

简介

RNBD350 模块基于 Microchip 的 PIC32CX-BZ3 蓝牙低功耗片上系统 (System-on-Chip, SoC)，可为实现蓝牙 5.2 低功耗连接提供完整的解决方案。该模块通过双线或四线 (流控制) UART 接口与主机 MCU 或 MPU 连接，并配备 Microchip 简易的 ASCII 命令集，可轻松集成到大部分应用中。此外，它还支持 HCI 模式，可与基于 Linux® 的主机处理器无缝集成。主机可通过一些简单的 ASCII 命令动态配置 RNBD350 模块，或切换至标准化蓝牙 HCI 模式。RNBD350 模块与具备必要 GPIO 接口和板上 PCB 天线的 Microchip 蓝牙低功耗芯片相结合，构建了一套立等可用的便利解决方案。

特性

- 经过完全 RF 认证的蓝牙低功耗模块
- 外形小巧 (30 引脚 SMD 封装, 13.4 mm x 18.7 mm x 2.8 mm)
- 板上蓝牙 5.2 低功耗协议栈
- 基于 UART 的 ASCII 命令接口
- 主机控制器接口 (Host Controller Interface, HCI) 模式
- ASCII 命令向后兼容 RN487x 系列模块
- 支持信标功能
- 内置 Microchip 透明配置文件, 支持 UART 数据流传输
- 无线 (Over-The-Air, OTA) 远程配置
- 2M 未编码 PHY 和长距离 (编码的 PHY)
- 扩展通告功能
- 数据长度扩展与安全连接
- 蓝牙低功耗隐私特性 1.2, 支持最多 8 个可解析列表和接受列表
- 基于 UART 的器件固件更新 (Device Firmware Update, DFU)
- 内置 Microchip OTA 配置文件, 支持服务器角色, 可执行 OTA DFU
 - 可通过 RNBD350 实现主机 MCU 的 OTA 固件更新
- 集成 16 MHz POSC
- 支持 UART
- 7 个 GPIO, 可通过 RN 命令控制
- 12 位模数转换器 (Analog-to-Digital Converter, ADC) 逐次逼近寄存器 (Successive Approximation Register, SAR) 模块, 用于模数转换
- 可附加最多 6 个 16 位 UUID GATT 服务 (公共服务)、4 个 128 位 UUID GATT 服务 (私有服务), 每个服务包含最多 8 个特性属性
- 支持蓝牙低功耗通告者、观察者、中心设备及外设角色

- 支持蓝牙低功耗 GATT 客户端与服务器角色
- 支持最多 6 个并发蓝牙低功耗连接
- 多链路和多角色
- 多链路连接下的远程命令模式：
 - 仅支持客户端角色
- 安全连接
- DTM 测试模式
- 支持 PTA 控制

工作条件

- 工作电压：
 - 3.3V 典型值
 - MLDO 模式（线性稳压器）：1.9V–3.6V
- 温度范围：-40°C 至+85°C

RF/模拟功能

- 工业、科学和医疗（Industrial, Scientific and Medical, ISM）频带：2.402–2.480 GHz 工作频段
- 通道：0-39
- 最高+11 dBm 可编程发射输出功率
- 接收器功率灵敏度（典型值）：
 - 蓝牙低功耗 1 Mbps 为-98 dBm
 - 蓝牙低功耗 2 Mbps 为-95 dBm
 - 蓝牙低功耗 125 Kbps 为-108 dBm
 - 蓝牙低功耗 500 Kbps 为-102 dBm
- 数字接收信号强度指示器（Received Signal Strength Indicator, RSSI）

应用

- 健康/医疗设备
- 体育活动/健身码表
- 信标应用
- 物联网（Internet of Things, IoT）传感器标签
- 远程控制
- 可穿戴智能设备和配件
- 智能能源/智能家居
- 工业控制

封装

- 30 引脚 SMD 封装（带屏蔽 CAN）
 - 尺寸：13.4 mm x 18.7 mm x 2.8 mm

目录

简介.....	1
特性.....	1
工作条件.....	2
RF/模拟功能.....	2
应用.....	2
封装.....	2
1. 快速参考.....	5
1.1. 参考文档.....	5
1.2. 首字母缩写和缩略语.....	5
2. 订购信息.....	6
2.1. RNBD350 模块订购信息.....	6
3. 器件概述.....	7
3.1. 模块概述.....	7
3.2. 模块配置.....	9
3.3. 器件编程.....	10
4. 电气特性.....	11
4.1. 绝对最大额定值.....	11
4.2. 直流电气特性.....	12
4.3. 工作电流消耗直流电气规范.....	12
4.4. 休眠电流消耗直流电气规范.....	12
4.5. 深度休眠电流消耗直流电气规范.....	12
4.6. XDS（超深度休眠）电流消耗直流电气规范.....	12
4.7. 电源直流模块电气规范.....	13
4.8. I/O 引脚交流/直流电气规范.....	14
4.9. ADC 电气规范.....	15
4.10. 蓝牙低功耗 RF 特性.....	19
5. 基本连接要求.....	26
5.1. 电源引脚.....	26
5.2. 主复位（ $\overline{\text{MCLR}}$ ）引脚.....	26
5.3. 未使用的 I/O 引脚.....	26
5.4. 接口引脚.....	27
6. 物理尺寸和属性.....	28
6.1. RNBD350 模块布局指南.....	28
6.2. RNBD350 模块布线指南.....	29
6.3. RNBD350 模块封装信息.....	30
6.4. RNBD350 模块 RF 注意事项.....	32
6.5. RNBD350 模块天线注意事项.....	33
6.6. RNBD350 模块回流焊温度曲线信息.....	37

6.7. RNBD350 模块组装注意事项.....	37
7. ASCII 命令 API.....	38
8. 应用参考原理图.....	39
9. 支持的蓝牙低功耗配置文件和服务.....	40
10. 附录 A: 监管部门批准.....	41
10.1. 美国.....	41
10.2. 加拿大.....	42
10.3. 欧洲.....	44
10.4. 日本.....	45
10.5. 韩国.....	45
10.6. 台湾地区.....	46
10.7. 中国.....	46
10.8. UKCA (英国符合性评估)	47
10.9. 其他监管信息.....	48
11. 文档版本历史.....	49
Microchip 信息.....	50
商标.....	50
法律声明.....	50
Microchip 器件代码保护功能.....	50
产品页链接.....	51

1. 快速参考

1.1. 参考文档

有关更多详细信息，请参见以下文档：

- *AN233 《有关回流焊接的建议》应用笔记* ([DS00233D_CN](#))
- *PIC32CX-BZ3 and WBZ35x Family Data Sheet* ([DS70005541](#))
- *PIC32CX-BZ3 Family Silicon Errata* ([DS80001122](#))
- *RNBD350 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide* ([DS50003684](#))

1.2. 首字母缩写和缩略语

表 1-1. 首字母缩写和缩略语

首字母缩写和缩略语	说明
ADC	模数转换器 (Analog-to-Digital Converter)
API	应用程序编程接口 (Application Programming Interface)
CDM	充电器件模型 (Charged Device Model)
CTS	允许发送 (Clear to Send)
DIS	器件信息服务 (Device Information Service)
DFU	器件固件更新 (Device Firmware Update)
HBM	人体模型 (Human Body Model)
IoT	物联网 (Internet of Things)
ISM	工业、科学和医疗 (Industrial, Scientific and Medical)
NVM	非易失性存储器 (Nonvolatile Memory)
OTA	无线 (Over-the-Air)
OTAPC	无线配置文件客户端 (Over-the-Air Profile Client)
PDS	持久数据存储 (Persistent Data Storage)
PMU	电源管理单元 (Power Management Unit)
POR	上电复位 (Power-on Reset)
RSSI	接收信号强度指示器 (Received Signal Strength Indicator)
RTS	请求发送 (Request to Send)
SAR	逐次逼近寄存器 (Successive Approximation Register)
SoC	片上系统 (System-on-Chip)

2. 订购信息

本章提供了 RNBD350 模块的订购信息。

2.1. RNBD350 模块订购信息

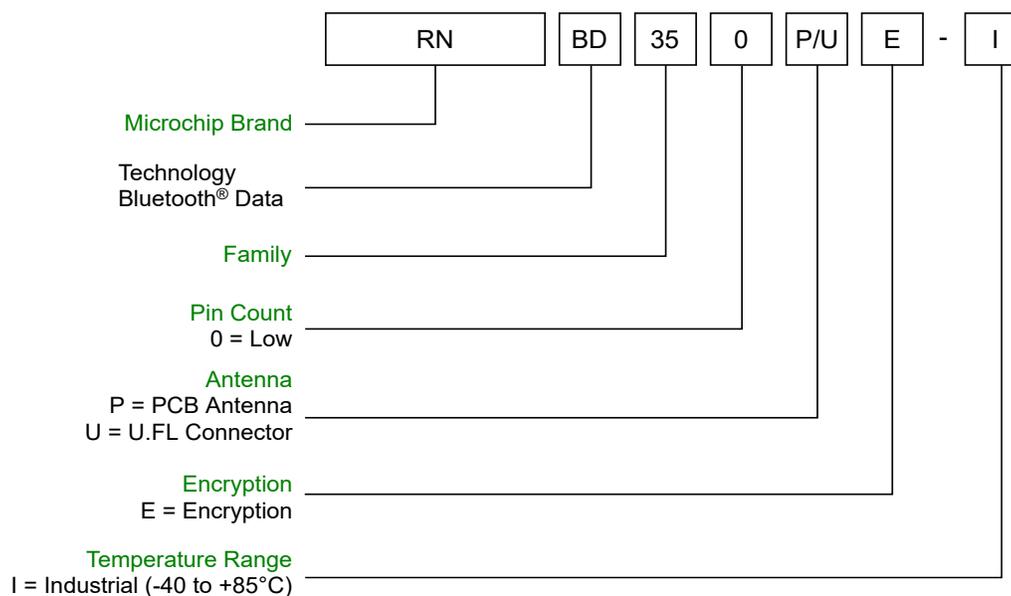
下表介绍了 RNBD350 模块的订购信息。

表 2-1. RNBD350 模块订购详细信息

模块编号	Microchip SoC	说明	监管认证	订购代码
RNBD350PE	PIC32CX5109BZ31032-V/ZWX	集成 PCB 天线的 RNBD350 模块	FCC、ISED、CE、UKCA、SRRC、KCC、MIC 和 NCC	RNBD350PE-IXXX
RNBD350UE	PIC32CX5109BZ31032-V/ZWX	带有 U.FL 外部天线接口的 RNBD350 模块	FCC、ISED、CE、UKCA、KCC、MIC 和 NCC	RNBD350UE-IXXX

下图显示了 RNBD350 模块的详细订购信息。

图 2-1. RNBD350 模块订购信息



3. 器件概述

3.1. 模块概述

RNBD350 蓝牙低功耗模块将蓝牙 5.2 基带控制器、蓝牙协议栈、数字与模拟 I/O 以及 RF 功率放大器集成到一个解决方案中。

图 3-1. RNBD350 模块框图

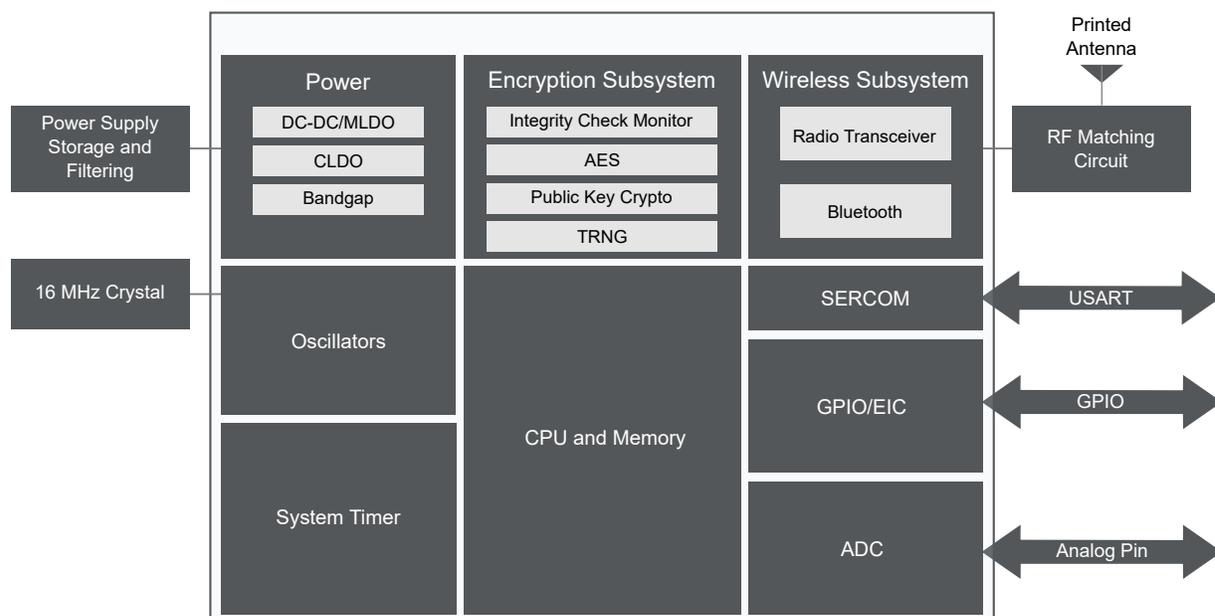
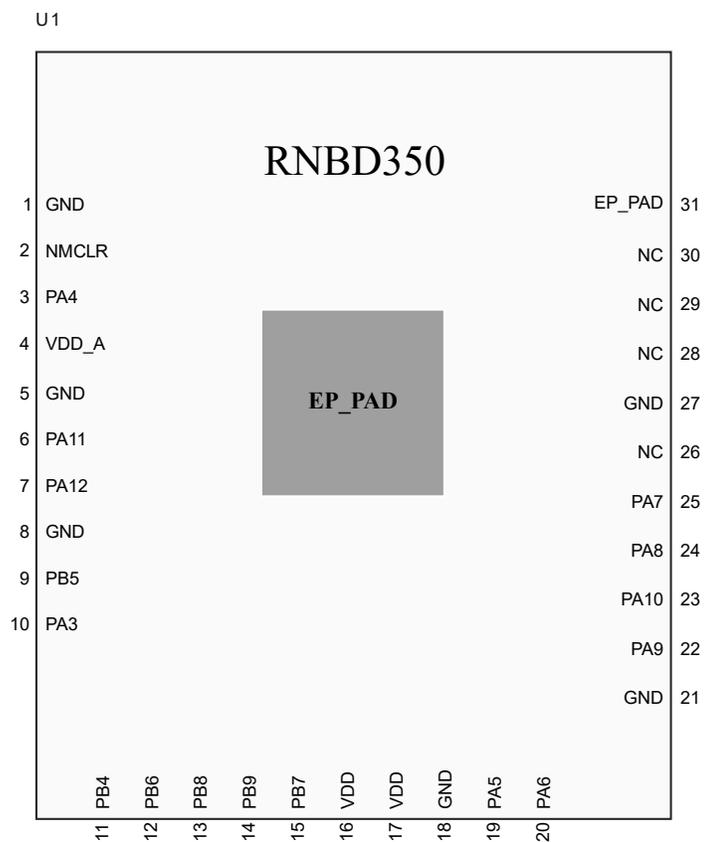


图 3-2. 引脚图——RNBD350 模块



注：确保模块底部的裸露散热焊盘（EP_PAD）连接到 PCB 的接地端。

表 3-1. 引脚排列和信号说明列表

引脚编号	RNBD350 模块引脚	RNBD350 引脚定义	类型
1	GND	地	—
2	NMCLR	复位	—
3	PA4	UART 请求发送 (RTS)	O
4	VDD_A	AVDD 电源输入	—
5	GND	地	—
6	PA11/SOSCI	保留。未连接	—
7	PA12/SOSCO	保留。未连接	—
8	地	GND	—
9	PB5 ⁽¹⁾	蓝牙状态 LED	O
10	PA3 ⁽¹⁾	PTA 控制 (BT_ACTIVE)	O
11	PB4 ⁽¹⁾	UART 发送指示引脚	O
12	PB6	UART 接收数据	I
13	PB8 ⁽¹⁾	蓝牙低功耗状态指示引脚 2/2	O
14	PB9	UART 接收指示引脚/RNBD350 唤醒引脚低功耗模式	I
15	PB7	专用 ADC 引脚，供主机 MCU 查询 ADC 值	I
16	VDD	VDD 电源输入	—
17	VDD	VDD 电源输入	—
18	GND	地	—

