Многопротокольный Bluetooth 5-модуль RSL10

со сверхнизким энергопотреблением

В статье приведена краткая информация о модуле Bluetooth 5 RSL10, выпускаемом компанией ON Semiconductor. Устройство поддерживает технологию BLE и обеспечивает самое низкое в отрасли энергопотребление. Модуль сертифицирован на соответствие международным стандартам в области связи, содержит два вычислительных ядра – Cortex-M3 и DSP-ядро с двумя 32-битными умножителями (LPDSP32), аналоговые и цифровые интерфейсы, встроенные синтезатор частоты и кварцевые генераторы, приемопередатчик и другие узлы, обеспечивающие скорость передачи информации до 2 Мбит/с. Приведены краткие характеристики отладочных плат, ускоряющих разработку устройств на его основе.

Владимир Макаренко, к. т. н.
v_mak@ukr.net

Компания ON Semiconductor выпустила модуль Bluetooth 5 RSL10 — многопротокольную, сертифицированную Bluetooth 5 радиосистему на кристалле (SoC) с самым низким энергопотреблением в отрасли. Модуль разработан для использования в устройствах с высокой производительностью, минимальными размерами и максимальным временем автономной работы [1, 2]. Встроенная антенна расширяет функциональные возможности устройства. Кроме модуля, компания поставляет комплект разработки программного обеспечения (SDK) для RSL10, который содержит прошивки, программное обеспечение, примеры проектов, документацию и средства разработки ON Semiconductor на базе Eclipse. Интегрированная среда разработки (IDE) предлагается для бесплатной загрузки с дополнительной поддержкой Arm Keil, μVision и IAR Embedded Workbench.

Основные характеристики модуля:

- полностью сертифицирован по международным стандартам связи;
- сертификация Bluetooth 5;
- поддержка функций Bluetooth 5: LE 2-Мбит PHY (High Speed), а также обратная совместимость и поддержка более ранних версий Bluetooth с низким энергопотреблением;
- самое низкое в отрасли энергопотребление в режиме глубокого сна (62,5 нВт) и в режиме приема (7 мВт);
- лучшие в отрасли результаты по тесту EEMBC ULPMark (1090 ULPMark CP при 3 В; 1260 при 2,1 В);
- чувствительность приемника –94 дБм (режим Bluetooth с низким энергопотреблением, скорость передачи данных 1 Мбит/с и использование встроенной антенны);
- скорость передачи данных: 62,5–2000 кбит/с;
- мощность передатчика: –17…+6 дБм;
- пиковый ток потребления в режиме приема:
  - 5,6 мА (при напряжении питания 1,25 В),
  - 3 мА (при напряжении питания 3 В);
- пиковый ток потребления в режиме передачи при мощности передатчика 0 дБм:
  - 8,9 мА (при напряжении питания 1,25 В),
  - 4,6 мА (при напряжении питания 3 В);
- ток потребления при передаче и приеме потокового аудио с полосой 7 кГц не более 1,8 мА при напряжении питания 1,25 В и не более 0,9 мА при напряжении питания 3 В;
- ток потребления в режиме глубокого сна при напряжении питания 1,2 В:
  - 50 нА (входы/выходы в дежурном режиме),
  - 300 нА (ОЗУ в режиме хранения);
- ток потребления в режиме глубокого сна при напряжении питания 3 В:
  - 25 нА (входы/выходы в дежурном режиме),
  - 100 нА (ОЗУ в режиме хранения);
- встроенная антенна;
- поддержка перепрограммирования по радиоканалу (FOTA);
- встроенная система управления питанием;
- двухъядерная архитектура;
- диапазон напряжения питания: 1,1–3,3 В;
- процессор Arm Cortex-M3 с тактовой частотой до 48 МГц;
- LPDSP32: 32-битное ядро Dual Harvard DSP, поддерживающее аудиокодеки, необходимые для беспроводной аудиосвязи;
- 384 кбайт флэш-памяти, 76 кбайт памяти программ, 88 кбайт памяти данных;

