

# RF Crazy®



## RC224AM

### 低功耗蓝牙透传模块 数据手册 V1.0.1

(符合 AEC-Q100 车规级)

Nov. 2024

文档信息

| 型号   | RC224AM   | 备注         |
|------|-----------|------------|
| 名称   | 低功耗蓝牙透传模块 |            |
| 文档类型 | 数据手册      |            |
| 文档编号 | RCBM-SL01 |            |
| 版本日期 | V1.0.0    | 2022-05-18 |
|      | V1.0.1    | 2024-11-27 |

版本更新

| 版本号    | 文档日期       | 更新内容     |
|--------|------------|----------|
| V1.0.0 | 2022/05/18 | ✓ 第一次发布; |
| V1.0.1 | 2024/11/27 | ✓ 更新公司信息 |

注：本文档讲不定期更新，在使用此文档前，请确保为最新版本。文档中的信息仅供深圳市智汉物联有限公司 RF Crazy<sup>®</sup>的授权用户或许可人使用。没有深圳市智汉物联有限公司 RF Crazy<sup>®</sup>的书面授权，请勿将本文档或其他部分内容印制或者作为电子文档副本传播。

# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1. 产品概述.....             | 1  |
| ➤ 主要特点.....              | 1  |
| ➤ 模式默认配置.....            | 2  |
| ➤ 设备状态.....              | 2  |
| 2. 工作模式示意图.....          | 3  |
| 3. 模块尺寸及引脚.....          | 3  |
| 4. 串口透传协议说明.....         | 5  |
| 5. BLE 协议说明(APP 接口)..... | 6  |
| ➤ Service UUID.....      | 6  |
| ➤ BLE 数据接收 UUID.....     | 6  |
| ➤ BLE 数据发送 UUID.....     | 6  |
| ➤ AT 指令操作 UUID.....      | 6  |
| 6. AT 指令.....            | 6  |
| AT 命令表.....              | 7  |
| ➤ 进入 AT 指令模式.....        | 8  |
| ➤ 退出 AT 指令模式.....        | 8  |
| ➤ 设备名称.....              | 8  |
| ➤ MAC 地址.....            | 8  |
| ➤ 串口回显.....              | 9  |
| ➤ 显示设备状态.....            | 9  |
| ➤ 广播参数.....              | 10 |
| ➤ 连接间隔.....              | 10 |
| ➤ Service.....           | 11 |
| ➤ 断开连接.....              | 12 |
| ➤ 自定义广播内容.....           | 12 |
| ➤ 发射功率.....              | 13 |
| ➤ 休眠.....                | 14 |
| ➤ 串口波特率.....             | 14 |
| ➤ 用户鉴权.....              | 15 |
| ➤ 设备重启.....              | 15 |
| ➤ 恢复出厂设置.....            | 16 |
| ➤ 固件版本查询.....            | 16 |
| 7. 用 APP 测试透传功能.....     | 17 |
| 8. iOS APP 编程参考.....     | 19 |
| 9. 主机(MCU)参考代码(透传).....  | 21 |

10. 使用条件及注意事项 ..... 22

11. 联系我们 ..... 24

附录 B：模块射频参数测试报告 ..... 25

附录 C：功耗测试截图 ..... 36

## 1. 产品概述

智汉物联 RF Crazy® RC224AM 是基于 Silicon Lab 的 EFR32BG22C224F512IM40 SoC 设计开发的高性能、高灵敏、低成本的蓝牙 (BLE) 模块。它集成了一个 2.4GHz BLE 收发器和 PCB 板载天线，并提供了一个完整的射频解决方案，无需额外的蓝牙射频设计，可以帮助用户缩短项目开发周期。

RC224AM 可用于开发基于蓝牙 5.2 (BLE, 低功耗蓝牙) 的车规级应用，它能提高操作的可靠性；提高信号的传输距离和抗干扰性；低功耗优势，电池寿命也可显著延长，为车规级产品与智能移动设备通讯提供快速的 BLE 解决方案。

模块可工作在桥接模式(**透明传输模式**)。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。

用户 MCU 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 MCU。模块收到来自用户 MCU 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 MCU 的代码设计，以及智能移动设备端 APP 代码设计。

**为了保证程序的稳定性，模块上电 500ms 之后才开始正常工作；透传大数据时建议在模块连接后 5 秒开始，建立连接需要等待确认 MTU,连接间隔等操作，若此时进行高速透传极易出现丢包或设备卡死现象。**

### ➤ 主要特点

- 1、使用简单，无需任何蓝牙协议栈应用经验；
- 2、支持配置普通 BLE 模式、Beacon 模式、Eddystone 模式；
- 5、默认 20 ms - 75ms 连接间隔，连接快速，并且 Android 与 iOS 的兼容性好；
- 6、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 4800 bps，最高支持 460800 bps；
- 7、支持 AT 指令软件复位模块；
- 8、获取 MAC 地址，支持 AT 指令修改 MAC 地址（要重新复位后生效）；
- 9、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）；
- 10、支持 AT 指令调整发射功率、修改广播间隔、修改串口波特率、修改模块名，详情请查看 AT 指令表；
- 11、支持 AT 指令修改 Service UUID；
- 12、可通过 APP 发送 AT 指令；
- 13、高速透传转发，20 KBytes/s 稳定传输；
- 14、极低工作功耗，模块实测功耗如下：

| 事件     | 平均电流          | 测试条件/备注      |
|--------|---------------|--------------|
| 模块睡眠功耗 | 2.74 $\mu$ A  | 关闭串口和蓝牙广播    |
| 广播     | 68.37 $\mu$ A | 广播周期 200 ms  |
| 广播     | 29.61 $\mu$ A | 广播周期 500 ms  |
| 广播     | 15.35 $\mu$ A | 广播周期 1000 ms |
| 广播     | 9.54 $\mu$ A  | 广播周期 2000 ms |
| 连接事件   | 93.83 $\mu$ A | 连接周期 50 ms   |
| 连接事件   | 50.29 $\mu$ A | 连接周期 100 ms  |

### ➤ 模式默认配置

- 1、设备名称：RF-CRAZY。
- 2、串口波特率：115200(2 线串口)。
- 3、广播间隔：200 ms。
- 4、连接间隔：20ms - 75ms。
- 5、UUID 默认为 128 位。
- 6、广播为可连接模式。
- 7、设备为透传状态。

### ➤ 设备状态

- 1、DEVICE START：设备启动。
  - 2、CONNECTED：连接成功。
  - 3、DISCONNECTED：断开连接。
  - 4、BUSY...：设备繁忙，请等待设备处理完当前任务。
  - 5、WAKE UP：设备串口接收唤醒。
  - 6、DEVICE ERROR!：设备发生异常错误，设备会自动恢复出厂设置。
- 以上状态可通过 AT 指令开启或关闭显示，详情请查看[<AT 指令章节>](#)。

