

Модули Bluetooth, Wi-Fi и NFC производства u-blox—connectBlue для «Интернета вещей»

Часть 1. Модули с поддержкой Bluetooth

В статье рассматриваются модули Bluetooth и Wi-Fi компании u-blox, которые выпускаются под ее брендом в настоящее время в шведском городе Мальме. Полная техническая информация о других изделиях находится в свободном доступе на сайте фирмы.

Виктор Алексеев, к. ф-м. н.

Швейцарская фирма u-blox хорошо известна во всем мире, как один из ведущих производителей 2G/3G/4G-модулей для M2M-приложений, а также GNSS-модулей для систем спутникового мониторинга движущихся объектов.

В конце мая 2014 г. u-blox объявила о покупке шведской фирмы connectBlue AB. В настоящее время процесс поглощения завершен, и модули Bluetooth и Wi-Fi производства connectBlue теперь выпускаются под торговой маркой u-blox.

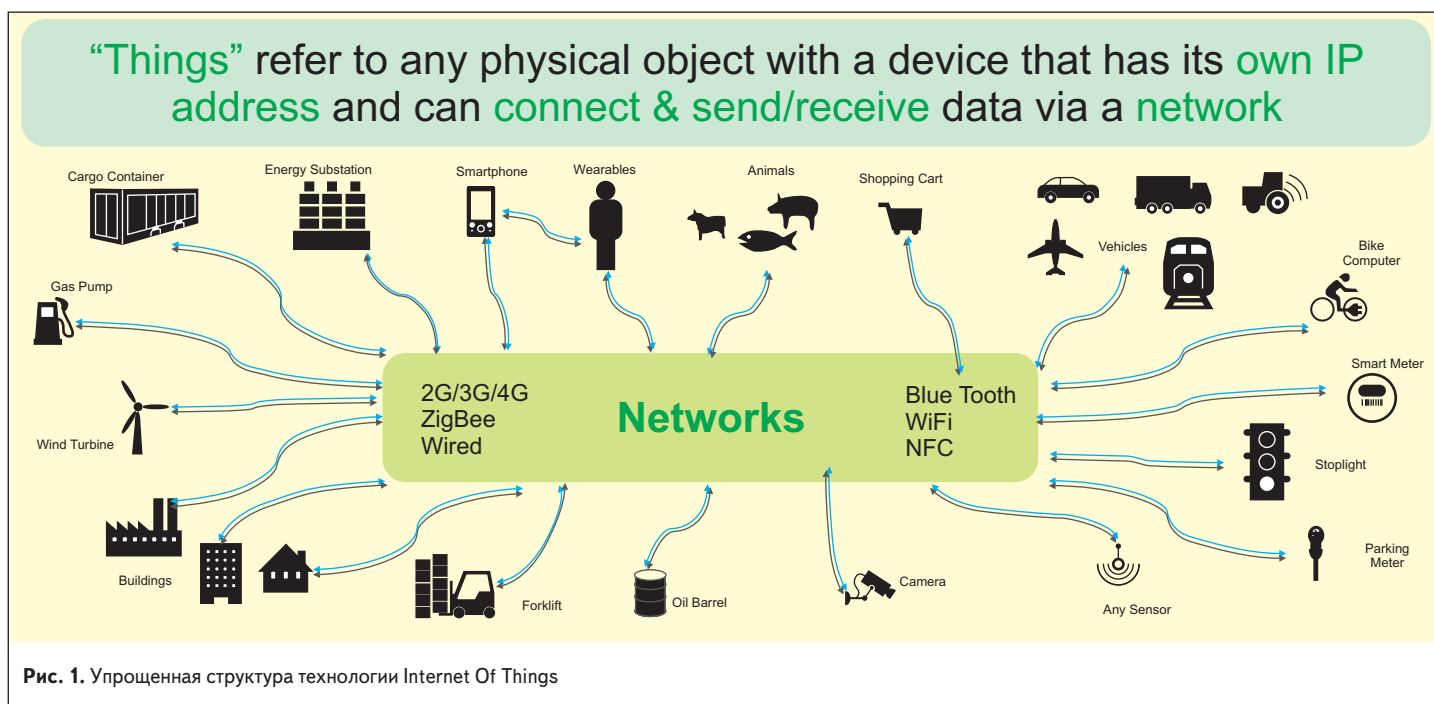
IoT и мобильные сети поколения 5G

В последние годы термин «Интернет вещей» (Internet of Things, IoT) приобретает все большую популярность в среде беспроводных

технологий. В данном смысле «thing» означает любой физический объект, который имеет свой собственный уникальный IP-адрес и может обмениваться данными через Интернет с другими аналогичными устройствами [1].

На начальном этапе развития Интернета информацию по сетям можно было передавать между компьютерами, работающими под управлением оператора. Этот период обычно называют «Интернет людей». На следующих этапах появились программно-аппаратные комплексы, способные обмениваться данными через Интернет без участия человека. Это и стало началом эры IoT. На рисунке 1 показана упрощенная структура технологии IoT [2].

Уже сегодня можно наблюдать, как через Интернет постоянно связываются между собой



различные устройства, работающие без участия человека, такие, например, как системы управления освещением, автоматические системы климат-контроля, автоматические системы полива, метеодатчики, датчики пожарной и охранной сигнализации, системы автоматической рассылки информационных сообщений на телефоны и гаджеты, светофоры и т. д.

