

Проектирование Bluetooth-устройств с использованием модулей BlueGiga

Виктор Алексеев
info@telemetry.spb.ru

Технология Bluetooth не получила в России широкого применения, в основном, из-за достаточно сложной программной реализации стека Bluetooth-протокола. Продукция фирмы BlueGiga представляет собой законченные Bluetooth-модули, управляемые как с помощью набора простых команд, так и через HCI-интерфейс. Модули BlueGiga предоставляют возможность разработчикам в кратчайшие сроки спроектировать Bluetooth-устройства различной сложности.

Введение

Продукция фирмы BlueGiga известна российским разработчикам по предыдущим публикациям [1–3].

BlueGiga предлагает полностью законченные изделия с использованием технологий Bluetooth, Linux и Java, TCP/IP, которые можно отнести к уникальным в данной области. Модули BlueGiga WRAP THOR 2022-1 и WRAP THOR 2022-B2B рассчитаны на расширенный температурный диапазон: $-40...+80$ °C.

В отличие от других известных фирм, ориентирующихся на крупных OEM-производителей, BlueGiga разрабатывает и создает оборудование для мелких и средних системных интеграторов самых различных беспроводных систем.

Процесс интеграции технологии Bluetooth в разрабатываемые изделия требует достаточно больших материальных и интеллектуальных вложений. Это обусловлено, прежде всего, крайне сложной программной реализацией стека протокола Bluetooth.

Продукты фирмы BlueGiga состоят из полностью законченной аппаратной части Bluetooth и встроенного программного обеспечения, которое включает в себя профили и API, операционной системы uCLinux, JAVA-апплетов для взаимодействия Man-to-Machine, TCP/IP-стека, серверов WEB и Telnet и др. Кроме этого, продукты семейства WRAP имеют процессор и встроенную память, предназначенную для согласования исполнения пользовательских приложений на той же платформе.

Технические характеристики модулей BlueGiga можно найти в литературе [5–8].

В отличие от продукции других фирм, модули фирмы BlueGiga, имеют в своем составе все необходимые компоненты, управляются как с помощью набора простых команд, так и через HCI-интерфейс. Это позволяет конечному пользователю практически сразу приступить к работе с модулями.

Следует упомянуть, что похожие изделия выпускаются фирмами National Semiconductor, Mitsumi, Connect-Blue. Однако Bluetooth-модули этих фирм все же усту-

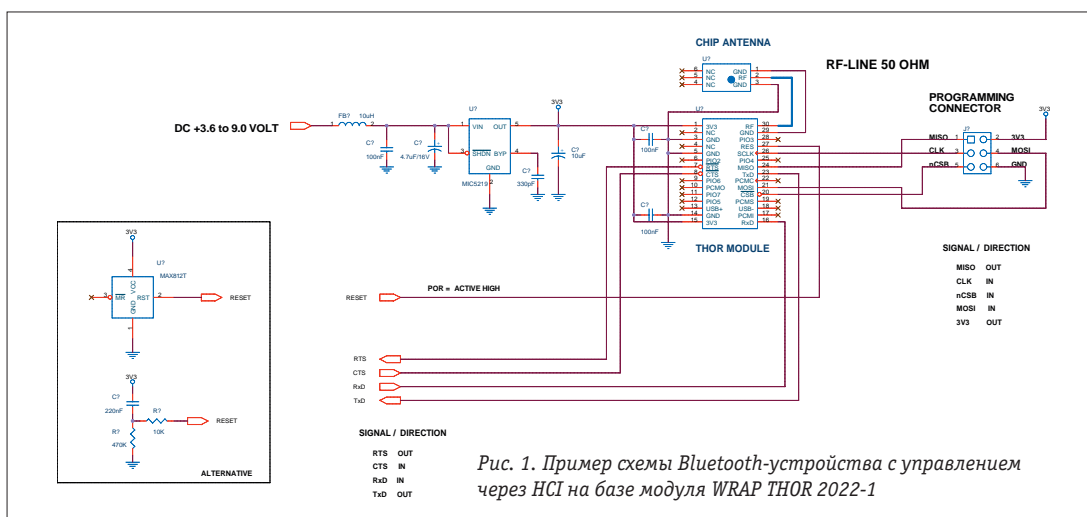


Рис. 1. Пример схемы Bluetooth-устройства с управлением через HCI на базе модуля WRAP THOR 2022-1

