

Модули Bluetooth и Wi-Fi

производства GlobalTop Technology

Тайваньская фирма GlobalTop Technology (GlobalTop), основанная в 2006 г., получила признание в мире, прежде всего, благодаря уникальным разработкам и производству модулей спутникового позиционирования GPS и ГЛОНАСС. В статье пойдет речь о новом направлении для компании: Bluetooth v 4.0 BLE и Wi-Fi-модулях. Широкое применение такие устройства найдут в различных бытовых, торговых, промышленных и медицинских приложениях, где требуется беспроводная передача информации. С 2015 г. Wi-Fi- и BLE-модули производства GlobalTop будут поставляться в Россию.

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н.

Александр Беспалов
alexandr.bespalov@eltech.spb.ru

Модуль Orchid 1 Bluetooth 4.0 BLE с низким энергопотреблением

Модуль Orchid 1 (внутрифирменное название BCS-U1623) представляет собой законченный Bluetooth 4.0 Low Energy Profile (BLE) модуль на базе чипа CSR1010. Модули Orchid 1 работают в диапазоне открытых частот ISM: 2402–2480 МГц.

Спецификация с низким энергопотреблением Bluetooth BLE 4.0 разработана международным объединением SIG (Bluetooth Special Interest Group) специально для использования в батарейных устройствах, в которых требуется продолжительная автономная работа без подзарядки. Благодаря использованию специального алгоритма работы, при котором передатчик включается только на время передачи данных, в модуле Orchid 1 удалось достигнуть энергопотребления <5 мкА.

В спецификации Bluetooth 4.0 предусмотрено два типа устройств: Single-mode и Dual-mode. Базовые чипсеты Singlemode поддерживают работу только в соответствии со спецификацией 4.0. Чипсеты Dual-mode могут работать как с поддержкой Bluetooth 3.0, так и с поддержкой Bluetooth 4.0.

Модуль Orchid 1 относится к категории Single-mode. Устройства этого типа предназначены

прежде всего для беспроводных портативных электронных устройств, использующихся в телемедицине, персональных трекерах, миниатюрных промышленных сенсорах и других аналогичных устройствах. BLE-модуль Orchid 1 является законченным, полнофункциональным устройством Bluetooth и содержит чипсет CSR1010, периферийные блоки и интерфейсы, а также встроенные программные стеки различных протоколов, позволяющие создавать потребительские приложения [1]. Встроенная антенна, стек Bluetooth-протоколов, гибкие аппаратные интерфейсы позволяют легко интегрировать модули в существующее оборудование.

Питание модуля Orchid 1 может быть реализовано от стандартных батарей или аккумуляторов с напряжением 2,5–3,6 В. В модуле предусмотрен режим максимального энергосбережения, при котором ток потребления составляет всего 5 мкА. Чтобы привести модуль в рабочее состояние, требуются десятые доли миллисекунды.

Модуль выполнен в конструктиве для печатного монтажа. Все интерфейсные группы выведены на контактные площадки корпуса. Габаритные размеры 16×23×2,3 мм. Внешний вид модуля показан на рис. 1.

Структурная схема и описание

Блок-схема модуля Orchid 1 показана на рис. 2.

Основой модуля Orchid 1, определяющей его архитектуру и отличительные особенности, является базовый чипсет CSR1010 [2]. Он содержит на одном кристалле элементы, необходимые для создания устройств с поддержкой технологии Bluetooth 4.0.

Управление модулем осуществляется через порт UART (Tx, Rx). В спящем режиме максимальная скорость передачи составляет 2400 бит/с. Максимальная скорость передачи в обычном режиме работы — 2 Мбит/с. Интерфейс UART может быть использован для перезагрузки мо-



Рис. 1. Внешний вид модуля BCS-U1623

дуля. Так, например, при подаче длительного сигнала логического нуля на вход UART_RX модуль будет перезагружаться.

