

Решения Texas Instruments для беспроводных сетей Bluetooth

Д. Садеков¹

УДК 621.318 | ВАК 05.27.01

Технология беспроводной связи на небольшие расстояния (до 100 м) Bluetooth нашла сегодня широкое распространение, в первую очередь, в гражданской электронике. Эта универсальная и недорогая технология подходит для организации обмена данными между мобильными устройствами, персональными медицинскими приборами, в автомобильных системах, бытовой электронике, сетях датчиков и т. д. Компания Texas Instruments предлагает ряд продуктов для сетей Bluetooth, позволяющих создать оптимальное решение для широкого спектра приложений. В статье рассмотрены основные сведения о технологии Bluetooth, эволюции этого стандарта, особенностях изделий компании TI, предназначенных для реализации этой технологии.

Для работы сетей Bluetooth выделен частотный диапазон от 2,402 до 2,480 ГГц. В основе технологии – адаптивная скачкообразная перестройка частоты (Adaptive Frequency Hopping). Для исключения взаимного влияния данный диапазон поделен на 79 каналов шириной 1 МГц (или 40 каналов шириной 2 МГц для варианта Bluetooth Low Energy). Участвующие в соединении устройства меняют частоту 1600 раз в секунду, причем это происходит случайным, известным только этим устройствам, способом. Поэтому очень мала вероятность того, что два или более одновременно активных соединений будут работать на одной и той же частоте в одно и то же время.

По дальности действия Bluetooth-устройства делятся на устройства первого класса (дальность на открытом пространстве более 100 м), второго класса (более 10 м) и третьего класса (1 м).

Bluetooth объединяет устройства в так называемые пикосети (piconet), то есть небольшие по количеству и расстоянию между устройствами беспроводные сети передачи данных. В простейшем случае пикосеть – это два связанных между собой Bluetooth-устройства. Устройство, которое инициирует и поддерживает соединение, является ведущим (master), а другое – ведомым (slave). Ведущее устройство может организовать до семи соединений с ведомыми устройствами. Общая суммарная скорость передачи данных не может превышать максимум для данной технологии. Bluetooth предусматривает работу различных пикосетей в одном и том же пространстве и на одной и той же частоте. Таких сетей может быть несколько, и соединения не создают помех друг другу.

В зависимости от реализуемой версии стандарта Bluetooth-устройства значительно отличаются по своим

характеристикам. Устройства стандарта Bluetooth 2.1 и более ранних версий ориентированы на передачу значительных объемов информации, при этом их энергопотребление может составлять десятки или сотни мВт. Устройства, реализующие спецификацию Bluetooth 4.0 и выше, называемые также Bluetooth Low Energy (BLE), отличаются существенно более низким энергопотреблением, что обеспечивает их работу от батарей на протяжении нескольких лет. При этом скорость передачи и дальность действия таких модулей также значительно ниже по сравнению с модулями стандартов Bluetooth 3, Bluetooth 2.1, которые относятся к категории Bluetooth Classic.

На сегодняшний день последней спецификацией стандарта является версия Bluetooth 5.2, которая была опубликована группой Special Interest Group (SIG) 6 января 2020 года. Эта группа, в которую сейчас входит около 14000 компаний, занимается развитием стандарта Bluetooth. Спецификация Bluetooth 5 была опубликована в конце 2016 года и стала наиболее кардинальным изменением стандарта с момента появления Bluetooth Low Energy. Ее основные особенности:

- двукратное увеличение скорости передачи (2 Мбит/с вместо 1 Мбит/с в предыдущих версиях), что, помимо увеличения пропускной способности, также обеспечивает снижение энергопотребления устройств за счет сокращения времени передачи пакетов;
- четырехкратное увеличение дальности действия (передача может осуществляться не только на повышенной скорости 2 Мбит/с, но и на пониженных скоростях 125 и 500 кбит/с; увеличивается чувствительность устройств и, соответственно, радиус действия);
- восьмикратное увеличение емкости передаваемых пакетов (полезная нагрузка пакетов увеличивается с 31 до 255 байтов).

