



低功耗蓝牙模块

RSBRS02ABR 硬件规格书

深圳市信驰达科技有限公司

更新日期：2020年01月19日

目录

● 选型表	3
● 概述	4
● 模块参数	5
● 模块尺寸与引脚定义	5
● 硬件设计注意事项	7
● 常见问题	8
➢ 传输距离不理想	8
➢ 易损坏——异常损坏	8
➢ 误码率太高	8
● 回流焊条件	8
● 静电放电警示	9
● 版本更新记录	9
● 联系我们	10

● 选型表

芯片型号	内核	FLASH (KB)	RAM (KB)	发射功率(dBm)	模块型号	天线形式	模块尺寸(mm)	通信距离(M)	模块照片 (点击可访问)
RS02A1-B	M0+	256	8	5	RSBRS02ABR	PCB	11.2*15.2	150	
					RSBRS02ABRI	IPEX	11.2*15.2	250	
RS02A1-A	M0+	256	8	7	RSBRS02AA	PCB	11.2*15.2	180	
					RSBRS02AI	IPEX	11.2*15.2	300	

注:

- 1、通信距离为以模块最大发射功率在晴朗天气下空旷无干扰环境下测试所得最远距离。
- 2、点击图片可跳转至购买链接。

● 概述

深圳信驰达该款蓝牙模块是基于公司RS02A1-B芯片研发的低功耗蓝牙（BLE）射频模块，可广泛应用于短距离无线通信领域。具有功耗低、体积小、传输距离远、抗干扰能力强等特点。模块配备高性能蛇形天线；模块采用邮票半孔形式硬件接口设计。

该模块可用于开发基于蓝牙4.2（BLE，低功耗蓝牙）的消费类电子产品、手机外设产品等，能提高操作的可靠性；提高信号的传输距离和抗干扰性；还能实现解决不同电子产品间的互操作问题，电池寿命也可显著延长。为客户产品与智能移动设备通讯提供快速的BLE解决方案。

信驰达 RSBRS02ABR 模块成为注重电池使用寿命、小型尺寸和简便实用性的各类应用的理想选择。

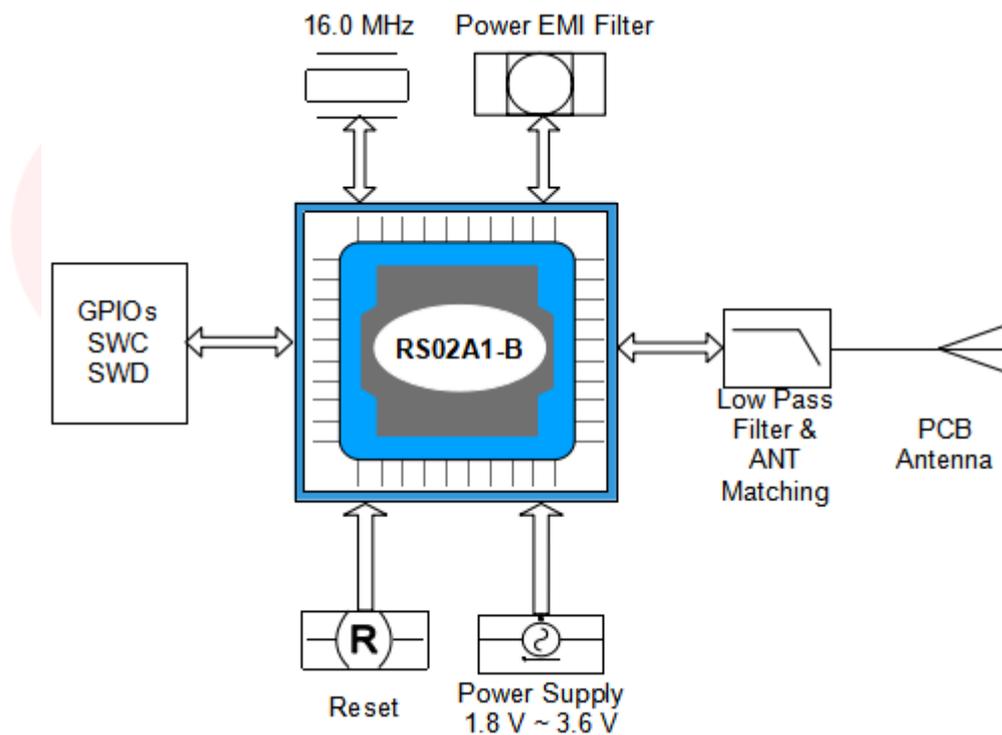
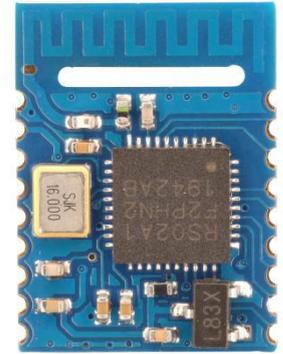


图 1. RSBRS02ABR 原理框图

● 模块参数

表 1. RSBRS02ABR参数

芯片型号	RSBRS02ABR
工作电压	2.3 ~ 3.6 V, 推荐为 3.3 V
工作频段	2402 MHz ~ 2480 MHz
最大发射功率	-20 ~ +5 dBm (正常0dBm输出)
接收灵敏度	-94 dBm
ROM	80 KB
SRAM	36 KB
Cache	4 KB
FLASH	256 KB
GPIO数量	11 个
晶振频率	16 MHz
封装方式	SMT (邮票半孔)
工作温度	- 40 °C ~ + 85 °C
储存温度	- 40 °C ~ + 125 °C

● 模块尺寸与引脚定义

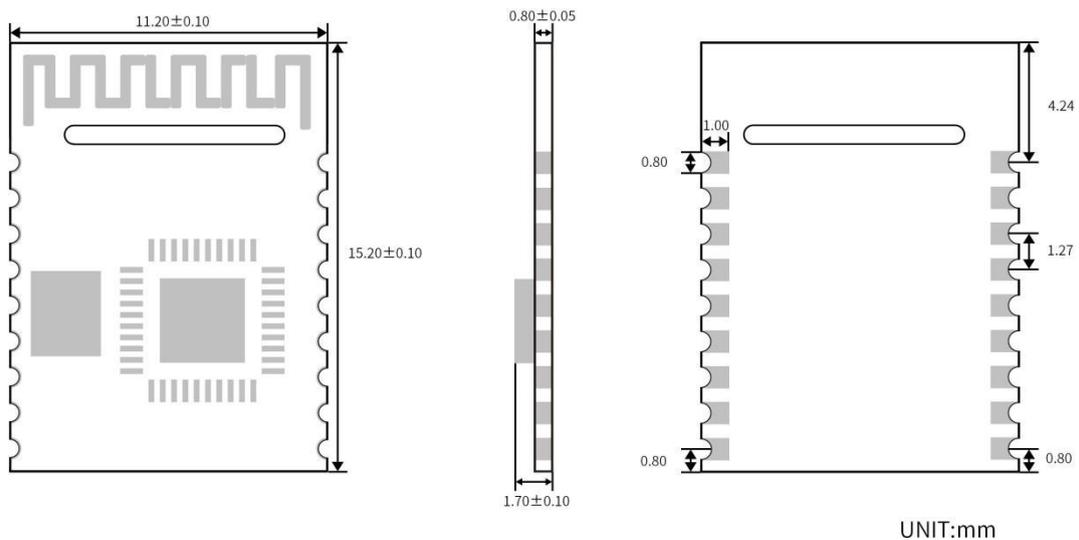


图 2. RSBRS02ABR尺寸图

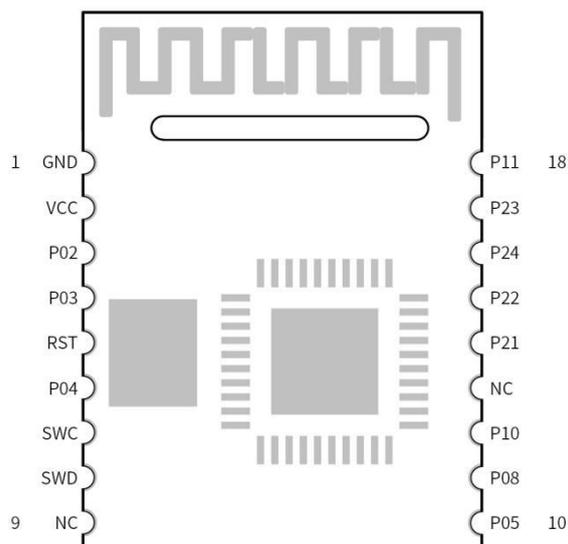


图 3. RSBRS02ABR引脚图

表 2. RSBRS02ABR模块引脚定义

引脚序号	名称	功能	备注
1	GND	—	/
2	VCC	—	模块电源，2.3~3.6V，推荐3.3V
3	P02	I/O	
4	P03	I/O	
5	RESET	复位脚	低电平有效
6	P04	I/O	
7	SWC	SWCLK	接J-Link仿真器SWCLK
8	SWD	SWDIO	接J-Link仿真器SWDIO
9	NC	悬空脚	
10	P05	I/O	
11	P08	I/O	
12	P10	I/O	
13	NC	悬空	
14	P21	I/O	
15	P22	I/O	
16	P24	I/O	
17	P23	I/O	
18	P11	I/O	

● 硬件设计注意事项

- 1、推荐使用直流稳压电源对模块进行供电，电源纹波系数尽量小，模块需可靠接地；请注意电源正负极的正确连接，如反接可能会导致模块永久性损坏；
- 2、请检查供电电源，确保在推荐供电电压之间，如超过最大值会造成模块永久性损坏；请检查电源稳定性，电压不能大幅频繁波动；
- 3、在针对模块设计供电电路时，往往推荐保留 30% 以上余量，有利于整机长期稳定地工作；模块应尽量远离电源、变压器、高频走线等电磁干扰较大的部分；
- 4、高频数字走线、高频模拟走线、电源走线必须避开模块下方，若实在不得已需要经过模块下方，假设模块焊接在 Top Layer，在模块接触部分的 Top Layer 铺地铜（全部铺铜并良好接地），必须靠近模块数字部分并走线在 Bottom Layer；
- 5、假设模块焊接或放置在 Top Layer，在 Bottom Layer 或者其他层随意走线也是错误的，会在不同程度影响模块的杂散以及接收灵敏度；
- 6、假设模块周围有存在较大电磁干扰的器件也会极大影响模块的性能，跟据干扰的强度建议适当远离模块，若情况允许可以做适当的隔离与屏蔽；
- 7、假设模块周围有存在较大电磁干扰的走线（高频数字、高频模拟、电源走线）也会极大影响模块的性能，跟据干扰的强度建议适当远离模块，若情况允许可以做适当的隔离与屏蔽；
- 8、通信线若使用5V电平，必须使用电平转换电路；
- 9、尽量远离部分物理层亦为 2.4 GHz 频段的TTL 协议，例如：USB3.0。
- 10、模块天线布局请参考下图：

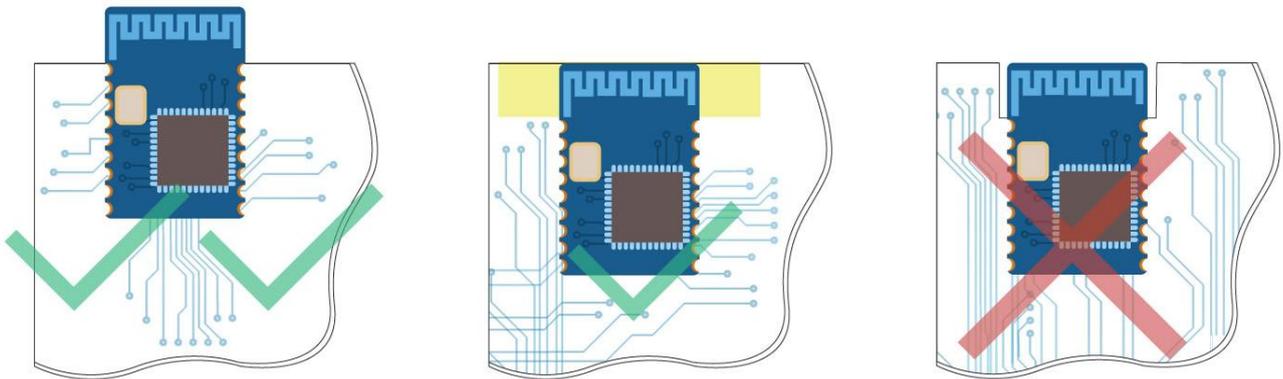


图 4. 布局建议

● 常见问题

➤ 传输距离不理想

- 1、当存在直线通信障碍时，通信距离会相应的衰减；温度、湿度，同频干扰，会导致通信丢包率提高；地面吸收、反射无线电波，靠近地面测试效果较差；
- 2、海水具有极强的吸收无线电波能力，故海边测试效果差；
- 3、天线附近有金属物体，或放置于金属壳内，信号衰减会非常严重；
- 4、功率寄存器设置错误、空中速率设置过高（空中速率越高，距离越近）；
- 5、室温下电源低压低于推荐值，电压越低发功率越小；
- 6、使用天线与模块匹配程度较差或天线本身品质问题。

➤ 易损坏——异常损坏

- 1、请检查供电电源，确保在推荐供电电压之间，如超过最大值会造成模块永久性损坏；请检查电源稳定性，电压不能大幅频繁波动；
- 2、请确保安装使用过程防静电操作，高频器件静电敏感性；
- 3、请确保安装使用过程湿度不宜过高，部分元件为湿度敏感器件；如果没有特殊需求不建议在过高、过低温度下使用。

➤ 误码率太高

- 1、附近有同频信号干扰，远离干扰源或者修改频率、信道避开干扰；
- 2、电源不理想也可能造成乱码，务必保证电源的可靠性；
- 3、延长线、馈线品质差或太长，也会造成误码率偏高。

● 回流焊条件

- 1、加热方法：常规对流或 IR 对流；
- 2、允许回流焊次数：2 次，基于以下回流焊(条件)(见图 5)；
- 3、温度曲线：回流焊应按照下列温度曲线(见图 5)；
- 4、最高温度：245°C。

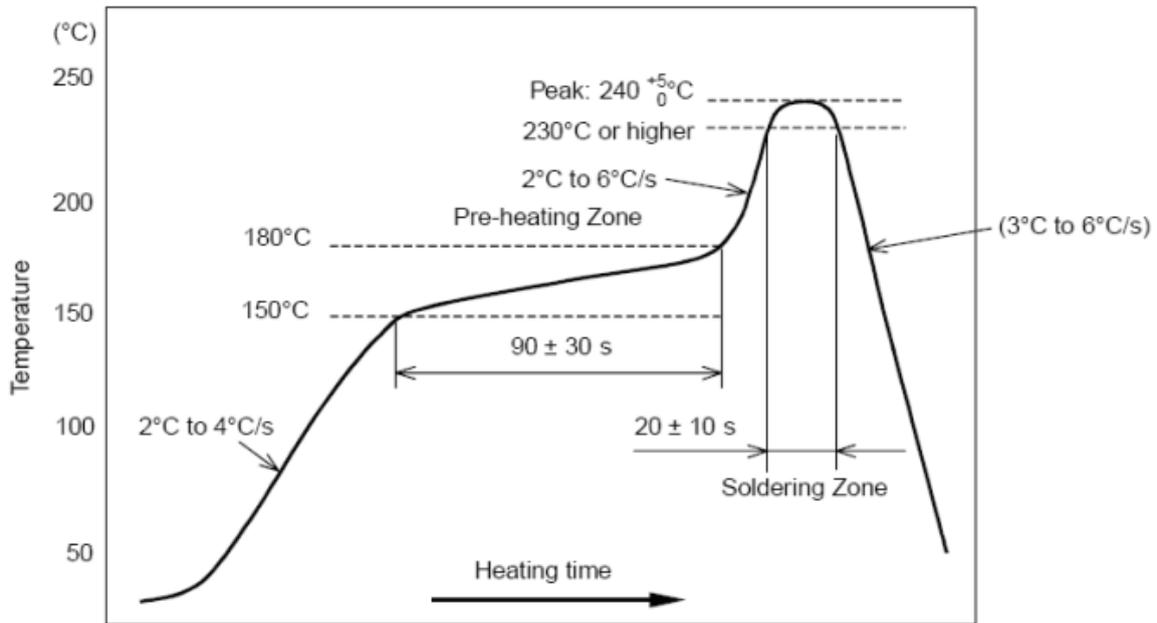


图 5. 部件的焊接耐热性温度曲线(焊接点)

● 静电放电警示

模块会因静电释放而被损坏，RF-star 建议所有模块应在以下 3 个预防措施下处理：

- 1、必须遵循防静电措施，不可以裸手拿模块。
- 2、模块必须放置在能够预防静电的放置区。
- 3、在产品设计时应该考虑高电压输入或者高频输入处的防静电电路。

静电可能导致的结果为细微的性能下降到整个设备的故障。由于非常小的参数变化都可能导致设备不符合其认证要求的值限，从而模块会更容易受到损害。

● 版本更新记录

版本号	文档日期	更新内容
V0.1	2019/12/18	第一次发布
V1.0	2020/01/14	添加原理框图
V1.0	2020/01/19	添加模块选型表

● 联系我们

深圳市信驰达科技有限公司

Shenzhen RF-star Technology Co., Ltd.

Tel(Sales): 0755-8632 9829

Tel(FAE): 0755-3695 3756

E-mail: sales@szrfstar.com

Web: www.szrfstar.com

地址：深圳市南山区高新园科技南一道创维大厦 C 座 601 室

Add: Room 601,Block C,Skyworth Building,Nanshan High-Tech Park,Shenzhen.





低功耗蓝牙(BLE)模块及标准透传协议

协议版本: V5.11u (透传+直驱)



深圳市信驰达科技有限公司
更新日期: 2022 年 08 月 15 日

前言

如何快速低成本地开发智能手机新外设

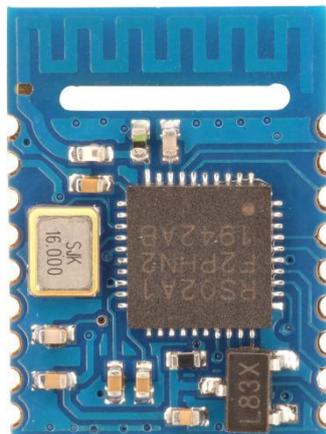
—论低功耗蓝牙技术在智能移动设备中的应用—

USB 协议的产生，让个人电脑的外设如雨后春笋般地涌现。同样，做为智能手机最新开放的低功耗蓝牙(BLE)无线应用技术，也有异曲同工之妙。BLE 技术给电子产品桥接智能手机提供了可能。相对 Wi-Fi, Bluetooth 2.0 等无线技术，有着能耗低、连接迅速、通讯距离更远等优势，让智能手机的外围电子设备有了更开阔的发展前景。

RSBRS02ABR 、RSBRS02ABRI 这两款模块做为智能手机外设的桥梁，使得主机端应用开发异常简单。在透明传输模式下(串口)，用户的现有产品或者方案配合此透传模块，能十分方便地和移动设备(需支持蓝牙 4.0 以上)相互通讯，实现超强的智能化控制和管理。

这两款模块采用 RF-star 的 RS02A1-B 芯片作为核心处理器。模块运行在 2.4 GHz ISM band, GFSK 调制方式(高斯频移键控)，40 频道 2 MHz 的通道间隙，3 个固定的广播通道，37 个自适应自动跳频数据通道，物理层可以和经典蓝牙 RF 组合成双模设备，2 MHz 间隙能更好地防止相邻频道的干扰。

此模块的设计目的是迅速桥接电子产品和智能移动设备，可广泛应用于有此需求的各种电子设备，如仪器仪表，物流跟踪，健康医疗，智能家居，运动计量，汽车电子，休闲玩具等。**随着安卓 4.3 智能设备对 BLE 技术的集成，智能手机标配 BLE 必将成为时尚，手机外设的市场需求将成级数倍增。**用户可借此模块，以最短的开发周期整合现有方案或产品，以最快的速度占领市场，同时为企业的发展注入崭新的技术力量。



RSBRS02ABR



RSBRS02ABRI

版本更新记录

版本号	文档日期	更新内容
V5.11	2020/04/27	✓ 第一次发布
V5.11	2020/11/19	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 新增部分 AT 查询指令 ✓ 新增 AT 指令设定 Service UUID ✓ 新增 BT5.0 的 2M 速率特性 ✓ 新增外围参考设计（附录 B） ✓ 新增功耗测试截图
V5.11	2020/12/02	✓ AT 指令表增加 AT 指令 TTM: ADD-?的说明
V5.11	2021/03/29	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 新增 AT 指令设置配对模式 ✓ 新增 AT 指令设置串口回显 ✓ 新增 AT 指令设置 460800,921600 波特率 ✓ 修改程序框架，最高透传速率可达 37kb/s ✓ 增加掉电保存直驱功能
V5.11	2021/07/13	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 修改 AT 指令设置 SERVICE UUID ✓ 提高透传通信速率至 45.6K/s
V5.11	2022/08/12	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 新增串口升级功能 ✓ 新增 AT 指令查询连接状态 ✓ 新增 AT 指令查询 UUID ✓ 新增 AT 指令设置模块否配对自动连接 ✓ 新增 AT 指令设置参数存储时间
V5.11	2022/08/15	✓ 新增串口升级测试说明

注：

- 1、文档会不定期优化更新，在使用此文档前，请确保是最新版本；
- 2、获取最新协议或文档，请到信驰达科技官方网址下载。

目录

版本更新记录	2
目录	3
● 概述	5
● 工作模式示意图	7
● 封装尺寸及脚位定义	8
● 串口透传协议说明(桥接模式)	10
● BLE 协议说明(APP 接口)	12
➢ 设备信息【服务 UUID: 0x180A】	12
➢ 串口数据通道【服务 UUID: 0xFFE0】	12
➢ 蓝牙数据通道【服务 UUID: 0xFFE5】	13
➢ 防劫持密钥【服务 UUID: 0xFFC0】	13
➢ 模块参数设置【服务 UUID: 0xFF90】	14
➢ 可编程 IO (3 路)【服务 UUID: 0xFFFF0】	17
➢ 定时翻转输出 (2 路)【服务 UUID: 0xFFFF0】	18
➢ 电平脉宽计数【服务 UUID: 0xFFFF0】	19
➢ 掉电保存设置【服务 UUID: 0xFFFF0】	20
➢ ADC 输入 (1 路)【服务 UUID: 0xFFD0】	20
➢ PWM 输出 (2 路)【服务 UUID: FFB0】	21
● 串口 AT 指令	23
➢ 获取模块版本号	23
➢ 连接间隔设定	23
➢ 获取连接间隔	23
➢ 获取模块名称	23
➢ 模块重命名	24
➢ 获取波特率	24
➢ 波特率设定	24
➢ 获取物理地址 MAC	24
➢ 设置模块 MAC 地址	24
➢ 广播周期设定	25
➢ 获取广播周期	25
➢ 附加自定义广播内容	25
➢ 获取附加自定义广播内容	25
➢ 定义产品识别码	25
➢ 查看产品识别码	26
➢ 发射功率设定	26
➢ 获取发射功率	26
➢ EN 脚内部使能	26
➢ EN 脚内部使能状态查询	26
➢ 透传服务 UUID 设置/查询	27
➢ 修改 BLE 速率	28

