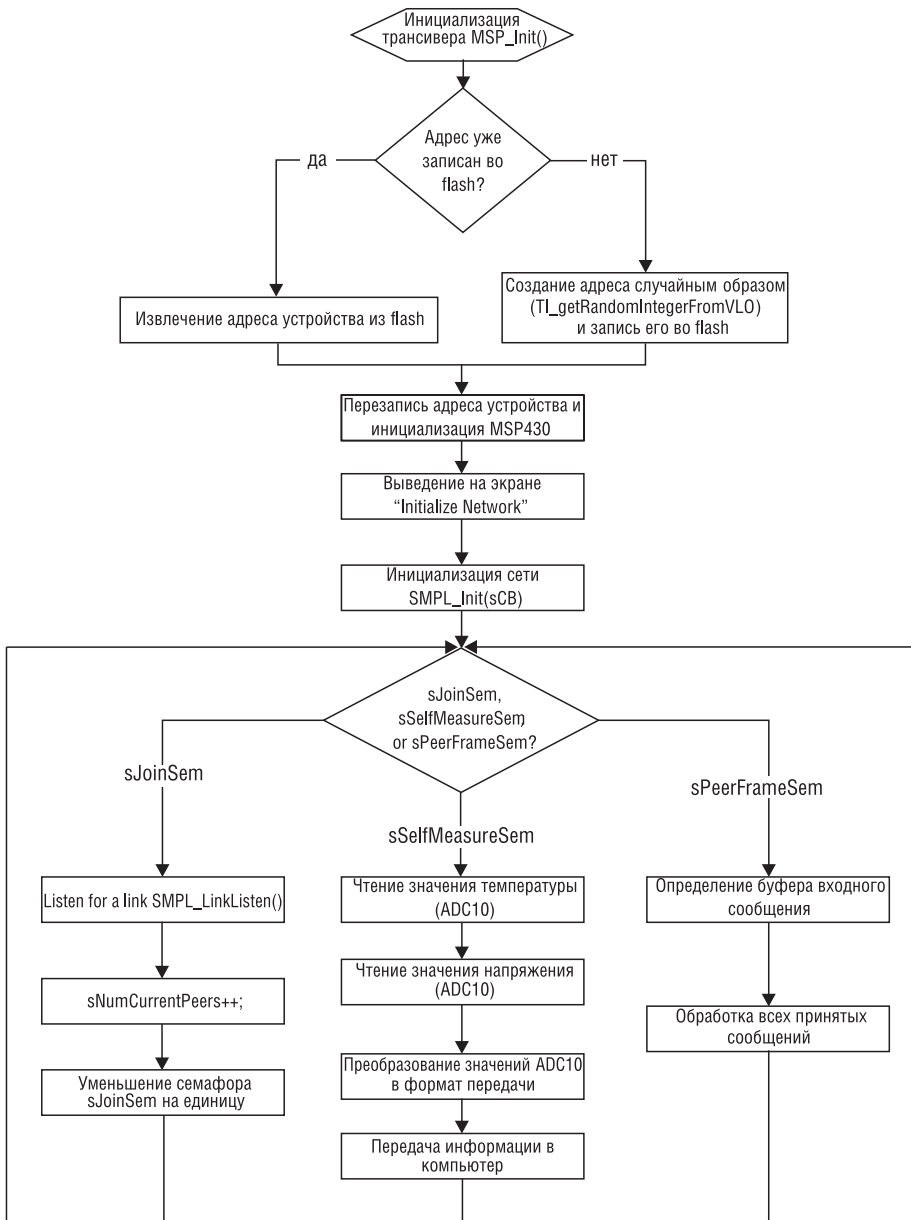


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы точки доступа

выключаются, и конечное устройство переходит в режим низкого энергопотребления LPM3, мигая зеленым светодиодом в моменты активной работы.

В момент включения конечное устройство инициализируется, затем раз в секунду измеряет температуру и напряжение батареи и передает их значения в сеть (рис. 4). Параметр точки доступа, передаваемый в функцию `SMPL_Init()`, является указателем типа `void` на несуществующую функцию обратного вызова, которая должна была бы использоваться при приеме сообщения. Но в рассматриваемом приложении конечное устройство не принимает сообщения, а только передает. Если бы точка доступа принимала сообщение, она делала бы это следующим образом: в случае, если конечное устройство «спит» и «просыпается» для приема сообщения от точки доступа, оно должно вызывать функцию `SMPL_Receive()`

для проверки наличия сообщений в выходном буфере точки доступа; в случае, если конечное устройство всегда в активном режиме и отслеживает принятые сообщения, точка доступа должна использовать функцию обратного вызова, сходную с функцией `sCB` в файле `demo_AP.c`.

Производительность системы

Необходимый объем памяти для приложения приведен в таблице 1. Компиляция программного кода производилась с использованием среды разработки IAR Embedded Workbench for MSP430 KickStart v.5.10 с оптимизацией `Balanced` → `Low`.

Таблица 1. Объем памяти, требуемый для проекта Wireless Sensor Monitor v1.02

Сетевые устройства	Flash/ROM, байт	ОЗУ, байт
Точка доступа	9922	724
Конечное устройство	6616	395

На рис. 5 изображена осциллограмма потребляемого тока в момент приема/передачи данных. На осциллограмме присутствует смещение напряжения 6,8 мВ, вызванное погрешностью измерения. При этом погрешность измерения тока при использовании резистора с сопротивлением 5 Ом составляет 1,3 мА. Из-за этого не получится измерить потребляемый ток в те моменты, когда устройство находится в режиме низкого энергопотребления, ожидается, что в этом режиме MSP430 в сумме с CC2500 потребляют 1,3 мкА (900 нА [MSP430] + 400 нА [CC2500]).

В таблице 2 приведены значения потребляемого тока при выполнении основных программных и аппаратных функций приложения. Такие функции, как передача данных через последовательный интерфейс USCI, присутствующие в приложении, не показаны в таблице из-за того, что потребляемый ими ток относительно мал.

В отличие от CC2500, функциональность которого задана аппаратно, на энергопотребление MSP430 можно влиять программным способом: анализировать, на выполнение каких функций тратится больше энергии, и делать соответствующие изменения. На рис. 6 показана осциллограмма потребляемого тока приложения в моменты его работы, за исключением тех, когда устройство находится в режиме приема и передачи.

1. «А» – Запуск XOSC (осциллятора CC2500).

2. «В» – Истечение времени таймера. Установки в конфигурационном регистре определяют: как много раз счетчик должен переполниться после успешного запуска XOSC до передачи сигнала готовности (отрицательный перепад на выводе `SNP_RDY`). В этом случае требуется 64 истечения времени таймера или 150 мкс.

3. «С» – `IDLE` → режим `RX` + калибровка PLL. После запуска XOSC, CC2500 по умолчанию переходит в режим ожидания `IDLE`. В соответствии с протоколом `SimpliciTI` функция пробуждения переводит CC2500 в режим приема `RX` после инициализации в `IDLE`. При переходе из режима `IDLE` в режим приема или передачи, ФАПЧ частотного генератора, используемая при модуляции/демодуляции в момент приема и передачи, автоматически калибруется в соответствии с установками в конфигурационных регистрах радиочастотного трансивера. Эту конфигурацию нужно осуществлять регулярно, и она длится 809 мкс.

Таблица 2. Энергопотребление при выполнении отдельных функций

Аппаратная часть	Потребляемый ток
Режимы энергосбережения	
MSP430 LPM0	1,1 мА
MSP430 LPM3	900 нА
CC2500 sleep state	400 нА
Активный режим MSP430	
8 МГц = DCO = SMCLK, 3 В	2,7 мА
10-бит АЦП MSP430	
fADC10CLK = 5 МГц, ADC10ON = 1, REFON = 1, REFOUT = 0, ADC10DIV = 0x4 (ADC10CLK/5)	850 мкА
Режимы CC2500	
Idle	1,5 мА
Прием (RX) (слабый входной сигнал, DEM_DCFILT_OF = 0,250 kbps)	18,8 мА
Передача (TX) (250 kbps, дБ выходная мощность)	21,3 мА
Программная часть	Время выполнения, мкс
Осциллятор	
Время старта XOSC	30
Счетчик со сквозным переносом	
Время до CNP_RDY Hi → Lo	150
PLL	
Калибровка частоты синтезатора	809
Измерение температуры	
ADC10REFON + время стабилизации	130
LPM0 + синхронизация + выборка температуры (30 мкс) + преобразование (13 циклов ADC10CLK)	44
Измерение напряжения	
ADC10 2.5 В REFON + время стабилизации	130
LPM0 + синхронизация + выборка напряжения (30 мкс) + преобразование (13 циклов ADC10CLK)	22
FIFO	
Подготовка посылки для передачи	140
Запись сообщения в TX FIFO	110
Режимы RX/TX	
Режим RX	2560
Передача сообщения	800

Примечание: Значения приведены для MSP430F2274 и CC2500.

4. «D» – режим приема. Перед передачей данных нужно убедиться, что канал свободен (другие устройства не осуществляют передачу). Это осуществляется при помощи алгоритма CCA (Clear Channel Assessment). CCA проверяет, принимает ли радиочастотный трансивер в данный момент какое-нибудь сообщение, а также оценивает уровень RSSI на превышение заданного порога. После завершения CCA радиочастотный трансивер может переходить в режим передачи.

Очень важно понять, что большая часть энергии затрачивается не на саму передачу информации, а на инициализацию CC2500 и MSP430 и подготовку к передаче. Вычислить средний потребляемый ток приложения можно двумя способами:

- Вручную;
- Интегрировав кривую напряжения, полученную с помощью осциллографа.

Сначала определим энергопотребление вручную, отдельно для MSP430 и для радиочастотного трансивера.

При расчете потребляемого тока нужно также учесть ток в режиме низ-

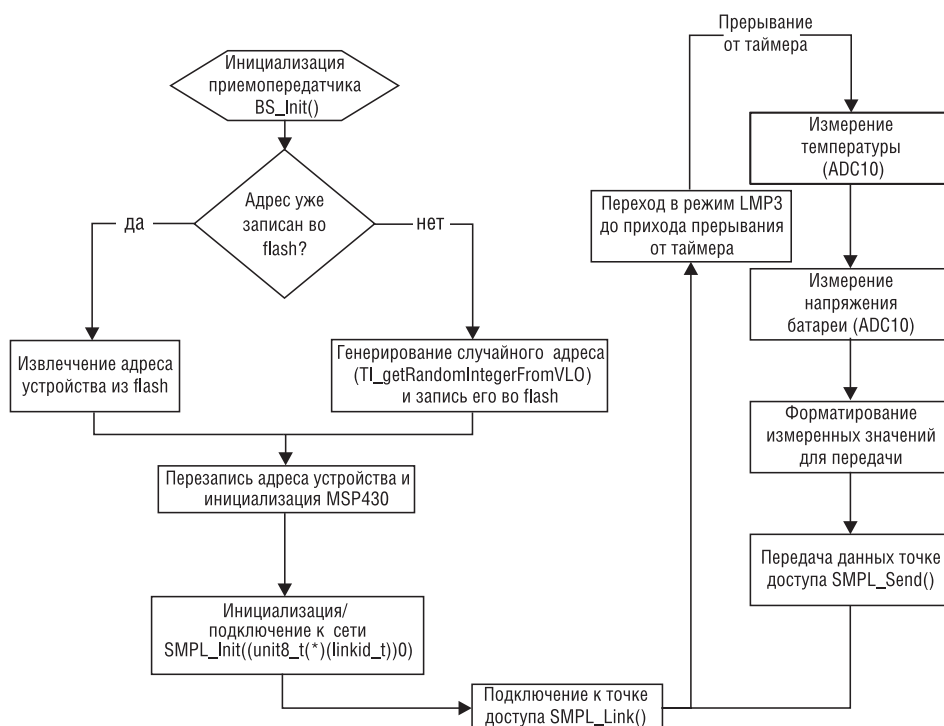


Рис. 4. Блок-схема алгоритма работы конечного устройства

Таблица 3. Ожидаемое энергопотребление

Трансивер	Потребляемый ток, мА	Время выполнения, мкс	Ампер в секунду, нА·с
Запуск XOSC	2,7	300	810
Счетчик таймера	1,75	150	262
Калибровка ФАПЧ	7,5	809	6068
Режим приема	18,8	2,56	48 128
Режим передачи	12,3	800	17 040
		Всего	72 308
MSP430	Потребляемый ток, мА	Время выполнения, мкс	Ампер в секунду, нА·с
Активный режим	2,7	4,634 мс	12 512
Режим LPM0	1,1	66	73
ADC10	850	326	277
		Всего	12 862
		MSP430 + CC2500	85 170