По данным [3], в мире в сетях мобильной связи сейчас работает более 3 млрд. различных устройств. На сегодня это, по большей части, телефоны, планшеты, мобильные терминалы и устройства, обеспечивающие мобильный широкополосный доступ в рамках технологии «Интернет людей». По вполне понятным причинам, связанным с ограниченностью населения, темп роста этих продуктов будет снижаться. При этом тенденция развития явно изменяется в пользу «Интернета вещей». По оценкам [2], к 2020 г. IoT будет связывать «все, что только может выиграть от подключения к Интернету» и количество «неодушевленных мобильных устройств» превысит в десятки раз количество мобильных телефонов и гаджетов. В результате общее число устройств мобильного доступа может превысить 26 млрд. единиц по всему миру (рис. 2) [4].

Чтобы обеспечить надежную и бесперебойную работу всех этих устройств, необходимы сети нового поколения — 5G. Основная их цель заключается в создании единой управляющей системы, которая позволит всем существующим стандартам и приложениям беспроводной связи взаимодействовать между собой по общим правилам. Разрабатываемая технология 5G основывается на концепции единого ядра с единой инфраструктурой, через которую будут взаимодействовать все операторы беспроводной связи, независимо от используемой ими технологии доступа. Таким образом, сети 5G должны объединить на базе общей платформы в единое целое все беспроводные системы с различными стандартами.

По сравнению с 4G, в сетях 5G предполагается увеличить в десятки раз скорости передачи, а также увеличить более чем в 1000 раз объем передаваемых данных и более чем в 100 раз количество присоединенных абонентских устройств в одной соте. Кроме того, специальные требования предъявляются к снижению таких параметров, как энергопотребление и время отклика.

Новая сетевая архитектура сетей 5G с поддержкой IoT должна обеспечивать:

- уплотнение на основе малых сот по принципу «одна точка 1Tx/1Rx на каждого абонента»;
- централизованный доступ на базе программно-определяемой радиосистемы (Software-defined radio, SDR);
- программно-конфигурируемую сеть (Software-defined Networking, SDN);
- физическое разделение трафика в режимах передачи и управления;
- использование новых диапазонов 6–60 ГГц;
- гибкое совместное использование частотных ресурсов;
- адаптивные сети и межсетевое взаимодействие различных технологий радиодоступа;
- самонастраивающиеся и самооптимизирующиеся сети.

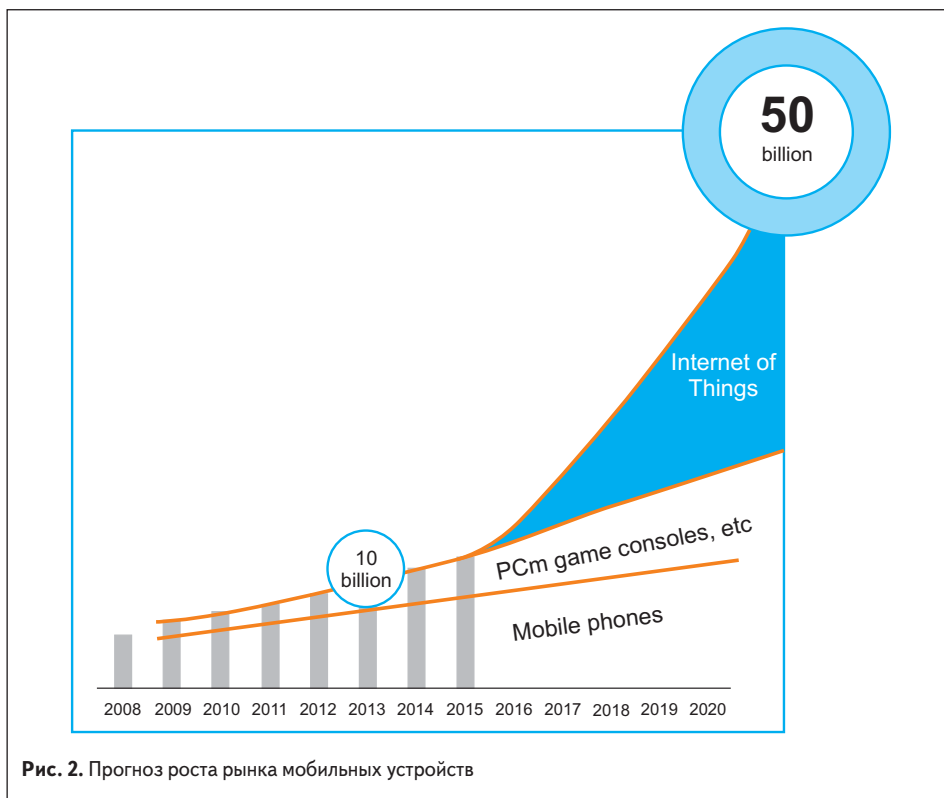


Рис. 2. Прогноз роста рынка мобильных устройств

В компании u-blox проекту «Интернет вещей» уделяется значительное внимание. Базовая концепция проекта connectBlue-IoT связана с разработкой оборудования для «последних 100 м Интернета вещей» (рис. 3).

Согласно идеологии connectBlue-IoT, беспроводные устройства для «Интернета вещей» должны удовлетворять следующим требованиям:

- минимальная цена беспроводного модуля для каждого класса изделий;
- минимальное энергопотребление для каждого класса изделий;
- простота и надежность эксплуатации;
- безопасность соединения;
- совместимость с большинством гаджетов, смартфонов, планшетов, ноутбуков;
- возможность масштабирования без значительных дополнительных затрат;
- соответствие международным стандартам.