➤ 查看 BLE 速率	28
➤ RSSI 信号强度输出	28
➤ RTC 设定与获取	28
➤ 数据延时设定	29
➤ 获取数据延时	29
➤ 获取模块连接密码	30
➤ 设置模块连接密码	30
➤ 串口回显设置/查询	30
➤ 配对开关设置/查询	30
➤ 配对超时设置/查询	31
➤ 配对密码设置/查询	31
➤ 配对列表查询/删除	31
➤ 配对自动连接设置/查询	32
➤ 设备连接状态查询	32
➤ AT 指令参数保存设置/查询	32
➤ 开启串口升级	33
➤ 软件复位	33
➤ 恢复出厂密码	33
➤ 深度恢复	33
AT 指令表	33
● 广播数据设置	37
● 系统复位与恢复	38
● IOS APP 编程参考	39
● 用 APP 测试透传功能	41
● 用 USB Dongle 及 BTool 测试	43
➤ 连接 BLE 模块	43
➤ 测试透传功能	44
● 串口升级测试	47
● 主机参考代码（透传）	50
● 联系我们	51
附录 A: SRRC 认证	52
附录 B: BLE 模块硬件规格说明	53
附录 C: 功耗测试截图	55
附录 D: 通信速率测试	62
附录 E: 模块射频参数测试报告	66

● 概述

模块可以工作在桥接模式（透传传输模式）和直驱模式。

模块启动广播后，已打开特定 APP 的手机会对其进行扫描和对接，成功之后便可以通过 BLE 协议对其进行监控。

桥接模式下，用户 CPU 可以通过模块的通用串口和移动设备进行双向通讯，用户也可以通过特定的串口 AT 指令，对某些通讯参数进行管理控制。用户数据的具体含义由上层应用程序自行定义。移动设备可以通过 APP 对模块进行写操作，写入的数据将通过串口发送给用户的 CPU。模块收到来自用户 CPU 串口的数据包后，将自动转发给移动设备。此模式下的开发，用户必须负责主 CPU 的代码设计，以及智能移动设备端 APP 代码设计。

直驱模式下，用户对模块进行简单外围扩展，APP 通过 BLE 协议直接对模块进行驱动，完成智能移动设备对模块的监管和控制。此模式下的软件开发，用户只需负责智能移动设备端 APP 代码设计。

主要特点：

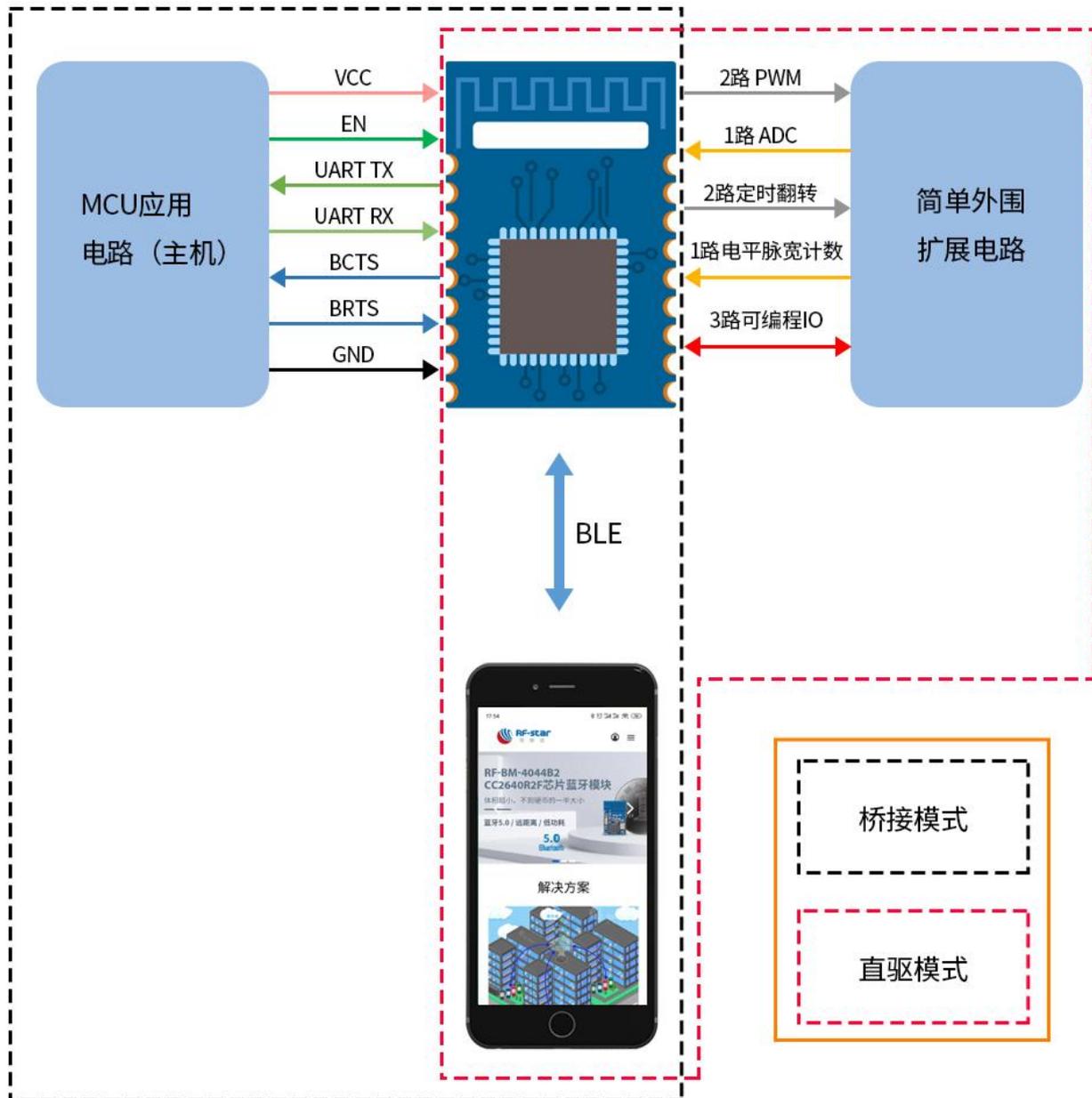
- 1、使用简单，无需任何蓝牙协议栈应用经验；支持蓝牙 5.0 协议栈，与 4.2 相比有 2 倍的速率（2Mbps 物理层）。
- 2、支持手动调整物理层带宽，提升通信距离和速率；
- 3、用户接口使用通用串口设计，全双工双向通讯，最低波特率支持 9600 bps；
- 4、默认 20 ms 连接间隔，连接快速，并且 Android 与 IOS 的兼容性好；
- 5、支持 AT 指令修改 Service UUID；
- 6、支持 AT 指令软件复位模块；
- 7、获取 MAC 地址，支持 AT 指令修改 MAC 地址（要重新复位后生效）；
- 8、支持 AT 指令调整蓝牙连接间隔，控制不同的转发速率（动态功耗调整）；
- 9、支持 AT 指令调整发射功率，修改广播间隔，自定义设备识别码，修改串口波特率，修改模块名，详情请查看 AT 指令表；
- 10、串口数据包长度，可以是 2048 Byte 以下(含 2048)的任意长度（大包自动分发）；
- 11、高速透传转发，最快可达 45.6 K/S；
- 12、支持移动设备 APP 修改模块名称，修改串口波特率，产品识别码，自定义广播内容，广播周期；
- 13、支持移动设备 APP 对模块进行远程复位，设置发射功率；
- 14、支持移动设备 APP 调节蓝牙连接间隔（动态功耗调整）；
- 15、支持防劫持密码设置、修改和恢复，防止第三方恶意连接。也可不使用。独立的密码操作结果通知，方便 APP 编程；

- 16、支持单脚位下地(长按) 5 s 恢复默认密码、下地(长按) 20 s 出厂恢复设置，APP 远程恢复出厂设置，上电后 1s 内必须将复位脚拉低；
- 17、广播内容提示模块实时系统状态，包括 MAC 地址、连接间隙、广播周期、数据延迟时间、串口波特率、自定义设备识别码与防劫持密码使能等设置信息；
- 18、支持浅恢复和深度恢复模式，灵活恢复用户数据，而保留产品必须配置；
- 19、极低功耗的待机模式，RS02A1-B 芯片睡眠电流 5.77 μ A，模块实测功耗如下：

事件	平均电流 (打开 EN 内部上拉)	平均电流 (关闭 EN 内部上拉)	测试条件/备注
模块睡眠功耗	5.77 μ A		—
200 ms 广播	218.64 μ A	143.53 μ A	0 dBm
	231.93 μ A	144.78 μ A	5 dBm
500 ms 广播	132.88 μ A	62.46 μ A	0 dBm
	147.77 μ A	62.06 μ A	5 dBm
1000 ms 广播	116.7 μ A	33.95 μ A	0 dBm
	118.36 μ A	36.23 μ A	5 dBm
5000 ms 广播	94.07 μ A	12.24 μ A	0 dBm
	95.33 μ A	12.39 μ A	5 dBm
20 ms 连接事件	485.09 μ A	400.88 μ A	0 dBm
	488.96 μ A	407.54 μ A	5 dBm
100 ms 连接事件	166.02 μ A	86.20 μ A	0 dBm
	168.13 μ A	88.29 μ A	5 dBm
串口功耗	1.08 mA		200 ms广播状态下

以上数据为信驰达模块 **RSBRS02ABR** 抽样实测数据，仅供参考。如果希望得到更低功耗，可适当增大连接间隔或者广播周期，详见[《模块参数设置》](#)和[《串口AT指令》](#)相关章节。

● 工作模式示意图

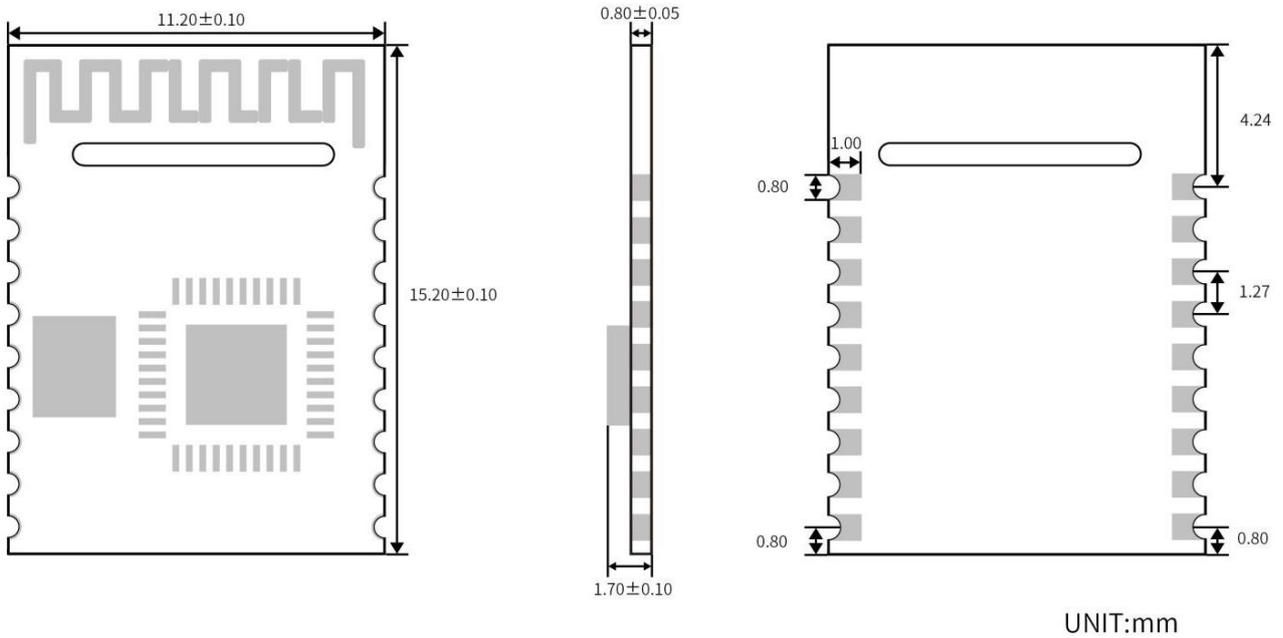


模块桥接模式和直驱模式示意图

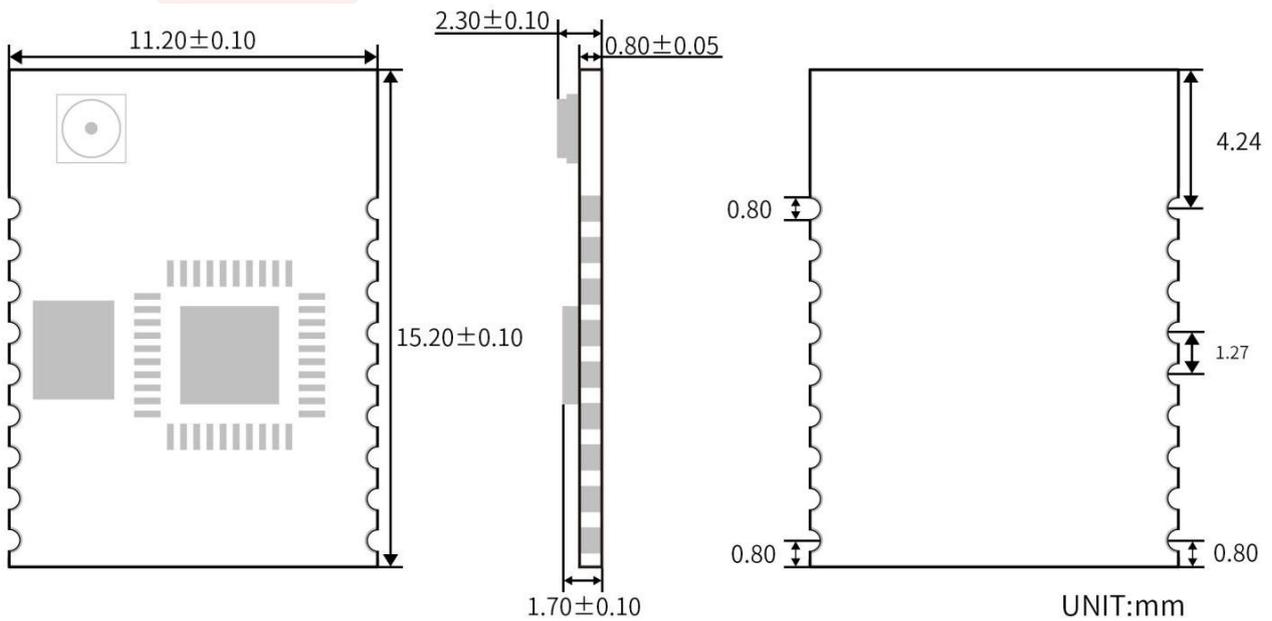
注：为避免用户 MCU 的 IO 和模块 IO 的输出电平差异导致大电流，建议在模块的输出信号线 TX, BCTS 上串入一小额隔离电阻。

● 封装尺寸及脚位定义

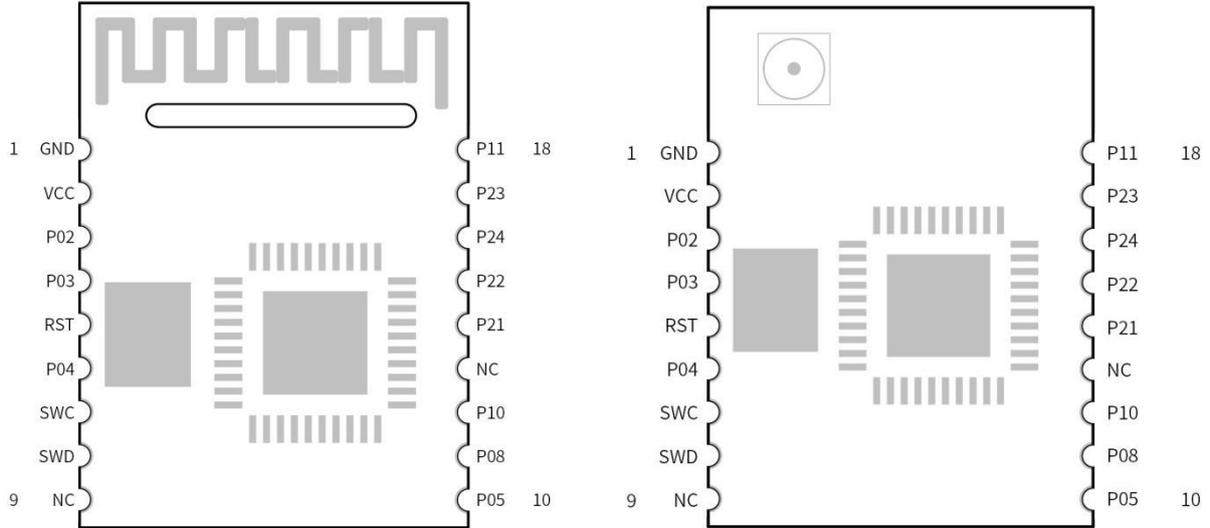
RSBRS02ABR、RSBRS02ABRI 两款模块尺寸及脚位定义完全一样，可以互相兼容。



RSBRS02ABR 模块尺寸图



RSBRS02ABRI 模块尺寸图


模块引脚图
引脚定义表

模块脚位序号	模块脚位名称	芯片脚位名称	输入/输出	说明
1	GND	GND	—	模块地 GND
2	VCC	VCC	—	模块电源 2.3 ~ 3.6V
3	IO2	P02	O	输出口（可定时翻转）/睡眠状态指示
4	IO1	P03	O	连接状态指示 0: 蓝牙已连接 1: 蓝牙未连接 输出口（可定时翻转）
5	RST	RST	I	复位输入脚，低电平有效，无内部上拉
6	EN	P04	I	模块使能控制线（低电平有效） 0: 模块开始广播，直到连接到移动设备 1: 无论模块当前状态，立即进入完全睡眠状态
7	SWC	SWC	—	JTAG 时钟脚
8	SWD	SWD	—	JTAG 数据脚
9	NC	—	—	
10	RESTORE / IO0	P05	I	保持此引脚低电平 5s ，系统会恢复部分参数（浅恢复），若保持 20s 以上则将会恢复全部参数（深度恢复）（见《系统复位与恢复》章节）
11	PWM2	P08	I/O	蓝牙连接之后使用FFB1控制PWM输出
12	PWM1	P10	I/O	蓝牙连接之后使用FFB1控制PWM输出

13	NC	—	—	
14	BRTS	P21	I	作为数据发送请求（用来唤醒模块） 0: 主机有数据发送，模块将等待接收来自主机的数据，此时模块不睡眠 1: 主机无数据发送，或主机数据发送完毕之后，应该将此信号线置 1
15	BCTS	P22	O	数据输入信号（用来唤醒主机，可选） 0: 模块有数据发送到主机，主机接收模块数据 1: 模块无数据发送到主机，或模块数据发送完毕之后，会将此信号置 1
16	TX	P24	O	模块串口发送端
17	RX	P23	I	模块串口接收端
18	ADC	P11	I	

● 串口透传协议说明(桥接模式)

模块的桥接模式是指，通过通用串口和用户 CPU 相连，建立用户 CPU 和移动设备之间的双向通讯。用户可以通过串口，使用指定的 AT 指令对串口波特率，BLE 连接间隔进行重设置(详见后面《[串口 AT 指令](#)》章节)。针对不同的串口波特率以及 BLE 连接间隔，以及不同的发包间隔，模块将会有不同的数据吞吐能力。模块默认波特率 115200bps。

当模块 **BLE 连接间隔为 20 ms，串口波特率为 115200 bps 时**，模块具有最高理论转发能力(12.4K/S)。这里就在电平使能模式下，这种配置为例，对透传协议做详细介绍。

模块可以根据获取到的已连接设备的 MTU 自定义串口包，模块会根据数据包大小自动分包发送,每个无线包最大载荷为 MTU 减去 3 个字节(例如:模块和安卓手机连接,获取 MTU 为251,则模块发送数据给手机每个最大的包为 248 个字节)。移动设备方发往模块的数据包，必须自行分包（每包 1 个字节到 MTU-3 个字节之间）发送。模块收到无线包后，会依次转发到主机串口接收端。

- 1、串口硬件协议：115200 bps，8，无校验位，1 停止位 。
- 2、EN 为高电平，蓝牙模块处于完全睡眠状态。EN 置低时，模块会以 **200ms** 的间隔开始广播，直到和手机对接成功。当 EN 从低到高跳变，不论模块状态，会立即进入睡眠。
- 3、连接成功之后，主机(MCU)如有数据发送至 BLE 模块，**需将 BRTS 拉低，主机可在约 50ms 后开始发送数据**。发送完毕之后主机应主动抬高 BRTS，让模块退出串口接收模式。要注意的

是，数据发送完毕后也要延时一段时间，抬高 BRTS 之前请确认串口数据完全发送完毕，否则会出现数据截尾现象。

4、当模块有数据上传请求时，模块会置低 BCTS，最快会在 500 μ s 之后开始发送，直到数据发送完毕。这个延时可以通过 AT 指令进行配置，见《串口 AT 指令》章节。数据发送完毕，模块会将 BCTS 置高。

5、如若主机的 BRTS 一直保持低电平，则蓝牙模块会一直处于串口接收模式，会有较高的功耗。

6、在模块连接成功后，会从 TX 给出 "TTM:CONNECTED\r\n0" 字串，可以根据此字串来确定是否可以正常转发操作。也可以通过手机发送一个特定的确认字串到模块，主机收到后即可确认已经连接。当连接被 APP 端主动断开后，会从 TX 给出"TTM:DISCONNECT\r\n0" 字串提示。

7、模块的蓝牙默认连接间隔为 20 ms，如果需要节省功耗采用低速转发模式，需通过 AT 指令调整连接间隔（最长连接间隔 2000ms）。安全起见，无论是低速或者高速转发应用，都建议在上层做校验重传处理。

8、BLE 模块在转发数据时，数据长度大于当前 MTU 时会进行自动分包。在连接间隔比较大的时候，一个连接间隔最多发送 7 包数据。未发完的数据会移到下个连接间隔发送。

注：经测试，在 IOS 中，调用对 Characteristic 的写函数使用 CBCharacteristicWriteWithResponse 参数，使用带回应写模式，这种模式会降低部分转发效率，但可保证单个数据包的正确性，而使用 CBCharacteristicWriteWithoutResponse 参数，使用不带回应写模式，这种模式会有利于提高转发效率，但数据包的正确性需要 APP 上层去校验。

● BLE 协议说明(APP 接口)

➤ 设备信息【服务 UUID: 0x180A】

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
2A23	Read	8	0x0000000000000000 (Hex)	系统 ID
2A26	Read	17	Tv5.11u_XXXXXX_EP (ASCII)	模块软件版本号, XXXXXX 为软件生成日期
2A27	Read	9	RSBRS02AR (ASCII)	模块硬件版本号
2A29	Read	6	RFstar (ASCII)	生产商名称

说明: 模块信息读取通道。

2A23 为模块信息获取通道, 可以通过对此通道进行读操作, 来获取此模块 ID。格式如 XXXXXX0000XXXXXX, 其中 xx 部分为模块芯片的物理地址 MAC, 六个字节, 低字节在前。

2A26 为模块软件版本号读取通道, 可以通过对此通道进行读操作, 来获取模块软件版本, 格式如 Tv5.11u_XXXXXX_EP, 其中 XXXXXX 部分为软件的生成日期, 如 190628 表示 2019 年 6 月 28 日, EP 表示 EN 脚默认内部上拉。

➤ 串口数据通道【服务 UUID: 0xFFE0】

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
FFE4	Notify	MTU-3	无	从串口 RX 输入的数据将会在此通道产生通知发给移动设备

