

Решения ON Semiconductor для построения беспроводных систем диапазона до 1 ГГц

Виктор ЧИСТЯКОВ

В современном мире беспроводные системы цифровой радиосвязи находят все более широкое применение, а сетевые технологии являются одной из составляющих новой технологической революции. Беспроводные офисные, производственные и домашние сети сегодня можно встретить повсюду. Интернет стал телекоммуникационной основой для человеческой цивилизации и во многом опирается на беспроводные технологии как для высокоскоростных каналов связи, так и для выхода отдельных устройств в сеть. Сетевая архитектура и беспроводные каналы связи способны обеспечивать транспортировку данных во все уголки планеты.

Современные полупроводниковые компоненты, стандарты и системы связи обеспечивают простое и удобное соединение для взаимодействующих между собой и подключающихся к сети домашних и офисных устройств, компонентов промышленной автоматизации и датчиков транспортных средств.

В модельном ассортименте компании ON Semiconductor есть ряд интересных микросхем в виде интегральных трансиверов и радиочастотных контроллеров (ПК), позволяющих объединять между собой и через Интернет различные средства и системы, включая экономичные устройства с батарейным питанием.

Обзор целевого рынка, быстро развивающийся «Интернет вещей»

Радиочастотный спектр в диапазоне до 1 ГГц остается привлекательным для устройств ближнего радиуса действия с экономичным режимом потребления энергии, в частности для устройств с автономным питанием.

Беспроводные системы ближнего радиуса действия, обеспечивающие двунаправленную радиосвязь, могут использоваться во многих сферах деятельности. К типичным областям применения относятся: дистанционный контроль производственной и бытовой автоматизации; беспроводные датчики; бесконтактные замки и системы удаленного запуска в автомобилях; системы сигнализации; расширенное беспроводное управление аудио- и видеотехникой.

Особый интерес вызывает технология, которую мы называем сегодня «Интернет ве-

щей» (ИВ). Основы ИВ (Internet of Things, IoT) начали закладываться в конце прошлого века, с помощью средств радиочастотной идентификации (RFID) для отдельных объектов. А в 1999 году известный футуролог Кевин Эштон (Kevin Ashton) впервые использовал этот термин и предсказал наступление эры, когда обычные домашние устройства станут до такой степени автоматизированными, что самостоятельно смогут выходить в Интернет, передавая данные или обмениваясь ими для координации своей работы (рис. 1).

Концепция «Интернет вещей» появилась для того, чтобы отразить лавинообразный рост количества интеллектуальных, поддерживающих сетевые функции изделий и отметить вновь возникающие при этом возможности.

Для производственных компаний последствия развития данной технологии имеют огромное значение. Она обещает новые, быстро растущие рынки сбыта, новые возможности в сфере промышленной, офисной, домашней автоматизации, в ЖКХ. ИВ помогает усовершенствовать подобные системы, упрощает удаленное управление объектами в них. Концепция ИВ позволяет преобразить

давно известные вещи, наполнить их новыми функциями и возможностями, открывает новые перспективы в создании ранее невиданных персональных умных устройств.

Ежегодно проводятся конференции, посвященные проблемам «Интернета вещей». На платформе этой концепции реализуются новейшие достижения в области полупроводниковой электроники, беспроводных технологий. В нашей стране развитию «Интернета вещей» также уделяется серьезное внимание на самом высоком уровне. Концепция основных направлений развития ИВ в России скоро должна быть представлена рабочей группой Минпромторга, в состав которой вошли представители оборонного комплекса, МЧС, Ростелекома, а также производители микроэлектроники. Предполагается участие иностранных компаний, готовых локализовать свои технологии в России. Государственная комиссия по радиочастотам изучает возможность выделения дополнительных частот для устройств малого радиуса действия в связи с развитием ИВ в нашей стране. Решение о выделении нелицензируемых частот в полосах 870–876 МГц и 915–921 МГц ожидается в IV квартале 2016 года.

Сегодня уже многое доступно «Интернету вещей», но еще более заманчивые перспективы открываются в будущем. По оценкам экспертов, в ближайшем десятилетии «Интернет вещей» станет основным сегментом на электронном рынке. К числу основных направлений развития технологии относятся здравоохранение и транспорт. Повысится востребованность облачных сервисов. Воплощение столь масштабных замыслов невозможно без создания соответствующих стандартов и технологий радиосвязи для их реализации.

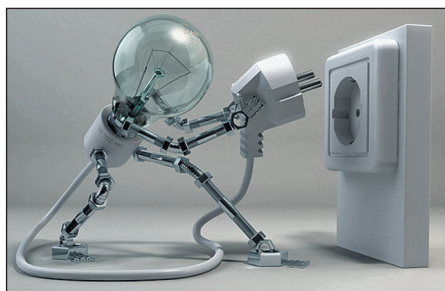


Рис. 1. «Интернет вещей»

Протоколы связи, применяемые на этом рынке

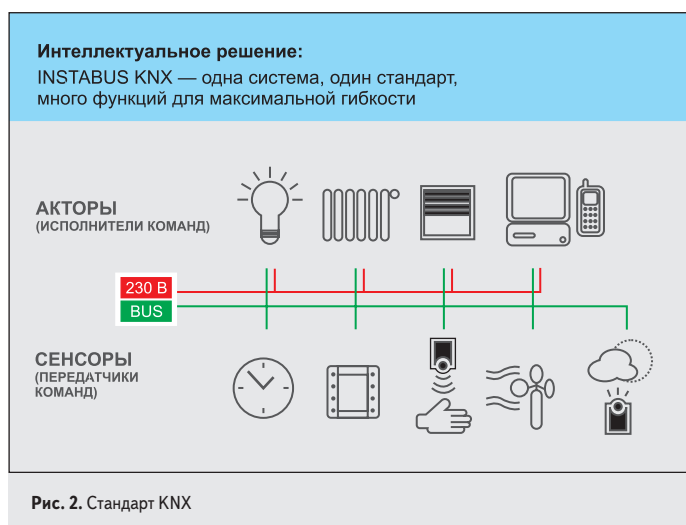
Сегодня имеется множество протоколов и технологий для организации беспроводных сетей малого радиуса действия для «Интернета вещей». Отметим лишь наиболее популярные из них.

