

# Модули PWD-433: беспроводные решения – это просто!

Андрей Архипов (Москва)

В этой статье речь пойдёт о приёмопередающих устройствах, предназначенных для беспроводной связи. Эти устройства в виде модулей изготавливает российская компания «Фаствел». Благодаря своей функциональности и универсальности модули могут быть легко интегрированы в конструируемые изделия.

## НОВЫЕ РОССИЙСКИЕ МОДУЛИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

В последнее время на рынке беспроводных коммуникаций стали популярны функционально завершённые модули, позволяющие легко организовать беспроводную передачу цифровых и аналоговых данных по радиоканалу. Поскольку модули являются фактически законченными и отлаженными приёмопередающими устройствами, их применение снимает с разработчиков достаточно трудоёмкие задачи проектирования и настройки высокочастотного тракта, а также организации беспроводного интерфейса. Благодаря применению современной элементной базы, модули для беспроводной связи достаточно компактны и надёжны. Поэтому их можно использовать как в стационарных, так и в мобильных приложениях.

В начале этого года в продажу поступили функционально завершённые модули для передачи цифровых и аналоговых данных по радиотракту в диапазоне 433 МГц (рис. 1). Эти модули разработаны и изготовлены российской компанией «Фаствел». Модули построены на базе однокристалльного приёмопередачика Nordic nRF9E5, блок-схема которого приведена на рис. 2.

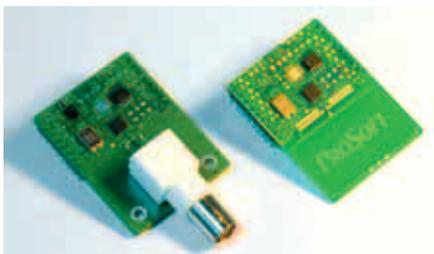


Рис. 1. Модули беспроводной связи PWD-433 на базе nRF9E5

Однокристалльный трансивер объединяет в себе приёмопередатчик, контроллер 8051 и 12-битный АЦП с мультиплексными входами. Это позволяет конструировать функционально законченные устройства без применения управляющего микроконтроллера. Интегрированный микроконтроллер может брать на себя не только функции передачи и приёма данных по радиоканалу, но также выполнять другие функции разрабатываемого устройства. Микроконтроллер имеет последовательные интерфейсы UART и SPI для связи с дополнительным внешним контроллером или периферийной микросхемой, если в этом будет необходимость. Также микроконтроллер имеет выводы общего назначения, программно настраиваемые на ввод или вывод цифровой информации. Благодаря встроенному АЦП появляется возможность передавать не только цифровые, но и аналоговые

сигналы без применения дополнительных микросхем. Скорость оцифровки интегрированного АЦП может достигать 80 киловыборок в секунду. Загрузка программы для интегрированного контроллера происходит автоматически по интерфейсу SPI. Чаще всего загрузка происходит из подключенной к этому интерфейсу внешней микросхемы EEPROM-памяти. Микроконтроллер также имеет встроенную периферию: три таймера/счётчика, каналы внутренних и внешних прерываний, сторожевой таймер.

Модули PWD-433 максимально полно используют периферию трансивера nRF9E5, что делает их компактными и недорогими. Блок-схема модуля показана на рис. 3. Ниже приведены технические характеристики модулей PWD-433 различного исполнения:

- Диапазон рабочих частот, МГц ...430..435
- Мощность передатчика  
максимальная, дБм .....10
- Чувствительность приёмника, дБ ...-100
- Число частотных каналов .....50
- Скорость передачи  
максимальная, Кбит/с .....50
- Антенна модуля  
PWD-433-PCB .....Печатная, петлевая
- Антенна модуля  
PWD-433-BNC .....Разъём BNC 50 Ом

