

WS8623

STM32WB05KZV6TR BLE Module

Data Sheet

- Bluetooth® 5.3 Low Energy
- 高性能的超低功耗 32 位 Arm® Cortex®-M0+ (运行速率可达 64 MHz)
- 支持数据传输速率 2Mbps、1Mbps、500kbps 和 125kbps
- 最大发射功率 8dBm
- 192 KB Flash, 24 KB RAM+4KB PKA RAM
- 1x SPI/I2S、1x LPUART、1x USART (支持 ISO 7816 (智能卡模式)、IrDA 和 Modbus 模式、1x I2C (支持 SMBus/PMBus)
- 供电电压范围 1.7V ~ 3.6V
- 关断模式 8nA@1.8V、深度停止模式 0.8uA@1.8V (具有外部 LSE 和 BLE 唤醒源)
- 超小尺寸, 18mm *12mm (PCB 板载天线)、16mm*12mm (IPEX 天线座)
- 主从一体
- LongRange

文档信息

产品型号 WS8623

产品概述 STM32WB05KZV6TR BLE Module

文档类型 Data sheet

文档编号

文档版本 V2.3 2025.01.14

文档版本更新

序号	版本号	修订内容	修订日期	修订人
1	v1.0	初始版本	2024.01.23	Zjx
2	v1.1	1. 新增引脚功能定义; 2. 新增功能说明; 3. 新增使用示例	2024.03.01	XT
3	v2.0	1. 新增主从一体功能; 2. 新增 longrange 功能	2024.04.11	XT
4	V2.1	1. 完善【4.9 主从一体】	2024.04.15	XT
5	V2.2	1. 支持配对绑定功能【4.10 配对和绑定】	2024.12.23	XT
6	V2.3	1. 变更芯片名称 (ST 芯片更名)	2025.01.14	CL

WS8623	1
1. 产品概述	4
1.1. 产品简介	4
1.2. 特点功能	4
1.3. 产品型号	5
1.4. 应用场景	5
2. 引脚定义	6
3. 硬件设计	8
4. 功能说明	9
4.1. 电源模式	9
4.1.1. 进入低功耗模式	9
4.1.2. 退出低功耗模式	9
4.2. 延迟输出、数据输出指示	9
4.3. AT 指令和数据透传	10
4.3.1. AT 指令列表	10
4.4. BLE 广播	11
4.4.1. 广播数据	11
4.4.2. 广播间隙	11
4.5. BLE 扫描	11
4.5.1. 条件过滤	12
4.6. Ble 连接参数	12
4.6.1. 连接间隙(max_conn_interval)	12
4.6.2. 从设备延迟(slave_latency)	13
4.6.3. 连接超时(conn_sup_timeout)	13
4.7. BLE PHY	13
4.7.1. 长距离模式 (LongRange)	13
4.8. BLE MTU	14
4.9. 主从一体	14
4.10. 配对和绑定	14
4.11. 透传服务、特征	14
5. 使用示例	16
5.1. 从机简单的通信	16
5.2. 主机-从机简单的通信	16
5.3. 手机与模组使用 LongRange 进行通信	17
5.4. LongRange 一主一从两个模组通信示例	18
5.5. 从机低功耗模式数据唤醒 MCU	18
6. 电气及其他参数	20
6.1. 极限参数	20
6.2. 工作参数	20
6.3. 射频性能参数	20
6.4. 其他参数	20
7. 模组封装尺寸	21
7.1. PCB 板载天线 模组封装尺寸	21
7.2. IPEX 天线座 模组封装尺寸	22

8. 生产指导	23
8.1. 回流焊曲线图	23
8.2. 回流焊温度及时间	23

1. 产品概述

1.1. 产品简介

WS8623 基于 STM32WB05KZV6TR 芯片方案设计的无线 SOC 模组。工作在 2.4GHz 频段，具有多种传输方式，TTL 电平输出。

STM32WB05KZV6TR 是一款超低功耗可编程 Bluetooth® Low Energy 芯片系统(SoC)，内置 ST 先进的 2.4GHz 无线 IP，具有较低功耗和优秀的无线性能。它支持点对点连接和蓝牙网状网络，允许以可靠的方式构建覆盖范围的设备网络。同时还适用于 2.4GHz 专有无线通信，支持超低延迟应用。

WS8623 将片上 IO 全部引出，方便客户应用，自带屏蔽罩，18mm*12mm (PCB 板载天线)、16mm*12mm (IPEX 天线座)。

1.2. 特点功能

特点功能

实测通信距离以实际测试环境为准

Bluetooth® 5.3 Low Energy

高性能的超低功耗 32 位 Arm® Cortex®-M0+ (运行速率可达 64 MHz)

192 KB Flash, 24 KB RAM+4KB PKA RAM

全球免许可 ISM 2.4GHz 频段，最大输出功率+8dBm

1x SPI/I2S、1x LPUART、1x USART (支持 ISO 7816 (智能卡模式)、IrDA 和 Modbus 模式、1x I2C (支持 SMBus/PMBus)

关断模式 8nA@1.8V、深度停止模式 0.8uA@1.8V (具有外部 LSE 和 BLE 唤醒源)

供电电压范围 1.7V ~ 3.6V

工业级标准设计，支持-40°C~85°C长时间使用

超小尺寸，18mm*12mm (PCB 板载天线)、16mm*12mm (IPEX 天线座)

支持自定义 Uart 波特率：1200bps -- 1Mbps

UART 收发缓冲：2048 bytes

广播间隙可修改

连接参数可修改

BLE 名称可修改

MTU 最大 247 字节，并支持 MTU 更新

支持 1M,2M PHY, 125K,500K,并支持 PHY 更新

1s 广播周期，平均电流低于 13uA

支持 AT 指令和数据透传

支持 Longrange 模式

支持主从一体

可配置配对绑定。

1.3. 产品型号

产品型号
WS8623P (PCB 板载天线)
WS8623X (IPEX 天线座)

1.4. 应用场景

应用场景
楼宇自动化 (无线传感器、照明控制、信标)
安防系统、定位系统
医疗设备
ESL (电子货架标签)
个人电子产品 (玩具、HID、手写笔)
穿戴健康传感器
智能物流/交通/城市
智能家居

2. 引脚定义

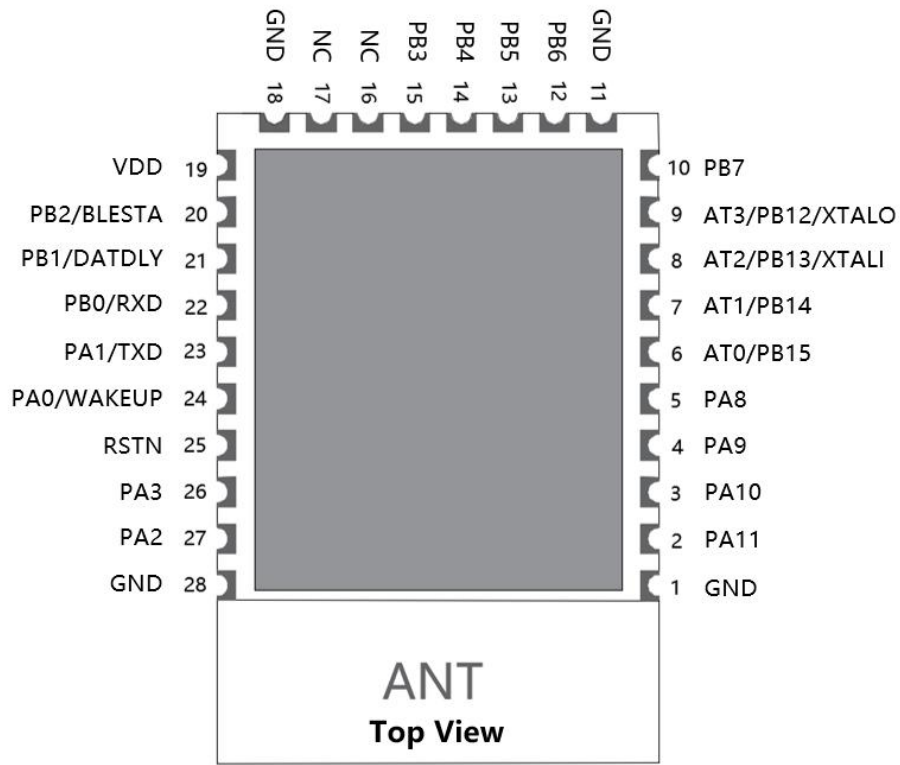


图 1 WS8623 引脚定义图

	引脚名	类型	描述
1	GND	I	电源参考地
2	PA11	I/O	通用 IO
3	PA10	I/O	通用 IO
4	PA9	I/O	通用 IO
5	PA8	I/O	通用 IO
6	PB15	I/O	通用 IO
7	PB14	I/O	通用 IO
8	PB13	I/O	通用 IO
9	PB12	I/O	通用 IO
10	PB7	I/O	通用 IO
11	GND	I	电源参考地
12	PB6	I/O	通用 IO
13	PB5	I/O	通用 IO
14	PB4	I/O	通用 IO
15	PB3	I/O	通用 IO
16	NC		
17	NC		
18	GND	I	电源参考地