Для решения проблемы последней мили часто используются стандарты Sigfox, Wireless-MBUS, 6LoWPAN, LoRaWAN или Long Range Wide Area Network (представлен исследовательским центром IBM Research и компанией Semtech). Технология работает в субгигагерцевом, нелицензируемом диапазоне частот. С целью поддержки и распространения технологии создан LoRa Alliance, в который входит множество компаний, в том числе и российская LACE. Из российских разработок следует отметить энергоэффективный сетевой протокол СТРИЖ для создания систем удаленного сбора данных и телеметрии.

На последней выставке CES 2016 Wi-Fi Alliance представил новый вариант Wi-Fi для «Интернета вещей», получивший приставку HaLow. Сертификация первых устройств на основе Wi-Fi HaLow ожидается к 2018 году, а первые новинки данной спецификации появятся и раньше.

Wi-Fi HaLow использует свободную частоту 900 МГц и обещает радиус действия в городских условиях до 1 км. Предполагаемая пропускная способность Wi-Fi HaLow находится в диапазоне от 50 кбит/с до 18 Мбит/с. Отмечается, что HaLow будет использовать существующие протоколы Wi-Fi, что обеспечит повышенную совместимость и безопасность.

Локализованный в России под маркой КОННЕКС стандарт KNX (рис. 2) наряду с проводными каналами использует два частотных окна 868 и 433 МГц, он применяется в системах офисной и домашней автоматизации.



Для организации сетей в радиусе 100 м также есть целый ряд протоколов, а среди популярных в субгигагерцевом диапазоне — ZigBee и Z-Wave.

ZigBee построен на основе стандарта IEEE 802.15.4, включает целый ряд профилей для различных устройств, использует несколько диапазонов частот. Стандарт разработан для питающихся от батарей устройств со сверхмалым энергопотреблением, допускающих скорости передачи менее 250 кбит/с, работающих в радиусе 10–100 м. Среди прочих достоинств стандарта следует упомянуть хорошую масштабируемость, возможность самовосстановления сети в случае сбоя и простоту настройки. Устройства ZigBee могут быть активированы менее чем за 15 мс. К сожалению, в России ZigBee пока используется только в диапазоне 2,4 ГГц.

Беспроводной протокол связи Z-Wave ориентирован на домашнюю автоматизацию (рис. 3). Частотный диапазон в России составляет 869 МГц. Пропускная способность до 100 кбит/с, а радиус действия

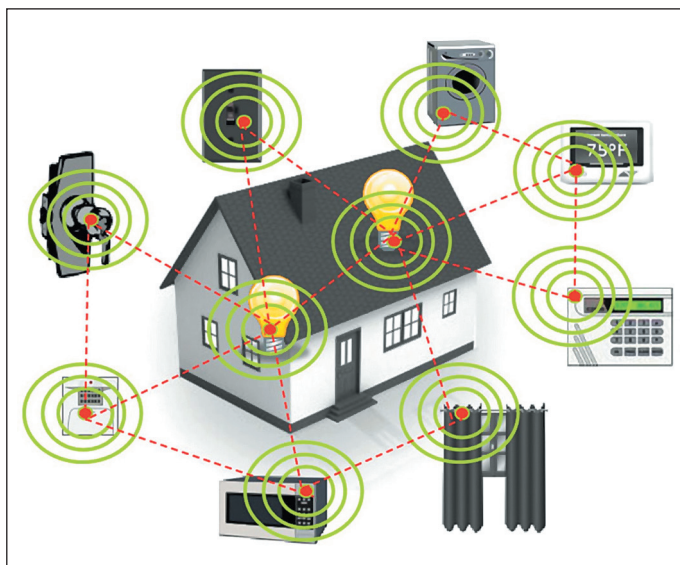


Рис. 3. Сети Z-Wave

приблизительно 30 м. Z-Wave оптимизирован для передачи простых управляющих команд с малыми задержками. Технология предполагает применение маломощных, миниатюрных встраиваемых РЧ-модулей.

Одной из проблем, решаемых в формате «Интернета вещей», является создание надежных, достаточно скоростных и защищенных от помех каналов связи и коммуникационных протоколов, уровень требований к которым во многом зависит от специфики решаемых задач.

Компания Axsem как часть ON Semiconductor

Сегодня повсеместно используются полупроводниковые РЧ-компоненты и микросхемы для решения разнообразных задач, включая автоматическое считывание показаний интеллектуальных счетчиков, автосигнализацию, дистанционное управление, системы мониторинга на транспорте и в медицине.

Основанная в 2000 году швейцарская компания Axsem получила известность как один из ведущих разработчиков подобных полупроводниковых компонентов. Во всем мире пользуются популярностью радиочастотные приемопередатчики и микроконтроллеры Axsem в интегральном исполнении. Микросхемы Axsem характеризуются уникальным сочетанием превосходных радиочастотных параметров и расширенных функциональных возможностей, при этом они сохраняют на минимальном уровне потребляемую энергию и обладают расширенными возможностями (рис. 4).



Рис. 4. Axsem и ON Semiconductor

Как известно, Axsem долгое время была разработчиком без собственных производственных мощностей. Сегодня многое может измениться. В прошлом году компания Axsem вошла в состав структуры крупного американского изготовителя полупроводниковых компонентов ON Semiconductor. Можно надеяться, что теперь оригинальные новинки ON Semiconductor на базе технологий Axsem обретут еще более высокую популярность и быстрее дойдут до потребителей.