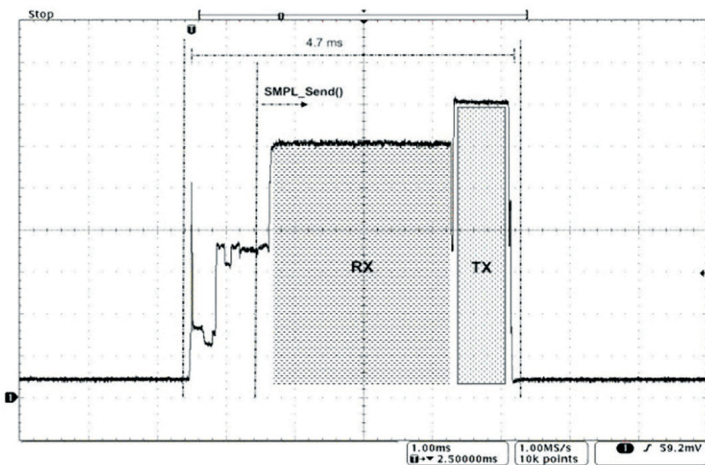


Рис. 5. Осциллограмма потребляемого тока ED в момент передачи данных

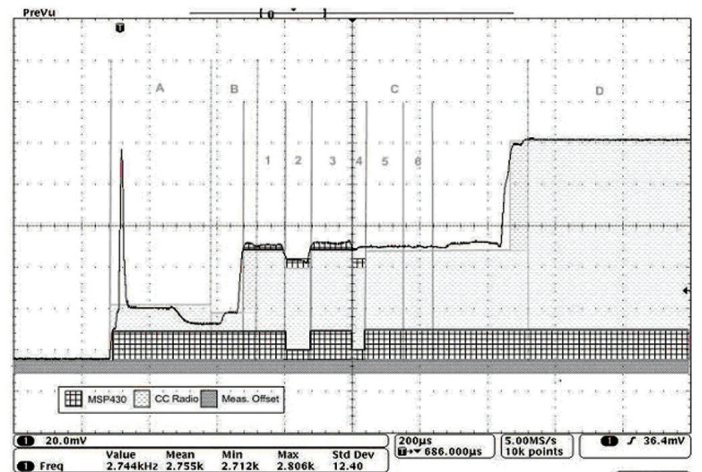


Рис. 6. Осциллограмма тока потребления ED во время передачи

кого энергопотребления конечного устройства.

Ток в режиме «сна» = 1,3 мкА × (период передачи – время работы приложения) = 1,3 [мкА] × (1 [с] – 4,7 [мс]) = 1,29 мкА·с

Средний потребляемый ток приложения также можно выразить следующим образом:

Средний потребляемый ток = (ток в режиме «сна» + ток в режиме передачи)/период передачи = (1294 [нА·с] + 85170 [нА·с])/1 [с] = 86,46 мкА

Для сравнения вычислим потребляемый ток вторым способом, интегрировав кривую напряжения, полученную с помощью осциллографа. В результате получим значение 465 мкВ·с. В это значение входит ток смещения.

Средний потребляемый ток = ((измеренное напряжение – (ошибка измерения × время работы приложения)) / 5 Ом + ток в режиме «сна»)/период передачи = ((465 [мкВ·с] – (6,8 [мВ] × 4,7 [мс]))/5 + 1,29 [мкА·с])/1 [с] = 87,9 мкА

Из-за небольших упрощений при вычислении потребляемого тока, а также из-за погрешности измерения результаты отличаются на 1,6%. Вычислим время работы приложения от двух батареек типа AAA 1000 мА/час, предположив,

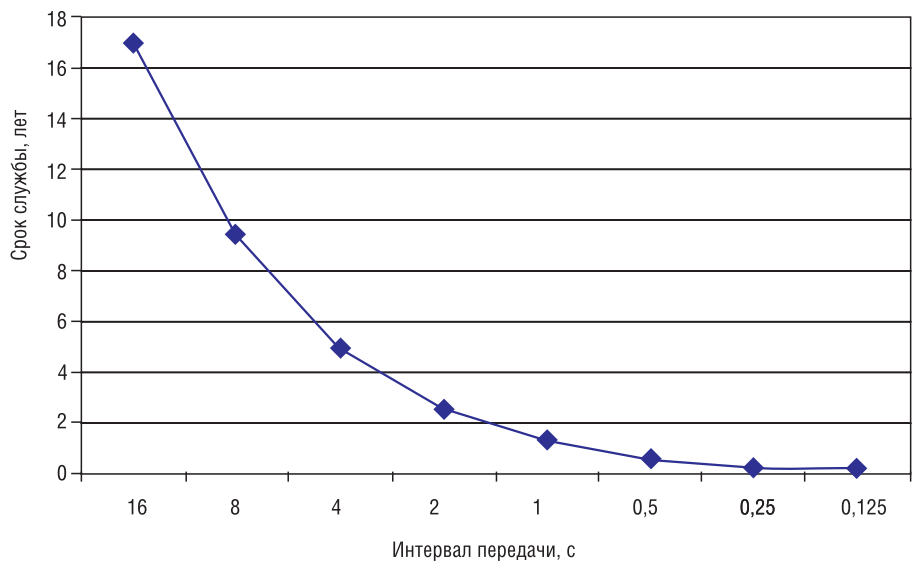


Рис. 7. Зависимость времени «жизни» батарейки от интервала передачи

что напряжение каждой из батареек постоянно до момента полной разрядки:

Время работы = номинальный_ток / средний_ток

С использованием результатов полученных первым способом:

= 1000 [мА·час] / 0,08646 [мА] = 11566 [час] / 24 [час/день] = 481,9 [день] / 365 [день/год] = 1,32 лет = 1 год 3 месяца 25 дней

С использованием результатов полученных вторым способом:

= 1000 [мА·час] / 0,0879 [мА] = 11376 [час] / 24 [час/день] = 474 [день] / 365 [день/год] = 1,29 лет = 1 год 3 месяца 18 дней

На рис. 7 изображена зависимость времени «жизни» батарейки от интервала передачи. Чтобы минимизировать энергопотребление, разработчик должен всегда:

- Максимально возможно увеличить интервал передачи сообщений;
- За время одной посылки передать максимально возможный объем информации.

Используя этот пример и доступные бесплатно коды программ проекта Wireless Sensor Monitor v1.02, пользователь может без особого труда разработать недорогое, простое в использовании беспроводное приложение.

Литература

1. eZ430-RF2500 User's Guide (SLAU227).
2. SimpliTI Developer's Notes Measuring Power Consumption With CC2430 and Z-Stack (SWRA144).
3. TI Delivers SimpliTI™ Network Protocol for Simple Low-Power RF Networks (SC-07149).
4. MSP430F22x2, MSP430F22x4 Mixed Signal Microcontroller, Rev. B (SLAS504).
5. CC2500 Single-Chip Low-Cost Low-Power RF Transceiver, Rev. A (SWRS040).
6. Random Number Generation Using the MSP430 (SLAA338).

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

Мощные MOSFET DualCool™ NexFET™ с двухсторонним охлаждением

Компания **Texas Instruments** объявила о выпуске первого в отрасли семейства мощных MOSFET со стандартной площадью монтажа, рассеивающих тепло как через нижнюю, так и через верхнюю часть корпуса и предназначенных для силовых DC/DC-приложений. Такая конструкция позволяет разработчикам систем питания эффективно отводить тепло от печатных плат в устройствах прямого или переменного тока высокого напряжения. Это дает возможность не только повысить плотность размещения блоков питания, но и расширить диапазон поддерживаемых нагрузок по току и повысить надежность систем.

«Наши заказчики нуждаются в силовых источниках питания постоянного тока с меньшей площадью монтажа для использования в устройствах с большей вычислительной мощностью, – заявил Стив Андерсон, старший вице-президент компании TI и руководитель между-

народного подразделения по управлению электропитанием, – Мощные MOSFET DualCool NexFET удовлетворяют этим потребностям, поскольку поддерживают ток большей величины при том же размере». Улучшенная технология изготовления корпусов уменьшает полное тепловое сопротивление в направлении верхней части корпуса с 10 до 15°C на 1 Вт до 1,2 °C/Вт, что приводит к увеличению теплорассеивающей способности до 80%. Эффективный двусторонний теплоотвод позволяет поддерживать на 50% больший ток через транзистор, что дает разработчикам возможность гибко использовать более силовоточные процессоры без увеличения размеров конечного оборудования. Принятый в качестве отраслевого стандарта корпус SON с размерами основания 5x6 мм упрощает проектирование и снижает стоимость, экономя 30 мм² площади по сравнению с использованием двух стандартных корпусов.

Семейство DualCool™ NexFET™ включают в себя пять позиций: **CSD16325Q5C, CSD16322Q5C, CSD16321Q5C, CSD16407Q5C, CSD16408Q5C.**

CC2530

универсальное радиочастотное решение малой мощности

Ключевые особенности

- До 256 кБ флеш-памяти/8 кБ ОЗУ
- Большой запас чувствительности линии связи (102 дБ)
- Подавление помех от соседнего канала 49 дБ (лучшее в классе)
- Четыре настраиваемых режима питания для снижения расхода энергии
- Пятиканальная система прямого доступа к памяти

Приложения

- Система дистанционного управления
- 2.4 GHz IEEE 802.15.4
- Автоматизация зданий и домашних систем
- Промышленное управление и мониторинг
- Телевизионные приставки
- Бытовая электроника
- Энергосбережение

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

Компэл
www.compel.ru

Константин Староверов

ДАТЧИК ДЫМА НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ MSP430F2012



В статье приведен пример реализации датчика дыма, выполненного на основе микроконтроллера MSP430F2012 компании Texas Instruments. В основу обнаружения дыма положено определение степени прозрачности воздуха в области между инфракрасными светодиодами и фотодиодом. При обнаружении дыма датчик генерирует звуковой сигнал.

Датчики дыма являются более эффективным инструментом противопожарной сигнализации, так как, в отличие от традиционных тепловых датчиков, они срабатывают до образования открытого пламени и заметного роста температуры в помещении. Ввиду сравнительной простоты реализации, широкое распространение получили оптоэлектронные датчики дыма. Они состоят из дымовой камеры, в которой установлены излучатель света и фотоприемник. Связанная с ними схема формирует сигнал срабатывания, когда обнаруживается существенное поглощение излучаемого света. Именно такой принцип действия положен в основу рассматриваемого датчика.

Приведенный здесь датчик дыма использует батарейное питание, поэтому, в целях увеличения практичности, он должен в среднем потреблять очень малый ток, исчисляемый единицами микроампер. Это позволит ему в течение нескольких лет проработать без необходимости замены батареи питания. Кроме того, в исполнительной цепи предполагается использование звукового излучателя, способного развить звуковое давление не менее 85 дБ. Типичным способом обеспечения очень малого электропотребления устройства, которое должно содержать достаточно сильноточные элементы, как, например, излучатель света и фотоприемник, является его повторно-кратковременный режим работы, причем длительность паузы должна во много раз превышать длительность активной работы.