Для большинства возможных областей применения технологии Bluetooth 2.1/3.0/4.0/4.1, Wi-Fi,

ZigBee, NFC наилучшим образом соответствуют приведенным выше требованиям (табл. 1).

По существу, беспроводные сети с поддержкой IoT представляют собой интегрированный набор отдельных технологий, решающих конкретную прикладную задачу.

Если требуется обмен минимальными объемами информации, оптимальным вариантом представляется стандарт ZigBee 3.0, который разрабатывается ZigBee Alliance специально для IoT-приложений. Так, например, для управления уличным освещением можно использовать отдельные Mesh-сети с дешевыми медленными датчиками ZigBee. В общегородскую структуру такая локальная сеть интегрируется с помощью высокоскоростных WAN-шлюзов.

В тех случаях, когда можно использовать оборудование с электропитанием от сети, целесообразно применение дешевых модулей Bluetooth 2.1/3/0. Классические модули Bluetooth будут также использоваться в автомобильной

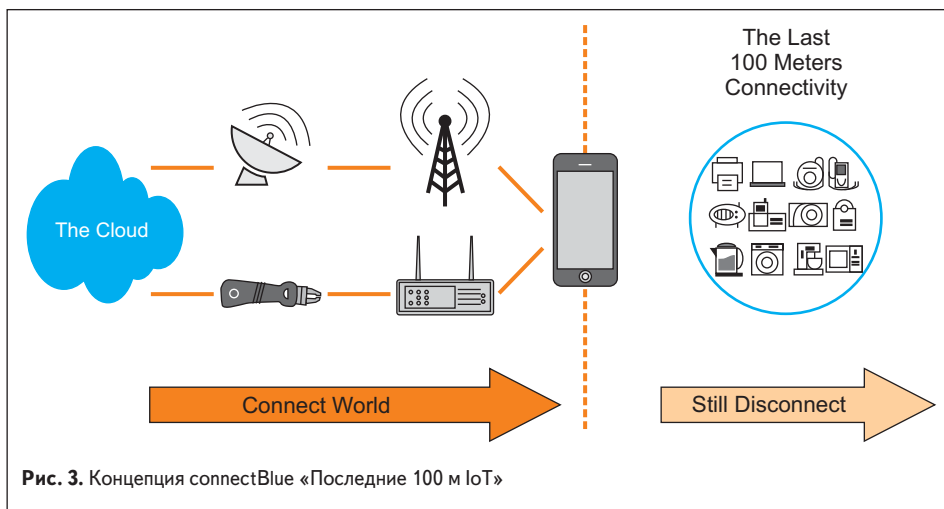


Рис. 3. Концепция connectBlue «Последние 100 м IoT»

Таблица 1. Наиболее предпочтительные технологии для концепции connectBlue—IoT

Область применения	Bluetooth Classic (2.1, 3.0)	Bluetooth BLE (4.0, 4.1)	ZigBee	WiFi	NFC
Беспроводные системы контроля расхода воды, электричества, газа	Нет	Да	Да	Нет	Нет
Системы охранной сигнализации	Да	Да	Нет	Да	Да
Медицинское оборудование	Да	Да	Нет	Да	Нет
Мощное бытовое электрооборудование (холодильники, стиральные машины, кондиционеры, освещение и т.д.)	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Бытовая электроника (аудио-видео системы, домашняя охранная сигнализация, телеметрия и т.д.)	Да	Да	Да	Да	Нет
Офисное оборудование	Да	Да	Нет	Да	Нет
Системы спутникового мониторинга	Нет	Да	Нет	Да	Нет
Платежные терминалы	Да	Да	Нет	Нет	Нет
Автомобильная электроника	Да	Да	Нет	Да	Да
Индустриальная автоматика	Да	Нет	Нет	Да	Нет
Сельское хозяйство	Да	Да	Да	Да	Нет
Коммунальное хозяйство	Да	Да	Да	Да	Нет
Метеодатчики	Нет	Да	Да	Нет	Нет

электронике и индустриальной автоматике. Для телемедицины развивается Bluetooth-оборудование, соответствующее стандартам Application-level Interoperability IEEE 11073-xxxx Personal Health Devices, с выходом в Интернет через Bluetooth/4G-серверы.

В тех приложениях, где необходимы интеллектуальные датчики с микропотреблением, которые способны обеспечить автономную работу без перезарядки аккумуляторов в течение

нескольких лет, целесообразно использовать стандарт Bluetooth BLE 4.0/4.1.

Для высокоскоростных приложений будет применяться оборудование Wi-Fi 801.11.

Для структур, критичных ко времени срабатывания, наиболее перспективными представляются высокоскоростные локальные сети WiMAX (802.16).

Для передачи высококачественного потокового видео в условиях большой загрузки будет

использоваться специальное оборудование стандарта 802.11ac/ad (WiGig).

Модули Bluetooth производства u-blox для «IoT»

Продукция u-blox включает готовые к эксплуатации модули, а также спроектированные на заказ программные и аппаратные решения, предназначенные для работы в областях, критичных к наводкам и внешним помехам.

Специально для приложений, связанных с IoT, были разработаны две модели: OBS421 и OLP425.

