

# ПРОДУКЦИЯ КОМПАНИИ ATMEL ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ IEEE 802.15.4/ ZIGBEE/6LOWPAN

Беспроводные технологии все прочнее входят в нашу жизнь. Еще лет десять назад мобильный телефон считался роскошью, а сегодня мы не мыслим нашу жизнь без этого быстрого и удобного средства связи. Но беспроводные технологии не ограничиваются лишь средствами связи: в последнее время все большую популярность набирают концепция "умный дом", системы охраны на базе беспроводных датчиков, медицинское диагностическое оборудование с возможностью беспроводной передачи данных. Для облегчения создания подобных систем разработан стандарт беспроводной передачи данных ZigBee. О нем и о компонентах для его реализации от компании Atmel пойдет речь ниже.

## ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ZIGBEE

Спецификация ZigBee разработана на базе международного стандарта IEEE 802.15.4 для создания недорогих беспроводных сетей передачи небольших объемов данных с низким энергопотреблением. Области применения таких сетей:

- автоматизация зданий, где технология ZigBee используется для связи с датчиками температуры, влажности, освещения, вентиляции и т.д.;
- системы промышленного контроля, автоматизация производственных процессов;
- домашняя автоматизация и системы "Умный дом";
- диагностическое медицинское оборудование;
- системы охранной и пожарной безопасности;
- бытовая электроника и периферия персональных компьютеров.

Основная особенность технологии ZigBee заключается в том, что она при относительно невысоком энергопотреблении поддерживает не только простые топологии беспроводной связи ("точка-точка" и "звезда"), но и сложные беспроводные сети с ячеистой топологией с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений ("mesh-сети") (рис.1). При этом ZigBee-сети способны к "самонастрой-

ке" при отключении отдельных узлов (например, если разрядился аккумулятор).

Стандарт IEEE 802.15.4 предусматривает использование 16 каналов в диапазоне 2,4 ГГц, 10 каналов в диапазоне 915 МГц (для США) и один канал в полосе 868 МГц (для Европы) в соответствии с нелицензируемыми частотными диапазонами, принятыми в разных странах. Скорость передачи данных между устройствами зависит от числа занятых каналов и составляет от 20 до 250 кбит/с. Кроме упрощенной 16-битной адресации, возможна расширенная 64-битная, позволяющая размещать в одной сети до 65 тыс. устройств. Заявленная дальность связи между двумя устройствами – до 75 м, но, учитывая, что данные в ZigBee-сетях могут передаваться по цепочке устройств, это не является препятствием для развертывания сети на больших площадях. В сети могут работать устройства различного функционального назначения. В частности, координатор сети способен управлять работой сетей разной топологии, хранить данные об их структуре (т. е. имеет достаточный объем памяти) и в некоторых случаях служить мостом в сети другого рода. Ретранслятор сети просто принимает и передает данные (в том числе и чужие, по цепочке). Имеется также и обычный приемопередатчик, способный только переговариваться с координатором.

Все беспроводные стандарты последних версий обладают свойством автоматически выбирать несущую частоту в своем рабочем диапазоне, которая обеспечивает им наилучшее функционирование. Для систем, работающих в полосе 2,4 ГГц, это особенно важно, так как они должны быть устойчивы к помехам, например от микроволновых печей, использующих тот же диапазон. Необходима также корректная работа сетей IEEE 802.11 и Bluetooth.

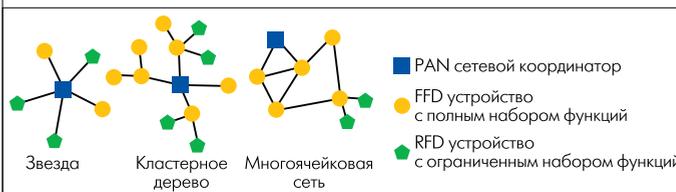
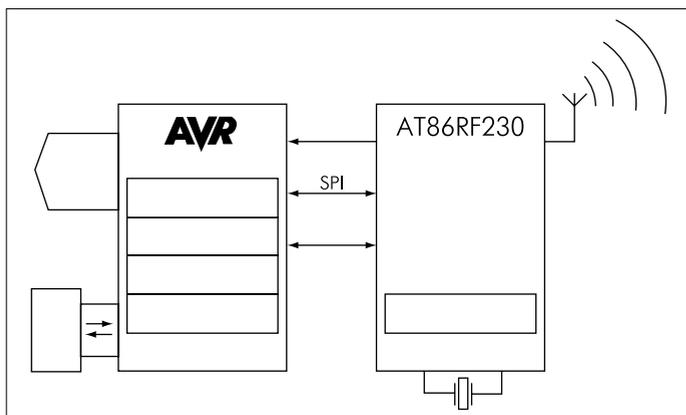
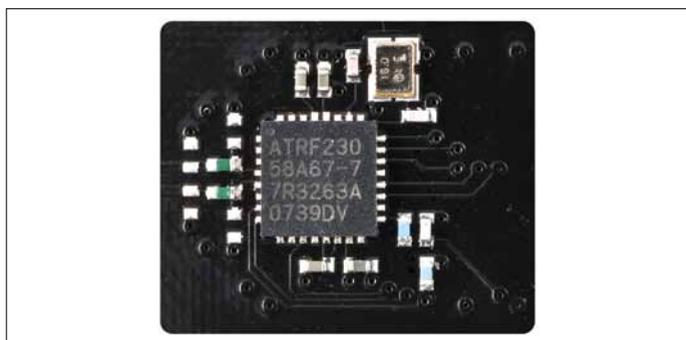