## 2. 工作模式示意图

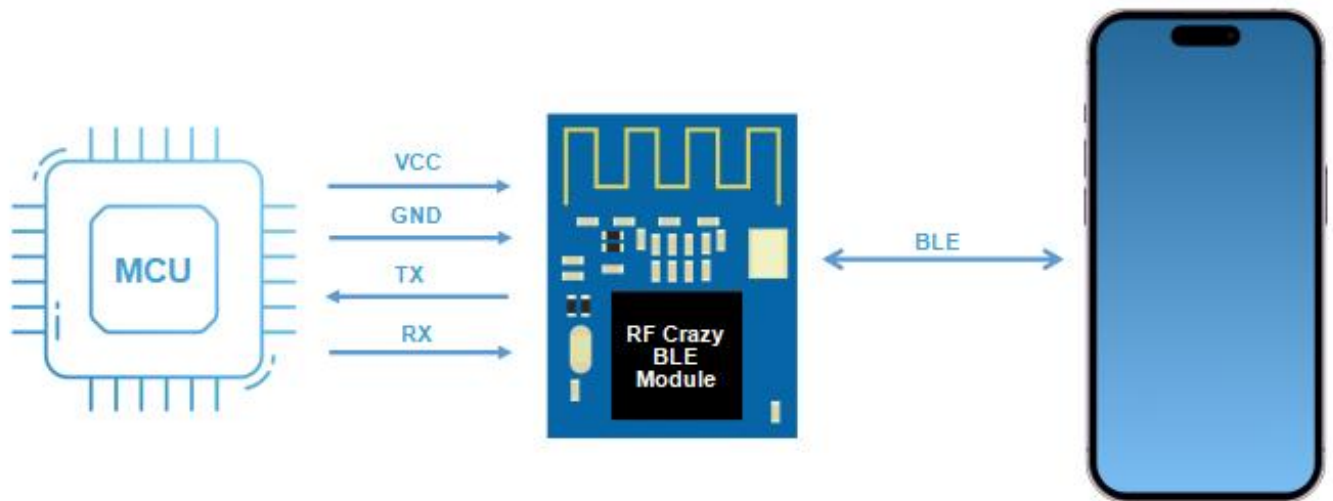


图 1. 模块透传工作示意图

## 3. 模块尺寸及引脚

如图2、图3为 RC224AM 模块尺寸及脚位定义。

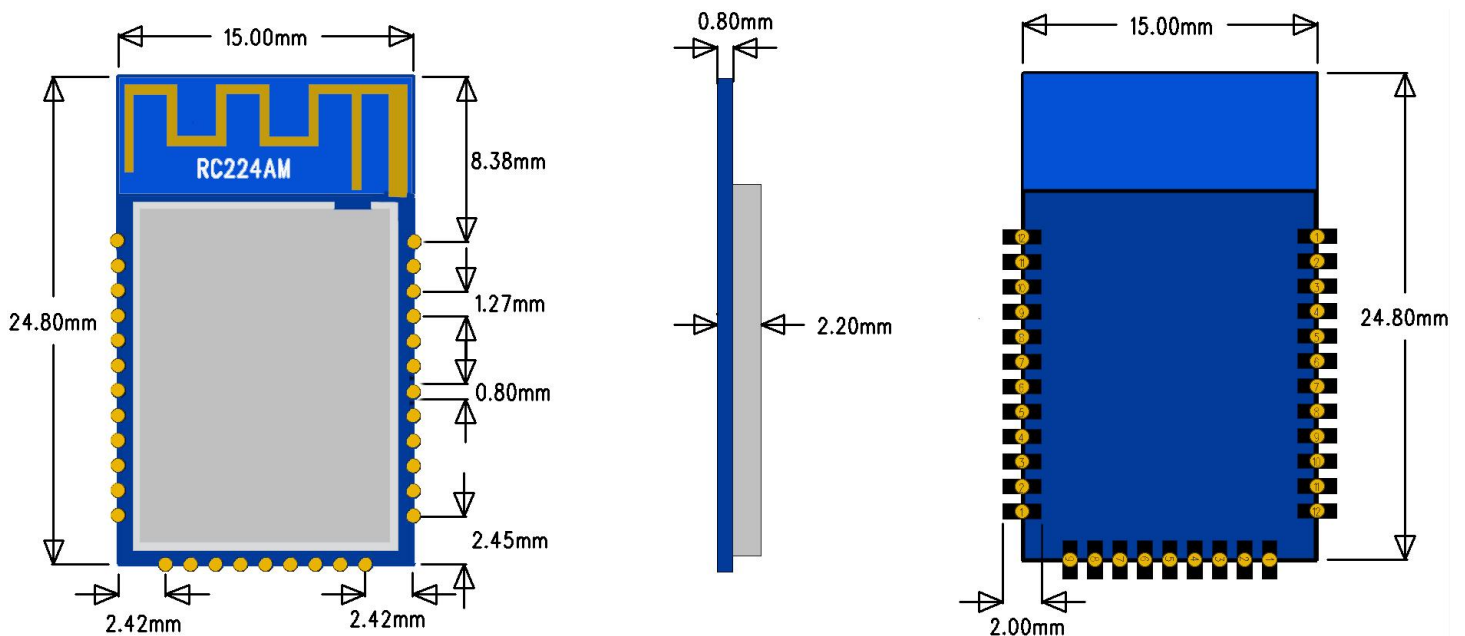


图 2. 模块尺寸图

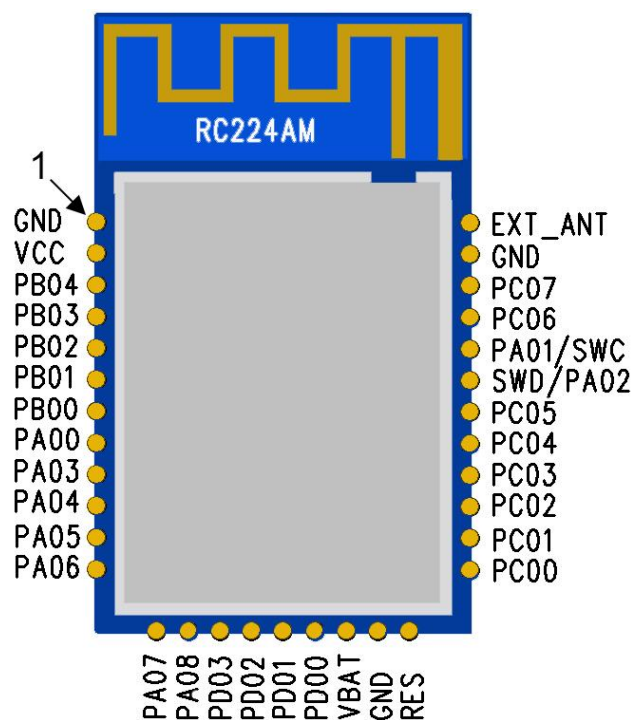


图 3 模块引脚定义图

表 3. RC224AM 引脚定义

| 引脚序号 | 名称   | 功能  | 备注        |
|------|------|-----|-----------|
| 1    | GND  | -   | 接地        |
| 2    | VCC  | -   | 工作电压 3.3V |
| 3    | PB04 | I/O | GPIO      |
| 4    | PB03 | I/O | GPIO      |
| 5    | PB02 | I/O | GPIO      |
| 6    | PB01 | I/O | GPIO      |
| 7    | PB00 | I/O | GPIO      |
| 8    | PA00 | I/O | GPIO      |
| 9    | PA03 | I/O | GPIO      |
| 10   | PA04 | I/O | GPIO      |
| 11   | PA05 | I/O | GPIO      |
| 12   | PA06 | I/O | GPIO      |
| 13   | PA07 | I/O | GPIO      |
| 14   | PA08 | I/O | GPIO      |
| 15   | PD03 | I/O | GPIO      |
| 16   | PD02 | I/O | GPIO      |
| 17   | PD01 | I/O | GPIO      |

|    |      |         |                   |
|----|------|---------|-------------------|
| 18 | PD00 | I/O     | GPIO              |
| 19 | VBAT | -       | 模块电源 1.6 - 3.6V   |
| 20 | GND  | -       | 模块接地              |
| 21 | RES  | RESET   | 复位脚，低电平有效         |
| 22 | PC00 | I/O     | GPIO              |
| 23 | PC01 | I/O     | GPIO              |
| 24 | PC02 | TX_UART | TX，模块数据发送引脚       |
| 25 | PC03 | RX_UART | RX，模块数据接收引脚       |
| 26 | PC04 | I/O     | GPIO              |
| 27 | PC05 | I/O     | GPIO              |
| 28 | SWD  | I/O     | 用于调试和编程的串行线调试 I/O |
| 29 | SWC  | I/O     | 用于调试和编程的串行线调试时钟输入 |
| 30 | PC06 | I/O     | GPIO              |
| 31 | PC07 | I/O     | GPIO              |
| 32 | GND  | -       | 接地                |
| 33 | ANT  | RF      | 外接天线引脚            |

#### 4. 串口透传协议说明

模块的桥接模式是指，通过通用串口和用户 MCU 相连，建立用户 MCU 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。

模块串口接收数据传输到移动设备时，串口数据包无严格要求(理论空闲时最大一次可收 2048 字节，建议不要超过 1024 字节)。移动设备方发往模块的数据包，必须自行分包(每包 1 到 244 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。

设备 MTU 最大 247 字节，但协议需要使用 3 Bytes，用户实际使用 payload 为 244 Bytes。  
最优速率测试：

- 1、连接间隔最大值和最小值都设为 8。
- 2、串口波特率设置为 250000 或 115200。
- 3、一次发生数据 250(设备自动拆包为 244 字节)字节，20 ms 间隔发送。

## 5. BLE 协议说明(APP 接口)

### ➤ Service UUID

6E4000**01**B5A3F393E0A9E50E24DCCA9E

### ➤ BLE 数据接收 UUID

|          |                                                        |
|----------|--------------------------------------------------------|
| 特征值 UUID | 6E4000 <b>02</b> B5A3F393E0A9E50E24DCCA9E              |
| 可执行的操作   | Write                                                  |
| 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。 |

### ➤ BLE 数据发送 UUID

|          |                                            |
|----------|--------------------------------------------|
| 特征值 UUID | 6E4000 <b>03</b> B5A3F393E0A9E50E24DCCA9E  |
| 可执行的操作   | Notify                                     |
| 说明       | 串口输入转发到蓝牙输出, 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。 |