В таком случае среднее потребление будет сводиться к суммарному статическому потреблению неактивных компонентов схемы. Реализовать такую идею помогают программируемые микроконтроллеры (МК) с возможностями пере-

вода в микромощный дежурный режим и автоматического возобновления активной работы через заданные интервалы времени. Таким требованиям полностью отвечает 14-выводной МК MSP430F2012 с объемом встроенной Flash-памяти 2 кбайт. Данный МК после перевода в дежурный режим LPM3 потребляет ток, равный всего лишь 0,6 мкА. В эту величину также входит потребляемый ток встроенного RC-генератора (VLO) и таймера A, что позволяет продолжать счет времени даже после перевода МК в дежурный режим работы. Однако данный генератор очень нестабилен. Его частота в зависимости от окружающей температуры может варьироваться в пределах 4...22 кГц (номинальная частота 12 кГц). Таким образом, в це-

элементах оптической пары, размещенных в дымовой камере (SMOKE_CHAMBER), используются светодиод (СД) и фотодиод инфракрасного (ИК) спектра. Благодаря рабочему напряжению МК 1,8...3,6 В и надлежащим расчетам других каскадов схемы, достигнута возможность питания схемы от двух батареек типа ААА. Для обеспечения стабильности излучаемого света в условиях питания нестабилизированным напряжением рабочий режим СД задается источником тока 100 мА, который собран на двух транзисторах Q3, Q4. Данный источник тока активен, когда на выходе P1.6 установлен высокий уровень. В дежурном режиме работы схемы он отключается (P1.6 = «0»), а общее потребление каскадом ИК излучателя снижается до ничтожно малого уровня тока утечки через Q3. Для усиления сигнала фотодиода применена схема усилителя фототока на основе ОУ TLV2780. При выборе этого ОУ руководствовались стоимостью и временем установления. У данного ОУ время установления составляет до 3 мкс, что позволило не

Датчик дыма использует батарейное питание, поэтому, в целях увеличения практичности, он должен в среднем потреблять очень малый ток, исчисляемый единицами микроампер. Кроме того, в исполнительной цепи предполагается использование звукового излучателя, способного развить звуковое давление не менее 85 дБ. Типичным способом обеспечения очень малого электропотребления устройства, которое должно содержать достаточно сильноточные элементы, является его повторно-кратковременный режим работы. Таким требованиям полностью отвечает 14-выводной МК MSP430F2012 с объемом встроенной Flash-памяти 2 кбайт.

лях обеспечения заданной длительности пауз в работе датчика, в него должна быть заложена возможность калибровки VLO. Для этих целей можно использовать встроенный высокочастотный генератор — DCO, который откалиброван производителем с точностью не хуже $\pm 2,5\%$ в пределах температурного диапазона 0...85°C.

Со схемой датчика можно ознакомиться на рис. 1. Здесь в качестве

использовать поддерживаемую им возможность перехода в дежурный режим работы, а взамен этого — управлять питанием усилительного каскада с выхода МК (порт P1.5). Таким образом, после отключения усилительного каскада он вообще не потребляет никакого тока, а достигнутая экономия тока составляет около 1,4 мкА.

Для сигнализации о срабатывании датчика дыма предусмотрены звуковой

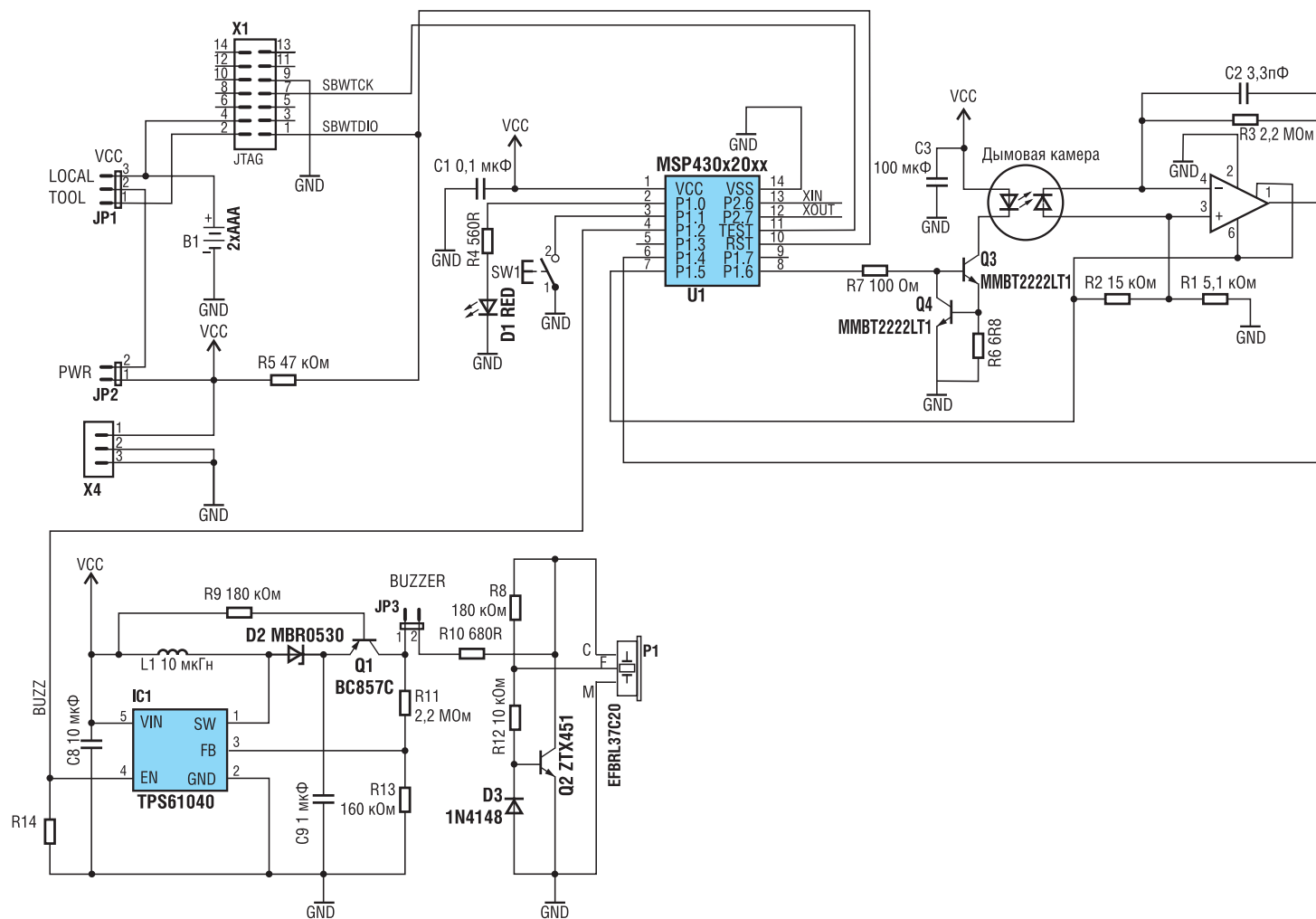


Рис. 1. Электрическая схема датчика дыма

излучатель (ЗИ) P1 (EFBRL37C20, Panasonic) и светодиод D1. ЗИ относится к пьезоэлектрическому типу. Он дополнен компонентами типовой схемы включения (R8, R10, R12, D3, Q2), которые обеспечивают непрерывную генерацию звука при подаче постоянного напряжения питания. Примененный здесь тип ЗИ генерирует звук частотой $3,9 \pm 0,5$ кГц. Для питания схемы ЗИ выбрано напряжение 18 В, при котором он создает звуковое давление порядка 95 дБ (на расстоянии 10 см) и потребляет ток около 16 мА. Данное напряжение генерирует повышающий преобразователь напряжения, собранный на основе микросхемы IC1 (TPS61040,

TI). Требуемое выходное напряжение задано указанными на схеме номиналами резисторов R11 и R13. Схема преобразователя также дополнена каскадом изоляции всей нагрузки от батарейного питания (R9, Q1) после перевода TPS61040 в дежурный режим (низкий уровень на входе EN). Это позволяет исключить протекание токов утечки в нагрузку и, таким образом, свести общее потребление данным каскадом (при отключенном ЗИ) до уровня собственного статического потребления микросхемы IC1 (0,1 мкА). В схеме также предусмотрены: кнопка SW1 для ручного включения / отключения ЗИ; «джамперы» для конфигурации цепи

питания схемы датчика (JP1, JP2) и подготовки к работе ЗИ (JP3), а также разъемы внешнего питания на этапе отладки (X4) и подключения адаптера встроенной в МК отладочной системы (X1) через двухпроводной интерфейс Spy-Bi-Wire.

Далее рассмотрим особенности алгоритма работы датчика, который полностью реализуется программной МК и проиллюстрирован в виде блок-схемы на рис. 2. После сброса МК выполняется вся необходимая инициализация, в т.ч. калибровка генератора VLO и настройка периодичности возобновления активной работы МК, равной восьми секундам. Вслед за этим МК пере-

Таблица 1. Средний потребляемый ток с учетом восьмисекундной паузы в работе датчика

Потребитель тока	Длительность, мкс	Потребляемый ток, мкА	Средний потребляемый ток, мкА
MSP430 в активном режиме (1 МГц, 3 В)	422,6	300	0,016
MSP430 в режиме LPM3	$8 \cdot 10^6$	0,6	0,6
Операционный усилитель	190,6	650	0,015
ИОН АЦП	190,6	250	0,006
Ядро АЦП	20,8	600	0,0016
ИК светодиод	100,8	105	1,26
TPS61040 в режиме отключения	непрерывно	0,1	0,1
Всего:			2

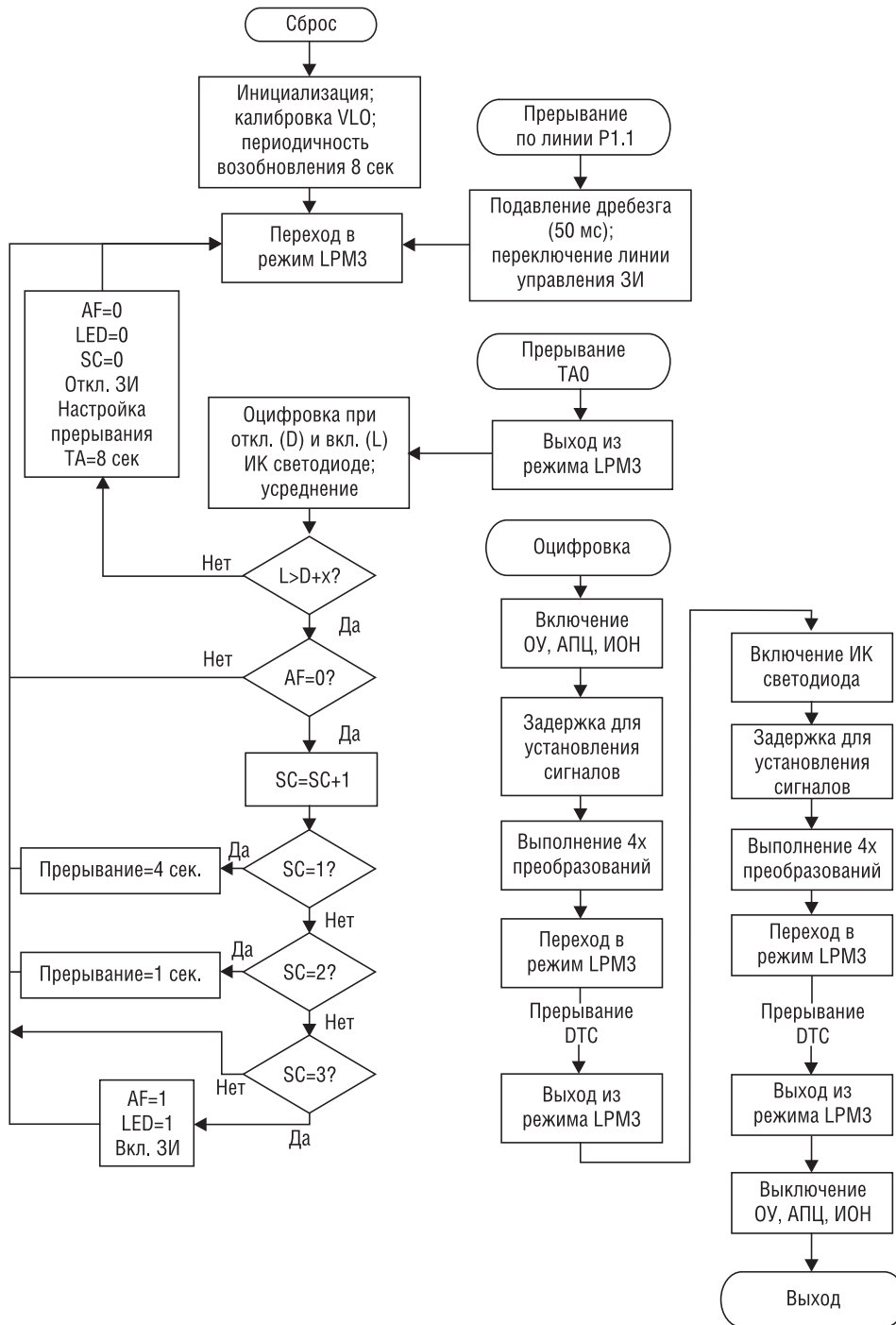


Рис. 2. Блок-схема программы МК

водится в экономичный режим работы LPM3. В этом режиме остается в работе VLO и таймер A, а ЦПУ, высокочастотная синхронизация и прочие модули ввода-вывода прекращают работу. Выход из этого состояния возможен по двум условиям: генерация прерывания по входу P1.1, которое возникает при нажатии на кнопку SW1, а также генерация прерывания таймера A, которое происходит по истечении установленных восьми секунд. В процедуре обработки прерывания по входу P1.1 вначале генерируется пассивная задержка (примерно 50 мс) для подавления дре-