Рис. 1. Модуль RSL10 в корпусе WLCSP51

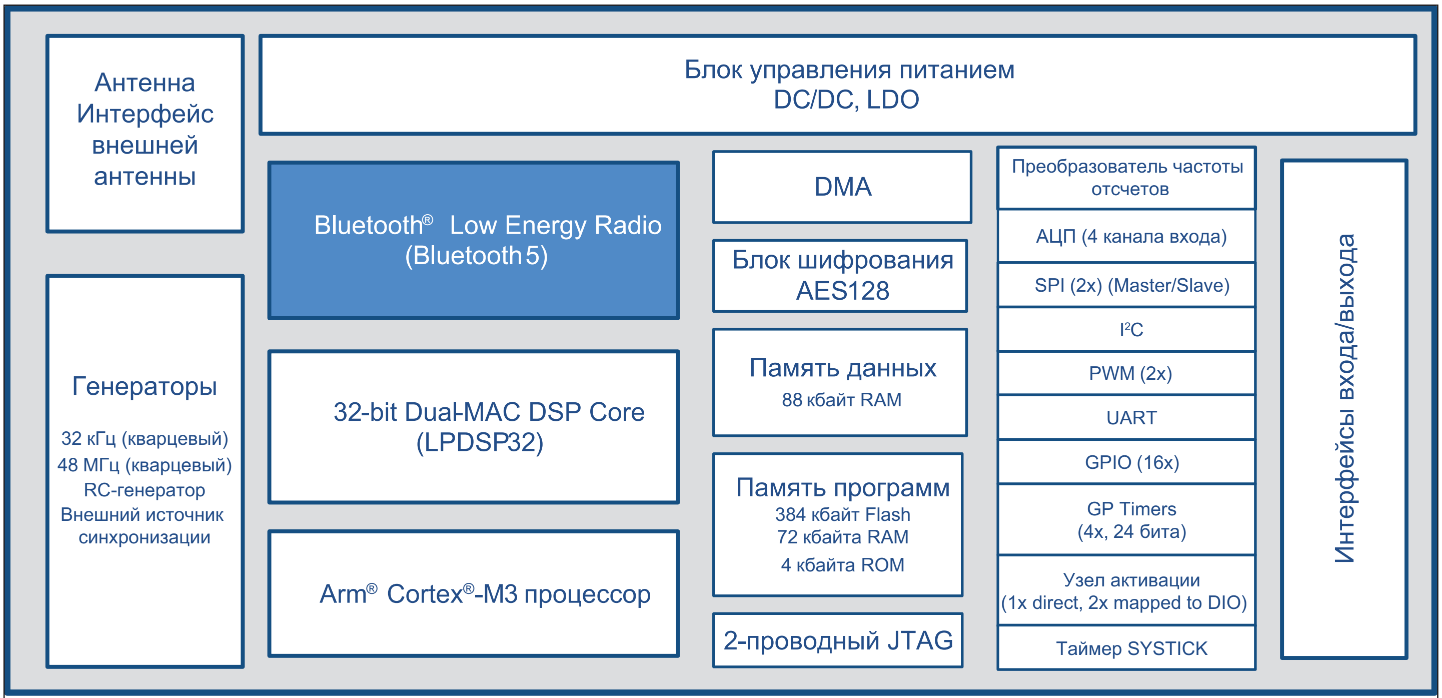

Рис. 2. Структура модуля RSL10

- функция защиты содержимого флэш-памяти;
- аппаратный блок шифрования AES128, настраиваемые алгоритмы безопасности и защиты кода с доступом к порту отладки с аутентификацией (блокировка JTAG);
- настраиваемые аналоговые и цифровые интерфейсы датчиков (GPIO, LSAD, I²C, SPI, PCM);
- диапазон рабочих температур: –40…+85 °C;
- корпус: WLCSP51 (2,325×2,364×0,35 мм) и QFN48 (6×6×0,8 мм);
- соответствие директивам RoHS.

На рис. 1 показан модуль RSL10 в корпусе WLCSP51.

На рис. 2 приведена структура модуля RSL10. Более полную информацию о модуле RSL10 дает его архитектура, приведенная на рис. 3.

Рассмотрим основные особенности узлов RSL10.