### ➤ AT 指令操作 UUID

|          |                                                                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 特征值 UUID | 6E4000 <b>04</b> B5A3F393E0A9E50E24DCCA9E                                                                   |
| 可执行的操作   | Write/Notify                                                                                                |
| 说明       | 支持全部指令列表的指令, 任何数据都会当做指令处理(不用+++进入指令模式), 且用户可不用发送回车换行符进行操作, 串口是必须要回车换行符作为指令结束。<br>主角需要打开 notify 才能收到模块发送的数据。 |

## 6. AT 指令

AT 指令可细分为四种类型:

| 类型   | 指令格式         | 描述                   |
|------|--------------|----------------------|
| 测试指令 | AT+[x]=?     | 该命令用于查询设置指令的参数以及取值范围 |
| 查询指令 | AT+[x]?      | 该命令用于查询并返回参数的当前值     |
| 设置指令 | AT+[x]=<...> | 该命令用于设置用户自定义的参数值     |
| 执行指令 | AT+[x]       | 该命令用于执行不可变参数的功能      |

### 注意:

1、指令既可以通过 APP 发送, 也可以通过串口发送。

- 2、串口默认波特率为 115200，8bit 数据位，1 位停止位，无校验。
- 3、不是每条指令都具备上述 4 种类型的命令。
- 4、AT 命令必须**大写**，并且以回车换行符结尾(CRLF)。
- 5、AT 命令查询中返回的 < > 表示可选填参数，[] 表示必填参数；若命令所有参数都是选填参数，则至少填一个参数，否则也是为指令错误。

例：AT+ADS=<0,1>,<0,1>,<10,10240>，可填写为 AT+ADS=,,500。

- 6、选填参数命令为填写的参数位置**必须保留**，参考上一条举例。
- 7、任何指令中参数不能包含逗号，及空格、制表符等不可见字符。

AT 命令表

| 指令              | 功能                     | 备注                     |
|-----------------|------------------------|------------------------|
| +++             | 进入 AT 命令模式             | 立即生效                   |
| AT+NAME         | 查询/设置设备名称              | 下一次启用广播生效； <b>掉电保存</b> |
| AT+VERSION      | 查询设备固件版本               | 立即生效                   |
| AT+MAC          | 查询/设置设备 MAC 地址         | 重启后生效； <b>掉电保存</b>     |
| AT+ECHO         | 查询/设置串口是否回显            | 立即生效；掉电不保存             |
| AT+STATUS       | 查询/设置是否显示设备状态          | 立即生效；掉电不保存             |
| AT+ADS          | 查询/设置从广播参数             | 下一次启用广播生效； <b>掉电保存</b> |
| AT+CNT_INTERVAL | 查询/设置设备连接间隔            | 下一次连接生效； <b>掉电保存</b>   |
| AT+SERVICE      | 查询/设置 BLE service 相关参数 | 重启后生效； <b>掉电保存</b>     |
| AT+DISCONNECT   | 断开已连接设备                | 立即生效                   |
| AT+AD_PACKET    | 查询/设置用户自定义广播内容         | 下一次启用广播生效； <b>掉电保存</b> |
| AT+POWER        | 查询/设置设备功率              | 下一次启用广播生效； <b>掉电保存</b> |
| AT+SLEEP        | 查询/设置设备休眠              | 立即生效；掉电不保存             |
| AT+UART         | 查询/设置串口波特率             | 重启后生效； <b>掉电保存</b>     |
| AT+AUTH         | 查询/设置用户鉴权              | 重启后生效； <b>掉电保存</b>     |
| AT+RESTART      | 重启设备                   | 立即生效                   |
| AT+RESET        | 设备参数恢复出厂设置并重启          | 立即生效                   |
| AT+EXIT         | 退出 AT 命令模式             | 立即生效                   |
| 命令返回值           |                        |                        |
| OK              | 指令操作成功                 |                        |
| FAIL            | 指令操作失败                 |                        |
| ERROR           | 指令操作错误                 |                        |
| BUSY            | 指令操作忙，请等待上一条操作         |                        |

## ➤ 进入 AT 指令模式

| +++ |                                |
|-----|--------------------------------|
| 功能  | 进入 AT 指令                       |
| 示例  | +++                            |
| 返回值 | OK                             |
| 说明  | <b>需要退出 AT 指令模式才能切换进入到透传模式</b> |

## ➤ 退出 AT 指令模式

| EXIT |                      |
|------|----------------------|
| 功能   | 退出 AT 指令模式，切换进入到透传模式 |
| 示例   | AT+EXIT              |
| 返回值  | OK                   |

## ➤ 设备名称

| AT+NAME? |                                                                               |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 功能       | 查询设备名称                                                                        |
| 示例       | AT+NAME?                                                                      |
| 返回值      | AT+NAME=RF-CRAZY<br>OK                                                        |
| 说明       | 指令正确返回设备名称<br>注意：该指令在用户自定义广播内容(AT+AD_PACKET=1)启用时，内容保存但不生效，即当再次启用非自定义广播格式时生效。 |

| AT+NAME= |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| 功能       | 设置设备名称                            |
| 示例       | AT+NAME=TEST-NAME                 |
| 返回值      | OK                                |
| 说明       | 设置成功后新名称重启生效；最大支持 16 字节的名称字符，掉电保存 |

## ➤ MAC 地址

| AT+MAC? |                                |
|---------|--------------------------------|
| 功能      | 查询设备 MAC 地址                    |
| 示例      | AT+MAC?                        |
| 返回值     | AT+MAC=8A:E5:84:7A:E7:C9<br>OK |
| 说明      | 返回的 MAC 地址为 16 进制字符            |

| AT+MAC= |                           |
|---------|---------------------------|
| 功能      | 设置设备 MAC 地址               |
| 示例      | AT+MAC=F1:F2:F3:F4:F5:F6  |
| 返回值     | OK                        |
| 说明      | 设置成功后新的 MAC 地址在重启后生效；掉电保存 |

## ➤ 串口回显

| AT+ECHO=? |                                |
|-----------|--------------------------------|
| 功能        | 查询此命令参数范围                      |
| 示例        | AT+ECHO=?                      |
| 返回值       | AT+ECHO=[0,1]<br>OK            |
| 说明        | 0, 关闭回显；1, 打开回显。               |
| AT+ECHO?  |                                |
| 功能        | 查询串口回显状态                       |
| 示例        | AT+ECHO?                       |
| 返回值       | AT+ECHO=0<br>OK                |
| 说明        | 0, 回显为关闭状态；1, 回显为打开状态(默认状态关闭)。 |

| AT+ECHO= |                               |
|----------|-------------------------------|
| 功能       | 设置串口回显状态                      |
| 示例       | AT+ECHO=1                     |
| 返回值      | OK                            |
| 说明       | 0, 关闭回显；1, 打开回显。设定立即生效、掉电不保存。 |

## ➤ 显示设备状态

| AT+STATUS=? |                                            |
|-------------|--------------------------------------------|
| 功能          | 查询此命令参数范围                                  |
| 示例          | AT+STATUS=?                                |
| 返回值         | AT+STATUS=[0,1]<br>OK                      |
| 说明          | 0, 状态显示功能关闭<br>1, 状态显示功能打开<br>(默认状态显示功能开启) |

| AT+STATUS? |                 |
|------------|-----------------|
| 功能         | 查询显示设备状态功能的当前状态 |

|     |                   |
|-----|-------------------|
| 示例  | AT+STATUS?        |
| 返回值 | AT+STATUS=0<br>OK |

| AT+STATUS= |                          |
|------------|--------------------------|
| 功能         | 设置设备状态显示功能               |
| 示例         | AT+STATUS=0              |
| 返回值        | OK                       |
| 说明         | 关闭设备状态显示功能。设定立即生效、掉电不保存。 |

## ➤ 广播参数

| AT+ADS=? |                                                                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能       | 查询此命令参数范围                                                                                                     |
| 示例       | AT+ADS=?                                                                                                      |
| 返回值      | AT+ADS=<0,1>,<0,1>,<20-10240><br>OK                                                                           |
| 说明       | 参数 1: 设备广播状态设置(0, 关; 1, 开, 立即生效)<br>参数 2: 设备广播模式设置(0, 不可连接广播; 1, 可连接广播, 重启后生效)<br>参数 3: 设备广播间隔设置(单位毫秒, 重启后生效) |

| AT+ADS? |                                                  |
|---------|--------------------------------------------------|
| 功能      | 查询广播参数                                           |
| 示例      | AT+ADS?                                          |
| 返回值     | AT+ADS=1,1,200<br>OK                             |
| 说明      | 参数 1: 广播状态中<br>参数 2: 可连接广播<br>参数 3: 广播间隔为 200 ms |

| AT+ADS= |                                     |
|---------|-------------------------------------|
| 功能      | 设置广播参数                              |
| 示例      | AT+ADS=1,0,500                      |
| 返回值     | OK                                  |
| 说明      | 设置开启不可连接、间隔为 500 ms 的广播。重启后生效、掉电保存。 |