пают продукции BlueGiga по соотношению специализация/сервис/качество/цена. Например, для модулей фирмы Mitsumi необходима разработка специального ПО пользователя. Для ввода в эксплуатацию модуля LMX9820S National Semiconductor разработчику надо дополнительно подключить резонатор к модулю. Кроме того, в модулях National Semiconductor реализована поддержка только UART-интерфейса. В модулях BlueGiga поддерживаются интерфейсы UART, USB, SPI, PCM.

Любое Bluetooth-устройство содержит следующие функциональные блоки: трансивер, baseband-контроллер и управляющее устройство, с помощью которого реализуются верхние уровни стека Bluetooth-протокола и поддерживается интерфейс с оконечным устройством.

Разработку любого Bluetooth-устройства можно осуществлять либо используя микросхемы трансивера, контроллера связи, микроконтроллеры и другие необходимые элементы, либо используя готовый, законченный Bluetooth-модуль. При первом варианте необходимо выполнить достаточно сложные НИР и разработать собственное ПО. Во втором случае, для ввода в эксплуатацию Bluetooth-модуля достаточно подключить его к источнику питания и управлять им с помощью простейших команд.

Для большинства системных интеграторов наиболее привлекателен второй метод реализации аппаратной части Bluetooth-устройства.

Благодаря гибкости архитектуры изделий и программного обеспечения модули BlueGiga обеспечивают быструю интеграцию конечного изделия в любую существующую сеть или систему автоматизации и значительно ускоряют разработку и процесс инсталляции элементов пользовательского программного обеспечения системы в разнообразные контролируемые устройства, такие как телеметрическое оборудование, промышленные системы, торговые машины.

Bluetooth-модули фирмы BlueGiga

В настоящее время для системных интеграторов телеметрического оборудования фирма BlueGiga предлагает законченные Bluetooth-модули и серверы доступа (Access Servers) [4].

Базовым для всех моделей BlueGiga является бескорпусной одноплатный модуль WRAP THOR 2022-1, выполненный в виде сборки для поверхностного монтажа.

На плате модуля WRAP THOR 2022-1 размещены: радиомодуль (Silicon Wave), baseband-контроллер (Atmel), 8 Мбайт RAM, 2 Мбайт флэш-памяти, кварцевый генератор 16 МГц, предусилитель, усилитель мощности, радиочастотные фильтры. Процессор ARM7 66 МГц выполняет задачи по обработке пользовательских приложений. Все поддерживаемые модулем интерфейсы (UART, USB, SPI, PCM, 6xGPIO) выведены на контакты корпуса поверхностного монтажа. Габариты 2022-1 составляют 21x14x3 мм.

Основные технические характеристики модуля WRAP THOR 2022-1 приведены в таблице 1.

Для начала работы с модулем достаточно распаять его на печатной плате, подключить внешнюю антенну и подать питание.

Пример реализации Bluetooth-устройства с управлением через HCI на базе модуля WRAP THOR 2022-1 показан на рис. 1.

В том случае, когда используется управление модулем через интерфейс UART, нет необходимости устанавливать преобразователь уровней, поскольку уровни интерфейса UART в модулях WRAP THOR 2022-1, соответствуют стандартным TTL-уровням.

Пример выполнения схем интерфейсов питания, RS-232, SPI приведены на рис. 2. Блок питания выполнен по стандартной схеме на базе микросхемы DC/DC-преобразователя MIC5219-3.3VM5.

Для согласования выходных сигналов последовательного порта с RS-232 использована микросхема преобразователя уровней ICL3232ECB.