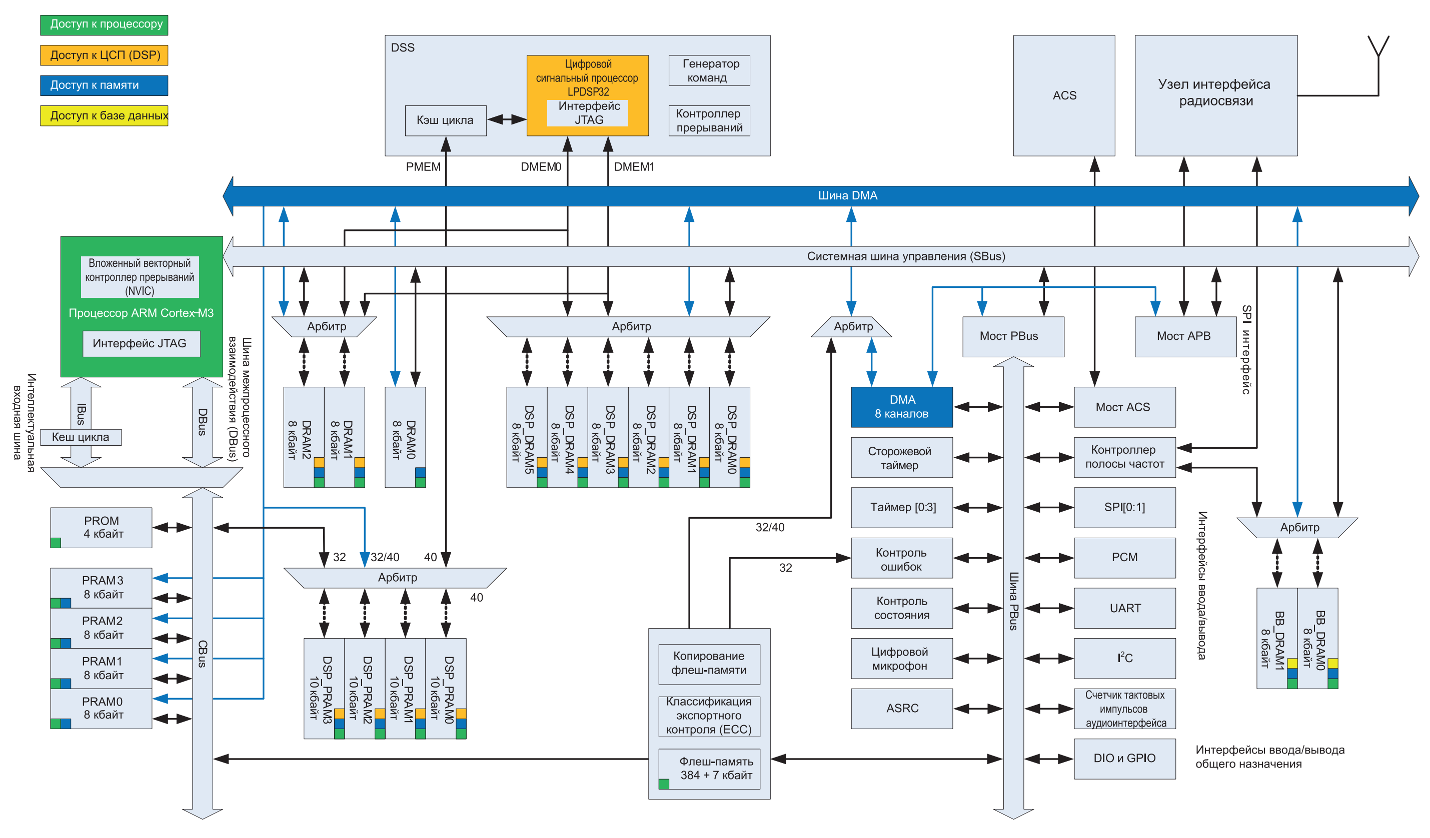

Рис. 3. Архитектура модуля RSL10

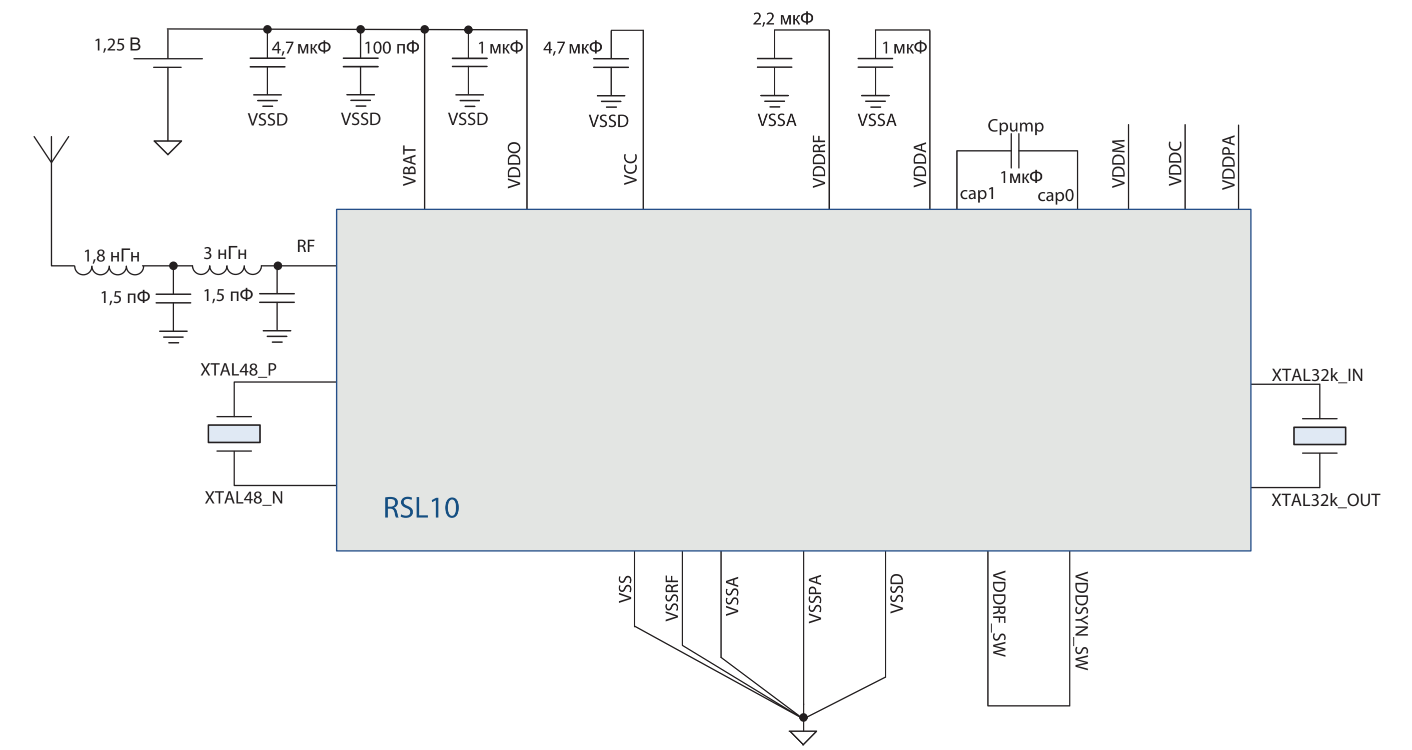

Рис. 4. Типовая схема включения модуля RSL10 при напряжении питания 1,25 В

Блок управления питанием

Блок управления питанием RSL10 предотвращает отключение модуля при падении напряжения батареи ниже допустимого значения, необходимого для надежной работы, и возможное повреждение при установке или извлечении батареи питания. Это достигается за счет непрерывного контроля напряжения питания и использования внутренних стабилизаторов и преобразователя напряжения.

Возможность работы в широких диапазонах изменения температуры и напряжения питания при низком энергопотреблении обеспечивается встроенным DC/DC-преобразователем (при напряжении источника питания более 1,4 В) и внутренним стабилизатором LDO (при напряжении питания V_{BAT} ниже 1,4 В).