19	VDD	I	模块电源供电 1.7V ~ 3.6V
20	BLESTA	I/O	BLE连接状态输出指示。内部上拉。 ● 蓝牙连接：低电平 ● 蓝牙无连接：高电平
21	DATDLY	I/O	数据输出指示。内部上拉。 ● 有数据输出：低电平 ● 无数据输出：高电平
22	UART_RX	I/O	UART 接收引脚
23	UART_TX	I/O	UART 发送引脚
24	PA0	I/O	通用 IO
25	RSTN	I/O	复位引脚，低电平有效
26	PA3/SWCLK	I/O	串行线调试时钟输入调试和编程
27	PA2/SWDIO	I/O	串行线调试和编程调试
28	GND	I	电源参考地
关于模块的引脚定义、软件驱动及通信协议详见 ST 官方 STM32WB05KZV6TR Datasheet			

3. 硬件设计

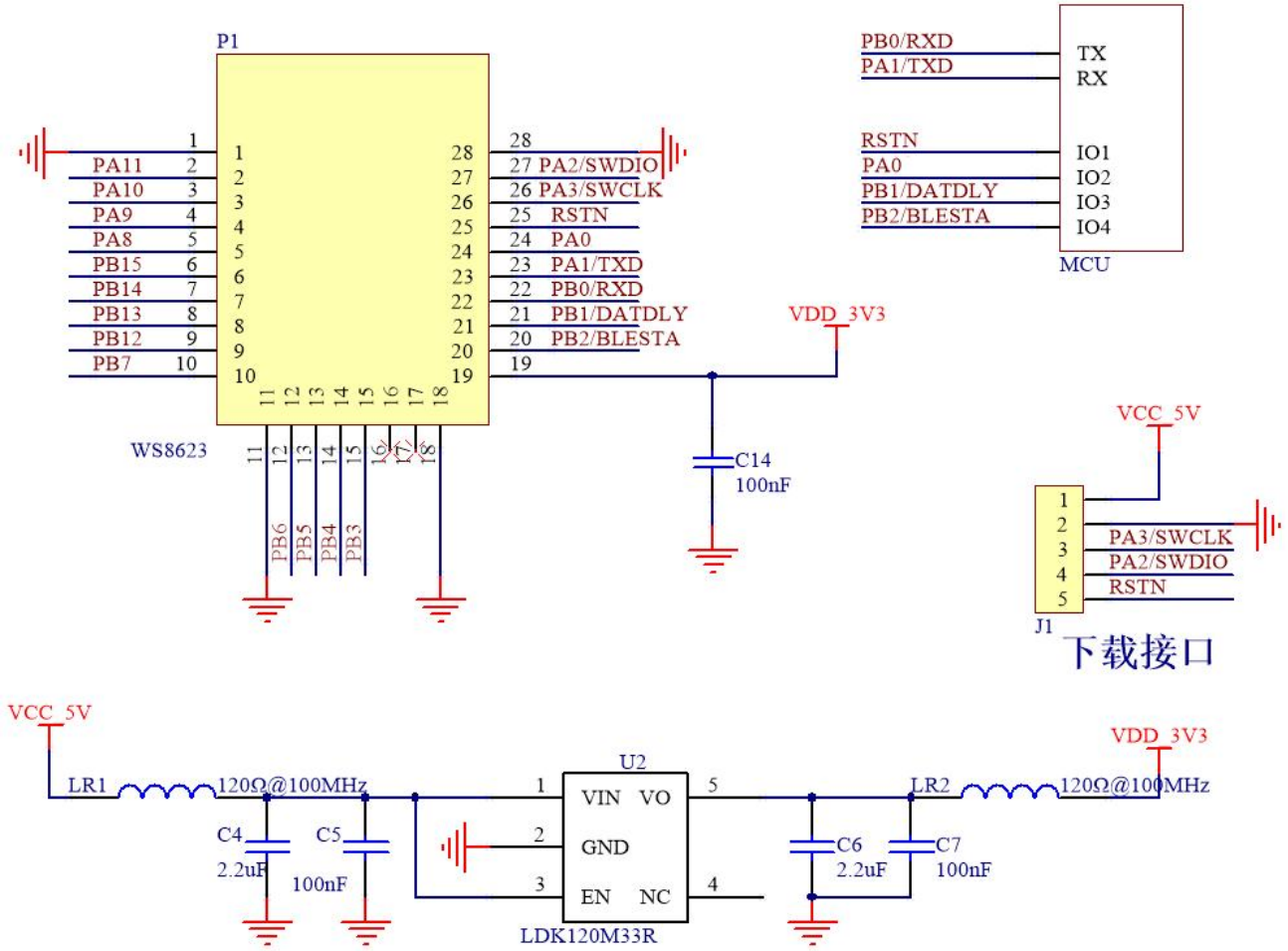


图 2 WS8623 推荐原理图

- 此推荐电路可用于测试电路以及运用设计电路参考使用；
- 根据需要可引出对应的 IO；
- 模组输入建议增电源电压抑制比（SVR）优于 50dB，驱动能力在 150mA 以上的 LDO；

4. 功能说明

4.1. 电源模式

模组支持两种电源模式：正常模式和低功耗模式。如【图 3 WS8623 电源模式示意图】所示。

- 正常模式：模组全速运行。UART, BLE 广播, BLE 连接全部运行。此时功耗最高。图 3 中广播间隙 1s 一次，平均电流约 3.5mA;
- 低功耗模式：在该模式下 BLE 广播, BLE 连接正常运行，但 UART 停止。此时功耗最低。图 3 中广播间隙 1s 平均电流小于 13uA。在 BLE 连接中，如果此时有来自于 BLE 主机的数据，模组自动唤醒，并输出数据；数据输出完成后模组继续进入低功耗状态。

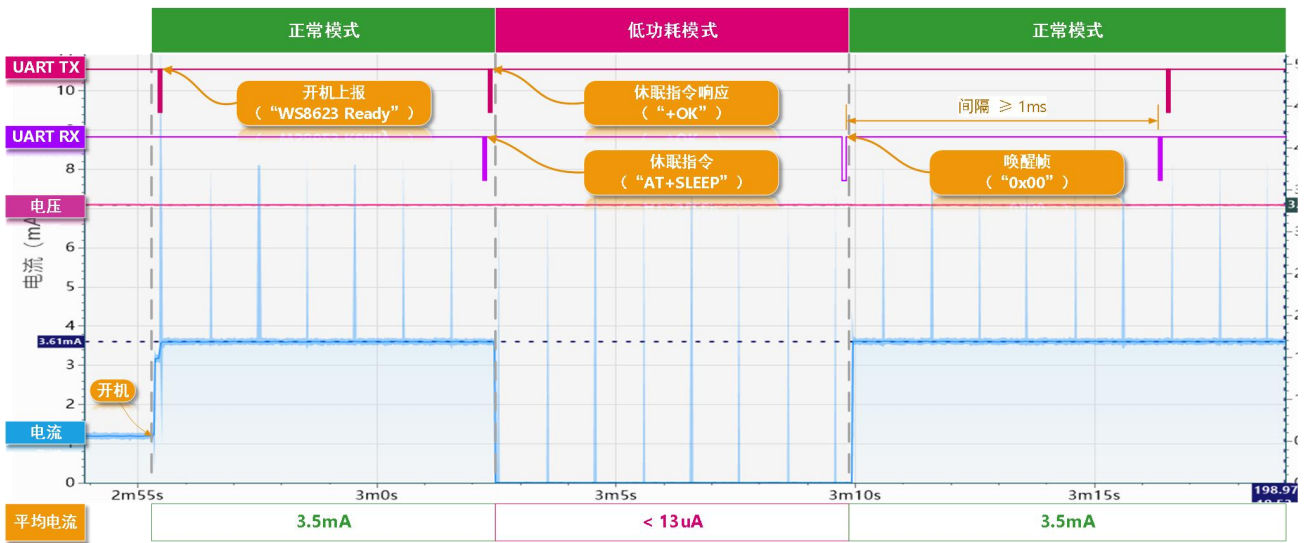


图 3 WS8623 电源模式示意图 (1s 广播间隙)