Серия OBS421 спроектирована на базе двухсистемного Bluetooth-чипа Texas Instrument CC2564 и встроенного микропроцессора ST Microelectronics STM32F10x [5]. Модули серии OBS421 — это законченные, интеллектуальные модули стандарта Bluetooth 4.0, Dual mode, сочетающие в себе функции Classic Bluetooth и функции модулей с низким энергопотреблением BLE.

В состав аппаратной части модулей входят: базовый чип, контроллер связи (baseband); управляющий контроллер, с помощью которого реализуются верхние уровни стека Bluetooth, встроенная память, которая используется для прикладных программ. Flash-память модуля служит для хранения протокола Bluetooth и прикладных программных блоков.

Базовый чип CC2564 предназначен для работы с двумя стандартами: Bluetooth 2.1 + EDR и Bluetooth 4.0 [6].

Структурная схема трансивера показана на рис. 4.

Архитектура чипа CC2564 основана на принципе Software Defined Radio (SDR), который позволяет создавать универсальные устройства, способные работать с максимально возможным количеством радиостандартов.

В этих трансиверах предельно упрощена аналоговая часть устройства, и используется единый канал для предварительной аналоговой обработки всех радиосигналов, принимаемых трансивером. При этом все задачи по декодированию и обработке сигналов возложены на мощный процессорный блок. Такой подход позволяет создавать трансиверы, предназначенные для работы в широком диапазоне частот с различными принципами модуляции и кодировки.

Радиосигналы всех диапазонов принимаются антенной, затем поступают в блок частотных фильтров и затем подаются на «цифровой радиопроцессор» — Digital radio processor (DRP).

При разработке чипа CC2564 использовано третье поколение DPR TI, структурная схема которого показана на рис. 5.

Приемная часть DPR использует архитектуру обработки радиосигнала с нулевой промежуточной частотой (Near-zero-IF architecture), позволяющую преобразовывать полезный радиосигнал в немодулированные данные.

Не углубляясь в сложную схему работы чипа, отметим лишь, что в результате на процессорный блок (рис. 4) подается матрица данных, соответствующая образу сигналов различных стандартов и форматов. В процессорном блоке, который управляется с помощью специального программного обеспечения (ПО), этот образ сравнивает-

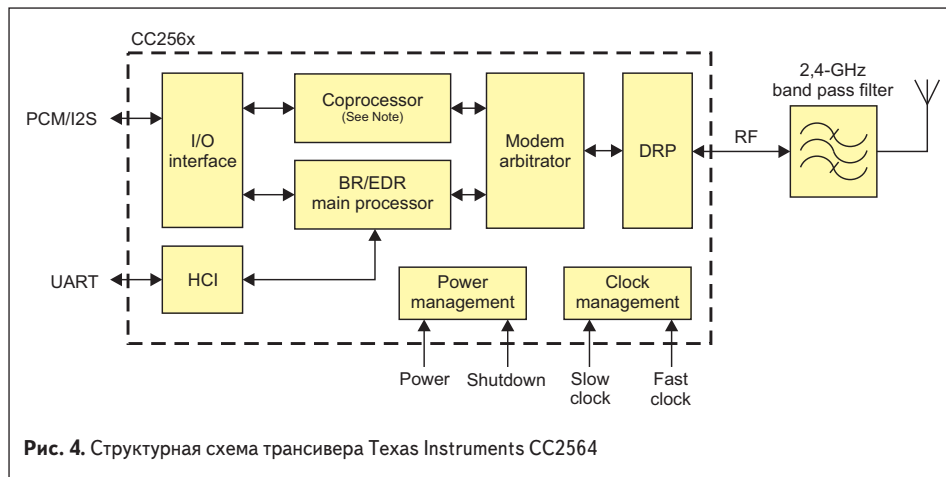


Рис. 4. Структурная схема трансивера Texas Instruments CC2564

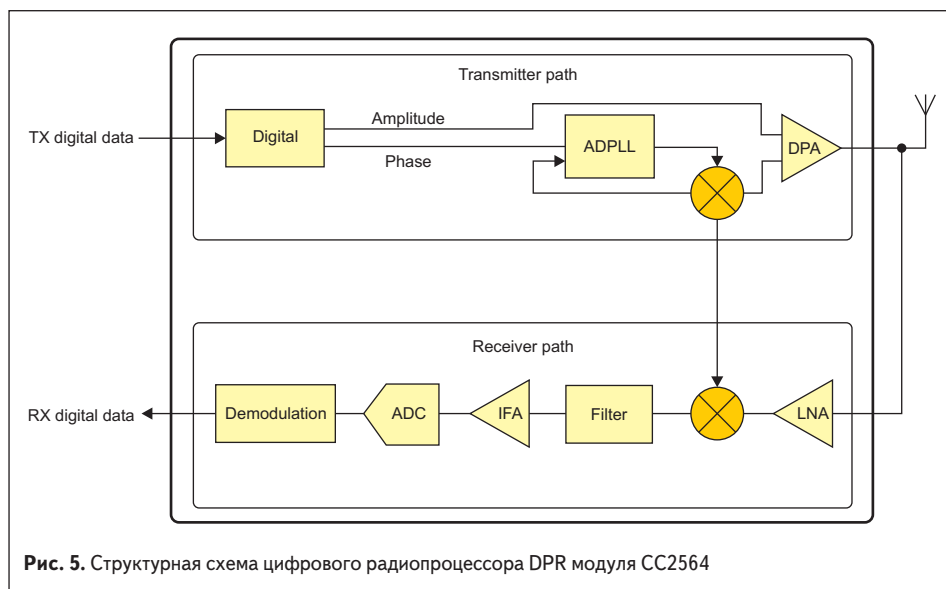


Рис. 5. Структурная схема цифрового радиопроцессора DPR модуля CC2564

ся с математическими моделями сигналов соответствующих стандартов. В основе вычислительного метода используются так называемые «фильтры Калмана». Алгоритм обработки данных позволяет убрать шумы и фоновую информацию. В «фильтре Калмана» задаются начальные параметры того сигнала, который нужно выделить на фоне множества других. При этом весь спектр разлагается на отдельные составляющие. Далее эта сумма составляющих проходит через последовательность фильтров, на каждом из которых экстрагируется нужный компонент.