Трансиверы Axsem

В ассортименте продукции Axsem представлен ряд радиочастотных передатчиков/трансиверов (рис. 5), работающих в диапазоне частот до 1050 МГц. Приемопередатчики Axsem известны высокой чувствительностью и очень эффективными выходными каскадами. Типичная чувствительность составляет $-110 \dots -126$ дБм при скорости принимаемого цифрового потока 1,2 кбит/с. В зависимости от типа микросхемы максимальная выходная мощность составляет 14–16 дБм. Трансиверы Axsem имеют интегрированный переключатель приема/передачи, что упрощает подключаемые внешние цепи.

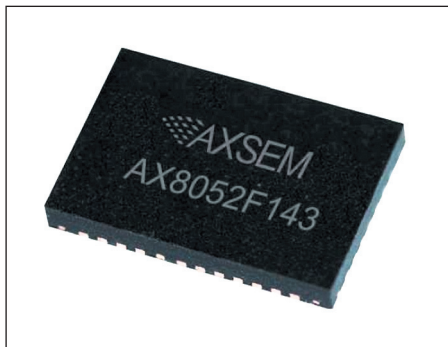


Рис. 5. РЧ-микросхем Axsem AX8052F143

В модельном ассортименте Axsem сегодня четыре линейки подобных микросхем:

- Узкополосные трансиверы серий AX5042, AX50424, AX5043 и AX5243 отличаются чувствительностью, которая является одной из наиболее высоких среди РЧ-микросхем.
- Линейка универсальных микросхем AX5031, AX5051 и AX5051-510 содержит отличающиеся превосходной производительностью передатчики и трансиверы.
- Выпускаемые в корпусах TSSOP передатчики и трансиверы серий AX5131, AX5151 и AX5151-510 выделяются превосходным соотношением производительность/цена.
- РЧ-микросхем на основе экономичных МК семейства AX8052 с интегрированным РЧ-модулем выполнены в формате «система-на-кристалле» (СнК).

Передатчик AX5031 и трансмиттер AX5052 работают в диапазонах 400–470 МГц и 800–940 МГц, типичное рабочее расстояние до 1 км. Максимальная выходная мощность на частоте 433 МГц составляет 16 и 17 дБм соответственно, чувствительность AX5052 равна -116 дБм при битрейте принимаемого потока 1,2 кбит/с.

Радиус действия трансиверов AX5042 около 5 км, а у AX5043 он достигает 10 км. Встроенный узкополосный фильтр снижает уровень шумов и таким образом увеличивает чувствительность трансивера, которая составляет до -126 дБм у AX5043 при битрейте

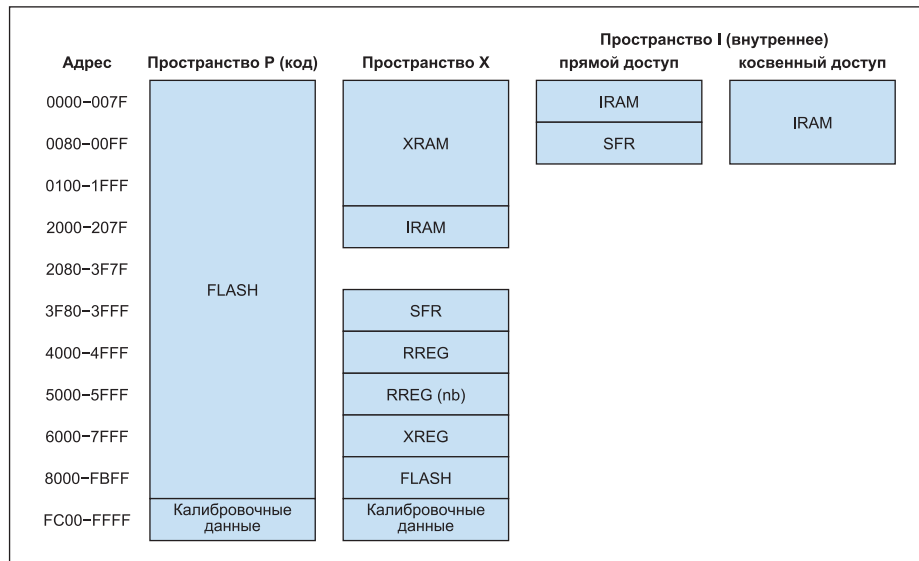


Рис. 6. Карта памяти AX 8052

принимаемого потока 1,2 кбит/с, что близко к максимально возможному теоретическому значению, по заявлению Axsem. Диапазон рабочих частот составляет 400–470 МГц и 800–940 МГц для AX5042 и расширяется до 27–1050 МГц для AX5043.

Выпускаемые в недорогих корпусах типа TSSOP трансиверы AX5131 и AX5151 функционируют в диапазонах 400–470 МГц и 800–940 МГц, на расстоянии до 1 км.

Потребляемый в спящем режиме ток составляет 4,5 мкА для AX5043 и повышается до 6 мкА у других микросхем.

Все трансиверы и РЧ-микросхем Axsem отличаются постоянством уровня выходной мощности во всем диапазоне питающего напряжения. Принадлежащие к числу наиболее экономичных трансивер AX5043 и РЧ-микросхем AX8052F143 имеют рабочий диапазон напряжения 1,8–3,6 В. Во всем диапазоне питающих напряжений чувствительность приемника микросхем остается неизменной.

Микроконтроллер AX8052 — основа РЧ-систем-на-кристалле Axsem

Компания Axsem разработала микроконтроллеры AX8052Fxxx, отличающиеся сверхнизкой потребляемой мощностью, выполненные на основе 8-битного ядра популярной архитектуры 8052. Данный вариант МК в исполнении Axsem создан с использованием ограниченного набора исполняемых команд (RISC). Компания предлагает как отдельные микроконтроллеры, оптимизированные для использования совместно с РЧ-микросхемами, так и РЧ-микросхем в составе однокристалльных систем совместно с трансиверами.