4.1.1. 进入低功耗模式

通过 UART 发送指令 "AT+SLEEP\r\n", 模组会等到内部缓冲区的数据全部处理完成后，进入低功耗模式。

4.1.2. 退出低功耗模式

设置 UART RX 低电平，且低电平保持时间至少 1ms，或者通过 UART 向模组发送数据 "0x00"，即唤醒模组。

通过 UART RX 唤醒后，模组可能会接收到错误的数据，建议在 RX 唤醒后，不要立即向模组发送数据，至少间隔一个字节的時間。

4.2. 延迟输出、数据输出指示

模组提供数据输出引脚指示，用于提示 MCU 有数据需要接收或用于唤醒 MCU。延迟输出可以给 MCU 一定唤醒时间。

如模块启用延迟输出 (AT+DATDLY=1\r\n) 功能，模组将固定延时 10ms 后输出数据。如下图 4 和 图 5 所示：

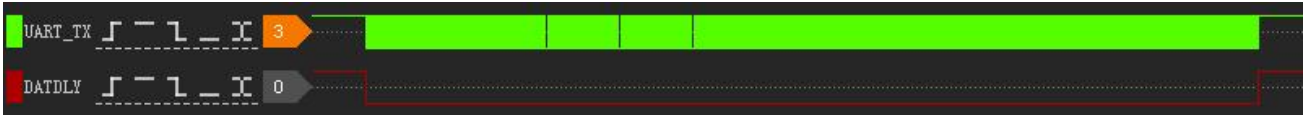


图 4 DATDLY 禁用延迟输出

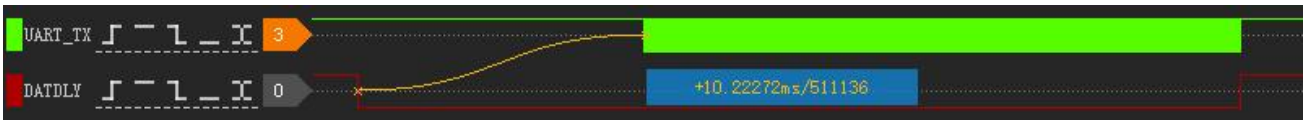


图 5 DATDLY 使能延迟输出

4.3. AT 指令和数据透传

模组同时支持我司的 AT 指令集 (V1.3) 和数据透传。

模组在未连接时仅支持 AT 指令。连接成功后自动切换为数据透传。在连接后，用通过 UART 发送 “+++ (无换行)” 即切换到 AT 指令，应用在需要继续数据透传时，需要发送 “AT+BSEND\r\n” 切换回数据透传模式。

数据透传为流式传输，UART 每个方向都有 2048 字节缓冲，UART 数据接收满后，如果应用继续发送数据模组将丢弃这部分数据，以保证缓冲区不会溢出。

我公司的 AT 指令集 (V1.3) 为蓝牙和 WIFI 通用指令集。用户可使用指令 “AT+HELP\r\n”，查看当前模组所支持的所有指令；也可使用指令 “AT+<CMD>=?” 查看当前模组的具体指令帮助。

4.3.1. AT 指令列表

表格 1 AT 指令类型

类型	命令格式	说明
执行命令	AT+<命令名称>	运行无用户自定义参数的命令
查询命令	AT+<命令名称>?	返回当前参数值
设置命令	AT+<命令名称>=<...>	设置用户自定义的参数值，并运行命令
帮助命令	AT+<命令名称>=?	可以查看命令参数说明，使用说明等。

表格 2 AT 指令列表

指令	执行命令	查询命令	设置命令	帮助命令 ¹	说明
AT+BROLE	×	√	√	×	设置或查询 BLE 主从角色
AT+BNAME	×	√	√	×	设置或查询 Ble 名称
AT+BSCANINTV	×	√	√	×	设置或查询 BLE 扫描参数
AT+BPHY	×	√	√	×	设置或查询 BLE PHY
AT+BADVINTV	×	√	√	×	设置或查询 Ble 广播间隙
AT+BDISCON	√	×	×	×	断开连接
AT+RFPOWER	×	√	√	×	设置或查询发射功率
AT+BCONNPARA	×	√	√	×	设置或查询连接间隙
AT+BSEND	√	×	×	×	进入透传模式
AT+DATDLY	×	√	√	×	设置或查询延迟输出
AT+RST	√	×	×	×	模组重启
AT+GMR	×	√	×	×	获取模组信息

¹ 因为芯片 flash 容量不够，在满足基本功能后，已经无法实现帮助功能了。

AT+HELP	√	×	×	×	帮助指令
AT+SLEEP	√	×	×	×	进入休眠指令
AT+UART	×	√	√	×	配置 Uart 波特率
AT+RESTOR	√	×	×	×	恢复出厂设置
AT+BFNAME	×	√	√	×	设置或查询 名称过滤
AT+BFRSSI	×	√	√	×	设置或查询 信号过滤
AT+BFMAC	×	√	√	×	设置或查询 MAC 过滤
AT+BBONDEN	×	√	√	×	设置或查询 绑定使能
AT+BPIN	×	√	√	×	设置或查询配对 PIN 码
AT+BBONDINFO	√	√	√	×	获取或清除绑定信息
AT+BMAC	×	√	×	×	获取本地 MAC 地址

4.4. BLE 广播

4.4.1. 广播数据

ble 广播用于帮助 ble 主机发现 ble 从机。我司的标准模组，广播数据至少包含：ble flage 字段、服务 uuid 字段和 ble 名称字段。

广播格式如下：

ble flage	服务 uuid	ble 名称
02 01 06	03 03 F0 FF	[len] 09 [ble name]

- len 为 ble 名称字符串长度+1；
- ble name 中 ble 名称，最大长度 22 字节，不包含字符串结尾的 '\0' 字符。

4.4.2. 广播间隙

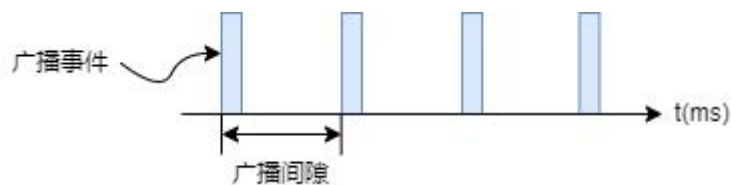


图 6 Ble 广播间隙示意图

BLE 设备在广播时，会在三个信道上发送相同的报文，这些报文被称为一个广播事件，两个相邻的广播事件的时间就是广播间隙。广播间隙决定了从机设备的广播频率，增大 BLE 的广播间隙，单位时间内 BLE 的广播次数就会减少，从而降低功耗。

- 广播间隙越大，发现并连接设备需要的时间就越长，但功耗越低；
- 广播间隙越小，发现并连接设备时间就越短，但功耗就越高。
- 广播间隙时间单位为 0.625ms,例如：设置广播参数为 50，也就是说每 31.25ms 广播一次。
- 模组支持通过通过 AT 指令修改广播间隙。