表 3-1. 引脚排列和信号说明列表（续）

引脚编号	RNBD350 模块引脚	RNBD350 引脚定义	类型
19	PA5	UART 发送数据	O
20	PA6	UART 允许发送（CTS）	I
21	GND	地	—
22	PA9 ⁽¹⁾	PTA 控制（BT_PRIORITY）/UART 模式开关	O
23	PA10 ⁽²⁾	蓝牙低功耗状态指示引脚 1/2	O
24	PA8 ⁽²⁾	PTA 控制（WLAN 有效）	I
25	PA7	调试 UART 接收数据	O
26	未连接	未连接	—
27	GND	地	—
28	未连接	未连接	—
29	未连接	未连接	—
30	未连接	未连接	—
31	EP_PAD	地	—

注：

- PTA 功能的优先级高于模块开关功能的优先级。
- PTA 功能的优先级高于事件指示器功能的优先级。

3.2. 模块配置

使用 ASCII 命令接口可以将 RNBD350 模块的 GPIO 引脚配置为不同的功能。下表详细列出了 RNBD350 模块中可用于配置的各个引脚、功能及其默认配置设置。

注：此配置在 HCI 模式下不适用。

表 3-2. 可配置功能和说明

引脚	功能名称	说明
PB5	蓝牙状态 LED	要通过特定 LED 闪烁模式指示蓝牙低功耗连接状态，请参见以下模式说明。该功能可以使能或禁止。默认情况下，该功能会被禁止。 <ul style="list-style-type: none"> 待机模式——无蓝牙低功耗连接。RNBD350 模块处于通告或扫描状态。每 3 秒闪烁 1 次。 <ul style="list-style-type: none"> 点亮——50 ms 熄灭——2950 ms 链接模式——蓝牙低功耗 ACL 链路已作为中心设备或外设进行连接。每 1.5 秒闪烁 2 次。 <ul style="list-style-type: none"> 点亮——50 ms 熄灭——150 ms DFU 模式——RNBD350 模块正处于 MCU DFU 过程。每 2 秒闪烁 4 次。 <ul style="list-style-type: none"> 点亮——100 ms 熄灭——100 ms <p>注：默认情况下，蓝牙状态 LED 处于关闭状态。用户可使用 <code>SR, <hex16></code> 命令（例如 <code>SR, 0001</code>）使能此功能。有关更多详细信息，请参见 <i>RNBD350 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide</i>（DS50003684）。</p>
PB7	ADC	专用 ADC 输入引脚，可供模拟信号输入至 RNBD350 模块。RNBD350 模块使用固定基准执行 ADC 转换，并提供可通过命令读取的数字值。有关更多详细信息，请参见 <i>RNBD350 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide</i> （DS50003684）。
PB5、PA3、PB4、PB8、PA9、PA8 和 PA10	I/O 电平控制	主机 MCU 可通过 RN 命令将部分 GPIO 引脚设置为输出引脚（用于设置电平）或输入引脚（用于读取电平）。

表 3-2. 可配置功能和说明（续）

引脚	功能名称	说明
PA9	UART 模式开关	<ul style="list-style-type: none"> 当主机 MCU 将 UART 模式开关引脚从低电平拉至高电平（上升沿）时，RNBD350 模块切换至数据模式。 当主机 MCU 将 UART 模式开关引脚从高电平拉至低电平（下降沿）时，RNBD350 模块切换至命令模式。 当主机 MCU 通过 RN 命令切换模式时，主机 MCU 将 UART 模式开关引脚保持为原始设置。 注： 默认情况下，PB2 引脚未分配 UART 模式开关功能。用户可使用 SR,<hex16>命令（例如 SR,0002）使能此功能。有关更多详细信息，请参见 <i>RNBD350 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide</i> （DS50003684）。
PB9	UART RX 指示	<ul style="list-style-type: none"> 如果使能了 RNBD350 模块的低功耗模式，主机 MCU 必须在发送 UART 数据前唤醒 RNBD350 模块。 拉低 UART RX 指示引脚电平即可唤醒系统。
PA3	RSSI 指示	<ul style="list-style-type: none"> 此指示引脚可根据 RSSI 级别指示链路质量。 如果 RSSI 级别低于指定阈值，RSSI 指示引脚会变为低电平。
PB4	UART TX 指示	<ul style="list-style-type: none"> UART TX 指示为输出引脚，用于指示 RNBD350 模块是否正在通过 UART 向主机 MCU 传输数据。 在 UART TX 开始前该引脚被拉低，在 UART TX 完成后被拉高。
PA10, PB8	状态指示	状态指示引脚用于标识器件的连接状态和数据传输状态

表 3-3. 状态指示引脚

BT_Status_Ind1 (PA10)	BT_Status_Ind2 (PB8)	RNBD350 模块状态
低	低	蓝牙低功耗已断开 数据传输通道已关闭
高	低	蓝牙低功耗已连接 数据传输通道已关闭
高	高	蓝牙低功耗已连接 数据传输通道已打开
低	高	DFU 模式

注：默认情况下，固件中会禁止蓝牙状态指示功能。用户可使用 SR,<hex16>命令（例如 SR,1000）使能此功能。有关更多详细信息，请参见 *RNBD350 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide*（DS50003684）。

3.3. 器件编程

RNBD350 器件提供预编程固件版本供购买。Microchip 会定期发布固件，用于修复之前报告的问题或实现最新的功能支持。可通过以下两种方式定期更新固件：

1. 基于串行 DFU 命令的 UART 更新
2. 高级编程

对于高级编程选项（SWD），请访问 support.microchip.com。

注：对于串行 DFU 和 OTA 编程指南，请参见 *RNBD350 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide*（DS50003684）。

4. 电气特性

4.1. 绝对最大额定值

器件长时间工作在上述最大额定值条件下，其可靠性可能受到影响。不建议在处于或超出下述极限值的情况下工作。

表 4-1. 绝对最大额定值

参数	值
偏置时的环境温度 (PIC32CX-BZ3) ⁽¹⁾	-40°C 至+125°C
偏置时的环境温度 (RNBD350) ⁽¹⁾	-40°C 至+85°C
储存温度	-65°C 至+150°C
V _{DD} /V _{DDIO} 上相对于 GND 的电压	-0.3V 至+4.0V
任何数字 I/O 引脚上相对于 GND 的电压 ⁽³⁾	-0.3V 至 (V _{DDIO} + 0.3V)
从 GND 引脚输出的最大电流	200 mA
输入 V _{DD} 引脚的最大电流 ⁽²⁾	200 mA
任何 I/O 引脚灌入的最大输出电流	10 mA
任何 I/O 引脚拉出的最大输出电流	15 mA
所有端口灌入的最大电流	120 mA
所有端口拉出的最大电流 ⁽²⁾	120 mA
ESD 认证	
符合 JESD22-A114 的人体模型 (Human Body Model, HBM)	±2000V
充电设备模型 (Charged Device Model, CDM) (ANSI/ESD STM 5.3.1) (所有引脚/角落引脚)	±500V
注:	
1. 如果器件的工作条件超过上述绝对最大额定值，可能对器件造成永久性损坏。上述值仅代表极限工作条件，不建议在处于或超出上述极限值的情况下工作。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。	
2. 最大允许电流是器件最大功耗的函数。	

4.2. 直流电气特性

表 4-2. 工作频率与电压

参数编号	V _{DDIO} 和 VDD_A 范围	温度范围 (°C)	最大 MCU 频率	注释
DC_5	1.9V 至 3.6V	-40°C 至+85°C	64 MHz	工业级

注: V_{DD} 和 VDD_A 必须施加相同的电压。

4.3. 工作电流消耗直流电气规范

表 4-3. 工作电流消耗直流电气规范

直流特性				标准工作条件: V _{DD} = 1.9V 至 3.6V (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度-40°C ≤ T _A ≤ +85°C			
参数编号	符号	特性	时钟/频率	典型值	最大值	单位	条件
APWR_1	IDD_ACTIVE	选择 LDO 模式时工作模式下的 MCU I _{DD}	PLL 64 MHz	3.5	—	mA	V _{DD} = 3.3V, T _A = 25°C

4.4. 休眠电流消耗直流电气规范

表 4-4. 休眠电流消耗直流电气规范

直流特性				标准工作条件: V _{DD} = 1.9V 至 3.6V (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度-40°C ≤ T _A ≤ +85°C			
参数编号	符号	特性	V _{DDIO}	典型值	最大值	单位	条件
SPWR_5	IDD_SLEEP	选择 LDO 模式时休眠模式下的 MCU I _{DD}	3.3V	0.8	—	mA	—

4.5. 深度休眠电流消耗直流电气规范

表 4-5. 深度休眠电流消耗直流电气规范

直流特性				标准工作条件: V _{DD} = 1.9V 至 3.6V (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度-40°C ≤ T _A ≤ +85°C			
参数编号	符号	特性	V _{DDIO}	典型值	最大值	单位	条件
BPWR_9	IDD_BACKUP	由 V _{DDIO} 供电时深度休眠模式下的 MCU I _{DD}	3.6V	1.9	—	μA	—

4.6. XDS (超深度休眠) 电流消耗直流电气规范

表 4-6. XDS (超深度休眠) 电流消耗直流电气规范

直流特性				标准工作条件: V _{DD} = 1.9V 至 3.6V (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度-40°C ≤ T _A ≤ +85°C			
参数编号	符号	特性	V _{DDIO}	典型值	最大值	单位	条件
OPWR_1	IDD_OFF	由 V _{DDIO} 供电时 XDS 模式下的 MCU I _{DD}	3.3V	0.09	—	μA	—

4.7. 电源直流模块电气规范

表 4-7. 电源直流电气规范

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
REG_20	V_{DD}	V_{DD} 的电压范围 (主电源)	1.9	3.3	3.6	V	工作范围 1.9V–3.6V
REG_39	VDD_A	模拟 V_{DD} 电源输入电压范围	$V_{DD}-0.3$	—	$V_{DD}+0.3$	V	工作范围
REG_21	GND	模拟 V_{SS} 电源	$V_{SS}-0.3$	—	$V_{SS}+0.3$	V	GND

注:

- 这些参数通过表征确定, 但未在制造中进行测试。
- V_{DD} 和 VDD_A 必须处于相同的电压大小。
- 有关电源引脚滤波的更多详细信息, 请参见产品页面提供的设计包。

表 4-8. POR 电气特性

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
DC16	VPOR	确保产生内部上电复位信号的 V_{DD} 启动电压	1.52	—	1.58	V	V_{DD} 电压必须保持 V_{SS} 至少 $200 \mu s$, 以确保 POR。 V_{DDIO} 上电/掉电 (见“ V_{DDIO} 斜坡速率”)
DC17	SVDD_R	确保产生内部上电复位信号的 V_{DDIO} 上升斜坡速率	0.03	—	0.115	V/ms	如果未能满足本规范要求, 可能会导致启动故障或异常行为
DC18	SVDD_F	确保产生内部上电复位信号的 V_{DDIO} 下降斜坡速率	—	1.39	—	V/ms	如果未能满足本规范要求, 可能会导致器件无法检测复位

注: 这些参数通过表征确定, 但未在制造中进行测试。

表 4-9. BOR 电气特性

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
B011	V_{BHYS}	欠压滞后	51	53.4	54	mV	—
B012	VZPBOR	零功耗 BOR	—	1.9	—	V	—

注: 这些参数通过表征确定, 但未在制造中进行测试。

表 4-10. 复位定时特性

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
SY00	T_{PU}	上电周期	—	400	600	μs	—
SY02	$T_{SYSCLDLY}$	取第一条指令前的系统延迟周期	—	$1 \mu s + 8$ 个 SYSCLK 周期	—	—	—
SY20	T_{MCLR}	\overline{MCLR} 脉冲宽度 (低电平)	2	—	—	μs	保证 MCU 复位的最短复位有效时间
SY30	T_{BOR}	BOR 脉冲宽度 (低电平)	—	1	—	μs	CRU 结合了 BOR12 和 BOR33

表 4-10. 复位定时特性 (续)

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
注: 这些参数通过表征确定, 但未在制造中进行测试。							

4.8. I/O 引脚交流/直流电气规范

表 4-11. I/O 引脚交流/直流电气规范

交流/直流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
DI_1	V_{IL}	输入低电平电压 I/O 引脚 (8x 驱动能力)	V_{SS}	—	$0.2 \cdot V_{DD}$	V	—
		输入低电平电压 I/O 引脚 (4x 驱动能力)		—	$0.2 \cdot V_{DD}$		—
DI_3	V_{IH}	输入高电平电压, I/O 引脚 (8x 驱动能力)	—	—	V_{DD}	V	—
		输入高电平电压, I/O 引脚 (4x 驱动能力)	—	—	V_{DD}		—
DI_5	V_{OL}	4x 驱动能力 I/O 引脚 (输出低电平)	—	—	0.4	V	$V_{DDIO} = 3.3V, I_{OL} = 15\text{ mA}$
		8x 驱动能力 I/O 引脚 (输出低电平)	—	—	0.4		
		12x 驱动能力 I/O 引脚 (输出低电平)	—	—	0.4		
DI_9	V_{OH}	4x 驱动能力 I/O 引脚 (输出高电平)	2.4	—	—	V	$V_{DDIO} = 3.3V, I_{OH} = 15\text{ mA}$
		8x 驱动能力 I/O 引脚 (输出高电平)	2.4	—	—		
		12x 驱动能力 I/O 引脚 (输出高电平)	2.4	—	—		
DI_13	I_{IL}	输入引脚泄漏电流	-1	—	+1	$\mu\text{ A}$	$GND \leq V_{PIN} \leq V_{DDIO(max)}$ (V_{PIN} = 引脚上的电压)
DI_15	R_{PDWN}	内部下拉电阻	—	13	—	$k\Omega$	$V_{DDIO(min)}$ 至 $V_{DDIO(max)}$
DI_17	R_{PUP}	内部上拉电阻	—	13	—	$k\Omega$	
DI_19	I_{ICL}	输入低电平注入电流	0	—	-5	mA	此参数适用于所有 I/O 引脚, 但以下引脚除外: V_{DD} 、 V_{SS} 、 V_{DD_A} 、 GND 和 \overline{MCLR} (1,3,4)
DI_21	I_{ICH}	输入高电平注入电流	0	—	+5	mA	此参数适用于所有引脚, 但以下引脚除外: V_{DD} 、 V_{SS} 、 V_{DD_A} 、 GND 和 \overline{MCLR}

表 4-11. I/O 引脚交流/直流电气规范 (续)

交流/直流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
DI_25	T_{RISE}	I/O 引脚上升时间 (4x 驱动能力)	—	—	9.5	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 50\text{ pf}$
		I/O 引脚上升时间 (4x 驱动能力)	—	—	6	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 20\text{ pf}$
		I/O 引脚上升时间 (8x 驱动能力)	—	—	8	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 50\text{ pf}$
		I/O 引脚上升时间 (8x 驱动能力)	—	—	6	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 20\text{ pf}$
		I/O 引脚上升时间 (12x 驱动能力)	—	—	3.5	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 50\text{ pf}$
		I/O 引脚上升时间 (12x 驱动能力)	—	—	2	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 20\text{ pf}$
DI_27	T_{FALL}	I/O 引脚下降时间 (4x 驱动能力)	—	—	9.5	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 50\text{ pf}$
		I/O 引脚下降时间 (4x 驱动能力)	—	—	7.5	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 20\text{ pf}$
		I/O 引脚下降时间 (8x 驱动能力)	—	—	8	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 50\text{ pf}$
		I/O 引脚下降时间 (8x 驱动能力)	—	—	7.5	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 20\text{ pf}$
		I/O 引脚下降时间 (12x 驱动能力)	—	—	4	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 50\text{ pf}$
		I/O 引脚下降时间 (12x 驱动能力)	—	—	3.1	ns	$V_{DDIO} = 3.3V, C_{LOAD} = 20\text{ pf}$

注:

- V_{IL} 源电压 $< (GND - 0.3)$ 。通过表征确定, 但未在制造中进行测试。
- V_{IH} 源电压 $> (V_{DDIO} + 0.3)$ 。通过表征确定, 但未在制造中进行测试。
- 如果所有注入电流的总和 $> |\Sigma I_{ICT}|$, 可能会对 ADC 结果产生约 4 至 6 个数目的影响 (即当 V_{IH} 源电压 $> (V_{DDIO} + 0.3)$ 或 V_{IL} 源电压 $< (GND - 0.3)$ 时)。
- 如果所有引脚的输入注入电流的瞬时绝对值之和没有超过规定的 ΣI_{ICT} 限值, 只要符合 I_{ICL} 或 I_{ICH} 条件, 就可以使用任意数量及组合的 I/O 引脚。为限制注入电流, 用户必须在输入源电压与器件引脚之间串联一个电阻 R_{SERIES} (R_S)。电阻值计算方式如下:
 - 对于低于 $(GND - 0.3)$ 的负输入电压: $R_S \geq |(V_{IL} \text{ 源电压} - (GND - 0.3))/I_{ICL}|$ 的绝对值
 - 对于高于 $(V_{DDIO} + 0.3)$ 的正输入电压: $R_S \geq ((V_{IH} \text{ 源电压} - (V_{DDIO} + 0.3))/I_{ICH})$
 - 对于 V_{PIN} 电压高于 $V_{DDIO} + 0.3$ 且低于 $GND - 0.3$ 的情况: $R_S =$ 上述计算结果中的较大值

4.9. ADC 电气规范

表 4-12. ADC 交流电气规范

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
器件电源							
ADC_1	V_{DD_A}	ADC 模块电源	$V_{DD_A(min)}$	—	$V_{DD_A(max)}$	V	—
参考输入							
ADC_2	$V_{REF}^{(4)}$	绝对参考电压 ($V_{REFH}-V_{REFL}$) ⁽⁴⁾	GND-0.3	—	$V_{DD_A}+0.3$	V	—

表 4-12. ADC 交流电气规范 (续)

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
ADC_3	V_{REF}	参考电压高电压 (外部参考缓冲器)	GND+1.8	—	VDD_A	V	—
ADC_4	V_{REFL}	参考电压低电压 (外部参考缓冲器)	GND	—	VDD_A-1.8	V	—
ADC_4a	R_{REF}	建议的 V_{REF} 阻抗	—	—	25	Ω	从信号源到 V_{REFP}/V_{REFM} 输入的电阻, 包括 RSource、PCB 走线电阻、焊盘电阻和片上布线电阻
ADC_4b	V_{CM}	模拟输入共模电压	$GND + V_{REF}/2$	—	$VDD_A - V_{REF}/2$	V	—
ADC_4c	V_{DIFF}	差分模拟输入电压 (seldiff = 1)	$2*(V_{REFH} - V_{REFL})$			V	—
ADC_4d	VSING	单端模拟输入电压 (seldiff = 0)	V_{REFL}	—	V_{REFH}	—	—
ADC_4e	RIN_INT	ADC 内部电阻	—	—	200	Ω	内部采样开关电阻
ADC_4f	RIN_SYS	满足最大速率要求的外部输入电阻	—	—	125	Ω	从 VINP/VINM 到信号源的电阻。包括 RSource + RPad + RPCB + Rroute
ADC_4g	RSRC	满足 12 位、2 MSPS 的最大源极阻抗	—	—	500	Ω	—
		满足 12 位、1 MSPS 的最大源极阻抗	—	—	1400	Ω	—
模拟输入范围							
ADC_7	A_{FS}	满量程模拟输入信号范围 (单端)	GND	—	V_{REF}	V	$V_{REF} = VDD_{A(max)}$
ADC_11	$T_{SETTLING}$	ADC 稳定时间	—	10	—	μs	—

表 4-13. ADC 单端模式交流电气规范

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
单端模式 ADC 精度							
SADC_11	Res	分辨率	6	—	12	位	可选择 8、10 和 12 位分辨率范围
SADC_13	ENOB ⁽³⁾	有效位数	6.3	—	—	位	2 Msps, 内部 V_{REF} , $VDD_A = VDDIO = 3.3V$
SADC_19	INL ⁽³⁾	积分非线性	-13.737	—	2.869	LSb	2 Msps, 内部 V_{REF} , $VDD_A = VDDIO = 3.3V$
SADC_25	DNL ⁽³⁾	差分非线性	-1.628	—	1.736	LSb	2 Msps, 内部 V_{REF} , $VDD_A = VDDIO = 3.3V$
SADC_31	GERR ⁽³⁾	增益误差	-8.198	—	-4.697	LSb	2 Msps, 内部 V_{REF} , $VDD_A = VDDIO = 3.3V$
SADC_37	E0FF ⁽³⁾	失调误差	4.905	—	25.094	LSb	2 Msps, 内部 V_{REF} , $VDD_A = VDDIO = 3.3V$
单端模式 ADC 动态性能							

表 4-13. ADC 单端模式交流电气规范 (续)

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
SADC_49	SINAD ^(1,2,3)	信纳比	39.728	—	—	dB	$V_{REF} = V_{DD_A} = V_{DDIO} = 3.3V$, 12 位分辨率, 最大采样速率 ^(1,2)
SADC_51	SNR ^(1,2,3)	信噪比	39.747	—	—		
SADC_53	SFDR ^(1,2,3)	无杂散动态范围	61.32	—	—		
SADC_55	THD ^(1,2,3)	总谐波失真	—	—	-59.346		

注:

- 通过模拟输入正弦波 = (FTP(max)/100)进行表征。示例: FTP(max) = 1 Msps/100 = 10 kHz 正弦波。
- 正弦波峰值幅度 = 96% ADC (12 位分辨率的满量程幅度输入)。
- 在以下附加条件下收集的规范值:
 - 至少 (3) 个 SERCOM、(2) 个 TCC 和 (2) 个 TC 外设时钟有效, 但相同的外设已禁止, 未在运行。
 - 大于 6 MHz 时, 至少有 (6) 个 I/O 引脚 (不靠近模拟输入引脚) 同时切换, 其中 (3) 个带外部 2 mA 上拉负载, (3) 个带外部 2 mA 下拉负载, 位于封装上 V_{DDANA} 所在的一侧
 - 12 位分辨率模式。
- 在内部或外部 $V_{REF} < 2.4V$ 时 ADC 功能器件可正常工作, 但未进行表征。ADC 将正常工作, 但精度降低, 满量程时约为 $\sim(0.06 * 2n)/V_{REF}$ LSB, 其中 n=位数。ADC 精度受限于内部 VREF 精度+漂移、MCU 产生的噪声, 以及用户的应用噪声/ V_{DDANA} 和 $GNDANA$ 的精度。
- 数值取自 7 个谐波。

表 4-14. ADC 转换交流电气要求

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
ADC 时钟要求							
ADC_57	TAD	ADC 时钟周期	—	20.8	—	ns	$V_{REF} = V_{DD_A} = 3.3V$
ADC 单端吞吐速率							
ADC_59	FTPR (单端模式)	吞吐速率 ⁽⁴⁾ (单端)	0.01	—	2	MspS	12 位分辨率, DIV_SHR = 2

注:

- ADC_采样时间 = ((SAMPCTRL.SAMPLEN + 1) * TAD)以及 SAMPCTRL.OFFCOMP = 0。
- 当 SAMPCTRL.OFFCOMP = 1 时, ADC_HDW 会将采样时间强制设定为 4*TAD; 用户 SAMPCTRL.SAMPLEN 会被忽略。
- ADC 吞吐速率 FTP = $((1/((TSAMP + TCNV) * TAD))$ /(特定目标 ADC 模块上正在使用的用户有效模拟输入数量))。
注: 规范值假定仅使用一个 AINx 通道。
- SAMPCTRL.R2R = 1 (在 ADC 差分模式下必须设置为“1”)。

表 4-15. ADC 采样交流电气要求

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
ADC_63	TSAMP	ADC 采样时间 (1,2,3,5)	1 ^(1,5)	—	—	TAD	12 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 147\Omega$
							10 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 504\Omega$
							8 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 1,000\Omega$
			2 ^(1,5)	—	—		12 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 2,272\Omega$
							10 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 3,008\Omega$
							8 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 4,000\Omega$
			3 ^(1,5)	—	—		12 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 4,416\Omega$
							10 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 5,504\Omega$
							8 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 6,976\Omega$
			4 ^(1,2,5)	—	—		12 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 6,560\Omega$
							10 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 8,000\Omega$
							8 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 9,984\Omega$
			5 ^(1,5)	—	—		12 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 8,704\Omega$
							10 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 10,496\Omega$
			8 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 12,992\Omega$				
			12 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 10,880\Omega$				
			10 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 12,992\Omega$				
			8 位 TAD(min), 外部模拟输入 $R_{source} \leq 16,000\Omega$				
			—	—	—	ns	以 DAC 作为输入
			—	—	—		以温度传感器作为输入
ADC_65	TCNV	转换时间 ⁽³⁾ (单端模式)	12			TAD	12 位分辨率
			11				10 位分辨率
			9				8 位分辨率

表 4-15. ADC 采样交流电气要求 (续)

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
注:							
1. 当 SAMPCTRL.OFFCOMP = 0 时:							
- $TSAMP = (((RSAMPLE + RSOURCE) * CSAMPLE * (\text{分辨率位数} + 2) * \ln(2))/TAD) + 1$ 向下取整至最接近的整数							
- 用户 SAMPCTRL.SAMPLEN = (TSAMP - 1)							
2. 当 SAMPCTRL.OFFCOMP = 1 时:							
- TSAMP = 4 (由 HDW 强制设置)							
- 用户 SAMPCTRL.SAMPLEN = (n/a, 被 HDW 忽略)							
3. ADC 吞吐速率 $FTP = (1/((TSAMP + TCNV) * TAD)) / (\text{特定目标 ADC 模块上正在使用的用户有效模拟输入数量})$ 。 注: 规范值假定仅使用一个 AINx 通道。							
4. SAMPCTRL.R2R = 1 (在 ADC 差分模式下必须设置为“1”)。							
5. $TSAMP \geq (\text{INT}[\frac{1}{((RSAMPLE + RSOURCE) * CSAMPLE * (\text{分辨率位数} + 2) * \ln(2))/TAD}] + 1)$ 。							
6. 对于超过 TSAMP = 6 采样时间条件的 RSOURCE 值, 应使用注 5 中的公式进行计算。							

4.10. 蓝牙低功耗 RF 特性

表 4-16. 蓝牙低功耗 RF 特性

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件 ⁽²⁾
BTG1	FREQ	工作频率范围	2402	—	2480	MHz	—
BTTX1	TXPWR:PA	蓝牙发送功率 PA	—	11	—	dBm	—
BTX2	TXIB:1MBPS	FTX ± 2 MHz 的带内辐射	—	-40	—	dBm	—
		FTX ± -(3+N) MHz 的带内辐射	—	-46	—	dBm	—
BTX3	TXIB:2MBPS	FTX ± 4 MHz 的带内辐射	—	-41	—	dBm	—
		FTX ± 5 MHz 的带内辐射	—	-52	—	dBm	—
		FTX ± -(6+N) MHz 的带内辐射	—	-53	—	dBm	—
BTRX1	RXSENSE	1 Mbps 时的接收器灵敏度	—	-98	—	dBm	—
		2 Mbps 时的接收器灵敏度	—	-95	—	dBm	—
		S=8 时的接收器灵敏度	—	-108	—	dBm	—
		S=2 时的接收器灵敏度	—	-102	—	dBm	—
BTRX2	MAXINSIG	1 Mbps 时的最大输入信号强度	—	-2	—	dBm	—
		2 Mbps 时的最大输入信号强度	—	-2	—	dBm	—
		S=2 时的最大输入信号强度	—	-2	—	dBm	—
		S=8 时的最大输入信号强度	—	-2	—	dBm	—
BTRX3	CI1M:COCH	C/I 同频通道抑制	—	14	—	dB	—
	CI1M: ± 1 MHz	C/I 相邻通道抑制	—	16	—	dB	—
	CI1M: ± 2 MHz	C/I 相邻通道抑制	—	7	—	dB	—
	CI1M:ADJ(3+n)	C/I 相间通道抑制	—	8	—	dB	—
	CI1M:IMG	C/I 镜像频率抑制	—	12	—	dB	—
	CI1M:IMG ± 1 MHz	C/I 相邻通道至镜像频率抑制	—	11	—	dB	—

表 4-16. 蓝牙低功耗 RF 特性 (续)

交流特性			标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件 ⁽²⁾
BTRX4	CIS2:COCH	C/I 同频通道抑制	—	9	—	dB	—
	CIS2: ± -1 MHz	C/I 相邻通道抑制	—	20	—	dB	—
	CIS2: ± -2 MHz	C/I 相邻通道抑制	—	15	—	dB	—
	CIS2:ADJ(3+n)	C/I 相间通道抑制	—	7	—	dB	—
	CIS2:IMG	C/I 镜像频率抑制	—	15	—	dB	—
	CIS2:IMG ± -1 MHz	C/I 相邻通道至镜像频率抑制	—	13	—	dB	—
BTRX5	CIS8:COCH	C/I 同频通道抑制	—	5	—	dB	—
	CIS8: ± -1 MHz	C/I 相邻通道抑制	—	20	—	dB	—
	CIS8: ± -2 MHz	C/I 相邻通道抑制	—	11	—	dB	—
	CIS8:ADJ(3+n)	C/I 相间通道抑制	—	3	—	dB	—
	CIS8:IMG	C/I 镜像频率抑制	—	11	—	dB	—
	CIS2:IMG ± -1 MHz	C/I 相邻通道至镜像频率抑制	—	15	—	dB	—
BTRX6	CI2M:COCH	C/I 同频通道抑制	—	13	—	dB	—
	CI2M: ± -2 MHz	C/I 相邻通道抑制	—	14	—	dB	—
	CI2M: ± -4 MHz	C/I 相邻通道抑制	—	12	—	dB	—
	CI2M:ADJ(6+2n)	C/I 相间通道抑制	—	15	—	dB	—
	CI2M:IMG	C/I 镜像频率抑制	—	14	—	dB	—
	CI2M:IMG ± -2 MHz	C/I 相邻通道至镜像频率抑制	—	13	—	dB	—
BTRX7	BLOCK1M:<2 GHz	30-2 GHz 的阻塞性能	—	20	—	dB	—
	BLOCK1M:2 GHz<SIG<2399 MHz	2003-2399 MHz 的阻塞性能	—	19	—	dB	—
	BLOCK1M:2484 MHz<SIG<2977 MHz	2484-2997 MHz 的阻塞性能	—	20	—	dB	—
	BLOCK1M:3 GHz<SIG<12.75 GHz	3-12.5 GHz 的阻塞性能	—	20	—	dB	—
BTRX8	BLE1M:INTERMOD	BLEM 的互调性能	—	10.5	—	dB	—
	BLE2M:INTERMOD	BLEM 的互调性能	—	11.5	—	dB	—

注:

- “典型值”列中的数据为 $T_A = 25^{\circ}C$ 下的数据。
- 此参数通过表征确定, 但未在制造中进行测试。

表 4-17. 蓝牙低功耗 RF 电流特性

交流特性 ⁽³⁾				标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$					
参数编号	符号	特性	RF 功率	CPU 频率	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件 ⁽²⁾
IBLETX1	IDDTXPA1M	TX 处于 MLDO 模式、1 Mbps 时的电流消耗	+11 dBm	64 MHz	—	49	—	mA	—
IBLETX2			+11 dBm	32 MHz	—	45.5	—	mA	—
IBLETX3			10 dBm	64 MHz	—	44	—	mA	—
IBLETX4			10 dBm	32 MHz	—	40	—	mA	—
IBLETX5			0 dBm	64 MHz	—	26	—	mA	—
IBLETX6			0 dBm	32 MHz	—	22	—	mA	—

表 4-17. 蓝牙低功耗 RF 电流特性 (续)

