

БЕСПРОВОДНЫЙ ДАТЧИК ДИАПАЗОНА 2,4 ГГц

А. И. Быбка

Старший преподаватель

Кафедра "Сети связи"

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

(ХНУРЭ)

просп. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Контактный тел.: 057) 738-27-57

e-mail: bbk@kture.kharkov.ua

Работа посвящена анализу современных тенденций в области беспроводных устройств диапазона 2,4 ГГц. Рассматриваются новые специализированные интегральные микросхемы, предназначенные для использования в беспроводных приложениях для передачи данных от удалённых объектов. Проанализированы результаты разработки и испытаний беспроводного датчика собранного на микроконтроллере MSP430F2013 (Texas Instruments) и приёмопередатчике CC2420 (Chipcon)

1. Введение

Диапазон 2,4 ГГц в настоящее время интенсивно осваивается. Повышенный интерес к этому диапазону объясняется несколькими причинами. В первую очередь диапазон не загружен, для работы в этом диапазоне не надо получать лицензию, и, что наиболее важно, в последнее время на рынке специализированных микросхем появились трансиверы, предназначенные для работы в этом диапазоне.

2. Постановка задачи

Для принятия эффективных инженерных решений при построении беспроводных систем наибольшее значение имеют оптимальный выбор аппаратных средств и разработка надёжных алгоритмов взаимодействия устройств. Чтобы получить ответы на возникающие при этом вопросы, была поставлена задача: разработать беспроводный датчик для диапазона 2,4 ГГц, используя при этом современные специализированные микросхемы приёмо-передатчиков.

Существующие беспроводные технологии Bluetooth, Wi-Fi, Wi-MAX предназначены для передачи больших объёмов данных с высокой скоростью на расстояния от единиц до сотен метров. Эти технологии позволяют успешно решать многие телекоммуникационные задачи, однако они не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к устройствам, ориентированным на долговременную автономную работу с батарейным питанием. Указанные технологии не являются эффективными с точки зрения энергопотребления, и по этой причине их использование в ряде случаев ограничено [1].

Для преодоления указанного недостатка ведущими производителями телекоммуникационного оборудования было принято решение о разработке нового

стандарта для беспроводных технологий 802.15.4. Новый стандарт получил название ZigBee. Особенности стандарта заключаются в следующем. Стандарт ориентирован на автономные устройства, и создавался, чтобы обеспечить как можно большее время автономной работы, поэтому основное внимание было уделено вопросам энергосбережения. Основными требованиями, предъявляемыми к устройствам, работающим в этом стандарте, являются экономичность, небольшая дальность, невысокая скорость передачи данных, кодирование информации.

3. Аппаратные средства для беспроводных устройств

К настоящему времени на рынке интегральных микросхем присутствуют устройства от различных производителей, среди которых Chipcon, Texas Instruments, Freescale, Ember, Atmel.

Эти микросхемы предназначены для построения автономных беспроводных устройств, среди которых значительную часть представляют различного рода датчики.

Использование беспроводных датчиков позволяет эффективно решать проблемы, связанные с получением данных от измерительных блоков, находящихся на удалении или на перемещающихся объектах, в труднодоступных местах или в зонах с повышенной опасностью.

4. Беспроводный датчик

В данной работе рассматривается вариант беспроводного датчика, в котором применён специализированный трансивер диапазона 2,4 ГГц работающий на физическом уровне стандарта 802.15.4, и приводятся результаты испытаний датчика.

Основными составляющими рассматриваемого датчика являются радиочастотный трансивер и управляющий микроконтроллер. В качестве трансивера использована специализированная микросхема CC2420 фирмы Chipcon (Норвегия). В качестве управляющего устройства использовался шестнадцатиразрядный микропроцессор MSP430F2013 фирмы Texas Instruments. Об основных параметрах, предопределивших выбор именно этих компонентов, можно сказать следующее. CC2420 представляет собой функционально и конструктивно законченный трансивер. В состав трансивера входят передатчик и приёмник диапазона 2,4 ГГц, максимальная выходная мощность передатчика составляет 0 дБм, чувствительность приёмника равна минус 90 дБм. Трансивер имеет встроенный последовательный интерфейс SPI и систему битовой и кадровой синхронизации, что позволяет максимально упростить задачи, возлагаемые на управляющий микропроцессор. CC2420 имеет малое энергопотребление и требует небольшого количества внешних элементов [2].