## ➤ 连接间隔

| AT+CNT_INTERVAL=? |  |
|-------------------|--|
|-------------------|--|

|     |                                                                          |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| 功能  | 查询此命令参数范围                                                                |
| 示例  | AT+CNT_INTERVAL=?                                                        |
| 返回值 | AT+CNT_INTERVAL=[8-4000],[8-4000]<br>OK                                  |
| 说明  | 连接间隔参数范围为 8~4000 毫秒(参数不支持浮点数据, 设置 8ms 实际使用间隔为 7.5ms), 最大连接间隔必须大于等于最小连接间隔 |

| AT+CNT_INTERVAL? |                              |
|------------------|------------------------------|
| 功能               | 查询设备当前连接间隔                   |
| 示例               | AT+CNT_INTERVAL?             |
| 返回值              | AT+CNT_INTERVAL=20,50<br>OK  |
| 说明               | 设备当前连接间隔最小值 20 毫秒, 最大值 50 毫秒 |

| AT+CNT_INTERVAL= |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能               | 设置设备连接间隔                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 示例               | AT+CNT_INTERVAL=20,50                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 返回值              | OK                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 说明               | <p>设置设备当前连接间隔最小值 20 毫秒, 最大值 50 毫秒。重启后生效、掉电保存。</p> <p><b>连接间隔设置过后, 只有在设备初始化时生效, 相当于重启生效; 手机 App 连接最小连接间隔 20ms (苹果最小连接间隔 30ms), 模块连接可以达到 20ms 以下 (最小 7.5ms);</b></p> <p><b>注意: 模块和模块连接最大连接间隔和最小连接间隔可以设置为一样的值, 传输效率会更好, 但模块和 APP 连接时最小连接间隔和最大连接间隔最好设置一个范围区间(建议 50 毫秒的差值), 这样模块和 APP 的兼容性更好。</b></p> |

## ➤ Service

| AT+SERVICE=? |                                                                                                                                              |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能           | 查询此命令参数范围                                                                                                                                    |
| 示例           | AT+SERVICE=?                                                                                                                                 |
| 返回值          | AT+SERVICE=<0-FFFF>,<0-FFFF>,<0-FFFF><br>OK                                                                                                  |
| 说明           | <p>参数 1: 设备 service UUID</p> <p>参数 2: 设备接收 channel UUID</p> <p>参数 3: 设备发送 channel UUID</p> <p><b>注: 参数 1、2、3 只支持 16 位和 128 位 UUID 格式</b></p> |

| AT+SERVICE? |                                                                                                                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能          | 查询设备当前 service 配置参数                                                                                                 |
| 示例          | AT+SERVICE?                                                                                                         |
| 返回值         | AT+SERVICE=9ECADC240EE5A9E093F3A3B50100406E,9ECADC240EE5A9E093F3A3B50200406E,9ECADC240EE5A9E093F3A3B50300406E<br>OK |

| AT+SERVICE= |                                                                                                               |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能          | 设置设备 service 相关属性                                                                                             |
| 示例          | AT+SERVICE=9ECADC240EE5A9E093F3A3B50100406E,9ECADC240EE5A9E093F3A3B50200406E,9ECADC240EE5A9E093F3A3B50300406E |
| 返回值         | OK                                                                                                            |
| 说明          | 设置设备为 128bit UUID 模式，重启后生效、掉电保存。                                                                              |

### ➤ 断开连接

| AT+DISCONNECT |                    |
|---------------|--------------------|
| 功能            | 断开当前连接状态           |
| 示例            | AT+DISCONNECT      |
| 返回值           | OK<br>DISCONNECTED |
| 说明            | 立即生效               |

### ➤ 自定义广播内容

| AT+AD_PACKET=? |                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能             | 查询此命令参数范围                                                                                                                                                                                                                           |
| 示例             | AT+AD_PACKET=?                                                                                                                                                                                                                      |
| 返回值            | AT+AD_PACKET=<0-FF...>,<0-FF...><br>OK                                                                                                                                                                                              |
| 说明             | <p>查询 beacon 参数支持范围。</p> <p>参数 1：完整的广播包数据内容(最大 31 字节)</p> <p>参数 2：完整的扫描响应数据包内容(最大 31 字节)</p> <p>注意：参数 1、2 必须正确，详细格式请参考 BLE 广播数据格式说明。出厂固件默认自定义广播内容为空，若用户只开启自定义广播功能不设置广播内容，那么重启后广播内容自动填充为上一次成功广播的数据，当用户重新设置广播内容后重启设备会跟随新设定广播内容改变。</p> |

| AT+AD_PACKET? |                                                                                                        |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能            | 查询自定义广播内容参数                                                                                            |
| 示例            | AT+AD_PACKET?                                                                                          |
| 返回值           | AT+AD_PACKET=0201041AFF590002150102030405060708090A0B0C<br>0D0E0F1001020304CE,080931323334353637<br>OK |

| AT+AD_PACKET= |                                                                                                  |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能            | 设置自定义广播内容参数                                                                                      |
| 示例            | AT+AD_PACKET=0201041AFF590002150102030405060708090A0B0C<br>0D0E0F1001020304CE,080931323334353637 |
| 返回值           | OK                                                                                               |
| 说明            | 参数 1：广播包，beacon 模式，并设置对应的 beacon 参数<br>参数 2：扫描响应包，beacon 名称 "1234567"<br>重启后生效、掉电保存              |

## ➤ 发射功率

| AT+POWER=? |                                             |
|------------|---------------------------------------------|
| 功能         | 查询此命令参数范围                                   |
| 示例         | AT+POWER=?                                  |
| 返回值        | AT+POWER=[-30,-20,-15,-10,-5,0,2,4,6]<br>OK |
| 说明         | 设备支持 9 档发射功率                                |

| AT+POWER? |                  |
|-----------|------------------|
| 功能        | 查询设备当前发射功率       |
| 示例        | AT+POWER?        |
| 返回值       | AT+POWER=0<br>OK |
| 说明        | 设备当前发射功率为 0 dBm  |

| AT+POWER= |                                |
|-----------|--------------------------------|
| 功能        | 设置设备发射功率                       |
| 示例        | AT+POWER=-10                   |
| 返回值       | OK                             |
| 说明        | 设置设备发射功率为-10 dBm<br>重启后生效、掉电保存 |

## ➤ 休眠

| AT+SLEEP=? |                                 |
|------------|---------------------------------|
| 功能         | 查询此命令参数范围                       |
| 示例         | AT+SLEEP=?                      |
| 返回值        | AT+UART=<0,1>,<0,1><br>OK       |
| 说明         | 设置设备休眠，参数 1 位串口开关，参数 2 位 BLE 开关 |

| AT+SLEEP? |                    |
|-----------|--------------------|
| 功能        | 查询当前休眠状态           |
| 示例        | AT+SLEEP?          |
| 返回值       | AT+SLEEP=1,1<br>OK |
| 说明        | 当前串口和 BLE 都为工作状态   |

| AT+SLEEP= |                          |
|-----------|--------------------------|
| 功能        | 设置串口波特率                  |
| 示例        | AT+SLEEP=0,1             |
| 返回值       | OK                       |
| 说明        | 关闭串口(发送任意字节可唤醒串口)，蓝牙保持工作 |

## ➤ 串口波特率

| AT+UART=? |                                                                   |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| 功能        | 查询此命令参数范围                                                         |
| 示例        | AT+UART=?                                                         |
| 返回值       | AT+UART=[4800,9600,38400,57600,115200,230400,250000,460800]<br>OK |
| 说明        | 设备支持 8 种串口波特率                                                     |

| AT+UART? |                      |
|----------|----------------------|
| 功能       | 查询当前串口波特率            |
| 示例       | AT+UART?             |
| 返回值      | AT+UART=115200<br>OK |
| 说明       | 当前串口波特率为 115200 bps  |

| AT+UART= |                                |
|----------|--------------------------------|
| 功能       | 设置串口波特率                        |
| 示例       | AT+UART=9600                   |
| 返回值      | OK                             |
| 说明       | 设置串口波特率为 9600 bps，设备重启后生效，掉电保存 |