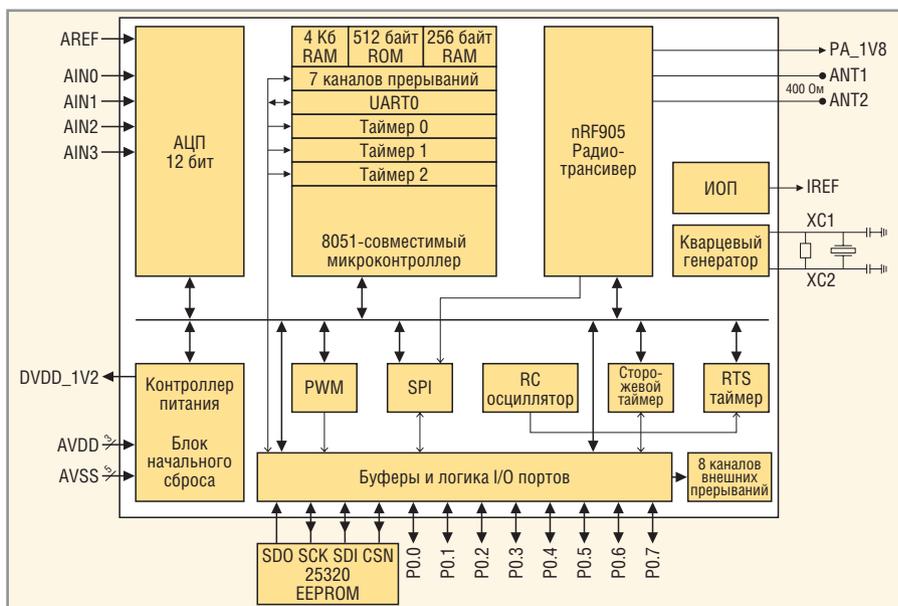


Рис. 2. Блок-схема приёмопередачика nRF9E5

- Напряжение питания  
PWD-433-XXX-URT, 232, В .....1,9...3,6
- Напряжение питания  
PWD-433-XXX-USB, В .....5  
(от разъёма USB)
- Потребляемый ток  
PWD-433-XXX-URT  
в режиме передачи  
(максимальная мощность), мА .....28  
в режиме приёма, мА .....12,5  
в режиме покоя (включение  
по прерыванию), мкА .....<2
- Ядро встроенного  
микроконтроллера (ВМК) .....8051
- Тактовая частота ВМК, МГц .....8/16
- Объём ОЗУ ВМК, байт .....256
- Память программ ВМК, Кб .....4
- Разрядность АЦП, бит .....8/10/12
- Количество мультиплексированных  
каналов АЦП .....4
- Входной диапазон  
каналов 1 – 2 АЦП, В .....0...5,7
- Входной диапазон  
каналов 3 – 4 АЦП, В .....0...1,22
- Разрешение АЦП  
при 80 кГц выборки, бит .....10
- Цифровой параллельный  
интерфейс, бит .....4 (I/O)
- Цифровой последовательный  
интерфейс  
PWD-433-XXX-URT,  
Кбит/с .....19,2 (UART)  
PWD-433-XXX-232,  
Кбит/с .....19,2 (RS-232)  
PWD-433-XXX-USB .....Эмуляция  
COM (USB)
- Диапазон рабочих  
температур, °С .....-40...85  
Кроме микросхемы трансивера  
nRF9E5, на модуле расположена за-  
грузочная микросхема EEPROM с кон-  
тактными площадками для подключе-  
ния программатора. В зависимости от  
конфигурации модуля на нём может  
присутствовать микросхема интер-  
фейса RS-232 или USB с необходимой  
обвязкой. Также на плате расположе-  
на печатная антенна или разъём BNC  
с согласующей схемой для подклю-  
чения внешней 50-омной антенны.  
Все цепи ввода/вывода имеют защи-  
ту от статического напряжения, цепь  
питания защищена от подключения  
напряжения обратной полярности.  
Конструктивно модули изготовлены в  
виде печатной платы с проволочными  
выводами. Это позволяет как устанавли-  
вать их непосредственно на печат-  
ную плату устройства, так и создавать  
законченные устройства на их базе без  
применения дополнительной печат-  
ной платы с внешними элементами.

Модули имеют цифровой интерфейс для управления и передачи данных с внешнего микроконтроллера или компьютера, а также четыре вывода, которые могут быть программно настроены как на ввод, так и на вывод цифровых данных. В состав модуля входит мультиплексированный 4-канальный 12-битный АЦП для оцифровки входных аналоговых сигналов (например, с подключенных аналоговых датчиков). Конфигурация модулей может производиться либо через встроенный цифровой интерфейс, либо по радиоканалу. Встроенный протокол передачи данных позволяет организовывать беспроводные сети типа «точка–точка», а также многоточечные сети с одним активным узлом (хостом) типа «звезда».