Эти блоки обеспечивают работу других узлов питания:

- программируемого регулятора напряжения для питания цифрового ядра (VDDC);
- программируемого регулятора напряжения для питания памяти (VDDM);
- зарядового насоса, питающего аналоговые узлы и флэш-память (VDDA);
- программируемого регулятора напряжения для питания внешнего радиоинтерфейса (VDDRF);
- программируемого регулятора напряжения для подачи питания на узлы аудиоинтерфейса (VDDPA), который используется только при выходной мощности 6 дБм или при выходной мощности 3 дБм и напряжении батареи менее 1,4 В.

Регулятор VDDPA можно отключить (если RSL10 не должен работать при мощности более 0 дБм) и использовать только VDDRF.

Генераторы тактовых сигналов и часы реального времени

Сигналы системной тактовой частоты и времени RSL10 (SYSCLK) могут формироваться, используя различные источники. К этим источникам относятся:

- кварцевый генератор с частотой 48 МГц, используемый при нормальной работе;
- внутренний подстраиваемый RC-генератор, обеспечивающий формирование сигналов частотой 3–12 МГц, используемых при запуске системы;
- часы реального времени, используемые в режиме ожидания, формирующие сигналы от одного из генераторов:
  - RC-генератора 32 кГц,
  - кварцевого генератора 32 кГц,
  - внешнего генератора, сигнал которого подается на один из входов DIO0–DIO3;
- часы JTAG, используемые в режиме отладки;
- внешний источник синхронизации, сигнал которого подается на вход EXTCLK.

Все сигналы синхронизации, генерируемые в системе, можно отключить, когда они не используются. Кроме того, у каждого из таких генераторов есть связанный настраиваемый предварительный делитель частоты, предназначенный для минимизации рассеиваемой мощности.

Блок детектора сигналов синхронизации может использоваться для мониторинга работы генераторов и часов реального времени в спящем и ждущем режимах. В случае падения тактовой частоты ниже определенного порога модуль RSL10 IC будет сброшен. Порог обнаружения отклонения частоты установлен по умолчанию равным 2 кГц. Этот блок и запускаемый им сброс включен по умолчанию. При необходимости он может быть отключен.

Узел интерфейса радиосвязи (Radio Front End)

Интерфейс радиосвязи RSL10 2,4 ГГц реализует физический слой для стандарта технологии Bluetooth с низким энергопотреблением и другие стандартные и специальные протоколы. Диапазон рабочих частот 2,4–2,4835 ГГц. Модуль поддерживает:

- сертифицированный Bluetooth 5 с поддержкой LE 2M PHY;
- пользовательский аудиопротокол ON Semiconductor и другие настраиваемые протоколы.

Узел интерфейса радиосвязи RSL10 включает необходимое оборудование для поддержки следующих стандартов и протоколов. Приемный тракт построен по супергетеродинной схеме с низкой промежуточной частотой. Вход приемника несимметричный, входное сопротивление 50 Ом. На входе приемника установлен малошумящий усилитель высокой частоты и смеситель. Усилитель мощности передатчика обеспечивает мощность 3 дБм в режиме Bluetooth и для приложений стандарта 802.15.4 (физический слой и управление доступом к среде для беспроводных персональных сетей с низким уровнем мощности сигнала, включая ZigBee и Thread) с модуляцией OQPSK, а также до 6 дБм с отдельным источником питания усилителя мощности. Модуль содержит встроенный синтезатор частоты с малым временем установления, позволяющий осуществлять прямую модуляцию сигнала и узел контроля мощности принимаемого сигнала, а также полностью интегрированный модем на основе модуляции FSK с программируемой формой импульса, скоростью передачи данных и индексом модуляции.