4.5. BLE 扫描

BLE 主机 通过扫描去发现附近 Ble 设备，模组开机自动扫描附近的 Ble 广播，按过滤条件匹配成功后自动连接。模组

扫描支持 1M 和 Coded PHY。

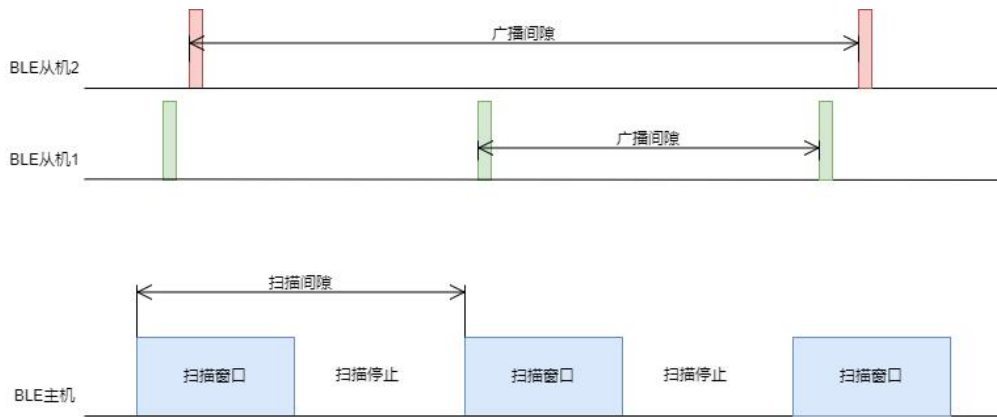


图 7 BLE 扫描参数说明图

模组的扫描参数可配置，其中包含：扫描窗口和扫描间隙。图中的扫描停止仅用于描述此时的扫描状态，无该配置参数。

- 扫描窗口和扫描间隙支持范围：4~65535，计算单位为：0.625ms，计算后的时间范围：2.500 ms ~ 40959.375 ms；
- 扫描窗口不得大于扫描间隙。

4.5.1. 条件过滤

BLE 主机在扫描到附近的广播后，逐个匹配过滤条件，只有满足所有条件后，BLE 主机才能向从机设备发起连接请求。

- 模组主机角色支持多种过滤连接方式：按名称过滤，按 MAC 地址过滤和按 RSSI（信号强度）过滤和按服务 UUID 过滤；
- 按服务 UUID 过滤已固定，用户不可配置，仅兼容我公司的 BLE 模组；
- 多种过滤方式可同时生效；

4.6. Ble 连接参数

ble 连接参数包含三个具体的参数：连接间隙，从设备延迟和连接超时。

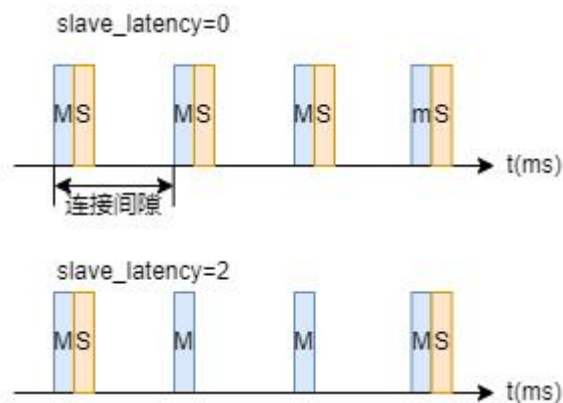


图 8 连接间隙和从设备延迟示意图

4.6.1. 连接间隙(max_conn_interval)

BLE 主机设备和从机设备建立连接后，进行数据交换的间隔就成为连接间隙，连接间隙是指主机设备和从机设备之间的交互频率，如同广播间隙，同样，将主从机的连接间隙调大即可有效降低功耗。

连接间隙时间单位为：1.25ms；

成都无声讯通科技有限责任公司

4.6.2. 从设备延迟(slave_latency)

从设备延迟是指在连接将被终止之前从设备能够处于睡眠状态的 BLE 连接间隔的数目。当开启从设备延迟时，从机处于休眠的时间会更多，设备可以减少功耗消耗。

4.6.3. 连接超时(conn_sup_timeout)

连接超时又叫监控超时，是指 LE 链路的链路监督超时时间。

连接超时时间单位：10ms；连接超时设置必须符合以下公式：

$$\text{conn_sup_timeout} * 4 > (1 + \text{slave_latency}) * \text{max_conn_interval}.$$

模组支持通过指令更新连接参数；同时也支持 BLE 主机侧发起连接参数更新。

4.7. BLE PHY

Bluetooth®低功耗 5.3 规范支持的三种 PHY：1 Mbps, 2 Mbps, 125K, 500K PHY。

- BLE 广播时，支持 1M 和 Coded PHY。设置 1M, 2M PHY 时，模组广播使用 1M PHY 进行广播；设置 125K, 500K 时，模组使用 125K 进行广播。
- BLE 连接时支持全部的 PHY。2M bps 可获得更快的传输速率和更低的功耗；Code PHY 可增加通信距离，但速率最低。
- 可通过指令 “AT+BPHY=<phy>” 切换模组的 PHY。
 - ◆ 广播中使用该指令可修改广播 PHY 为 Coded, 以增加广播扫描时的距离；连接成功后自动切换为已设置 PHY；
 - ◆ 使用该指令时数据被保存到 Flash 中，重启或重新广播，重新连接亦会使用最新设置的值。

表格 3 不同 PHY 的不同空速和距离倍数表

	LE 1M	LE Coded S=2	LE Coded S=8	LE 2M
空速	1M/s	500Kbits/s	125Kbits/s	2M/s
距离倍数	1	2	4	0.8

注意：

如果在连接后配置 PHY，仅对当前连接有效，参数不会被保存到 Flash 中，断开连接后依然使用之前所配置的 PHY 进行广播。

这样做是为了避免下面情况：在连接后，配置了从机 PHY（或者主机 PHY），断开连接后从机使用变更后的 PHY 进行广播或者主机在变更后的 PHY 上扫描，但是对方设备（对方的从机或主机）并未变更 PHY，由于广播和扫描不在相同的 PHY 之上，主机将不能扫描到从机，从而两个设备不能建立连接。

4.7.1. 长距离模式 (LongRange)

蓝牙 5 规范引入了许多改进措施，包括 125 kbs 或 500 kbps 的“长距离”模式，允许您以降低数据速率以及增加平均电流消耗为代价来增加传输距离。

长距离功能提供了一种在不增加输出功率的情况下增加传输距离的方法。即在硬件(物理)层将前向纠错码(FEC)应用到传输中。其专业术语叫“Coded PHY”。当然，这需要舍弃一些数据速率。

通常情况，要使用长距离模式，从机需要在 Coded PHY 上广播，主机需要在 Coded PHY 上进行扫描，连接成功后可配置为 125K 或 500K。也不排除，用户在 1M PHY 上进行广播和扫描，在连接成功后，通过 PHY 配置，将 PHY 切换到 125K

或 500K，这种情况，连接距离比较短，连接后配置完 PHY 才能达到更远的距离。

4.8. BLE MTU

模组支持最大 MTU 为 247 字节，更长的字段会导致数据分包，从而影响传输速率。ble 通信有效负载为 MTU-3 字节，也就是说模组空中包长最大 244 字节。

4.9. 主从一体

模组支持主从一体，可通过指令 “AT+BROLE=<role>” 进行切换，该指令重启后生效，默认从体角色。

连接后，主机按已设置的参数主动更新 BLE 参数。其中包括：MTU、PHY、连接参数，自动使能从机 Notify。待以上 BLE 参数自动完成后，模组才能进行通信。

连接成功后，用户可即时更新连接参数和 PHY。

需要强调的是，连接成功后，PHY 设置仅影响当前连接，参数不保存，断开后仍然使用当前连接之前的 PHY 配置进行广播或扫描。

4.10. 配对和绑定

BLE 配对绑定过程也就是对 BLE 的数据加密码的过程。

模组默认状态下，不需要配对绑定。用户可以通过 AT 指令 “AT+BBONDEN=1\r\n” ，使能模组配对绑定功能。当然也可以能过指令 “AT+BBONDEN=0\r\n” 禁用配对绑定功能。

需要强调的是：

1. 修改配对信息需要重启后才能生效；
2. 使能配对功能主机和使能配对功能从机才能连接。否则会连接失败。

4.11. 透传服务、特征

我司 ble 模组，使用固定服务 uuid:0xFFFD;特征定义如下：

特征值	UUID	属性	描述
SLAVE CHANNEL	FFF1	notify	从机发送数，主机接收数据通道。
MAST CHANNEL	FFF2	write 、 write no response	主机发送数据，从机接收数据通道