В цифровом типе трансиверов ПО является главным элементом системы и практически полностью обеспечивает обработку сигналов, принятых общей антенной. В конечном итоге после математической обработки процессорный блок выдает на интерфейс HCI «чистые данные» всех тех форматов и стандартов, которые поддерживаются данным типом цифрового трансивера.

В передающем блоке «цифрового процессора DRP» (рис. 5) используется метод цифровой сигма-дельта фазовой автоподстройки-частоты (ADPLL). Генератор, контролируемый процессорным блоком, обеспечивает тактовую частоту 2,4 ГГц. Фазо-модулированный сигнал подается в блок ADPLL, где вырабатывается амплитудно-модулированный сигнал, поступающий затем на усилитель E-класса. В общем случае описанный механизм показывает схему формирования и передачи в эфир стандартных Bluetooth-сообщений с помощью технологии TI DRP.

При разработке чипа CC2564 была применена новейшая технология TI Bluetooth core, которая позволила получить уникальные в своем классе характеристики радиоканала: Class 1.5 TX с выходной мощностью передатчика до +12 дБм и чувствительностью приемника –93 дБм.

На базе трансивера CC2564 фирма «connectBlue-u-blox» производит серию модулей OBS421, в состав которой входят перечисленные ниже модели с поддержкой «классического» Bluetooth и BLE:

- OBS421i/x/j-24 — разъем JST, разъем B2B, контактные площадки для поверхностного монтажа;
- OBS421i/x/j-24 — разъем B2B, контактные площадки для поверхностного монтажа;
- OBS421i/x/j-i6 — разъем JST, разъем B2B, контактные площадки для поверхностного монтажа, поддержка протоколов iAP (iPod accessory protocol) для iPhone, iPad, iPod.
- OBS421i/x/j-i4 — разъем JST, разъем B2B, контактные площадки для поверхностного монтажа, поддержка протоколов iAP для iPhone, iPad, iPod.

В наименованиях модулей буквенные индексы означают: i — стандартная встроенная антенна; x — разъем U.FL для подключения внешней антенны; j — тонкая встроенная антенна.

Возможны два варианта монтажа модуля на плату: поверхностный монтаж с помощью пайки контактных площадок J6 (рис. 6) и подключение с помощью разъема B2B (20x20 выводов, шаг 1 мм, J2-J3). Подробное описание контактных площадок приведено в [5]. В моделях с JST на разъем SM06B-SRSS-TB, J8 выведены контакты напряжения питания и линия нулевого провода (рис. 7).

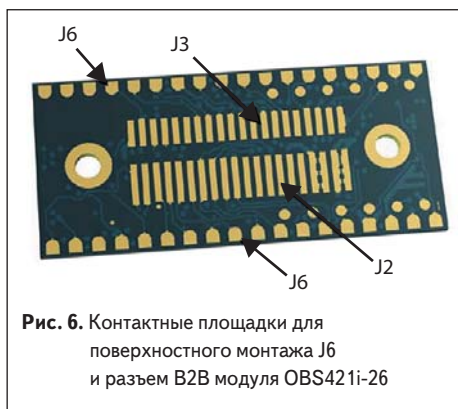


Рис. 6. Контактные площадки для поверхностного монтажа J6 и разъем B2B модуля OBS421i-26

Технические характеристики модулей серии OBS421 приведены в таблице 2. В основном, все отмеченные выше модели OBS421i-26, OBS421i-24, OBS421i-i4, OBS421i-i6 имеют одинаковые технические характеристики, за исключением нескольких параметров.

В линейке продукции u-blox есть «классические» модели — OBS418 и OBS419 с поддержкой стандарта Bluetooth 2.1, Class 1 (IEEE 802.15.1). Модули предназначены для работы в системах промышленной автоматики. При эксплуатации в промышленности устройства Bluetooth функционируют в условиях сильных помех, которые могут создаваться высоковольтными линиями передачи, сварочными аппаратами, магнитными полями электродвигателей и другими аналогичными источниками. Поэтому к таким Bluetooth модулям предъявляются особые требования.

Есть некоторые отличительные особенности в ПО модулей. Модели OBS421i-i4 и OBS421i-i6 поддерживают работу с протоколами iPod accessory protocol для iPhone, iPad, iPod [7]. Остальные модели не поддерживают эту опцию.

Модули серии OBS421 могут работать в различных режимах энергосбережения:

- В активном режиме задействованы все заложенные функции. Включен внутренний стабилизатор напряжения. Питание подается на ядро процессора и на все вспомогательные блоки. Включены все высокочастотные тактовые генераторы. Полностью реализован прямой доступ к памяти FLASH, SRAM. Максимальный ток потребления не превышает 10 мА.
- В режиме энергосбережения схема контроля и регулировки напряжения включена. Вспомогательные кварцевые генераторы выключены. Доступны RAM и регистр хранения данных. Модуль перейдет в активный режим при получении одного из трех сигналов: RESET, сигнал внешнего прерывания или сигнал срабатывания таймера спящего режима. Ток потребления — 0,6 мА.