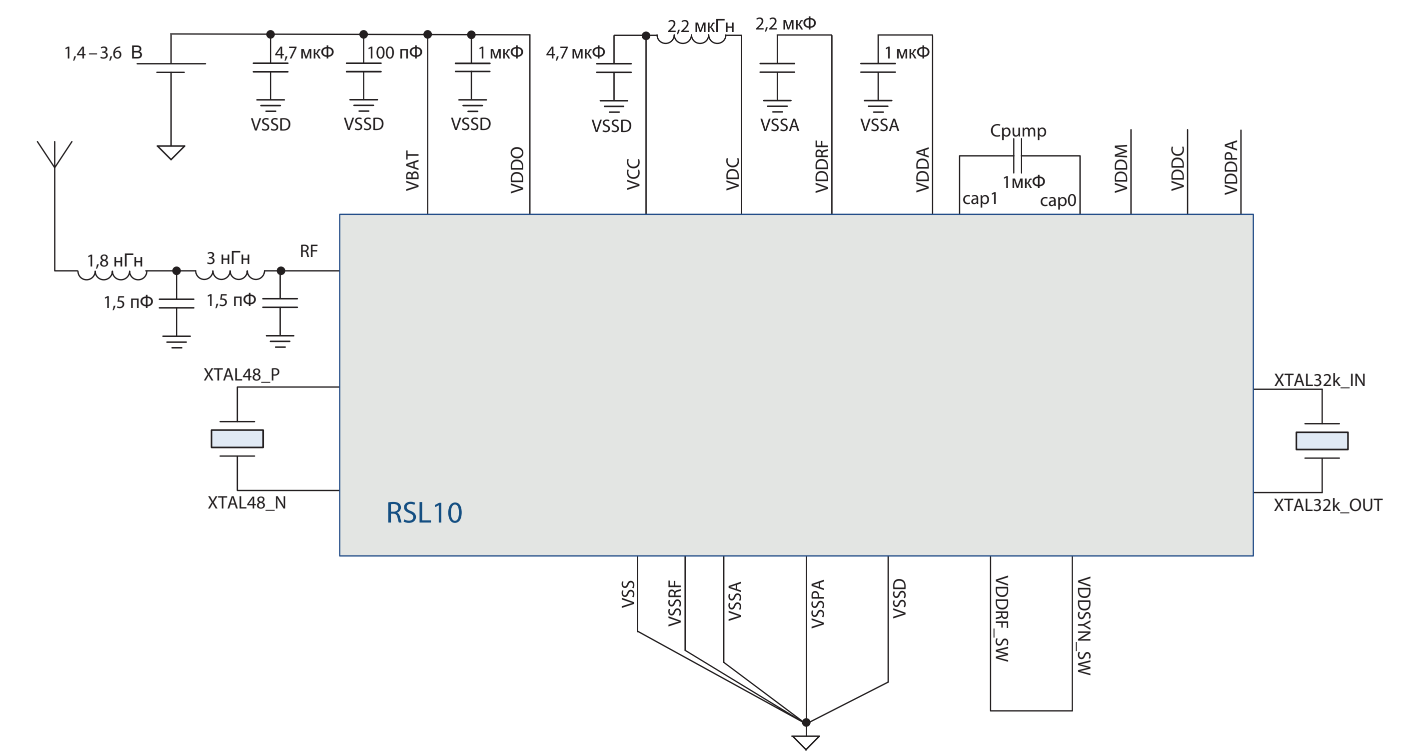

Рис. 5. Типовая схема включения модуля RSL10 при напряжении питания 1,4–3,6 В

Модуль позволяет программировать скорость передачи данных в диапазоне 62,5 кбит/с — 2 Мбит/с и автоматически осуществлять обработку пакетов данных:

- автоматически вставлять преамбулу и синхронизирующие слова;
- автоматически обрабатывать длину пакета;
- базовую проверку адреса;
- автоматический расчет и проверку CRC с программируемым полиномом;
- поддержку нескольких кадров.

На рис. 4 и 5 приведены типовые схемы включения модуля при напряжении питания 1,25 В и напряжении более 1,4 В.

Кроме модуля RSL10, компания ON Semiconductor выпускает модуль RSL10 SIP (System-In-Package), показанный на рис. 6 [3].

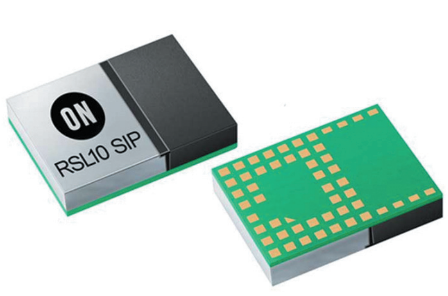

Рис. 6. Модуль RSL10 SIP

Кроме модуля RSL10, система RSL10 SIP имеет встроенную антенну и все необходимые пассивные компоненты для минимизации общего размера системы. Этот модуль полностью соответствует требованиям FCC, CE и другим стандартам, устраняет необходимость по конструированию дополнительной антенны и сертификации радиочастотной части.