说明: 串口输入转发到蓝牙输出。如果打开了 FFE4 通道的通知使能开关, 主 CPU 通过串口向模块 RX 发送的合法数据后, 将会在此通道产生一个 notify 通知事件, APP 可以直接在回调函数中进行处理和使用。详细操作规则见《串口透传协议说明(桥接模式)》章节。

注: MTU 指 最大传输单元 (Maximum Transmission Unit, MTU), 通信协议所能通过的最大数据包大小 (以字节为单位)。

➤ 蓝牙数据通道【服务 UUID: 0xFFE5】

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
FFE9	Write	MTU-3	无	写入的数据将会从串口 TX 输出

说明：蓝牙输入转发到串口输出。APP 通过 BLE API 接口向此通道写操作后，数据将会从串口 TX 输出。详细操作规则见《串口透传协议说明(桥接模式)》章节。

➤ 防劫持密钥【服务 UUID: 0xFFC0】

模块支持防劫持加密，此服务可以有效防止被非授权移动设备(手机)连接到此模块。模块的初始密码为 000000 (ASCII)，此情况下 APP 无需提交密码，视为不使用密码，任何安装指定 APP 的移动设备可以对其发起连接。

新密码（非全 0）的设置和备份保存由 APP 完成，如果设置了新密码（非全 0），开始启用防劫持密码。在 APP 对此模块进行连接后，必须在蓝牙连接后的 **20 秒内** 向模块提交一次曾经设置的连接密码，否则模块会断开连接。在 APP 提交正确密码到模块之前，无法对服务通道进行任何除提交密码之外的写操作。

如果想恢复密码，需**上电时，拉低 RESTORE 脚位（见脚位定义表），并保持 5 秒**，模块密码会被恢复出厂设置，且上电 1s 后 RESTORE 脚位被拉高，便不再具有恢复参数功能。为了安全起见，模块不提供密码读操作，密码的记忆由 APP 来负责。

协议提供了密码通道来实现密码的提交、修改和取消密码服务。同样也提供了密码事件通知服务来通知 APP 对密码操作的结果，其中包括密码正确，密码错误，密码修改成功，取消使用密码四个事件。

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	举例	备注
FFC1 (handle: 0x0027)	write (掉电 保存)	12	123456123456 (ASCII)	提交当前密码 123456 ，新密码和旧密码必须一致
			123456888888 (ASCII)	把旧密码 123456 修改为新密码 888888 ，旧密码必须正确
			888888000000 (ASCII)	取消密码，新密码修改为 000000 ，旧密码必须正确
FFC2 (handle: 0x0028)	notify	1	0 (PWD_RIGHT_EVENT)	提交密码正确
			1 (PWD_ERROR_EVENT)	提交密码错误
			2 (PWD_UPDATED_EVENT)	密码修改成功
			3 (PWD_CANCEL_EVENT)	取消密码

说明:

- 1、密码结构为 12 字节 ASCII 码，红色部分为当前密码，蓝色部分为新密码；
- 2、当前密码在被 APP 修改之前，默认为“000000”；
- 3、通过打开通道 **FFC2** 的通知使能，将会在此通道产生有关密码操作的执行结果通知。
- 4、当 APP 提交密码“**123456123456**”，新密码和当前密码相同，APP 会在 FFC2 通道得到通知 notify:0(PWD_ RIGHT_ EVENT)，表示提交密码正确；
- 5、当 APP 提交密码（红色部分）和当前密码不一致，如：“**123455xxxxxx**”，x 部分不论是何值，APP 会在 FFC2 通道得到通知 notify:1(PWD_ ERROR_ EVENT)，表示密码提交错误；
- 6、当 APP 提交密码“**123456888888**”，新密码为“888888”，当前密码为“123456”，APP 会在 FFC2 通道得到通知 notify:2(PWD_ UPDATED_ EVENT)，表示密码修改成功；
- 7、当 APP 提交密码“**888888000000**”，新密码被修改为全 0，则表示取消使用密码，APP 会在 FFC2 通道得到通知 notify:3(PWD_ CANCEL_ EVENT)。

➤ 模块参数设置【服务 UUID: 0xFF90】

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
FF91 (handle: 0x002C)	Read/write	16	Tv511u-xxxxxxx (带 结束符 的 ASCII 字串)	设备名称，xxxxxxx 为物理地址的后四个字节
FF92 (handle: 0x002F)	Read/write	1	0	蓝牙通讯连接间隔： 0: 20ms 1: 30ms 2: 50ms 3: 100ms 4: 200ms 5: 300ms 6: 400ms 7: 500ms 8: 1000ms 9: 1500ms 10: 2000ms 11: 8ms

FF93 (handle: 0x0032)	Read/write	1	5	设定串口波特率: 1: 9600 bps 2: 19200 bps 3: 38400 bps 4: 57600 bps 5: 115200 bps 6: 256000 bps 7: 460800 bps 8: 921600 bps
FF94 (handle: 0x0035)	write	1	无	远程复位恢复控制通道: > 远程复位控制, 写入 0x55 对模块进行复位 > 远程浅恢复控制, 写入 0x35 对模块进行浅恢复 (仅仅恢复用户数据), 并复位 > 远程深度恢复控制, 写入 0x36 对模块进行深度恢复 (让模块所有参数回到出厂设置), 并复位
FF95 (handle: 0x0038)	Read/write	1	0	设定广播周期: 0: 200 ms, 1: 500 ms, 2: 1000 ms, 3: 1500 ms, 4: 2000 ms, 5: 2500 ms, 6: 3000 ms, 7: 4000 ms, 8: 5000 ms,
FF96 (handle: 0x003B)	Read/write	2	0x5253	设定产品识别码
FF97 (handle: 0x003E)	Read/write	1	1	设定发射功率: 0: 5 dBm 1: 0 dBm 2: -5 dBm 3: -21 dBm
FF98 (handle: 0x0041)	Read/write	16	默认广播内容 (详见《广播数据设置》章节)	设定自定义广播数据 自定义广播数据, $0 < n \leq 16$

说明： 模块信息配置通道。

FF91 为设备名称设置通道。可以通过对此通道进行读写操作，来获取和设定模块名称。设置的名称长度 L，必须满足 $0 < L < 17$ ，**建议以结束符结尾（'\0'）**。默认为“Tv5vvv-xxxxxxx\0”(16 byte)，vvv 为固件版本号，xxxxxxx 为 MAC 地址后四个字节。

FF92 为模块连接间隔设置通道。可以通过对此通道进行写操作，来设定移动设备和模块之间的连接间隔，借此可以灵活控制设备功耗，以及数据吞吐量。测试表明，使用 iPhone(IOS 8 及以上系统)从连接间隔为 500ms 修改为其他连接间隔，需要大约 30s 的等待时间。相反从高频度的连接间隔(如 30ms)进行变更，会有很高的执行效率(BLE 协议导致)。

FF93 为模块串口波特率设置通道。可以通过对此通道进行读写操作，来设定模块通用串口波特率，两秒后开始启用新的波特率。出厂设置默认为 5 (115200 bps)。

FF94 为远程复位恢复控制通道，通过写入不同值，可以实现不同的控制功能。

1、对此通道写入 **0x55**，对模块进行软件复位。

2、对此通道写入 **0x35**，对模块进行浅恢复，所有用户密码将恢复到出厂设置控制，之后会复位模块。

3、对此通道写入 **0x36**，对模块进行深度恢复，所有系统参数将恢复到出厂设置控制，之后会复位模块。

FF95 为模块广播周期设置通道。可以通过对此通道进行读写操作，来设定模块广播周期。出厂设置默认为 0 (200ms)。

FF96 为模块产品识别码设置通道。可以通过对此通道进行读写操作，来设定模块识别码，APP 端可以通过此识别码来进行过滤和连接指定的产品类型。出厂设置默认为 0x5253。

FF97 为模块发射功率设置通道。可以通过对此通道进行写操作，来设定模块发射功率。出厂设置默认为 1(0 dBm)。

FF98 为模块广播内容设置通道。可以通过对此通道进行写操作，来自定义模块的广播数据。当数据为全 0(16 byte)时，认为不使用自定义广播数据，而使用默认的广播数据，详见《广播数据设置》章节。

➤ 可编程 IO（3 路）【服务 UUID：0xFFF0】

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
FFF1 (handle: 0x004B)	Read/write	1	0b00000000	IO2~ IO0 的配置字。 当相应位被设置为0 时： bit7、bit6 表示IO2、IO1 做为信号提示脚位， 低电平有效 bit5 表示 IO0 做为输入口 当相应位被设置为1 时： bit7、bit6 表示IO2、IO1 做为普通输出口 bit5 表示 IO0 做为输出口
FFF2 (handle: 0x004E)	Write	1	—	IO2~ IO0 的输出状态。 表示在IO2~ IO0 分别输出的电平， bit7 和 bit6 仅在 IO2、IO1 做为普通输出口时有效，做为信号提示脚位时 bit7 和 bit6 无效。
FFF3 (handle: 0x0051)	Read/notify	1	0xFF	IO0 的输入状态。可以读取或接收通知。在打开通知使能的前提下，某个输入电平的变化都会通知到APP。IO2、IO1 只能做为输出或者信号提示脚，对应位无效。

说明：IO 配置和控制通道。

FFF1 为 3 个 IO 的配置通道，**bit7~bit5** 分别对应 IO2~IO0 的配置控制，高两位 **bit7、bit6** 为 0 时，IO2 和 IO1 作为 0 时，IO2 和 IO1 作为信号提示脚，IO2 提示**睡眠状态**，0 为唤醒态，1 为睡眠态；IO1 提示**连接状态**，0 位连接状态，1 位断开状态；高两位 **bit7、bit6** 为 1 时，IO2 和 IO1 则作为普通输出口使用，这两个口无法作为输入口使用。

bit5 为 1 时，IO0 作为输出口使用；为 0 时，IO0 作为输入口使用。

FFF2 为 3 个 IO 的输出设置通道，**bit7~bit5** 分别对应 IO2 ~ IO0 的控制，仅当相应位被设置成输出时才有效。当某些 IO 被设置成输出时，可以向此通道的相应位进行写操作，便可实现对这些 IO 的输出控制，被设置成输入口的对应位无效。

FFF3 为IO0 的输入状态通道，1 字节对应 IO0 的输入状态。仅当相应位被设置成输入时有效。如果 **FFF3 通道的通知使能被打开**，当这些脚位上的电平发生改变，APP 端将会在此通道产生一个**notify** 通知事件，附带了一个字节表示 1 个IO 的状态，仅被配置成输入口的IO 对应位有效，APP 端可以直接在通知的回调函数中，进行处理和使用此状态数据。IO2、IO1 只能做为输出或者信号提示脚，因此对应位无效。

➤ 定时翻转输出（2路）【服务 UUID：0xFFFF0】

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
FFF4 (handle: 0x0053)	Read/write	4	0x00000000	IO1 第一次翻转延时设置 0: 不启动IO1 翻转 非0: ms, 延时后翻转
FFF5 (handle: 0x0055)	Read/write	4	0x00000000	IO1 第二次翻转延时设置 0: 不进行二次翻转 非0: ms, 延时后翻转
FFF6 (handle: 0x0058)	Read/write	4	0x00000000	IO2 第一次翻转延时设置 0: 不启动IO2 翻转 非0: ms, 延时后翻转
FFF7 (handle: 0x005B)	Read/write	4	0x00000000	IO2 第二次翻转延时设置 0: 不进行二次翻转 非0: ms, 延时后翻转

说明： 预约定时翻转配置通道。

模块的IO1、IO2 当被设置成普通输出时，可以分别配置成定时翻转输出模式。可以通过对此通道进行写操作，来设定 IO1、IO2 的下次翻转时间，通过设置当前输出 IO 的状态，可以实现1到0的跳变，或者0到1的跳变。如果设置为0，则不启动翻转。此功能仅在FFF1 高两位BIT7、BIT6 被设为1 时有效(做为输出口)。

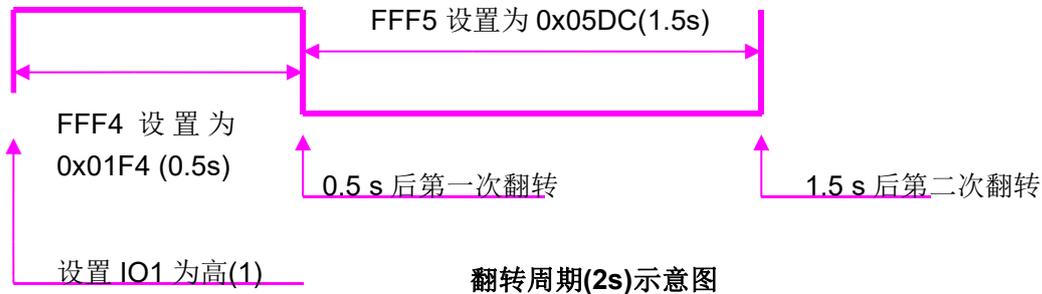
FFF4 通道设定IO1 第一次翻转的延时时间，FFF5 通道设定IO1 第二次翻转的延时时间。如果FFF4 设置为0，则不启动IO1 的翻转。如果FFF4 设置为非0，而FFF5 通道设置为0，则仅启动一次IO1 的翻转。**必须先设置FFF5 通道**，此时翻转未被启动，再设置FFF4 通道为非0 值来启动IO1 的定时翻转。同样，**可以通过对FFF4 通道写入0 来关闭IO1 的定时翻转，此时之前写入 FFF5 通道的任意值将被清零**。单位为 ms，范围为 0 ~ 0xFFFFFFFF ms (4294967295ms, 约1193 小时, 约49.7 天)，换算成十六进制为：

0.5s	1s	1.5s	2s	3s	4s	5s
500ms	1000ms	1500ms	2000ms	3000ms	4000ms	5000ms
0x01F4	0x03E8	0x05DC	0x07D0	0x0BB8	0x0FA0	0x1388

以IO1 为例，设置一个周期性反复翻转，步骤如下：

- 1、设置IO1 为普通输出，向通道FFF1 写入0bx1xxxxxx；
- 2、设置IO1 前为高(1)，通过向FFF2 写入0bx1xxxxxx；
- 3、设置FFF5 通道为**0x05DC**(1.5s)，先设置第二次翻转延时，为0 则只翻转一次；
- 4、设置FFF4 通道为**0x01F4**(0.5s)，再设置第一次翻转延时，同时会启动翻转。

步骤 3、4 不能颠倒,必须先设置FFF5,再通过对FFF4 通道写非0 值来启动翻转。向FFF5 写入0 值,表示只翻转一次。经过以上操作会得到一个周期为 $1.5+0.5=2s$ 的方波,其中高电平(1)将维持0.5s,低电平(0)将维持1.5s。可以向FFF4 通道写入0 来立即中止IO1 当前的翻转行为, IO1 将会保持当前电平状态。



FFF6、FFF7 为 IO2 的定时翻转延时设置通道,方法和 IO1 的设置一致。

注: 如果 IO1、IO2 处于定时翻转期间,对这两个 IO 的输出写以及重新配置成信号提醒操作均无效,操作前必须先停止当前定时翻转。

➤ 电平脉宽计数【服务 UUID: 0xFFFF0】

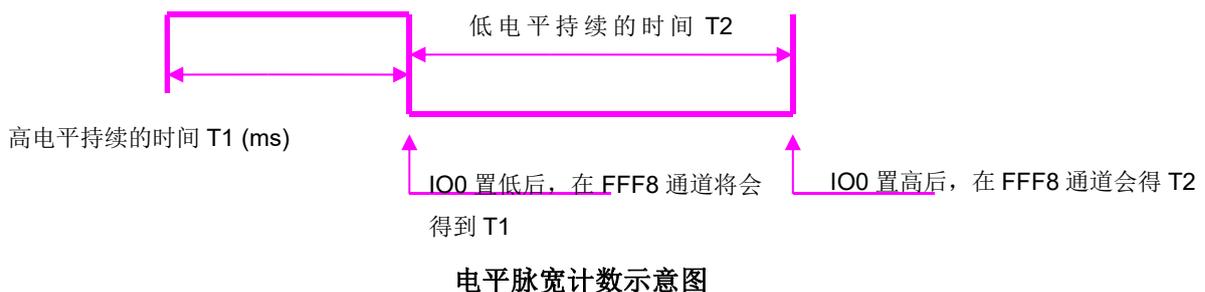
特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
FFF8 (handle:0x005E)	Read/notify	4	0x00000000	IO0 之前电平保持的时间,单位ms

说明: 计数IO 电平持续时间通知通道。

模块的IO0 当被设置成普通输入时,可以开启电平脉宽计数模式。此功能仅在FFF1 的BIT5 被设为0 时有效(做为输入口)。

FFF8 通道为 IO0 电平脉宽计数通知通道, APP 通过BLE API 接口打开了此通道的通知使能, IO0 每次翻转后,会在此通道产生一个notify 通知事件,附带了上个电平保持的时间宽度。最大值: 0xFFFFFFFF (ms),单位为 ms,范围为 0 ~ 0xFFFFFFFF ms (4294967295ms, 约 1193 小时,约49.7 天), APP 可以直接在回调函数中进行处理和使用。

注: 被计数的是上一个电平,不是当前电平。当前电平可以通过读取FFF3 通道来获得。由于BLE 的协议限制,采集结果的提交延时不会大于连接间隔时间。



➤ 掉电保存设置【服务 UUID: 0xFFFF0】

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
FFFA	Read/write	1	0x00	使能控制。 0x00: 关闭 0xFFFF0 服务下的参数设置掉电保存 0x01: 打开 0xFFFF0 服务下的参数设置掉电保存

0xFFFFA 通道控制 **0xFFFF0** 服务下所有参数是否掉电保存。对该通道写入 0x01，会将设置的参数掉电保存，对该通道写入 0x00，会关闭对服务的参数掉电保存。

➤ ADC 输入（1 路）【服务 UUID: 0xFFD0】

特征值 UUID	可执行的操作	字节数	默认值	备注
FFD1 (handle:0x0068)	Read/write	1	0x00	使能控制。 0x00: 关闭 ADC 通道 0x01: 打开 ADC 通道
FFD2 (handle:0x006B)	Read/write	2	0x01F4	采集周期，单位 ms 如 0x01F4 对应 500ms
FFD3 (handle:0x006D)	Read/Notify	2	0x0000	ADC 采集结果，最大值 0x1FFF

说明:

0xFFD1 通道 ADC 输入控制。APP 通过 BLE API 接口向 FFD1 通道写操作，来使能 13bit ADC 通道。向 FFD2 通道写操作，来控制 ADC 通道采样周期 t ，单位为 ms， $t \geq 100$ ms。如果打开了通道 FFD3，每产生一次采集结果后，将会在此通道产生一个 notify 通知事件，附带了本次采集结果，范围：0 ~ 0x1FFF，APP 可以直接在回调函数中进行处理和使用。ADC 的参考源为芯片内部参考源 1.25 V，因此电源电压的浮动，不会导致新的测量误差，而被测量采样电压必须控制在 0 ~ +1.25 V 之间。

➤ PWM 输出（2 路）【服务 UUID：FFB0】

特征值 UUID	可执行的 操作	字 节 数	默认值	举例	备注
FFB1 (handle: 0x0070)	Read/write	1	0x01	0x00	用全低脉宽初始化两路 PWM 通道
				0x01	用全高脉宽初始化两路 PWM 通道
				0x02	用当前输出脉宽初始化对应的 PWM 通道
FFB2 (handle: 0x0073)	Read/write	2	0xFFFF	0xFF00	PWM1 通道输出全高脉宽（P10）
				0x00FF	PWM2 通道输出全高脉宽（P08）
				0x2020	PWM1-PWM2 通道输出32/256 脉宽
FFB3 (handle: 0x0076)	Read/write	2	0x8235	$500 \leq w \leq 65535$	PWM 输出信号频率设置，两路相同 默认为0x8235 (120Hz)
FFB4 (handle: 0x0079)	Read/write	2	0x0000	$0 \leq t \leq 65535$	PWM 转变时间宽度，两路相同 默认为0x0000 (突变)

说明：

FFB1 为2 通道PWM 初始化模式设置通道。对**FFB1** 通道进行写操作（1 Bytes）即可配置两路PWM 的初始化模式，出厂设置默认为0x01，全高脉宽输出，此设定值掉电保存。

0x00，输出 0%脉宽，全低脉宽，此模式下模块允许睡眠；

0x01，输出100%脉宽，全高脉宽，此模式下模块允许睡眠；

0x02，使用当前PWM 值输出，设定后会立即保存当前的PWM 输出值，做为下次上电后两路PWM 的初始化值，此模式下模块不进入睡眠。

FFB2 为2 通道PWM 输出占空比设置通道。对**FFB2** 通道进行写操作（4 Bytes）即可调节两路PWM 的输出占空比，每个字节分别对应一个通道，0xFF 输出全高脉宽（100%高脉宽），0x00 输出全低脉宽（0%高脉宽）。如设置为X，则占空比约为X/0xFF。同样可以对此通道进行读操作，将会得到最后设置值。上电后，默认为0xFFFF，全高脉宽输出。开启此功能后，模块不进入睡眠，直到设置为0xFFFF（全高），即关闭PWM 输出。此通道是对两路PWM 做占空比设置，设置范围为0x00~0xFF，信号频率默认为120Hz（见FFB3 频率控制通道）。

例如：0xFF00

1、一共两个PWM 输出通道；

2、0xFF00，两个字节分别对应两个通道；

- 3、0xFF 输出全高脉宽 100%，0x00 对应全低脉宽 0%；
- 4、默认脉宽频率为120Hz。

FFB3 为2 通道PWM 输出频率控制。对**FFB3** 通道进行写操作（2 Bytes）即可调节两路 PWM 的输出方波的频率，信号周期的宽度 w 必须满足： $500 \leq w \leq 65535$ ，一个单位对应 0.00000025 s ，对应方波周期： $0.000125\text{ s} \leq T \leq 0.01638375\text{ s}$ ，因此方波信号频率的可调范围为： $61.036\text{ Hz} \leq f \leq 8\text{ kHz}$ ，两路 PWM 输出方波频率相同。同样可以对此通道进行读操作，将会得到最后设置值，此设定值掉电保存。出厂设置默认 w 为0x8235，对应默认脉宽频率为120 Hz。

例1:输出频率为120 Hz 的方波。对**FFB3** 通道写0x8235 (33333)，设定方波周期为0x8235*
 $0.00000025\text{ s} = 0.00833325\text{ s}$ ，即频率约为 120 Hz；

例2: 输出频率为1 kHz 的方波。对**FFB3** 通道写0x0FA0 (4000)，设定方波周期为0x0FA0
* $0.00000025\text{ s} = 0.001\text{ s}$ ，即频率约为 1 kHz；

FFB4 为2 通道PWM 输出转变时间长度控制。对**FFB4** 通道进行写操作（2 Bytes）即可调节两路PWM 的输出方波的频率的变化速度，这是一个时间量 t ， t 必须满足： $0 \leq t \leq 65535$ ，一个单位对应100 ms， t 越长，PWM 从当前值转变到目标值越慢， t 越小，转变得越快，当 t 为0时，就会立即突变到目标值，两路PWM 转变时长共用此值。同样可以对此通道进行读操作，将会得到最后设置值，此设定值掉电保存。出厂设置默认 t 为0x0000，对应转换模式为立即突变。

● 串口 AT 指令

以"TTM"开头的字符串会当成 AT 指令进行解析并执行，**并从串口原样返回**，之后会追加输出执行结果，"TTM:OK\r\n\r\n"或 "TTM:ERP\r\n\r\n"等。向串口 RX 输入的所有字符串均为ASCII 码格式。**不以“TTM”开头的串口数据包，将被视为透传数据。**

➤ 获取模块版本号

向串口 RX 输入以下字符串："TTM:VER-?"。

会从 TX 脚收到"TTM:VER-XXXXXX"，X 为模块的版本号，如果指令格式不对，则会返回："TTM:ERP\r\n\r\n"。

➤ 连接间隔设定

向串口 RX 输入以下字符串，设定 BLE 连接间隔："TTM:CIT-Xms"。

其中 X="8", "20", "30", "50", "100", "200", "300", "400", "500", "1000", "1500", "2000", 单位 ms（以上数据格式都为 ASCII 码）。如"TTM:CIT-30ms"表示设定连接间隔为 30ms。在执行完此指令之后，会从串口 TX 得到以下确认：

"TTM:OK\r\n\r\n" 表示更改成功，正以新的连接间隔在运行；

这个连接间隔设定的成功与否取决于移动设备对连接间隔的限制，不同的 IOS 版本最大连接间隔也有不同。使用 iPhone (IOS 8 及以上系统)中测试，最快支持 20ms，最慢支持 2s，另外，由于 BLE 协议内部机制，不同的连接间隔下此指令会有不同的执行效率。在 IOS 8 及以上系统中，从当前连接间隔为 2000ms 的情况下(最长 2000ms)，改变到其他连接间隔，可能最长需要等待约 100s 左右，而在其他高频度连接间隔（如：100ms）下执行此 AT 指令，会有很快的执行效率。

➤ 获取连接间隔

向串口 RX 输入以下字符串，设定 BLE 连接间隔："TTM:CIT-?"