Основные характеристики трансивера CC2420

- Однокристалльный трансивер для диапазона 2,4 ГГц с аппаратной поддержкой MAC уровня стандарта IEEE 802.15.4
- DSSS модем с тактовой частотой 2048 кГц и эффективной скоростью передачи данных 250 кбит/с
- Аппаратное кодирование MAC уровня (AES-128)
- Буфер приёмника 128 байт и буфер передатчика 128 байт
- Напряжение питания 2,1 – 3,6 В
- Ток потребления: в режиме приёма 19,7 мА, в режиме передачи 17,4 мА

Отличительными особенностями микропроцессора MSP430F2013 являются его шестнадцатиразрядная архитектура, наличие встроенного шестнадцатиразрядного сигма-дельта АЦП с дифференциальными входами и малое энергопотребление, представленное четырьмя различными режимами.

Память программ микропроцессора имеет объём 2 кБ, чего, в большинстве случаев, недостаточно для организации вычислений приемлемой точности, поэтому в датчике целесообразно использовать табличные вычисления.

Для этого была применена внешняя память EEPROM объёмом 1024 кБ, в которую были записаны рассчитанные заранее результаты вычислений. Каждое значение занимает два байта. Всего в памяти EEPROM размещено по 1000 результирующих значений для каждой из 64 температур. Для измерения температуры используется встроенный датчик температуры микропроцессора.

В качестве измерительного блока использовался датчик мостового типа, одна из диагоналей которого была подключена к дифференциальному входу АЦП.

Исследованные устройства были собраны на двухслойных печатных платах, (топология печатной платы трансивера приведена на рис. 1), что в результате позволило существенно упростить конструкцию и удешевить изготовление модулей. В документации на трансивер приводятся рекомендации для 4-слойной печатной платы, решение о переходе на двухслойную плату должно было дать ответ на вопрос о возможности такой замены.

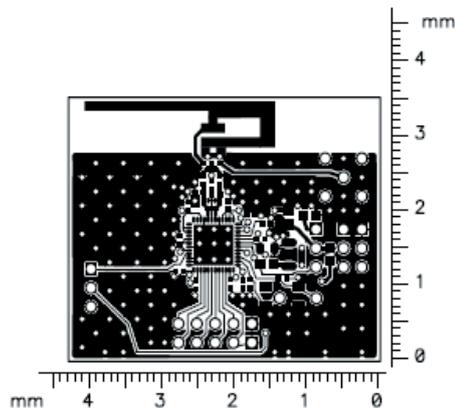


Рисунок 1. Топология печатной платы трансивера

В экспериментах использовались два модуля, один из которых работал в режиме приёма, другой в режиме передачи. Приёмник был подключен к компьютеру и постоянно находился в режиме приёма. Данные от приёмника передавались в компьютер для последующей обработки. Передатчик периодически передавал информацию, сформированную в пакеты. В качестве данных для передатчика использовался сигнал, снимаемый с диагонали измерительного моста. Этот сигнал оцифровывался встроенным АЦП микропроцессора, записывался в буфер передатчика трансивера и передавался в эфир.

Управление работой трансивера осуществлялось с помощью командных стробов и управляющих регистров. Командный строб представляет собой команду, получив которую трансивер выполняет определённую последовательность действий, связанную с этой командой. У данного трансивера имеется 33 управляющих регистра. Каждый из регистров отвечает за настройку определённых параметров трансивера. Обмен данными и передача команд в трансивер выполнялись через последовательный интерфейс SPI.

Для облегчения настройки приёмопередатчика на этапе проектирования была разработана вспомогательная программа для записи и контроля внутренних регистров трансивера. Использование этой программы позволило значительно упростить настройку и облегчить понимание работы всего устройства. На рисунках приведены некоторые из интерфейсов, в частности интерфейс записи командных стробов (рис. 2), записи регистров управления (рис. 3), чтения буфера приёмника RXFIFO (рис. 4),.