Компания Texas Instruments предлагает линейку продуктов для реализации связи по протоколу Bluetooth, в состав

¹ Холдинг «Золотой Шар», менеджер по развитию, тел.: +7 495 234-01-10 (#260).

которой входят трансиверы, беспроводные микроконтроллеры и модули на их основе (табл. 1).

Трансиверы серии CC2564x – двухрежимные устройства, с поддержкой как базовой (Basic Rate – BR), так и повышенной скорости передачи (Enhanced Data Rate – EDR), а также Bluetooth Low Energy. Архитектура устройства основана на однопроцессорном ядре ARM7TDMI. В состав устройства входит периферия для связи с хост-системой. Предусмотрено несколько режимов работы с пониженным потреблением. Трансиверы отвечают спецификации Bluetooth 5.1, работают вплоть до уровня HCI (Host Controller Interface), что обеспечивает удвоенную пропускную способность и возможность использования различных стеков протоколов Bluetooth, совместимых со многими микроконтроллерами и микропроцессорами. Для этих устройств TI предлагает бесплатный программный стек Bluetooth со множеством профилей и приложений для различных платформ, включая микроконтроллеры Arm Cortex-M4. Ключевые приложения для микросхем серии CC2564x: беспроводные гарнитуры и аудиокolonки; информационно-развлекательные системы и системы экстренного вызова; портативные медицинские приборы; ресиверы цифрового телевидения; сети датчиков; поддержка устаревших устройств с Bluetooth Classic и др.

Беспроводные микроконтроллеры CC2640x семейства SimpleLink на базе 32-разрядного ядра Arm Cortex-M3 представляют собой законченные решения Bluetooth Low Energy, оснащенные флеш-памятью объемом 128 кбайт и ОЗУ объемом 28 кбайт. Они содержат встроенный 8-канальный 12-битный АЦП, 8-битный ЦАП, два компаратора, а также набор интерфейсов: UART, два канала SPI, I²C, I²S. Встроенный контроллер датчиков способен выполнять автономный сбор данных, пока остальные блоки устройства находятся в режиме сна, что обеспечивает максимальный срок службы батареи. Эти микросхемы

подходят для широкого спектра приложений, включая бытовую технику, автоматизацию зданий, медицинское оборудование.

Более производительные микроконтроллеры CC2642x отвечают спецификации Bluetooth 5.2 и построены на базе 32-разрядного ядра Arm Cortex-M4F. Они содержат флеш-память объемом 352 кбайт и ОЗУ объемом 88 кбайт, а также полный набор периферии, как и микроконтроллеры семейства CC2640x. Они подходят для приложений, требующих большой объем встроенной памяти. Для этих микроконтроллеров TI предлагает гибкий бесплатный программный стек, который, в отличие от трансиверов серии CC2564x, интегрирован в микросхему.

Texas Instruments предлагает также беспроводной микроконтроллер и модуль семейства CC2650x с поддержкой различных стандартов связи в диапазоне частот 2,4 ГГц. Эта мультистандартная платформа поддерживает несколько технологий беспроводной передачи данных: Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN и ZigBee RF4CE для пультов дистанционного управления. Микроконтроллер построен на базе 32-разрядного ядра ArmCortex-M3 с рабочей частотой до 48 МГц. Чрезвычайно малый ток потребления микроконтроллера и радиочастотного блока в активном режиме и в режиме пониженного потребления обеспечивает длительное время работы устройства от одноэлементной аккумуляторной батареи таблеточного типа или от схемы накопления энергии из окружающей среды.

Контроллер Bluetooth Low Energy (BLE) и контроллер доступа к среде IEEE 802.15.4 работают под управлением отдельного процессора Arm Cortex-M0. Такая архитектура улучшает общую производительность системы и снижает ее энергопотребление, а также освобождает флеш-память для исполнения прикладных задач. Стеки протоколов Bluetooth Smart и ZigBee можно бесплатно скачать с сайта компании TI.

