

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.

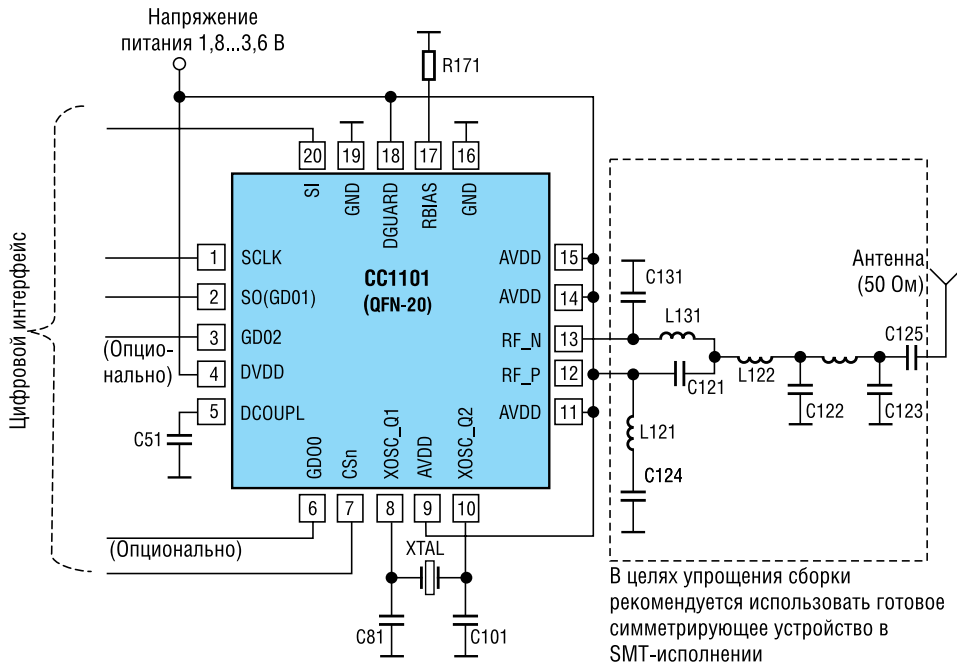


Рис. 1. Типовая схема включения трансивера CC1101 для работы в частотном диапазоне 315 или 433 МГц

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-

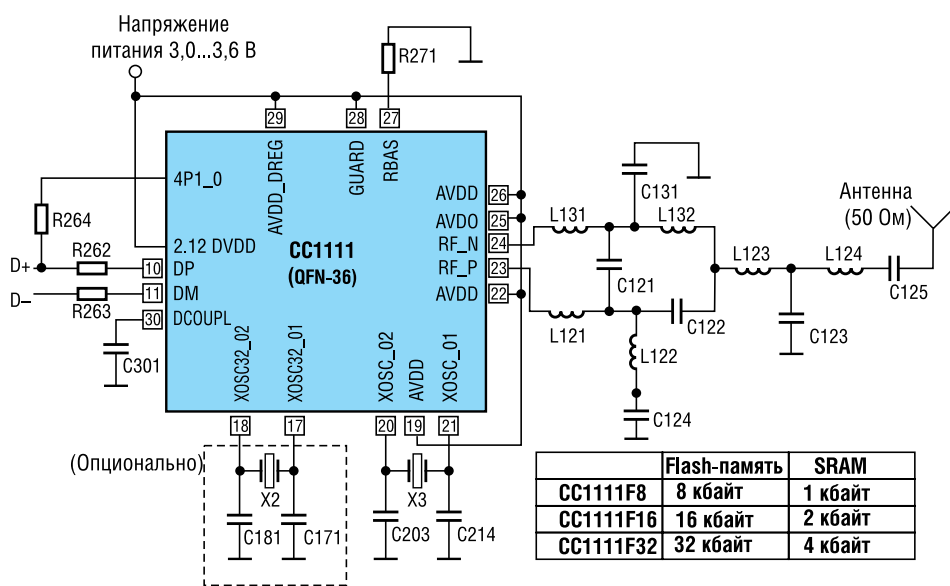


Рис. 2. Типовая схема включения системы на кристалле CC1111

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 CC111x, 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 микросхемой 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 микромоощных 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 микромоощных устройств для работы в любом из ISM-

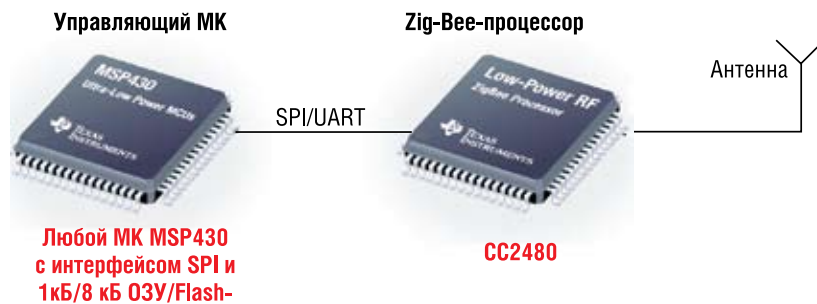


Рис. 3. ZigBee-система на основе CC2480 и МК MSP430

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

Заключение

Компания TI выпускает широкий ассортимент РЧ продукции, охватывающий все нелегализуемые 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_p_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

Компэл
www.compel.ru