В качестве антенн для модулей WRAP THOR 2022-1 можно использовать F-ан-

Таблица 1. Технические характеристики модуля WRAP THOR 2022-1

Наименование параметра	Значение параметра
Стандарт	Bluetooth 1.2, класс 1
Диапазон частот	2402–2480 МГц
Напряжение питания	3,3 В
Скорость передачи данных (асинхронный режим HCI)	721 кбит/с
Чувствительность приема	-82 дБ
Интерфейсы	UART, USB, SPI, PCM, 6xGPIO
Выходной уровень (класс 1)	16 дБм
Программы пользователя	iWRAP (ASCII-интерфейс/HCI-интерфейс) Virtual Machine Inside
Температурный диапазон	-40...+85 °С
Габариты	25,6×14,8×2,5 мм

тенны, выполненные на печатной плате, чип-антенны или внешние антенны.

Макет F-антенны на печатной плате показан на рис. 3. Антенна разработана в форме буквы F и имеет приблизительные размеры 17,5×10 мм. Точные размеры антенны должны рассчитываться специально для каждого конкретного случая, с учетом параметров материалов печатной платы. Сопротивление контактной линии между модулем и антенной должно составлять 50 Ом. В каждом случае рекомендуется измерять импеданс макета антенны и корректировать печатную плату до достижения максимального коэффициента усиления. Подробные рекомендации по проектированию F-антенны приведены в литературе [9].

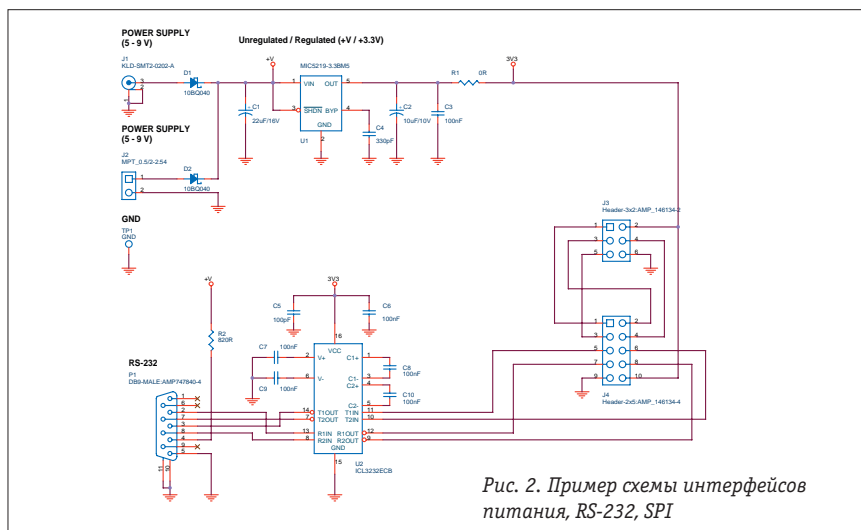


Рис. 2. Пример схемы интерфейсов питания, RS-232, SPI

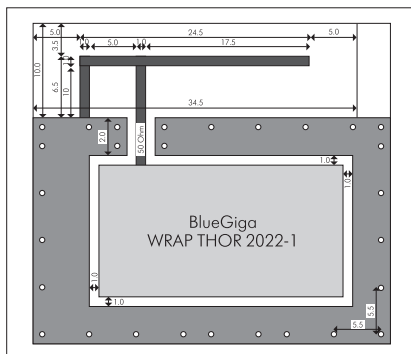


Рис. 3. F-антенна, выполненная на печатной плате

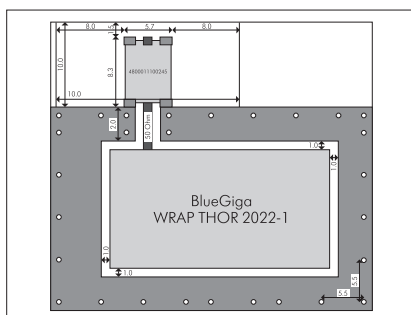


Рис. 4. Пример размещения чип-антенны

В качестве чип-антенны BlueGiga рекомендует антенны марки 43XX11100-245 (AN245000708031K) производства Phusomp. Это керамические многослойные антенны для поверхностного монтажа на частоту 2,45 ГГц типа ISM-band для Bluetooth и WLAN IEEE 802.11b.

Пример размещения чип-антенны на печатной плате показан на рис. 4.