Slave channel 主机端接收数据时，应使使能 Notify。

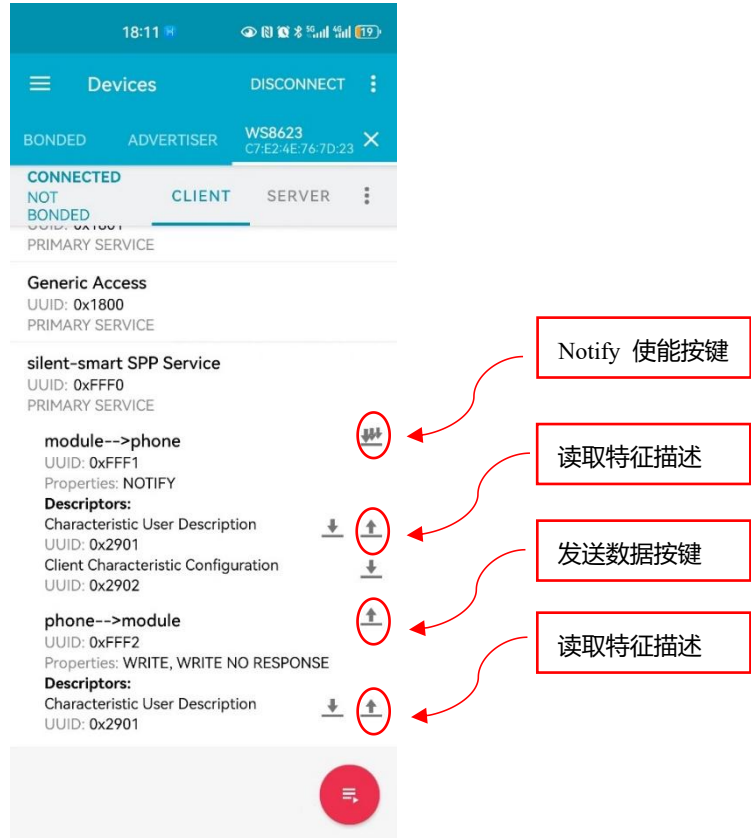


图 9 模组服务、特征在 nRF Connect 中的展示图

5. 使用示例

示例中使用到的软件：

- 手机 APP:nrf Connect 4.28.0;
- 上位机: SSCOM;

5.1. 从机简单的通信

1. 模组上电，即开始广播，通过手机 APP，显示名称为：WS8623;
2. 使用 nrf Connect 连接模组；连接成功后，可以看 UUID 为 0xffff0 的服务，服务有两个特征:0xffff1 和 0xffff2.
3. 其中 0xffff1 中接收，需要手动使用 Notify;0xFFFF2 为发送，可通过 APP 向模组发送数据。
4. 使用 APP 向模组发送数据 “0123456789”;
5. 使用 SSCOM 向模组发送 “abcdefgh\r\n” ;

操作如下图：

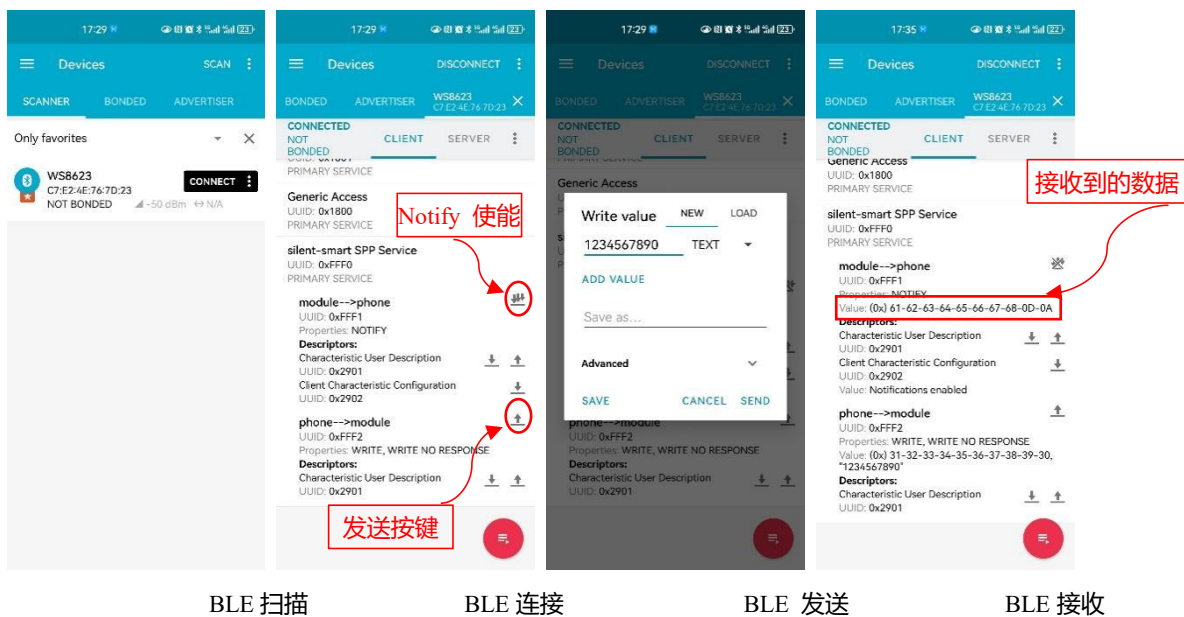


图 10 简单示例 nRF Connect App 截图

5.2. 主机-从机简单的通信

示例开始前，需要准备两个 WS8623 模组，并且通过 UART 与串口工具建立连接。

1. 模组 1 为从机，从机为模组的默认角色，开机即从机，开始广播，等待连接。
2. 模组 2 需要配置为主机。使用指令 “AT+BROLE=1”，将模组 2 配置为主机；
3. 重启模组 2。可使用复位引脚或者使用指令 “AT+RST” 进行重启；
4. 重启后两个模组重动连接，连接成功后即可进行通信。

从机 (Slave)

主机 (Master)

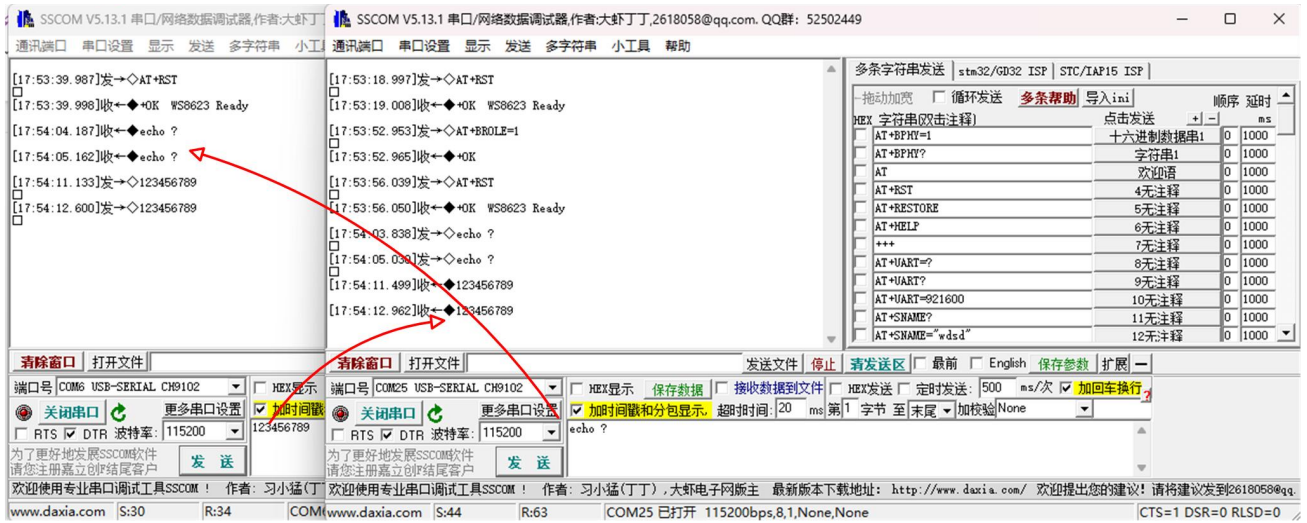


图 11 主机-从机简单的通信

5.3. 手机与模组使用 LongRange 进行通信

1. 模组开机。
2. 使用指令 “AT+BPHY=3” 配置模组 1 PHY 为 125K;
3. 启动 nRFConnect APP 扫描附近的设备, 选择 “WS8623” 进行连接;
4. 使能特征 (UUID 为 0xFFFF1) 的 Notify;
5. 使用 sscm 发送数据 “echo?”
6. 在 nRF Connect APP, 通过特征 (UUID 为 0xFFFF2) 发送数据到模组。