Рис. 1. Различные топологии сетей ZigBee

Б.Сидоренко  
sby@rtcs.ru



**Рис.2. Блок схема базового решения Atmel для сетей IEEE 802.15.4/ZigBee**



**Рис.3. Типовая схема применения AT86RF230**

Помимо ZigBee существуют и другие типы сетей, основанные на стандарте IEEE 802.15.4. Например, 6LoWPAN или RF4CE.

Стандарт 6LoWPAN был разработан для осуществления передачи данных по протоколу IPv6 поверх маломощных беспроводных персональных сетей стандарта IEEE802.15.4. Основной целью разработки было обеспечить взаимодействие беспроводных персональных сетей IEEE 802.15.4 с широко распространенными сетями IP, в том числе и для доступа в Интернет. Сеть 6LoWPAN ориентируется на приложения, которые требуют беспроводного подключения к Интернету с низкой скоростью передачи данных для устройств с ограниченными возможностями по производительности и мощности.

Стандарт RF4CE – новый стандарт управления потребительской электроникой на базе беспроводной технологии, продукт консорциума крупнейших производителей бытовой электроники (Panasonic, Philips, Samsung, Sony). Он, как и ZigBee, является программной надстройкой над стандартом 802.15.4. По сравнению с традиционными ИК-пультами новая технология обеспечивает множество преимуществ, основные из которых – отсутствие необходимости прямой видимости между пультом и приемником и возможность двухстороннего обмена данными.

Многие современные устройства для сетей ZigBee поддерживают также стандарты 6LoWPAN и RF4CE, что дает разработчикам новые возможности для проектирования конечного продукта.

Корпорация Atmel предлагает полнофункциональные 802.15.4/ZigBee решения с поддержкой 6LoWPAN и RF4CE – семейство MCU Wireless (AVR Z-link), базирующееся на AVR-микроконтроллерах и PC-приемопередатчиках собственной разработки.

### **СЕМЕЙСТВО ПРОДУКЦИИ ATMEL ДЛЯ СЕТЕЙ ZIGBEE – MCU WIRELESS (AVR Z-LINK)**

С 2006 года базовым решением компании Atmel для сетей IEEE 802.15.4/ZigBee является комбинация PC-приемопередатчика AT86RF230 и AVR-микроконтроллера (рис.2). Такое устройство отличается низкой суммарной потребляемой мощностью и высокой чувствительностью (-101 дБм), работает на частоте 2,4 ГГц и полностью совместимо со стандартом IEEE 802.15.4 и его надстройками – ZigBee, 6LoWPAN и RF4CE.

AT86RF230 – микрopotребляющий приемопередатчик, работает в диапазоне 2,4 ГГц, предназначен для решений ZigBee/IEEE802.15.4 нижнего ценового диапазона. Это полнофункциональное решение для передачи данных с последовательного интерфейса SPI на антенну. Все компоненты, необходимые для работы PC-приемопередатчика, за исключением антенны, кварцевого резонатора и блокировочных конденсаторов, интегрированы в микросхему (рис.3), что снижает стоимость комплектации конечного устройства.

Чувствительность приемника микросхемы AT86RF230 составляет -101 дБм при мощности передачи до 3 дБм, при этом суммарный обеспечиваемый бюджет канала связи 104 дБм. Высокая чувствительность достигается без применения внешних усилителей, что позволяет решить задачу меньшим количеством внешних компонентов. Ток потребления приемопередатчика при рабочем напряжении 1,8 В 16,5 мА в режиме передачи на максимальной мощности, 15,5 мА – в режиме приема, и 20 нА – в спящем режиме. Подобные характеристики позволяют конечному устройству на базе AT86RF230 работать несколько лет от одного комплекта батарей.

Приемопередатчик AT86RF230 выпускается в компактном 32-выводном корпусе QFN размером 5x5 мм, который экономит место на плате конечного устройства (рис.4).