Двухпроводной интерфейс I²C имеет две линии — I²C serial clock line и I²C serial data line — и может быть использован для связи с внешней EEPROM или другими периферийными устройствами или датчиками. В этом интерфейсе поддерживаются скорости 100 и 400 кГц.

SPI используется как двухпроводной последовательный интерфейс для внутрисхемной отладки и перепрограммирования чипсета. Через этот интерфейс можно программировать весь объем Flash-памяти, останавливать и запускать выполнение пользовательских программ, выполнять инструкции по обслуживанию ядра. Кроме того, через отладочный интерфейс осуществляется управление кварцевыми генераторами частоты.

Память ROM/RAM предназначена для записи и хранения данных. Это специально разработанная модель с ультранизким энергопотреблением. Она сохраняет работоспособность, когда цифровая часть модуля отключена.

Модуль имеет пять цифровых программируемых пользовательских вводов/выводов GPIO и три аналоговых ввода/вывода AIO. Цифровые вводы/выводы GPIO включают пять двунаправленных, программируемых линий, поддерживающих сигналы в диапазоне 1–3,6 В. Вводы/выводы GPIO могут конфигурироваться с помощью внутреннего программного обеспечения с таким расчетом, чтобы работать в качестве повышающей (pull-up) или понижающей (pull-down) линий. Аналоговые вводы/выводы, поддерживающие сигналы в диапазоне 0–1,35 В, могут быть сконфигурированы как входы АЦП чипа CSR. Кроме того, эти линии можно использовать для вывода аналогового сигнала.

Два кварцевых генератора с частотами 32,768 кГц и 16 МГц предназначены для работы модуля в различных режимах энергосбережения. Таймер режима «сна» (SM) также является специально разработанным устройством со сверхнизким током потребления. Встроенный сторожевой таймер предназначен для перезагрузки модуля в случае «зависания» программного обеспечения.

Встроенная антенна модуля гарантирует высокую эффективность приема сигнала при работе на открытом воздухе в зоне прямой видимости. Однако следует учитывать, что эффективность чип-антенны очень сильно зависит от деталей и материалов, экранирующих антенну, а также от источников радиочастотных помех. Этому вопросу нужно уделить особое внимание при проектировании конечного оборудования. При неправильном размещении модуля со встроенной антенной на печатной плате или в корпусе прибора эффективность действия антенны может составлять всего несколько процентов.

Технические характеристики модуля BCS-U1623 (Orchid 1) приведены в таблице 1.

