

## Твердотельная электроника

УДК621.317

В.Ф. Заворотный, канд. физ.-мат. наук, Р.М. Чобик

### Беспроводная система сбора данных на основе «систем на кристалле»

В статье рассмотрены особенности построения беспроводных систем сбора данных на основе системы на кристалле CYWUSB6953 компании Cypress. Показана возможность построения беспроводной сети с топологией «звезда». Проведено сравнение с технологией ZigBee.

**Features of wireless data collection system construction for system based on chip CYWUSB6953 of Cypress are considered. Possibility of construction Wireless network with "star" topology is shown. Comparison with ZigBee technology is implemented.**

#### Введение

На сегодняшний день существует множество задач, для решения которых актуально применение беспроводных системы сбора данных, особенно с учетом существующих тенденций к удешевлению и совершенствованию беспроводной связи. К таким задачам относится сбор данных с различных счетчиков учета энергоносителей, мониторинг объектов в промышленности, построение систем типа «умный дом», мониторинг состояния несущих конструкций зданий и сооружений и т.д. [1].

На рынке присутствует большое количество беспроводных передатчиков и готовых радиомодулей, предназначенных для построения сенсорных сетей. «Сенсорная сеть» является устоявшимся термином (англ. *Sensor Networks*), обозначающим распределенную, самоорганизующуюся, устойчивую к отказу отдельных элементов сеть из необслуживаемых и не требующих специальной установки устройств [2]. Системы на кристалле (СК) CYWUSB6953 не предназначены для организации полноценных сенсорных сетей, но в то же время они имеют некоторые преимущества по сравнению с радиомодулями, которые для этого предназначены (например, поддерживающие технологию ZigBee). Компания Cypress продолжает активно развивать собственные беспроводные технологии и, не имеющие аналогов, программируемые системы на кристалле. Например,

новый CyFi приемо-передатчик CYRF7936 рекомендуется компанией для применения в разработках вместо CYWUSB6953, как обладающий улучшенными характеристиками.

#### Сравнение характеристик СК и типичного ZigBee-модуля

Главной особенностью СК CYWUSB6953 является то, что на одном кристалле интегрирован радиочастотный 2.4 ГГц приемопередатчик, 8-ми разрядный микроконтроллер и массив аналоговых и цифровых блоков.

Проведем сравнение основных характеристик СК и ZigBee-модуля RC2200 фирмы Radiocrafts [3].

**Таблица. 1. Основные характеристики микроконтроллера и приемопередатчика СК и ZigBee-модуля.**

Характеристика	СК CYWUSB6953	ZigBee-п/м RC2200
Частота микроконтроллера	12МГц	16МГц
Память данных	8 КБ	128 КБ
Оперативная память	512 байт	4 КБ
Частотный диапазон	2,400...2,483 ГГц	2,4 ГГц (16 каналов)
Мощность передатчика	0 дБм	0 дБм
Чувствительность приемника	-95 дБм	-94 дБм
Номинальная дальность	50 м	100м
Скорость передачи данных	62,5 кбит/с	250 кбит/с
Напряжения питания	2,7-3,6 В	2,7-3,6 В

В таблице 1 видно, что памяти данных и оперативной памяти сравнительно немного. В ZigBee-модуле ее примерно в 8 раз больше, в связи с этим в СК не представляется возможным реализация стека протоколов высокого уровня, который бы поддерживал полноценную сенсорную сеть. Характеристики приемопередатчика, интегрированного в СК, имеют несущую

ществленные отличия от характеристик типичного ZigBee-приемопередатчика. Реализована технология расширения спектра прямой последовательностью, есть возможность выбора одной из 83 частот диапазона, мощность передатчика и чувствительность приемника соответствует этим параметрам в ZigBee-модуле, однако по скорости передачи данных приемопередатчик СК проигрывает. К преимуществам СК CYWUSB6953 следует отнести наличие массива переконфигурируемых аналоговых и цифровых блоков [4]. Аналоговые блоки могут быть сконфигурированы как:

- 2 усилителя с программируемым коэффициентом усиления;
- 1 инструментальный усилитель;
- два 8-разрядных АЦП или один 14-разрядный;
- 2 компаратора.

Цифровые блоки конфигурируются как:

- 8-32 разрядные таймеры, счетчики, ШИМ;
- модули CRC и PRS (генератор псевдослучайной последовательности);
- полнодуплексный UART или SPI.

Таким образом, на одном кристалле размещается усилитель, АЦП, микроконтроллер и радиочастотный приемопередатчик, что позволяет подключить первичный преобразователь без дополнительных компонентов, выполнить все необходимые преобразования сигнала, предварительную обработку, и передать данные по радиосвязи на ПК. Такая технологическая интеграция позволяет удешевить устройство и минимизировать его габариты. В связи с этим была поставлена задача реализовать беспроводную систему сбора данных (БССД), используя преимущества СК.

### Экспериментальная разработка БССД

На рис.1 представлено фото опытного образца, а на рис.2. показана структурная схема разработанной БССД, которая состоит из одного USB-радиомодуля и 3-х беспроводных датчиков. USB-радиомодуль выполняет сбор данных с датчиков и передает их по интерфейсу USB на персональный компьютер. Для управления этой системой был создан протокол, который позволяет поддерживать сеть из 32 беспроводных датчиков с топологией «звезда». Протокол предусматривает возможность автоматического назначения адреса для нового датчика, а также

смену частоты радиоканала для повышения помехозащищенности. Объем памяти данных, которая необходима для реализации протокола на главном и ведомом устройстве, равняется 3 и 1 кбайт соответственно. Для сравнения, ZigBee поддерживает до 65536 узлов в сети, кроме топологии «звезда» позволяет организовывать также сети с топологией «кластерное дерево» и «ячеистая сеть». Но при этом требует наличия от 32 до 128 кбайт памяти. Важным моментом является то, что полный программный ZigBee-стек распространяется платно. Компании, которые предлагают бесплатные ZigBee-стеки накладывают различные ограничения на их использование, например, запрещают вносить изменения в исходные коды.