безга, а затем изменяется на противоположное состояние линии управления ЗИ, давая возможность вручную управлять активностью ЗИ. Когда же возникает прерывание по таймеру A (прерывание ТА0), выполняется процедура оцифровки выхода усилителя фототока в следующей последовательности. Вначале выполняются четыре оцифровки при отключенном ИК светодиоде, затем – четыре оцифровки при включенном светодиоде. В дальнейшем эти оцифровки подвергаются усреднению. В конечном счете формируются две переменные: L – усредненное значение

при отключенном ИК светодиоде, и D – усредненное значение при включенном ИК светодиоде. Четырехкратные оцифровки и их усреднения выполняются с целью исключения возможности ложных срабатываний датчика. С этой же целью выстраивается дальнейшая цепочка «препятствий» ложному срабатыванию датчика, начиная с блока сопоставления переменных L и D. Здесь сформулировано необходимое условие срабатывания: $L - D > x$, где x – порог срабатывания. Величину x выбирают опытным путем из соображений нечувствительности (например, к пыли) и гарантированного срабатывания при попадании дыма. Если условие не выполняется, происходит отключение светодиода и ЗИ, сбрасывается флаг состояния датчика (AF) и счетчик SC. После этого, выполняется настройка таймера A на возобновление активной работы через восемь секунд, и МК переводится в режим LPM3. Если условие же выполняется, проверяется состояние датчика. Если он уже сработал ($AF = \langle 1 \rangle$), то никаких дальнейших действий выполнять не нужно, и МК сразу переводится в режим LPM3. Если же датчик еще не сработал ($AF = \langle 0 \rangle$), то выполняется инкрементирование счетчика SC с целью подсчета числа обнаруженных выполнений условия срабатывания, что в еще большей степени позволяет повысить помехоустойчивость. Позитивное решение о срабатывании датчика принимается после обнаружения трех подряд условий срабатывания. Однако во избежание чрезмерного затягивания задержки реагирования на появление дыма, длительность нахождения в дежурном режиме сокращается до четырех секунд после первого выполнения условия срабатывания и до одной секунды – после второго. Описанный алгоритм реализует программа, доступная по ссылке <http://www.ti.com/litv/zip/slaa335>.

В заключение определим средний потребляемый датчиком ток. Для этого в таблицу 1 занесены данные по каждому потребителю: потребляемый ток (I) и длительность его потребления (t). Для циклически-работающих потребителей, с учетом восьмисекундной паузы, средний потребляемый ток (мкА) равен $I \times t / 8 \times 106$. Суммируя найденные значения, находим средний потребляемый датчиком ток: 2 мкА. Это очень хороший результат. Например, при использовании батареек емкостью 220 мА × ч расчетная длительность работы (без учета саморазряда) составит около 12 лет. **5**

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

Алексей Пантелейчук

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ DSP КОМПАНИИ TEXAS INSTRUMENTS В БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ДОСТУПА



*В последнее время увеличивается интерес к биометрическим системам доступа. В основном это связано с угрозой активизировавшегося международного терроризма и киберпреступности, вследствие чего возникает необходимость в системах, взломать которые очень сложно или невозможно. Но кроме этого, представьте, насколько удобно было бы входить в дом или офис без использования ключа, просто поместив руку на дверную ручку. А для пользования банкоматом не нужно бы было носить с собой карту и запоминать пароль, доступ может производиться по распознаванию сетчатки глаза. В настоящей статье мы рассмотрим основы построения биометрических систем доступа, а также **цифровые сигнальные процессоры** компании **Texas Instruments** для их реализации.*

Биометрия — наука, занимающаяся измерением и статистическим анализом биологических данных. В информационных технологиях биометрия означает использование биологических характеристик человека для его идентификации и аутентификации. При этом могут использоваться как статические биометрические параметры: отпечатки пальцев, геометрия руки, сетчатка глаза, так и динамические параметры: голос, динамика воспроизведения подписи или рукописного текста.

Все биометрические системы работают практически по одинаковой схеме: считывание, обработка, хранение, интерфейс с инфраструктурой (рис. 1).

Считывающий элемент, осуществляющий входной интерфейс, является аппаратным ядром биометрической системы и преобразует биологические характеристики человека в цифровую форму. В случае осуществления доступа на основе распознавания лица, отпечатка руки или сетчатки/радужной оболочки глаза в роли такого элемента выступает блок формирования изображения КМОП- или ПЗС-типа. Если доступ производится по отпечатку пальца, используется КМОП или оптический датчик; при распознавании голоса — микрофон. После преобразования в цифровую форму биометрические сигналы поступают на этап обработки.

Обработка обычно выполняется с помощью микроконтроллера, цифрового сигнального процессора или компьютера и подразумевает улучшение изобрае-

ния, нормализацию, формирование образца, сравнение образца с полученным изображением. Со всеми этими функциями, а также вторичными задачами биометрических систем великолепно справляются цифровые сигнальные процессоры компании Texas Instruments, оставляя при этом запас производительности, необходимый для будущих усовершенствований. Биометрические системы на базе DSP-процессоров отличаются малыми габаритами, высокой производительностью и низкой ценой.

Архитектура цифровых сигнальных процессоров разработана для выполнения сложных математических алгоритмов. За счет наличия аппаратного модуля умножения/сложения в составе арифметико-

Используя цифровые сигнальные процессоры в биометрических системах доступа, разработчики могут увеличить разрешение входного изображения, используя двухмерное быстрое преобразование Фурье (БПФ) и фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры). Поскольку точность системы одинаково зависит как от качества входного изображения, так и от точности алгоритма обработки, применение БПФ и КИХ-фильтрации приводит к уменьшению суммарной погрешности и частоты появления ошибок биометрической системы.

Цифровые сигнальные процессоры компании Texas Instruments отличаются низким энергопотреблением, которое достигается за счет аппаратных «ноу-хау» и новейших технологических процессов производства, поэтому они успешно применяются в биометрических системах доступа с питанием как от сети, так и от батареи. Высокая производительность в сочетании с низким энергопотреблением позволяет уменьшить время распознавания образа без увеличения энергозатрат системы, чего нельзя добиться, применяя процессоры общего назначения.

Для хранения базы данных образцов, с которыми производится сравнение в момент запроса доступа, исполь-

Систему биометрического доступа по распознаванию лица удобно построить на базе специальных цифровых медиапроцессоров TMS320DMxx, так как они имеют в своем составе множество аппаратных функций для видеообработки. Изображение захватывается либо ПЗС-матрицей, либо аналоговой камерой. Кроме осуществления доступа, такое устройство может работать как камера системы безопасности. При этом видеoinформация подается на монитор или передается по сети (IP-камера).

логического устройства, DSP-процессор выполняет операцию умножения/сложения за один цикл. Раздельные шины доступа к памяти команд и данных позволяют одновременно извлекать команды и операнды, что также увеличивает скорость вычислений.

зуются микросхемы памяти RAM- или flash-типа, карты памяти либо сервер данных. DSP-процессоры компании Texas Instruments содержат ОЗУ, объем которого зависит от процессора, используемого при реализации алгоритмов обработки изображений различных био-

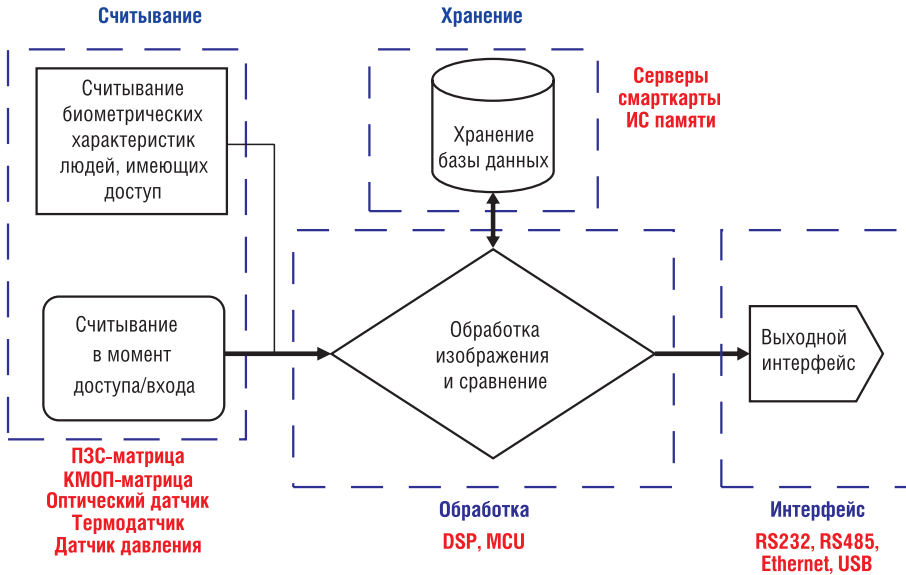


Рис. 1. Основные элементы биометрической системы доступа

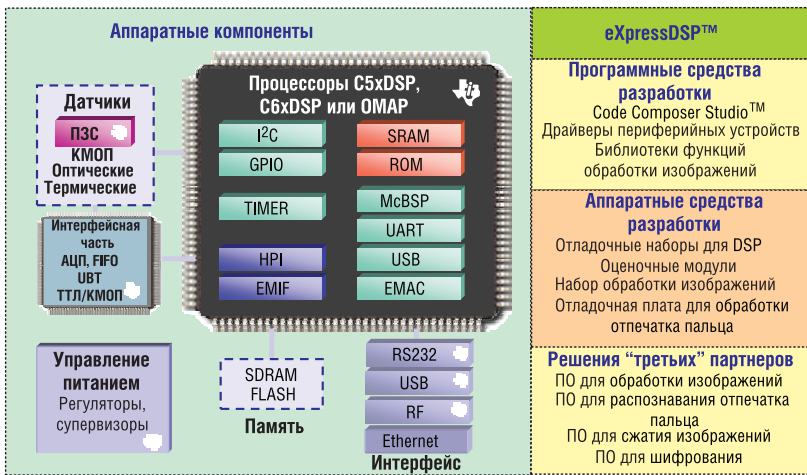


Рис. 2. Решение для полной биометрической системы

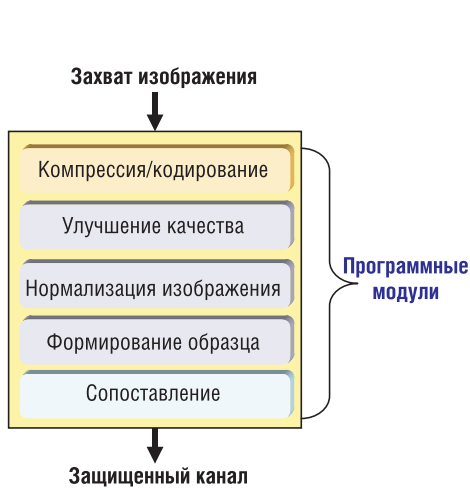


Рис. 3. Алгоритм работы DSP в автономном устройстве

метрических приложений. Кроме ОЗУ, процессоры содержат ПЗУ для хранения неизменяемой части программного кода. Некоторые DSP имеют встроенную flash-память. Через шину внешней памяти к DSP-процессорам подключается SRAM, SDRAM, SBRAM, flash и

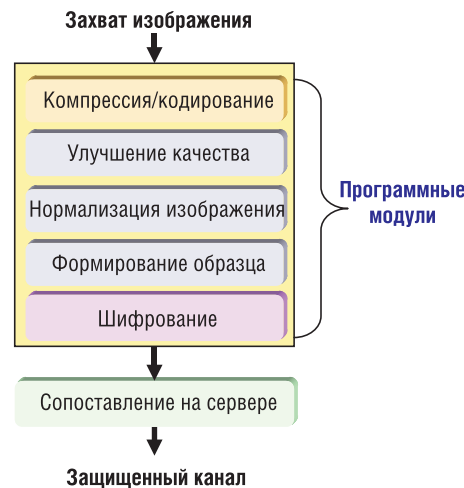


Рис. 4. Алгоритм работы DSP в сетевом устройстве

другие типы энергозависимой и энерго-независимой памяти.