Модули могут работать на разных частотных каналах для исключения влияния внешних узкополосных помех; имеется мощная программная и аппаратная защита от коллизий. Модули характеризуются достаточно широким диапазоном питающего напряжения и малым потребляемым током в активном режиме. Также имеются режимы пониженного энергопотребления и программируемая настройка выходной мощности передатчика. Всё это позволяет применять модули в системах с автономным и батарейным питанием. Для питания модулей хорошо подходит дисковый аккумулятор типа CR2032. Предусмотрен дистанционный контроль напряжения батареи (используется один из каналов АЦП).

Конструкция модуля позволяет использовать его в широком диапазоне рабочих температур (–40...85°С). При размещении модуля в немагнитическом корпусе и неэкранирующей среде может быть использована модификация модуля со встроенной печатной антенной. Для передачи информации на большие расстояния и при необходимости выноса приёмопередающей антенны за пределы корпуса устройства необходимо применять модификацию модулей с разъёмом для подключения внешней антенны (с модулями поставляется несколько вариантов внешних антенн).

### ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АППАРАТНЫЙ ПРОТОКОЛ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Трансивер, используемый в модуле PWD-433, имеет уникальный аппаратный протокол передачи данных

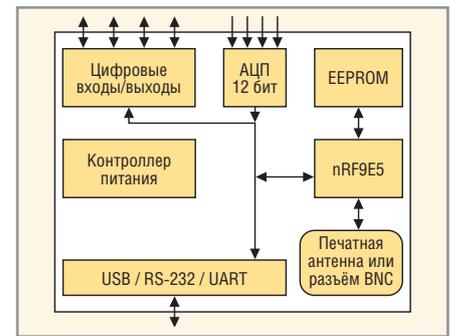


Рис. 3. Блок-схема беспроводного модуля PWD-433

ShockBurst™, который позволяет реализовывать беспроводной интерфейс, полностью снимая с встроенного микроконтроллера задачу организации протокола передачи данных по радиоканалу. Приёмопередатчик, поддерживающий этот протокол, в режиме передачи информации берёт на себя функции формирования пакетов данных, подсчёт контрольной суммы и автоматическую синхронизацию данных, поступающих с контроллера. По окончании передачи трансивер формирует сигнал прерывания для встроенного микроконтроллера. В режиме приёма трансивер автоматически проверяет совпадение контрольной суммы и адреса принятого пакета, и в случае успешного приёма также формирует сигнал прерывания для микроконтроллера. Последний в свою очередь может загрузить принятый пакет из FIFO-буфера трансивера. В буфер помещаются «чистые» данные: заголовок пакета, его адрес, флаги и контрольная сумма автоматически отбрасываются. Это позволяет максимально упростить разработку программы для микроконтроллера. Контроллер может передавать или получать данные из FIFO-буфера в любой момент работы трансивера: в режиме ожидания, пониженного энергопотребления, даже во время передачи пакета. Это позволяет разгрузить микроконтроллер, предоставляя ему время для обработки других задач.

В режиме двунаправленной связи принимающая сторона может посылать подтверждение приёма пакета (ACK) передающей стороне, что очень легко реализовать программно. Такой режим передачи данных позволяет организовать беспроводные сети типа «звезда» (рис. 4), где передача данных ведётся в рамках одного частотного канала. В такой сети имеется несколько передатчиков и один приёмник. Каждый передатчик (TX1-6) должен

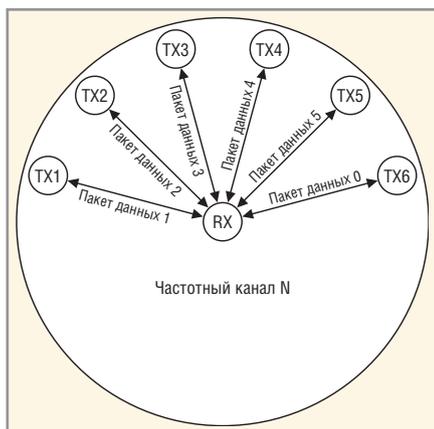


Рис. 4. Блок-схема беспроводной сети на модулях PWD-433

иметь уникальный 40-битный адрес, который посылается в каждом передаваемом пакете данных. Следует отметить, что названия «передатчик» и «приёмник» здесь условные. На самом деле устанавливается двунаправленная связь. «Передатчик» в нашем случае является инициатором обмена данными: в ответ на запрос «передатчика» от «приёмника» могут прийти какие-либо данные либо просто подтверждение приёма. Структура пакетов данных для протокола ShockBurst™ следующая. Каждый пакет начинается со стандартного однобайтного заголовка. За ним следует адрес пакета, который может иметь длину 3, 4 или 5 байт. В этом поле должен быть уникальный адрес принимающей сторо-

ны. Далее следуют полезные данные. Их размер может составлять от 1 до 32 байт. Пакет может дополняться 8- или 16-битной контрольной суммой, которая подсчитывается и добавляется трансивером автоматически, а при приёме пакета автоматически проверяется и затем отбрасывается.