串口输出：TTM:CIT-Xms. X 为具体的连接间隔。

➤ 获取模块名称

向串口 RX 输入以下字符串："TTM:NAM-?"。

会从 TX 收到："TTM:NAM-xxxxxxxxxxxx\r\n\r\n"，字符串后面"xxxxxxxxxxxx"为蓝牙模块名称。

➤ 模块重命名

向串口 RX 输入以下字符串，其中“Name”为模块名称，长度为 16 个字节以内，ASCII 码格式：`"TTM:REN-" + Name`。

如“TTM:REN-ABC123”表示将模块重命名为“ABC123”。

若修改成功则会从 TX 收到 `"TTM:OK\r\n\r\n0"` 确认，如果指令格式不对，则会返回：

`"TTM:ERP\r\n\r\n0"`

测试表明，由于 IOS 版本关系，设备名称修改在 IOS6 以上版本中可立即变更，在 IOS5 中无法立即变更。此名称掉电保存。

➤ 获取波特率

向串口 RX 输入以下字符串，设定波特率：`"TTM:BPS-?"`。

会从 TX 收到：`"TTM:BPS-X"`。其中 "9600", "19200", "38400", "57600", "**"115200"**", "256000", "460800", "921600"（以上数据格式都为 ASCII 码）。

➤ 波特率设定

向串口 RX 输入以下字符串，设定波特率：`"TTM:BPS-X"`。

其中 X="9600", "19200", "38400", "57600", "**"115200"**", "256000", "460800", "921600"（以上数据格式都为 ASCII 码）。如“TTM:BPS-115200”表示设定波特率为 115200bps。在执行完此指令之后会从 TX 收到 `"TTM:BPS SET AFTER 2S..."` 确认，如果设置值不在选项中，或者指令格式不对，则返回：`"TTM:ERP\r\n\r\n0"`。

设定掉电保存。

➤ 获取物理地址 MAC

向串口 RX 输入以下字符串：`"TTM:MAC-?"`。

会从 TX 收到：`"TTM:MAC-xxxxxxxxxxxx\r\n\r\n0"`，字符串后面"xxxxxxxxxxxx"为 6 字节模块蓝牙地址。

➤ 设置模块 MAC 地址

向串口 RX 输入以下字符串：`"TTM:MAC-xxxxxxxxxxxx"`，其中"xxxxxxxxxxxx"为待设置的 6 字节模块蓝牙地址。

会从 TX 脚收到 `"TTM:OK\r\n\r\n0"` 确认，如果指令格式不对，则会返回：`"TTM:ERP\r\n\r\n0"`。

设定掉电保存，重启模块后，模块将按照新的 MAC 地址进行工作。

➤ 广播周期设定

向串口 RX 输入以下字符串，设置模块的广播周期， $T = X * 100ms$ ："**TTM:ADP-(X)**"。

其中 $X = "2", "5", "10", "15", "20", "25", "30", "40", "50"$ 之一（以上数据格式都为 ASCII 码）。

如“TTM:ADP-(2)”表示设定广播周期为 200ms。会从 TX 脚收到 "**TTM:OK\r\n\0**" 确认，如果指令格式不对，则会返回："**TTM:ERP\r\n\0**"。

广播周期设定掉电保存，重启模块后，模块将按照新的广播周期进行广播。

➤ 获取广播周期

向串口 RX 输入以下字符串，获取 BLE 广播周期：**TTM:ADP-?**

串口输出：**TTM:ADP-(X)**. X 为具体的广播周期值。

➤ 附加自定义广播内容

向串口 RX 输入以下字符串，自定义广播内容：**TTM:ADD-+ Data**，其中 Data 为准备附加的广播的数据，长度 $0 < L \leq 16$ ，以 ASCII 码格式输入。例如向串口 RX 输入“TTM:ADD-Advertisement! ”，会从 TX 脚收到 "**TTM:OK\r\n\0**" 确认，如果指令格式不对，则会返回："**TTM:ERP\r\n\0**"。

此指令设置后立即生效，可以通过此功能广播一些自定义内容，数据掉电保存。如果设置为 16 个全 0 数据，则认为不使用自定义广播数据，而是使用默认广播内容。

➤ 获取附加自定义广播内容

向串口 RX 输入以下字符串，获取设置的自定义广播内容：**TTM:ADD-?**

串口输出：**TTM:ADD- Data**. Data 为具体的自定义广播内容。

➤ 定义产品识别码

向串口 RX 输入以下字符串，自定义产品识别码：

TTM:PID-+ Data

其中 Data 为两个字节的识别码，范围 $0x0000 \sim 0xFFFF$ ($L = 2$)，每个字符以 ASCII 码格式向串口 RX 输入。例如向串口 RX 输入“TTM:PID-RS”（“RS 对应的十六进制为 $0x5253$ ”），会从 TX 脚收到 "**TTM:OK\r\n\0**" 确认，如果指令格式不对，则会返回：

TTM:ERP\r\n\0

此识别码会出现在广播中，可以以此来过滤设备或判断是否是特定的产品。

设定掉电保存。

➤ 查看产品识别码

向串口 RX 输入以下字符串，查看自定义产品识别码：**"TTM:PID-?"**

串口输出：**"TTM:PID-"**+Data，Data 为具体设置的产品识别码。

➤ 发射功率设定

向串口 RX 输入以下字符串，设置相应的发射功率，单位 dBm。

"TTM:TPL-(X)"

其中 X="5", **"0"**, "-5", "-21" (以上数据格式都为 ASCII 码)。如**"TTM:TPL-(0)"**表示设定发射功率为 0dBm。之后会从 TX 脚收到 **"TTM:OK\r\n\0"** 确认，并且模块立即使用新的发射功率进行通讯，如果指令格式不对，则会返回：**"TTM:ERP\r\n\0"**。

设定掉电保存。

➤ 获取发射功率

向串口 RX 输入以下字符串，获取 BLE 发射功率：**"TTM:TPL-?"**

串口输出：**"TTM:TPL-(X)\r\n\0"**。X 为具体的发射功率值。

➤ EN 脚内部使能

向串口 RX 输入以下字符串，设置 EN 脚开启内部上拉，默认状态。

"TTM:EUP-ON"

向串口 RX 输入以下字符串，设置关闭 EN 脚开启内部上拉，EN 脚拉低使能广播时，能节省 80 多 μA 电流。

"TTM:EUP-OFF"

设置成功后 TX 脚收到 **"TTM:OK\r\n\0"** 确认，如果指令格式不对，则会返回：

"TTM:ERP\r\n\0"。

设定掉电保存。

➤ EN 脚内部使能状态查询

向串口 RX 输入以下字符串，查询 EN 脚内部使能状态

"TTM:EUP-?"

输入格式正确则返回：**"TTM:EUP-ON\r\n\0"**或者**"TTM:EUP-OFF\r\n\0"**，

如果指令格式不对，则会返回：**"TTM:ERP\r\n\0"**。

➤ 透传服务 UUID 设置/查询

向串口 RX 输入以下字符串，修改透传服务 UUID。默认 16bit.

“TTM:UID-参数 1,参数 2,参数 3,参数 4,参数 5,参数 6”

参数 1: 合并 Tx, Rx 服务选项。

0: 不合并; 1: 合并。

当参数为 0 (不合并 service) 时，参数设置如下：

	参数说明	取值	取值说明
参数 1	合并 Tx、Rx 服务选项	0	不合并服务 (默认)
参数 2	服务的 UUID 类型	0	16 bit UUID
		1	128 bit UUID
参数 3	需要修改的服务	0	主机发数据到从机
		1	从机发数据到主机
参数 4	服务 UUID	0000-FFFF	4 byte, ASCII 格式
参数 5	特征值 UUID	0000-FFFF	4 byte, ASCII 格式
参数 6	128 BIT BASE UUID	\	32 byte, ASCII 格式

当参数为 1 (合并 service) 时，参数设置如下：

	参数说明	取值	取值说明
参数 1	合并 Tx、Rx 服务选项	1	合并服务
参数 2	服务的 UUID 类型	0	16 bit UUID
		1	128 bit UUID
参数 3	服务 UUID	0000-FFFF	4 byte, ASCII 格式
参数 4	APP 下发 UUID	0000-FFFF	4 byte, ASCII 格式
参数 5	APP 接收 UUID	0000-FFFF	4 byte, ASCII 格式
参数 6	128 BIT BASE UUID	\	32 byte, ASCII 格式

向串口 RX 输入以下字符串，查看当前设置的透传服务 UUID。

“TTM:UID-?”，当透传服务分开时，将返回两个透传服务的 UUID。返回格式如上表。

注：所有参数必须使用“,” 隔开，且参数 2 的值为 0 (16 bit UUID) 时，参数 6 可不填。

若指令输入错误，则返回“TTM:ERP\r\n0”。

若指令输入正确，则返回“TTM:OK\r\n0”。

指令重启后生效，掉电保存。

➤ 修改 BLE 速率

向串口 RX 输入以下字符串，修改 BLE 模块通信速率。

"TTM:RAT-参数 1"

参数 1: 需要设置的通信速率，参数取值：1M，2M。

1M: 设置连接后的通信速率为 1M。

2M: 设置连接后的通信速率为 2M。

若指令输入错误，则返回"**TTM:ERP\r\n\0**"。

若指令输入正确，则返回"**TTM:OK\r\n\0**"。

指令下次连接时生效，掉电保存。

➤ 查看 BLE 速率

向串口 RX 输入以下字符串，查看 BLE 模块通信速率。

"TTM:RAT-?"

串口输出：**TTM:RAT-XM**. XM 为具体的通信速率。

➤ RSSI 信号强度输出

向串口 RX 输入以下字符串，设置开启 RSSI 信号强度定时打印，间隔时间 1 秒。

"TTM:RSI-ON"

向串口 RX 输入以下字符串，设置关闭 RSSI 信号强度定时打印。

"TTM:RSI-OFF"

设置成功后 TX 脚收到 "**TTM:OK\r\n\0**" 确认，如果指令格式不对，则会返回：

"TTM:ERP\r\n\0"

如果已开启 RSSI 打印功能，则每间隔 1 秒钟时间打印一次 RSSI 信号强度字符串，

"TTM:RSI-xx\r\n\0"(例如：RSSI 为-63dBm 则打印字符为"**TTM:RSI-63\r\n\0**")

注：此参数掉电不保存，并且连接断开后自动关闭 RSSI 输出。

➤ RTC 设定与获取

向串口 RX 输入以下字符串，设置 RTC 时间，格式为年 4 位，月、日、时、分、秒各 2 位。

"TTM:RTC-xxxxxxxxxxxx"

比如设定 2017 年 1 月 2 日 3 时 4 分 5 秒则需输入的字符为"**TTM:RTC-20170102030405"**

设置成功后 TX 脚收到 "**TTM:OK\r\n\0**" 确认，如果指令格式不对，则会返回：

"TTM:ERP\r\n\0"

向串口 RX 输入以下字符串，设置获取当前系统时间。

"TTM:RTC-?\r\n\0"

设置成功后 TX 脚收到 "TTM:RTC-xxxxxxxxxxxx\r\n\0"，格式与设定 RTC 格式相同；
 如果指令格式不对，则会返回："TTM:ERP\r\n\0"

注：此参数掉电不保存，并且模块重新上电后 RTC 需要重新设定。

➤ 数据延时设定

向串口 RX 输入以下字符串，设置 BCTS 输出低到串口 TX 输出数据之间的延时，单位 ms。

"TTM:CDL-Xms"

其中 X="0","2","5","10","15","20","25"之一（以上数据格式都为 ASCII 码）。默认为 5 ms。
 如"TTM:CDL-2ms"表示设定延时为 2ms，如果指令无误，会从 TX 收到 "TTM:OK\r\n\0" 确认，
 如果指令格式不对，则会返回：

"TTM:ERP\r\n\0"

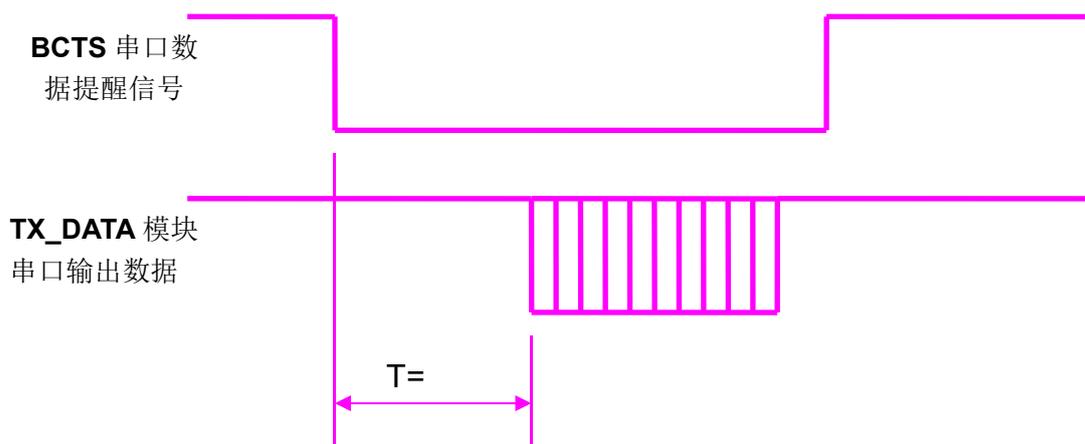
为了让用户 CPU 有足够的时间从睡眠中唤醒，到准备接收，模块提供了这个延时(X)设定，
 在模块串口有数据发出之前会置低 BCTS，而 BCTS 输出低到模块 TX 输出数据之间的延时由
 此参数设定。可以保证最小延时不小于 X，实际延时会是 $T = (X + Y) ms$ ，其中 $500\mu s < Y < 1ms$ 。
 此参数掉电保存。

➤ 获取数据延时

向串口 RX 输入以下字符串，查看 BLE 模块数据延时设定值。

"TTM:CDL-?"

串口输出：TTM:CDL-Xms. X 为当前的数据延时。



模块串口输出数据延时设定示意图

➤ 获取模块连接密码

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:PWD-?"。

会从 TX 脚收到 "TTM:PWD-XXXXXX" , X 为 6 个字节的连接密码, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0"。

➤ 设置模块连接密码

向串口 RX 输入以下字符串, 可以设置或者更改模块的连接密码, 长度为 6 个字节的数字格式。

"TTM:PWD-xxxxxx"。

会从 TX 脚收到 "TTM:OK\r\n\r\n0" 确认, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0"。设定掉电保存。

➤ 串口回显设置/查询

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:ECHO-X", 可设置或查询串口回显, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0"。

X 取值: ON,OFF,? 三种形式。其中:

ON: 打开串口回显, 每次 AT 指令输入后, 串口会返回相同的内容;

OFF: 关闭串口回显, AT 指令输入后, 串口不会再返回相同的内容;

输入 ON,OFF 会从 TX 脚收到 "TTM:OK\r\n\r\n0" 确认, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0"。

?: 查询当前串口回显状态。会从 Tx 脚返回当前设置的串口回显状态。设定掉电保存。

➤ 配对开关设置/查询

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:PAIR-X", 可设置或查询串口回显, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0"。

X 取值: ON,OFF,? 三种形式。其中:

ON: 打开连接时需要配对的功能;

OFF: 关闭连接时需要配对的功能;

输入 ON,OFF 会从 TX 脚收到 "TTM:OK\r\n\r\n0" 确认, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0"。

?: 查询当前配对开关状态。会从 Tx 脚返回当前设置的配对开关状态。设定掉电保存。

➤ 配对超时设置/查询

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:PTM-X", 可设置或查询配对超时时间, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n0"。配对超时默认值: 10s

X 取值: 具体数值, ?。其中:

具体数值: $0 < x \leq 30$, 单位: s。设置配对超时时间, 未在设置时间内输入配对密码, 则会断开连接。

输入正确, 会从 TX 脚收到 "TTM:OK\r\n0" 确认, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n0"。

?: 查询当前设置的超时时间。会从 Tx 脚返回当前设置的超时时间参数。
设定掉电保存。

➤ 配对密码设置/查询

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:PPW-X", 可设置或查询配对密码, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n0"。配对密码默认: 666666。

X 取值: 具体数值, ?。其中:

具体数值: 必须为首位不为 0 的 6 位数。取值范围: $100000 \leq X \leq 999999$ 。

输入正确, 会从 TX 脚收到 "TTM:OK\r\n0" 确认, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n0"。

?: 查询当前配对密码。会从 Tx 脚返回当前设置的配对密码。
设定掉电保存。

➤ 配对列表查询/删除

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:PLC-X", 可设置或查询配对密码, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n0"。

X 取值: 具体数值, ALL, ?。其中:

具体数值: 为查询出的列表序号。输入 AT 指令删除主机端的配对信息。

ALL: 删除所有的主机端配对信息。

输入正确, 会从 TX 脚收到 "TTM:OK\r\n0" 确认, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n0"。

?: 查询当前配对列表。会从 Tx 脚返回当前的配对主机列表信息。
设定掉电保存。

注: 修改配对信息后, 主机需要重新与模块建立配对。

设定掉电保存。模块复位

➤ 配对自动连接设置/查询

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:PAUTO-X", 可设置为配对后自动连接模式, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0".

X 取值: ON, OFF, ?. 其中:

ON: 打开配对自动连接, 用户广播包数据将重新设置, 自定义广播数据将无效。开启之后, 配对过的手机接收到蓝牙信号会自动连接蓝牙设备。

OFF: 关闭配对自动连接, 广播包数据恢复为用户之前的设置。

?: 查询当前配置状态, 会从 Tx 脚返回当前的配对主机列表信息。

设定掉电保存。

➤ 设备连接状态查询

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:CON-?", 查询当前设备连接状态。

输入会从 TX 脚收到如下应答:

当无主机连接时, 收到"TTM:CON-NULL\r\n".

当设备连接后, 返回数据: "TTM:CON-x1,x2,0XXXXXXXXXXXX\r\n", 其中:

x1: 当前设备配对状态。0,1。0: 配对连接状态, 1: 未配对连接状态。

x2: MAC 地址类型(type), 取值 0: public; 1: private。

当设备配对打开, 且配对连接后, 会自动打印:
"TTM:CON-0,type,0XXXXXXXXXXXX\r\n".

如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0".

➤ AT 指令参数保存设置/查询

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:NSAVE-X", 设置 AT 指令配置的参数是否保存, 当指令设置后, 将在上电期间不再对任何配置进行掉电保存。如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0".

参数 X 取值如下:

ON: 该指令设置后, 串口以及 APP 端的指令都不再掉电保存。但恢复密钥及恢复出厂参数可正常使用。

OFF: 该指令设置后, 恢复默认设置。

?: 查询该指令当前设置状态, 串口会返回"TTM:NSAVE-X\r\n\r\n0".

输入正确, 会从 TX 脚收到 "TTM:OK\r\n\r\n0" 确认, 如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0".

该指令掉电不保存。

➤ 开启串口升级

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:UART-UPDATE", 开启串口升级, 期间不能使用 AT 指令操作, 20s 内未收到有效升级指令会提示(详见参考源码 user_uart_update_master.c 文件): "UART UPDATE TIMEOUT.\r\n".

输入正确, 会从 TX 脚收到 "TTM:OK\r\n\r\n0" 确认。

如果指令格式不对, 则会返回: "TTM:ERP\r\n\r\n0".