Через интерфейсный элемент биометрическая система выдает разрешение или запрет доступа пользователя. Интерфейсным элементом может быть простой коммуникационный протокол

RS232, более быстрый USB или сложные сетевые протоколы на базе проводного 10/100 Ethernet или беспроводных 802.11b, RFID, Bluetooth. В номенклатуре компании Texas Instruments имеется большое разнообразие компонентов для реализации таких интерфейсных элементов.

Помимо аппаратных компонентов, компания Texas Instruments и ее «третьи» партнеры предлагают программное обеспечение, средства разработки и инструментарий, необходимые для реализации полноценных систем биометрического доступа (рис. 2). Представленное программное и аппаратное обеспечение соответствует стандарту eXpressDSP™, что гарантирует совместимость и простоту использования — ключ к снижению времени разработки.

На сегодняшний день большинство биометрических систем доступа представляют собой сенсорный элемент, подключенный к ПК. В некоторых случаях один сервер обслуживает несколько сенсоров для обеспечения множества точек доступа. Такие системы имеют два больших недостатка. Первый — высокая стоимость компьютера, второй — уязвимость канала передачи данных между датчиком и компьютером с точки зрения безопасности и конфиденциальности. Решения на базе DSP-процессоров свободны от этих недостатков и могут работать как защищенные автономные устройства, а также как сетевые устройства, надежные с точки зрения обеспечения секретности данных.

В защищенном автономном устройстве все функции идентификации выполняются в пределах встроенного процессора, а результат сообщается или отображается одновременно с передачей управляющего сигнала для разрешения или отказа в доступе пользователю. Образцы биометрических характеристик хранятся в памяти устройства, либо на смарт-карте пользователя.

В биометрических устройствах доступа, работающих с распознаванием лица, сетчатки или радужной оболочки глаза, захваченное изображение передается во встроенный процессор, который преобразует/кодирует аналоговый видеопоток в цифровую форму. Для DSP-процессоров компании TI доступно программное обеспечение для кодеков JPEG, MPEG2, MPEG4, H.264 и др. В устройствах, производящих распознавание отпечатков пальцев руки, кодирование не требуется, так как на выход датчика поступает битовый образ в уровнях серого. В случае оптического датчика, для генерации битового изображения иногда требуются аналоговые компоненты, такие как усилители и аналогово-цифровые преобразователи.

После захвата и кодирования (рис. 3) над изображением могут про-

изводиться такие функции, как выравнивание гистограммы, фильтрация, коррекция фронтов и др. В результате этих действий получается изображение с большим разрешением, которое затем нормализуется. Нормализация — это процесс создания стандартного входного изображения с определенным количеством пикселей, независимым от датчика, использующегося при захвате изображения. Такое нормализованное изображение затем обрабатывается по определенному алгоритму, в результате чего формируется образец. Полученный образец сохраняется в памяти устройства (внешней или встроенной) и извлекается каждый раз для сравнения с биометрическими характеристиками идентифицируемого пользователя.

Если биометрическое устройство доступа работает в сети, оно считывает биометрические характеристики пользователя, преобразует их в образец, кодирует и сжимает (в случае изображения), зашифровывает и передает серверу, который сравнивает полученный образец с имеющимися в базе.

В случае обеспечения доступа к устройствам, работающим в сети, например, к локальной сети компьютеров или к сети терминалов продаж, используется множество точек доступа, и пользователь должен идентифицироваться согласно базе авторизованных пользователей. Чтобы гарантировать безопасность сети, сетевые биометрические устройства выполняют определенные функции защиты. Первая из таких функций защиты — шифрование образца биометрической характеристики или изображения перед передачей его серверу (рис. 4). При этом исключается возможность получения доступа за счет внедрения в линию связи между сетевой точкой доступа и сервером и подмены реальной биометрической характеристики цифровым файлом.

В сетевом биометрическом устройстве доступа на базе DSP-процессора используются те же программные функции, что и в автономном устройстве, за исключением «сопоставления», которое выполняется на сервере, в результате чего высвобождаются ресурсы DSP-процессора для выполнения алгоритмов шифрования (например, 3DES, RSA1024). Кроме всего прочего, программируемый DSP-процессор позволяет конфигурировать одну и ту же разработку для двух различных устройств: сетевого и автономного биометрического устройства доступа.

В заключение рассмотрим несколько примеров реализации биометрических систем доступа. На рис. 5 изображена блок-схема системы, осуществляющей аутентификацию по отпечатку пальца. Ядром системы является цифровой сигнальный процессор. В зависимости от сложности

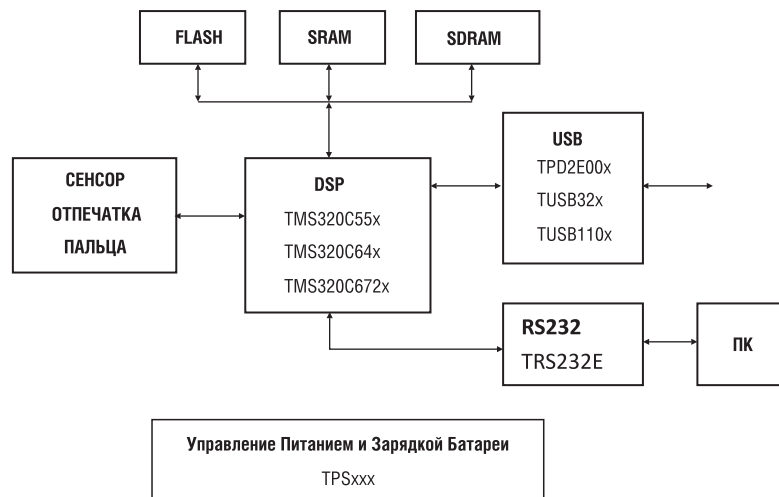


Рис. 5. Блок-схема биометрической системы доступа по отпечатку пальца

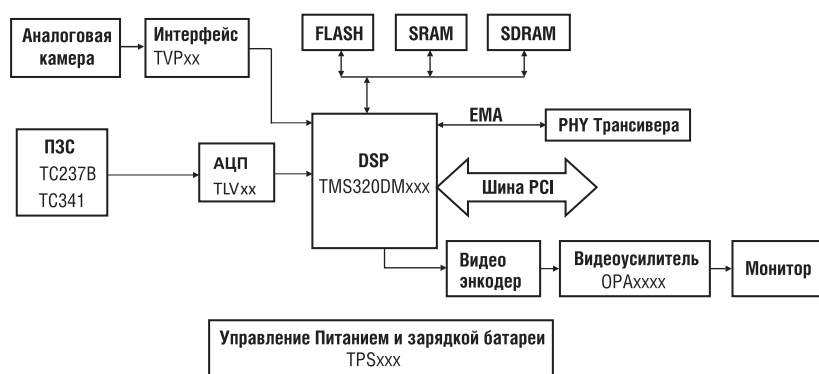


Рис. 6. Блок-схема биометрической системы доступа на основе распознавания лица

алгоритма и необходимой производительности можно остановить выбор на одном из представителей семейств **TMS320C55x**, **TMS320C64x**, **TMS320C672x**. Первые два семейства имеют архитектуру с фиксированной точкой, последнее — с плавающей. Если биометрическое устройство доступа входит в состав клавиатуры или «мышки», связь с компьютером осуществляется через USB. Причем, некоторые процессоры уже содержат в своем составе USB-интерфейс, в этом случае потребуются только физический уровень USB. Если процессор не имеет USB-интерфейса, используется одна из микросхем семейств **TUSB32x** (full-speed-приемопередатчики), **TUSB110x** (универсальные приемопередатчики), **TPD2E00x** (приемопередатчики с защитой от электростатического разряда). Если же биометрическое устройство работает в сети, связь с сервером организуется с помощью интерфейса RS232 (микросхемы **TRS232E**, **SN65xxxx**, **SN75xxxx**), либо Ethernet, подключаемого через интерфейс внешней памяти процессора. Для преобразования мощности при организации питания от сети или батареи, управления зарядкой батареи используются микросхемы **TPSxxx**.

Систему биометрического доступа по распознаванию лица (рис. 6) удобнее построить на базе специальных цифро-

вых медиапроцессоров **TMS320Mxx**, так как они имеют в своем составе множество аппаратных функций для видеообработки. Изображение захватывается либо ПЗС-матрицей, либо аналоговой камерой. Кроме осуществления доступа, такое устройство может работать как камера системы безопасности. При этом видеoinформация подается на монитор или передается по сети (IP-камера).

Заключение

Итак, после того, как мы рассмотрели основные элементы и принципы работы биометрических систем доступа, становится очевидной целесообразность использования цифровых сигнальных процессоров как ядра таких систем. При этом приложение получается компактным, надежным, недорогим, способным реализовать сложные алгоритмы. Компания Texas Instruments имеет в своей номенклатуре не только множество семейств DSP-процессоров, способных решать задачи различных приложений биометрического доступа, но и сопутствующие компоненты, программное обеспечение и инструментарий для построения полноценного решения.

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

Андрей Никитин

КОМПОНЕНТЫ POWER-OVER-ETHERNET КОМПАНИИ TEXAS INSTRUMENTS В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ



Power-over-Ethernet (PoE) — технология, позволяющая передавать удаленному устройству данные и одновременно обеспечивать его электропитание через стандартную витую пару в сети Ethernet. Данная технология предназначена для IP-телефонии, точек доступа беспроводных сетей, Web-камер, сетевых концентраторов и других устройств, к которым нежелательно или по техническим причинам невозможно проводить отдельный кабель сетевого питания. В статье рассматриваются электронные компоненты и решения технологии PoE, предлагаемые компанией **Texas Instruments**, а также некоторые аспекты их применения в системах безопасности.

Технология PoE стандартизована нормативным документом Института инженеров по электротехнике и электронике IEEE 802.3af-2005 — Питание через Ethernet (Power-over-Ethernet).

Стандарт описывает два типа устройств PoE:

- Питающее устройство или инжектор (*Power Sourcing Equipment — PSE*), которое предназначено для подачи электропитания в сеть Ethernet;
- Устройство, запитываемое через Ethernet (*Powered Device — PD*). Запитываемым устройством может быть либо само удаленное устройство, поддерживающее технологию PoE, либо разделитель (сплиттер — *Splitter*), который выполняет функции разделения каналов передачи информационных данных Ethernet и каналов питания. Сплиттер используется для сетевых устройств, не поддерживающих технологию PoE.

Рисунок 1 иллюстрирует различные варианты использования технологии PoE.

В сети Ethernet могут использоваться два типа питающего оборудования PSE:

- Оконечные (*endspan*) питающие устройства (или PoE-коммутаторы), которые представляют собой сетевые коммутаторы с интегрированной схемой подачи питания через Ethernet;
- Промежуточные (*midsan*) питающие устройства, которые располагаются между стандартным сетевым коммутатором и запитываемым прибором. Они подают в кабель связи электропитание и не влияют на передачу данных. Промежуточное PSE-оборудование обычно используется в тех случаях, когда нуж-

но лишь добавить в существующую сеть функции PoE.

Как видно из рисунка 1, в обоих случаях постоянное напряжение с питающих устройств подается на запитываемые устройства.

В зависимости от мощности в нагрузке стандарт определяет пять классов устройств, питаемых по PoE:

- **Класс 0.** Мощность, потребляемая запитываемым устройством — 0,44...12,95 Вт;
- **Класс 1.** Мощность, потребляемая запитываемым устройством — 0,44...3,84 Вт;
- **Класс 2.** Мощность, потребляемая запитываемым устройством — 3,84...6,49 Вт;
- **Класс 3.** Мощность, потребляемая запитываемым устройством — 6,49...12,95 Вт;
- **Класс 4.** Зарезервирован для будущих применений (предполагается ис-

пользовать для запитываемых устройств мощностью до 25 Вт).