Предполагаемая технология передачи данных следующая: анализируя адрес принятого пакета, приёмник распознаёт, от какого передатчика этот пакет пришёл. После приёма и идентификации пакета данных приёмник высылает пакет подтверждения приёма с таким же адресом, как и принятый пакет. Если передатчик не получает этого подтверждения, он посылает пакет данных повторно. Количество повторных попыток передачи пакета до принятия решения о потере связи можно менять программно.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества протокола ShockBurst™, используемого в модуле PWD-433:

- очень низкий усредненный ток потребления трансивера благодаря малому времени работы в режиме передачи, приёма и подтверждения получения данных. Благодаря использованию прерывания при приёме/передаче пакета, управляющий контроллер может большую часть времени находиться в режиме пониженного энергопотребления,

что также ведёт к минимизации тока, потребляемого устройством в целом;

- благодаря малому времени работы трансивера в режиме передачи/приёма, а также возможности простой реализации контроля потери пакетов, минимизируются коллизии при передаче данных по радиоканалу;
- с управляющего микроконтроллера снимается задача контроля передачи информации, поскольку весь протокол передачи данных реализован в трансивере аппаратно. Это значительно облегчает создание программы для контроллера.

### ПРОГРАММА ДЛЯ ВСТРОЕННОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Модули PWD-433 могут поставляться как с запрограммированным микроконтроллером, так и без программы. Стандартная «прошивка» для модуля PWD-433 обеспечивает программный интерфейс с модулем в режиме текстового терминала – это делает интерфейс простым и универсальным. С помощью текстовых команд можно сконфигурировать трансивер модуля, получить доступ к периферии (считывать показания АЦП, устанавливать режим работы портов общего назначения, считывать и устанавливать логические уровни напряжения на этих портах), а также устанавливать режим работы модуля, например, периодическую посылку данных АЦП по выбранному частотному каналу через заданные промежутки времени. Интерфейс модуля может служить не только для конфигурации, но и для приёма или передачи произвольных данных по радиоканалу. С целью увеличения пропускной способности, в этом режиме данные передаются через интерфейс модуля не в текстовом, а в бинарном виде.

Также есть возможность записи текущей конфигурации в EEPROM для того, чтобы модуль автоматически конфигурировался под поставленную задачу сразу после включения питания. Это позволяет в ряде случаев избавиться от применения каких-либо внешних контроллеров и делает модуль универсальным логически законченным автономным устройством.

Платформой для разработки программ для встроенного в модуль микроконтроллера может быть любой компилятор языка Си или Ассемблер для платформы 8051. Производитель од-