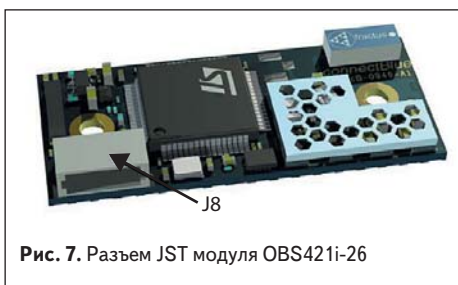


Рис. 7. Разъем JST модуля OBS421i-26

Существуют несколько вариантов базовых прошивок программного обеспечения модулей connectBlue, которые соответствуют различным режимам работы: AT* Mode, Data Mode, Extended Data Mode.

В первом варианте ПО connectBlue позволяет управлять модулем с помощью простых ASCII-команд (стандартные коды обмена информацией). В этой конфигурации модуль поставляется с уже установленным интерфейсом ASCII-команд, управление осуществляется при помощи простых символьных команд, аналогично тому, как это делается при работе с обычными модемами через AT-команды. При этом нет необходимости в использовании дополнительных специальных программ поддержки Bluetooth-протоколов верхнего уровня.

По умолчанию модуль запрограммирован в заводских условиях для работы в режиме передачи данных. Чтобы перевести модуль в режим работы с AT*-командами, нужно послать символьную последовательность «//» в течение 200 мс.

В варианте AT* программно реализованы основные уровни стека протокола Bluetooth. Это позволяет устанавливать беспроводное последовательное соединение между двумя Bluetooth-модулями и осуществлять обмен данными между ними при помощи набора простых команд.

Базовые модели серии OBS421 спроектированы для работы в качестве Bluetooth-адаптера последовательного порта. Встроенное ПО позволяет подключать эти модули к устройствам с COM-портом и управлять их работой с использованием набора символьных команд [9].

Маркетинговая политика фирмы u-blox заключается в том, что для наиболее массового сегмента рынка предлагается бюджетный вариант модулей OBS421 в формате беспроводного адаптера последовательного порта.

Существенно расширить функциональные возможности модулей OBS421 можно с помощью ПО connectBlue Embedded Bluetooth Stack — сBEBS, которое дает возможность разработчикам создавать свои собственные приложения, предназначенные для решения специальных пользовательских задач. Чтобы получить доступ к работе с расширенным вариантом ПО сBEBS, нужно воспользоваться отладочным комплектом сB-OBP421 SDK, который приобретается за дополнительную плату. Вместе с отладочным комплектом поставляется и набор программ сB-WDK-12-A сB-OBP421 [10]. Работа с этим отладочным комплектом подробно описана в [11].

Модуль OBS421 с загруженным сBEBS изготовитель обозначает как OBP421 — открытая платформа connectBlue с поддержкой Bluetooth 2.1 + EDR+BLE. Платформа OBP421 поддерживает интерфейсы UART, SPI, I²C, ADC, JTAG, GPIO. Более подробная информация о технических параметрах OBP421 приведена в документе [12].

Кроме универсальных (Dual mode) модулей OBS421, u-blox выпускает два бюджетных модуля стандарта Bluetooth 4.0, Single-mode:

- OLS425 — OEM Bluetooth Low Energy Serial Port Adapter — беспроводной адаптер последовательного порта с низким энергопотреблением BLE.

- OLP425 — OEM Bluetooth Low Energy Platform — беспроводная платформа с низким энергопотреблением BLE.

Благодаря использованию специального алгоритма работы, при котором передатчик включается только на время передачи данных, в модулях OLS425 удалось достигнуть ультранизкого энергопотребления — <0,5 мкА. Поэтому модули этой серии можно использовать в батарейных устройствах, в которых необходима продолжительная автономная работа без подзарядки. Питание модуля OLS421 может быть реализовано от стандартных батарей или аккумуляторов с напряжением 2–3,6 В. OLS425 и OLP425 предназначены для беспро-

водных портативных электронных устройств с батарейным питанием таких, например, как медицинские бытовые приборы, персональные трекеры, миниатюрные промышленные сенсоры и т. д.

Существенным образом отличается ПО этих двух модулей. Оба имеют стек протоколов Bluetooth BLE, который обеспечивает режимы микропотребления. Модуль OLS425 поддерживает AT*-команды connectBlue и режим низкого энергопотребления последовательного порта, однако не может работать с профилями верхнего уровня. ПО модуля OLP425 предоставляет разработчикам расширенные возможности работы с поддержкой

профилей верхнего уровня, поэтому модуль может выступать как в качестве «мастера», так и в качестве «ведомого». Технические характеристики модулей OLS425 и OLP425 приведены в таблице 2.

Все встроенное ПО модулей OLS425 и OLP425 разработано с использованием IAR Embedded Workbench for 8051. По специальному заказу возможна разработка дополнительного программного приложения пользователя и его загрузка на предприятии-изготовителе.