Семейство AX8052Fxxx позволяет создавать РЧ-системы, требующие защиты данных,

и предусматривает сложную технологию шифрования. Механизмы безопасности включают также меры по предотвращению атак с целью несанкционированного доступа к памяти. Гибкая концепция тактирования семейства AX8052Fxxx значительно облегчает создание очень энергоэффективных устройств.

AX8052 выполнен на основе гарвардской архитектуры. Отдельные адресные пространства используются для исполняемого кода и данных. На рис. 6 показана карта памяти AX8052.

AX8052 выполняет стандартный, но ограниченный (RISC) для микроконтроллеров архитектуры 8052 набор команд. Многие команды выполняются за один цикл. Тактовая частота и соответственно скорость исполнения команд могут программно изменяться от 0 до 20 МГц.

У AX8052 полностью параллельная архитектура памяти. Все мастера шин могут одновременно получать доступ к различным шинам в течение каждого тактового периода. Шинные арбитры разрешают конфликты доступа. Блоки ОЗУ по 4 кбайт могут использоваться индивидуально во время спящего режима. При этом содержимое ОЗУ 256 байт всегда сохраняется. Обработчик шифрования (AES) имеет 16-битный доступ к памяти.

На рис. 7 показана архитектура МК AX8052F143, отличающаяся одной из наиболее широких полос пропускания канала памяти в своем классе. Данные могут передаваться по трем шинам под управлением:

- ядра микроконтроллера AX8052;
- системы прямого доступа к памяти (DMA);
- системы шифрования (AES).

Источниками и потребителями данных на шинах являются:

- два отдельных блока памяти RAM по 4 кбайт, расположенные в адресном пространстве X с возможностью одновременного доступа и индивидуального отключения или хранения в спящем режиме;

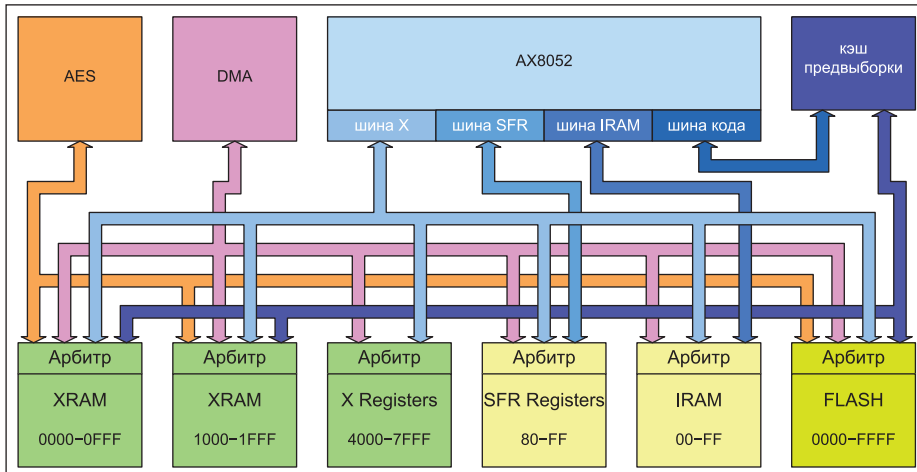


Рис. 7. Архитектура микроконтроллера AX8052F143

- 256 байт памяти RAM, размещенной во внутреннем адресном пространстве, которое всегда остается активным в спящем режиме;
- 64 кбайт памяти FLASH размещены в кодовом пространстве;
- регистры специальных функций (SFR) размещены во внутреннем адресном пространстве, доступном через команды DMA;
- дополнительные регистры размещены в адресном пространстве X.

Система синхронизации и тактирования может работать с использованием внешнего или внутреннего задающего частотного резонатора. Это может быть внутренний RC-генератор высокой частоты (20 МГц) или низкочастотный (640 Гц/10 кГц) в экономичном режиме. Внешний кварцевый резонатор, подключаемый к выводам SYSCLK, обеспечивает обычно высокоскоростной режим 16 МГц или низкоскоростной 32 кГц. Основные характеристики РЧ-микроконтроллеров Axsem приведены в таблице.

Рассмотрим более подробно экономичную модель AX8052F143, включающую РЧ-ядро на основе трансивера AX5043, и экономичный вариант МК на основе популярной архитектуры 8052, выполненные в корпусе QFN40.

AX8052F143 имеет: три 16-битных таймера общего назначения с режимом сигма-дельта, два выхода с ШИМ, два входа контроля длительности входного сигнала, два 16-битных таймера пробуждения, сторожевой таймер, два канала UART, контроллер ведущий/ведомый SPI, 10-битный АЦП на 500 000 выб./с, 2 аналоговых компаратора, датчик температуры, 2-канальный контроллер DMA и отдельный контроллер шифрования AES.

Для упрощения отладки с помощью компьютера имеется специальный 3-проводной интерфейс (1 выделенный провод, 2 совместных с GPIO). Один из четырех режимов действия микроконтроллера может быть выбран независимо от работы трансивера:

- RUNNUNG — работает микроконтроллер и вся периферия.

- STANBY — МК остановлен, сохраняется содержимое памяти и всех регистров. Все периферийные устройства продолжают нормально функционировать. Ток потребления определяется с поддержкой периферийных устройств. Выход из состояния по любому из разрешенных прерываний.

- SLEEP — остановлены микроконтроллер и периферия, кроме GPIO и системного контроллера. Настройки регистров теряются, внутреннее ОЗУ сохраняется, внешнее ОЗУ делится на два независимых блока по 4 кбайт. Выход из режима по любому GPIO или прерыванию системного контроллера. Для большинства приложений это порты ввода/вывода или прерывание таймера пробуждения.