Встроенные стеки

Модули серии Orchid 1 имеют встроенный стек протоколов, обеспечивающий полную

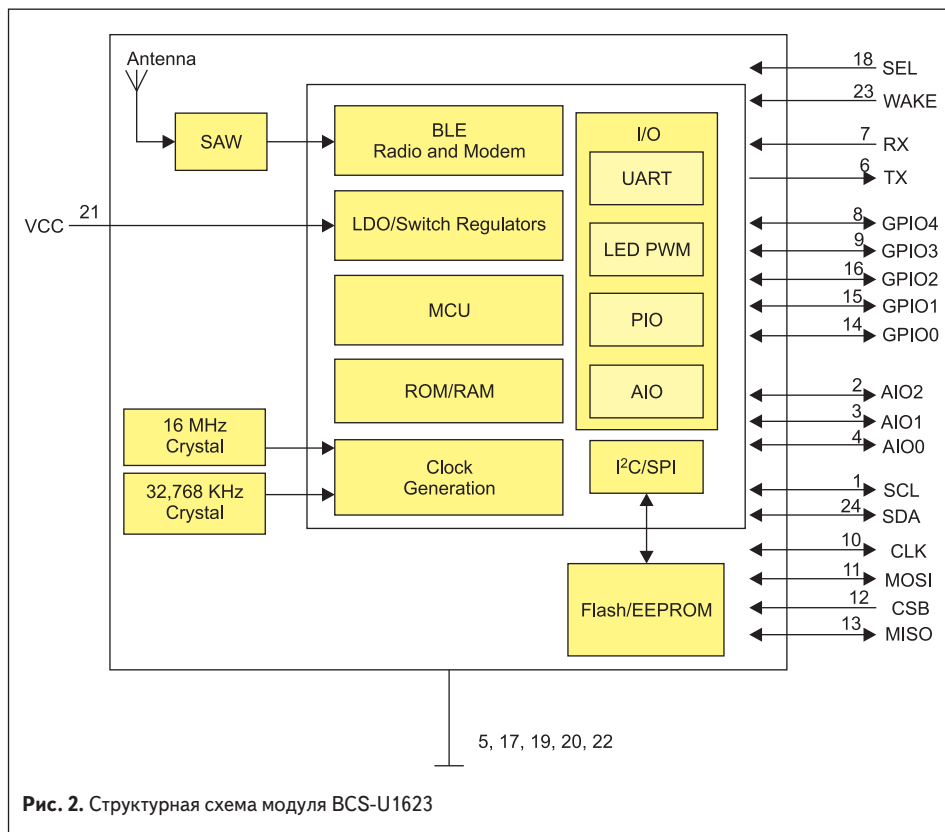


Рис. 2. Структурная схема модуля BCS-U1623

функциональность работы в соответствии со стандартом Bluetooth v4.0 Low Energy.

Для реализации пользовательских приложений компанией GlobalTop разработаны и бесплатно предоставляются следующие профили:

- Proximity (измерение удаленности до объекта);
- Find me (определение местонахождения объекта);
- SPP (беспроводной последовательный порт);
- Lightning (управление освещением).

Отладочный набор

Для настройки оборудования, разработанного на базе модулей BCS-U1623, можно использовать отладочный комплект Orchid 1 Development kit [3]. В его состав входят: плата с модулем BCS-U1623, отладочные кабели, блок питания. Отладочная плата позволяет в кратчайшие сроки оценить возможности модуля Orchid 1. Внешний вид отладочного набора для Orchid 1 показан на рис. 3.

Таблица 1. Технические характеристики модуля BCS-U1623 (Orchid 1)

Наименование	Значение
Стандарт	Bluetooth, BLE, v4.0
Базовый чип	CSR 1010
Частота, МГц	2402–2480
Чувствительность приемника, дБм	–92,5
Выходная мощность, дБм	7,5
Скорость передачи данных, Мбит/с	1 (GFSK, 250 кГц)
Ширина канала, МГц	2
Метод модуляции	GFSK
Напряжение питания, В	2,5–3,6
Ток потребления	Режим энергосбережения 5 мкА; режим стандартной приемопередачи RX/TX – 20 мА (пиковое значение)
Протоколы стека Bluetooth	Bluetooth 4.0 host stack: ATT, GATT, SMP, L2CAP, GAP
Индикация уровня принимаемого сигнала	RSSI monitoring
Режимы работы	Master/Slave
Антенна	Встроенная антенна Bluetooth
Пользовательские вводы/выводы	5 GPIO, 3 AIO
Память	Встроенная память Flash/EEPROM
Контроль зависания системы	Watchdog timer
Протоколы безопасности	AES-128 Encryption security profile
Диапазон рабочих температур, °С	–20...+75
Диапазон температур хранения, °С	–30...+85
Габаритные размеры, мм	16×23×2,3
Вес, г	1,3



Рис. 3. Внешний вид отладочной платы Orchid 1 Development Kit

По оценкам специалистов, продукция с поддержкой Bluetooth 4.0 BLE в ближайшие годы займет лидирующее место на рынке бытовых беспроводных устройств. Как показывает практика, наибольшее распространение модули Orchid 1 могут получить в таких областях, как управление освещением, медицинское оборудование, портативное и переносное оборудование.

Wi-Fi-модуль Ivy 1

Ivy 1 (внутреннее название WRM-U2535) представляет собой законченный Wi-Fi-модуль, изготовленный на основе чипа Ralink RT5350 [4].