Таблица 1. Микросхемы и модули Texas Instruments для реализации сетей Bluetooth

| Параметры | Микроконтроллеры и модули на их основе | | | | | | Трансиверы |
|------------------------|--|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| | CC2640R2L | CC2640R2F | CC2642R | CC2650x | CC2652x | CC2652x7 | CC2564x |
| Число соединений | До 4 | До 4 | До 32 | До 32 | До 32 | До 32 | - |
| Процессорное ядро | Arm Cortex-M3 | Arm Cortex-M3 | Arm Cortex-M4 | Arm Cortex-M3 | Arm Cortex-M4 | Arm Cortex-M4 | - |
| Флеш-память, кбайт | 128+147 (ПЗУ) | 128+147 (ПЗУ) | 352+256 (ПЗУ) | 128+147 (ПЗУ) | 352+256 (ПЗУ) | 704+256 (ПЗУ) | - |
| ОЗУ, кбайт | 28 | 28 | 88 | 28 | 88 | 152 | - |
| Спецификация Bluetooth | Bluetooth 5.1 | Bluetooth 5.1 | Bluetooth 5.2 Mesh v1.0.1 | Bluetooth 5.2 Mesh v1.0.1 | Bluetooth 5.2 Mesh v1.0.1 | Bluetooth 5.2 Mesh v1.0.1 | Bluetooth 5.1 |