交流特性 ⁽³⁾					标准工作条件: $V_{DD} = 1.9V$ 至 $3.6V$ (除非另有说明) 工作温度: 工业级温度 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$				
参数编号	符号	特性	RF 功率	CPU 频率	最小值	典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	条件 ⁽²⁾
IBLERX1	IDDRXBLE1M	RX 信号 MLDO 模式下的电流消耗	-90 dBm	64 MHz	—	20	—	mA	—
IBLERX2		RX 信号 MLDO 模式下的电流消耗	-90 dBm	32 MHz	—	16	—	mA	—

注:

- “典型值”列中的数据为 $V_{DD} = 3.3V$ 、 $T_A = 25^{\circ}C$ 下的数据。
- 此参数通过表征确定, 但未在制造中进行测试。
- 电流数值包含固件默认工作电流消耗。

图 4-1. 蓝牙低功耗发送功率—频率曲线

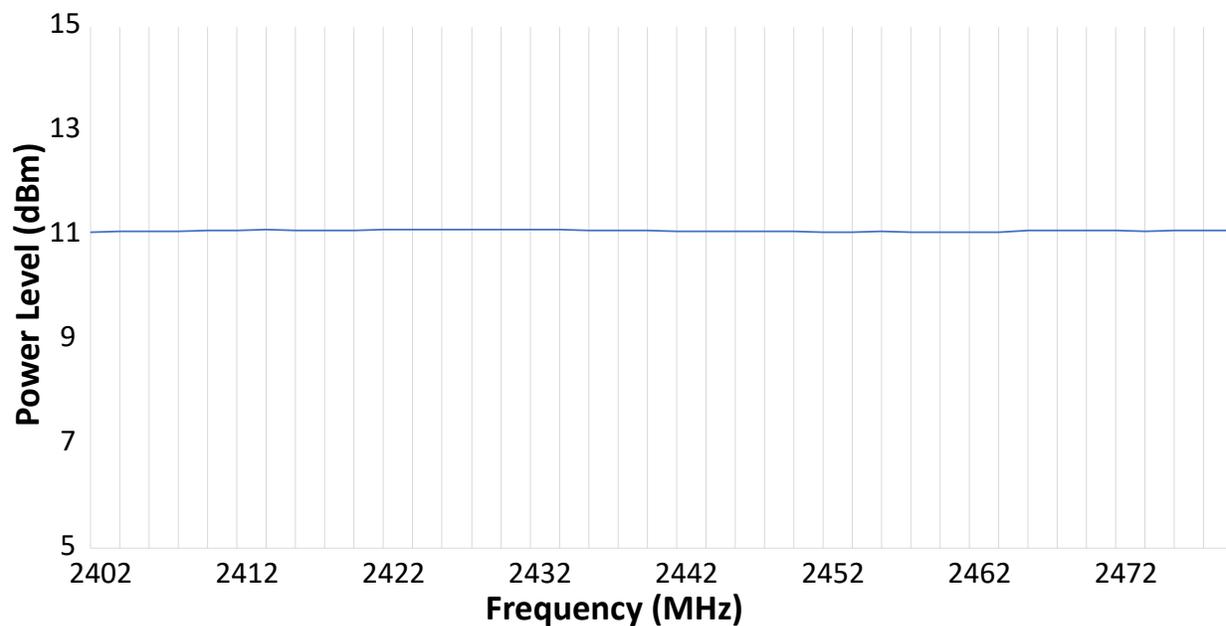


图 4-2. 蓝牙低功耗发送功率—温度曲线

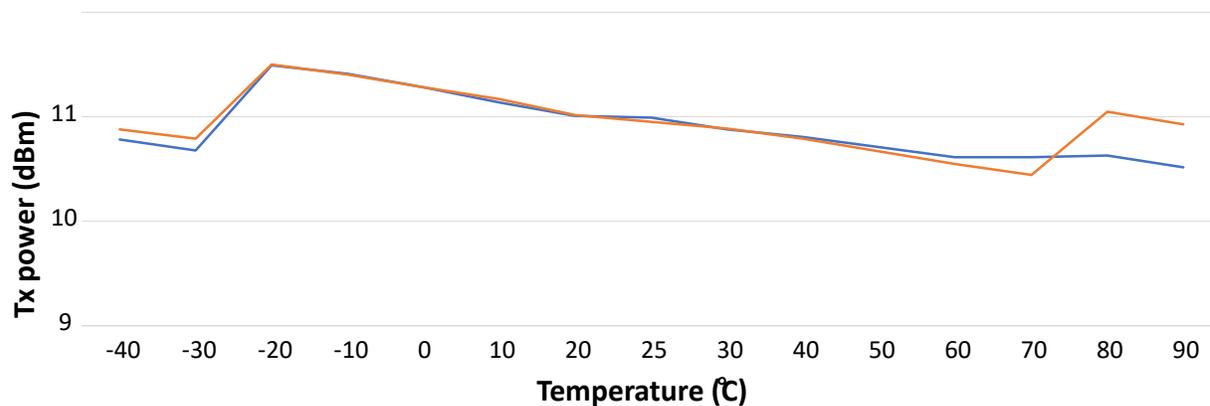


图 4-3. 蓝牙低功耗发送功率—发送功率曲线

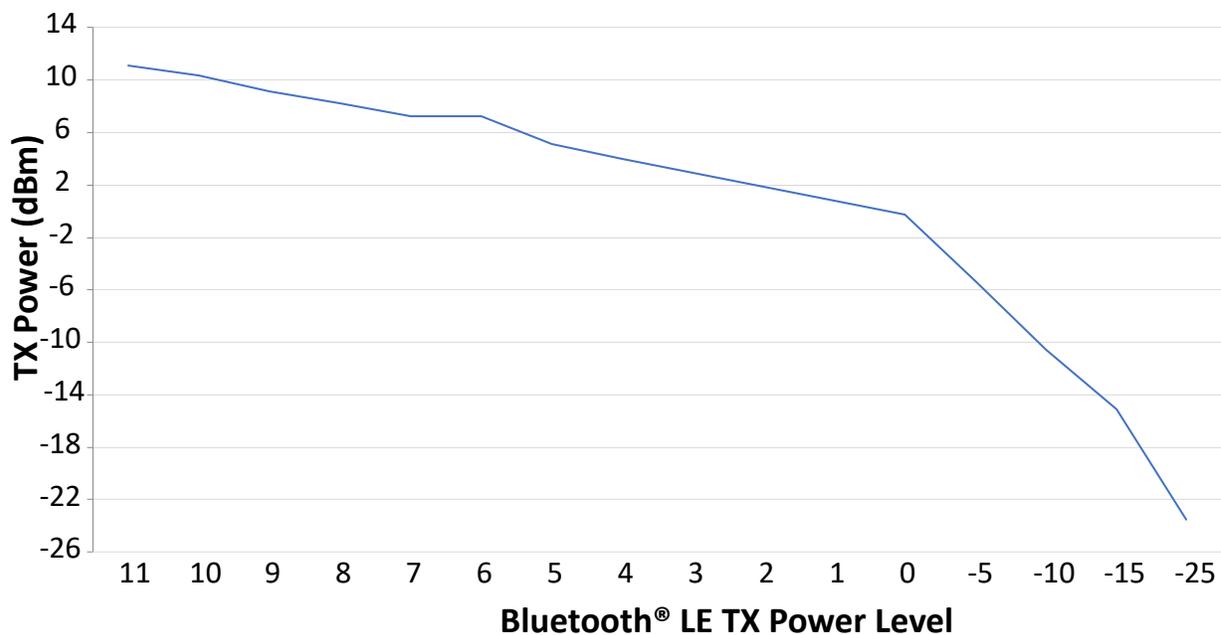


图 4-4. RNBD350 模块蓝牙低功耗接收灵敏度—温度曲线

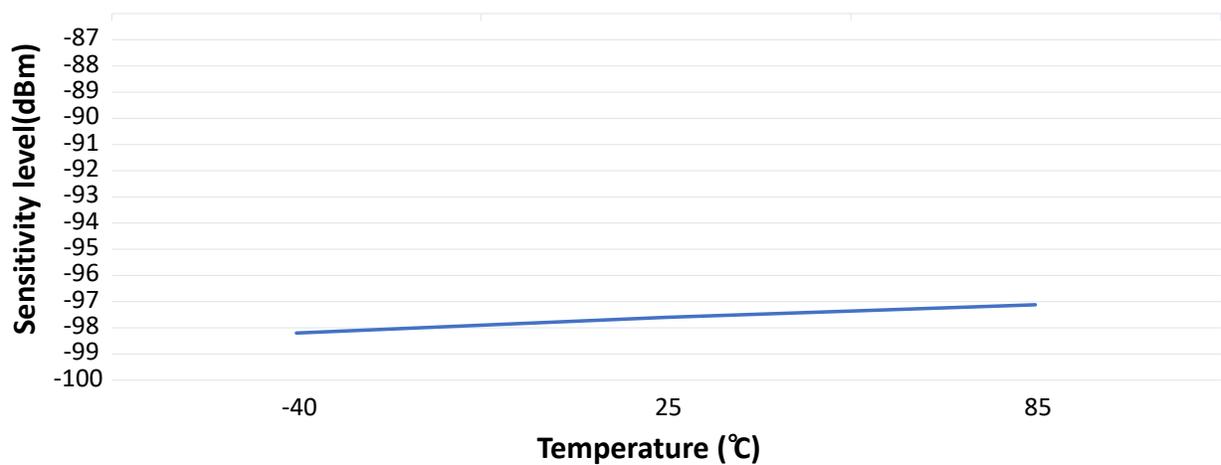


图 4-5. 蓝牙低功耗接收灵敏度—频率曲线

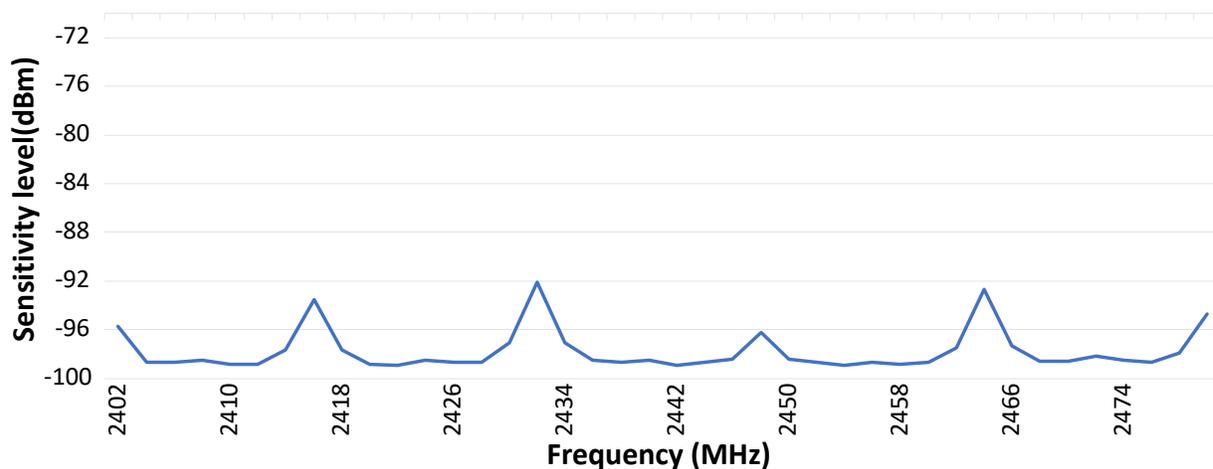


图 4-6. RNBD350 模块蓝牙低功耗接收灵敏度—频率曲线

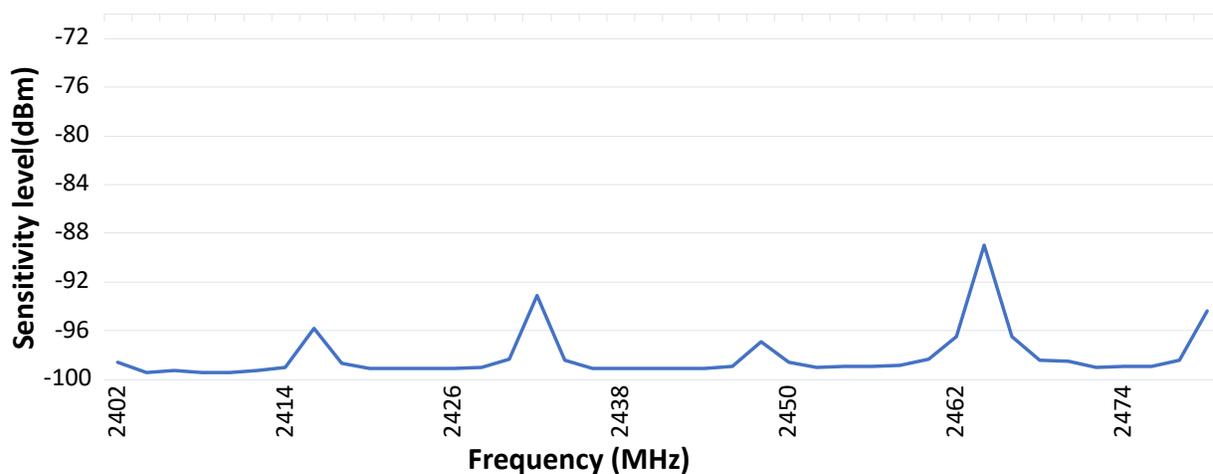


图 4-7. 蓝牙低功耗发送功率—VDD 电源电压

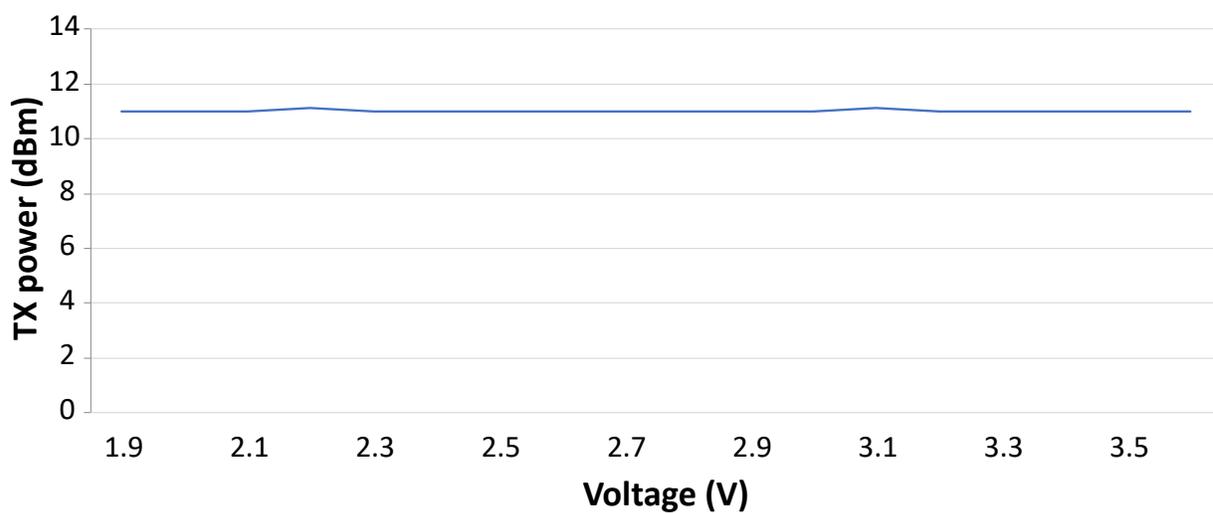


图 4-8. 蓝牙低功耗接收灵敏度—VDD 电源电压

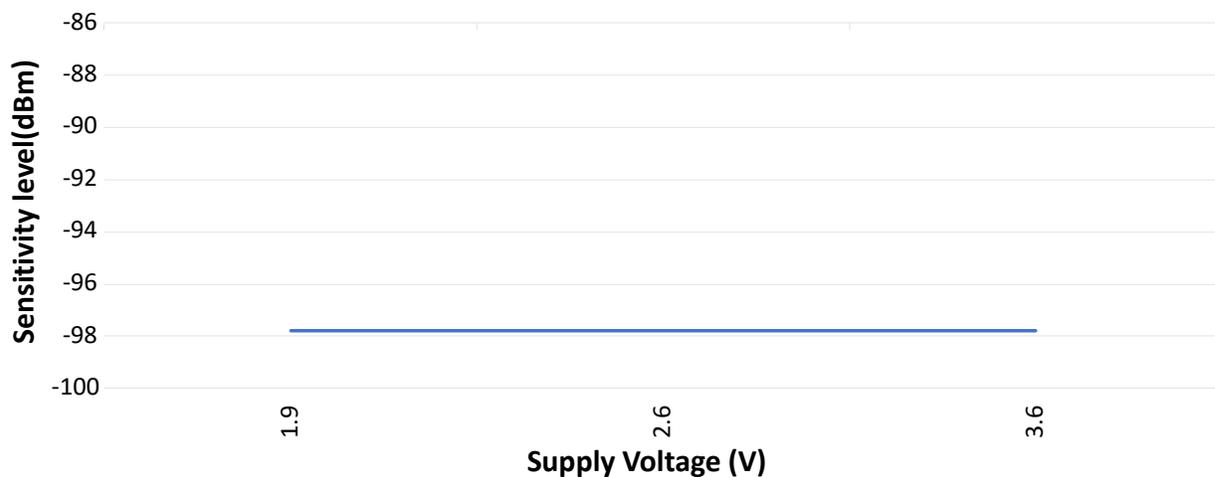


图 4-9. 蓝牙低功耗 RX CI 裕度

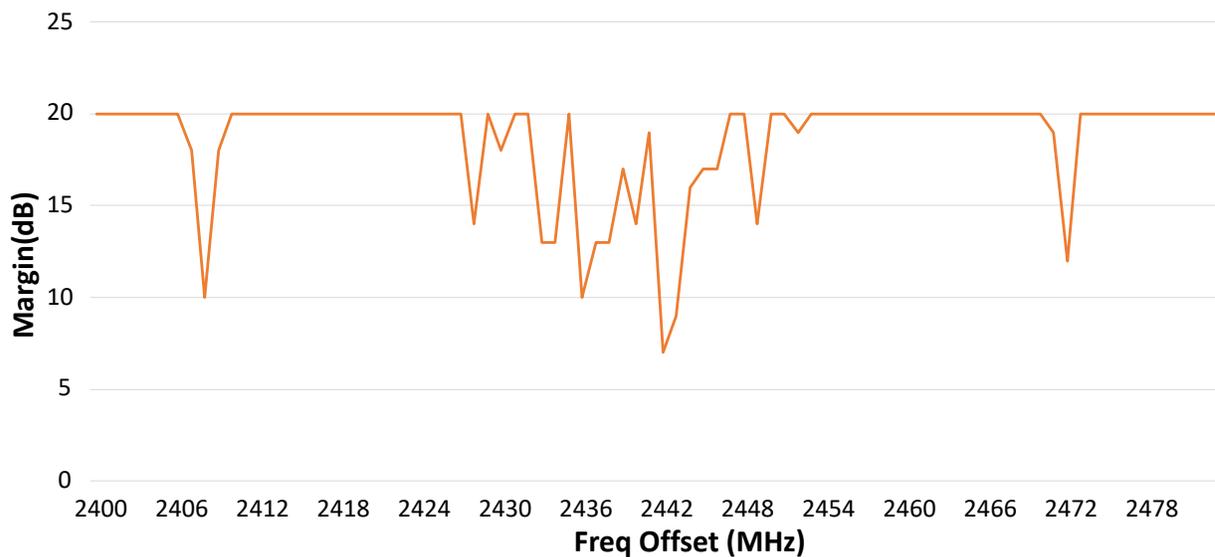


图 4-10. 蓝牙低功耗发送电流—温度曲线

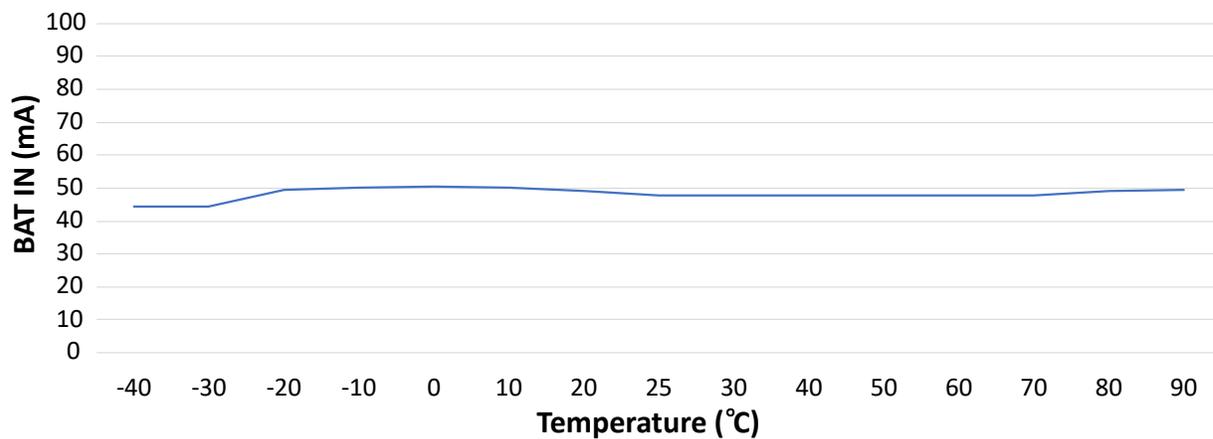
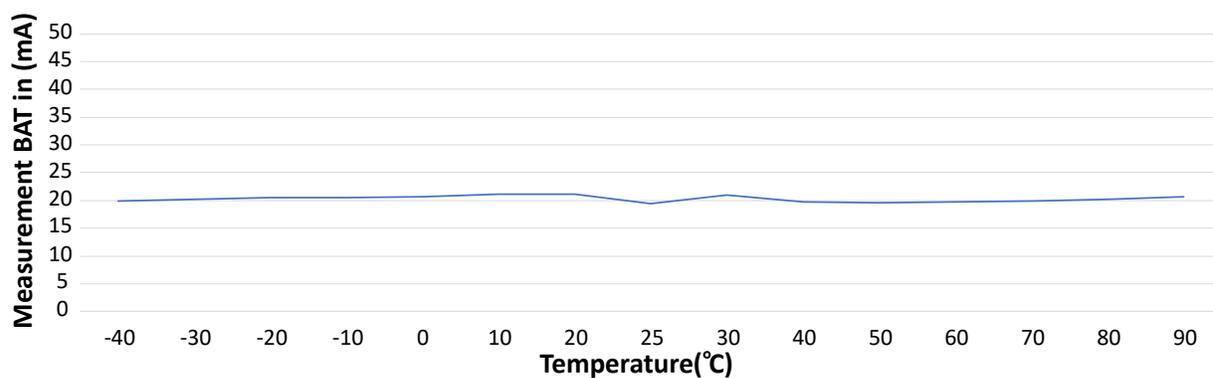


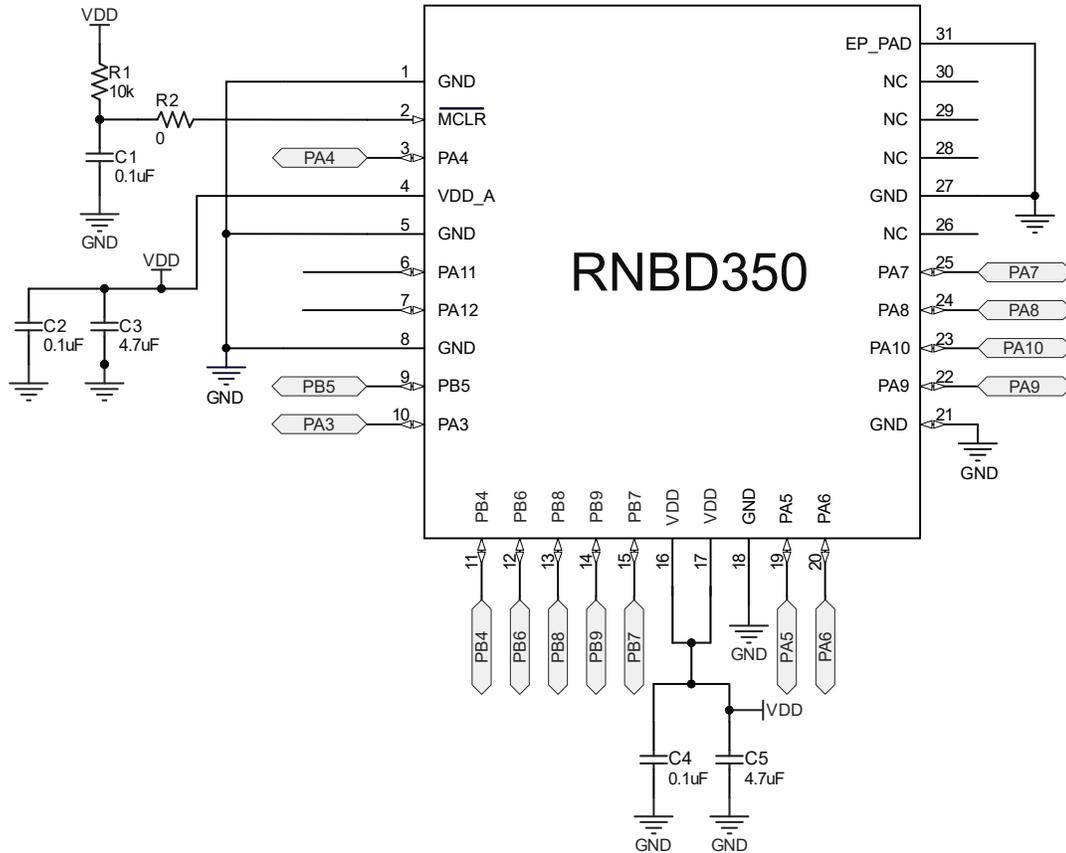
图 4-11. 蓝牙低功耗接收电流—温度曲线



5. 基本连接要求

在进行开发之前，需要留意 RNBD350 模块是否已完成最低程度的器件引脚连接。

图 5-1. RNBD350 模块的基本连接和接口图



5.1. 电源引脚

建议在 RNBD350 模块的输入电源引脚（V_{DD}、VDD_A 和 GND 引脚）处添加大容量电容和去耦兼容。