Миниатюрные размеры и низкое энергопотребление позволяют использовать этот модуль в таких приложениях, как:

- фитнес-трекеры/мониторы активности;
- «умные» часы;
- слуховые аппараты и наушники;
- мониторы сердечного ритма;
- мониторы глюкозы в крови (BGM);
- непрерывные мониторы глюкозы в крови (CGM);
- пульсоксиметры;
- бытовая техника (кондиционеры, вентиляторы и др.);
- «умные» замки;
- системы освещения;
- автомобильные приложения.

Комплект разработчика программного обеспечения RSL10 (SDK) позволяет быстро разрабатывать приложения Bluetooth со сверхнизким энергопотреблением [4].

В состав программного обеспечения входят:

- бесплатная IDE ON Semiconductor на основе Eclipse плюс поддержка Keil uVision и IAR Embedded Work Bench;
- полный стек протоколов Bluetooth Low Energy;
- ПО для ячеистой сети Bluetooth с низким энергопотреблением с приложением Android;
- FOTA (прошивка по радиоканалу) с приложениями для Android и iOS;
- FreeRTOS.

Кроме модулей RSL10 и RSL10 SIP, компания ON Semiconductor предлагает несколько отладочных плат [5].

RSL10-SIP-001GEVB: RSL10 SIP Development Board

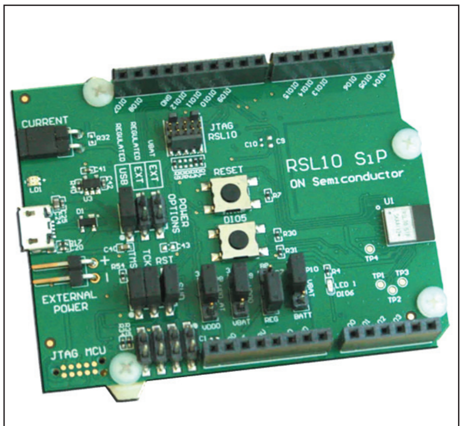

Рис. 7. Отладочная плата RSL10-SIP-001GEVB

Основные характеристики платы (рис. 7):

- встроенная антенна (входит в состав RSL10 SIP);
- встроенный 4-битный преобразователь уровня для преобразования интерфейса отладки LPDSP32 при низком напряжении в отладчик JTAG 3,3 В;
- доступ ко всем периферийным устройствам RSL10 SIP через стандартные заголовки;
- альтернативный встроенный интерфейс SWJ-DP (последовательный провод и / или JTAG) для отладки процессора Arm Cortex-M3;
- встроенный адаптер J-link обеспечивает интерфейс SWJ-DP (JTAG), который позволяет осуществлять отладку платы, используя USB-соединение с ПК;
- соответствие форм-фактору Arduino.

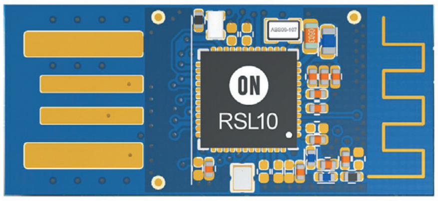

Рис. 8. Отладочная плата RSL10-USB001GEVK

RSL10-USB001GEVK: RSL10 USB Dongle

Основные характеристики платы (рис. 8):

- сертифицирована в соответствии с международными правилами беспроводной связи;
- программное обеспечение Bluetooth low-energy explorer;
- сертификация Bluetooth 5, совместимость с одним режимом (Bluetooth с низким энергопотреблением);
- поддерживает режимы Master и Slave;
- поддерживает до четырех подключений;
- хост-интерфейсы;
- диагностика соединений Bluetooth Low Energy во время разработки приложений;
- мощность передачи: +6 дБм;
- чувствительность приемника: –94 дБм;
- USB (эмуляция виртуального COM-порта).