- DEEPSLEEP — микроконтроллер, все периферийные устройства и приемопередатчик отключены. Сохраняются только 4 байта данных в оперативной памяти. Выход из режима по низкому уровню на выводе PB3.

Микроконтроллеры AX8052Fxxx обеспечивают значительную вычислительную мощность и объем памяти. В ассортименте компании есть три типа таких микросхем: AX8052F131, AX8052F151 и AX8052F143, выполненные на одном и том же вычислительном ядре, но с разными РЧ-модулями AX5031, AX5051 и AX5043.

«Система-на-кристалле»: микроконтроллер + трансивер в одном чипе

Завершающим звеном в модельном ассортименте Axsem выглядят экономичные микроконтроллеры, выполненные совместно с РЧ-модулями и представляющие собой завершенную интегральную систему обработки и передачи данных в виде СпК.

Рассмотрим более подробно однокристалльный комплект из микроконтроллера и радиочастотного приемопередатчика AX8052F143, работающего в диапазоне 27–1050 МГц. Этот РЧ-микроконтроллер от-

Таблица. РЧ-микроконтроллеры Axsem

Параметры	AX8052F131	AX8052F151	AX8052F143
Общие характеристики			
Назначение	Экономичный РЧ-микроконтроллер с передатчиком	Экономичный РЧ-микроконтроллер с трансивером	
Вычислительное ядро	AX8052		
РЧ-ядро	AX5031	AX5051	AX5043
Напряжение питания, В	2,2–3,6	2,3–3,6	1,8–3,6
Температурный диапазон, °С	–40...+85		
Корпус, размер, мм	QFN40, 7×5		
Доступные выводы	20	21	19
Энергопотребление			
Рабочий режим МК, мкА/МГц	150		
Дежурный режим МК, нА	500–1500		
МК выключен, нА	50		
Блок РЧ, прием, мА	–	22	6,5–11
Блок РЧ, передача 10 дБм, мА	–	22	16
Ядро МК			
Тактовая частота МК, МГц	0–20		
16-разрядные таймеры с ΣΔ-модуляцией	3		
Таймер пробуждения	1		
Память			
Flash, кбайт	64		
RAM, кбайт	8,25		
Flash, хранение, лет	10		
Flash, длительность, циклы	10 000		
Интерфейсы			
Интерфейс отладки с UART	да		
UART	2		
Ведущий/ведомый SPI	1		
Блоки ввода сигнала ШИМ	2		
Аналоговые функции			
Дифференциальный 10-битный АЦП, 500 квыб/с/каналы	1 / 4	1 / 3	
Компараторы/каналы	2 / 4	2 / 2	
Датчик температуры, °С	±1,5		
Сброс по напряжению, В	1,5		
Быстрый RC-генератор, МГц	20		
Медленный RC-генератор, кГц	0,64 или 10		
РЧ-интерфейс			
Функция РЧ	передатчик	приемопередатчик	
Максимальная выходная мощность (868 МГц), дБм	16	14	16
Чувствительность при 1,2 кбит/с, FSK, дБм	–	–116	–126

личается малой потребляемой мощностью, которая составляет всего 9,5 мА при работе на частоте 868 МГц, при скорости цифрового потока принимаемых данных 1,2 кбит/с, тем самым AX8052F143 демонстрирует превосходные в своем классе показатели.

Функциональная схема AX8052F143 показана на рис. 8. Размещенный в верхней части схемы блок приемопередатчика управляется через регистры, отображаемые в X-пространстве данных микроконтроллера. У блока приемопередатчика есть собственный буфер FIFO на 256 байт. Микроконтроллер может получить программируемое прерывание по уровню заполне-