- 建议在 VDD_A 引脚上添加 4.7 μF 电容，在 V_{DD} 引脚上添加 4.7 μF 和 0.1 μF 电容。
- 电容值基于典型应用要求，并且是最低建议值。根据应用要求（也就是存在噪声的电源线路或其他已知噪声源），用户可以调整电容值，为模块提供无干扰的电源。
- 将所有电容放置在模块电源引脚附近。

5.2. 主复位（MCLR）引脚

拉低 MCLR 引脚会产生器件复位。有关典型 MCLR 电路的更多详细信息，请参见图 5-1。

RNBD350 模块的复位线上具有足够的滤波（0.1 μF）电容和上拉（10 kΩ）电阻。在典型应用中，该引脚上无需额外滤波。

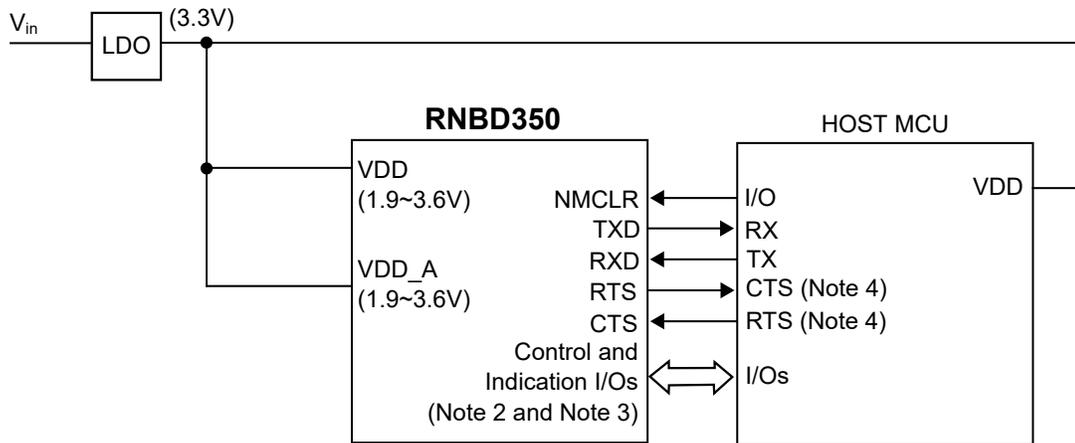
5.3. 未使用的 I/O 引脚

建议不要让未使用的 I/O 引脚作为输入悬空。用户可将其配置为输入并设置为上拉。或者，也可以根据应用需求设置为下拉。

5.4. 接口引脚

下方介绍了为 RNBD350 模块和主机 MCU 使用 3.3V 低压差稳压器的电源方案。此方案确保该模块和 MCU 使用相同的电压。

图 5-2. 电源方案



注:

1. 确保 VDD_IO 与 MCU VDD 电压兼容。
2. 控制端口和指示端口均可配置。
3. 要实现低功耗运行，使能 UART RX 指示引脚并连接到主机 MCU 和控制。
4. 这些连接是可选的，仅在需要 UART 流控制时才需启用。

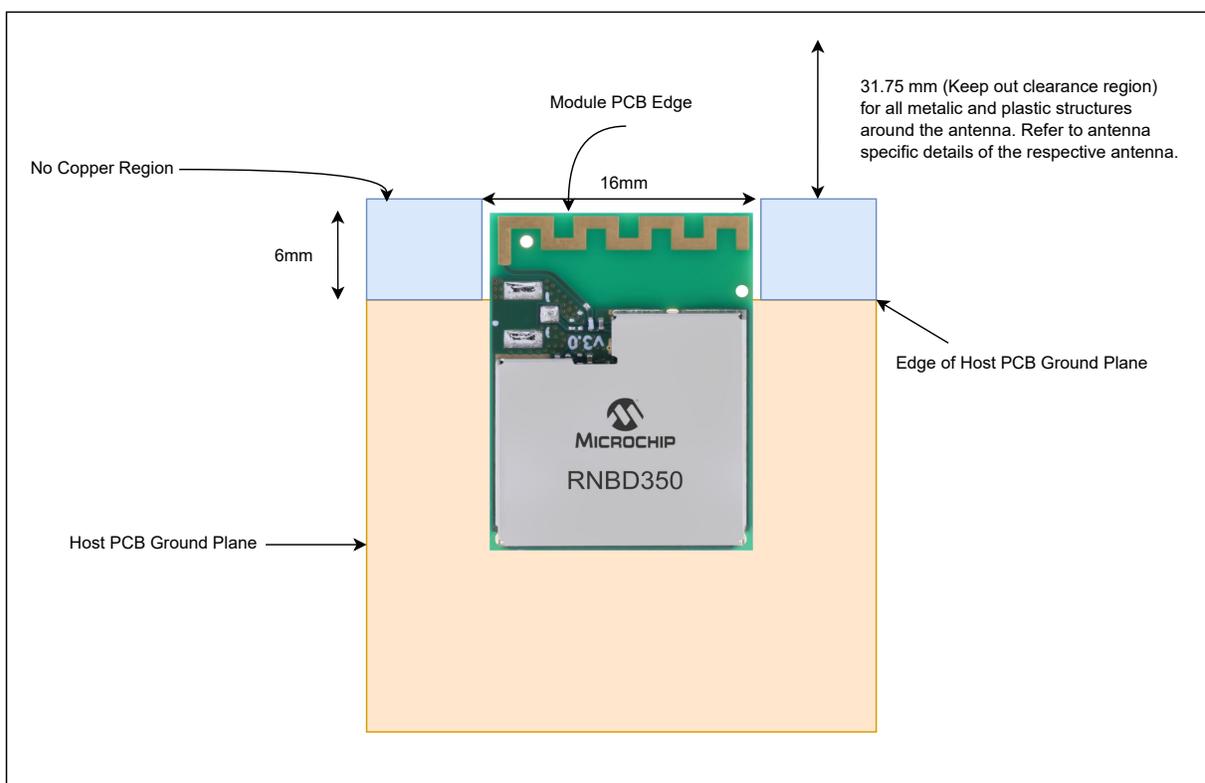
6. 物理尺寸和属性

6.1. RNBD350 模块布局指南

- 对于任何蓝牙低功耗/Zigbee®产品，天线布局会影响整个系统的性能。天线需要足够的空间来辐射 RF 信号，并确保不被地平面环绕。因此，为确保实现最佳的 PCB 天线性能，RNBD350 模块必须放置在主机电路板边缘。
- RNBD350 模块的接地轮廓边缘必须与主机电路板的地平面边缘对齐（见下图）。
- RNBD350 模块的低阻抗地平面可确保实现最佳的无线电性能（最佳通信距离和最低噪声）。可根据主机电路板 EMC 和降噪需求，将地平面扩展至最低建议范围以外。
- 为获得最佳性能，金属结构和元件（例如机械垫片、凸块等）与 PCB 走线天线的距离应至少保持 31.75 mm（见下图）。
- RNBD350 模块上的天线不得直接接触或靠近塑料外壳或其他物体。确保 PCB 天线周围所有方向均预留 10 mm 间隙（见下图）。金属和塑料物体靠近天线会导致天线失谐，并降低器件的性能。
- RNBD350 模块底部的裸露 GND 焊盘必须焊接到主机电路板上（请点击相关链接参见 *RNBD350 Module Routing Guidelines* 中的示意图 *Example of Host Board on Top Layer*）。
- RF 测试点下方需要设置 PCB 切口或禁铜区。请点击相关链接参见 *RNBD350 Module Packaging Information*。
- 电压测试点下的顶层需要设置禁铜区。请点击相关链接参见 *RNBD350 Module Packaging Information*。
- 此外，除裸露接地焊盘外，其余区域均可覆盖阻焊层。