Модули OLP425 и OLS425 могут работать в различных режимах энергосбережения:

1. Питание на ядро не подается. Контроль и регулировка напряжения выключены. Так-

Таблица 2. Технические характеристики модулей серий OLS425, OLP425, OBS418, OBS419, OBS421

Наименование параметра	Значение параметра		
	OLS425, OLP425	OBS421	OBS418, OBS419
Стандарт	Bluetooth, BLE, v.4.0, single mode	Bluetooth, BLE, v.4.0, Dual mode, Bluetooth 2.1 + EDR	Bluetooth 2.1 (OBS418), Bluetooth 2.1 + EDR (OBS419)
Базовый чип	Texas Instrument CC2540	Texas Instrument CC2564	Texas Instrument CC2560
Встроенный микропроцессор	ST Microelectronics STM32F10x		
Частота, МГц	2402–2480		
Чувствительность приемника, дБм	-91	Bluetooth 2.1: -90; BLE: -91	-91
Выходная мощность для модуля со встроенной антенной, дБм	3 (OLS425i-04, OLP425i-04, OLP425i-16)	BLE: 5 (OLB421i-i4, OLB421i-24); Bluetooth 2.1: 10 (OLB421i-i4, OLB421i-24)	6 (OBS418/419i)
Выходная мощность для модуля с внешней антенной, дБм	6 (OLS425x-04, OLP425x-04, OLP425x-16)	BLE: 5; Bluetooth 2.1: 12 (OLB421x-i4, OLB421x-24)	8 (OBS418/419x)
Радиус действия для модуля со встроенной антенной, м	50 (OLS425i-04, OLP425i-04, OLP425i-16)	200 (OLB421i-i4, OLB421i-24)	75 (OBS418/419i)
Радиус действия для модуля с внешней антенной, м	200 (OLS425x-04, OLP425x-04, OLP425x-16)	300 (OLB421x-i4, OLB421x-24)	150 (OBS418/419x)
Скорость передачи данных	57,6 кбит/с	1,3 Мбит/с	OBS418: 350 кбит/с; OBS419: 950 кбит/с
Ширина канала, МГц	2		
Напряжение питания, В	2,0–3,6	3,0–6	
Ток потребления	Режим энергосбережения № 3: 0,4 мкА; Режим стандартной приемо-передачи RX/TX: 10 мА (пиковое значение)	0,6 мА (OBS419); 12 мА (OBS418)	
Протоколы стека Bluetooth (OLP425x-04, OLP425i-04 OLP425x-16, OLP425i-16)	Bluetooth 4.0 host stack: GAP, GATT (OLP425x-04, OLP425i-04 OLP425x-16, OLP425i-16)	Bluetooth stack: GAP, GATT, PAN, SPP, DUN (OLB421x/i-i4, OLB421x/i-24*)	OBS418/419: SPP, DUN GW, DUN DT, OBS419: PAN (roles – PANU & NAP)
Энергосберегающий режим последовательного порта (OLS425i-04, OLS425x-04)	u-blox Low Energy Serial Port Service		Нет
Интерфейс UART (все модели)	четырёхпроводной, высокоскоростной UART (CTS, TxD, RTS, RxD)		
Интерфейсы SPI, I ² C	SPI: MISO, CLK, MOSI, SS; I ² C: SCI, SDA (OLP425x-04, OLP425i-04 OLP425x-16, OLP425i-16)	SPI: MISO, CLK, MOSI, SS; I ² C: SCI, SDA (OLB421x/i-24)	Нет
АЦП	четырёхразрядный, 7–12 бит, 0–3 В (OLP425x-04, OLP425i-04 OLP425x-16, OLP425i-16)	четырёхразрядный, 7–12 бит, 0–3 В (OLB421x/i-24)	Нет
Встроенный температурный датчик (OLP425i/x16, OLP425i/x26)	Texas Instrument TMP112 (OLP425i/x16, OLP425i/x26)	Нет	Нет
Встроенный акселерометр	STMicroelectronics LIS3DH 2/4/8/16 g (OLP425i/x16, OLP425i/x26)	Нет	Нет
Индикация уровня принимаемого сигнала	RSSI monitoring		
Режимы работы	1 Master/1 Slave (OLS425x-04, OLS425i-04); 1 Master/3 Slave (OLP425x-04, OLP425i-04 OLP425x-16, OLP425i-16)	1 Master/7 Slave	1 Master/1 Slave (OBS418), 1 Master/3 Slave (OBS419)
Антенна	Встроенная Bluetooth (i) или разъем U.FL для подключения внешней антенны (x)		
Пользовательские входы/выходы	11 программируемых GPIO (OLS425x-04, OLS425i-04); 18 программируемых GPIO (OLP425x-04, OLP425i-04 OLP425x-16, OLP425i-16)	9 программируемых GPIO (OBS421i/x-24* OBS421i/x-i4); 21 программируемых GPIO (OBS421i/x-24)	9 программируемых GPIO (OBS418 OBS419)
Память	Встроенная Flash /EEPROM		
Управление	m-blox customer application platform (OLP425x-04, OLP425i-04 OLP425x-16, OLP425i-16)	Extended data mode protocol m-blox	OBS419: Extended data mode protocol m-blox
AT*-команды	Serial Port Toolbox (Windows) (OLS425x-04, OLS425i-04)		Serial Port Toolbox
Совместимость с устройствами Android	Android 4.3: Bluetooth 2.1 – SPP/PAN; BLE – GATT		
Контроль зависания системы	Watchdog timer		
Протоколы безопасности	AES-128 Encryption security profile		
Диапазон рабочих температур, °C	-40...+85		-30...+85
Габаритные размеры, мм	14,8×22,3×2,8	36×16×3	36×16×3,2
Вес, г	1,5	2,6	2,3
Сертификаты	Europe (ETSI R&TTE), US (FCC/CFR 47 part 15); Canada (IC RSS); Japan (MIC – formerly TELEC), Medical Electrical Equipment (IEC 60601-1-2), Bluetooth Qualification: v4.0		

Примечание: Чтобы отличать команды, разработанные connectBlue, от стандартных AT-команд, в данной статье используется обозначение AT*-команды.