➤ 软件复位

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:RST-SYSTEMRESET", 会迫使模块软复位一次。

➤ 恢复出厂密码

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:RST-RSTPWD", 会迫使模块浅复位一次, 恢复模块的密码参数 (清除密码)。

➤ 深度恢复

向串口 RX 输入以下字符串: "TTM:RST-RESET", 会迫使模块深度复位一次恢复模块所有修改过的参数, 使其恢复到出厂状态。

AT 指令表

AT 指令格式	掉电保存	参数说明	可能的回应	含义
TTM:CIT-Xms (连接成功后才有效)	是	X="20", "30", "50", "100", "200", "300", "400", "500", "1000", "1500", "2000" 设置相应的 BLE 连接间隔, 单位 ms	TTM:TIMEOUT\r\n\r\n0 TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0	设置超时 设置成功 错误参数
TTM:CIT-?	—	获取连接间隔	TTM:CIT-Xms, "X"为具体的 BLE 连接间隔	返回连接间隔
TTM:NAM-?	—	获取模块名称	TTM:NAM-xxxxxxxxxxxxx, "xxxxxxxxxxxxx"为模块名称	返回模块名称
TTM:REN-Name	是	Name, 新模块名, 长度为 16 字节以内的任意字符串。	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0	设置成功 错误参数
TTM:BPS-?	—	获取波特率	TTM:BPS-X, "X"为波特率	返回波特率

TTM:BPS-X	是	X="9600","19200","38400", "57600","115200","256000", "460800", "921600" 设置相应的波特率	TTM:BPS SET AFTER 2S ... TTM:ERP	设置成功 错误参数
TTM:MAC-?	—	获取 MAC 地址	TTM:MAC-xxxxxxxxxx x, "xxxxxxxxxxx"为模块 MAC 地址	返回 MAC 地址
TTM:MAC-X	是	X 为 12 位 MAC 字符, 比 如 123456789ABC	TTM:OK TTM:ERP	设置成功 错误参数
TTM:ADP-(X)	是	X = "2","5","10","15","20", "25","30","40","50", 设置 相应的广播周期, T = X * 100ms	TTM:OK TTM:ERP	设置成功 错误参数
TTM:ADP-?	—	获取广播周期	TTM:ADP-X,X为具体的 广播周期	返回广播周期
TTM:ADD-Data	是	Data 为自定义广播数据, 数据长度 L <= 16;	TTM:OK TTM:ERP	设置成功 错误参数
TTM:ADD-?	—	查看自定义广播数据	TTM:ADD-xxxxxxxx, "xxxxxxxx"为 ASCII 格 式的自定义广播数据	返回自定义广播 数据
TTM:PID-Data	是	Data 为自定义产品识别 码, 数据长度 L = 2 , 默 认为"RS";	TTM:OK TTM:ERP	设置成功 错误参数
TTM:PID-?	—	查看自定义产品识别码	TTM:PID-XX, XX 为两字节的自定义产品 识别码, 默认为"RS"	返回自定义产品 识别码
TTM:TPL-(X)	是	X="5", "0", "-5", "-21" 设置相应的发射功率, 单 位 dBm	TTM:OK TTM:ERP	设置成功 错误参数
TTM:TPL-?	—	查看设置的发射功率	TTM:TPL-(X) , X 为具体的发射功率值。	
TTM:EUP-ON	是	开启 EN 脚上拉使能	TTM:OK TTM:ERP	设置成功 错误参数
TTM:EUP-OFF	是	关闭 EN 脚上拉使能	TTM:OK TTM:ERP	设置成功 错误参数
TTM:EUP-?	—	查看 EN 脚是否上拉	TTM:EUP-ON TTM:EUP-OFF	返回 EN 脚状态

TTM:RSI-ON	否	开启定时 1 秒获取 RSSI 信号功能	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0	设置成功 错误参数
TTM:RSI-OFF	—	关闭获取 RSSI 信号功能	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0	设置成功 错误参数
TTM:UID-x1,x2,x3,x4,x5,x6	是	设置透传服务的 UUID	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0	设置成功 错误参数
TTM:RAT-X	是	设置通信的通信速率	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0	设置成功 错误参数
TTM:RAT-?	—	查看 BLE 模块通信速率	TTM:RAT-XM. XM 为具体的通信速率	返回 BLE 模块通信速率
TTM:RTC-?	—	获取 RTC 时间	TTM:RTC-xxxxxxxxxxx xxx, "xxxxxxxxxxxxxxxx" 为年、月、日、时、分秒	获取 RTC 时间
TTM:RTC-X	否	X 为年、月、日、时、分秒	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0	设置成功 错误参数
TTM:CDL-Xms	是	X="0","2","5","10","15","20","25"。设置 BCTS 输出低到串口输出数据之间的延时, 单位 ms	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0	设置成功 错误参数
TTM:VER-?	—	获取版本号	TTM:VER-XXXXXX, "X"为模块版本号	返回版本号
TTM:PWD-?	—	获取密码	TTM:PWD-XXXXXX	返回密码
TTM:ECHO-X	是	串口回显设置/查询	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0 TTM:ECHO-x\r\n\r\n0	设置成功 错误参数 串口回显状态
TTM:PAIR-X	是	配对开关设置/查询	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0 TTM:PAIR-x\r\n\r\n0	设置成功 错误参数 配对密码
TTM:PTM-X	是	配对超时设置/查询	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0 TTM:PTM-x\r\n\r\n0	设置成功 错误参数 配对超时时间
TTM:PPW-X	是	配对密码设置/查询	TTM:OK\r\n\r\n0 TTM:ERP\r\n\r\n0 TTM:PPW-x\r\n\r\n0	设置成功 错误参数 配对密码

TTM:PLC-X	是	配对列表设置/查询	TTM:OK\r\n\0 TTM:ERP\r\n\0 TTM:PLC-x\r\n\0	设置成功 错误参数 配对列表
TTM:CON-?	-	连接状态查询	TTM:ERP\r\n\0 TTM:CON-x\r\n\0	错误参数 当前连接状态
TTM:PAUTO-X	是	配对自动连接设置/查询	TTM:OK\r\n\0 TTM:ERP\r\n\0 TTM:PAUTO-x\r\n\0	设置成功 错误参数 当前设置状态
TTM:NSAVE-x1,x2,x3	—	参数不保存设置/查询	TTM:OK\r\n\0 TTM:ERP\r\n\0	设置成功 错误参数
TTM:UART-UPDATE	—	开启串口升级	TTM:OK\r\n\0 TTM:ERP\r\n\0	设置成功 错误参数
TTM:PWD-xxxxxx	是	X 为 6 位纯数字，比如 123456	TTM:OK-xxxxxx\r\n\0 TTM:ERP\r\n\0	返回 MAC 地址 错误参数
TTM:RST-SYSTEM RESET	—	让模块系统复位	Module is working!	复位模块
TTM:RST-RSTPWD	—	浅恢复	Module is working!	恢复出厂密码
TTM:RST-RESET	—	深度恢复	Module is working!	恢复所有参数

● 广播数据设置

默认广播数据：当模块的 EN 脚被置低后，模块将会进行默认间隔为 200ms 的广播，在广播数据中的 GAP_ADTYPE_MANUFACTURER_SPECIFIC（IOS 编程中官方定义宏），域中包含了以下内容，默认广播内容为 16 个字节：

```
{
    0x52,0x53,          自定义设备类型编码，默认为“RS”，可由 AT 指令及 APP 进行设定；
    0x20,0x15,          模块固件生成日期，如 0x20,0x15 表示为20年15周生成；
    0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,      模块 MAC 地址；
    0x05,                模块波特率参数，默认为 5，为 115200bps；
    0x10,                模块 CTS 参数，默认为 10，为 CTS 拉低 10 ms 后发送数据；
    0x00,                模块广播间隙参数，默认为 200 ms；
    0x01,                模块发射功能参数，默认为 0 dBm；
    0x00,                模块连接间隙参数，默认为 20 ms；
    0x00,                模块防劫持密码超时使能，默认 0 表示未开启。
}
```

广播中的数据为首次编译后的初始设定值，并不会通过 AT 指令或 APP 设定新参数后进行改变。

自定义广播数据：如果使用 AT 指令自定义了广播内容，最大长度为 16 字节(蓝色部分)，在广播数据中的 GAP_ADTYPE_MANUFACTURER_SPECIFIC 域中将包含了以下内容，长度为 2+n 个字节：

```
{
    0x00,0x00,          自定义设备类型编码，默认为 00 00 ,可由 AT 指令进行设定；
    Data [n],           自定义广播数据，n <= 16 ;
}
```

注：自定义广播数据可通过 AT 指令修改，并且掉电保存。重新上电后，将会使用最后自定义的广播数据。如果自定义广播数据为全 0 (16 byte)，则认为不使用自定义广播，而使用系统默认的广播内容。

为避免广播数据过长带来多余的功耗，也可以通过设置自定义广播数据为 1 字节的任意值。

● 系统复位与恢复

让模块复位有三种方法，其中第三种方法可以恢复系统参数：

- 1、使用 AT 指令复位模块（详见《串口 AT 指令》章节）；
- 2、使用服务通道接口，用 APP 对模块进行远程复位。（详见《BLE 协议说明（APP 接口）—[模块参数设置](#)》章节）；
- 3、使用硬件 RESTORE 脚位（见脚位定义表），上电 30 秒内，将此脚位拉低 5 秒后，模块的系统参数会恢复用户级参数（浅恢复，释放此脚位后立即复位），如果持续拉低 20 秒后会将模块的所有系统参数恢复到出厂设置（深度恢复），并立即复位。此脚位带内部上拉，默认不会进入此模式。

浅恢复中被恢复的系统参数包括：

- a) 防劫持密码，恢复到“000000”，默认不使用密码；

深度恢复中除了上述系统参数外，还包括以下参数：

- a) 串口波特率，恢复到 115200 bps；
- b) 设备名称，恢复到"Tv511-XXXXXXXX"，X 是 MAC 的后四个字节；
- c) 串口数据延时，恢复到 5 (0 ms < Delay < 25 ms)；
- d) 广播周期，恢复到 2 (200 ms)；
- e) 连接间隔，恢复到 20 ms；
- f) 发射功率，恢复到 0 dBm；
- g) 产品识别码，恢复到 0x5253；
- h) 自定义广播长度，恢复到 0；

注：RESTORE (IO0) 脚位的特殊性，在电路设计中，需避免上电前 30 秒持续下地，否则会进入恢复模式。

● IOS APP 编程参考

模块总是以从模式进行广播，等待智能移动设备做为主设备进行扫描，以及连接。这个扫描以及连接通常是由 APP 来完成，由于 BLE 协议的特殊性，在系统设置中的扫描蓝牙连接没有现实意义。智能设备必须负责对 BLE 从设备的连接，通讯，断开等管理事宜，而这一切通常是在 APP 中实现。

有关 BLE 在 IOS 下的编程，最关键的就是对特征值(Characteristic, 本文叫通道)的读，写，以及开启通知开关。通过对通道的读写即可实现对模块直驱功能的直接控制，无需额外的 CPU。典型函数说明摘抄如下：

```

/*!
 * @method writeValue:forCharacteristic:withResponse:
 * @param data The value to write.
 * @param characteristic The characteristic on which to perform the write operation.
 * @param type The type of write to be executed.
 * @discussion Write the value of a characteristic.
 * The passed data is copied and can be disposed of after the call finishes.
 * The relevant delegate callback will then be invoked with the status of the request.
 * @see peripheral:didWriteValueForCharacteristic:error:
 */
- (void)writeValue:(NSData *)data forCharacteristic:(CBCharacteristic *)characteristic type:(
CBCharacteristicWriteType)type;
说明：对某个特征值进行写操作。
NSData *d = [[NSData alloc] initWithBytes:&data length:mdata.length];
    [p writeValue:d
    forCharacteristic:c
    type:CBCharacteristicWriteWithoutResponse];
/*!
 * @method readValueForCharacteristic:
 * @param characteristic The characteristic for which the value needs to be read.
 * @discussion Fetch the value of a characteristic.
 * The relevant delegate callback will then be invoked with the status of the request.
 * @see peripheral:didUpdateValueForCharacteristic:error:
 */

```

- (void)readValueForCharacteristic:(CBCharacteristic *)characteristic;

说明：读取某个特征值。

```
[p readValueForCharacteristic:c];
```

```
/*!
```

```
* @method setNotifyValue:forCharacteristic:
* @param notifyValue The value to set the client configuration descriptor to.
* @param characteristic The characteristic containing the client configuration.
* @discussion Ask to start/stop receiving notifications for a characteristic.
* The relevant delegate callback will then be invoked with the status of the request.
* @see peripheral:didUpdateNotificationStateForCharacteristic:error:
*/
```

- (void)setNotifyValue:(BOOL)notifyValue forCharacteristic:(CBCharacteristic *)characteristic;

说明：打开特征值通知使能开关。

```
[self setNotifyValue:YES forCharacteristic:c];//打开通知使能开关
[self setNotifyValue:NO forCharacteristic:c]; //关闭通知使能开关
```

```
/*
```

```
* @method didUpdateValueForCharacteristic
* @param peripheral Peripheral that got updated
* @param characteristic Characteristic that got updated
* @error error Error message if something went wrong
* @discussion didUpdateValueForCharacteristic is called when CoreBluetooth has updated a characteristic for a peripheral. All reads and notifications come here to be processed.
*
*/
```

- (void)peripheral:(CBPeripheral *)peripheral didUpdateValueForCharacteristic:(CBCharacteristic *)characteristic error:(NSError *)error

说明：每次执行完读取操作后，会执行到这个回调函数。应用层在此函数内保存读取到的数据。

● 用 APP 测试透传功能

模块 IOS 平台的测试工具(APP)可以在 App Store 下载到。打开操作系统为 IOS6 以上设备中的 App Store，搜索 Module Tools，下载安装，进行测试。你有三种方法安装此应用：

1. 从 APP Store 上搜索下载安装，需要 App 苹果账户，免费申请；
2. 使用源码编译下载到你的苹果设备，需要苹果开发者账户；
3. 越狱你的苹果设备，到信驰达官网下载 IPA 文件(相当于 windows 的 exe 文件)，使用快用助手，PP 助手，等工具安装。

APP 打开后界面如图1所示，点击右上角处蓝牙图标进行扫描，扫描到的设备会出现在列表中（或许会提示需要打开蓝牙），如图2所示；点击某个设备，会进行连接，连接成功后会跳转到控制主界面，如图3所示。

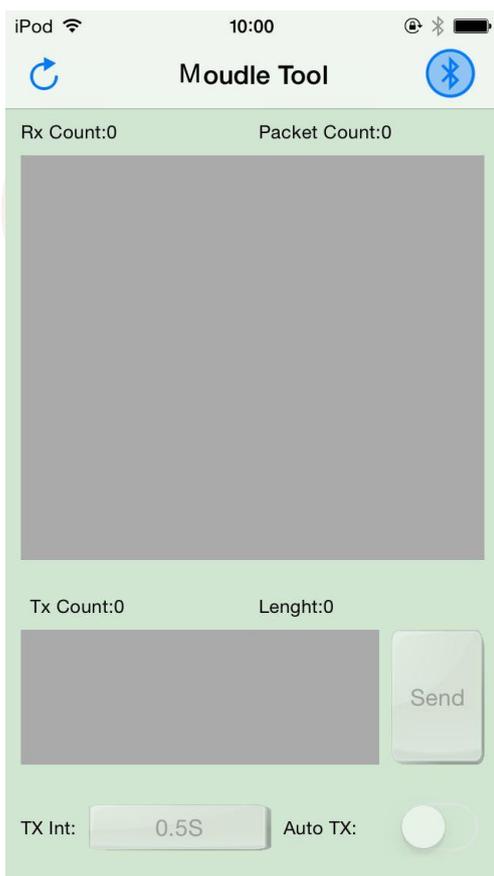


图1

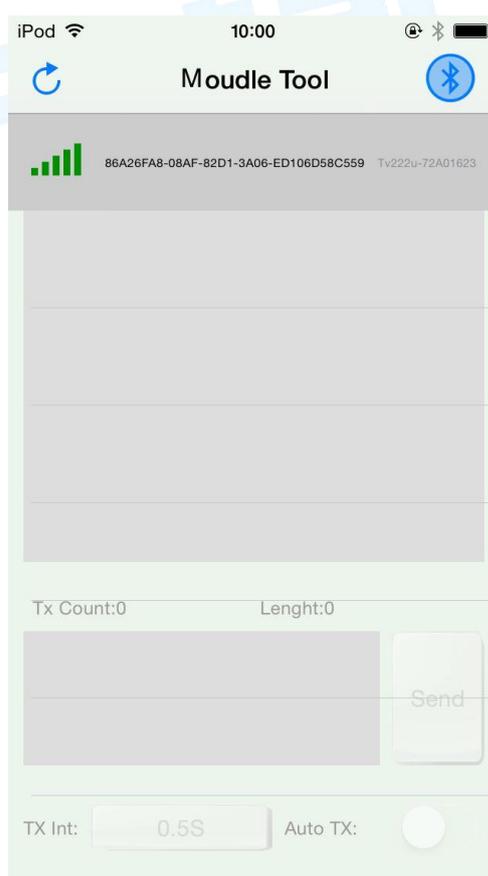


图2

如果模块串口已经就绪（连接了主 CPU，或者串口终端），即可以开始工作，可进行手动和自动收发测试。如图4所示，Rx 是主机 CPU 或者串口中断发出的数据包，Tx 是 iPhone 发出的数据包。

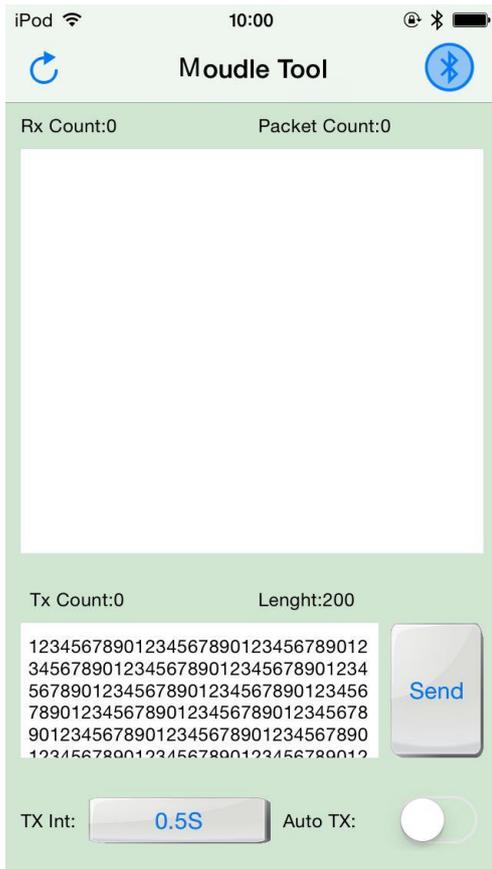


图3

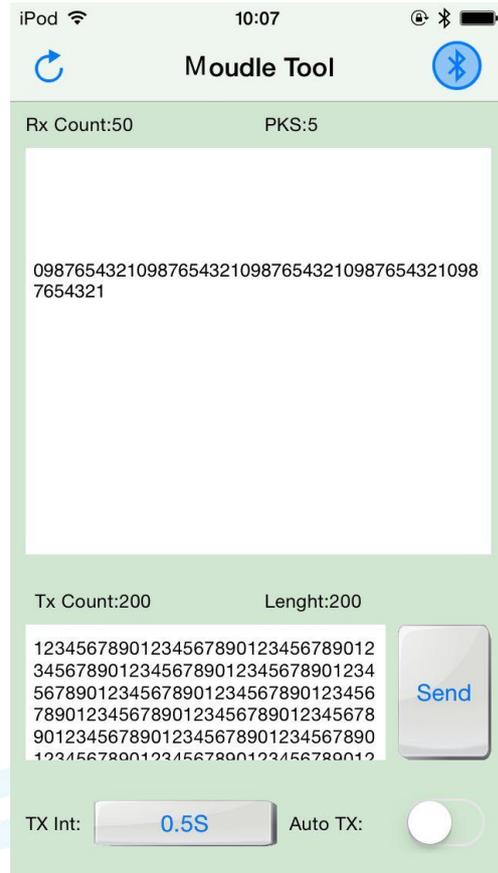


图4

注：如果使用串口终端进行测试，串口终端的数据要发到手机，**必须保持 BRTS 置低**，防止模块进入睡眠。

● 用 USB Dongle 及 BTool 测试

BLE 模块可使用 TI 官方 CC2540 MiniDK 开发套件中的 USB Dongle 模拟手机配合安装目录下的 C:\Texas Instruments\BLE-CC254x-1.3.2\Projects\Btool\BTool.exe 进行蓝牙通讯测试。

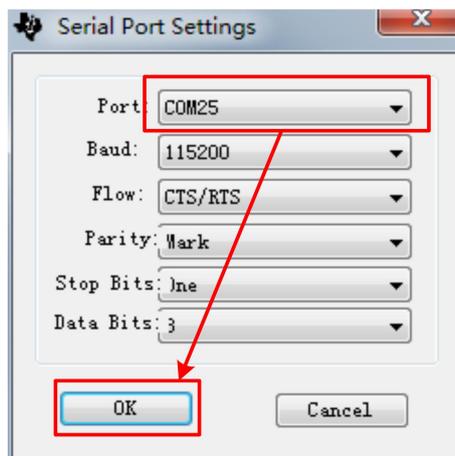
这个 USB Dongle 需要使用安装目录下

C:\Texas Instruments\BLE-CC254x-1.3.2\Projects\ble\HostTestApp\CC2540 的工程项目。编译下载到 USB dongle 中。具体的 BTOOL 的使用详情请参考官方说明文档 CC2540 Mini Development Kit User's Guide (Rev. B).pdf。

➤ 连接 BLE 模块

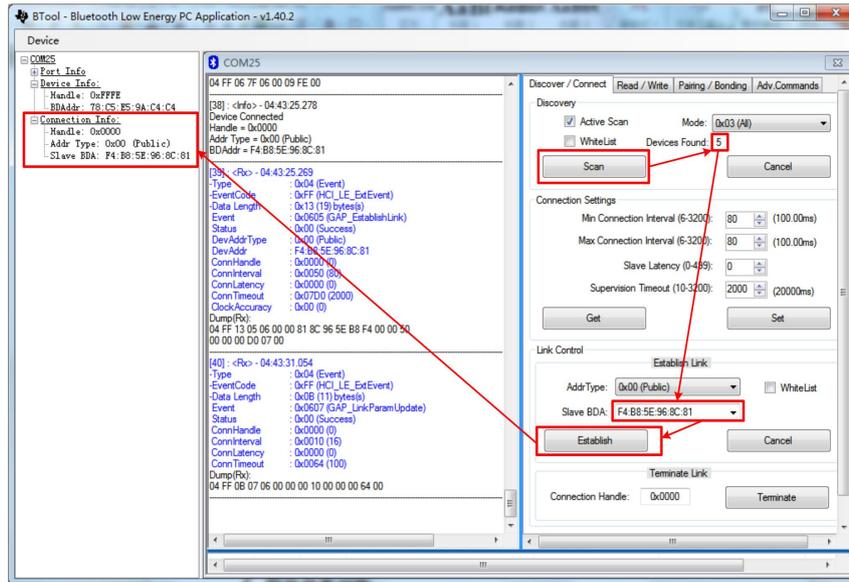
USB Dongle 和模块的连接是通讯的基础，扫描连接的操作步骤如下：

- 1、打开 C:\Texas Instruments\BLE-CC254x-1.3.2\Projects\ble\HostTestApp 目录下的工程文件，编译，下载到 USB Dongle 中；
- 2、将模块上电（3 ~ 3.3V）；
- 3、将模块使能脚 EN 下地，模块开始广播；
- 4、将 USB Dongle 插入 PC USB 口，会在硬件管理中出现一个串口设备（如：COM25）；
- 5、打开 C:\Texas Instruments\BLE-CC254x-1.3.2\Projects\BTool\BTool.exe；
- 6、菜单 Device -> New Device，选择 4 中发现的串口，选默认设置，点击 OK；



7、扫描连接，按照箭头的方向进行扫描，连接，其中 F4:B8:5E:96:8C:81 为模块的物理地址。连接前请确认是否为目标模块。

8、连接成功后，左边会出现已经连接的模块信息 Connection Info。

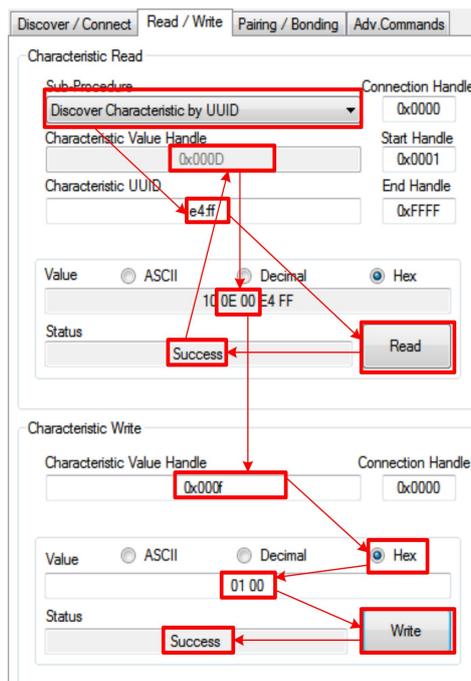


这样就已经成功连接了，下面就可以开始测试直驱功能以及蓝牙串口转发功能(透传)。

► 测试透传功能

将模块如系统示意图中的桥接模式，连接到串口终端或者单片机，便可以进行蓝牙串口转发测试。**注：BRTS 必须被置低，否则串口数据无法被模块 RX 接收。**

1、使用 BTool 使 BLE 模块与 USB Dongle 建立连接后（连接过程参考上节说明），通过对 Handle : **0x000F** 写入 01:00，来打开串口数据通道的自动通知开关，如下图所示。如果主机将合法数据包发送到 BLE 模块的 RX 端，模块将会自动以通知的形式发到 BTool，左侧的显示栏会显示具体的数据。MCU 发给模块的串口数据可以是 200 字节以内的任意长度。