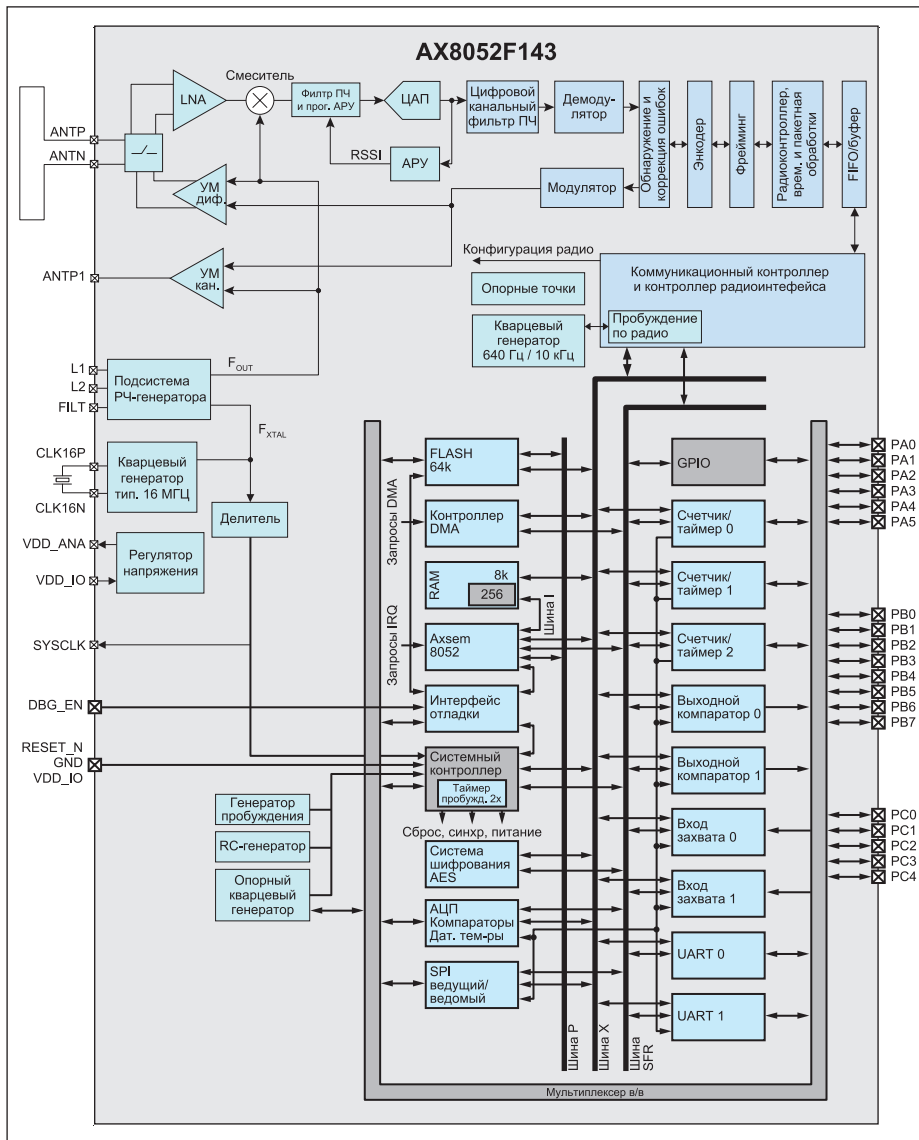


Рис. 8. Функциональная схема AX8052F143

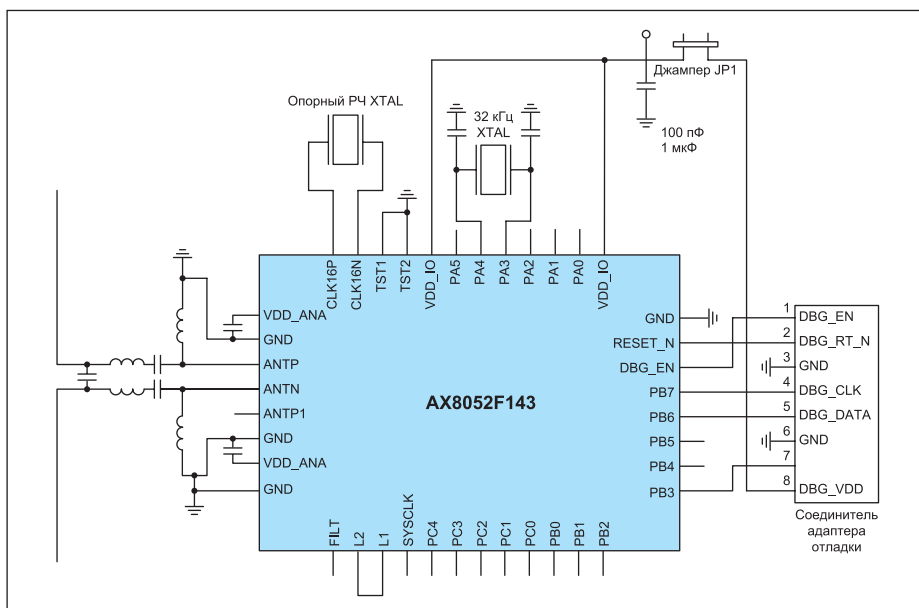


Рис. 9. Схема трансивера с дипольной антенной и отладчиком на основе AX8052F143

ния FIFO или дать команду одному из каналов DMA на передачу данных между ОЗУ и FIFO приемопередатчика. Подключенный к FIFO радиоконтроллер занимается обработкой пакетов данных приема/передачи.

Подсистема генерации радиочастоты включает полностью интегрированный синтезатор, умножающий опорную частоту от кварцевого генератора, чтобы получить необходимую несущую частоту для трансивера. Современная архитектура синтезатора позволяет задавать частотное разрешение в 1 Гц, а также быстрое время пробуждения и переключения с приема на передачу, которое может составлять 5–50 мкс, в зависимости от настроек.

Трансивер AX8052F143 использует два режима работы. В одном из них для работы на прием (RX) и передачу (TX) применяются два антенных вывода ANTP и ANTN и внутренний переключатель RX/TX (рис. 9). Этот режим рекомендован для максимальной выходной мощности, наивысшей чувствительности и прямого соединения с дипольными антеннами.

В другом режиме RX использует выводы ANTP и ANTN, тогда как для работы на передачу нужен только один вывод ANTP1. При этом требуется внешнее переключение RX/TX или отдельные антенны. Такой вариант рекомендован для малой выходной мощности и высокой эффективности и может быть использован с внешними усилителями. Вывод PB3 предназначен для управления переключателем внешних антенн.

Принимаемый аналоговый сигнал усиливается в блоке LNA и попадает на смеситель, после чего сигнал промежуточной частоты проходит через аналоговый фильтр на АЦП. Далее данные попадают на цифровой фильтр и демодулятор, который извлекает битовый поток из входящего сигнала. Программная настройка этих блоков должна соответствовать схеме модуляции и битрейту принимаемого сигнала. ПО Axsem RadioLab помогает определить оптимальные настройки через соответствующие регистры, установленные при включении устройства.

Блок пакетной обработки (Framing Unit) позволяет извлекать пакеты данных из поступающего от демодулятора потока данных или преобразовать передаваемые пакеты в битовый поток для модулятора.

Блок энкодера, расположенный между блоком пакетной обработки с одной стороны и блоками модулятора и демодулятора с другой, выполняет кодирование и декодирование потоков данных. Он может выполнять:

- инвертирование битового потока;
- дифференциальное кодирование, означающее, что «0» передается без изменения уровня несущей, а «1» передается с измененным уровнем;
- манчестерское кодирование;
- спектральную обработку передаваемого потока.