В качестве выносной внешней антенны можно рекомендовать, например, антенны марки LINX 2.4 CW-RCT производства LINX [10].

Модель WRAP THOR 2022-B2B отличается от базовой модели тем, что в ней имеются встроенная антенна, стабилизатор напряжения 5/3,3 В и межплатный соединительный разъем. Остальные технические характеристики соответствуют таблице 1. Эта модель является полностью законченным устройством. Для его запуска в работу достаточно подключить необходимые интерфейсные группы, подать на модуль напряжение питания. Размеры 2202-B2B составляют 40×20×4 мм.

Внешний вид модуля показан на рис. 5. Другим отличием WRAP THOR 2022-B2B от WRAP THOR 2022-1 является то, что данный модуль имеет все необходимые международные сертификаты и для его коммерческой эксплуатации не нужно проводить дополнительных испытаний на соответствие спецификациям Bluetooth.

С I квартала 2006 года в продажу поступает новый модуль WT12 [11–12]. Это

Таблица 2. Технические характеристики модулей BlueGiga			
Параметр	WT12	2022-1	2022-1-B2B
Bluetooth-спецификация	2.0+EDR	1.2	1.2
Bluetooth-класс	2	1	1
Антенна	Встроенная/внешняя	Внешняя	Встроенная/внешняя
Температурный диапазон	-40...+85°C	-40...+85°C	-40...+85°C
Максимальная скорость передачи	3 Мбит/с	723 кбит/с	723 кбит/с
Конструктив	Поверхностный монтаж	Поверхностный монтаж	Межплатный соединительный разъем
Интерфейсы	UART, USB, SPI, PCM, 6xGPIO	UART, USB, SPI, PCM, 6xGPIO	UART, USB, SPI, PCM, 6xGPIO
Напряжение питания, В	3,3	3,3	3,3 или 5–9
Поддержка AFH	Да	Да	Да
Совместимость с 802.11	Да	Нет	Нет
Память	48 кбит RAM, 8 Мбит флэш	32 кбит RAM, 8 Мбит флэш	32 кбит RAM, 8 Мбит флэш
Базовый чипсет	BlueCore-04	BlueCore-02	BlueCore-02
Сертификаты	BQB, CE, FCC	BQB, CE	BQB, CE, FCC

первая модель следующего поколения продукции Bluetooth® Class 2 производства BlueGiga, не имеющая сегодня мировых аналогов. Чипсет CSR's BlueCore-04 обеспечивает полное соответствие модуля WT12 требованиям стандартов Bluetooth® 2.0+EDR, CE и FCC.

Модель обеспечивает расширенный диапазон скоростей передачи (EDR) с максимальной скоростью до 3 Мбит/с. В модуле имеется встроенная антенна. Кроме того предусмотрена возможность подключения внешней антенны и внешней флэш-памяти 8 Мбит. Текущая версия ПО предусматривает поддержку функции AFH (adaptive frequency hopping), позволяющей Bluetooth-устройствам работать в зоне действия WI-FI-устройств (802.11). В WT12 имеется USB v 1.1 и UART с функцией bypass mode. Программное обеспечение поддерживает профили SPP, DUN, OBEX, HCI. Подробное техническое описание приведено в литературе [11].

Модуль WT12 имеет шесть цифровых программируемых вводов/выводов.

Габариты WT12 составляют 26×14×6 мм. Внешний вид модуля показан на рис. 6.



Рис. 5. Внешний вид модуля WRAP THOR 2022-B2B

В таблице 2 приведены сводные сравнительные характеристики модулей BlueGiga.

В модулях BlueGiga используется специальный подход к программной реализации стека Bluetooth-протокола, структурная схема которого показана на рисунке 7.

BlueGiga предлагает различные варианты прошивки модулей.

В настоящее время WRAP THOR 2022-1 и WRAP THOR 2022-B2B поставляются с базовой прошивкой v 2.0.2, соответствующей Bluetooth-спецификации 1.2. Эта версия ПО имеет название iWRAP. Модули WT12 поставляются с прошивкой iWRAP, обеспечивающей работу этой модели в соответствии с Bluetooth-спецификацией 2.0 и EDR.