Рисунок 2. Интерфейс командных стробов

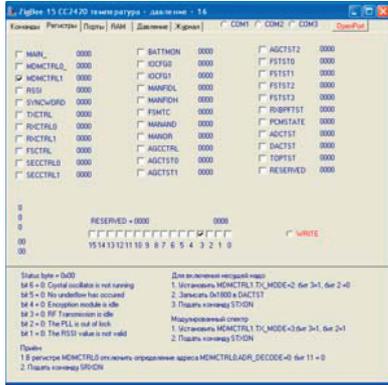


Рисунок 3. Интерфейс регистров управления

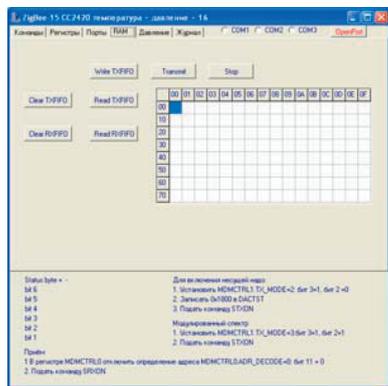


Рисунок 4. Интерфейс чтения RXFIFO

Испытания беспроводного датчика проводились в температурной камере и на открытом пространстве. Были проведены эксперименты с использованием двух типов антенн: выполненной печатным монтажом и штыревой антенны.

В случае с использованием штыревой антенны, была получена дальность, более чем вдвое превышающая дальность при использовании полосковой антенны.

Спектр выходного сигнала приведен на рисунках 4 и 5 для немодулированного сигнала (несущей) и специального тестового сигнала, соответственно.

Чтобы получить немодулированный сигнал необходимо сделать следующие установки в регистрах управления:

1. Установить MDMCTRL1.TX_MODE=2: бит 3=1, бит 2=0
2. Записать 0x1800 в регистр DACTST
3. Подать командный строб STXON

После этого передатчик будет выдавать немодулированный сигнал.

Для того чтобы получить модулированный сигнал необходимо:

1. Установить MDMCTRL1.TX_MODE=3: бит 3=1, бит 2=1
2. Подать командный строб STXON

В этом случае на вход модулятора подаётся псевдослучайная последовательность длиной 65535 бит.

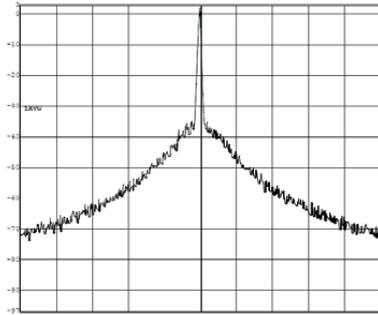


Рисунок 4. Спектр выходного сигнала, несущая

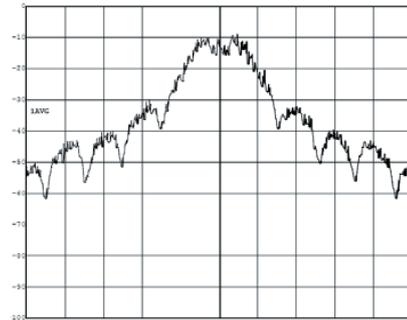


Рисунок 5. Спектр выходного сигнала, модулированный сигнал

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты. Точность датчика - 0,5%, дальность действия – на открытой местности до 100м, в помещении до 10м; напряжение питания 3В; ток потребления – в режиме измерения 2мА, в режиме передачи 17мА; продолжительность работы до 280 часов при ёмкости батареи 140 мА и при одном отсчёте в секунду. Было показано, что в инженерных разработках целесообразно использовать штыревую антенну и применять двухслойную печатную плату.

Заключение

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о возможности создания эффективных решений на основе использования физического уровня стандарта 802.15.4 при построении беспроводных устройств с автономным питанием.

Литература

1. Инженерные аспекты беспроводных телекоммуникационных технологий А.И. Быбка, А.Н. Зеленин, Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 6/2 (36) 2008. с. 25 – 29.
2. CC2420 2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee-ready RF Transceiver
Chipcon AS SmartRF® CC2420 Preliminary Datasheet (rev 1.2), 2004-06-09
3. MSP430x20x1, MSP430x20x2, MSP430x20x3 Mixed signal microcontroller slas491d.pdf -- august 2005 -- revised september 2007