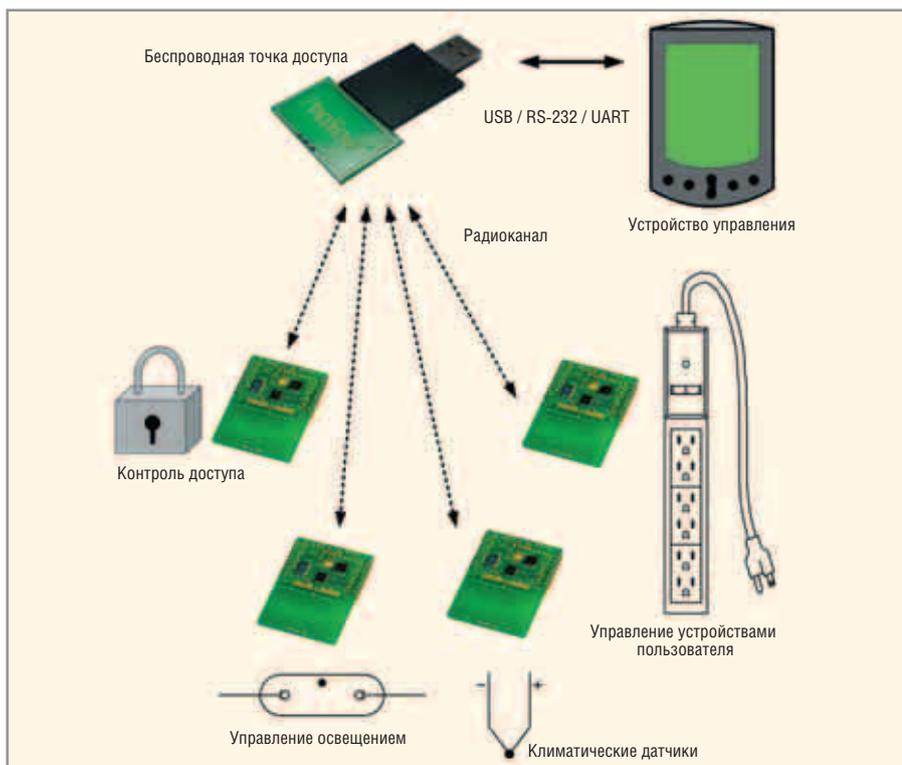


Рис. 5. Система «умный дом» на базе модулей PWD-433

нокристалльного трансивера со встроенным контроллером рекомендует использовать среду разработки от компании Keil Software (<http://www.keil.com>), в которую включена поддержка чипа nRF9E5. При включении питания модуля автоматически производится загрузка программы из встроенной EEPROM-памяти в микроконтроллер и её последующее исполнение (это обеспечивает встроенный в трансивер 512-байтный загрузчик). Для «зашивки» программы в микросхему EEPROM используются контакты для программирования, расположенные на плате модуля. Может быть использован любой JTAG-программатор, поддерживающий интерфейс MicroWire.

Как уже упоминалось, однокристалльный трансивер имеет аппаратную поддержку протокола передачи данных ShockBurst™, что позволяет практически полностью освободить микроконтроллер от задачи формирования пакетов, подсчёта и проверки контрольной суммы. Это значительно облегчает создание программного обеспечения для встроенного микроконтроллера. Кроме того, производитель модуля предоставляет примеры

исходных кодов программ встроенного микроконтроллера для типичных применений этого устройства.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Один из примеров применения беспроводных сетей, которые могут быть построены на основе описываемых продуктов, – система «умный дом» (рис. 5).

Подобная система, как правило, имеет общий пульт управления, например, карманный или портативный компьютер. Для реализации интерфейса пульта управления с конечными устройствами управления или контроля могут применяться модули беспроводной передачи данных PWD-433 на базе приёмопередатчиков компании Nordic Semiconductor. Таким образом, создаётся беспроводная сеть типа «звезда», где есть один ведущий узел (хост) и несколько ведомых узлов. С помощью такой системы можно осуществлять управление исполнительными устройствами и считывать показания электронных датчиков, входящих в её состав.

Существует ряд других задач, в которых без применения беспровод-

ных технологий передачи данных трудно обойтись, например, измерение динамических характеристик вращающейся детали в реальном режиме времени, активная радиочастотная идентификация движущихся объектов, дистанционное управление робототехническими системами, передача данных в условиях, где затруднена прокладка кабеля, и т.п.

Однокристалльные приёмопередатчики компании Nordic Semiconductor позволяют проектировать на их основе эффективные и надёжные системы беспроводной связи, а готовые модули PWD-433 на основе этих приёмопередатчиков могут исполнять роль как логически законченных устройств, так и быть частью разрабатываемого устройства, значительно упрощая конструирование радиочастотного приёмопередающего тракта.

На активно развивающемся рынке беспроводных технологий описанные продукты имеют бесспорное преимущество перед своими конкурентами благодаря компактности, универсальности и надёжности, а также сравнительно невысокой цене. ©

## Универсальные модули

для беспроводной связи в диапазоне 433 МГц

# PWD-433



### Применение модулей серии PWD-433:

- Автономные беспроводные датчики
- Системы дистанционного управления и контроля
- Беспроводные сети для передачи данных
- Системы «умный дом»
- Пожарная и охранная сигнализация

Вид антенны	Интерфейс UART	Интерфейс RS-232	Интерфейс USB
 Печатная антенна	PWD-433-PCB-URT	PWD-433-PCB-232	PWD-433-PCB-USB
 BNC разъём	PWD-433-BNC-URT	PWD-433-BNC-232	PWD-433-BNC-USB

**PROSOFT®**

ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 234-0636 • E-mail: [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru) • Web: [www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)