Основным преимуществом Wi-Fi перед другими технологиями (Bluetooth, ZigBee) является высокая скорость передачи и совместимость с бытовым оборудованием, таким как планшетные компьютеры и смартфоны. Так, например, максимальная скорость передачи данных, которую может поддерживать Ivy 1, достигает 150 Мбит/с. Благодаря такой высокой скорости, миниатюрным размерам (25×35×4,8 мм) и низкой цене модуль Ivy 1 найдет применение во многих отраслях.

Модуль Ivy 1 предназначен для организации высокоскоростных, беспроводных локальных сетей для выхода в Интернет, систем беспроводной передачи видеoinформации, промышленной телеметрии, бытовой техники и многих других аналогичных приложений (рис. 4).

Модуль Ivy 1 поддерживает стандарты 802.11b/g/n на центральной частоте 2,4 ГГц. Выбор режима работы реализуется с помощью программного обеспечения Ralink [5]. Структурная схема модуля показана на рис. 5.



Рис. 4. Внешний вид модуля Ivy 1

Базовый чип Ralink RT5350 полностью соответствует всем требованиям стандарта IEEE 802.11n. Встроенный процессор с ядром MIPS24KEc обеспечивает высокопроизводительную обработку данных и управление Wi-Fi-приложениями с частотой 360 МГц.

Поскольку RT5350 содержит на одном кристалле практически все необходимые составные части, то для реализации законченного модуля WRM-U2535 потребовалось всего несколько дополнительных блоков: система электропитания, память (Flash/SDRAM) и контроллеры интерфейсов. Для работы модуля в минимальной конфигурации достаточно подать на него питание и подключить линии UART.

Полоса частот и подчастоты для устройств стандарта 802.11 выделяются и регламентируются в каждой конкретной стране. В Российской Федерации в соответствии с действующими нормативами разрешена эксплуатация всех вариантов стандартов 802.11a/b/g/n на всех базовых частотах.

Модуль Ivy 1 может работать с использованием 13 европейских каналов в диапазоне частот 2412–2472 МГц. Также модуль может работать в японских и американских диапазонах частот.

Чувствительность приемника составляет –86 дБм (опорный уровень на милливатт). Максимальная мощность передатчика в режимах 802.11b/g/n составляет соответственно 18, 15 и 13 дБм.

Питание модуля 3,3 В. Максимальное пиковое значение тока потребления составляет 500 мА по входу 3,3 В и 600 мА по входу 1,2 В. Реальный средний ток потребления значительно меньше и зависит от режима работы модуля.

Модуль Ivy 1 имеет двухпроводной интерфейс UART (Tx/Rx). Этот интерфейс предназначен для обмена данными со внешними устройствами по последовательному порту. Этот интерфейс позволяет передавать данные со скоростями до 345 600 бит/с. Данный интерфейс может быть также использован для конфигурирования модема.

В том случае когда модуль WRM-U2535 подключен по последовательному порту к другому внешнему устройству, задействованы будут два сигнала UART_Rx и UART_Tx, обеспечивающие передачу данных между двумя устройствами. Аппаратная часть UART выполнена с использованием TTL-логики.

Программное обеспечение модуля позволяет менять базовые параметры UART, например такие, как скорость передачи, формат пакета и др. Следует обратить внимание на то, что для работы с внешним ПК на максимальных скоростях необходимо использовать дополнительный адаптер последовательного порта.

Для высокоскоростной передачи данных можно использовать встроенный интерфейс USB 2.0. Он поддерживает скорость передачи данных до 480 Мбит/с. USB интерфейс поддерживает режимы host и device. Для подключения используются линии USB_DP и USB_DN, которые соединены непосредственно с базовым чипом RT5350.

В модуле Ivy1 имеется два физических порта Ethernet. Для полноценной реализации интерфейса связи по технологии Ethernet требуется подключить внешние трансформаторы.

Базовый чип RT5350 поддерживает два порта SPI, предназначенные для отладки и программирования, а также замены прошивки модуля. Этот порт используется для конфигурирования PSKEY. При подключении SPI используются стандартные выводы MOSI, MISO, CSB, CLK.