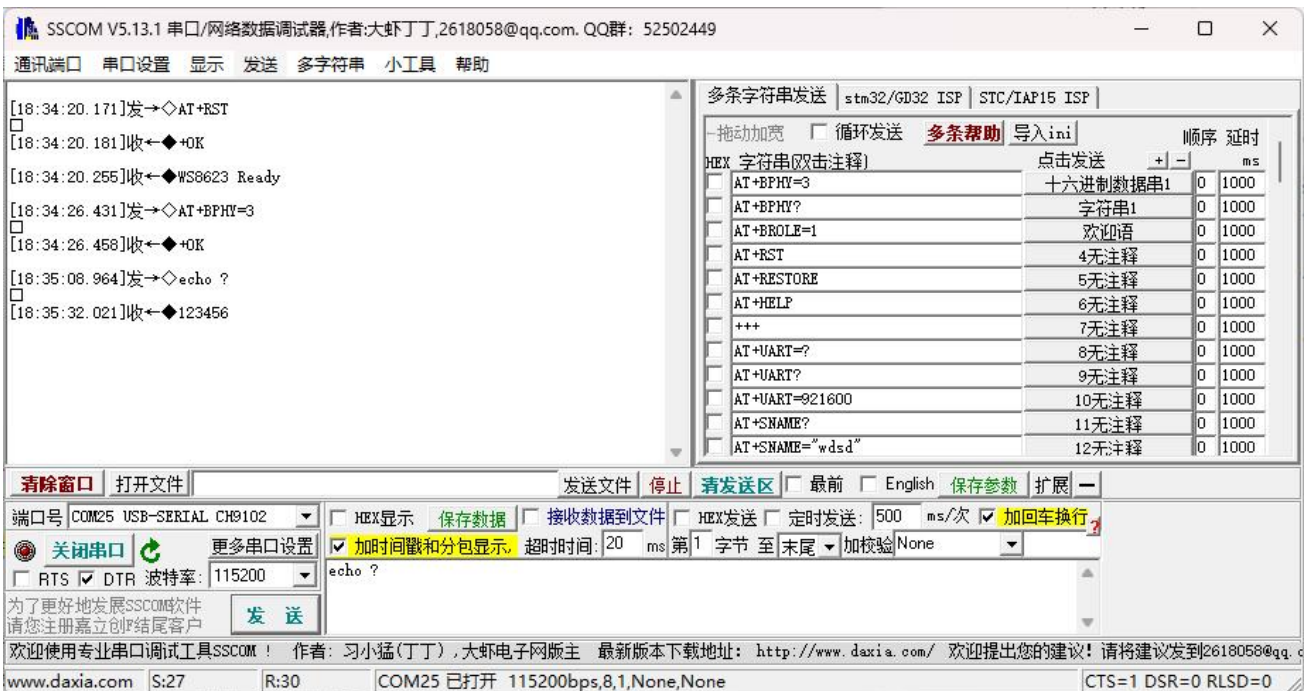


图 12 nRF Connect 与模组通信 SSCOM 操作截图

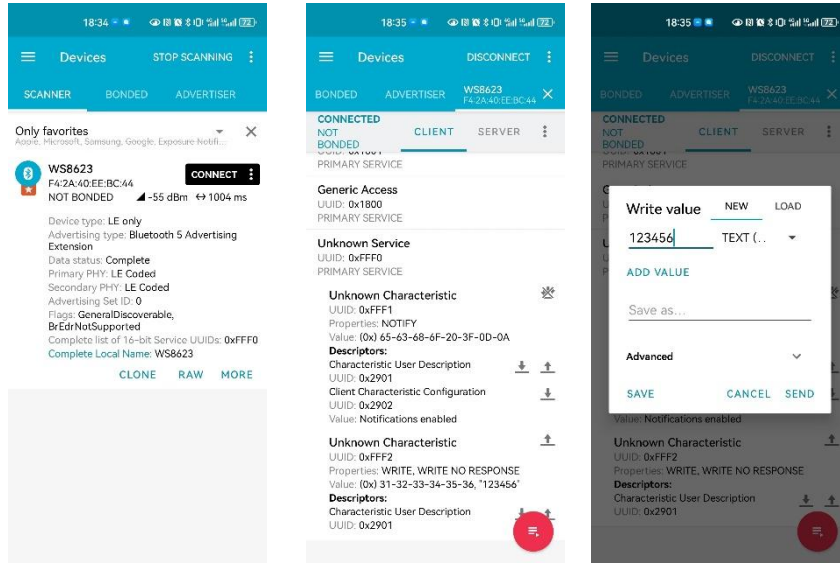


图 13 手机与模组使用 LongRange 通信 nRF connect 截图

5.4. LongRange 一主一从两个模组通信示例

示例开始前，需要准备两个 WS8623 模组，并且通过 UART 与串口工具建立连接。

1. 模组 1 为从机，从机为模组的默认角色，开机即从机，开始广播，等待连接。
2. 使用指令 “AT+BHPY=3” 配置模组 1 PHY 为 125K;
3. 模组 2 需要配置为主机。使用指令 “AT+BROLE=1”;将模组 2 配置为主机;
4. 重启模组 2。可使用复位引脚或者使用指令 “AT+RST”进行重启;
5. 使用指令 “AT+BHPY=3” 配置模组 2 PHY 为 125K;
6. 重启后两个模组重动连接，连接成功后即可进行通信。

从机 (Slave)

主机 (Master)

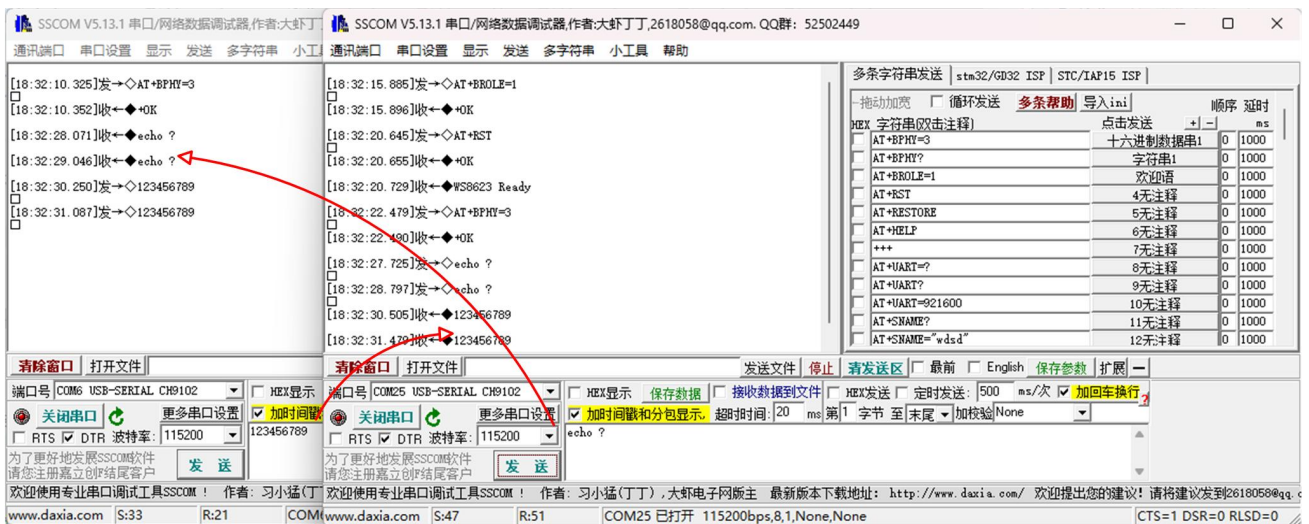


图 14 LongRange 一主一从两个模组通信

5.5. 从机低功耗模式数据唤醒 MCU

1. 在未连接前使用指令 “AT+DATDLY=1” 开启延迟输出 ;