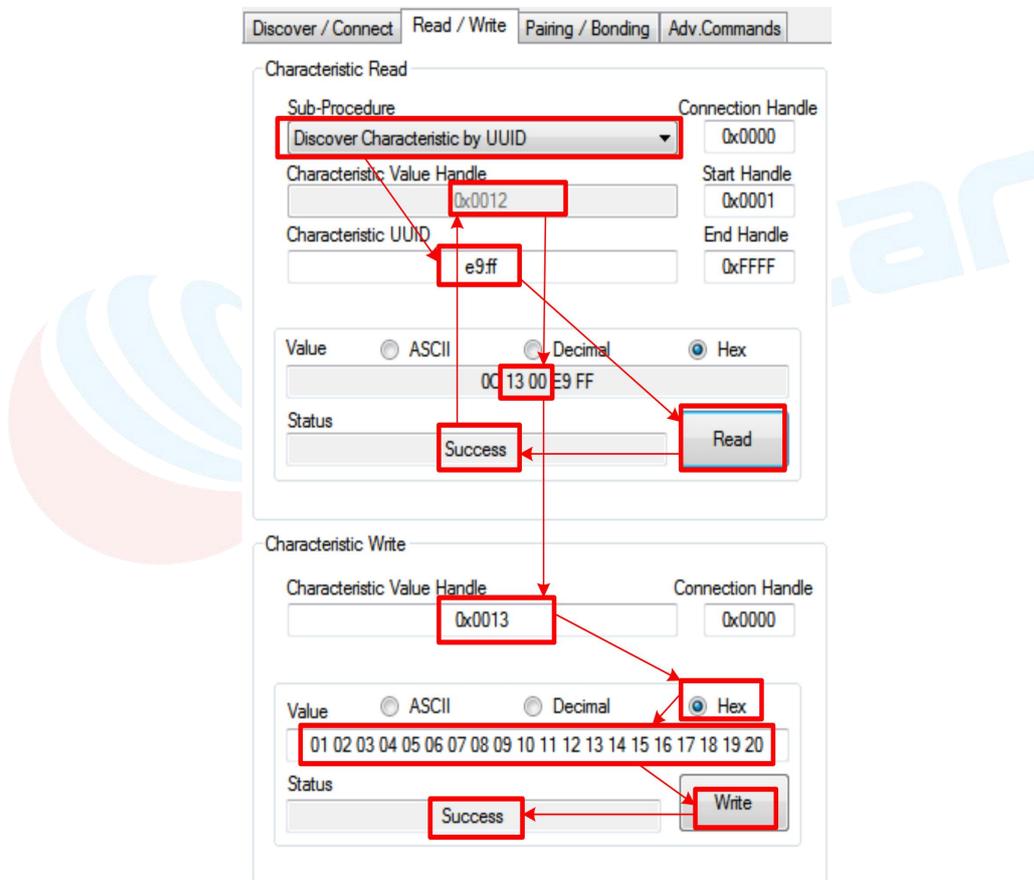


模块发送至移动设备使用**串口数据通道**，对应特征值(通道)的 UUID 如下：

名称	无线包数据长度	UUID	Handle	Notification Enable Handle
串口数据通道	20 Bytes	0xFFE4	0x000E	0x000F

2、通过 BTool 写 1-20 字节数据到模块。当模块收到来自 BTool 的写操作，模块会通过串口发送到 MCU。用户可以通过读取 MCU 检验数据是否正确，也可以通过串口助手显示 BTool 写入模块的数据。

例如：写 7 个字节的数据到模块，是通过 Handle 0x0013 写入，如下图所示。



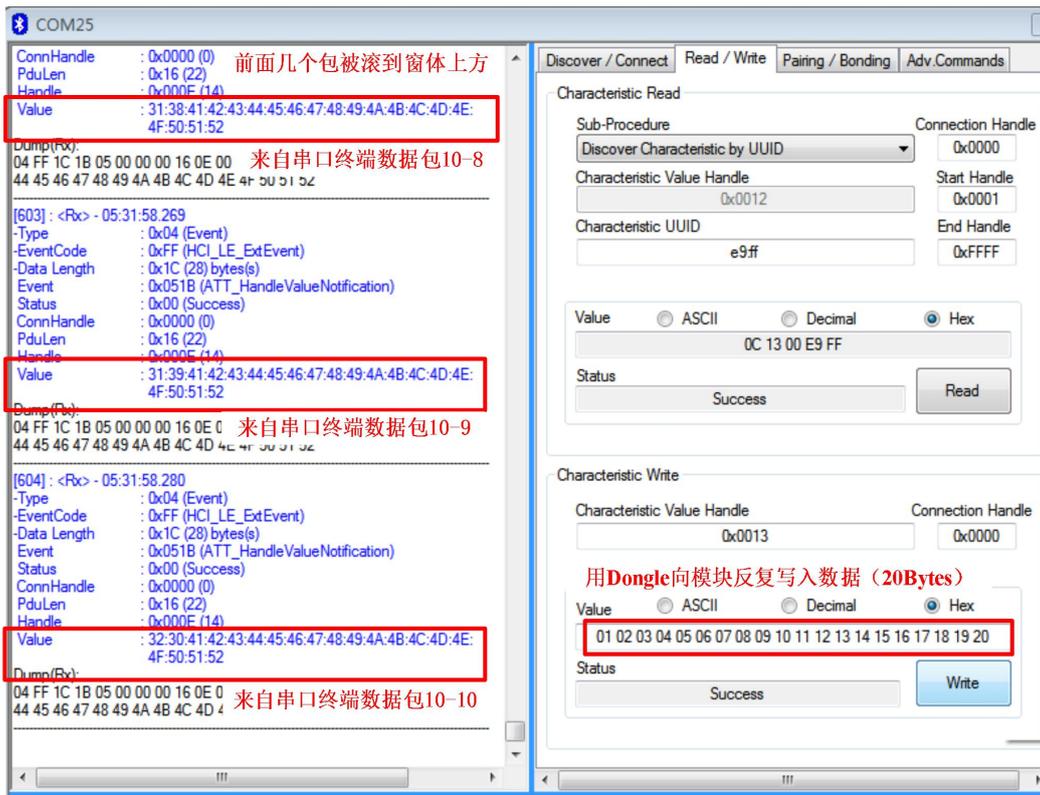
注：可写入 1-20 个字节到模块，但不能超过 20 个字节，因此在手机端编程时，必须自行分包发送，每包长度不得超过 20 字节。

移动设备发往模块通过**蓝牙数据通道**，对应特征值(通道)的 UUID 如下：

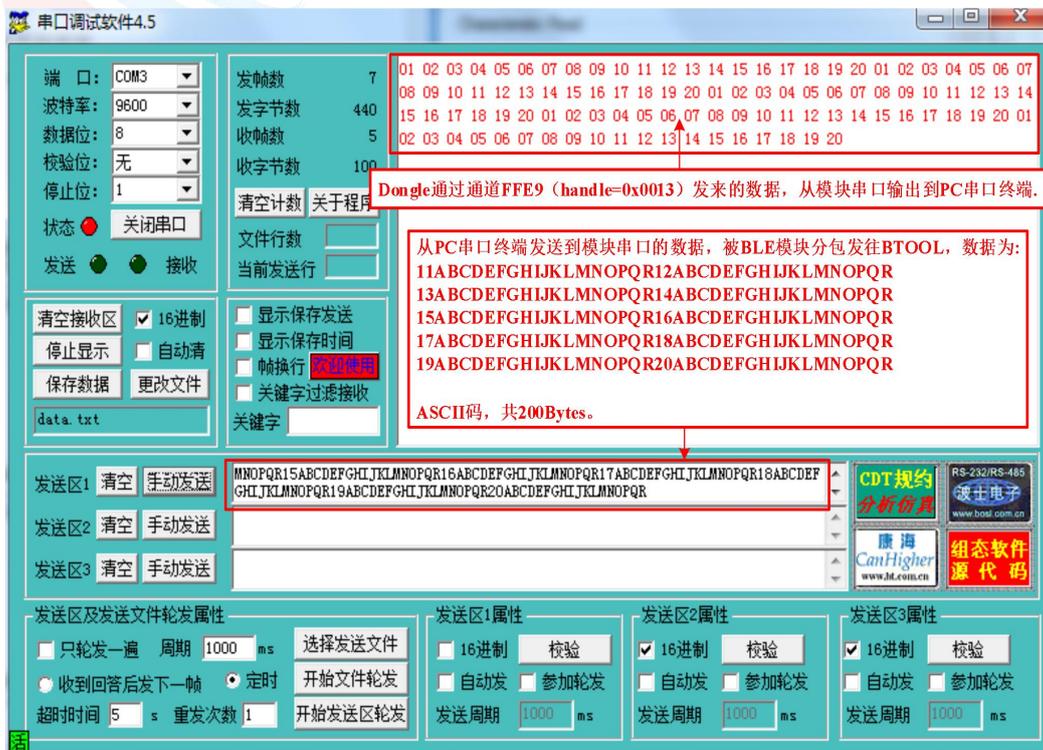
名称	无线包数据长度	UUID	Handle
蓝牙数据通道	20 Bytes	0xFFE9	0x0013

透传功能的测试，可以通过电平转换模块直连 PC 串口，通过串口终端来测试。参考截图如下：

1、BTool 收发数据截屏。

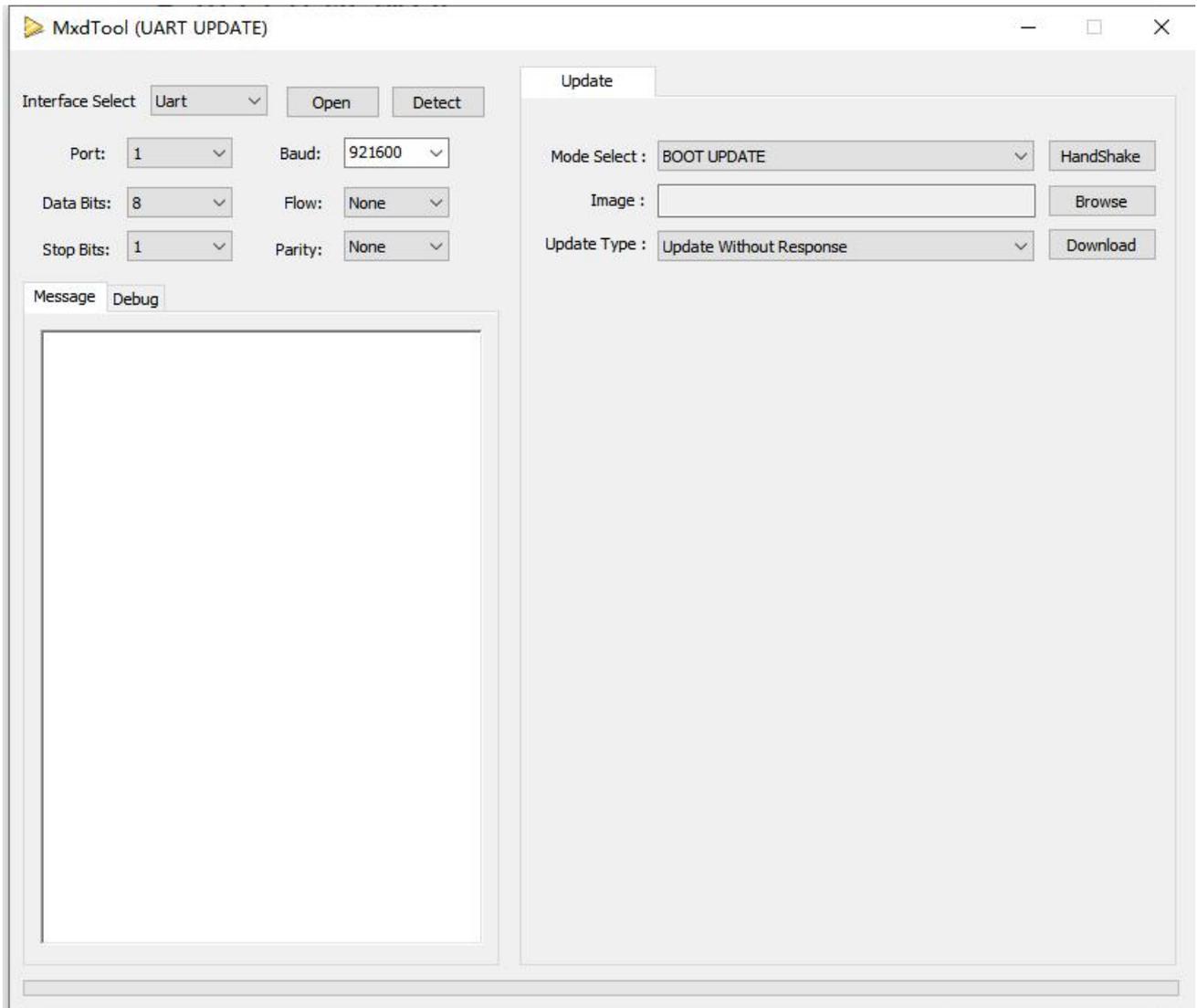
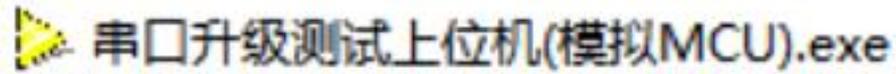


2、PC 终端连接透传模块截屏，注 BRTS 必须被置低，否则串口数据无法被模块接收。

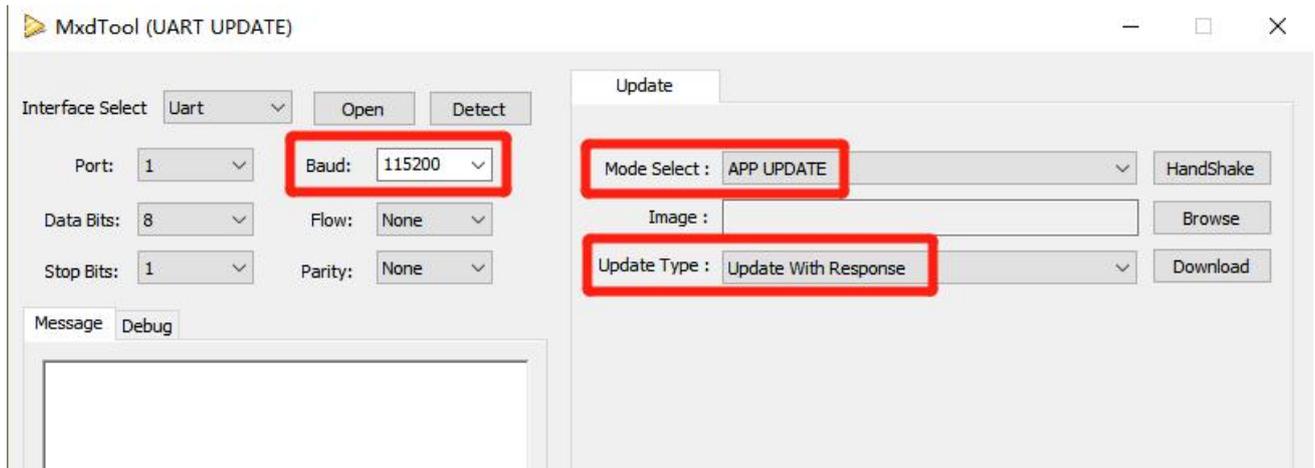


● 串口升级测试

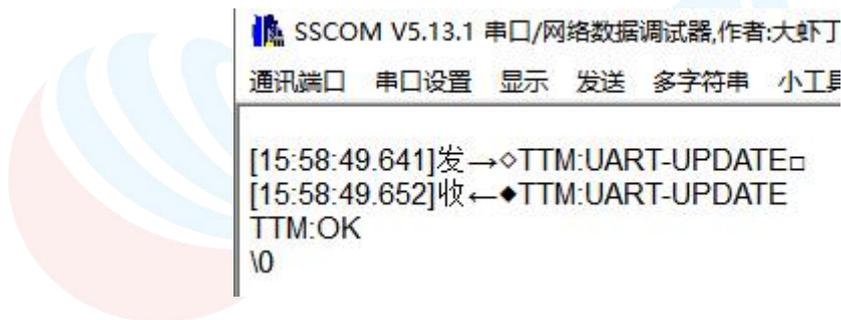
可使用如下上位机模拟 MCU 对模块进行串口升级：



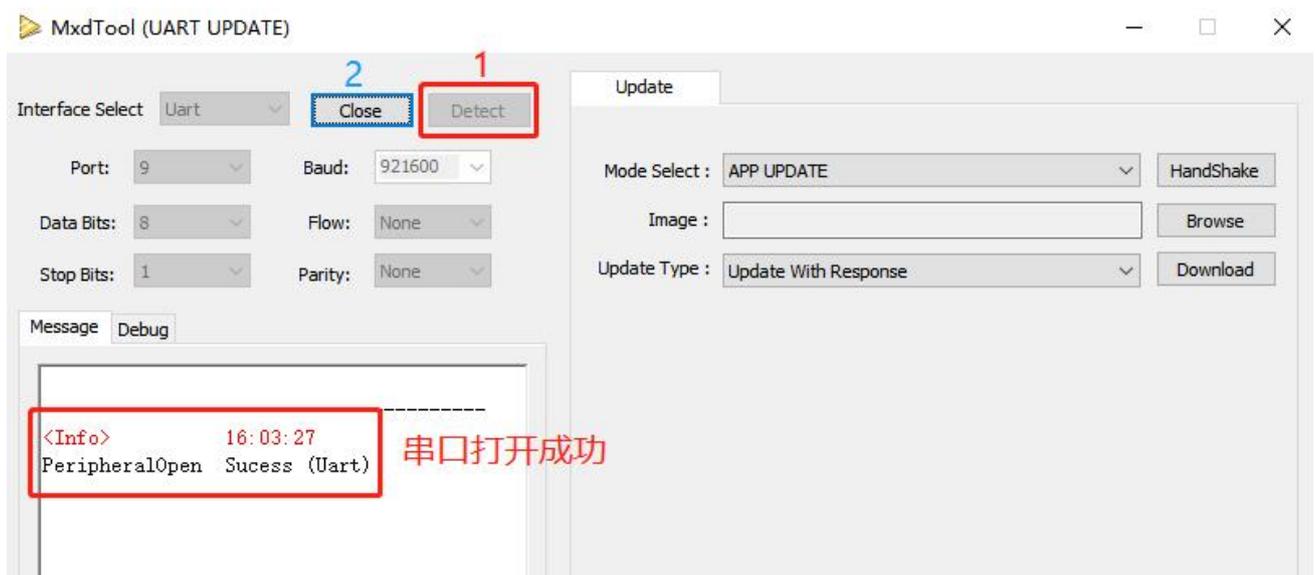
打开上位机之后,波特率选择 115200,Mode Select 选择为“APP UPDATE”, Update Type 选择为 “Update With Response”。



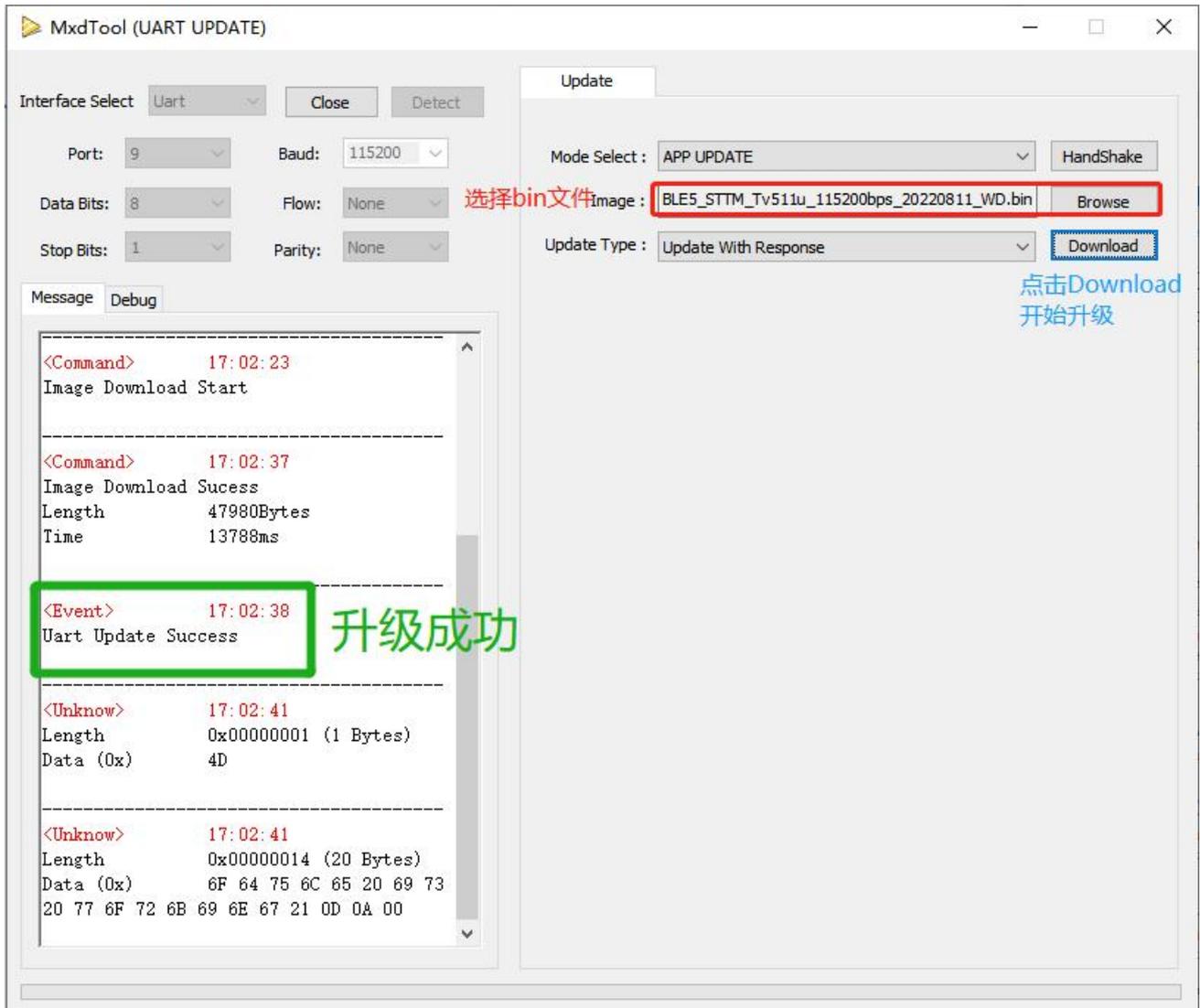
以上准备工作做好之后,向串口 RX 输入以下字符串(可通过 SSCOM 等串口工具发送): “TTM:UART-UPDATE”, 进入串口升级模式。



然后切换到上位机,如下图所示,识别并打开串口(需要先关闭 SSCOM 的串口)。



在 Image 选择需要升级的 bin 文件，然后点击“Download”开始升级。以上操作需要在 20 秒内完成，且升级过程中需保证 BRTS 引脚一直为稳定低电平。



● 主机参考代码（透传）

逻辑关系：模块间是用 BCTS、BRTS 两个 IO 口进行发送接收的通知和控制。

这两个 IO 常态高位，置低触发，如果模块有数据要发，置低 BCTS 通知单片机接收，如果单片机有数据要发，置低 BRTS 通知模块接收。示意性代码如下：

```
void main(void)
{
    EN = 0; //使能 EN，开始广播
    while(!BLEModuleAck("TTM:OK\r\n0")); //等待手机端扫描，连接
                                        //等待连接成功，也可加入限时等待
                                        //也可判断连接提示信号线的电平
    BRTS = 0; //BRTS 置低通知模块准备接收
    halMcuWaitMs(50); //延迟 50 ms
    UARTWrite( HAL_UART_PORT_0,"TTM:CIT-100ms", 14);
                                        //修改连接间隔，从串口得到确认：
    halMcuWaitMs(50); //延迟 50 ms,确保数据已经发出
    BRTS = 1; //RTS 置高，发送完毕
    while(!BLEModuleAck("TTM:OK\r\n0")); //等待设置成功，也可加入限时等待

    while(1){ //循环收发测试
        while(1){
            if(BCTS == 0){ //检测，若 BCTS 置低则准备接收
                while(BCTS==0); //等待发送完毕，也可限时等待
                if(UARTRead(uartBuffer) == SUCCESS) //串口读取数据
                {... ...} //使用数据
            }
            BRTS = 0; //RTS 置低通知模块准备接收
            halMcuWaitMs(50); //延迟 50 ms
            send_TX("1234567890"); //发送任意数据（200byte 以内）
            halMcuWaitMs(50); //延迟 50 ms,确保数据已经发出
            BRTS = 1; //RTS 置高，发送完毕
            halMcuWaitMs(20); //延迟再发下一个包，延时视包大小而定
        }
    }
}
}
```

● 联系我们

深圳市信驰达科技有限公司

SHENZHEN RF STAR TECHNOLOGY CO.,LTD.