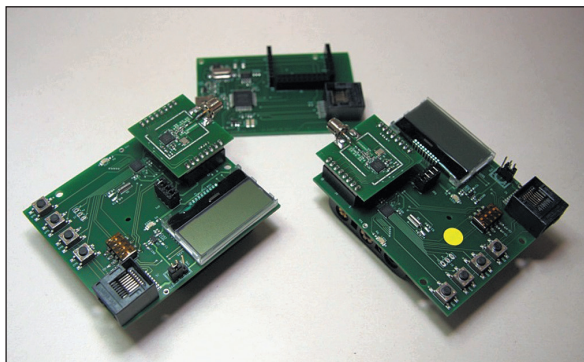


Рис. 10. Отладочный комплект DVK-2

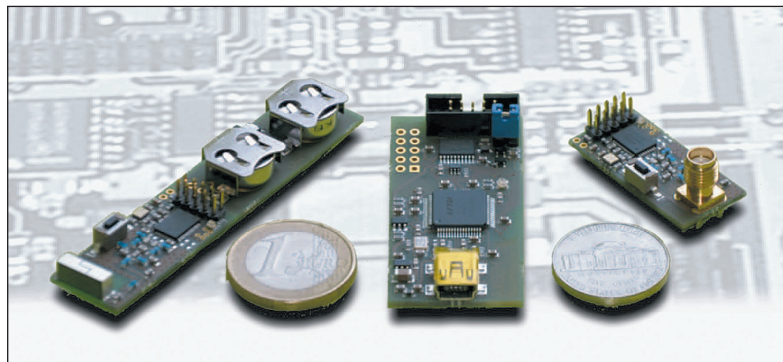


Рис. 11. Отладочный комплект F143-Mini-DVK

Работа энкодера программируется через специальный регистр AX5043_ENCODING. Также предусмотрены специальные регистры для управления работой канального фильтра, модулятора и демодулятора.

Трансивер AX8052F143 использует отдельный регулятор напряжения для обеспечения стабильного питания внутренних цепей от первичного источника, подключаемого через вывод VDD_IO. Выводы VDD_ANA могут быть использованы для питания внешних антенных усилителей приема/передачи.

Система регулятора напряжения должна быть установлена в соответствующее состояние до начала приема или передачи. Это выполняется автоматически за счет программирования режимов работы устройств через регистр AX5043_PWRMODE.

AX8052F143 является однокристалльным решением, совместимым с рядом стандартных приложений для «Интернета вещей». Чувствительность встроенного трансивера составляет -126 дБм. При скорости передачи данных $0,1-125$ кбит/с, рабочей частоте $27-1050$ МГц, при низком уровне фазового шума AX8052F143 является идеальным устройством для многих применений, включая системы автоматизированного снятия показаний и безопасности. Средний потребляемый ток при этом составляет всего лишь около $4,5$ мкА.

Основные области применения для AX8052F143:

- работающие в диапазоне $27-1050$ МГц радиосистемы;
- «Интернет вещей»;
- системы автоматического считывания показаний приборов и датчиков;
- системы безопасности;
- системы автоматизации зданий;
- беспроводные сети;
- системы передачи коротких сообщений.

Средства разработки: отладочные и демонстрационные наборы

Для упрощения и значительного ускорения процесса разработки, отладки и демонстрации новых радиопередатчиков на базе микросхем Axsem предлагается два отладочных комплекта: DVK-2 и F143-Mini-DVK.

Комплект DVK-2 (рис. 10) предназначен для работы со всеми РЧ-трансиверами и микроконтроллерами Axsem, обладает расширенными функциональными возможностями, имеет встроенный ЖК-дисплей, основную плату размером 90×45 мм и дополнительные модули размером 30×34 мм на основе всех выпускаемых РЧ-микросхем Axsem. DVK-2 выполнен на базе МК AX8052F100.

DVK-2 позволяет проектировать, программировать и оценивать в реальных условиях различные приложения, использующие РЧ-трансиверы и микроконтроллеры Axsem. В качестве дополнения имеется несколько отдельных плат с различными микросхемами Axsem, оснащенные разъемами типа SMA для подключения антенн или лабораторной нагрузки 50 Ом.

DVK-2 содержит:

- AX8052F100;
- интерфейс с РЧ-модулями;
- кварцевый резонатор, 32 кГц;
- два светодиода;
- четыре кнопки;
- строчный ЖК-дисплей 2×16 ;
- интерфейс RS-232;
- выходной порт;
- отладочный разъем;
- батарею и разъем питания.

В комплекте с DVK-2 используются генераторы кода, отладчик и бесплатный компилятор Си.

Миниатюрный комплект для отладки F143-Mini-DVK (рис. 11) состоит из адаптера USB и двух РЧ-модулей (F143-Mini-A-MOD и F143-Mini-B-MOD) и имеет полный комплект ПО для разработки радиочастотной системы в кратчайшие сроки. Один из миниатюрных РЧ-модулей оснащен встроенной антенной и может питаться от двух миниатюрных батареек, другой снабжен разъемом SMA для подключения внешней антенны. Рабочая несущая частота у обоих модулей $868,3$ МГц.

F143-Mini-DVK работает с ПО AX-RadioLab и AXCode::Blocks, использует бесплатный компилятор. F143-Mini-DVK полностью совместим с DVK-2 и ПО Axsem для разработки на базе микроконтроллеров AX8052.

F143-Mini-DVK включает:

- модуль F143-Mini-A-MOD;
- модуль F143-Mini-B-MOD;
- адаптер отладки через USB;
- отладочный кабель;
- кабель USB;
- две батарейки.

F143-Mini-DVK может быть использован для разработки систем автоматического удаленного считывания показаний приборов, систем безопасности и домашней автоматизации, пультов управления, беспроводных сенсорных сетей. F143-Mini-DVK совместим с беспроводной шиной M-Bus, с протоколом POCSAG.