## ➤ 用户鉴权

| AT+AUTH=? |                                                                                                                                                                                |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 功能        | 查询此命令参数范围                                                                                                                                                                      |
| 示例        | AT+AUTH=?                                                                                                                                                                      |
| 返回值       | AT+AUTH=<0,1>,<*****>,<1-65535><br>OK                                                                                                                                          |
| 说明        | 查询参数列表和取值范围<br>参数 1: 关闭/启用用户鉴权<br>参数 2: 密钥，最大 16 字节除 ' ', '?', '"', '=' 任意可见字符<br>参数 3: 鉴权有效时间(秒)<br><b>备注：启用鉴权后重启生效，且有效时间内未收到主角色鉴权密钥从角色会自动断开连接。(在数据传输特征值即默认的 TX 位置发送鉴权密钥)</b> |

| AT+AUTH? |                                                                |
|----------|----------------------------------------------------------------|
| 功能       | 查询用户鉴权功能当前状态                                                   |
| 示例       | AT+AUTH?                                                       |
| 返回值      | AT+AUTH=1,12GH**_)),15<br>OK                                   |
| 说明       | 参数 1: 1，用户鉴权功能已启用<br>参数 2: 密钥为 12GH**_))<br>参数 3: 鉴权有效时间为 15 秒 |

| AT+AUTH= |                                                 |
|----------|-------------------------------------------------|
| 功能       | 设置用户鉴权功能                                        |
| 示例       | AT+AUTH=1,12GH**_)),10                          |
| 返回值      | OK                                              |
| 说明       | 启用用户鉴权，设置密钥为 "12GH**_))"，有效时间为 10 秒。重启后生效、掉电保存。 |

## ➤ 设备重启

| AT+RESTART |      |
|------------|------|
| 功能         | 设备重启 |

|     |             |
|-----|-------------|
| 示例  | AT+RESTART  |
| 返回值 | OK          |
| 说明  | 设置成功后设备立即重启 |

➤ 恢复出厂设置

| AT+RESET |             |
|----------|-------------|
| 功能       | 恢复设备出厂设置    |
| 示例       | AT+RESET    |
| 返回值      | OK          |
| 说明       | 设置成功后设备立即重启 |

➤ 固件版本查询

| AT+VERSION |                                              |
|------------|----------------------------------------------|
| 功能         | 查询设备固件版本                                     |
| 示例         | AT+VERSION                                   |
| 返回值        | AT+VERSION=v1.0.0,Aug 16 2020,16:19:46<br>OK |
| 说明         | 获取设备固件版本信息及时间                                |

## 7. 用 APP 测试透传功能

模块的手机端测试工具(APP)可以在 App Store 和应用市场下载到。打开 App Store 和应用市场，搜索 nRF Connect 并下载安装，进行测试。(此文档以 Android 版本的 nRF Connect 为例，iOS 操作方法大同小异)。