成都无声讯通科技有限责任公司

2. 发送休眠指令 “AT+SLEEP\r\n”;
3. 使用 nRF Connect 连接模组;
4. 发送 16 进制数据: 1234567890;
5. 断开连接;
6. 发送 “0x00” 唤醒模组

MCU 可配置低电平或下降沿唤醒，模组接收到数据后，拉低 DATDLY 引脚，唤醒 MCU，模组等待 MCU 唤醒（10ms）后即发送已接收到的数据。操作过程电流和引脚电平抓取如下：

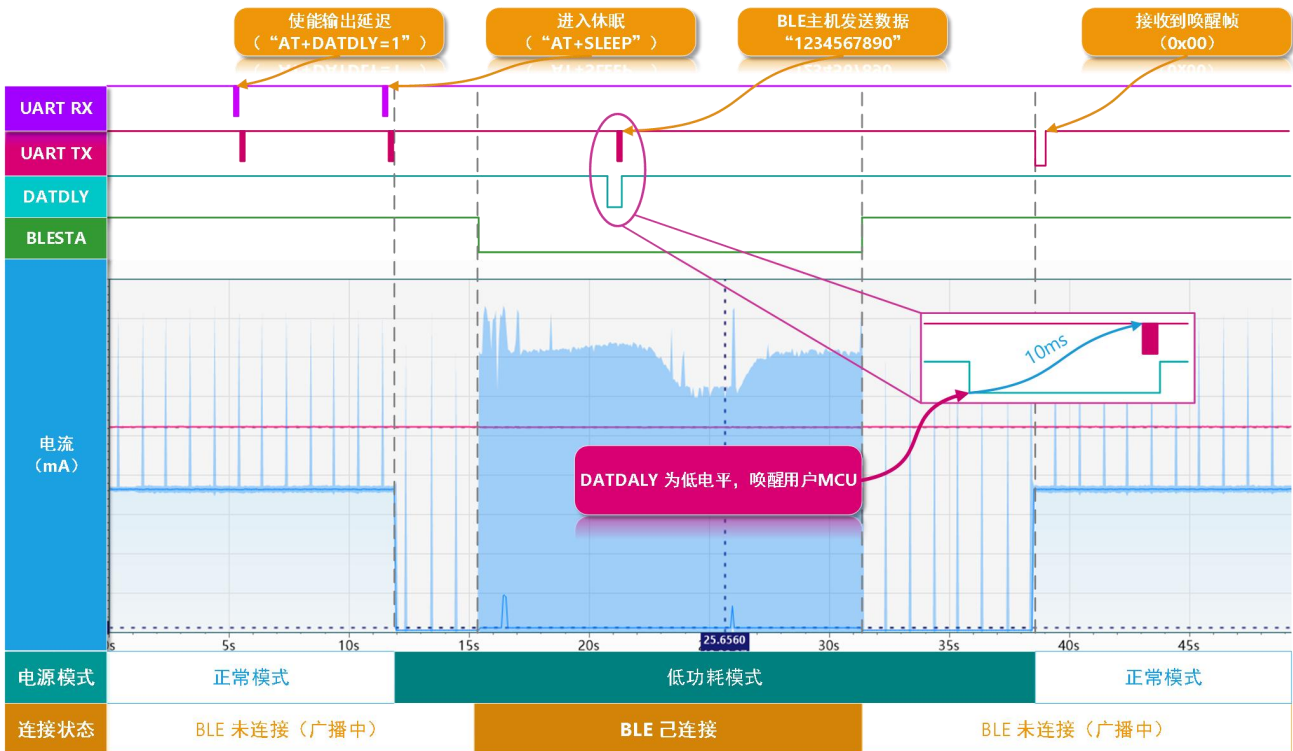


图 15 模组唤醒 MCU 示例图

6. 电气及其他参数

6.1. 极限参数

参数	符号	最小值	最大值	单位
电源电压	VDD	-0.3	3.9	V
接口电压	V _{IN}	-0.3	3.9	V
PB12、PB13 电压	V _{IN}	-0.3	3.6	V
储藏温度	T _{STG}	-40	125	°C

6.2. 工作参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压	VDD	1.7	3.3	3.6	V
工作温度	T _{OP}	-40		85	°C

6.3. 射频性能参数

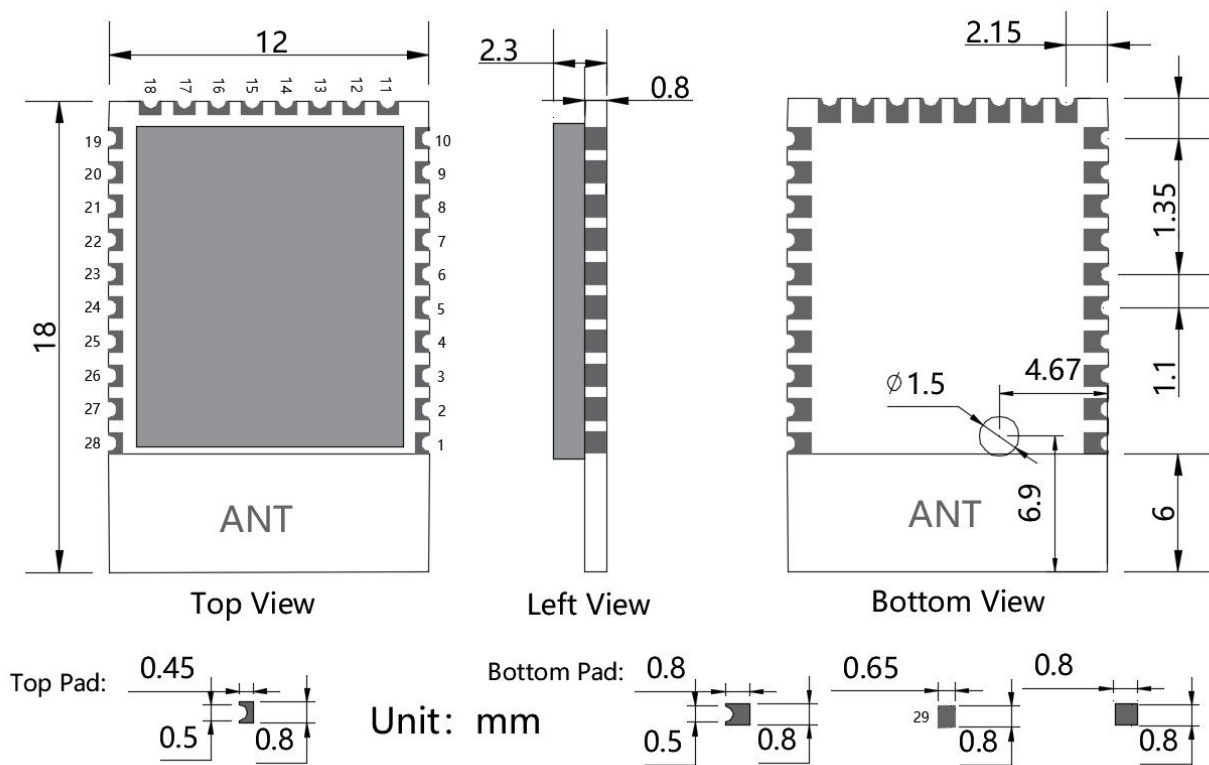
参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
工作频段	2402	2440	2480	MHz	
无线协议	Bluetooth® 5.3 Low Energy				
空中速率	0.125	1	2	Mbps	
最大发射功率	-20	0	8	dBm	
接收灵敏度	-	-97	-	dBm	@1 Mbps
发射电流	-	8.5	-	mA	@3.3V, @0dBm
连接电流	-	8.5	-	mA	@3.3V
平均休眠电流	-	19	-	uA	@3.3V, @0dBm, 广播间隙 1s

6.4. 其他参数

参数	描述
通信接口	UART
射频接口	PCB 板载天线、IPEX 一代天线座
封装方式	贴片式
接口方式	1.1mm 间距邮票孔
外形尺寸	18mm *12mm (PCB 板载)、16mm*12mm (IPEX 天线座)