Устройства Atmel 802.15.4/ZigBee/6LoWPAN поддерживаются семейством микроконтроллеров Atmel AVR 8-бит



**Рис.4. AT86RF230 в компактном корпусе QFN32 размером 5x5 мм**

**Таблица 1. Характеристики стандартных комплектов ZigBee корпорации Atmel**

Наименование	Микроконтроллер AVR	Приемопередатчик	Флеш-память, Кбайт	EEPROM, байт	RAM, байт	ISM Частота, МГц	Максимальная скорость передачи данных, Кбит/с	Чувствительность, дБм	Выходная мощность, дБм	Напряжение питания, В	Тактовая частота микроконтроллера, Мгц	Корпус микроконтроллера
AT86RF230	–	AT86RF230	–	–	–	2400	250	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	–	QFN32
ATmega64RZA	ATmega644	AT86RF230	64	2К	4К	2400	250	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	10	TQFP44, QFN44
ATmega64RZAP	ATmega644P	AT86RF230	64	2К	4К	2400	250	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	10	TQFP44, QFN44
ATmega1284RZAP	ATmega1284P	AT86RF230	128	4К	16К	2400	250	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	20	TQFP44, QFN44
ATmega128RZA	ATmega1281	AT86RF230	128	4К	8К	2400	250	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	8	TQFP64, QFN64
ATmega128RZB	ATmega1280	AT86RF230	128	4К	8К	2400	250	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	8	TQFP100, CBGA100
ATmega256RZA	ATmega2561	AT86RF230	256	4К	8К	2400	250	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	8	TQFP64, QFN64
ATmega256RZB	ATmega2560	AT86RF230	256	4К	8К	2400	250	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	8	TQFP100, CBGA100
AT86RF231	–	AT86RF231	–	–	–	2400	2000	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	–	QFN32
ATmega644PR231	ATmega644P	AT86RF231	64	2К	4К	2400	2000	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	10	TQFP44, QFN44
ATmega1280R231	ATmega1280	AT86RF231	128	4К	8К	2400	2000	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	8	TQFP100, CBGA100
ATmega1281R231	ATmega1281	AT86RF231	128	4К	8К	2400	2000	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	8	TQFP64, QFN64
ATmega1284PR231	ATmega1284P	AT86RF231	128	4К	16К	2400	2000	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	20	TQFP44, QFN44
ATmega2560R231	ATmega2560	AT86RF231	256	4К	8К	2400	2000	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	8	TQFP100, CBGA100
ATmega2561R231	ATmega2561	AT86RF231	256	4К	8К	2400	2000	-101	от -17 до 3	1,8-3,6	8	TQFP64, QFN64
AT86RF212	–	AT86RF212	–	–	–	700/800/900	1000	-110	от -10 до 10	1,8-3,6	–	QFN32
ATmega644PR212	ATmega644P	AT86RF212	64	2К	4К	700/800/900	1000	-110	от -10 до 10	1,8-3,6	10	TQFP44, QFN44
ATmega1280R212	ATmega1280	AT86RF212	128	4К	8К	700/800/900	1000	-110	от -10 до 10	1,8-3,6	8	TQFP100, CBGA100
ATmega1281R212	ATmega1281	AT86RF212	128	4К	8К	700/800/900	1000	-110	от -10 до 10	1,8-3,6	8	TQFP64, QFN64
ATmega1284PR212	ATmega1284P	AT86RF212	128	4К	16К	700/800/900	1000	-110	от -10 до 10	1,8-3,6	20	TQFP44, QFN44
ATmega2560R212	ATmega2560	AT86RF212	256	4К	8К	700/800/900	1000	-110	от -10 до 10	1,8-3,6	8	TQFP100, CBGA100
ATmega2561R212	ATmega2561	AT86RF212	256	4К	8К	700/800/900	1000	-110	от -10 до 10	1,8-3,6	8	TQFP64, QFN64

RISC с объемом интегрированной флеш-памяти от 32 до 256 Кбайт. Существующие приложения AVR могут быть преобразованы в формат 802.15.4 путем переноса необходимого кода в микроконтроллер AVR с большей флеш-памятью с целью возможности размещения в ней кода MAC-уровня (Medium Access Control) и кода уровня обеспечения безопасности.

Технические характеристики стандартных комплектов AVR-микроконтроллеров и AT86RF230 приведены в табл.1.

Однако следует отметить, что выбор микроконтроллеров, применяемых совместно с PC-приемопередатчиком, не ограничивается перечисленными базовыми комплектами. Компания Atmel регулярно выпускает на рынок новые модели AVR-микроконтроллеров с различным функционалом, снижая их энергопотребление и повышая производительность. Учитывая, что все микроконтроллеры AVR совместимы по коду, переход на более новые модели не требует переработки программного обеспечения.