下图展示了 RNBD350 模块在带地平面的主机电路板上的布局示例。具体布局指南详见下图。

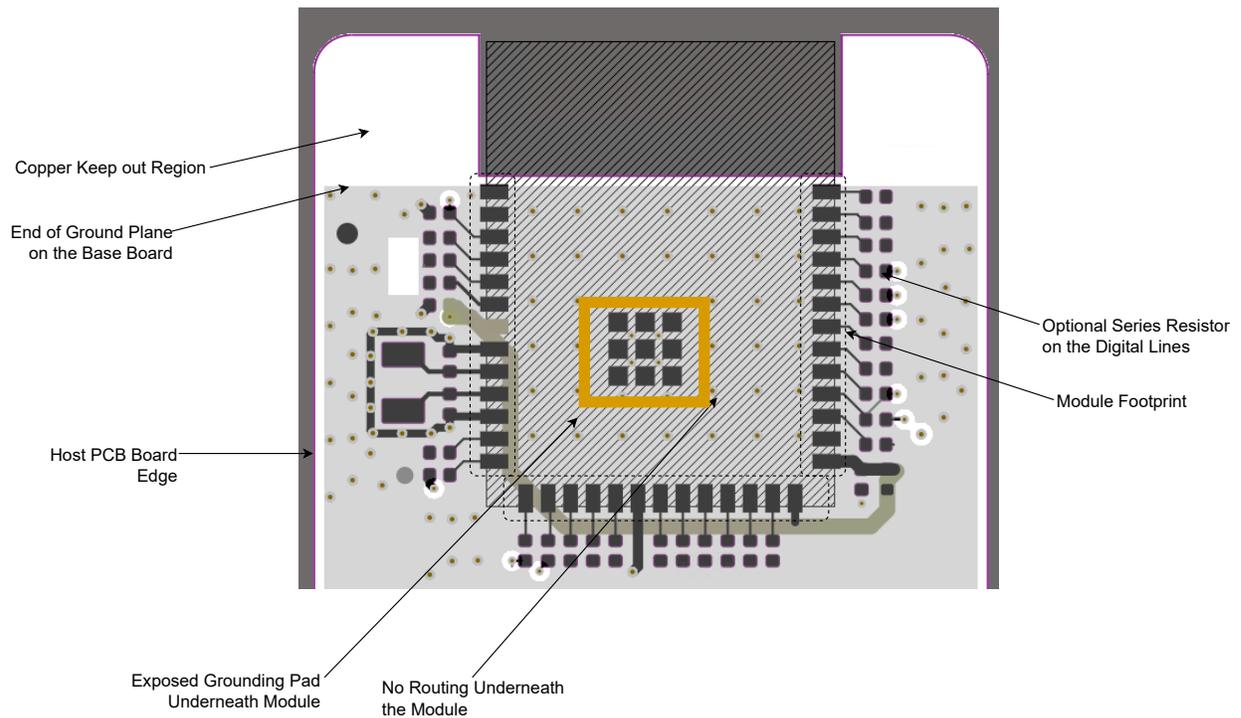
图 6-1. 模块布局指南



6.2. RNBD350 模块布线指南

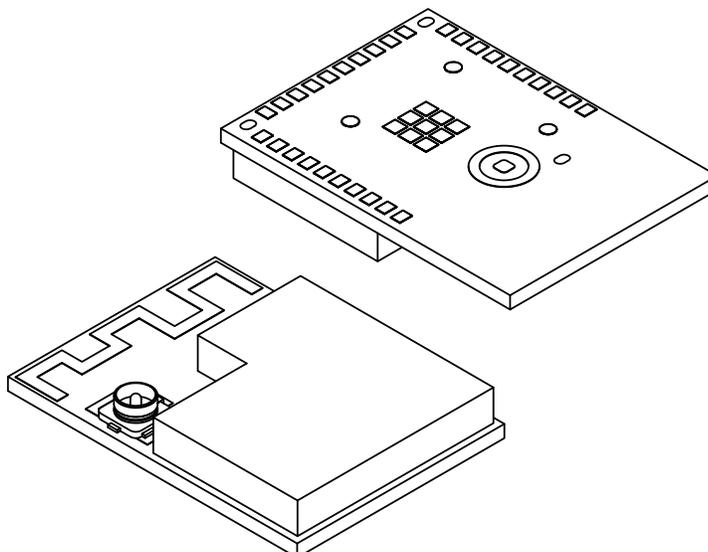
- 采用多层主机电路板在内层和底层进行信号布线。
- 主机电路板的顶层（模块下面）必须通过尽可能多的 GND 过孔接地（见下图）。
- 避免在模块或天线区域下方进行信号扇出。通过过孔将信号扇出至 RNBD350 模块的边缘。
- 为增强 RNBD350 模块的 GND 连接，请将 RNBD350 模块的裸露 GND 焊盘焊接到主机电路板上。
- 对于模块 GND 焊盘，应使用最小 10 mil（孔径）的 GND 过孔，确保各层接地良好并提供热传导路径。
- 出于 EMI 方面的考虑，建议在主机电路板上为 GPIO、主要关键高频引脚及时钟添加串联电阻。串联电阻的阻值取决于实际引脚配置。用户必须将这些电阻靠近模块放置。下图展示了串联电阻的布局位置。

图 6-2. 主机电路板顶层示例



30-Lead Wireless Module (3BW) - 13.4x18.7X2.8 mm Body [Module] With Metal Shield and Coaxial Connector

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



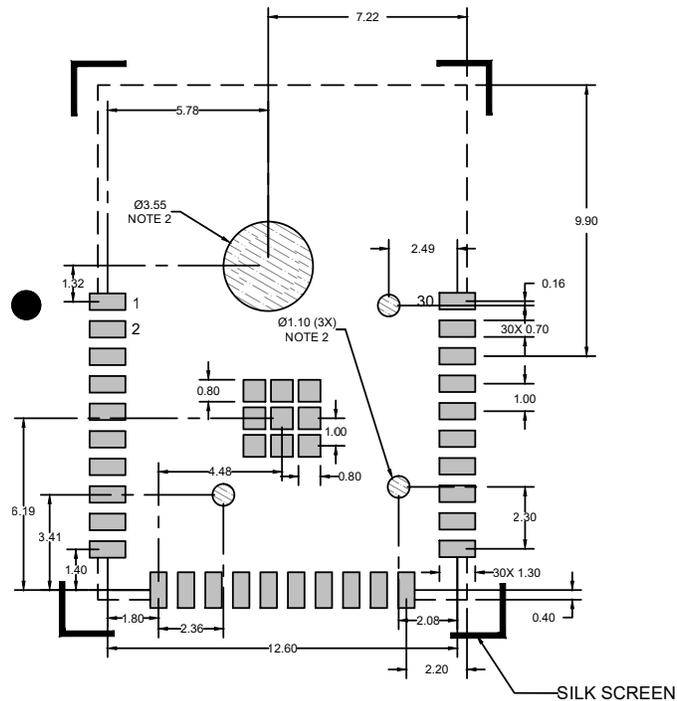
Units		MILLIMETERS		
Dimension	Limits	MIN	NOM	MAX
Number of Terminals	N	30		
Terminal Pitch	e	1.00 BSC		
Overall Height	A	2.60	2.80	3.00
PCB Thickness	A2	0.70	0.80	0.90
Shield Height	A3	1.90	2.00	2.10
UFL Connector Height	A4	1.25 REF		
Overall Length	D	13.30	13.40	13.50
Overall Width	E	18.60	18.70	18.80
Shield Length	D1	12.14	12.24	12.34
Shield Length	D2	6.60	6.70	6.80
Shield Width	E1	12.14	12.24	12.34
Shield Width	E2	8.92	9.02	9.12
Terminal Width	b	0.50	0.60	0.70
Terminal Length	L	0.70	0.80	0.90

Notes:

- All Dimensions are in Millimeters
 BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
 REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

30-Lead Wireless Module (3BW) - 13.4x18.7X2.8 mm Body [Module] With Metal Shield and Coaxial Connector

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



RECOMMENDED LAND PATTERN

Notes:

1. All dimensions are in millimeters.
2. Keep these areas free from routes and exposed copper including ground fill.

Microchip Technology Drawing C04-12055 Rev D

6.4. RNBD350 模块 RF 注意事项

产品设计、环境和应用会显著影响系统的整体性能。产品设计人员必须确保系统级屏蔽（如果需要），并验证产品功能和应用的性能。

以下是实现最佳 RF 性能需要考虑的事项：

- 将 RNBD350 模块置于无噪声的 RF 环境中；使其远离高频时钟信号和任何其他 RF 能量源。
- 请勿用任何金属物体屏蔽天线。
- 电源必须无干扰且无噪声。
- 确保连接至 GND 和 VDD 电源轨的走线宽度足够大，以应对 TX 峰值电流消耗。
注：RNBD350 模块标配电路板顶部的 RF 屏蔽结构。

6.5. RNBD350 模块天线注意事项

6.5.1. PCB 天线

对于 RNBD350 模块，PCB 天线装配在顶部铜层上，并覆盖阻焊层。天线下方的各层没有铜走线。建议将模块安装在主机电路板边缘，并且模块的天线结构下方没有 PCB 材料，该区域的主机电路板上没有铜走线或铜层。

下表列出了在评估板上安装 RNBD350 模块进行测试时 PCB 天线的技术规范。

表 6-1. RNBD350 模块的 PCB 天线规范

参数	规范
工作频率	2400 至 2500 MHz
峰值增益	2430 MHz 时为 2.9 dBi
效率	50%

PCB 天线辐射模式

下图展示了 RNBD350 模块的天线辐射模式。

图 6-3. Phi = 0°时的 RNBD350 天线辐射模式

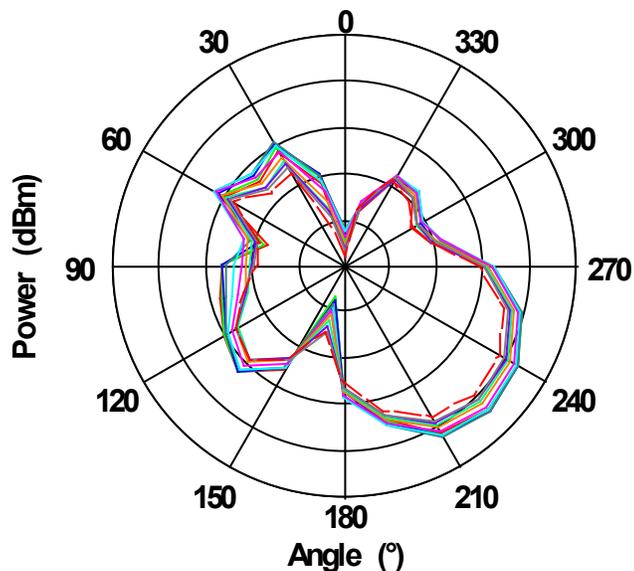


图 6-4. Phi = 90°时的 RNBD350 天线辐射模式

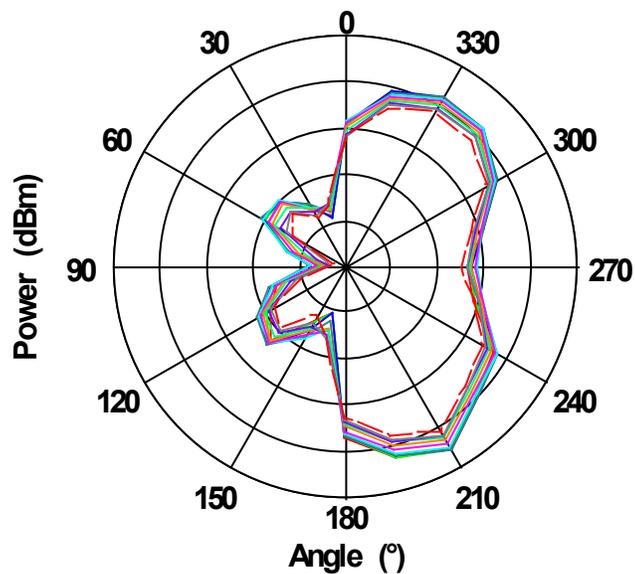


图 6-5. Theta = 90°时的 RNBD350 天线辐射模式

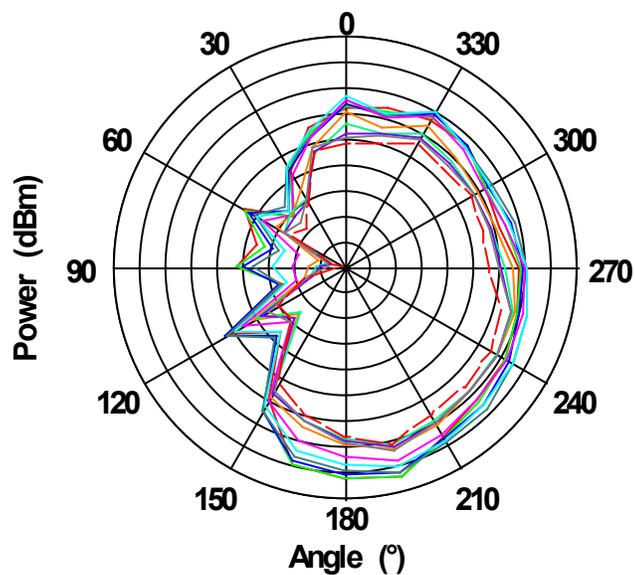
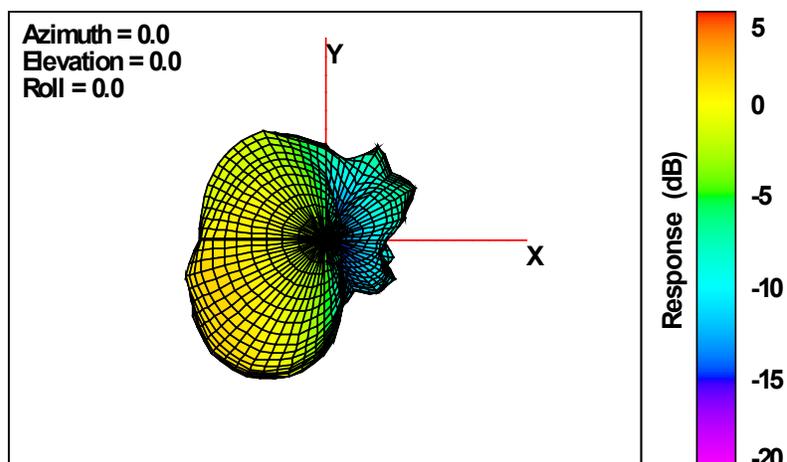