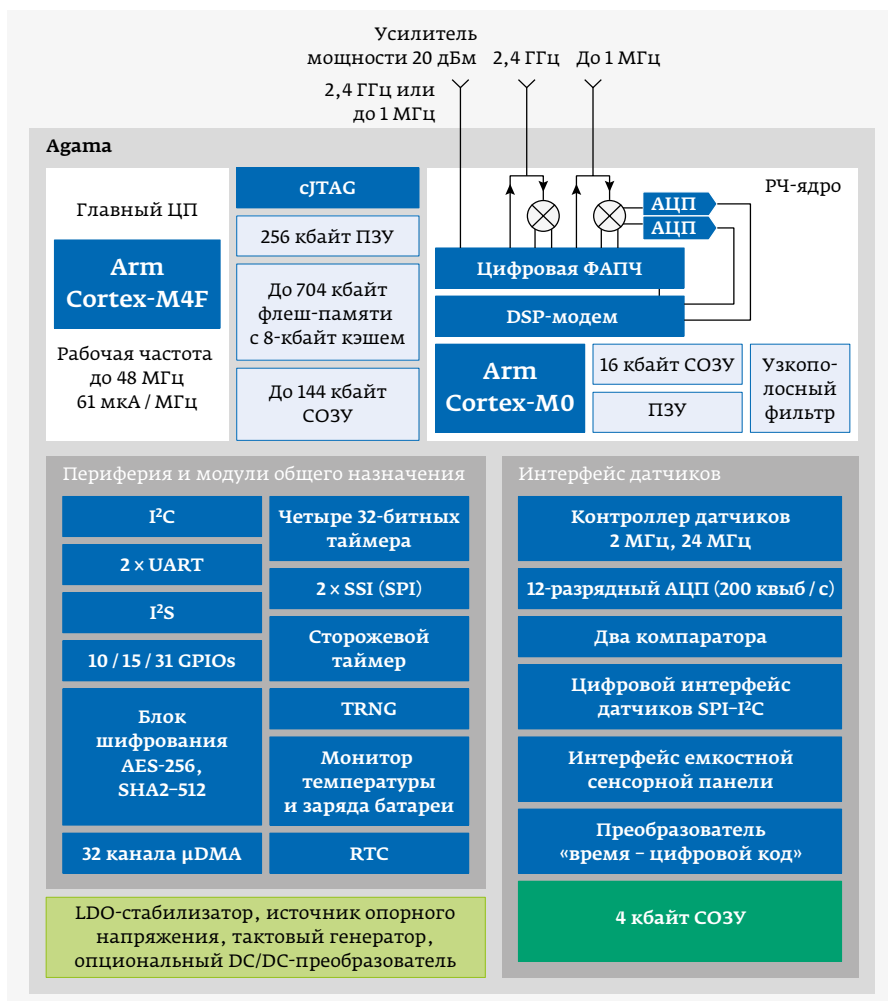


Рис. 1. Обобщенная блок-схема микроконтроллеров семейства CC2652x

В микроконтроллер встроена флеш-память объемом 128 кбайт и ОЗУ объемом 28 кбайт, в устройстве реализована функция обновления встроенного программного кода по радиочастотному каналу (OTA). В состав периферии входят четыре модуля таймеров (8 × 16 бит или 4 × 32 бит), каждая линия цифрового периферийного блока может быть выведена на любой порт ввода / вывода общего назначения. Микроконтроллер оснащен модулем шифрования AES-128, генератором действительно случайных чисел (TRNG). Предусмотрены 10, 15 или 31 линия ввода / вывода общего назначения в зависимости от типа корпуса и поддержка до восьми емкостных сенсорных кнопок. В устройство встроены датчик температуры.

Новинками продуктовой линейки TI являются микроконтроллеры и модули семейства CC2652x (рис. 1). В отличие от семейства CC2650x, новые устройства построены на 32-разрядном ядре Cortex-M4F (48 МГц) и оснащены увеличенным объемом флеш-памяти (352 кбайт) и ОЗУ (88 кбайт), а микроконтроллеры серии CC2650x7 содержат еще больший объем памяти – 704 и 152 кбайт, соответственно.

Семейство включает в себя однодиапазонные (только Sub1GHz или 2,4 ГГц) и двухдиапазонные решения (Sub1GHz + 2,4 ГГц), предназначено для работы с беспроводными протоколами BLE 5.2, Zigbee 3.0, IEEE 802.15.4g, 6LoWPAN, Thread и др. Максимальной дальности связи удалось добиться благодаря тому, что цепи радиотракта выполнены отдельно для каждого диапазона. Также расширен набор периферии – разработчик получает в свое распоряжение два UART, два компаратора, 8-канальный 12-разрядный АЦП, два интерфейса SPI, І²C, І²S, восемь таймеров и пр. Микросхемы совместимы по выводам с семейством CC2650x в корпусах 7 × 7 мм, а единая структура ПО позволяет разработчику мигрировать между различными беспроводными протоколами и добавлять новые стандарты в существующие изделия без обновления аппаратной части выпускаемой продукции.

Для реализации различных беспроводных протоколов в микросхемах предусмотрено специальное ядро Cortex-M0, которое обеспечивает исполнение низкоуровневых радиопротоколов непосредственно из ПЗУ, что освобождает флеш-память для пользовательских приложений. При этом специальное ПЗУ радиоядра позво-

ляет реализовывать дополнительные протоколы без выпуска новых версий устройства.

Микроконтроллеры CC2652x предназначены для широкого спектра применений в гражданской электронике: детекторы движения, системы кондиционирования и видеонаблюдения, интеллектуальные счетчики, коммуникационное оборудование, медицинские приборы, бытовая электроника и др.

В рамках семейства CC2652x TI предлагает систему в корпусе CC2652PSIP с интегрированными компонентами для DC/DC-преобразователя, кварцевым генератором и усилителем мощности. Эта СВК позволяет реализовать готовые решения для различных приложений гражданской электроники.

Продукцию компании Texas Instruments в Россию доставляет независимый дистрибьютор – холдинг «Золотой Шар» (www.zolshar.ru), один из ведущих поставщиков импортных и отечественных электронных компонентов. ●

POWER ELECTRONICS



18-я Международная выставка
компонентов и модулей
силовой электроники

26–28 октября 2021
Москва, Крокус Экспо

Силовая Электроника

Специализированная выставка
компонентов и модулей
силовой электроники
для различных отраслей
промышленности

Организатор — компания МВК
Офис в Санкт-Петербурге

МВК Международная
Выставочная
Компания

+7 (812) 401 69 55
power@mvk.ru

Получите бесплатный
электронный билет на сайте
powerelectronics.ru,

используя промокод **ric**

12+