Порт I²C модуля поддерживает сигнальные линии I²C Clock, I²C Data и обеспечивает скорости передачи в диапазоне 100–400 кГц. Эти последовательные шины данных используются для соединения низкоскоростных периферийных компонентов с базовым чипом.

В модуле WRM-U2535 поддерживаются три конфигурируемых ввода/вывода (GPIO#17, 18, 19 — Pin 21, 19, 17). Эти линии могут быть использованы в качестве вводов/выводов общего назначения, аналоговых вводов, а также в качестве исполнительных вводов встроенных функций. Выводы конфигурируются с помощью прикладного программного обеспечения. При этом одни и те же выводы могут быть использованы для реализации различных интерфейсов.

В модуле WRM-U2535 в цифровом аудио-интерфейсе I²S (Integrated Inter-chip Sound) поддерживается четыре сигнала:

- I2SCLK (Pin1) — тактовый сигнал аудиоформата;
- Digital audio format_I2S Clock
- I2SWS (Pin3) — конфигурирование каналов аудиоформата;
- I2SSDO (Pin 5) — сигнал передаваемых данных аудиоформата;

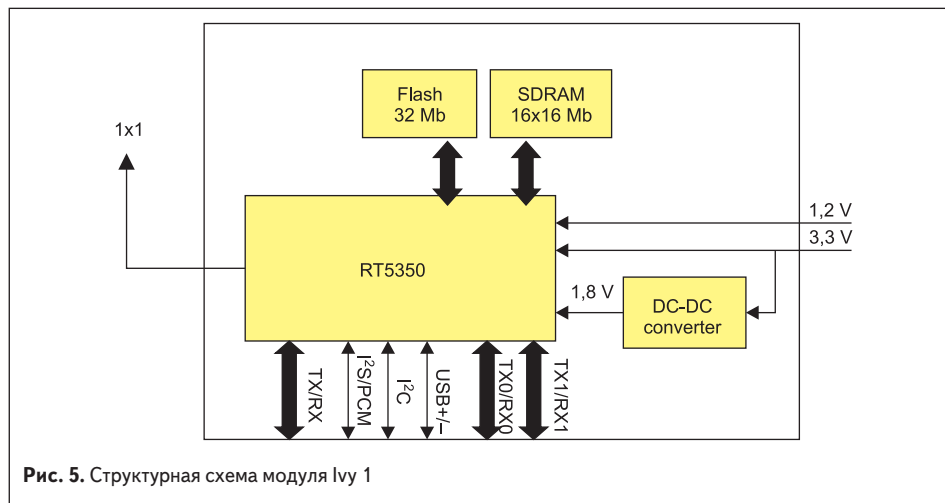


Рис. 5. Структурная схема модуля Ivy 1

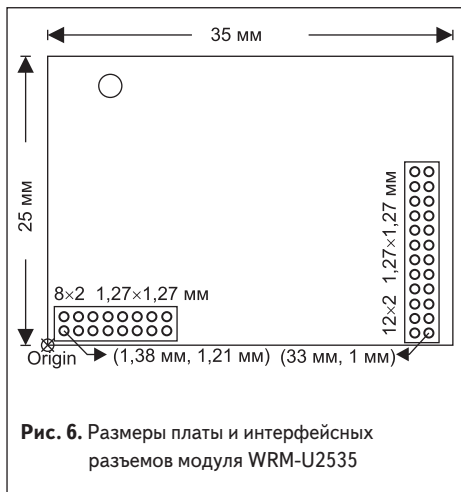


Рис. 6. Размеры платы и интерфейсных разъемов модуля WRM-U2535

- I2SSDI (Pin7) — сигнал принимаемых данных аудиоформата.

Интерфейс I²S может быть настроен на прием или передачу в режимах Master/Slave и обеспечивает оцифровку по 16 разрядам со скоростями 8, 16, 22,05, 44,1, 1, 48 кГц. Интерфейс поддерживает передачу стереозвука в режиме 32-byte FIFO.