图 6-6. RNBD350 天线辐射三维图



6.5.2. 外部天线布局建议

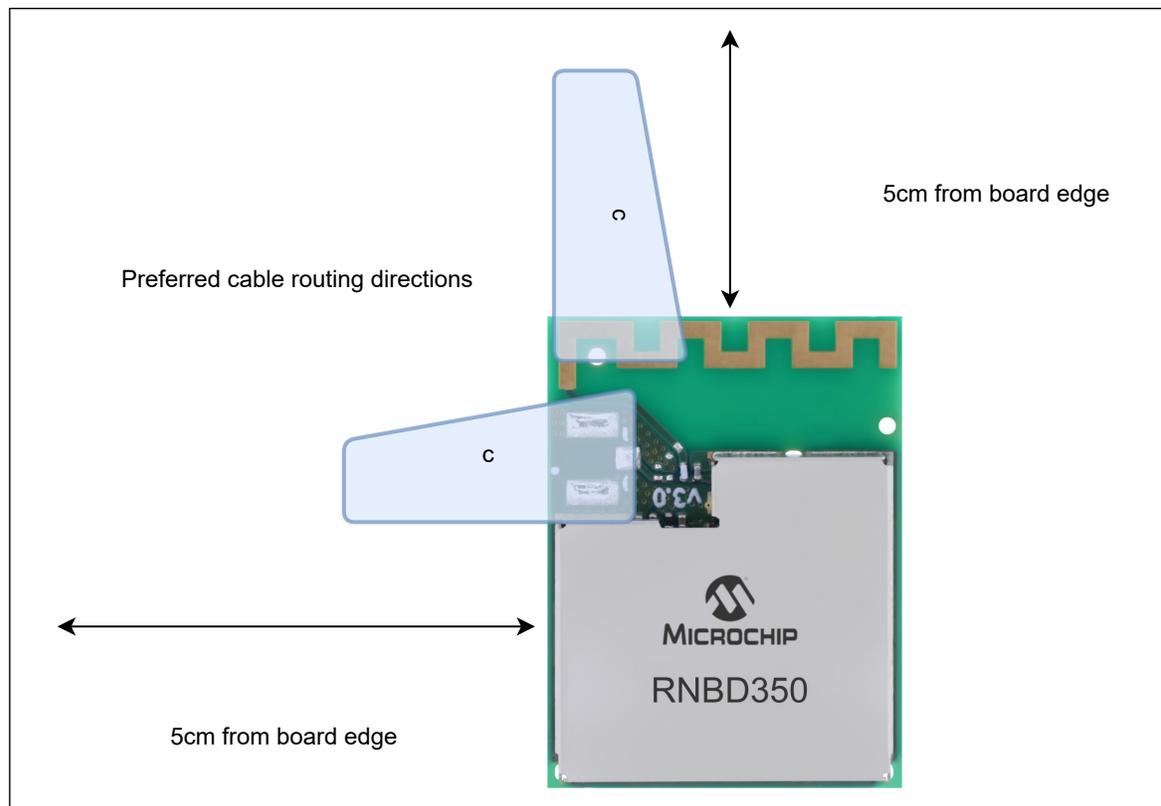
用户在放置天线及其线缆时，必须遵循以下建议：

- 请勿将天线线缆布设在主机电路板上产生电噪声的电路上，也不得布设在模块的侧边或下方。建议将线缆从模块中直接引出。
- 放置天线时，请勿让天线直接接触或靠近塑料外壳/其他物体（除非所选天线特别推荐该方式）。
- 请勿将天线封装在金属屏蔽层中。
- 用户必须将任何能够辐射 2.4-2.5 GHz 频段噪声、信号或谐波的元件远离天线，如果条件允许，还需为此类元件提供屏蔽。主机电路板若辐射任何该频段的辐射噪声，会降低模块的灵敏度。
- 天线与模块的间距需要大于 5 cm。下图展示了天线禁区，天线不得放置在该区域内。

这些建议基于露天环境测量，并未考虑客户最终产品的任何金属屏蔽层。产品使用金属外壳时，天线可以更靠近 RNBD350 模块。

下图展示了如何根据天线相对于 RNBD350 PCB 的位置布设天线线缆。线缆的最佳布线方式有两种选择。

图 6-7. RNBD350 天线布局指南



注：以上为通用指南，建议客户根据 RF 性能在最终主机产品中检查并微调天线位置。

6.5.2.1. 外部天线

RNBD350UE 模块配备超小型表面贴装 U.FL 连接器，用于连接外部天线。天线的选择仅限于已通过模块测试并获得批准的天线类型。

RNBD350UE 模块经批准可与下表列出的天线搭配使用。允许使用其他天线，但需要满足以下条件：天线类型相同、天线增益相同（等于或小于），并且带内和带外特性相似（截止频率详见天线规范表）。

如果使用其他类型的天线，OEM 安装人员必须进行必要评估，并向相应的监管机构申请天线批准，确保符合法规要求。

表 6-2. 可与 RNBD350 模块配合使用的外部天线列表（含天线增益）

天线数量	部件编号	制造商	天线增益 (dBi)	天线类型	备注
1	W3525B039	Pulse	2	PCB	线缆长度 100 mm
2	RFDPA870915IMAB306	WALSIN	1.82	偶极子	150 mm
3	001-0016	LSR	2.5	PIFA	柔性 PCB 天线
4	001-0001	LSR	2	偶极子	RPSMA 连接器
5	1461530100	Molex	3	PCB	100 mm（双频带）
6	ANT-2.4-LPW-125	Linx Technologies	2.8	偶极子	125 mm
7	RFA-02-P05-D034	Alead	2	PCB	150 mm
8	RFA-02-P33-D034	Alead	2	PCB	150 mm
9	ABAR1504-S2450	ABRACON	2.28	PCB	250 mm

表 6-2. 可与 RNBD350 模块配合使用的外部天线列表（含天线增益）（续）

天线数量	部件编号	制造商	天线增益 (dBi)	天线类型	备注
10	WBZ350 LGA	—	2.9	PCB	仅适用于 WBZ350 和 RNBD350 模块

注:

1. 如果使用该模块的最终产品设计有可供最终用户使用的天线端口，则必须使用经 FCC 许可的独特（非标准）天线接口（例如，RP（反向极性）-SMA 插口）。
2. 如果模块 RF 输出与外壳之间使用 RF 同轴电缆，则外壳壁上必须使用独特（非标准）的天线接口与天线连接。
3. 请联系天线供应商获取详细的天线规范，以评估其是否适合最终产品的工作环境并确定替代方案。
4. 如果使用非列表中推荐的外部天线，可能需要在客户的应用电路板上执行额外的校准后步骤。

6.6. RNBD350 模块回流焊温度曲线信息

RNBD350 模块的组装遵循 IPC/JEDEC J-STD-020 标准的无铅回流焊温度曲线。RNBD350 模块可以采用标准含铅或无铅回流焊温度曲线焊接至主机电路板。为避免损坏模块，请遵循以下建议：

- 有关回流焊的建议，请参见 AN233 《有关回流焊的建议》应用笔记（[DS00233_CN](#)）。
- 峰值温度（TP）不得超过 250°C。
- 有关供应商提供的具体回流焊温度曲线建议，请参见 *Solder Paste Data Sheet*。
- 采用免清洗助焊剂。
- 请勿清洗，以免水分滞留在屏蔽层下方。
- 仅进行一次回流焊。如果 PCB 需要多次回流焊，模块应在最后一次回流焊时进行焊接。

6.6.1. 清洁

裸露的 GND 焊盘有助于模块自对准，避免焊盘错位。建议使用免清洗助焊剂。确保回流焊工艺能使免清洗助焊剂完全干燥。根据助焊剂供应商的建议，这需要采用更长的回流焊温度曲线和/或接近工艺窗口上限的峰值温度。未固化的助焊剂残留物在加速测试及实际使用中可能导致腐蚀和/或短路。

6.7. RNBD350 模块组装注意事项

RNBD350 模块配备 EMI 屏蔽层，以确保符合 EMI 发射和抗扰度规则。EMI 屏蔽层由镀锡钢（SPTe）制成，并且未严实密封。使用 IPA 等溶液或类似清洗剂来清洁该模块。用户不得使用含酸清洁剂对模块进行清洁。

6.7.1. 保形涂层

该模块不建议使用保形涂层；如果在该模块上使用保形涂层，客户需要自行承担所有风险（例如模块可靠性、性能下降等）。

7. ASCII 命令 API

有关 RNBD350 模块命令应用程序编程接口（Application Programming Interface, API）的更多详细信息，请参见 *RNBD350 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide*（DS50003684）。

9. 支持的蓝牙低功耗配置文件和服务

RNBD350 模块支持以下内置 GATT 配置文件和服务：

- 器件信息服务（Device Information Service, DIS）
- Microchip OTA 配置文件和服务（用于处理 OTA DFU 执行）
- Microchip 透明配置文件和服务（用于处理 UART 数据流功能）

除了上述内置配置文件和服务外，RNBD350 模块还提供以下功能，以通过 RN 命令集注册更多 GATT 服务和特性属性。内部非易失性存储器（Nonvolatile Memory, NVM），又称持久数据存储（Persistent Data Storage, PDS），用于保存这些注册的 GATT 服务和特性。

- 最多 6 个 GATT 服务，每个 GATT 服务包含 16 位 UUID 和 8 个特性属性
- 最多 4 个 GATT 服务，每个 GATT 服务包含 128 位 UUID 和 8 个特性属性

10. 附录 A: 监管部门批准

RNBD350PE 模块已获得以下国家或地区的监管部门批准:

- 蓝牙特别兴趣小组 (SIG) QDID: 225441
- 美国/FCC ID: 2ADHKWBZ350
- 加拿大/ISED:
 - IC: 20266-WBZ350
 - HVIN: RNBD350PE
- 欧洲/CE
- 日本/MIC: 020-240079
- 韩国/KCC: R-R-mcp-WBZ350
- 台湾地区/NCC: CCAN24Y10264T4
- 中国/SRRC: 24J999P60002
- 英国/UKCA

RNBD350UE 模块已获得以下国家或地区的监管部门批准:

- 蓝牙特别兴趣小组 (SIG) QDID: 225441
- 美国/FCC ID: 2ADHKWBZ350
- 加拿大/ISED:
 - IC: 20266-WBZ350
 - HVIN: RNBD350UE
- 欧洲/CE
- 日本/MIC: 020-240079
- 韩国/KCC: R-R-mcp-WBZ350
- 台湾地区/NCC: CCAN24Y10265T6
- 中国/SRRC: 24J999P6P593(M)
- 英国/UKCA

10.1. 美国

RNBD350 模块已符合联邦通信委员会 (Federal Communications Commission, FCC) CFR47 “电信卷” 第 15 部分 C 子部分 “Intentional Radiators” (有意辐射体) 中第 15.212 小节 “Modular Transmitter” (模块化发送器) 的相关标准, 因此已获得批准。单模块化发送器批准定义为: 一个完整的 RF 子组件, 设计用于集成到其他设备中, 并且必须能独立于任何主机证明其符合 FCC 规则和政策要求。获得模块化授权的发送器可由被授权方或其他设备制造商安装在不同的最终用途产品 (称为主机、主机产品或主机设备) 中, 随后主机产品可能无需针对该特定模块或限定模块器件提供的发送器功能进行额外的测试或设备授权。

用户必须遵循被授权方提供的所有指导说明, 其中指明了合规所需的安装和/或工作条件。

主机产品本身需要遵守所有其他适用的 FCC 设备授权法规、要求, 以及与发送器模块部分无关的设备功能规范。例如, 必须证明符合以下要求: 主机产品内其他发送器元件的相关规定; 无意辐射体 (第 15 部分 B 子部分) 的要求, 例如数字设备、计算机外设、无线电接收器等; 以及根据实际需求, 满足发送器模块中非发送器功能的额外授权要求 (即供应商符合性声明 (Suppliers Declaration of Conformity, SDoC) 或认证) (例如, 蓝牙和 Wi-Fi 发送器模块可能还包含数字逻辑功能)。

10.1.1. 标签和用户信息要求

RNBD350 模块已自身已粘贴的 FCC ID 编号标签，如果模块安装于其他设备内部后看不到 FCC ID，则安装该模块的成品外部必须标注含有内置模块信息的标签。该外部标签必须采用以下措辞：

包含发送器模块 FCC ID: 2ADHKWBZ350

或

包含 FCC ID: 2ADHKWBZ350

此设备符合 FCC 规则的第 15 部分。设备的工作方式需满足以下两个条件：(1) 此设备不能产生有害干扰，(2) 此设备必须能够承受其接收到的所有干扰，包括可能导致意外操作的干扰。

成品的用户手册中必须包含以下声明：

经测试，此设备符合 FCC 规则第 15 部分对 B 类数字设备的限制规定。这些限制旨在针对住宅安装环境中的有害干扰提供合理的保护。此设备会产生、使用和发射射频能量，如果不按照说明进行安装和使用，可能会对无线电通信产生有害干扰。但是，我们无法保证在任何安装环境下都不会产生干扰。如果此设备确实对无线电或电视接收产生有害干扰（可以通过关闭并打开设备进行确定），建议用户尝试通过以下一种或多种方式来消除干扰：

- 调整接收天线的方向或位置
- 增大设备与接收器之间的距离
- 将设备连接到与接收器不同的电源插座
- 向经销商或经验丰富的无线电/电视技术人员寻求帮助

有关第 15 部分设备标签和用户信息要求的更多信息，请参见 KDB 出版物 784748，该文档可通过 FCC 工程技术办公室（Office of Engineering and Technology, OET）实验室部门知识数据库（Knowledge Database, KDB）apps.fcc.gov/oetcf/kdb/index.cfm 获取。

10.1.2. RF 暴露

所有受美国 FCC 监管的发送器均须符合 RF 暴露要求。KDB 447498 General RF Exposure Guidance 中提供了指导，用于确定拟建或现有的发送设施、操作流程或设备是否符合联邦通信委员会（FCC）采用的人体射频（Radio Frequency, RF）场暴露限值。

摘自 FCC 授权书：所列输出功率为传导功率。本授权仅在模块出售给 OEM 集成商且必须由 OEM 或 OEM 集成商安装的情况下有效。本发送器仅限与本认证申请中经过测试的特定天线搭配使用，并且不得与主机设备内的任何其他天线或发送器一起放置或协同工作，除非符合 FCC 多发送器产品的相关规定。

RNBD350：这些模块经批准可安装于移动或/和便携式主机平台中。

10.1.3. 有用的网站

- 美国联邦通信委员会（FCC）：www.fcc.gov。
- FCC 工程技术办公室（OET）实验室部门知识数据库（KDB）：apps.fcc.gov/oetcf/kdb/index.cfm。

10.2. 加拿大

RNBD350 模块已通过认证，符合加拿大创新、科学与经济发展部（Innovation, Science and Economic Development Canada, ISED，前身为加拿大工业部）无线电标准程序（Radio Standards Procedure, RSP）RSP-100、无线电标准规范（Radio Standards Specification, RSS）RSS-Gen 和 RSS-247 要求，可在加拿大境内使用。凭借模块化批准，模块可直接安装在主机设备中，无需对设备进行重新认证。

10.2.1. 标签和用户信息要求

标签要求（摘自 RSP-100——第 12 期，第 5 部分）：主机产品应粘贴适当的标签，以标识主机设备内的模块。

模块安装在主机设备中时，模块上加拿大创新、科学与经济发展部认证标签应始终清晰可见；否则，主机产品必须粘贴标签，标注模块的加拿大创新、科学与经济发展部认证编号，且编号前面加上“包含”或其他同义表述，如下所示：

包含 IC: 20266-WBZ350

免许可无线电设备用户手册须知（摘自 2021 年 2 月第 5 期 RSS-Gen 第 8.4 部分）：免许可无线电设备用户手册应在用户手册的显眼位置、设备本体上，或同时在两者上标注以下内容或同等须知：

本设备包含符合加拿大创新、科学与经济发展部免许可 RSS 的免许可发送器/接收器。设备的工作方式需满足以下两个条件：

- (1) 本设备不得产生干扰；
- (2) 本设备必须能够承受所有干扰，包括可能导致设备异常运行的干扰。

L'émetteur/récepteur exempt de licence contenu dans le présent appareil est conforme aux CNR d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes:

- 1. L'appareil ne doit pas produire de brouillage;**
- 2. L'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.**

发送器天线（摘自 2021 年 2 月第 5 期第 6.8 部分 RSS-GEN）：发送器的用户手册应在显眼位置标注以下内容：

本无线电发送器 IC: 20266-WBZ350 已获得加拿大创新、科学与经济发展部的批准，可与下列天线类型搭配使用，并已标注最大允许增益。未列入该列表且增益大于所列任何类型最大增益的天线严禁与本器件一起使用。

Le présent émetteur radio IC: 20266-WBZ350 a été approuvé par Innovation, Sciences et Développement économique Canada pour fonctionner avec les types d'antenne énumérés cidessous et ayant un gain admissible maximal. Les types d'antenne non inclus dans cette liste, et dont le gain est supérieur au gain maximal indiqué pour tout type figurant sur la liste, sont strictement interdits pour l'exploitation de l'émetteur.