В то же время доступной остается и предыдущая версия, v 2.0.0, с названием ASCII PROF 2.0.0.

Версия 1.2 также поддерживает функцию AFH (adaptive frequency hopping). Технология AFH осуществляет прослушивание всех 1600 рабочих каналов. Если на каком-то из каналов работают Wi-Fi-устройства, то на этом канале передача

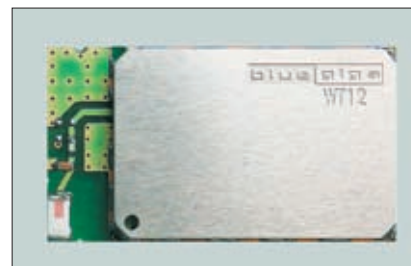


Рис. 6. Внешний вид модуля WT12

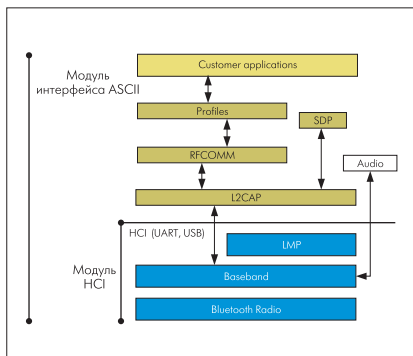


Рис. 7. Стек Bluetooth-протокола модулей BlueGiga

информации Bluetooth-устройств не осуществляется.

Более подробная информация приведена на сайте BlueGiga [13].

Программный продукт iWRAP представляет собой Bluetooth-командный интерфейс, позволяющий разработчикам различных устройств управлять Bluetooth-модулями WRAP THOR 2022-1, WRAP THOR 2022-b2b, WT12 посредством набора простых ASCII-команд. При этом значительно упрощается работа с модулями для начинающих пользователей. Процесс управления аналогичен управлению модемами с помощью AT — команд.

В отличие от предыдущей версии с ASCII интерфейсом, в программный продукт iWRAP версии 2.0.2 встроена поддержка HCI-интерфейса и «Профиля последовательного порта» (SPP — Serial Port Profile). В новой версии разработчик может переводить модуль либо в HCI-интерфейс, либо выполнять поддержку «Профиля последовательного порта» (SPP).

Программный продукт iWRAP осуществляет поддержку обновления, загружаемого в модуль ПО через последовательный порт.

Пропускная способность модулей с iWRAP составляет 300 кбит/с (ASCII-интерфейс).

Подробное описание новых команд, реализованных в iWRAP, приведено в документе [14].

При работе в режиме HCI-интерфейса программно реализованы только три нижних уровня (Bluetooth Radio, Baseband, LMP) стека Bluetooth-протокола, который позволяет конечному пользователю осуществлять управление Bluetooth-модулем при помощи команд интерфейса хост-контроллера (Host Controller Interface). Однако для того, чтобы установить беспроводное последовательное соединение между двумя устройствами и выполнять передачу данными между ними, разработчику необходимо программно реализовать верхние уровни стека про-

токола Bluetooth, к которым относят L2CAP, RFCOMM, SDP.

В другом возможном варианте — при работе с SPP — реализованы все уровни стека протокола Bluetooth, а также два его профиля: последовательного соединения (Serial Port Profile) и обнаружения услуг (Service Discovery Profile).

Таким образом, конечному пользователю предоставлена возможность при помощи набора команд интерфейса ASCII устанавливать беспроводное последовательное соединение между двумя Bluetooth-модулями и осуществлять обмен данными между ними.

Такой подход позволяет управлять Bluetooth-модулями WRAP THOR с помощью специальных символьных команд интерфейса ASCII точно так же, как это делается при работе с обычными модемами через стандартные AT-команды.