Tel: 0755-8632 9829 Web: www.szrfstar.com

Fax: 0755-86329413 E-mail: sales@szrfstar.com

地址：深圳市南山区高新园科技南一道创维大厦 C 座 601 室

Add: Room 601,Block C,Skyworth Building,Nanshan High-Tech Park,Shenzhen.



附录 A: SRRC 认证

无线电发射设备
Radio Transmission Equipment
型号核准证
Type Approval Certificate

深圳市信驰达科技有限公司:

根据《中华人民共和国无线电管理条例》, 经审查, 下列无线电发射设备
In accordance with the provisions on the Radio
Regulations of the People's Republic of China, the following
符合中华人民共和国无线电管理规定和
radio transmission equipment, after examination, conforms
技术标准, 其核准代码为: CMIIT ID: 2019DP5695 (M)
to the provisions with its CMIIT ID:


(发证机关)
Sealed by issuing authority
2019年 7 月 8 日
Year Month Date

有效期: 五年
Validity

编号: 2C19-5695
Number

设备名称: 蓝牙模块
Equipment Name

设备型号: RSBR02AB
Equipment Type

主要功能: 数据传送
Main Functions

调制方式: GFSK
Modulation Mode

主要技术参数及其指标值:
Main Technical Parameters

频率范围: 2400-2483.5MHz
Frequency Range

频率容限: $\leq 20\text{ppm}$
Frequency Tolerance

发射功率: $\leq 20\text{dBm (EIRP)}$
Transmitting Power

占用带宽: $\leq 2\text{MHz}$
Occupied Bandwidth

杂散发射限值: $\leq -30\text{dBm}$
Spurious Emission Limits


(核发单位章)
Sealed by issuing authority
2019年 7 月 8 日
Year Month Date

附录 B： BLE 模块硬件规格说明

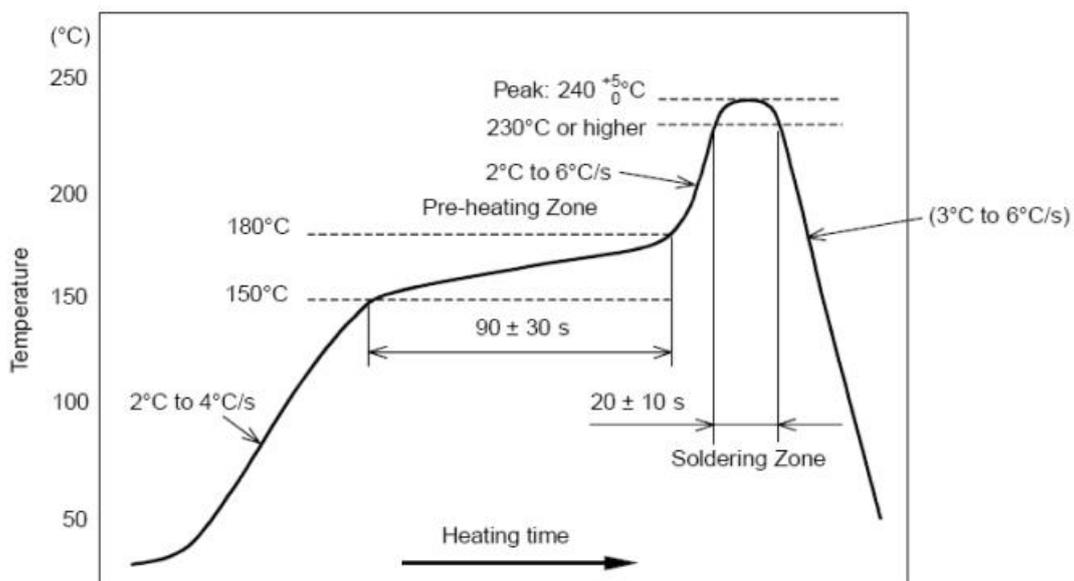
一、模块参数

- 工作电压：2.3 V~3.6 V，推荐工作电压：3.3 V
- 工作频段：2402 MHz~2480 MHz
- 最大发射功率：5 dBm (-21 dBm~+5 dBm，可编程)
- 接收灵敏度：-94 dBm
- 频率误差：±20 kHz
- 工作温度：-40°C ~ +85°C
- 储存温度：-40°C ~ +125°C

二、注意事项

使用本模块注意事项：

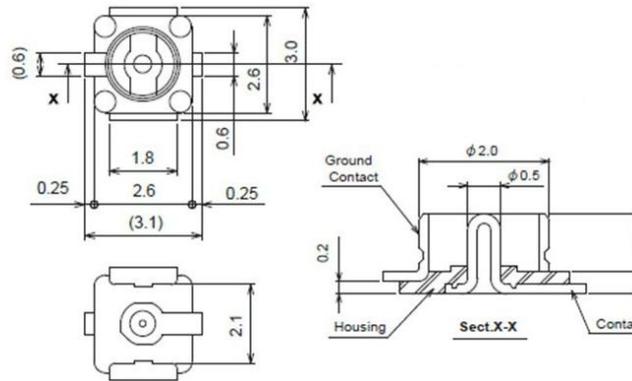
- 1、在运输、使用过程中要注意防静电。
- 2、器件接地要良好，减少寄生电感。
- 3、尽量手工焊接，如需机贴，请控制回流焊温度不要超过 245 摄氏度，如下图所示。
- 4、模块天线下面不要铺铜，最好挖空，以防止阻抗改变。
- 5、天线应远离其他电路，防止辐射效率变低和影响其他电路正常使用。
- 6、模块的接入电源建议使用 2.2uF+0.1uF 滤波电容对地。



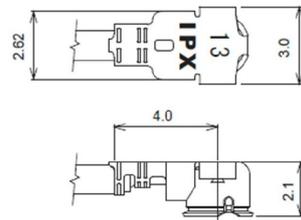
部件的焊接耐热性温度曲线(焊接点)

三、天线选择

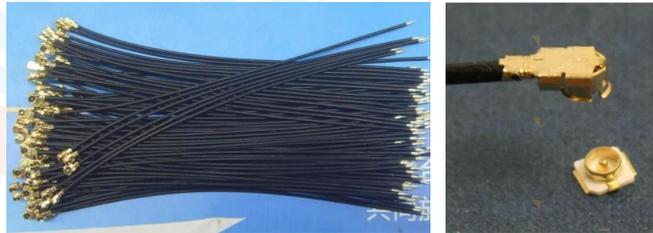
1、IPEX 天线座的规格如下图所示：



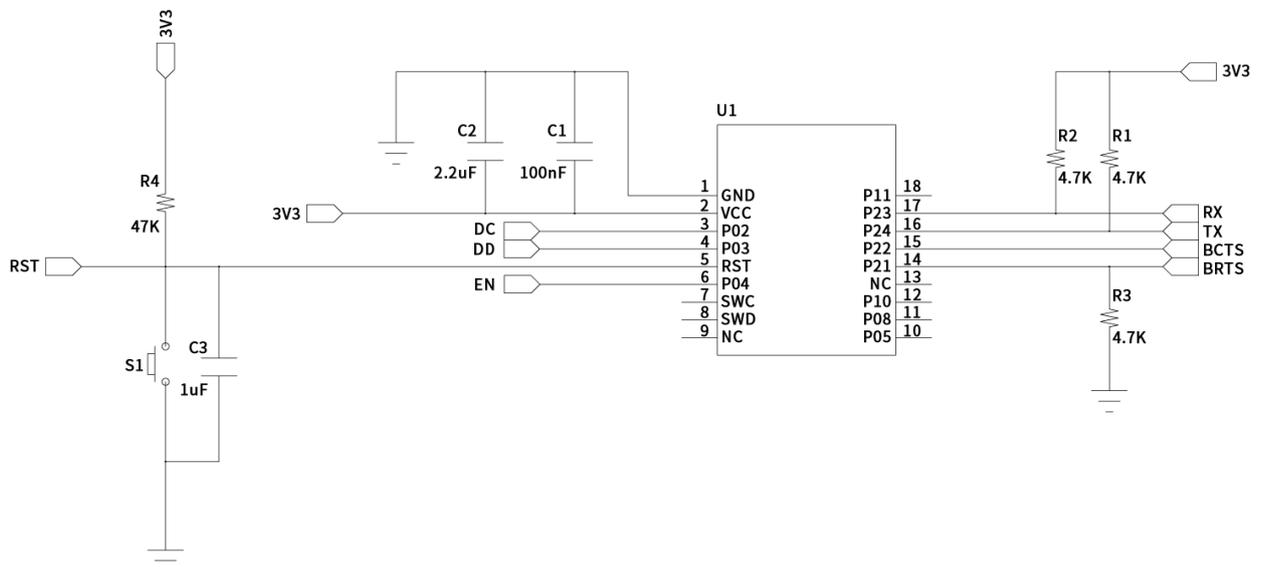
2、IPEX 线端的规格如下图所示：



3、常用天线：



四、外围参考设计



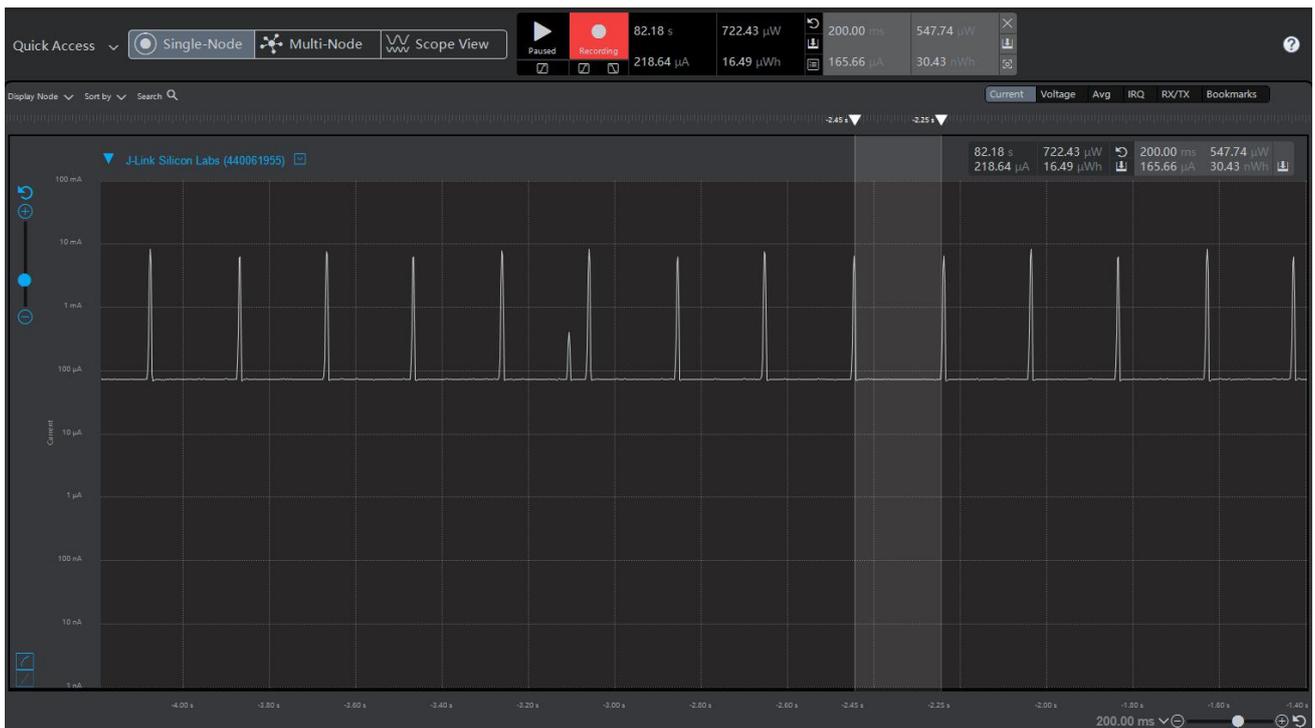
附录 C：功耗测试截图

1、休眠功耗

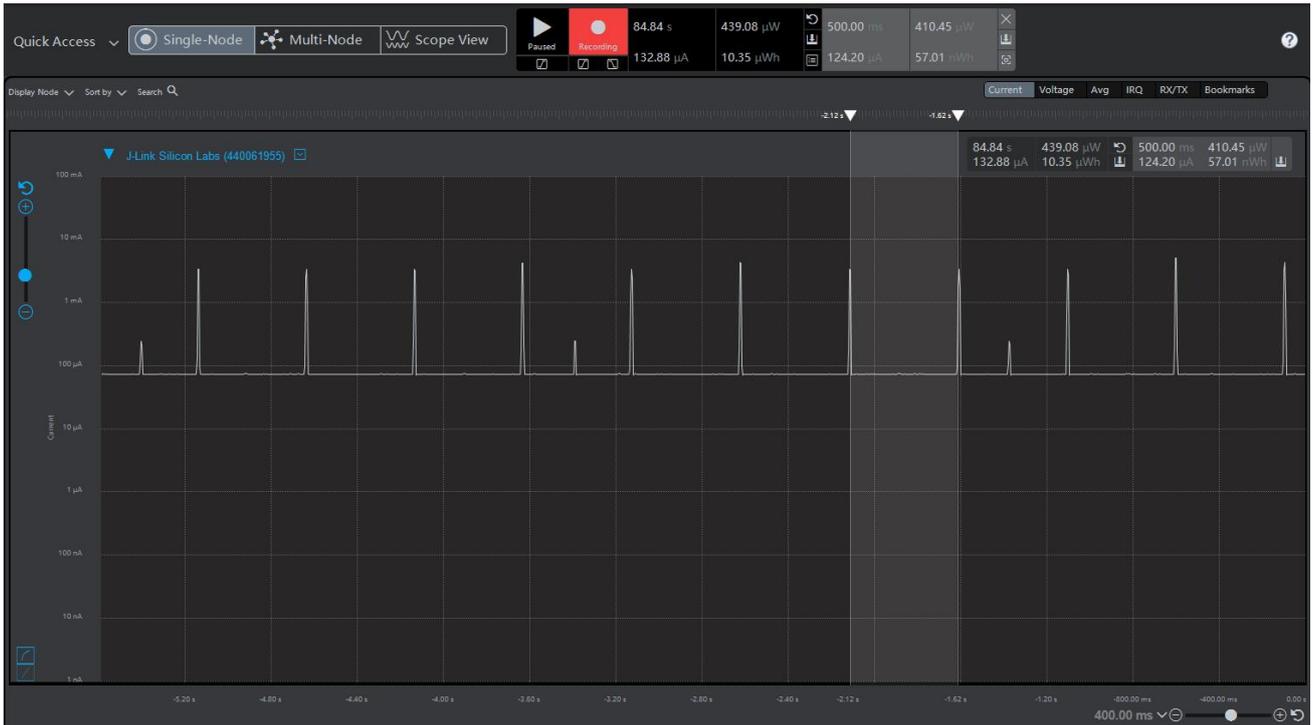


2、广播功耗 (0 dBm)

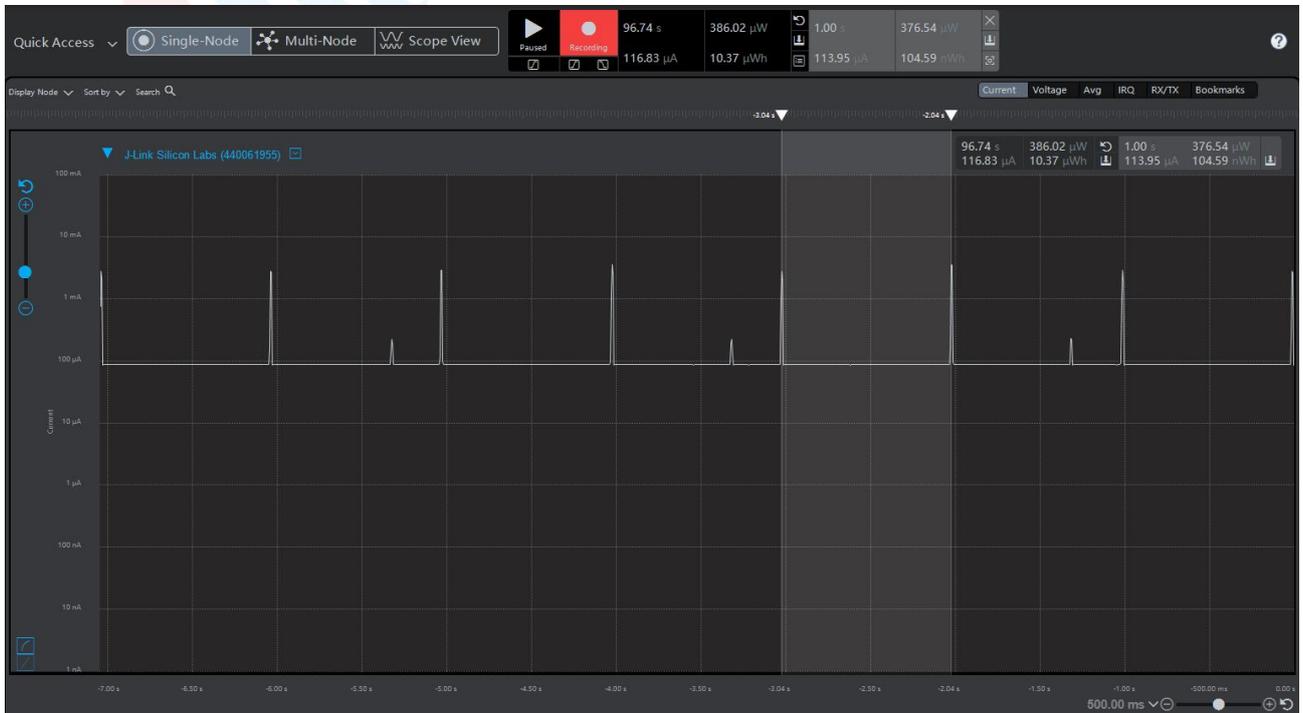
(1) 打开 EN 内部上拉, 200 ms 广播周期



(2) 打开 EN 内部上拉，500 ms 广播周期



(3) 打开 EN 内部上拉，1000 ms 广播周期



(4) 打开 EN 内部上拉, 5000 ms 广播周期



(5) 关闭 EN 内部上拉, 200 ms 广播周期



(6) 关闭 EN 内部上拉，500 ms 广播周期



(7) 关闭 EN 内部上拉，1000 ms 广播周期



(8) 关闭 EN 内部上拉, 5000 ms 广播周期



3、连接功耗

(1) 打开 EN 内部上拉, 20 ms 连接间隔



(2) 打开 EN 内部上拉, 100 ms 连接间隔



(3) 关闭 EN 内部上拉, 20 ms 连接间隔



(4) 关闭 EN 内部上拉, 100 ms 连接间隔



← Tv511u-C42A02F9 断开 ⋮
BA:03:C4:2A:02:F9

蓝牙服务 实时日志

🔊 收: 0包, 0字节
🔊 发: 成功: 222包, 333000字节 失败: 0包, 0字节

```
11:56:55.275> [0000ffe9] 成功写入: "123456789012345678901
234567890123456789012345678901234567890
123456789012345678901234567890123456789
012345678901234567890123456789012345678
901234567890123456789012345678901234567
890123456789012345678901234567890123456
789012345678901234567890123456789012345
678901234567890123456789012345678901234
567890123456789012345678901234567890123
456789012345678901234567890123456789012
345678901234567890123456789012345678901
234567890123456789012345678901234567890
123456789012345678901234567890123456789
012345678901234567890123456789012345678
901234567890123456789012345678901234567
890123456789012345678901234567890123456
789012345678901234567890123456789012345
678901234567890123456789012345678901234
567890123456789012345678901234567890123
456789012345678901234567890123456789012
345678901234567890123456789012345678901
234567890123456789012345678901234567890
123456789012345678901234567890123456789
```

012345678906789012345678901234 发送
567890123456789012345678901234
567890123456789012345678901234
5678901234567890123456789012

🕒 📧 us-ascii ▾ Default No Response Signed

循环发送 延时(ms): 30

00:07.65

复位 ●● 启动

计次 1 00:07.65

附录 E：模块射频参数测试报告

一、发射性能参数

除特别说明外，以下参数测试的默认条件为：VDD=3.3V，TA = 25℃，RBW=100K，VBW=300K，Sweep Time 为 100ms。

1、频率范围

频率范围
2402-2480MHz

2、发射功率

中心频率 (MHz)	发送功率 (dBm)	允许误差 (dBm)	结果
2402	-0.19	0dBm (±2dBm)	PASS
2404	-0.17		PASS
2406	-0.13		PASS
2408	-0.08		PASS
2410	-0.05		PASS
2412	0.00		PASS
2414	0.04		PASS
2416	0.07		PASS
2418	0.12		PASS
2420	0.16		PASS
2422	0.19		PASS
2424	0.23		PASS
2426	0.27		PASS
2428	0.29		PASS
2430	0.33		PASS
2432	0.35		PASS
2434	0.37		PASS
2436	0.39		PASS
2438	0.41		PASS
2440	0.41		PASS
2442	0.42	PASS	
2444	0.44	PASS	
2446	0.44	PASS	
2448	0.46	PASS	
2450	0.46	PASS	