Рис. 8. Внешний вид модуля OLP425

товые генераторы 16 МГц (RCOSC) и 32 МГц отключены. Генератор 32,768 кГц (XOSC, POR) и таймер режима «сна» включены. При этом работает либо RC-генератор, либо кварцевый генератор 32,768 кГц. Доступны RAM и регистр хранения данных. Ток потребления в этом режиме равен 0,9 мкА. Необходимо 120 мкс для возврата модуля в активный, полнофункциональный режим работы. Модуль «просыпается» по сигналу RESET, или по сигналу внешнего прерывания, а также при срабатывании таймера спящего режима. Информация о состоянии USB будет потеряна при вхождении в этот режим.

2. Питание на ядро не подается. Ни один из генераторов не работает. Ток потребления составляет 0,4 мкА. Стандартный «таблеточный» аккумулятор CR2032 может работать в этом режиме без подзарядки несколько лет. Время перехода в активный режим составляет 120 мкс. Модуль перейдет в активный режим по сигналу RESET или по сигналу внешнего прерывания. Существуют ограничения на доступ к RAM и регистру данных.

Модули OLS425 и OLP425 выпускаются в различных вариантах:

- OLP425i/x04 — нет держателя аккумулятора, нет встроенных датчиков, нет разъема JST, нет индикаторных светодиодов;
- OLP425i/x16 — есть встроенный температурный датчик и акселерометр, есть разъем JST, есть индикаторные светодиоды;
- OLP425i/x26 — есть встроенный температурный датчик и акселерометр, есть разъем JST, есть индикаторные светодиоды, есть держатель аккумулятора CR1632.

Каждая из перечисленных моделей выпускается со встроенной антенной (индекс i) или с разъемом U.FL для подключения внешней антенны (индекс x).

Модули OLP425 и OLS425 выполнены в конструктиве для поверхностного монтажа с контактными площадками, расположенными по периметру. Кроме того, имеются сквозные отверстия для подпайки проводов к линиям цифровых вводов/выводов. На контакт JST выведены линии электропитания.

Внешний вид модуля показан на рис. 8.

Для отладки BLE имеются несколько программ и отладочных комплектов.

Наиболее распространенным и доступным является комплект Texas Instruments SmartRF™

Studio (TI SRFS) [14–20]. Это ПО представляет собой приложение Windows, которое может использоваться для настройки и конфигурирования модуля, а также для написания простых приложений пользователя.

Выпускаются также отладочные комплекты u-blox — EVK-OLS426/OLP425 Evaluation Kits и CB-OLP425 development KIT. [21]. В комплект входят:

- модуль B-OLP425i-26 со встроенной антенной, JST-разъемом, температурным датчиком, акселерометром и держателем аккумулятора;
- адаптерная плата CC отладчика CB-ACC-73;
- переходной кабель для подключения модуля к отладчику CB-OLP425i-26.

Следует обратить внимание, что для работы с этим комплектом необходимо ПО CC2540 BLE Software [22].

Серия модулей с поддержкой BLE позволяет фирме u-blox выйти на новый уровень миниатюрных, переносных Bluetooth-устройств с батарейным питанием, которые предназначены для работы с такими приложениями, как:

- бытовые медицинские приборы (датчики сердечного ритма, шагомеры, тонометры, глюкометры, измерители содержания холестерина в крови, медицинские весы);
- миниатюрные информационные табло на ручных часах, связанные с iPad по Bluetooth-каналу;
- bluetooth-брелки для ключей и датчики домашних хозяйственных устройств;
- беспроводные ключи;
- парковочные автомобильные датчики.

В большинстве стандартных Bluetooth-модулей, предназначенных для бытовых целей, время задержки (интервал между двумя последовательными пакетами) составляет около опрос 25 мс. Для приложений, чувствительных к любым сбоям, такие времена задержки являются слишком большими. В модулях connectBlue в процессоре осуществляется быстрая обработка пакетов за счет использования минимально возможного интервала опроса и пакетов наименьшего размера (DM1). Такой подход позволяет реализовать время задержки (latency) около 5 мс.

Перечисленные выше направления возможных приложений BLE имеют огромный потребительский рынок. Поэтому будущее технологии Bluetooth 4 представляется достаточно перспективным. По оценкам специалистов, продукция с поддержкой Bluetooth 4.0 BLE, Dual-mode в ближайшие годы вытеснит с рынка оборудование, поддерживающее только классические версии Bluetooth.

Следует еще раз обратить внимание на характерные особенности модулей connectBlue: повышенная надежность при работе в жестких условиях промышленной эксплуатации и простота обслуживания, обеспечиваемая расширенным набором AT-команд. Поэтому модули connectBlue имеют явное преимущество по сравнению с другими Bluetooth-модулями и в таких областях, как авиация, транспорт, машиностроение, системы промышленной автоматизации. ■

Продолжение следует
 Список использованной литературы
 размещен на сайте журнала.