**Таблица 2. Особенности AT86RF231**

Особенности	Описание
Уникальные РЧ-характеристики	Чувствительность приемника 101 дБм Выходная мощность +3 дБ (программируется в диапазоне -17...+3 дБм)
Малый потребляемый ток	В спящем режиме 20 нА В режиме приема 13,2 мА В режиме передачи 14,3 мА
Функция выбора оптимальной антенны (Antenna diversity)	Данная функция позволяет использовать две антенны и поддерживает автоматический выбор той, которая обеспечивает наиболее надежное РЧ-соединение
Криптографический модуль AES-128	В трансивер интегрирован криптографический модуль защиты данных AES, что улучшает общесистемную экономичность и временные характеристики при шифровании передаваемых данных. Доступ к автономному 128-битному AES-модулю возможен через интерфейс SPI в любой момент, независимо от выполняемых на физическом уровне транзакций и текущего состояния (кроме состояния SLEEP)
Высокая скорость передачи данных	Поддерживаются режимы 500 кбит/с, 1 Мбит/с, 2 Мбит/с
Управление внешним усилителем мощности	В некоторых случаях необходимо повысить выходную РЧ-мощность устройств, совместимых с IEEE 802.15.4. При этом, нужно, чтобы их стоимость и энергопотребление оставались низкими. Чтобы упростить управление внешним опциональным РЧ-трактом, у AT86RF231 предусмотрены дифференциальные выводы сигнализации нахождения ИС в режиме передачи

### РАЗВИТИЕ СЕМЕЙСТВА MCU WIRELESS (AVR Z-LINK)

В середине 2008 года компания Atmel сообщила о выпуске нового приемопередатчика AT86RF231, совместимого с ZigBee/IEEE 802.15.4, который предназначен для высокоскоростной беспроводной передачи данных в диапазоне частот ISM 2,4 ГГц. Новый приемопередатчик ориентирован на потребительские и промышленные применения, требующие высоких скоростей передачи данных. Он является полной pin-to-pin заменой трансивера AT86RF230, что позволяет улучшить функциональность существующих систем без принципиальной переработки.

Приемопередатчик AT86RF231 разработан для широкого диапазона конечных беспроводных применений – от простейших соединений типа "точка-точка" до продвинутых сетей, соответствующих стандартам IEEE 802.15.4 и ZigBee или 6LoWPAN.

Новый AT86RF231, как и AT86RF230, интегрирует все необходимые элементы, за исключением самой антенны, кварцевого резонатора и нескольких конденсаторов. Однако он имеет также и ряд отличительных особенностей (табл.2) и превосходит аналоги по многим показателям (табл.3). Так, у него понижено энергопотребление и добавлены новые функции, дающие разработчику большую свободу при проектировании беспроводных систем.

В качестве примера энергопотребления рассмотрим датчик температуры для ЖКХ на базе приемопередатчика AT86RF231 и нового компактного (44 вывода) AVR-микроконтроллера Atmega1284P, выполненного с применением фирменной энергосберегающей технологии компании Atmel picoPower. Суммарный ток потребления системы в спящем режиме с активным счетчиком реального времени составляет менее 600 нА, в режиме передачи – около 20 мА. При контроле температуры каждые 30 с время работы датчика сможет работать более восьми лет от одного литий-ионного аккумулятора формата AA.

Для того чтобы удовлетворить требования различных беспроводных применений, у AT86RF231 предусмотрена поддержка нескольких скоростей передачи. Поддерживаемые ИС режимы передачи на скоростях 20/40 кбит/с и 100/250 кбит/с совместимы со стандартом IEEE 802.15.4-2006. Кроме того, имеется возможность передачи на еще более высоких скоростях (500/1000/2000 кбит/с).

В ИС приемопередатчика интегрирован 128-битный ускоритель AES-шифрования/дешифрования. Это позволяет разгрузить управляющий микроконтроллер и улучшена энергоэффективность систем, использующих защищенную передачу данных. Доступ к 128-битному AES-ускорителю организован через интерфейс SPI и возможен в любой момент, независимо от выполняемых трансивером действий. Для получения завершеного решения Atmel рекомендует дополнять их трансиверы микроконтроллером (см. табл.1)