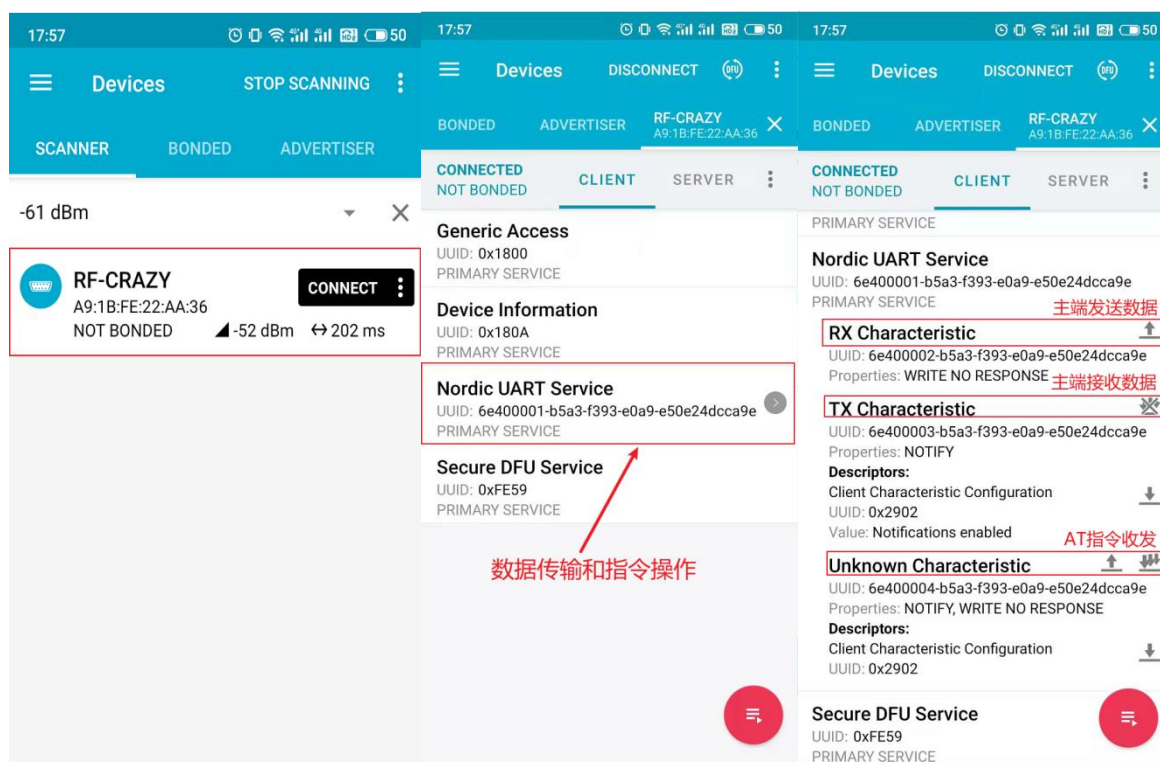


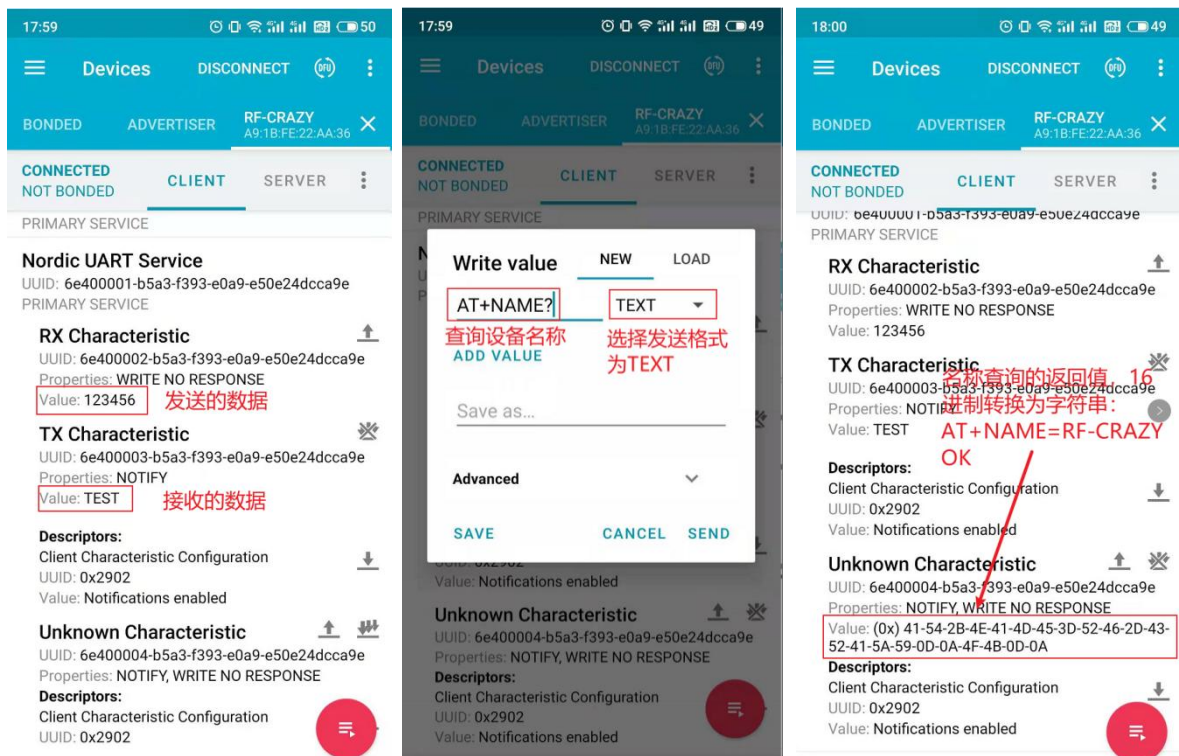
nRF Connect

将模块通过 USB 转串口工具连接到电脑 COM 口上，并查看使用的电脑端口号（步骤：右击计算机 → 管理 → 设备管理器 → 端口）。

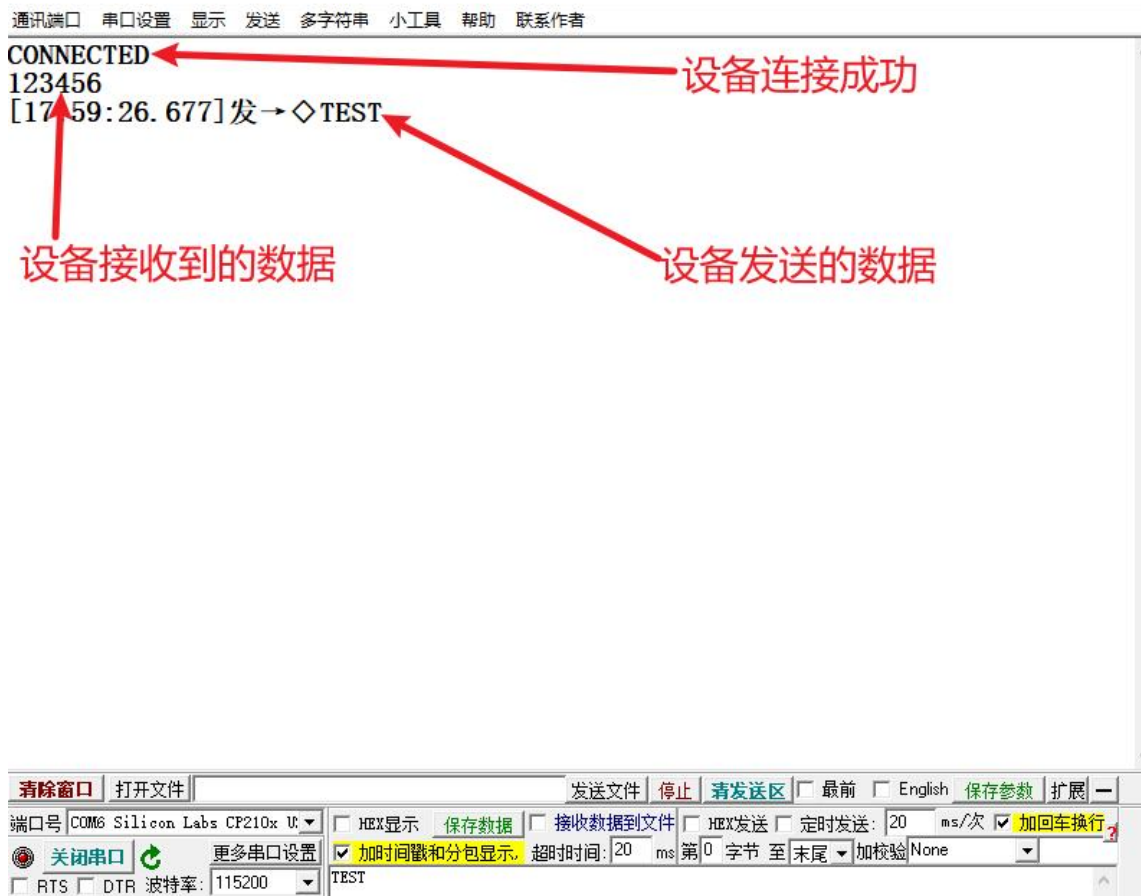
打开串口调试工具，设置正确的端口号和波特率，模块的初始波特率115200（模块默认波特率为115200，数据位为8，校验位为无，停止位为1）。

打开 App 搜索（手机蓝牙需打开），会出现附近正在广播的 BLE 设备列表。点击其中一个 BLE 设备，会开始进入连接过程（**RC224AM 的默认出厂名称为：RF-CRAZY**）。连接成功后，手机 APP 端出现模块的 Service UUID，电脑串口调试工具端出现 CONNECTED。在 APP 找到数据传输和指令操作 Service，打开接收和 AT 指令操作的 notify 使能，之后就可以开始进行手机与 PC 端（模拟 MCU）之间的双向数据透传和 AT 指令了。如下图所示：





## PC 串口信息:



## 8. 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。**

## 9. 主机(MCU)参考代码(透传)

```
void main(void)
{
    //等待 BLE 模块启动成功
    while (!memcmp(mcu_uart_read_data(), "DEVICE START\r\n", strlen( "DEVICE START\r\n" ))) {
        NOP();
    }

    //延迟 500 毫秒
    mcu_delay_ms(500);

    while (1) {
        //打印串口收到 BLE 模块的数据(数据来自于远端连接设备)
        if (mcu_uart_get_data_len() > 0) {
            mcu_uart_log(mcu_uart_get_data(),mcu_uart_get_data_len());
        }

        //延迟 50 毫秒
        mcu_delay_ms(50);

        //发送数据给 BLE 模块(BLE 模块会传输给远端连接的设备)
        mcu_send_data_to_ble_mode( "test data." );
    }
}
```

10. 使用条件及注意事项

➤ 推荐操作条件

功能操作在以下表格中各条件参数值的极限之外不能保证其性能，长期在这个极限之外操作或多或少会影响模块的可靠性。

注意：

- 1. 操作温度受晶体频率的变化限制；
- 2. 为了确保无线射频性能，电源上纹波必须小于 300mV。

| 标识     | 条件   | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位   |
|--------|------|-----|-----|-----|------|
| 电源与 IO | 电池模式 | 1.6 | 3.3 | 3.6 | V    |
| 操作温度   | /    | -40 | 25  | 85  | ℃    |
| 环境热摆   |      | -20 |     | 20  | ℃/分钟 |

➤ 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）（见下图）；
- 3、温度曲线：回流焊应按照下列温度曲线（见下图）；
- 4、最高温度：245℃。

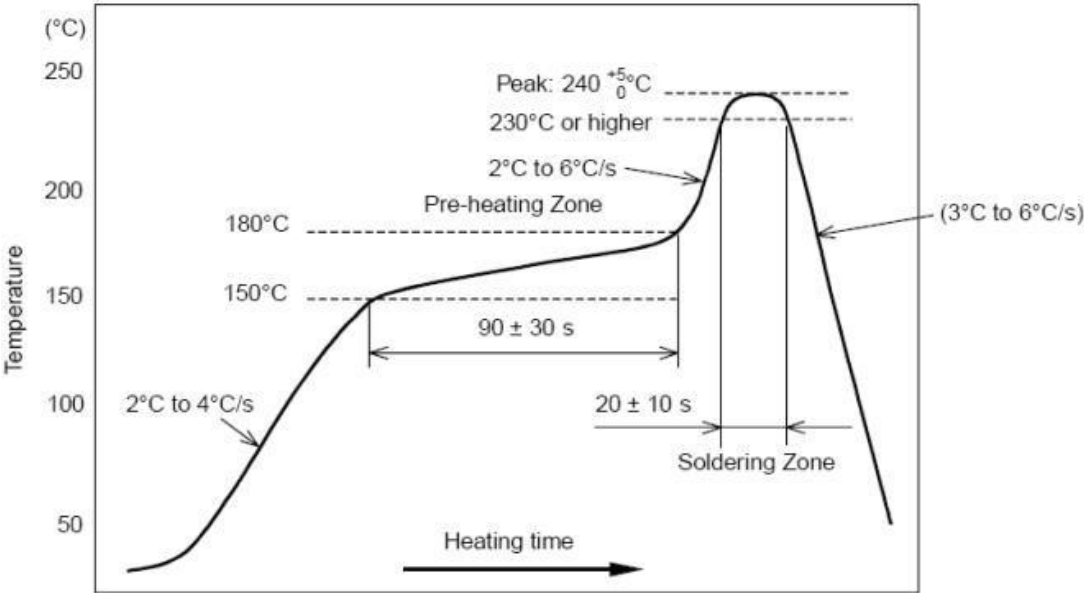


图 4 部件的焊接耐热性温度曲线（焊接点）

➤ 静电放电警示



模块会因静电释放而被损坏，RF Crazy 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。

## 11. 联系我们

**深圳市智汉物联有限公司**  
**Shenzhen RF Crazy Technology Co., Ltd.**

电话: 13417394552(微信同号)

邮箱: [sales@rfcrazy.com](mailto:sales@rfcrazy.com)

网站: [www.rfcrazy.com](http://www.rfcrazy.com)