Стандарт IEEE 802.3af-2005 определяет питание удаленного устройства постоянным током с номинальным напряжением 48 В (допустимые пределы 36...57 В). Поскольку длина витой пары между питающим (PSE) и запитываемым (PD) устройствами может достигать 100 метров, то падение напряжения на ней будет существенным. Соответственно, выходная мощность PSE-устройства должна превышать максимальную мощность PD-устройств. Минимальная выходная мощность PSE-устройства определяется как 4,0 Вт для класса 1; 7,0 Вт для класса 2 и 15,4 Вт для класса 3.

Технология PoE предполагает два варианта питания удаленных устройств с использованием оконечного PSE-оборудования и один вариант с использованием промежуточного PSE-оборудования.

Вариант А. Использование свободных пар кабеля для подачи питания. Кабель категории 5, используемый в сетях 100Base-TX, состоит из четырех пар проводников, две из которых не задействованы. Эти пары могут использоваться для подачи напряжения. Данный вариант представлен на рис. 2а.

Вариант В. Развязка напряжения питания и информационных сигналов осуществляется с помощью высокочастотных трансформаторов на обоих

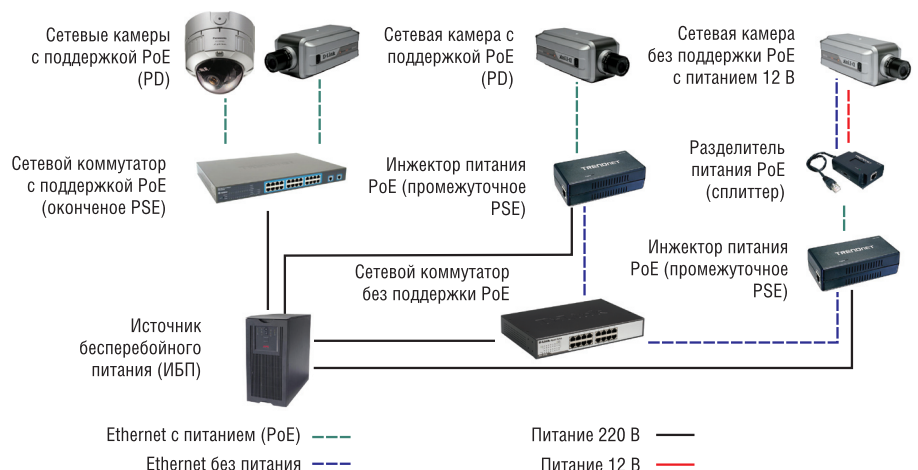


Рис. 1. Варианты применения технологии PoE

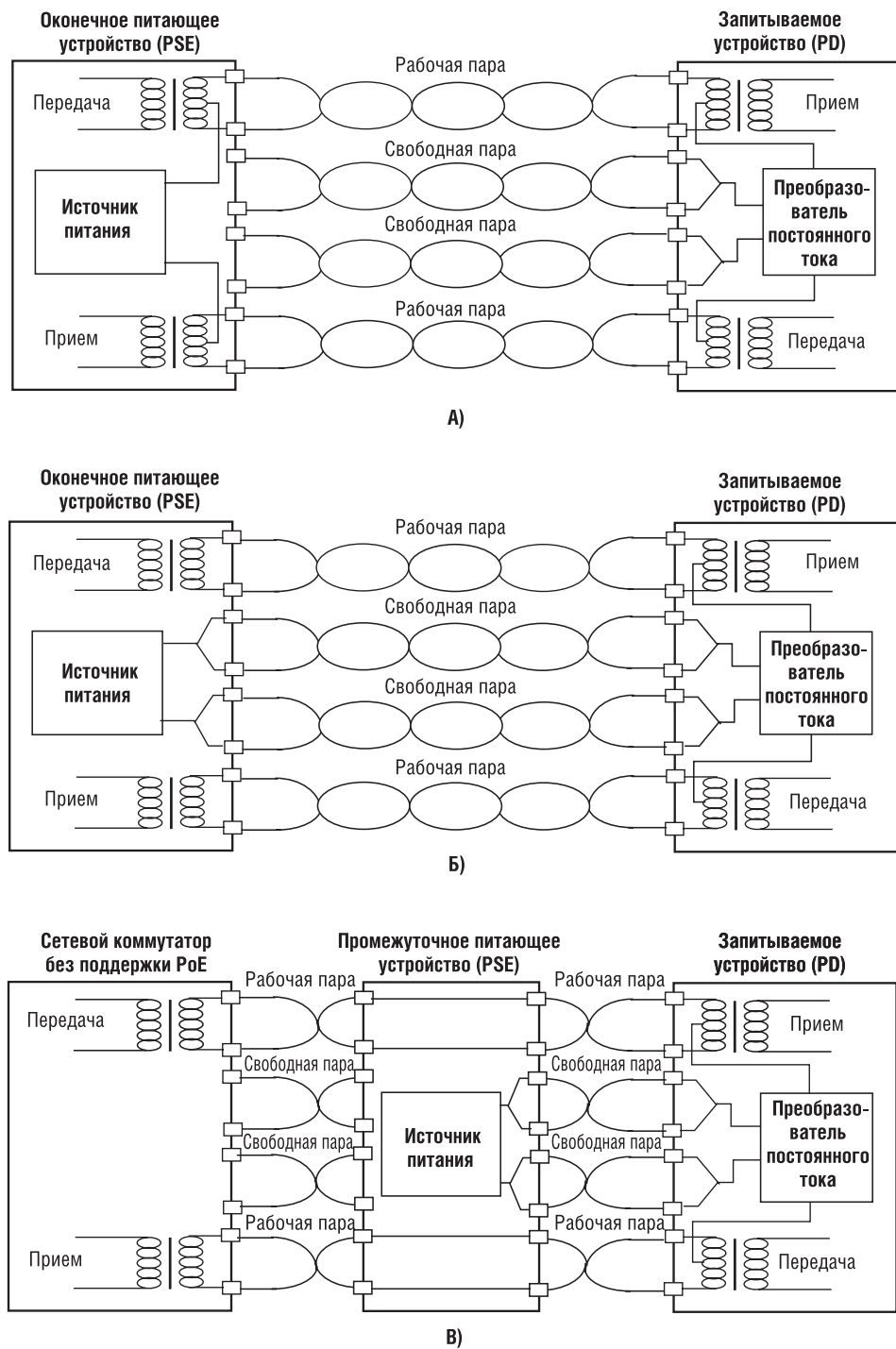


Рис. 2. Варианты питания PD-устройств технологии PoE

концах линии с центральным отводом от обмоток. Постоянное напряжение питания подается на центральные выводы вторичных обмоток этих трансформаторов и снимается также с центральных отводов на приемной стороне. Такое решение позволяет без взаимного влияния передавать по одной паре проводов высокочастотные данные и постоянное напряжение питания (рис. 26).

При использовании промежуточного питающего элемента может использоваться только свободная пара (рис. 2в), то есть, по сути – вариант А.

Стандарт предполагает, что запитываемые устройства, поддерживающие технологию PoE, должны быть уни-

версальными, то есть допускать питание как по варианту А, так и по варианту В.

Важным является то обстоятельство, что PSE-устройство подает рабочее питание в кабель только в том случае, если подключаемое устройство является устройством типа PD. Благодаря этому оборудованию, не поддерживающему стандарт PoE и случайно подключенное к устройству PSE, не будет выведено из строя. Процедура подачи и отключения питания на кабель состоит из нескольких этапов.

Этап определения подключения служит для того чтобы определить, поддерживает ли устройство, подклю-

ченное на противоположном конце кабеля, технологию PoE, то есть является устройством типа PD. На этом этапе PSE-устройство последовательно подает на кабель напряжение: сначала 2,8 В и затем 10 В. При этом определяется значение входного сопротивления подключаемого устройства. Для PD-устройства – это сопротивление в диапазоне 23,75...26,25 кОм (25 кОм ±1%). PSE-устройство также определяет входную емкость ПУ при помощи измерения нарастания напряжения на нагрузке. Измеренная емкость должна быть в пределах 0,05 и 0,12 мкФ. Только после проверки соответствия этих параметров нормативам для PD-устройства, питающее PSE-устройство переходит к следующему этапу – этапу классификации.

Этап классификации служит для определения диапазона мощности, которую может потреблять PD-устройство, чтобы затем контролировать эту мощность. Классификация выполняется путем подачи в кабель PSE-устройством напряжения 14,5...20,5 В и измерения тока в линии.

Этап подачи рабочего напряжения. После прохождения этапов определения и классификации устройство PSE подает в кабель напряжение 48 В с фронтом нарастания не быстрее 400 мс. После подачи полного напряжения на PD-устройство, PSE-устройство осуществляет контроль над его работой, который заключается в следующем: если PD-устройство в течение 400 мс будет потреблять ток меньше 5 мА, то PSE-устройство снимает питание с кабеля (PSE-устройство непрерывно следит за потребляемой мощностью); если потребляемая PD-устройством мощность будет в течение 75 мс превышать максимальную для своего класса мощность (которая определена на этапе классификации), то PSE-устройство также снимет питание с кабеля.

Этап отключения. Когда PSE-устройство определит, что PD-устройство отключено от кабеля или произошла перегрузка потребляемого тока PD-устройством, происходит снятие напряжения с кабеля за время не меньше 500 мс.

На рис. 3 представлена циклограмма процедуры подачи и отключения питания на кабель. При этом следует иметь в виду, что описанная выше (и приведенная на рисунке) процедура является наиболее типовой. Стандарт допускает повторение этапов определения подключения и классификации при определенных ситуациях. С исчерпывающей диаграммой процедуры включения можно ознакомиться в разделе 33 стандарта [1].

Кратко рассмотрим основные преимущества технологии PoE:

- Один кабель для подключения удаленного устройства – экономия тру-

Таблица 1. Контроллеры интерфейса PD-устройств с внешним DC/DC-контроллером

Модель	Попыток определения подключения	Классы	U _{вх} макс., В	Рабочий диапазон температур, °С	Ток нагрузки, мА	Действия при ошибке	UVLO, В	Управление DC/DC-контроллером
TPS2375	4	0...3	100	-40...85	450	Выключение	30,6...39,4	Power Good
TPS2375-1	4	0...3	100	-40...85	450	Перезапуск	30,6...39,4	Power Good
TPS2376	4	0...3	100	-40...85	450	Выключение	Регулир.	Power Good
TPS2376-Н	4	0...4	100	-40...85	600	Перезапуск	Регулир.	Power Good
TPS2375	4	0...3	100	-40...85	450	Выключение	30,5...35,0	Power Good
TPS2375-1	4	0...3	100	-40...85	450	Перезапуск	30,5...35,0	Power Good

дозатрат на прокладку и монтаж, а также экономия за счет стоимости самого кабеля сетевого питания;

- Повышение безопасности — уменьшается число точек подключения сети переменного тока и количество цепей, находящихся под соответствующим этой сети напряжением;
- Простота перемещения удаленных устройств — повышение мобильности сети и ее гибкости в плане расширения. Например, Wi-Fi точку доступа можно ставить в месте наилучшего приема сигнала, даже если там нет электрических розеток, или установить IP камеру в наиболее удобном для обзора месте.

Номенклатура PoE-изделий компании Texas Instruments

Перейдем к рассмотрению микросхем компании Texas Instruments, поддерживающих технологию Power-over-Ethernet. В номенклатуре этих изделий можно выделить три направления [2]:

- Контроллеры интерфейса PD-устройств с внешним DC/DC-контроллером;
- Контроллеры PD-устройства со встроенным DC/DC-контроллером;
- Контроллеры PSE-устройств.

Обратим внимание, что, по устоявшейся терминологии, под DC/DC-регулятором (стабилизатором) понимают преобразователь со встроенным коммутирующим элементом (как правило, полевым транзистором). В свою очередь, DC/DC-контроллер — тот же DC/DC-регулятор, но с внешним коммутирующим элементом, то есть максимальный ток нагрузки преобразователя определяется параметрами внешнего транзистора.

Контроллеры интерфейса PD-устройств с внешним DC/DC-контроллером

Номенклатура и технические характеристики контроллеров интерфейса PD-устройств представлены в таблице 1. Типовая схема включения микросхем TPS237x представлена на рисунке 4.