RSL10-002GEVB

Основные характеристики платы RSL10-002GEVB [6] (рис. 9):

- соответствие форм-фактору Arduino;
- поддержка PMOD (например, J4 — стандартный разъем);
- встроенная функция J-Link для простой отладки;
- альтернативный встроенный SWJ-DP (JTAG) для отладки процессора ARM Cortex-M3;
- доступ ко всем периферийным устройствам RSL10 через стандартные заголовки;
- встроенный 4-битный преобразователь уровня для преобразования интерфейса отладки LPDSP32 при низком напряжении в отладчик JTAG 3,3 В;
- цепь согласования и фильтр антенн;

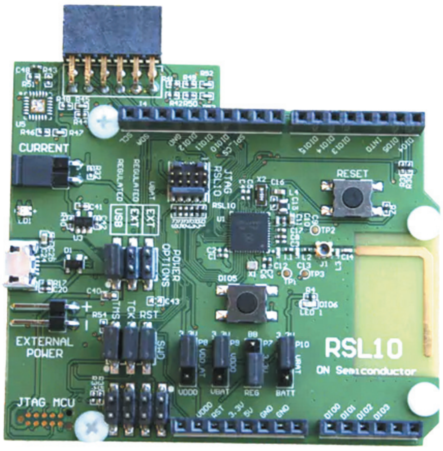

Рис. 9. Отладочная плата RSL10-002GEVB

- встроенная антенна на печатной плате.

В [2] приведена подробная инструкция по работе с этой платой с различным программным обеспечением [8], даны примеры кода, позволяющие ускорить разработку различных приложений.

ON Semiconductor Bluetooth IoT Development Kits

ON Semiconductor Bluetooth IoT Development Kits [7] — это комплексная платформа для подключения узлов к облаку и модульная платформа IoT, которая позволяет разрабатывать различные сценарии использования на основе BLE (рис. 10). Комплект разработки IoT построен с помощью сертифицированной системы на кристалле (SoC) с низким энергопотреблением RSL10 Bluetooth 5, которая служит базовой платой для комплекта разработчика. Комплект для разработки Bluetooth IoT отличается оптимизированным энергопотреблением, готовым к использованию образцом кода и модульным оборудованием, состоящим из датчиков и исполнительных механизмов. Образец кода присутствует в пакете CMSIS программного обеспечения для разработки и предоставляет несколько вариантов использования. Этот комплект разработки поставляется с мобильным при-

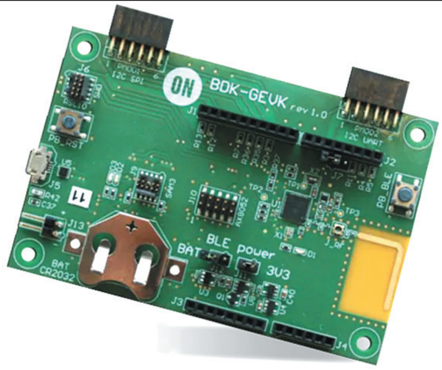

Рис. 10. Отладочная плата Bluetooth IoT Development Kits

ложением, которое позволяет осуществлять взаимодействие с исполнительными механизмами и датчиками. Плата обеспечивает простое подключение к другим платам комплекта разработчика IoT.

Более подробно с параметрами модуля можно ознакомиться в [1], а с его программированием — в [2]. ■

Литература

1. www.onsemi.com/pub/Collateral/RSL10-D.PDF
2. www.onsemi.com/pub/Collateral/RSL10%20GETTING%20STARTED%20GUIDE.PDF
3. www.4donline.ihs.com/images/VipMasterIC/IC/ONSM/ONSM-S-A0006115669/ONSM-S-A0006115669-1.pdf?hkey=52A5661711E402568146F3353EA87419
4. www.onsemi.com/pub/Collateral/RSL10%20SOFTWARE%20PACKAGE.ZIP
5. www.avnet.com/wps/portal/us/products/new-product-introductions/npi/onsemiconductor-rsl10-sip/
6. www.onsemi.com/PowerSolutions/extSearch.do?query=RSL10-002GEVB&param1=type&param1_val=evalboard
7. www.eu.mouser.com/new/on-semiconductor/onsemi-bluetooth-iot-development-kits/
8. www.onsemi.com/pub/Collateral/RSL10%20SOFTWARE%20PACKAGE.ZIP