7. 模组封装尺寸

7.1. PCB 板载天线 模组封装尺寸



7.2. IPEX 天线座 模组封装尺寸

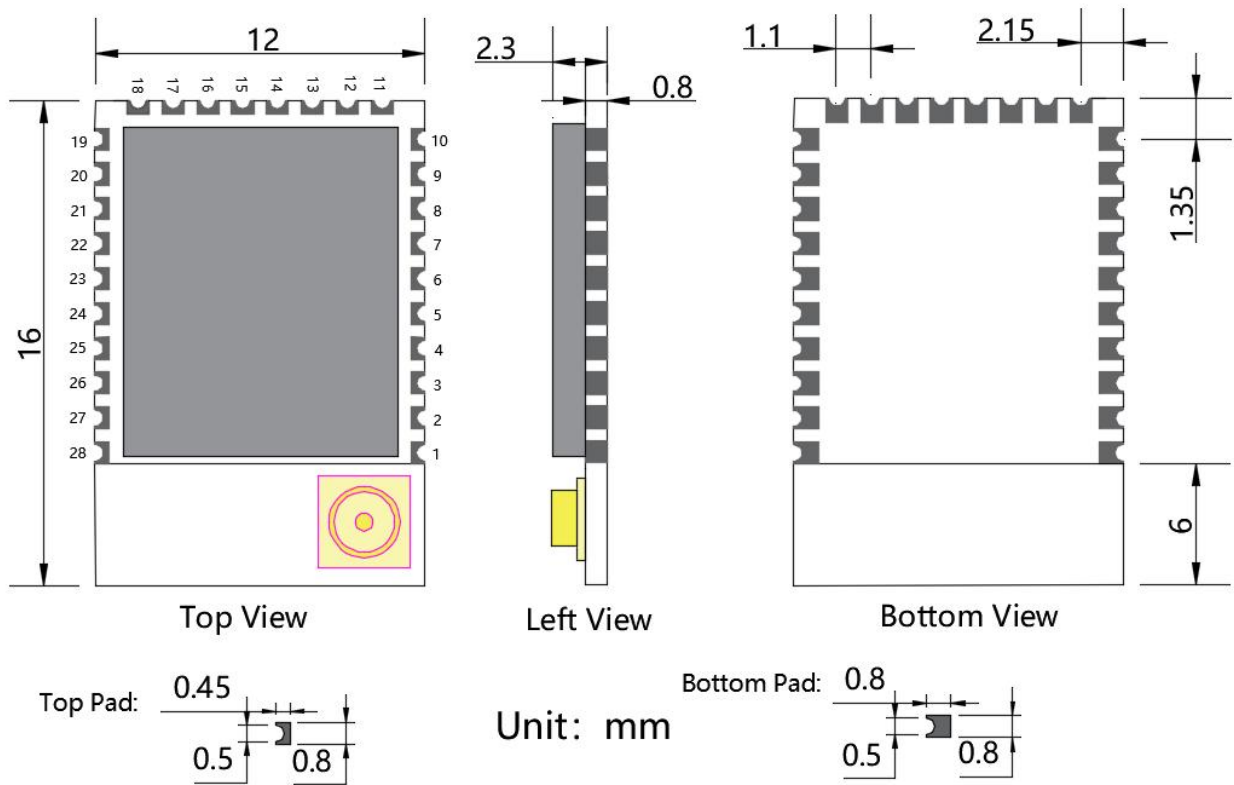


图 16 模组封装尺寸图

- 推荐焊盘设计：长为 $2 \times 0.8\text{mm} = 1.6\text{mm}$ ，宽为 0.8mm 。
- 直径为 1.5mm 的环形区域为射频测试点区域，此区域以及 ANT 区域禁止布线和铺铜。

8. 生产指导

8.1. 回流焊曲线图

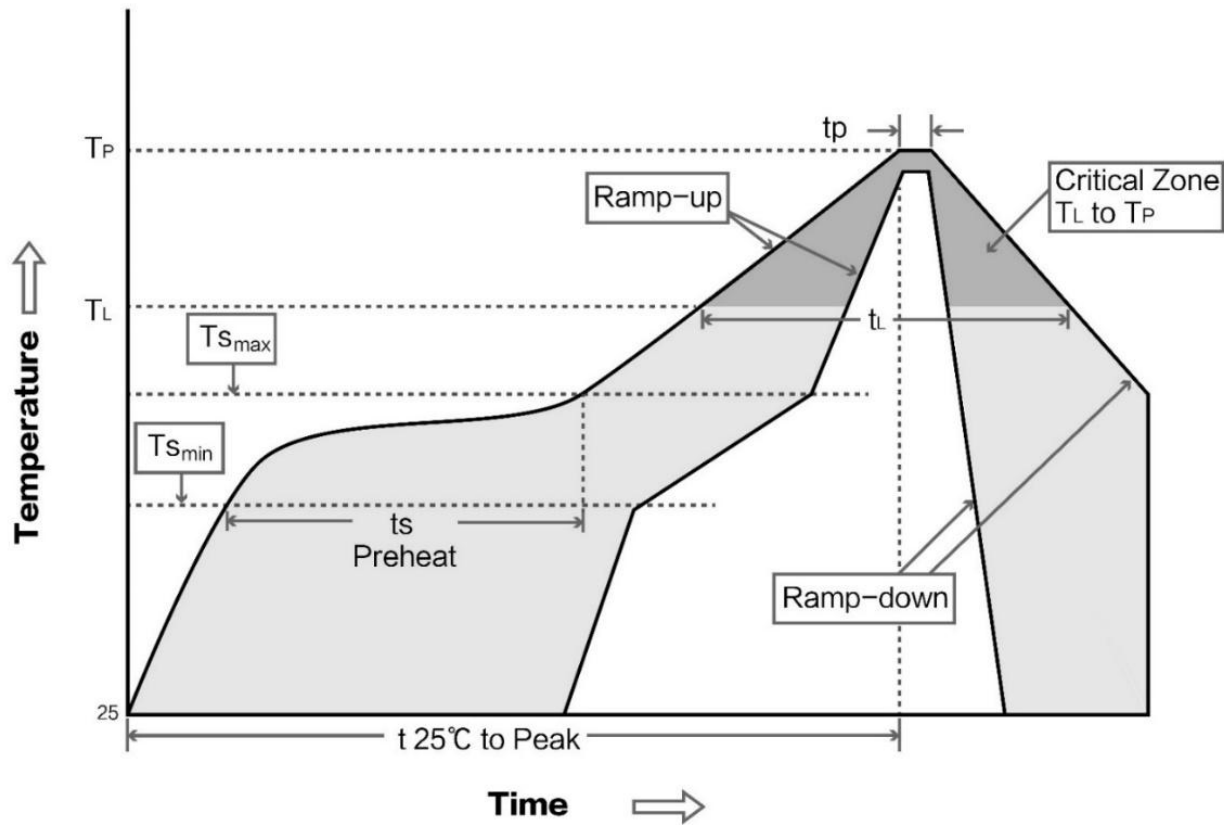


图 17 回流焊曲线图

8.2. 回流焊温度及时间

曲线特征	Profile Feature	Sn-Pb Assembly	Pb-Free Assembly
锡膏	Solder Paste	Sn63/Pb37	Sn96.5/Ag3/Cu0.5
最小预热温度	Preheat Temperature min (Tsmin)	100°C	150°C
最大预热温度	Preheat temperature max (Tsmax)	150°C	200°C
预热时间	Preheat Time (Tsmin to Tsmax)(ts)	60-120 sec	60-120 sec
平均上升速率	Average ramp-up rate(Tsmax to Tp)	3°C/second max	3°C/second max
液相温度	Liquidous Temperature (TL)	183°C	217°C
液相线以上的时间	Time (tL) Maintained Above (TL)	60-90 sec	30-90 sec
峰值温度	Peak temperature (Tp)	220-235°C	230-250°C
平均下降速率	Aveage ramp-down rate (Tp to Tsmax)	6°C/second max	6°C/second max

25°C到峰值温度的
时间

Time 25°C to peak temperature

6 minutes max

8 minutes max