Внешние элементы выпрямителя (диодные мосты, конденсатор, варистор) обеспечивают формирование постоянного напряжения (VDD-VSS) номиналом 48 В с защитой от бросков напряжения свыше 58 В. Как отмечалось выше, контроллеры интерфейса PD-устройств не содержат DC/DC-контроллера и, следовательно, не отвечают за формирова-

ние вторичных напряжений, питающих полезную нагрузку, а выполняют только две функции:

- Поддержку операций определения подключения устройства, классификации и контроля тока в нагрузке. Параметры этих операций задаются внешними резисторами RDET, RCLASS и RILIM соответственно.
- Управление внешним DC/DC-контроллером с выхода PG (Power Good), который подключается к входу разрешения (Enable/Disable) внешнего контроллера.

Вторичные напряжения формируются после успешного завершения процедуры включения и после достижения напряжения VDD порога UVLO (under voltage lockout).

Рассмотрим различия между модификациями микросхем TPS237x:

- В зависимости от значения порога UVLO. В модификациях **TPS2375** и **TPS2375-1** используются значения, оговоренные стандартом IEEE 802.3af-2005, а именно 39,4 В при включении и 30,6 В соответственно. В модификациях **TPS2377** и **TPS2377-1** используются значения 35 и 30,5 В соответственно, которые применялись в PoE-устройствах до принятия указанного стандарта (т.н. Legacy). В модификациях **TPS2376** и **TPS2376-Н** эти значения регулируются путем подачи соответствующего напряжения на вход UVLO.

• В зависимости от реакции на аварийную ситуацию (падение входного напряжения ниже порога, перегрев микросхемы, превышение тока в нагрузке). Модификации **TPS237x** без суффиксов -1 или -Н отключаются и могут быть перезапущены только «с нуля», то есть после полного снятия входного напряжения и повторения процедуры запуска. Модификации **TPS237x-1** или **-Н** автоматически возобновляют работу PD-устройства, если аварийная ситуация устранена (при условии, что входное напряжение не было снято полностью).

- Модификация **TPS237x-Н**, в отличие от остальных микросхем, имеет повышенное значение максимального тока в нагрузке (до 600 мА против 400 мА), что дает возможность применять их в планируемых изделиях класса 4.

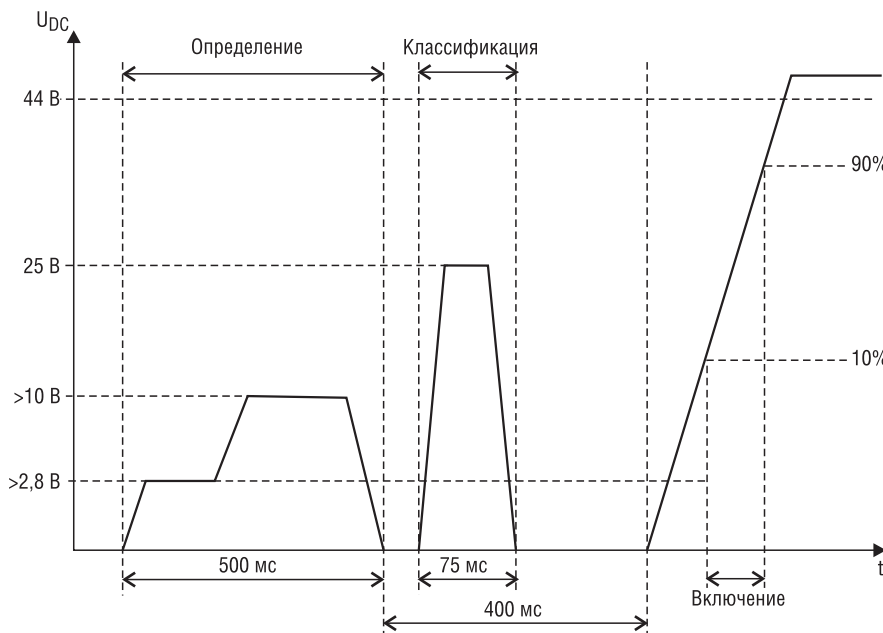


Рис. 3. Циклограмма процедуры подачи и отключения питания по технологии PoE

Таблица 2. Контроллеры PD-устройств со встроенным DC/DC-контроллером

Модель	Назначение	Классы	Увх макс., В	Рабочий диапазон температур, °С	Ток нагрузки, мА
TPS23750	PD-контроллер + PWM-контроллер	0...3	100	- 40...85	405
TPS23753	PD-контроллер + PWM-контроллер + Oring	0...3	100	- 40...85	405
TPS23754	PD-контроллер + PWM-контроллер (мощный)	0...4	100	- 40...125	850
TPS23756	PD-контроллер + PWM-контроллер (мощный)	0...4	100	- 40...125	850
TPS23757	PD-контроллер + PWM-контроллер (мощный)	0...3	100	- 40...85	405

Контроллеры PD-устройства со встроенным DC/DC-контроллером

Номенклатура и технические характеристики контроллеров PD-устройств со встроенным DC/DC-контроллером представлены в таблице 2.

Контроллеры PD-устройств со встроенным DC/DC-контроллером являются дальнейшим развитием PoE-микросхем по сравнению с контроллерами интерфейсов. По крайней мере, все микросхемы этой группы (кроме TPS23750 и TPS23770) анонсированы компанией Texas Instruments в 2008 или в 2009 году (контроллеры интерфейсов на 3-5 лет «старше»). Попробуем сформулировать основную причину развития именно этой группы. Достаточно проанализировать схемотехнические решения на конечные изделия, предлагаемые компанией Texas Instruments (источники [2] и [3]), чтобы убедиться — количество электронных компонентов в устройствах, реализованных на микросхемах со встроенным DC/DC-контроллером примерно на треть меньше, нежели в устройствах с внешним DC/DC-контроллером. Снижение количества компонентов приводит:

- к уменьшению габаритных размеров печатной платы и, во многих случаях, к снижению габаритов конечного устройства;
- к повышению надежности конечного устройства;
- к снижению стоимости полного набора компонентов.

В данной линейке микросхема TPS23750 является базовой. Остальные микросхемы — дальнейшее ее развитие, а именно:

- Микросхемы **TPS23754** и **TPS23756** ориентированы на применение в планируемых изделиях класса 4 — ток нагрузки до 850 мА против 405 мА.
- Расширен температурный диапазон микросхем TPS23754, TPS23756 и TPS23757.

- Микросхема **TPS23753A** позволяет подключать внешние источники питания по схеме ORing.

И последнее: компания Texas Instruments предлагает демонстрационные платы, позволяющие потребителю в короткое время освоить основные схемотехнические и конструкторские решения, использующие микросхемы семейства TPS2375x.

Применение технологии PoE в современных системах безопасности

Из основных применений Ethernet-технологий в системах безопасности можно выделить:

- Системы видеонаблюдения;
- Системы контроля доступа в помещения;
- Системы пожарной сигнализации;
- Р-телефония, в частности системы автоматического оповещения персонала по телефону в нештатных ситуациях.

Основное достоинство IP-решений в подобных системах — эффективное использование сетевой инфраструктуры здания. Поскольку в современных офисных зданиях без сомнения существует локальная сеть, то нет необходимости разворачивать подобную систему «с нуля» — достаточно интегрировать ее элементы в уже существующую сеть.

Преимущества технологии PoE были рассмотрены выше — они справедливы и для элементов систем безопасности. Однако, учитывая, что системы видеонаблюдения — наиболее «интеллектуальное» направление из всех перечисленных, остановимся на нем подробнее.

Коммерческие системы видеонаблюдения, появившиеся в последнем десятилетии прошлого века, использовали видекамеру с аналоговым видеосигна-

лом и питанием +12 В. Следовательно установка одной видеокамеры требовала прокладки коаксиального кабеля (для видео), установки источника питания и подключения его к камере и прокладки сетевого кабеля для питания источника. При наличии дополнительных функций (управление диафрагмой, управление поворотом камеры, управление вариобъективом) требовалась прокладка дополнительных коаксиальных пар (поскольку управление было преимущественно аналоговым). Далее все это «богатство» через все здание тянулось на пульт управления. С увеличением числа камер головная боль возрастала в геометрической прогрессии. Применение цифровых IP-камер с поддержкой PoE исключает все проблемы и сложности.

Отображение и архивирование. Для решения этой задачи требовались видеомультимплексоры, видеоматрифонды с функциями прореживания записи (например, два кадра в секунду) и возможностью покадрового просмотра. Архивирование осуществлялось на кассету, которой хватало не более чем на сутки. Объем архива прямо пропорционален сроку хранения. Как решение, применялись детекторы движения, но они стоили денег, и в течение рабочего дня проблемы не решали. Применение IP-технологий обеспечи-

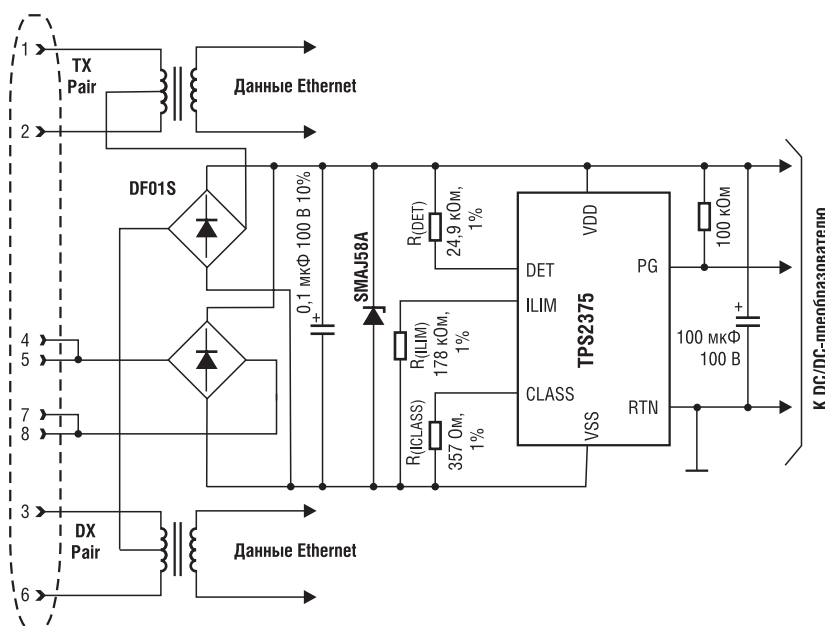


Рис. 4. Типовая схема включения микросхем TPS237x

вайт запись на жесткий диск только при наличии движения, удобную навигацию по архиву, возможность доступа к архиву посредством интернета (при соответствующем допуске). Кроме того — существенная экономия на специальном оборудовании.

Дополнительные преимущества:

- Возможность масштабирования;
- Возможность анализа информации в реальном времени;
- Возможность интеграции с другими составляющими системы безопасности (контроль доступа и другие).

Строго говоря, найти какие-то преимущества «досетевых» решений перед IP-технологиями затруднительно.

Что ограничивает применение именно технологии PoE в современных видеосистемах. В первую очередь — ограничение по потребляемой мощности — многофункциональные IP-видеокамеры (с возможностью управления экспозицией, с изменяемым фокусным расстоянием, с датчиком движения, с поворотом камеры) потребляют более 13 Вт. Легализация устройств 4-го класса по мощности могла бы решить проблему.


Заключение

В целом технология с питанием по сети Ethernet дает существенный выигрыш в системах безопасности за счет

возможности установки их элементов в местах, где нет обычных электрических кабелей и розеток или где их трудно установить. Однако при этом повышаются требования к сетевой инфраструктуре здания.

Технические и функциональные характеристики, номенклатура продуктов компании Texas Instruments, поддерживающих технологию PoE, позволяют применять их не только в современных изделиях, но и в перспективных разработках.

Литература

1. IEEE Std 802.3™-2008 (Revision of IEEE Std 802.3-2005) // документ IEEE 802.3-2008_section3.pdf
2. TPS23750 High Efficiency 5V at 2.2A PoE PD // документ компании Texas Instruments slvu159.pdf
3. 25-W, High-Power PoE Using the TPS2376-H // документ компании Texas Instruments slvu188.pdf. 

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

TI выпускает самые быстрые в промышленности усилители с JFET-входом

Корпорация **Texas Instruments** объявила о выпуске операционных усилителей (ОУ) **OPA653** и **OPA659** с управляющим рп-переходом (JFET), обеспечивающих скорость нарастания $U_{вых}$ до 2,675 кВ/мкс — в три раза быстрее, чем у ближайшего конкурента, что позволяет улучшить импульсные характеристики. Эти ОУ объединяют широкополосный усилитель с обратной связью по напряжению и входной каскад JFET, обладающий высоким сопротивлением. Благодаря широкой полосе пропускания сигнала (ППС) и низкому значению полных гармонических искажений ОУ отвечают требованиям для частотного анализа и быстрого преобразования Фурье.