在上述内容之后，制造商应提供经批准可与发送器配合使用的所有天线类型列表，并标注每种天线的最大允许天线增益（以 dBi 为单位）及所需的阻抗。

10.2.2. RF 暴露

所有受加拿大创新、科学与经济发展部（ISED）监管的发送器均须符合 RSS-102 Radio Frequency (RF) Exposure Compliance of Radiocommunication Apparatus（全频段）中列出的 RF 暴露要求。

本发送器仅限与本认证申请中经过测试的特定天线搭配使用，并且不得与主机设备内的任何其他天线或发送器一起放置或协同工作，除非符合加拿大多数发送器产品的相关规定。

RNBD350：在任何用户距离下，该器件的输出功率均处于 ISED SAR 测试豁免限值范围内。

Exposition aux RF

Tous les émetteurs réglementés par Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISED) doivent se conformer à l'exposition aux RF, exigences énumérées dans RSS-102 - Conformité à l'exposition aux radiofréquences (RF) des appareils de radiocommunication (toutes les bandes de fréquences).

Cet émetteur est limité à une utilisation avec une antenne spécifique testée dans cette application pour la certification, et ne doit pas être colocalisé ou fonctionner conjointement avec une autre antenne ou émetteur au sein d'un appareil hôte, sauf conformément avec les procédures canadiennes relatives aux produits multi-transmetteurs.

Les appareils fonctionnent à un niveau de puissance de sortie qui se situe dans les limites du DAS ISED. tester les limites d'exemption à toute distance d'utilisateur supérieure à 20 cm.

10.2.3. 有用的网站

加拿大创新、科学与经济发展部（ISED）：www.ic.gc.ca/。

10.3. 欧洲

RNBD350 是通过无线电设备指令（Radio Equipment Directive, RED）认证的无线电模块，带有 CE 标识，其制造和测试均以集成到最终产品为目标。

RNBD350 模块已按照以下欧洲合规信息表中提到的 RED 2014/53/EU 基本要求完成测试。

表 10-1. 欧洲合规信息

认证	标准	条款
安全性	EN 62368	3.1a
健康	EN 62311	
EMC	EN 301 489-1	3.1b
	EN 301 489-17	
无线电	EN 300 328	3.2

ETSI 在 “*Guide to the application of harmonised standards covering articles 3.1b and 3.2 of the RED 2014/53/EU (RED) to multi-radio and combined radio and non-radio equipment*” 中提供了关于模块化设备的指导，该文档可从以下网址获取：http://www.etsi.org/deliver/etsi_eg/203300_203399/203367/01.01.01_60/eg_203367v010101p.pdf。

注：为确保符合前述“欧洲合规信息表”中列出的标准，模块的安装应遵循本数据手册中的安装说明，并且不得对模块进行修改。当无线电模块集成到最终产品中时，集成商即成为该最终产品的制造商，因此需要负责证明最终产品符合 RED 的基本要求。

10.3.1. 标签和用户信息要求

对于包含 RNBD350 模块的最终产品，其标签必须符合 CE 标识要求。

10.3.2. 符合性评估

根据 ETSI 指导说明 EG 203367 第 6.1 部分，当非无线电产品与无线电产品组合使用时：

如果组合设备制造商在等效评估条件下（即主机设备与用于评估无线电产品的主机设备等效），并且按照无线电产品的安装说明将无线电产品安装在非无线电主机设备中，则无需根据 RED 第 3.2 条对组合设备进行额外评估。

10.3.2.1. 简化版欧盟符合性声明

Microchip 特此声明，无线电设备类型 RNBD350 是符合 2014/53/EU 指令要求。

本产品的欧盟符合性声明全文可通过以下网址获取：www.microchip.com/design-centers/wireless-connectivity/。

10.3.3. 有用的网站

欧洲无线电通信委员会（Radio Communications Committee, ERC）的建议书 70-03 E 可以作为了解欧洲短程设备（Short Range Devices, SRD）使用规范的入门文档，该文档可从欧洲通信委员会（ECC）下载，网址：docdb.cept.org/。

其他有用的网站如下：

- 无线电设备指令（2014/53/EU）：
https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/red_en
- 欧洲邮电管理委员会（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT）：
<http://www.cept.org>
- 欧洲电信标准协会（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）：
<http://www.etsi.org>

- 无线电设备指令合规协会（Radio Equipment Directive Compliance Association, REDCA）：
<http://www.redca.eu/>

10.4. 日本

RNBD350 已获得型式认证，并必须按要求粘贴自身的技术符合性标记和认证编号，以符合日本总务省（Ministry of Internal Affairs and Communications, MIC）根据日本《无线电法》制定的技术标准。

只要遵循安装说明且不对模块进行任何修改，将该模块集成到最终产品时无需额外的无线电认证。可能需要进行额外测试的情况如下：

- 如果主机产品需要符合电器安全规定（例如，由交流电源供电），则主机产品可能需要进行产品安全电器与材料（Product Safety Electrical Appliance and Material, PSE）测试。集成商应联系其合规性实验室，以确定是否需要开展此项测试
- VCCI 针对主机产品提供一项自愿性电磁兼容性（Electromagnetic Compatibility, EMC）测试：
www.vcci.jp/vcci_e/index.html

10.4.1. 标签和用户信息要求

对于包含 RNBD350 的最终产品，其标签必须符合日本标识要求。模块集成商应参考日本总务省（MIC）网站上发布的日本标签要求。

对于 RNBD350 模块，由于模块尺寸限制，技术符合性标志和 ID 标注在数据手册和/或包装上，无法印制在模块标签上。使用该模块的最终产品必须粘贴标签，以标明内部型式认证模块：



10.4.2. 有用的网站

- 日本总务省（MIC）：www.tele.soumu.go.jp/e/index.htm。
- 无线电工业和商业协会（Association of Radio Industries and Businesses, ARIB）：www.arib.or.jp/english/。

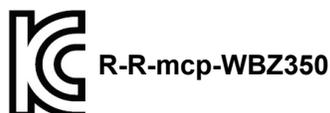
10.5. 韩国

RNBD350 已根据《无线电波法》获得符合性认证。只要遵循安装说明且不对模块进行任何修改，将该模块集成到最终产品时无需额外的无线电认证。

10.5.1. 标签和用户信息要求

对于包含 RNBD350 的最终产品，其标签必须符合 KC 标识要求。模块集成商应参考韩国通信委员会（Korea Communications Commission, KCC）网站上发布的韩国标签要求。

RNBD350 模块自身已粘贴 KC 标识。最终产品需要标注该模块的 KC 标识和证书编号：



10.5.2. 有用的网站

- 韩国通信委员会（KCC）：www.kcc.go.kr。
- 韩国国家无线电研究院（National Radio Research Agency, RRA）：rra.go.kr。

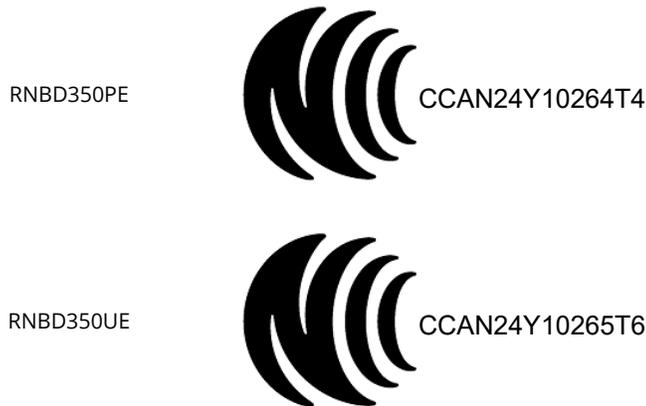
10.6. 台湾地区

RNBD350 模块已根据《电信法》获得合规批准。如果希望在产品中沿用该合规批准，客户应联系 Microchip 销售或分销合作伙伴获取授权函。

只要遵循安装说明且不对模块进行任何修改，将该模块集成到最终产品时无需额外的无线电认证。

10.6.1. 标签和用户信息要求

对于 RNBD350PE 和 RNBD350UE 模块，由于模块尺寸限制，NCC 标识和 ID 仅标注在数据手册中，无法印制在模块标签上：



用户手册应包含以下繁体中文警告（针对 RF 器件）：

根據 NCC LP0002 低功率射頻器材技術規範_章節 3.8.2:

取得審驗證明之低功率射頻器材，非經核准，公司、商號或使用均不得擅自變更頻率、加大功率或變更原設計之特性及功能。

低功率射頻器材之使用不得影響飛航安全及干擾合法通信；經發現有干擾現象時，應立即停用，並改善至無干擾時方得繼續使用。

前述合法通信，指依電信管理法規定作業之無線電通信。

低功率射頻器材須忍受合法通信或工業、科學及醫療用電波輻射性電機設備之干擾。

此模組於取得認證後將依規定於模組本體標示審驗合格標籤，並要求平台廠商於平台上標示本產品內含發射器模組

10.6.2. 有用的网站

台湾地区通讯委员会（National Communications Commission, NCC）：www.ncc.gov.tw

10.7. 中国

RNBD350PE 已根据中国工业和信息化部 2014-01 号公告国家无线电管理委员会（SRRC）认证体系的全模块化批准（FMA）获得符合性认证。只要遵循安装说明且不对模块进行任何修改，将该模块集成到最终产品时无需额外的无线电认证。有关有效期信息，请参见 RNBD350PE 和 RNBD350UEPE 产品页面“Regulatory Approval Documentation Package”下提供的 SRRC 证书。

RNBD350UE 模块已根据中国工业和信息化部 2014-01 号公告国家无线电管理委员会（SRRC）认证体系的有限模块化批准（LMA）获得符合性认证。即便遵循安装说明且不对模块进行任何修改，将该模块集成到最终产品时仍需进行额外的无线电认证（包括辐射杂散发射测试和电磁兼容性（EMC）测试）。有关有效期信息，请参见 RNBD350UE 产品页面“Regulatory Approval Documentation Package”下提供的 SRRC 证书。

10.7.1. 标签和用户信息要求

RNBD350PE 模块自身已粘贴 CMIIT ID 标签，如下所示：

CMIIT ID: 24J999P60002

设备名称: 蓝牙模块

设备型号: RNBD350PE

CMIT ID 核准代码: 24J999P60002

当主机系统（最终产品）配备全模块化批准（FMA）模块时，最终产品标签或用户手册应以简体中文标注 CMIIT ID 信息（本设备包含型号核准代码（分别）为：CMIIT ID: 24J999P60002、...的无线电发射模块。）。

RNBD350UE 模块自身已粘贴 CMIIT ID 标签，如下所示：

设备名称: 蓝牙模块

设备型号: RNBD350UE

CMIT ID 核准代码: 24J999P6P593(M)

当配备有限模块化批准（LMA）模块的主机系统（最终产品）需要进行额外测试并将获得唯一 CMIIT ID 时，标签应仅包含主机系统（最终产品）的 CMIIT ID，而非 LMA 模块的 CMIIT ID。

“模块通过型号核准并不代表嵌入或使用该模块的最终设备符合相关无线电管理技术规定或标准，最终设备厂商须对产品的技术特性是否符合无线电管理技术规定或标准负责”

10.8. UKCA（英国符合性评估）

RNBD350PE 和 RNBD350UE 模块是通过英国符合性评估的无线电模块，符合 CE RED 指令的所有基本要求。

10.8.1. 模块的标签要求和用户要求

对于包含 RNBD350PE 和 RNBD350UE 模块的最终产品，其标签必须符合 UKCA 标识要求。



上述 UKCA 标识印制在模块本身或包装标签上。

有关标签要求的更多详细信息，请参见：

<https://www.gov.uk/guidance/using-the-ukca-marking#check-whether-you-need-to-use-the-new-ukca-marking>.

10.8.2. UKCA 符合性声明

Microchip 特此声明，无线电设备类型 RNBD350 模块符合《2017 年无线电设备法规》要求。本产品的 UKCA 符合性声明全文可通过以下网址获取（在 *Documents > Certifications* 下）：

www.microchip.com/en-us/product/WBZ351PE。

10.8.3. 有用的网站

有关 UKCA 监管部门批准的更多信息，请参见 www.gov.uk/guidance/placing-manufactured-goods-on-the-market-in-great-britain。

10.9. 其他监管信息

有关此处未涵盖的其他国家或地区的监管要求信息，请参见各模块产品页面上提供的“Regulatory Approval Documentation Package”，其中提供了完整的国家或地区列表以及全球相关文档的参考信息。

11. 文档版本历史

文档版本历史描述了在文档中实现的更改。这些更改按版本列出，从最新发布版本开始。

版本	日期	部分	说明
C	2025/6	蓝牙低功耗 RF 特性	删除了与 SOC 相关的+125C 接收器灵敏度曲线图，因为它不适用于 RNBD350 模块。
		模块配置	在表 3-3 中，状态指示 1 和状态指示 2 的引脚编号已分别更正为 PA10 和 PB8。
		RNBD350 模块封装信息	RNBD350 封装外形图已从版本 C04-10055 Rev.C 更新到 C04-10055 Rev.D。
		附录 A: 监管部门批准	在该章节中加入了 RNBD350PE 和 RNBD350UE 的相关内容。
		中国	更新了中国 (SRRC) 的监管部门批准详细信息。
B	2024/11	特性	<ul style="list-style-type: none"> GPIO 数量由 8 个更改为 7 个 删除了以下功能： <ul style="list-style-type: none"> 嵌入式增强安全功能 OTA 器件固件更新 对等 RNBD350 器件上的 OTAPC 器件固件更新
		RF/模拟功能	<ul style="list-style-type: none"> 可编程发射输出功率由+10 dBm 更改为+11 dBm 典型接收器功率灵敏度由-97 更改为-98
		RNBD350 模块订购信息	为 UE 类型新增了一行记录
		模块概述	将散热焊盘名称更新为 EP_PAD
		模块配置	<ul style="list-style-type: none"> 为“I/O 电平控制”添加了 PA10 添加了“状态指示”
		器件编程	删除了“通过 Microchip 蓝牙数据移动应用或模块间 OTA 更新 (OTAPC 模式命令) 实现的固件无线 (OTA) 更新”
		RNBD350 模块布局指南	更新了 RNBD350 模块布局指南相关图示
		PCB 天线	更新了“峰值增益”和“效率”的规范
		外部天线布局建议	增加了新章节
		外部天线	增加了新章节
		蓝牙低功耗 RF 特性	更新了温度曲线图
标签和用户信息要求	添加了与中国相关的标签和用户信息		
A	2024/04	文档	初始版本

Microchip 信息

商标

“Microchip”的名称和徽标组合、“M”徽标及其他名称、徽标和品牌均为 Microchip Technology Incorporated 或其关联公司和/或子公司在美国和/或其他国家或地区的注册商标或商标（“Microchip 商标”）。有关 Microchip 商标的信息，可访问 <https://www.microchip.com/en-us/about/legal-information/microchip-trademarks>。

ISBN: 979-8-3371-1818-5

法律声明

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品，包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他任何方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利，将来可能会发生更新。您须自行确保应用符合您的规范。如需额外的支持，请联系当地的 Microchip 销售办事处，或访问 www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services。

Microchip “按原样”提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或附带的损失、损害或任何类型的开销，Microchip 概不承担任何责任，即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额（如有）。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

Microchip 器件代码保护功能

请注意以下有关 Microchip 产品代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术规范。
- Microchip 确信：在正常使用且符合工作规范的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为，这种行为可能会违反《数字千年版权法案》（Digital Millennium Copyright Act）。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。

产品页链接

[RNBD350PE](#) 和 [RNBD350UE](#)