Программное обеспечение для работы с системами Axsem

Для успешной работы с продуктами Axsem в дополнение к отладочным платам предлагается целый ряд бесплатных программных инструментов, обеспечивающих очень удобную рабочую среду, которую не часто предлагают для 8-битных МК (рис. 12).

Комплект инструментального ПО AX8052 включает следующие программы:

- AX-RadioLab и AXGen2-RadioLab имеют удобный визуальный графический интерфейс и обеспечивают эффективную настройку параметров радиосвязи для РЧ-микроконтроллеров или для комплекта из AX8052F100 и одного из трансиверов Axsem. AX-RadioLab и AXGen2-RadioLab генерируют исходный код на языке Си, компилируют его и загружают в макетную плату или рабочее устройство.
- AX-MicroLab — визуальный графический конфигуратор и генератор исходного кода для РЧ-микроконтроллеров Axsem AX8052F1xx.
- AXCode::Blocks — интегрированная среда разработки представляет собой полный комплект инструментов, который обеспечивает создание и отладку проектов на Си и выходной ассемблерный код для МК Axsem. AXCode::Blocks можно использовать для дальнейшей доработки кода проекта, созданного в генераторе.

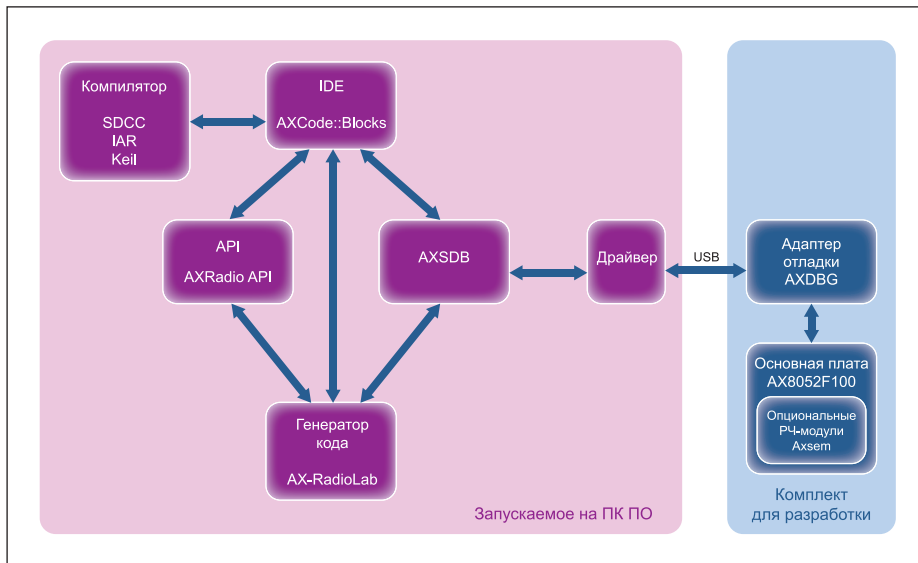


Рис. 12. Структура системы разработки ПО для AX8052F1xx

- SDCC — полнофункциональный компилятор языка C доступен для свободного скачивания, является частью интегрированной среды разработки AX8052, позволяя оптимизировать созданный код по скорости работы или размеру.
- AXSDB является символическим отладчиком с командной строкой. AX-Radiolab и AXCode::Blocks непосредственно взаимодействуют с AXSDB без участия пользователя. Тем не менее AXSDB может быть полезен для автоматизации процесса или скриптовых задач благодаря своей командной строке и функции сценариев TCL. AXSDB является частью свободно скачиваемого программного пакета AX8052.
- AX-EasyPacket — пример кода для РЧ-микросхем Axsem (для AX5043

и AX8052F143, использующих AX-RadioLab, для AX5051 и AX8052F151, использующих AXGen2-RadioLab). Он позволяет настроить комплекты отладки для оценки радиосвязи.

- AX-ParamCalc представляет собой графический интерфейс для расчета значений регистров микроконтроллеров, соответствующих определенным параметрам радиолинии (для AX5043 и AX8052F143 использовать AX-RadioLab, для AX5051 и AX8052F151 — AXGen2-RadioLab)
- Библиотека поддержки AX8052 (LibMF) упрощает работу с AX8052 и включает следующие функции:
 - DebugLink UART;
 - RS-232 UART;
 - запись в память FLASH;
 - инициализация и контроль радиосвязи;
 - подпрограммы CRC-8 и CRC-16;

– доступ к ЖК-дисплею оценочной платы. Программное обеспечение для работы с системами Axsem имеет интуитивно понятный интерфейс и значительно ускоряет процесс создания и отладки беспроводных передатчиков субгигагерцевого диапазона.

Заключение

Предлагаемые сегодня компанией ON Semiconductor для использования в субгигагерцевом диапазоне РЧ-контроллеры, передатчики и трансиверы могут найти применение в широком спектре устройств и систем автоматизации, включая системы сбора данных со счетчиков и датчиков, охранные системы, домашнюю автоматику, дистанционное управление, пейджинговые системы связи POCSAG и FLEX. РЧ-микроконтроллеры найдут свое место в сетях KONHEKCS, ZigBee и 6LoWPAN, станут основой для разнообразных применений «Интернета вещей».

Всеобъемлющий и удобный комплект аппаратных и программных инструментов в помощь разработчику повышает привлекательность РЧ-компонентов ON Semiconductor. Высокие радиотехнические характеристики и серьезные вычислительные возможности, малое энергопотребление и конкурентоспособные цены делают решения ON Semiconductor привлекательными как для профессиональных разработчиков, так и для радиолюбителей. ■

Литература

1. www.axsem.com/www/micros/ultra-low-power-rf
2. www.axsem.com/www/ax_documents/axsem_rf_june14.pdf
3. www.onsemi.ru.com/pub_link/Collateral/AX8052F143-D.pdf