Особенности и преимущества OPA653 и OPA659:

- Скорость нарастания $U_{вых}$ и малые искажения способствуют улучшению достоверности сигнала для импульсных приложений и обработки сигналов во временной области;
- OPA653 — ОУ с входом JFET со скоростью нарастания $U_{вых}$ 2,675 кВ/мкс и шириной ППС 475 МГц при фиксированном усилии (2 В/В);
- OPA659 — стабильный ОУ с входом JFET со скоростью нарастания $U_{вых}$ 2,550 кВ/мкс и шириной ППС 575 МГц при единичном усилении;
- Значение искажений третьей гармоники (HD3) для OPA659 — -60 дБн, а для OPA653 — -66 дБн при 100 МГц гарантирует превосходную линейность с широкой ППС;
- Короткое время установления (8 нс) и быстрое восстановление (8 нс);
- Ультранизкие отклонения и «звон» OPA653 будут востребованы в приложениях с высоким входным импедансом, низким уровнем шумов и широкой ППС;
- Диапазон $U_{пит}$ $\pm 3,5... \pm 6,4$ В;
- Могут управлять 12-, 14-разрядными АЦП, обладающими производительностью 400 и 500 MSPS, включая **ADS5474**, **ADS5463** и **ADS54RF63**;
- Ширина ППС 350 МГц (OPA659) при высоком усилении поддерживает приложения, связанные с машинным зрением.



Однокристалльный контроллер Power-over-Ethernet

TPS23750

Образцы доступны со склада в Москве

- Совместимый с 802.3af PoE интерфейс
- Построен на основе контроллера TPS2375
- Внутренние MOSFET-транзисторы (100 В; 0,6 Ом)
- Ограничение по току до 140 мА
- Режим контроля по току
- Программируемая рабочая частота
- Длительность цикла до 50%
- Усилитель ошибки выходного напряжения
- Температурный диапазон: -40...85°C
- Корпус HTSSOP-20

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

 **Компэл**
www.compel.ru

Валерий Жижин (ЗАО «ИПК «СТРАЖ»)

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОЙ ПЕЧАТИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MSP430



В статье идет речь о новом устройстве ограничения доступа в помещения — электронной печати. Рассматриваются алгоритм его функционирования и реализация на микроконтроллере **MSP430F1232** компании **Texas Instruments**. Приводятся принципиальная схема устройства, алгоритм работы и фрагмент листинга программы на языке Си, а также результаты двухлетнего тестирования опытного образца.

В наше время на мировом рынке систем ограничения доступа в офисные и производственные помещения идет активное вытеснение механических замков электронными и электронно-механическими. Уже получили распространение «замки-невидимки» с дистанционным управлением, замки с блокировкой/разблокировкой от встроенной в ключ и замок RFID-системы. Тем не менее, в большинстве российских, особенно государственных, учреждений, по-прежнему используются механические замки различной степени сложности и архаичный метод аутентификации — опечатывание с помощью пластилина. Недостатки, присущие этому методу, очевидны: легкость изготовления поддельной печати; невозможность фиксации момента времени открытия/опечатывания; невозможность быстрой замены печати в случае ее утраты и т. д.

Чтобы повысить индивидуальный уровень защиты помещения, не прибегая к установке дорогих запорных систем с кодовой аутентификацией, было разработано недорогое устройство электронной печати — замена «пластилиновому» методу. Использование данного устройства не требует замены или какой-либо доработки существующего механического замка в данном помещении.

Принцип действия и алгоритм работы электронной печати заключается в следующем: в процессе опечатывания корпус устройства накладывается на замочную скважину, блокируя ее входное отверстие. Установка устройства производится на две металлические втулки, размещенные сверху и снизу относительно замочной скважины, в верхние части которых вмонтированы постоянные магниты Nd-Fe-B. Это единствен-

ный способ доработки наружной поверхности корпуса замка.

Магниты выполняют двойную функцию: осуществляют фиксацию и удержание корпуса электронной печати на скважине замка; являются элементами датчика присутствия устройства, реализованном на цифровом омниполярном датчике Холла **A3212** компании **Allegro Microsystems Inc.** При установке устройства на металлические втулки происходит его активация. При этом в течение 7 секунд индицируется сгенерированный псевдослучайный цифровой код печати и начинается отсчет времени. При нажатии на контрольную кнопку происходит индикация кода печати и интервала времени с момента опечатывания. Для перезапуска устройства достаточно его снять и снова поставить.

Алгоритм работы электронной печати состоит в следующем:

1. Печать снята с корпуса замка — выход датчика Холла «0 ⇒ 1», микроконтроллер — в SLEEP-режиме. Каждую секунду происходит прерывание от интервального таймера.

В подпрограмме обработки прерывания `_interrupt void watchdog_timer (void)` реализуются следующие функции:

- генерация последовательности пяти псевдослучайных чисел (функция `rand`);

- запись значений минут и часов в соответствующие ячейки;

- выход из подпрограммы прерывания в SLEEP-режим.

2. Устройство активизировано — выход датчика Холла «1 ⇒ 0», генерация прерывания. В подпрограмме обработки прерывания `_interrupt void port1_ISR (void)` происходит:

- останов таймера;

- запись последних пяти сгенерированных псевдослучайных чисел в буфер `sens`;

- отображение на LED индикаторе числа «печати» из буфера `sens`;

- обнуление и запуск таймера;

- выход из подпрограммы прерывания в SLEEP режим.

3. При нажатии на кнопку контроля — генерация нового прерывания `_interrupt void port2_ISR (void)`:

- останов таймера;

- отображение в течение 3 секунд на LED индикаторе числа «печати» из буфера `sens`;

- отображение в течение 3 секунд интервала времени с момента установки печати; формат отображения времени «00 минут: 00 часов» (0...59 минут, 0...99 часов).

- перезапуск таймера (с точки останова);

- выход из подпрограммы прерывания в SLEEP-режим.

Для обеспечения режима минимального энергопотребления устройства LED-индикатор используется в режиме динамической индикации.

Предлагаемый алгоритм работы электронной печати позволяет не только определить факт несанкционированного доступа в помещение (при съеме/установке устройства генерируется новая пятиразрядная последовательность псевдослучайных чисел), но и интервал времени от момента несанкционированного вскрытия до момента контроля.

Программный код для микроконтроллера **MSP430F1232** написан на языке Си. Здесь нужно отметить некоторые особенности программы:

1. Регистр статуса микроконтроллера переводится в режим LPM3 [1];

```
_BIS_SR(GIE+LPM3_bits);
```

2. Сторожевой таймер переводится в режим интервального таймера с управлением от внешнего кварцевого генератора 32,768 кГц;

```
WDTCTL=WDTPW+WDTCNTCL+WDTSSSEL+WDTTMSSEL;
```

```
//Ft=32768/32768=1Hz
```

```
IE1=WDTE;
```

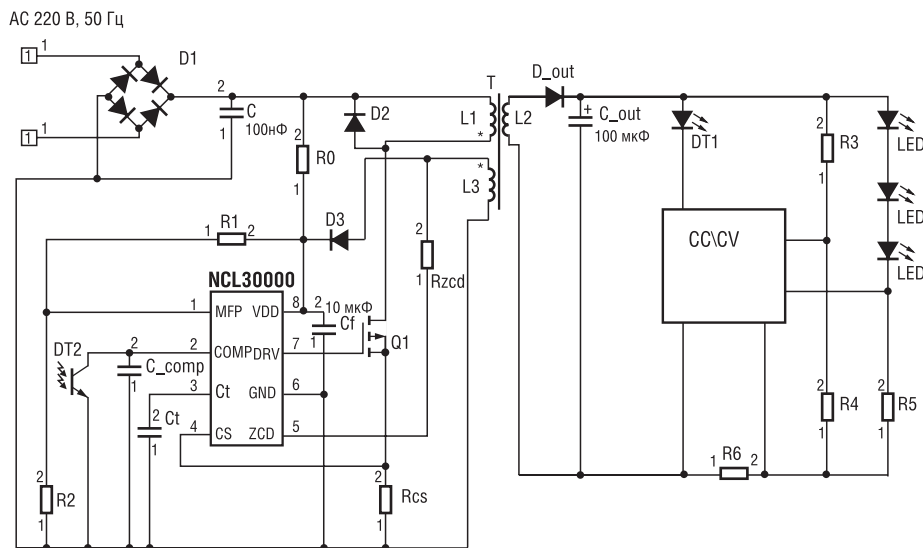


Рис. 1. Принципиальная схема электронной печати

//Разрешение прерывания от интервального таймера.

3. Для отсчета временных интервалов используется Таймер А.

4. Функция **rand()** основана на генерации рекуррентной последовательности и возвращает равномерно распределенное псевдослучайное число в интервале значений 0...32767. Эта функция описана в файле **<stdlib.h>**.

С целью улучшения статистических свойств и уменьшения вероятности повторения начальных значений **rand()**, при перезапуске программы (например, при замене источника питания) вводится дополнительный временной случайный фактор – генерация значений **rand()** происходит в подпрограмме обработке событий интервального таймера WDT. Вот так она выглядит:

```
//Ежесекундное прерывание от интервального таймера;
//Запись значений минут и часов в соответствующие ячейки;
//Генерация новых случайных чисел;
#pragma vector=WDT_VECTOR
__interrupt void watchdog_timer(void)
{
    unsigned int g=0;
    unsigned char n=0;
    //Отсчет времени
    sec1++;
    if(sec1>9)
        {sec10++; sec1=0;}
    if(sec10>=6)
        {min1++; sec10=0; sec1=0;}
    if(min1>9)
        {min10++; min1=0;}
    if(min10>=6)

```

```
{ch1++; min10=0; min1=0;}
if(ch1>9)
    {ch10++; ch1=0;}
if(ch10>9)
    {ch10=0; ch1=0;}

```

```
/*****генерация новых случайных чисел****
for(n=0; n<=4; n++)
{
    g=rand()&0x000F; //Функция возвращает значение от 0 до F
    if(g==0x000A)g=1;
    if(g==0x000B)g=2;
    if(g==0x000C)g=3;
    if(g==0x000D)g=0;
    if(g==0x000E)g=5;
    if(g==0x000F)g=9;
    sens1[n]=g;
}
}

```

5. Порты подключения: P1.0 ⇨ датчик Холла, P2.5 ⇨ кнопка контроля.

Для генерации псевдослучайных чисел можно также воспользоваться материалами статьи [2].

Принципиальная схема электронной печати приведена на рисунке 1.

Как уже отмечалось выше, светодиодный пятиразрядный семисегментный индикатор **КИПС 27А-5/8** с общим катодом используется в режиме динамической индикации. Микроконтроллер выработывает бегущий «0» на катодах, в результате чего в каждый момент времени активным оказывается только один разряд индикатора.

Конструкция электронной печати представляет собой корпус из ABS пластика, в дно которого вмонтированы две металлические пластины, положение ко-

торых соответствует опорным втулкам с магнитами. Рядом с одной из пластин расположен интегральный датчик Холла **A3212** компании Allegro Microsystems Inc., воспринимающий магнитный поток от «своего» магнита. Плата с электронной схемой, пятиразрядным светодиодным индикатором и батарейным отсеком (два элемента ААА по 1,5 В), расположена внутри корпуса поверх металлических пластин. На внешней поверхности корпуса расположен экран индикатора и кнопка мониторинга.

Опытная эксплуатация устройства в течение двух лет показала его устойчивость к внешним электромагнитным помехам (работа станков в соседнем помещении), экономичность (частота смены батареек один раз в 5-6 месяцев) и удобство в эксплуатации.

В настоящее время планируется ввести опцию индикации разряда батарей, функцию передачи по радиоканалу информации о факте и моменте вскрытия помещения, а также передачу кода печати на контрольный пункт охраны на расстояние 15...20 м.

Литература

1. Семейство микроконтроллеров MSP-430x1xx. Руководство пользователя // М., Библиотека КОМПЭЛ, 2004 г.
2. А. Купченко Реализация генератора случайных чисел на микроконтроллере MSP430. // Компоненты и технологии №3, 2009 г.

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