Например, чтобы получить список Bluetooth-устройств, находящихся в зоне действия модуля WRAP THOR, достаточно набрать в командной строке терминальной программы «INQUIRY time». По этой команде на экран выводится список всех Bluetooth-устройств, которые были обнаружены в зоне действия модуля WRAP THOR. Параметр time задает время поиска. Ниже приведен пример результата выполнения команды INQUIRY 5 NAME:

```
INQUIRY_PARTIAL 00:07:80:bf:bf:01 001f00
INQUIRY_PARTIAL 00:07:80:80:05:65 920300
INQUIRY_PARTIAL 00:07:80:80:32:e0 920300
INQUIRY 3
INQUIRY 00:07:80:bf:bf:01 001f00
INQUIRY 00:07:80:80:05:65 920300
INQUIRY 00:07:80:80:32:e0 920300
NAME 00:07:80:bf:bf:01 'AI bf:01'
NAME 00:07:80:80:05:65 'WRAP AS'
NAME 00:07:80:80:32:e0 'WRAP THOR'
```

В качестве другого примера, поясняющего работу модуля с поддержкой ASCII, можно привести команду 'CALL <bd_addr> 1101 RFCOMM'. Модуль будет пытаться соединиться через SPP с устройством, адрес которого <bd_addr>. Если соединение будет успешно установлено, то пользователь получит соответствующее уведомление, и модуль автоматически переключится в DATA-mode. В этом режиме все данные, поступающие через UART, будут передаваться в прозрачном режиме по Bluetooth-каналу.

Следует отметить, что работа в режиме HCI предоставляет разработчикам больше возможностей, чем в режиме с использованием ASCII. Так,

максимальная пропускная способность при работе с ПО интерфейса хост-контроллера составляет 723 кбит/с, что примерно в два раза выше, чем при работе с ASCII. Количество одновременных асинхронных соединений при работе с HCI равно 7. В то же время при использовании HCI для ведущего (master), ведомого (Slave) и Bluetooth-устройств необходимо разработать различное ПО.

Заключение

Подробную техническую документацию по продукции BlueGiga можно посмотреть на сайте производителя [www.w. bluegiga. com](http://www.bluegiga.com).

Литература

1. Алексеев В. Готовые модули Bluetooth фирмы BlueGiga для системных интеграторов телеметрического оборудования // Компоненты и технологии. № 7. 2004. стр. 78.
2. Алексеев В., Агафонов Н. Универсальные интерфейсы пользователя Bluetooth-модулей производства фирмы BlueGiga // Компоненты и технологии. № 8. 2004. стр. 56.
3. Агафонов Н. OEM-модули Bluetooth на российском рынке // Современная электроника. 2005. № 1.
4. [www.w. bluegiga. com/default. asp?f=2&t=1&p=1200&subp=200](http://www.bluegiga.com/default.asp?f=2&t=1&p=1200&subp=200)
5. WRAP THOR BLUETOOTH MODULE DATA SHEET (VERSION 1.0), WRAP THOR-2022-1 (Bluetooth module) WRAP THOR-2022-1-CR (Bluetooth module with Casira carrier board), REV 1.0, 2004.
6. WRAP THOR BOARD-TO-BOARD BLUETOOTH MODULE DATA SHEET, WRAP THOR™ Board-to-Board Module, Product ID: WRAP THOR BTBM 2022, 2004.
7. WRAP MULTIRADIO ACCESS SERVER User's and Developer's Guide Version 2.0.2, June 28, 2004.
8. iWRAP 2-0-2 User Manual Version 1.5 Tuesday, April 19, 2005.
9. WRAP THOR Design Reference — Antennas, Internal F-antenna, Layout 21.01.2003 AA.
10. [http://www.linxtechnologies. com/index. php?section=products&category=antennas&subcategory=monopole&series=rct_series](http://www.linxtechnologies.com/index.php?section=products&category=antennas&subcategory=monopole&series=rct_series)
11. [http://www. bluegiga. com/default. asp?file=210](http://www.bluegiga.com/default.asp?file=210)
12. [http://www. bluegiga. com/default. asp?f=2&t=1&p=7800&subp=200](http://www.bluegiga.com/default.asp?f=2&t=1&p=7800&subp=200)
13. [http://www. bluegiga. com/default. asp?t=1&f=2&p=0&subp=0&did=257](http://www.bluegiga.com/default.asp?t=1&f=2&p=0&subp=0&did=257)