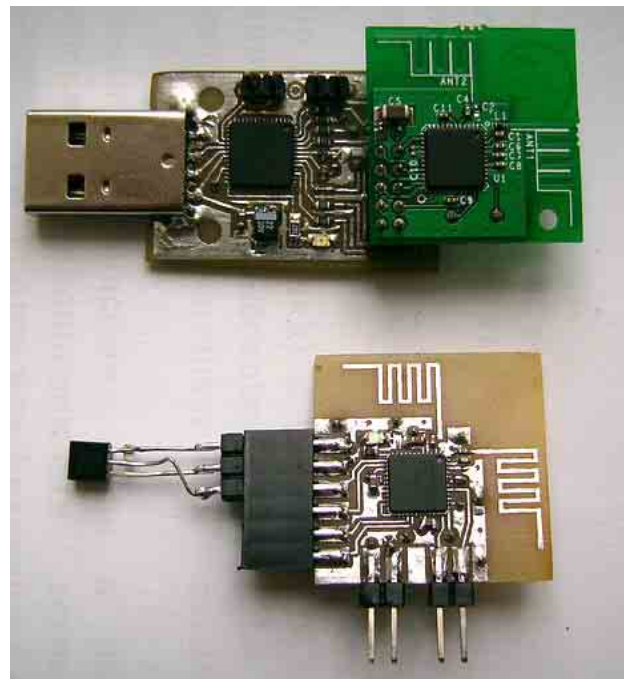


Рис. 1. Опытный образец системы сбора данных. Сверху: USB-радиомодуль, снизу: беспроводной датчик на микросхеме CYWUSB6953

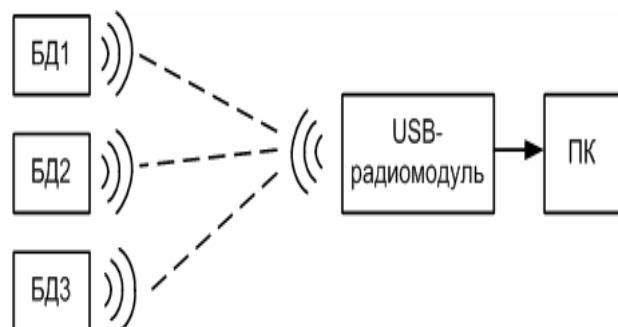


Рис. 2. Структурная схема разработанной системы сбора данных. БД – беспроводной датчик, ПК – персональный компьютер

На рис. 3 показана структурная схема беспроводного датчика, в основу которого положена СК. В нашем случае в качестве первичного преобразователя используется термистор, сигнал с которого напрямую поступает в микросхему CYWUSB6953, усиливается и оцифровывается. В пакетах сформированных микроконтроллером оцифрованные данные передаются по радиоканалу на USB-радиомодуль и далее по интерфейсу USB на ПК.

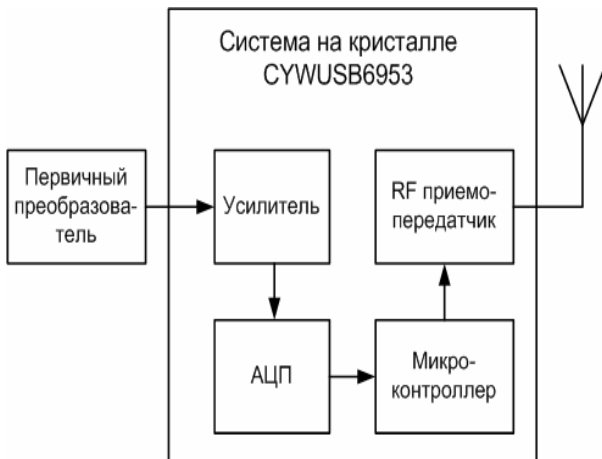


Рис.3. Структурная схема беспроводного датчика

## Выводы

Выполнено сравнение технических характеристик СК и типичного ZigBee-радиомодуля, реализован опытный образец БССД. В результате установлено, что если не требуется построение сложных сенсорных сетей с поддержкой топологии «кластерное дерево» или «ячеистая сеть», то рассмотренная СК с учетом ее преимуществ является хорошим решением.

## Литература

1. Баскаков С. Беспроводные системы сбора данных на базе радиомодулей ML-Module-Z // Беспроводные технологии.–2009.-№1.–с.10-11.
2. Levis P., Madden S., Polastre J. and dr. "TinyOS: An operating system for wireless sensor networks" // W. Weber, J.M. Rabaey, E. Aarts (Eds.) // In Ambient Intelligence. – New York, NY: Springer-Verlag, 2005. – 374 p.
3. Алексеев В. Полностью законченные ZigBee модули производства фирмы Radiocrafts // Компоненты и технологии.– 2006.- №03.–с. 138.
4. WirelessUSB PRoC Flash Programmable MCU + Radio. – Datasheet. – Cypress Semiconductor, 2008. – Mode access: <http://www.cypress.com/?docID=13877>