**Таблица 3. Сравнение приемопередатчика AT86RF231 с аналогами**

Характеристика	AT86RF231	AT86RF230	TI/CC2420	ST250	MC1320x
Диапазон напряжений	1,8–3,6 В	1,8–3,6 В	2,1–3,6 В	2,1–3,6 В	2,0–3,4 В
Чувствительность	-101 дБм	-101 дБм	-95 дБм	-97,5 дБм	-92 дБм
Выходная мощность	+3 дБм	+3 дБм	0 дБм	+3 дБм	+3 дБм
Потребляемый ток в режиме сна	0,02 мкА	0,02 мкА	20 мкА	1 мкА	1 мкА
Потребляемый ток в режиме приема	13,2 мА	15,5 мА	18,8 мА	35,5 мА	42 мА
Потребляемый ток в режиме передачи	14,3 мА	16,5 мА	17,4 мА	35,5 мА	35 мА
Функция выбора оптимальной антенны	Есть	Нет	Нет	Нет	Нет
Аппаратный ускоритель AES-128	Есть	Нет	Есть	Есть	Нет
Макс. скорость	2 Мбит/с	250 кбит/с	250 кбит/с	250 кбит/с	250 кбит/с

**Таблица 4. Зависимость дальности передачи информации от режимов работы приемопередатчика AT86RF212**

Характеристика	AT86RF212					Единица измерения
	915	915	868	915	868	
Рабочая частота	915	915	868	915	868	МГц
Мощность передатчика	+5	+5/+10	+5	+5/+10	+5	дБм
Метод модуляции	O-QPSK	O-QPSK	O-QPSK	BPSK	BPSK	
Скорость передачи данных	1000	250	100	40	20	кбит/с
Чувствительность приемника	-94	-101	-101	-108	-110	дБм
Бюджет канала связи	99	106/111	106	113/118	115	дБ
Дальность передачи на открытой местности	2,3	5,2/9,3	5,5	11,7/20,8	15,5	км

**Таблица 5. Особенности приемопередатчика AT86RF212**

Особенности	Описание
Гибкий выбор частот	Китайский диапазон WPAN 779–787 МГц Европейский диапазон SRD 863–870 МГц Северо-американский диапазон ISM 902–928 МГц
Гибкий выбор скоростей передачи данных	BPSK 20 и 40 кбит/с, IEEE 802.15.4-2006 O-QPSK 100 и 250 кбит/с, IEEE 802.15.4-2006 O-QPSK 250 кбит/с, IEEE 802.15.4c/D3 (Китай) O-QPSK 200, 400, 500 и 1000 кбит/с (PSDU)
Уникальные РЧ-характеристики	Чувствительность приемника до -110дБм Выходная мощность передатчика до +10дБм (программируется в диапазоне -10...+10 дБм)
Малый потребляемый ток	0,2 мкА в режиме SLEEP 0,4 мА с отключенным передатчиком 9,0 мА во время приема 17 мА во время передачи с выходной мощностью 5 дБм
Низковольтное питание	1,8–3,6 В
Встроенный аппаратный ускоритель шифрования	128-битный аппаратный ускоритель шифрования AES (режимы ECB и CBC)
Малая стоимость комплектации	Встроенный ключ "прием/передача" Встроенный маломощный усилитель Малое число внешних компонентов (антенна, кварцевый резонатор и блокировочные конденсаторы)
Управление внешним усилителем мощности	В некоторых случаях необходимо повышение выходной РЧ-мощности IEEE 802.15.4-совместимых устройств, при этом, нужно, чтобы их стоимость и энергопотребление все также оставались на низком уровне. Чтобы упростить управление внешним опциональным РЧ-трактом, у AT86RF212 предусмотрены дифференциальные выводы сигнализации нахождения ИС в режиме передачи

**Таблица 6. Сравнение приемопередатчика AT86RF212 с аналогом ZMD44101**

Характеристика	AT86RF212	ZMD44101
Напряжение питания	1,8В–3,6 В	2,2–2,7 В
Чувствительность приемника	-110 дБм	-100 дБм
Выходная мощность	10 дБм	3 дБм
Ток потребления в режиме Sleep	0,2 мкА	2 мкА
Ток потребления RX	9 мА	28 мА
Ток потребления TX	17 мА	32 мА
Аппаратный ускоритель AES-128	Да	Нет
Макс. скорость	1 Мбит/с	40 кбит/с

из семейства AVR, которые характеризуются важными для маломощных РЧ-применений особенностями: высокая вычислительная мощность и малое энергопотребление.

Месяцем позже, в июне 2008 года, компания Atmel сообщила о выпуске нового IEEE 802.15.4-совместимого РЧ-трансивера диапазона 800/900 МГц AT86RF212, предназначенного для устройств беспроводной передачи данных малой мощности, в том числе выполненных по стандарту ZigBee и 6LoWPAN. А с конца февраля 2009 года в трансивер AT86RF212 интегрирована поддержка работы в китайском диапазоне WPAN 779–787 МГц.