Модуль Ivy 1 оснащен также современным цифровым аудиоинтерфейсом с поддержкой импульсно-кодовой модуляции (Pulse Code Modulation Interface, PCM). Цифровой PCM-интерфейс поддерживает четыре сигнала (PCMFS, PCMCLK, PCMDRX, PCMDTX) с частотой дискретизации 256 кГц и обеспечивает перечисленные ниже параметры:

- 16 бит — линейность;
- 8 кГц — частота семплирования;
- 2 PCM-канала (4x128 слота), поддерживающих передачу низких и ультранизких диапазонов;
- программируемая продолжительность формирования кадра;

Таблица 2. Технические характеристики Wi-Fi-модуля WRM-U2535

Наименование параметра	Значение
Базовый чип	RT5350
Стандарт	IEEE 802.11 b/g/n
Радиус действия, м	300-500
Структура беспроводной локальной среды	1T1R Mode
Антенна	Разъем iPex (PIFA optional)
Диапазон частот, ГГц	2,400-2,4835 (в зависимости от стандарта b/g/n)
Количество частотных каналов	IEEE802.11n 20/40 МГц; IEEE 802.11b/g; Европа (CE): 13 каналов в полосе 2,412-2,472 ГГц; США, Канада (FCC): каналов в полосе 2,412-2,462 ГГц; Япония (TELEC): 14 каналов в полосе 2,412-2,4835 ГГц
Скорость передачи	IEEE 802.11n: до 150 Мбит/с; IEEE 802.11b: 1, 2, 5,5, 11 Мбит/с; IEEE 802.11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Мбит/с
Интерфейсы пользователя	GPIO, SPI, I ² C, I ² S, PCM, UART, JTAG, WAN, LAN
Протоколы безопасности	64/128-bits WEP, TKIP, WPA, WPA2, AES, WPS
Режимы работы	AP/Client
Выходная мощность (EIRP)	IEEE 802.11n HT40 MCS7: +13 дБм; IEEE 802.11b CCK: +18 дБм; IEEE 802.11g OFDM: +15 дБм
Чувствительность приемника	66 дБм при условиях HT40 MCS7; -73 дБм при скорости 54 Мбит/с; -86 дБм при скорости 11 Мбит/с
Максимальный ток потребления	Вывод на внешнее устройство: 500 мА при 3,3 В; 600 мА при 1,2 В; LDO 600 мА
Память	Flash 32 Мбайт, SDRAM 16x16 Мбайт
Базовое напряжение питания, В	3,3; 1,2
Интернет-протокол	IPv4, IPv6
DHCP	Client/Relay/Server
DNS	Dynamic, Cache/Proxy
Протоколы доступа	MAC/IP/Port Filter
Защита	Firewall
Сертификаты	FCC/CE
Протоколы безопасности	WEP 64/128, TKIP, WPA, WPA2 mixed, 802.1x and 802.11i
Аутентификация	802.1X RADIUS Client
Контроль качества приема-передачи	QoS-WMM,WMM-PS
Габаритные размеры, мм	25x35x4,8

- общая синхронизация для приема и передачи.

Технические характеристики модуля WRM-U2535 приведены в таблице 2.

Модуль выполнен как законченное устройство. Все интерфейсные группы выведены на два стандартных штыревых разъема. Для подключения антенны используется стандартный разъем типа I-PEX. Размеры платы и интерфейсных разъемов показаны на рис. 6.

Литература

1. GlobalTop Technology Inc. BCS-U1623. BLE Module. Datasheet (Tape Reel). Revision: V0E. 2015.
2. CSR µEnergy CSR1010 QFN. Cambridge Silicon Radio Limited 2012–2015. www.csr.com
3. www.csr.com/products/csrmesh-development-kit
4. GlobalTop Technology Inc. WRM-U2535 Wi-Fi Standalone Module Data Sheet, Revision: V01.
5. Datasheet RT5350, Ralink, DSRT5350_V1.0_112510 -1-Form No. QS-073-F02