地址: 深圳市宝安区宝源路华源科技创新园 A 座 3 楼

## 附录 B：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            |
|-----------------|
| 2402MHz-2840MHz |

## 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 |

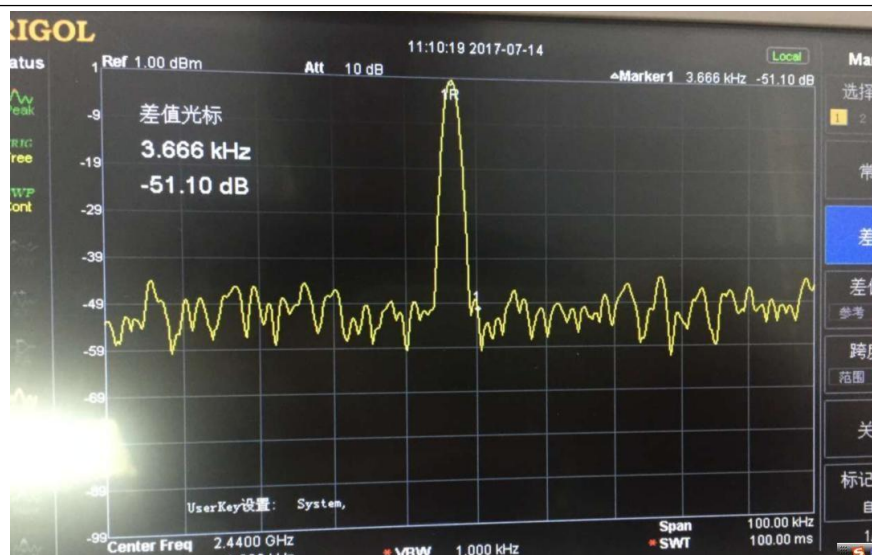
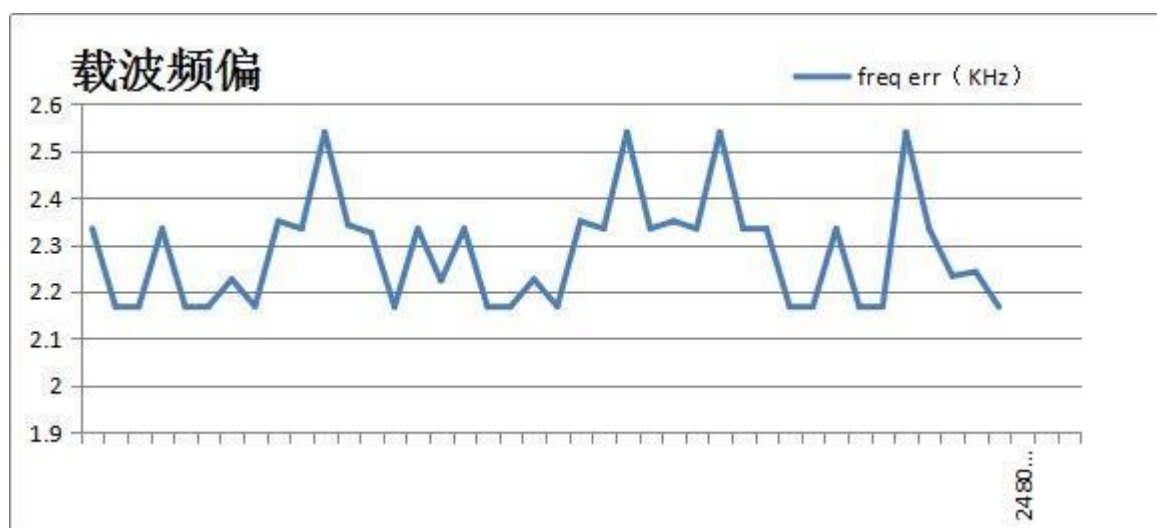
### 3 频率误差

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 |

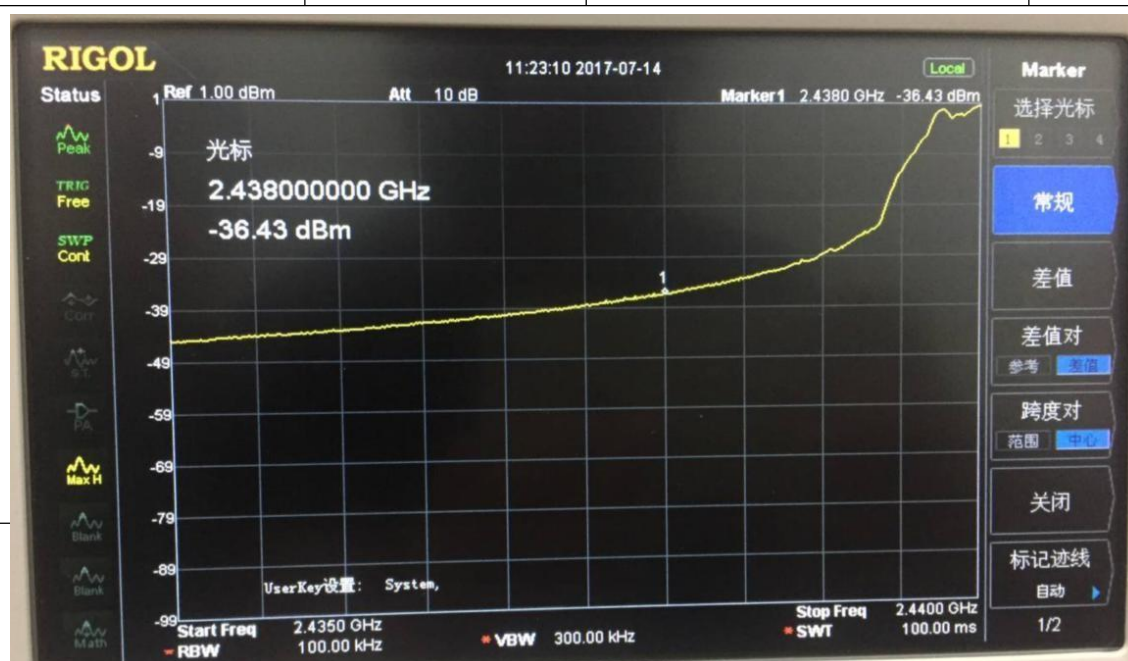
|      |       |  |      |
|------|-------|--|------|
| 2458 | 2.334 |  | PASS |
| 2460 | 2.334 |  | PASS |
| 2462 | 2.167 |  | PASS |
| 2464 | 2.168 |  | PASS |
| 2466 | 2.334 |  | PASS |
| 2468 | 2.167 |  | PASS |
| 2470 | 2.168 |  | PASS |
| 2472 | 2.54  |  | PASS |
| 2474 | 2.334 |  | PASS |
| 2476 | 2.233 |  | PASS |
| 2478 | 2.242 |  | PASS |
| 2480 | 2.167 |  | PASS |