AT86RF212 характеризуется лучшими в промышленности РЧ-характеристиками: суммарный бюджет канала связи может достигать 120 дБ при работе в ISM-диапазонах 700/800/900 МГц, используемых в Китае, Европе и Северной Америке, соответственно. Данный бюджет образован чувствительностью тракта приема -110 дБм и максимальной выходной мощностью передатчика +10 дБм. Столь высокий бюджет канала связи в сочетании с более низкими потерями в трактах обработки РЧ-сигналов 700/800/900 МГц позволят повысить дальность беспроводной связи без использования дополнительного внешнего маломощного усилителя или усилителя мощности. Более того, так как дальность связи зависит от многих параметров, в том числе скорости передачи данных, чувствительности приемника и мощности передатчика, варьируя эти составляющие, можно добиться огромной дальности – до 15–20 км на открытой местности (табл.4).

Особенности приемопередатчика AT86RF212 представлены в табл.5.

AT86RF212 в данный момент единственное устройство на рынке, поддерживающее РЧ-диапазон 700/800/900 МГц и соответствующее стандарту IEEE 802.15.4. По этому параметру у него нет конкурентов. Сравнение с аналогом ZMD44101 приведено в табл.6.

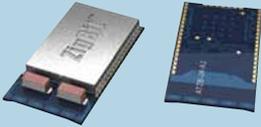
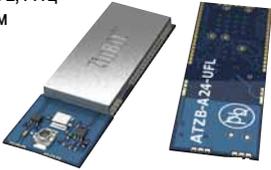
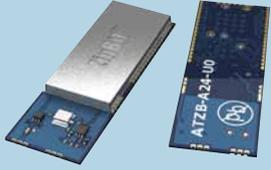
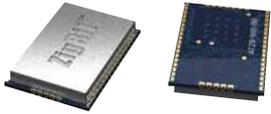
Как и приемопередатчик AT86RF230, микросхемы Atmel семейства MCU Wireless (AVR Z-link) AT86RF231 и AT86RF212 доступны в компактном 32-выводном корпусе QFN размером 5×5 мм.

### МОДУЛИ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ ZIGBIT

В феврале 2009 года компания Atmel приобрела права на программное обеспечение (стек) BitCloud™ ZigBee PRO и серию модулей беспроводной связи ZigBit компании MeshNetics. В течение пяти месяцев компания MeshNetics реализовывала модули ZigBit через дилерскую сеть, но с конца июня 2009 года данное семейство окончательно вошло в состав семейства продуктов компании Atmel для сетей ZigBee – MCU Wireless (AVR Z-link). В настоящее время модули доступны для заказа у официальных дистрибьюторов Atmel.

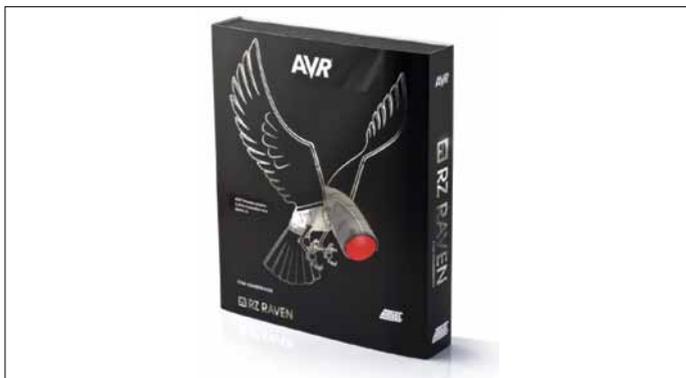


**Таблица 7. Особенности и преимущества ZigBit-модулей корпорации Atmel**

ZigBit-модуль	Особенности	Преимущества
ATZB-24-B0 2,4 ГГц Симметричный PC-выход 	Бюджет канала связи – 104 дБм Ток потребления в режиме Sleep – 6 мкА Ток потребления в режиме RX – 19 мА Ток потребления в режиме TX – 18 мА Напряжение питания – 1,8–3,6 В Размер корпуса – 13,5 мм×18,8 мм FCC, CE, ARIB сертификаты	Большой диапазон и устойчивое беспроводное соединение Большой срок службы от батарей Компактный дизайн Простота интеграций и возможность быстрого вывода на рынок
ATZB-24-A2 2,4 ГГц Двойная чип-антенна 	Бюджет канала связи – 104 дБм Ток потребления в режиме Sleep – 6 мкА Ток потребления в режиме RX – 19 мА Ток потребления в режиме TX – 18 мА Напряжение питания – 1,8–3,6 В Размер корпуса – 13,5 мм×24 мм FCC, CE, ARIB сертификаты	Большой диапазон и устойчивое беспроводное соединение Большой срок службы от батарей Компактный дизайн Простота интеграции и возможность быстрого выво- да на рынок
ATZB-A24-UFL Усиленный 2,4 ГГц UFL-разъем 	Бюджет канала связи – 124 дБм Ток потребления в режиме Sleep – 6 мкА Ток потребления в режиме RX – 23 мА Ток потребления в режиме TX – 90 мА Напряжение питания – 1,8–3,6 В Размер корпуса – 13,5 мм×38,0 мм	Расширенный диапазон и устойчивое беспроводное соединение Компактный дизайн Простота интеграции и не большой срок выхода на рынок
ATZB-A24-U0 Усиленный 2,4 ГГц Несимметричный PC-выход 	Бюджет канала связи – 124 дБм Ток потребления в режиме Sleep – 6 мкА Ток потребления в режиме RX – 23 мА Ток потребления в режиме TX – 90 мА Напряжение питания – 1,8–3,6 В Размер корпуса – 13,5 мм×38,0 мм	Расширенный диапазон и устойчивое беспроводное соединение Компактный дизайн Простота интеграции и не большой срок выхода на рынок
ATZB-900-B0 779–787 МГц Китай 863–870 МГц Европа 902–928 МГц США Симметричный PC-выход 	Бюджет канала связи – 120 дБм Ток потребления в режиме Sleep – 6 мкА Ток потребления в режиме RX – 11 мА Ток потребления в режиме TX – 26 мА Напряжение питания – 1,8–3,6В Максимальная скорость передачи данных – 1000 Кбит/с Размер корпуса – 13,5 мм×18,8 мм	Широкий выбор режимов работы и устойчивое беспроводное соединение Большой срок службы от батарей Компактный дизайн Высокая скорость передачи данных Простота интеграции и не большой срок выхода на рынок

**Таблица 8. Сравнение модулей ZigBit с аналогами**

Компания	Диапазон на- пряжений, В	Частота, МГц	Габариты, мм	Бюджет канала связи, дБм	Ток потребления в режиме приема, мА	Ток потребления в ре- жиме передачи, мА
Atmel 2,4 ГГц	1,8–3,6	2400	18,8×13,5	104	19	18
Digi/Max XBee	2,8–3,4	2400	27,6×24,4	92	50	45
Jennic 5139-xxx-M00/01/03	2,7–3,6	2400	30,0×18,0	98,5	37	37
Telegesis ETRX2	2,1–3,6	2400	37,5×20,5	101	35	28
Radiocrafts RC230x	2,0–3,6	2400	25,4×12,7	92	27	27
RFM/Cirronet ZMN2430	3,3–5,5	2400	25×20,3	92	27	28
Atmel усиленный 2,4 ГГц	1,8–3,6	2400	38,0×13,5	124	23	90
Digi/Max XBee-PRO	2,8–3,4	2400	32,9×24,4	118	55	215
Jennic 5139-xxx-M02/04	2,7–3,6	2400	41×18	119	45	125
Telegesis ETRX2-PA	2,7–3,5	2400	37,5×20,5	114	37	130
RFM/Cirronet ZMN2430HP	3,3–5,5	2400	30,4×20,3	110	33	130
Atmel 900 МГц	1,8–3,6	700/800/900	18,8×13,5	120	11	26
Нет конкурентов	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



**Рис.5. Отладочный комплект AVR RZ Raven**

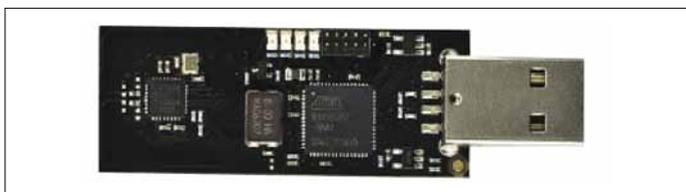
Модули ZigBit (табл.7, 8) являются законченными решениями, сертифицированными и протестированными производителем. Следовательно, их применение в конечном продукте с небольшим или средним объемом производства сокращает время и издержки на разработку.

Модули ZigBit выполнены на основе микроконтроллера ATmega1281 и трансивера AT86RF230. Они поддерживают множество применений беспроводной связи в используемом по всему миру ISM-диапазоне 2,4 ГГц. Увеличить дальность связи и улучшить проникновение сквозь стены помогает модуль, выполненный на основе микроконтроллера ATmega1281 и трансивера AT86RF212, который поддерживает региональные ISM-диапазоны 700/800/900 МГц Китая, Европы и США, соответственно.

Помимо прочего, модули ZigBit могут использоваться как опорные разработки или оценочные платы для приемопередатчиков AT86RF230 и AT86RF212 при создании собственных ZigBee-устройств.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОТЛАДОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Чтобы помочь разработчикам в проектировании устройств для беспроводных сетей компания Atmel подготовила и



**Рис.6. USB-модуль RZ USB stick**



**Рис.7. ЖКИ-модуль Raven**

бесплатно предлагает рекомендации по применению и примеры кодов программ для AT86RF230, AT86RF231 и AT86RF212 (<http://www.atmel.com/wireless>). К их числу относятся драйверы низкого уровня для управления поведением приемопередатчиков; программа, реализующая сетевой уровень по стандарту IEEE 802.15.4 для совместимых с этим стандартом решений; а также полнофункциональный протокольный стек второго поколения BitCloud™ ZigBee PRO (<http://www.atmel.com/BitCloud>), упомянутый выше, и программное обеспечение для сетей 6LoWPAN (<http://www.atmel.com/6LoWPAN>).

Семейство MCU Wireless (AVR Z-link) как и многие другие продукты компании Atmel поддерживается широким набором аппаратных средств разработки.

В рамках данной статьи рассмотрим универсальный недорогой оценочный и отладочный комплект AVR RZ Raven (ATAVRRZRAVEN) (рис.5). Он появился на рынке во втором квартале 2008 года и является оптимальным по соотношению "цена – качество".

Комплект применим в качестве платформы для разработки IEEE802.15.4-, ZigBee-, 6LoWPAN-совместимых устройств беспроводной связи и представляет собой уникальную готовую платформу для проектирования устройств, рассчитанных на маломощные беспроводные системы, работающие в частотном диапазоне ISM 2,4 МГц.

Комплект состоит из трех плат: USB-модуль RZ USB stick (ATAVRRZUSBSTICK) с приемопередатчиком 2,4 ГГц AT86RF230 (рис.6), микроконтроллером USB AVR (AT90USB1287) и портом USB для подключения к ПК; и два ЖКИ-модуля Raven (ATAVRRRAVEN) с установленными на них микроконтроллерами picoPower AVR (ATmega1284P и ATmega3290P), приемопередатчиком 2,4 ГГц (AT86RF230) и специализированным ЖКИ (рис.7). Все составные части комплекта также можно приобрести отдельно.

Плату Raven можно использовать, как многофункциональный узел сети беспроводной связи с графическим пользовательским интерфейсом на основе ЖКИ. На плате установлены два микроконтроллера AVR picoPower: ATmega1284P – для управления протоколом PC-связи и ATmega3290P – для управления дисплеем и пользовательскими интерфейсами. На плате Raven имеется специализированный сегментный ЖКИ, 5-позиционный джойстик, микрофон и динамик. Для разработки приложений служат: графический пользовательский интерфейс; коммуникационные порты; разъем, подключенный к выводам ATmega1284P; встроенный датчик температуры; датчик напряжения; драйвер реле; загрузчик кода программы и разъем внутрисистемного программирования.

USB-модуль можно использовать в качестве шлюза между ПК и сетью беспроводной связи или в качестве аппаратной платформы для анализа протокола беспроводной



связи. Адаптер выполнен на основе AVR-микроконтроллера AT90USB1287 и трансивера AT86RF230.

Поставляемая в комплекте набора программа содержит драйверы низкого уровня и прикладные подпрограммы для организации простой связи типа "точка-точка", реализации IEEE 802.15.4-совместимых решений и более сложных устройств на основе стандартов ZigBee, 6LoWPAN и RF4CE. Обновляемые исходный код, библиотеки и документацию можно скачать с веб-сайта Atmel. Также имеются программа для ПК, в том числе демонстрационная и управляющая программа для настройки, конфигурации и управления сетями беспроводной связи. Ключевые особенности программы: анализатор протокола беспроводной связи и беспроводное обновление (технология Over-The-Air или OTA).

ИС AT86RF230 обладает отличными РЧ-характеристиками: при суммарном бюджете канала 104 дБ дальность связи в три раза превосходит конкурирующие решения. При использовании печатной антенны с большим коэффициентом передачи плата AVR Raven способна передавать данные на расстоянии до 700 м в зоне прямой видимости.

Платы Raven и RZ USB stick имеют сертификаты соответствия требованиям FCC и ETSI.

Как показывает сравнение с аналогами, компания Atmel предлагает одно из самых удачных решений для сетей IEEE 802.15.4/ZigBee/6LoWPAN на данный момент. Семейство MCU Wireless (AVR Z-Link) включает в себя как микросхемы приемопередатчиков и AVR микроконтроллеров с лучшими характеристиками в своем классе (энергопотребление, бюджет канала связи, радиус действия), так и готовые беспроводные модули ZigBit на их основе, позволяющие сэкономить время и средства при проектировании. Продукция Atmel поддерживается недорогими универсальными отладочными средствами и бесплатным программным обеспечением, необходимым для проектирования и поддержки беспроводных сетей IEEE 802.15.4/ZigBee/6LoWPAN. Это сокращает время разработки конечного решения и позволяет в кратчайшие сроки выпустить на рынок продукт, превосходящий по характеристикам конкурентные предложения.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

[www.atmel.com](http://www.atmel.com)

Периодические сводки Atmel для представителей и дистрибьюторов.

[www.rtcs.ru](http://www.rtcs.ru)