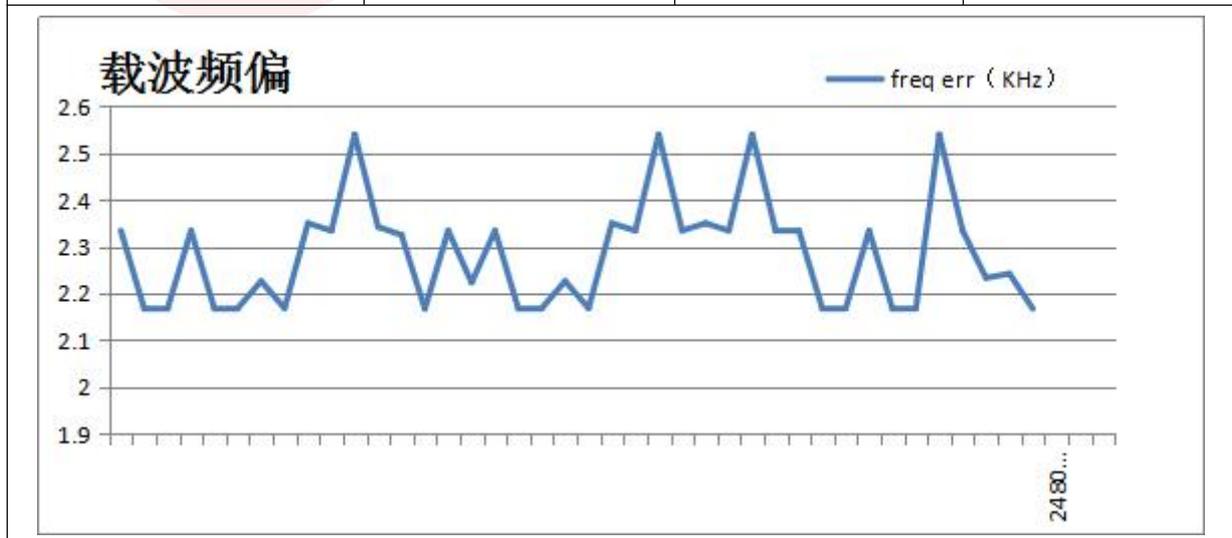
2452	0.46		PASS
2454	0.45		PASS
2456	0.44		PASS
2458	0.43		PASS
2460	0.40		PASS
2462	0.39		PASS
2464	0.37		PASS
2466	0.34		PASS
2468	0.31		PASS
2470	0.28		PASS
2472	0.25		PASS
2474	0.22		PASS
2476	0.17		PASS
2478	0.13		PASS
2480	0.09		PASS

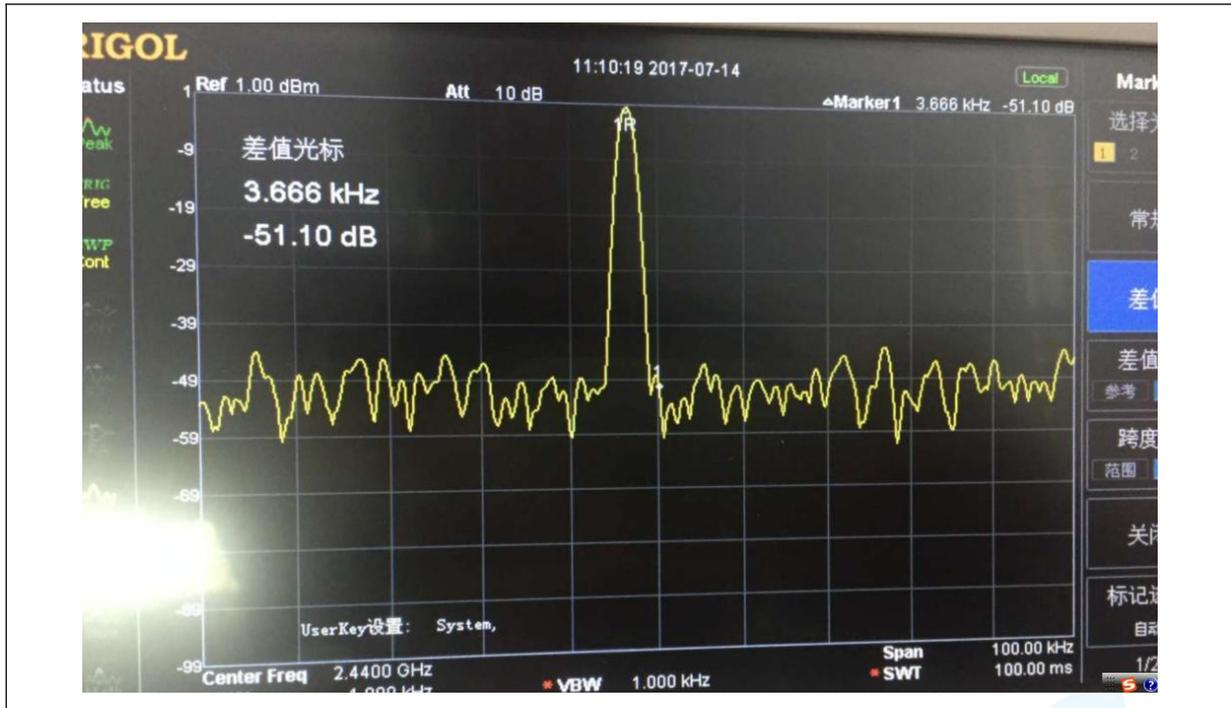
3、频率误差

波形输出=CW。

中心频率 (MHz)	频率偏移 (KHz)	FCC 允许偏移范围 (KHz)	结果
2402	2.334	±40KHz	PASS
2404	2.167		PASS
2406	2.168		PASS
2408	2.334		PASS
2410	2.167		PASS
2412	2.168		PASS
2414	2.226		PASS
2416	2.168		PASS
2418	2.35		PASS
2420	2.334		PASS
2422	2.54		PASS
2424	2.342		PASS
2426	2.325		PASS
2428	2.167		PASS
2430	2.334		PASS
2432	2.223		PASS
2434	2.334		PASS

2436	2.167		PASS
2438	2.168		PASS
2440	3.666		PASS
2442	2.168		PASS
2444	2.35		PASS
2446	2.334		PASS
2448	2.54		PASS
2450	2.334		PASS
2452	2.35		PASS
2454	2.334		PASS
2456	2.54		PASS
2458	2.334		PASS
2460	2.334		PASS
2462	2.167		PASS
2464	2.168		PASS
2466	2.334		PASS
2468	2.167		PASS
2470	2.168		PASS
2472	2.54		PASS
2474	2.334		PASS
2476	2.233		PASS
2478	2.242		PASS
2480	2.167		PASS

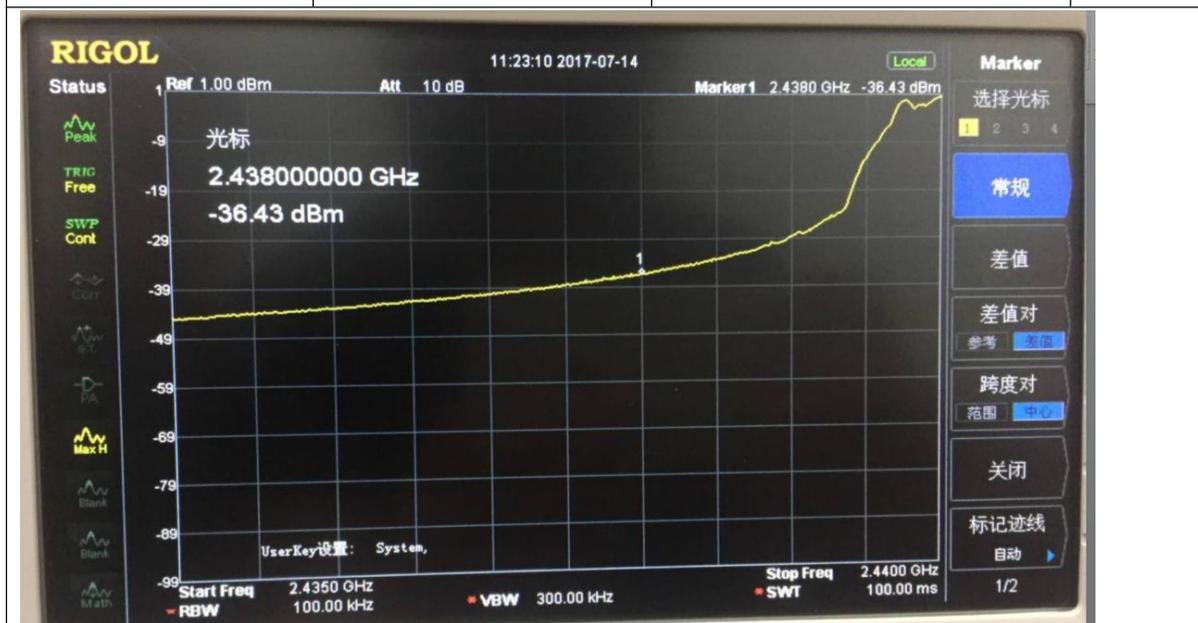




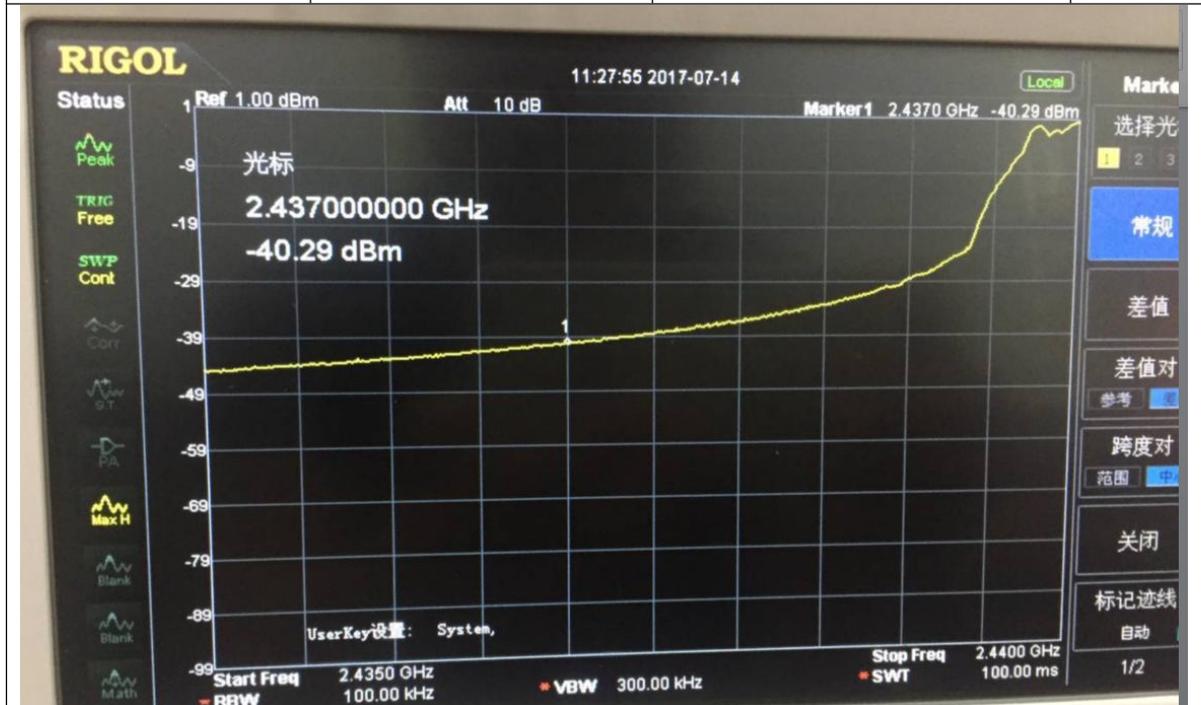
4、带内杂散。

测试条件：PTX=0dBm。

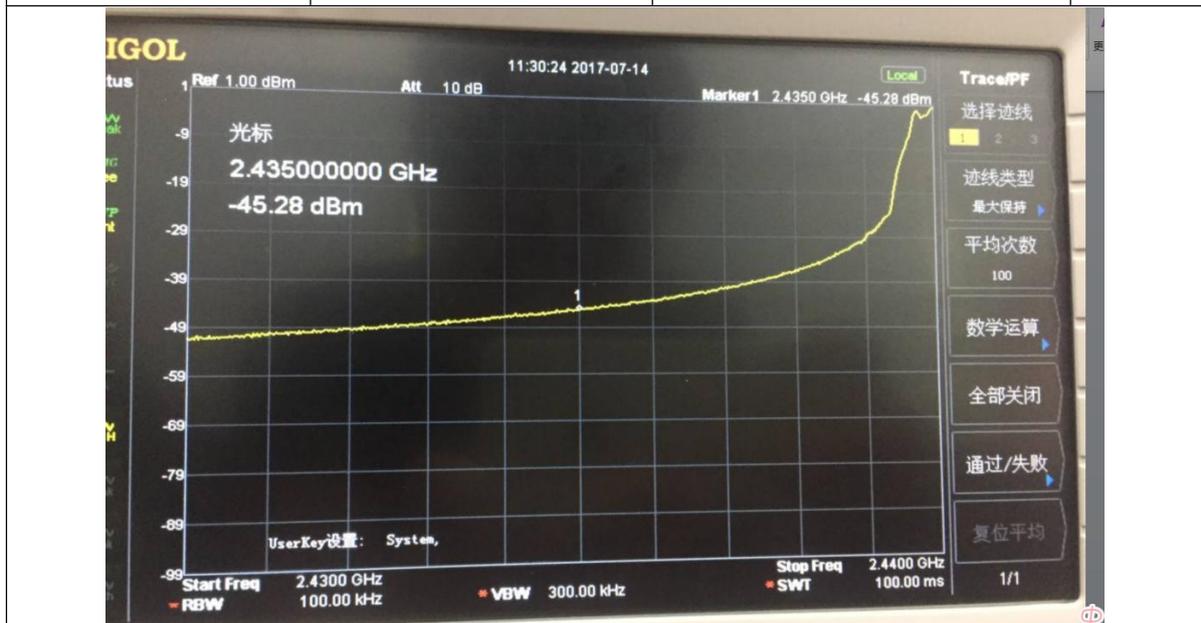
中心频率 (MHz)	实际数据 (dBm)	RF-PHY.TS.4.2.2 标准 参考范围 (dBm)	结果
2402 ± 2MHz	-43.21	≤ -20dBm	PASS
2440 ± 2MHz	-42.88		
2480 ± 2MHz	-43.32		



中心频率 (MHz)	实际数据 (dBm)	RF-PHY.TS.4.2.2 标准 参考范围 (dBm)	结果
2402±3MHz	-47.24	≤-30dBm	PASS
2440±3MHz	-46.25		
2480±3MHz	-47.38		



中心频率 (MHz)	实际数据 (dBm)	RF-PHY.TS.4.2.2 标准 参考范围 (dBm)	结果
2402±5MHz	-43.04	≤-30dBm	PASS
2440±5MHz	-42.3		
2480±5MHz	-42.57		

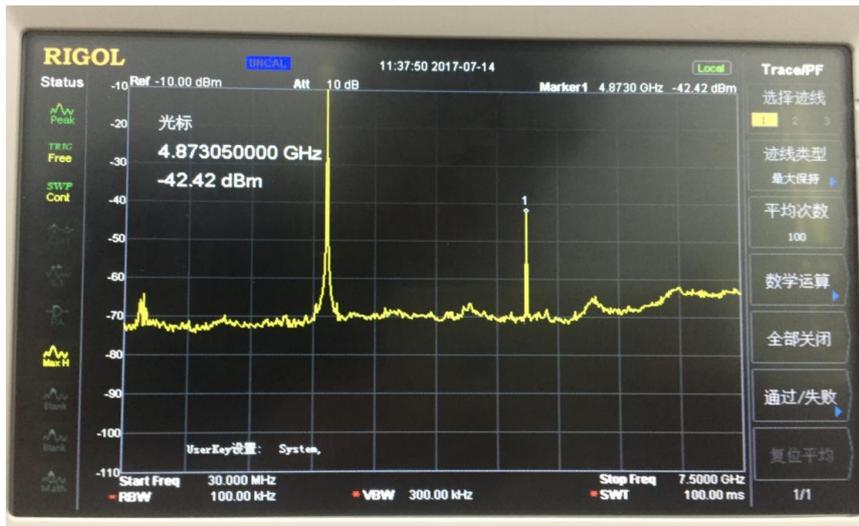


5、带外杂散

• CE 传导谐波带外杂散限值

测试条件：PTX=0dBm。测试依据 CE 标准 EN300328V1.8.1。

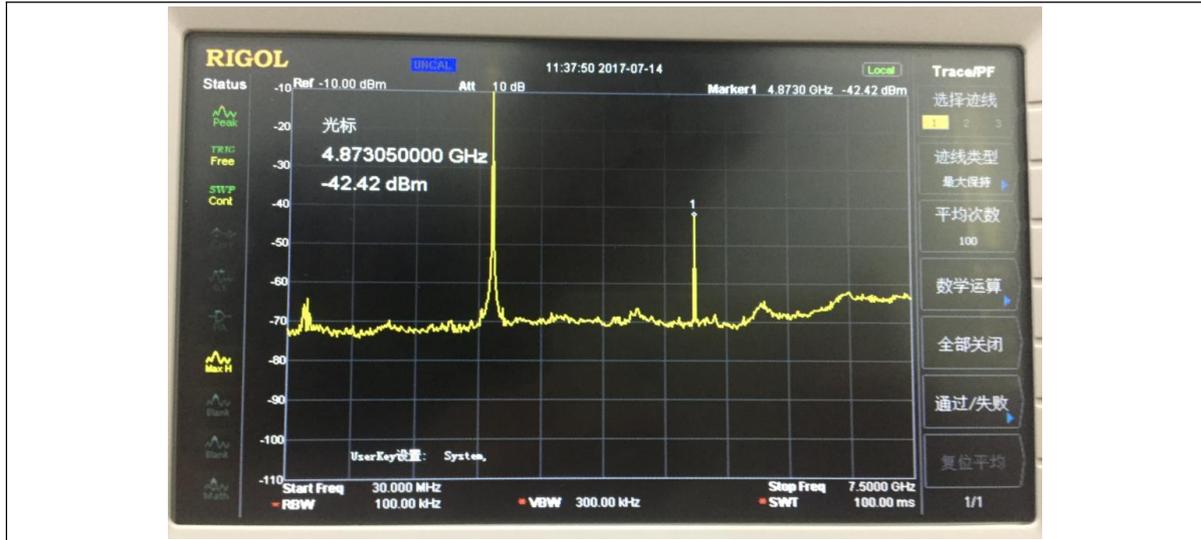
Band	频率(MHz)	电平(dBm)	标准(standard)	Unit	结果
	Record(Max)	level /dBm	EN300 328 Spec	RBW/VBW	
30MHz~47MHz	32	-80	-36	100k/300k	PASS
47MHz~74MHz	64	-69.5	-54	100k/300k	PASS
74MHz~87.5MHz	75	-70.39	-36	100k/300k	PASS
87.5MHz~118MHz	96	-71	-54	100k/300k	PASS
118MHz~174MHz	128	-65	-36	100k/300k	PASS
230MHz~470MHz	256	-59	-36	100k/300k	PASS
470MHz~862MHz	480	-71	-54	100k/300k	PASS
862MHz~1GMHz	864	-69	-36	100k/300k	PASS
1GHz~2.36GHz	2.30	-48.6	-30	1M/3M	PASS
2.5235GHz~12.75GHz	2.523	-41.66	-30	1M/3M	PASS



• FCC 传导谐波带外杂散限值

测试依据 FCC 标准 PART 15.247。

载波频率 (MHz)	谐波频率 (MHz)	FCC 要求: < -41.2dBm		结果
		实测 (dBm)	余量 (dB)	
2402	4810	-42	0.8	PASS
	7215	-65	23.8	PASS
2440	4880	-42.3	1.1	PASS
	7320	-64	22.8	PASS
2480	4960	-43.5	2.3	PASS
	7440	-64.12	22.92	PASS



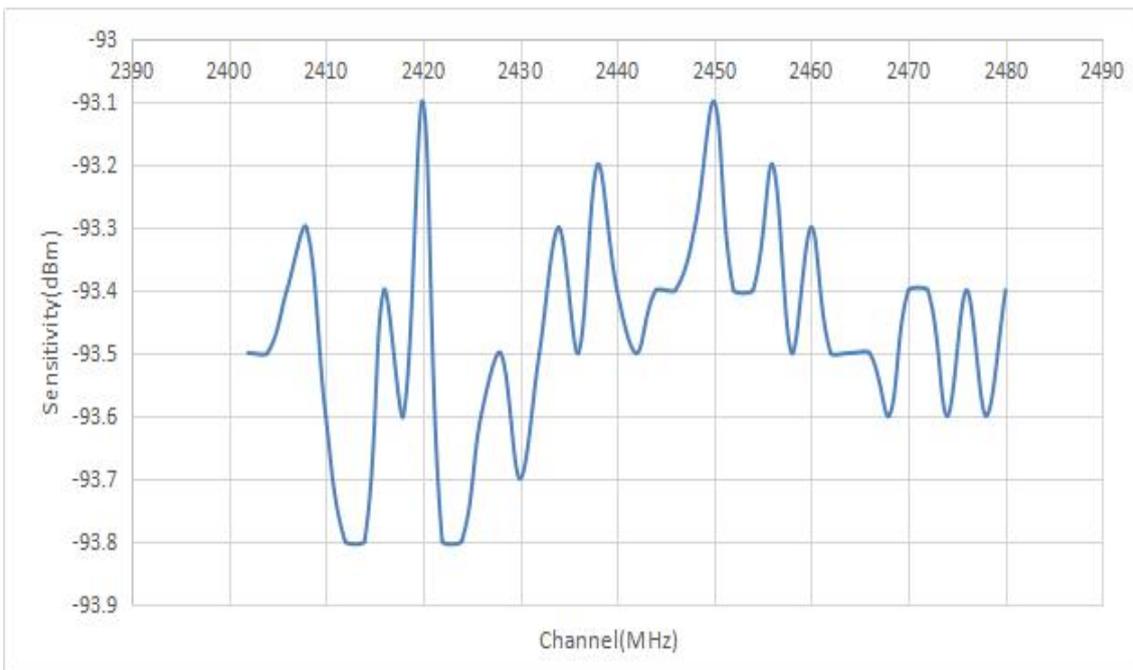
二、接收性能参数

除特别说明外，以下参数默认的测试条件为：VDD=3.3V，TA = 25°C，RBW=100K，VBW=300K。

1、接收灵敏度（丢包率 PER=1%）

中心频率 (MHz)	接收灵敏度 (dBm)	RS02A 数据手册 灵敏度范围 (dBm)	结果
2402	-93.5	-94dBm	PASS
2404	-93.5		PASS
2406	-93.4		PASS
2408	-93.3		PASS
2410	-93.6		PASS
2412	-93.8		PASS
2414	-93.8		PASS
2416	-93.4		PASS
2418	-93.6		PASS
2420	-93.1		PASS
2422	-93.8		PASS
2424	-93.8		PASS
2426	-93.6		PASS
2428	-93.5		PASS
2430	-93.7		PASS
2432	-93.5		PASS
2434	-93.3		PASS

2436	-93.5	PASS
2438	-93.2	PASS
2440	-93.4	PASS
2442	-93.5	PASS
2444	-93.4	PASS
2446	-93.4	PASS
2448	-93.3	PASS
2450	-93.1	PASS
2452	-93.4	PASS
2454	-93.4	PASS
2456	-93.2	PASS
2458	-93.5	PASS
2460	-93.3	PASS
2462	-93.5	PASS
2464	-93.5	PASS
2466	-93.5	PASS
2468	-93.6	PASS
2470	-93.4	PASS
2472	-93.4	PASS
2474	-93.6	PASS
2476	-93.4	PASS
2478	-93.6	PASS
2480	-93.4	PASS



2、C/I 阻塞性能

中心频率 (MHz)	输入电平 (dBm)	偏移频率(MHz)	CI 电平(dB)
2402	-67	-3	-33
	-67	-2	-23
	-67	-1	-5
	-67	0	5
	-67	1	-5
	-67	2	-34
	-67	3	-46
2440	-67	-3	-33
	-67	-2	-24
	-67	-1	-4
	-67	0	5
	-67	1	-5
	-67	2	-38
2480	-67	-3	-46
	-67	-2	-23
	-67	-1	-4
	-67	0	5
	-67	1	-5
	-67	2	-35
	-67	3	-46