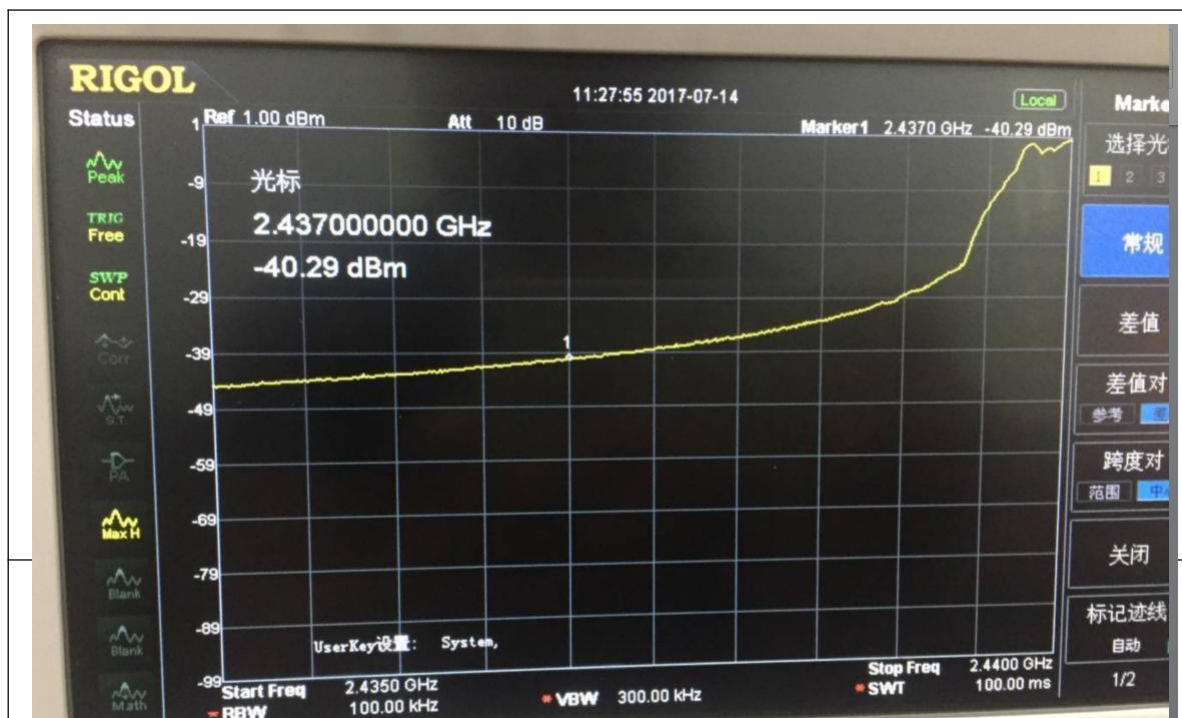
## 4 带内杂散

测试条件: PTX=0dBm。

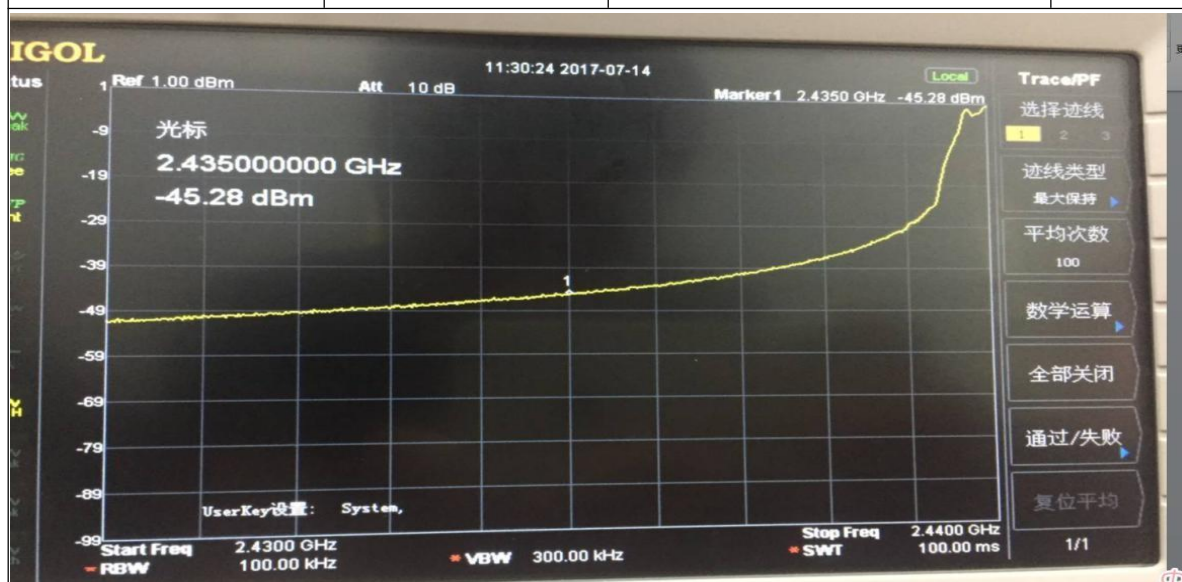
| 中心频率 (MHz) | 实际数据 (dBm) | RF-PHY.TS.4.2.2 标准<br>参考范围 (dBm) | 结果   |
|------------|------------|----------------------------------|------|
| 2402±2MHz  | -43.21     | ≤-20dBm                          | PASS |
| 2440±2MHz  | -42.88     |                                  |      |
| 2480±2MHz  | -43.32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



| 中心频率 (MHz) | 实际数据 (dBm) | RF-PHY.TS.4.2.2 标准<br>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<br>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

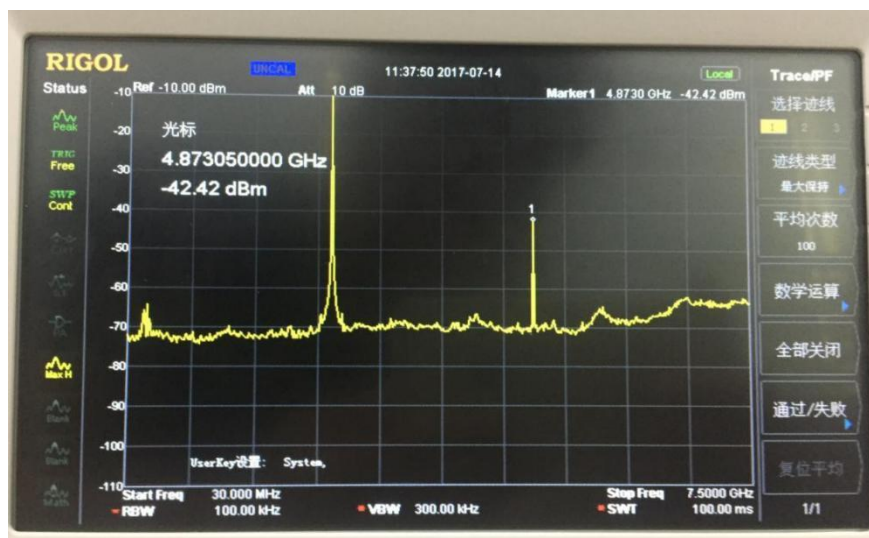
测试条件：PTX=0dBm。测试依据 CE 标准 EN300328V1.8.1。

| Band                   | 频率(MHz)         | 电平<br>(dBm)   | 标准<br>(standard)  | Unit        | 结果   |
|------------------------|-----------------|---------------|-------------------|-------------|------|
|                        | Record(Ma<br>x) | level<br>/dBm | EN300 328<br>Spec | RBW/VB<br>W |      |
| 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~12.75G<br>Hz | 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) |      |
| 240<br>2   | 481<br>0   | -42                | 0.8     | PASS |
|            | 721<br>5   | -65                | 23.8    | PASS |
| 244<br>0   | 488<br>0   | -42.3              | 1.1     | PASS |
|            | 732<br>0   | -64                | 22.8    | PASS |
| 248<br>0   | 496<br>0   | -43.5              | 2.3     | PASS |
|            | 744<br>0   | -64.12             | 22.92   | PASS |



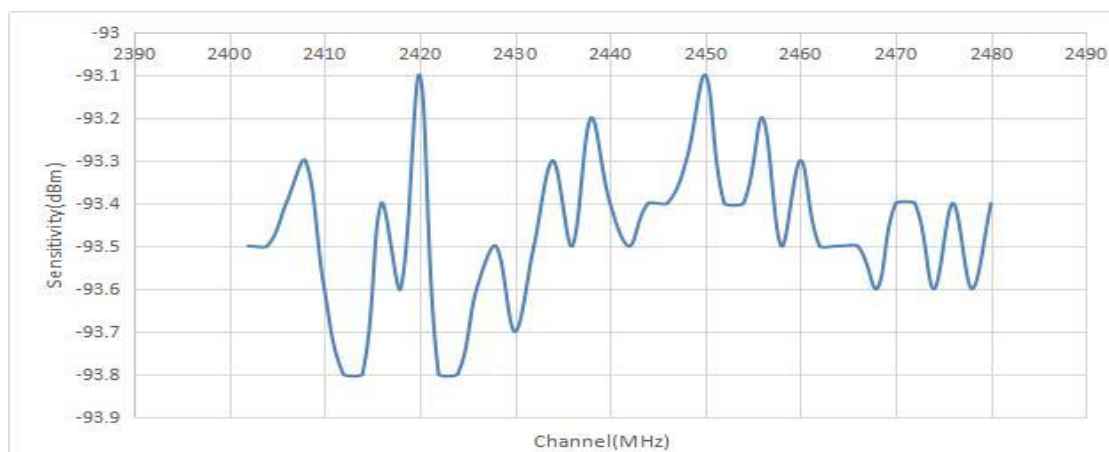
## 二 接收性能参数

除特别说明外，以下参数默认测试条件为：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<br>灵敏度范围 (dBm) | 结果   |
|------------|-------------|---------------------------|------|
| 2402       | -93.5       | -94dB<br>m                | 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        |
|            | -67        | 3          | -46        |
| 2480       | -67        | -3         | -46        |
|            | -67        | -2         | -23        |
|            | -67        | -1         | -4         |
|            | -67        | 0          | 5          |
|            | -67        | 1          | -5         |
|            | -67        | 2          | -35        |
|            | -67        | 3          | -46        |

## 附录 C：功耗测试截图

1 睡眠模式：关闭模块串口功能、BLE 功能、串口唤醒功能。



2 广播模式：关闭模块串口功能情况下分别测试不同广播周期下的功耗。

(1) 200 ms 广播周期：



(2) 500 ms 广播周期:



(3) 1000 ms 广播周期:



## (4) 2000 ms 广播周期:



## 3 连接模式: 关闭模块串口功能情况下, 分别测试不同连接间隔下的功耗。

## (1) 50 ms 连接间隔:



(2) 100 ms 连接间隔:

