ESP32-WROOM-32

技术规格书

不推荐用于新设计
(NRND)



版本 3.4
乐鑫信息科技
版权 © 2023

关于本文档

本文档为用户提供 ESP32-WROOM-32 模组的技术规格。

文档版本

请至乐鑫官网 https://www.espressif.com/zh-hans/support/download/documents 下载最新版本文档。

修订历史

请至文档最后页查看修订历史。

文档变更通知

用户可以通过乐鑫官网订阅页面 www.espressif.com/zh-hans/subscribe 订阅技术文档变更的电子邮件通知。您需要更新订阅以接收有关新产品的文档通知。

证书下载

用户可以通过乐鑫官网证书下载页面 www.espressif.com/zh-hans/certificates 下载产品证书。

目录

1 概述 6

2 管脚定义 8
2.1 管脚布局 8
2.2 管脚定义 8
2.3 Strapping 管脚 10

3 功能描述 12
3.1 CPU 和片上存储 12
3.2 外部 Flash 和 SRAM 12
3.3 晶振 12
3.4 RTC 和低功耗管理 12

4 外设接口和传感器 13

5 电气特性 14
5.1 绝对最大额定值 14
5.2 建议工作条件 14
5.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) 14
5.4 Wi-Fi 射频 15
5.5 低功耗蓝牙射频 16
5.5.1 接收器 16
5.5.2 发射器 16

6 电路原理图 17

7 外围原理图 18

8 模组尺寸 19

9 PCB 封装图形 20

10 产品处理 21
10.1 存储条件 21
10.2 静电放电 (ESD) 21
10.3 回流焊温度曲线 21
10.4 超声波振动 22

11 相关文档和资源 23

修订历史 24

表格

1 ESP32-WROOM-32 产品规格 6
2 管脚定义 8
3 Strapping 管脚 10
4 Strapping 管脚的建立时间和保持时间的参数说明 11
5 绝对最大额定值 14
6 建议工作条件 14
7 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) 14
8 Wi-Fi 射频特性 15
9 低功耗蓝牙接收器特性 16
10 低功耗蓝牙发射器特性 16

插图

1 ESP32-WROOM-32 管脚布局（顶视图） 8
2 Strapping 管脚的建立时间和保持时间 11
3 ESP32-WROOM-32 电路原理图 17
4 ESP32-WROOM-32 外围原理图 18
5 ESP32-WROOM-32 尺寸 19
6 PCB 封装图形 20
7 回流焊温度曲线 21

1 概述

ESP32-WROOM-32 是一款通用型 Wi-Fi + Bluetooth® + Bluetooth LE MCU 模组，功能强大，用途广泛，可以用于低功耗传感器网络和要求极高的任务，例如语音编码、音频流和 MP3 解码等。

此款模组的核心是 ESP32-D0WDQ6 芯片 *，具有可扩展、自适应的特点。两个 CPU 核可以被单独控制。时钟频率的调节范围为 80 MHz 到 240 MHz。用户可以切断 CPU 的电源，利用低功耗协处理器来不断地监测外设的状态变化或某些模拟量是否超出阈值。ESP32 还集成了丰富的外设，包括电容式触摸传感器、低噪声传感放大器，SD 卡接口、以太网接口、高速 SDIO/SPI、UART、I2S 和 I2C 等。

说明：

* 关于 ESP32 系列芯片的产品型号说明请参照文档 《ESP32 技术规格书》 。

模组集成了传统蓝牙、低功耗蓝牙和 Wi-Fi，具有广泛的用途：Wi-Fi 支持极大范围的通信连接，也支持通过路由器直接连接互联网；而蓝牙可以让用户连接手机或者广播 Bluetooth LE Beacon 以便于信号检测。ESP32 芯片的睡眠电流小于 5 A，使其适用于电池供电的可穿戴电子设备。模组支持的数据传输速率高达 150 Mbps，天线输出功率达到 20 dBm，可实现最大范围的无线通信。因此，这款模组具有行业领先的技术规格，在高集成度、无线传输距离、功耗以及网络联通等方面性能极佳。

ESP32 的操作系统是带有 LwIP 的 freeRTOS，还内置了带有硬件加速功能的 TLS 1.2。芯片同时支持 OTA 加密升级，方便用户在产品发布之后继续升级。

表 1 列出了 ESP32-WROOM-32 的产品规格。

表 1: ESP32-WROOM-32 产品规格

类别	项目	产品规格
认证	RF 认证	见 ESP32-WROOM-32 证书
	Wi-Fi 认证	Wi-Fi Alliance
	蓝牙认证	BQB
	环保认证	RoHS/REACH
测试	可靠性	HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD
Wi-Fi	协议	802.11 b/g/n（802.11n，速度高达 150 Mbps）
		A-MPDU 和 A-MSDU 聚合，支持 0.4 s 保护间隔
	工作信道中心频率范围	2412 ~ 2484 MHz
蓝牙	协议	符合蓝牙 v4.2 BR/EDR 和 BLE 标准
	射频	具有–97 dBm 灵敏度的 NZIF 接收器
		Class-1, Class-2 和 Class-3 发射器
		AFH
	音频	CVSD 和 SBC 音频

类别	项目	产品规格
硬件	模组接口	SD 卡、UART、SPI、SDIO、I2C、LED PWM、电机 PWM、I2S、IR、脉冲计数器、GPIO、电容式触摸传感器、ADC、DAC、双线汽车接口（TWAI®），兼容 ISO11898-1 协议（CAN 规范 2.0）
	集成晶振	40 MHz 晶振
	集成 SPI flash	4 MB
	工作电压/供电电压	3.0 V ~ 3.6 V
	工作电流	平均：80 mA
	供电电流	最小：500 mA
	建议工作环境温度范围	–40 °C ~ +85 °C
	封装尺寸	18 mm × 25.5 mm × 3.1 mm
	潮湿敏感度等级 (MSL)	等级 3

2 管脚定义

2.1 管脚布局

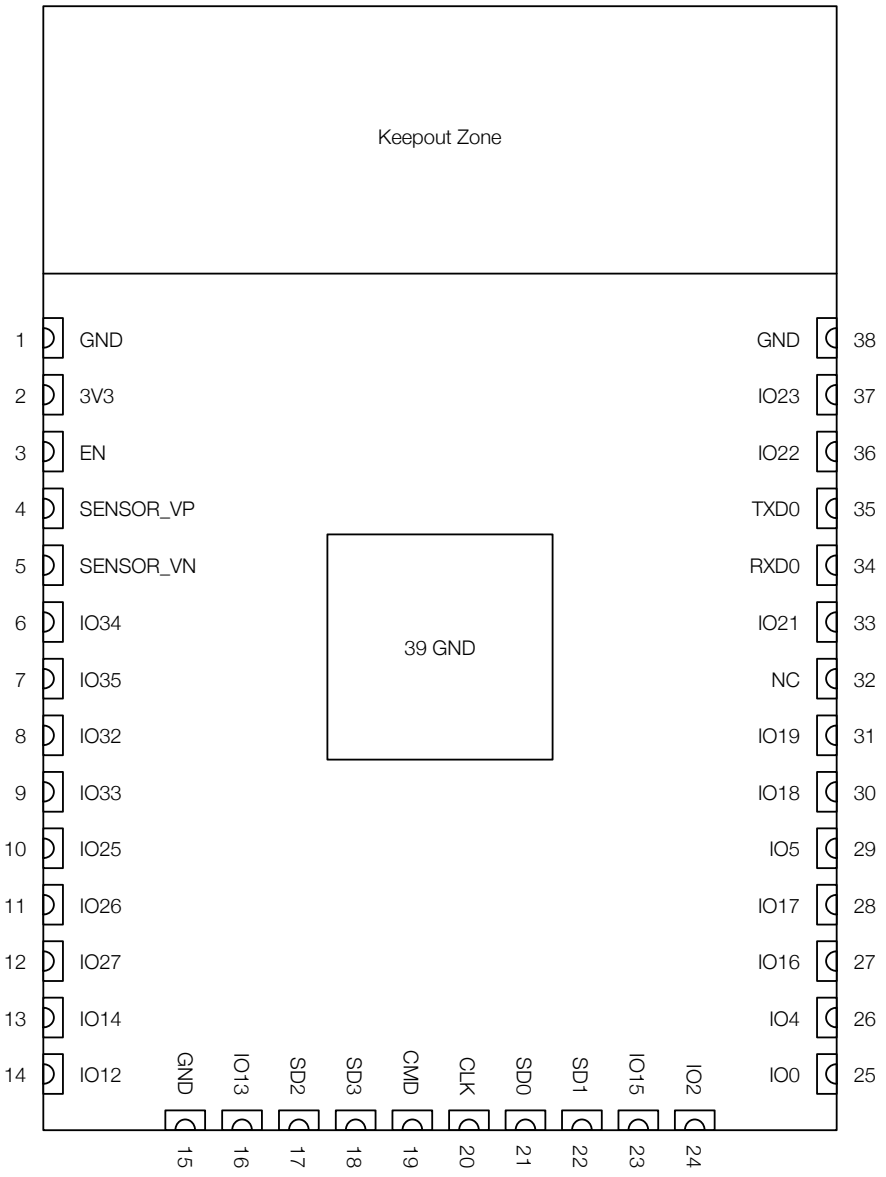


图 1: ESP32-WROOM-32 管脚布局（顶视图）

2.2 管脚定义

ESP32-WROOM-32 共有 38 个管脚，具体描述参见表 2。

表 2: 管脚定义

名称	编号	类型	功能
GND	1	P	接地
3V3	2	P	供电

名称	编号	类型	功能
EN	3	I	使能模组，高电平有效。
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz 晶振输入), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz 晶振输出), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	接地
IO13	16	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SCK/CLK*	20	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDI/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TXD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO23	37	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	接地

注意：

* 管脚 SCK/CLK，SDO/SD0，SDI/SD1，SHD/SD2，SWP/SD3，和 SCS/CMD，即 GPIO6 至 GPIO11 用于连接模组上集成的 SPI flash，不建议用于其他功能。

2.3 Strapping 管脚

ESP32 共有 5 个 Strapping 管脚，可参考章节 6 电路原理图：

- MTDI
- GPIO0
- GPIO2
- MTDO
- GPIO5

软件可以读取寄存器“GPIO_STRAPPING”中这 5 个管脚 strapping 的值。

在芯片的系统复位（上电复位、RTC 看门狗复位、欠压复位）放开的过程中，Strapping 管脚对电平采样并存储到锁存器中，锁存为“0”或“1”，并一直保持到芯片掉电或关闭。

每一个 Strapping 管脚都会连接内部上拉/下拉。如果一个 Strapping 管脚没有外部连接或者连接的外部线路处于高阻抗状态，内部弱上拉/下拉将决定 Strapping 管脚输入电平的默认值。

为改变 Strapping 的值，用户可以应用外部下拉/上拉电阻，或者应用主机 MCU 的 GPIO 控制 ESP32 上电复位放开时的 Strapping 管脚电平。

复位放开后，Strapping 管脚和普通管脚功能相同。

配置 Strapping 管脚的详细启动模式请参阅表 3 。

表 3: Strapping 管脚

内置 LDO (VDD_SDIO) 电压					
管脚	默认	3.3 V		1.8 V	
MTDI	下拉	0		1	
系统启动模式					
管脚	默认	SPI 启动模式		下载启动模式	
GPIO0	上拉	1		0	
GPIO2	下拉	无关项		0	
系统启动过程中，控制 U0TXD 打印					
管脚	默认	U0TXD 正常打印		U0TXD 上电不打印	
MTDO	上拉	1		0	
SDIO 从机信号输入输出时序					
管脚	默认	下降沿采样 下降沿输出	下降沿采样 上升沿输出	上升沿采样 下降沿输出	上升沿采样 上升沿输出
MTDO	上拉	0	0	1	1
GPIO5	上拉	0	1	0	1

说明：

- 固件可以通过配置一些寄存器比特位，在启动后改变“内置 LDO (VDD_SDIO) 电压”和“SDIO 从机信号输入输出时序”的设定。
- 因为模组内置了 3.3 V SPI flash，所以上电时不能将 MTDI 置 1。

图 2 显示了 CHIP_PU 上电前和上电后 Strapping 管脚的建立时间和保持时间。各参数说明如表 4 所示。

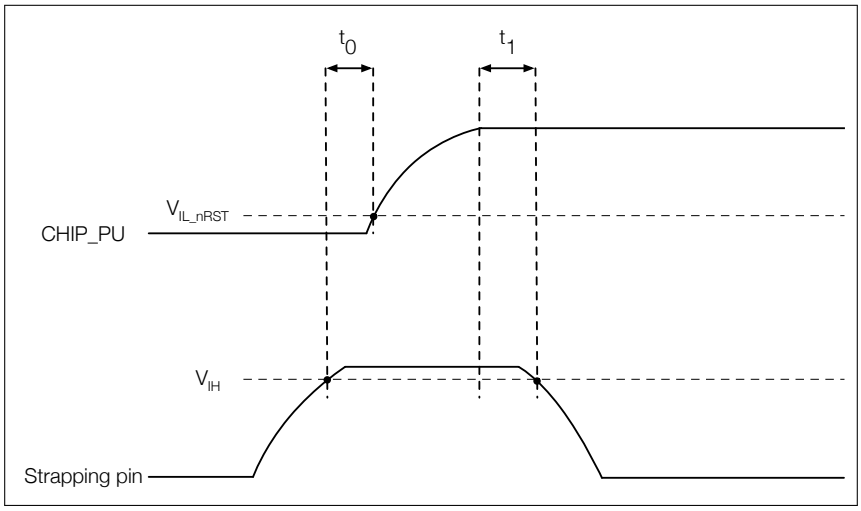


图 2: Strapping 管脚的建立时间和保持时间

表 4: Strapping 管脚的建立时间和保持时间的参数说明

参数	说明	最小值	单位
t_0	CHIP_PU 上电前的建立时间	0	ms
t_1	CHIP_PU 上电后的保持时间	1	ms

3 功能描述

本章描述了 ESP32-WROOM-32 的各个模块和功能。

3.1 CPU 和片上存储

ESP32-D0WDQ6 内置两个低功耗 Xtensa® 32-bit LX6 MCU。片上存储包括：

- 448 KB 的 ROM，用于程序启动和内核功能调用
- 用于数据和指令存储的 520 KB 片上 SRAM
- RTC 快速存储器，为 8 KB 的 SRAM，可以在 Deep-sleep 模式下 RTC 启动时用于数据存储以及被主 CPU 访问
- RTC 慢速存储器，为 8 KB 的 SRAM，可以在 Deep-sleep 模式下被协处理器访问
- 1 Kbit 的 eFuse，其中 256 bit 为系统专用（MAC 地址和芯片设置）；其余 768 bit 保留给用户程序，这些程序包括 flash 加密和芯片 ID

3.2 外部 Flash 和 SRAM

ESP32 支持多个外部 QSPI flash 和静态随机存储器 (SRAM)。详情可参考《ESP32 技术参考手册》中的 SPI 章节。ESP32 还支持基于 AES 的硬件加解密功能，从而保护开发者 flash 中的程序和数据。

ESP32 可通过高速缓存访问外部 QSPI flash 和 SRAM：

- 外部 flash 可以同时映射到 CPU 指令和只读数据空间。
  - 当映射到 CPU 指令空间时，一次最多可映射 11 MB + 248 KB。如果一次映射超过 3 MB + 248 KB，则 cache 性能可能由于 CPU 的推测性读取而降低。
  - 当映射到只读数据空间时，一次最多可以映射 4 MB。支持 8-bit、16-bit 和 32-bit 读取。
- 外部 SRAM 可映射到 CPU 数据空间。一次最多可映射 4 MB。支持 8-bit、16-bit 和 32-bit 访问。

ESP32-WROOM-32 集成了 4 MB 的 SPI flash，连接 ESP32 的管脚 GPIO6，GPIO7，GPIO8，GPIO9，GPIO10 和 GPIO11。这六个管脚不建议用于其他功能。

3.3 晶振

模组使用 40 MHz 晶振。

3.4 RTC 和低功耗管理

ESP32 采用了先进的电源管理技术，可以在不同的功耗模式之间切换。

关于 ESP32 在不同的功耗模式下的电流消耗，详见《ESP32 技术规格书》中章节 “RTC 和低功耗管理”。

4 外设接口和传感器

详见《ESP32 技术规格书》中外设接口和传感器章节。

说明：

GPIO6-11 已用于连接模组上集成的 SPI flash，其它外设可以使用除 GPIO6-11 以外的任一 GPIO，详见章节 6 原理图。

5 电气特性

5.1 绝对最大额定值

超出绝对最大额定值表可能导致器件永久性损坏。这只是强调的额定值，不涉及器件在这些或其它条件下超出本技术规格指标的功能性操作。建议工作条件请参考表 6。

表 5: 绝对最大额定值

符号	参数	最小值	最大值	单位
VDD33	供电电压	–0.3	3.6	V
I_{output}[1]	IO 输出总电流	-	1,100	mA
T_{store}	存储温度	–40	105	°C

1. 模组的 IO 输出总电流的测试条件为 25 °C 环境温度，VDD3P3_RTC, VDD3P3_CPU, VDD_SDIO 三个电源域的管脚输出高电平且直接接地。此时模组在保持工作状态 24 小时后，仍能正常工作。其中 VDD_SDIO 电源域的管脚不包括连接 flash 和/或 PSRAM 的管脚。
2. 关于电源域请参考《ESP32 技术规格书》附录中表 IO_MUX。

5.2 建议工作条件

表 6: 建议工作条件

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
VDD33	供电电压	3.0	3.3	3.6	V
I_{VDD}	外部电源的供电电流	0.5	-	-	A
T	工作环境温度	–40	-	85	°C

5.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

表 7: 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

符号	参数		最小值	典型值	最大值	单位
C_{IN}	管脚电容		-	2	-	pF
V_{IH}	高电平输入电压		0.75×VDD[1]	-	VDD[1]+0.3	V
V_{IL}	低电平输入电压		–0.3	-	0.25×VDD[1]	V
I_{IH}	高电平输入电流		-	-	50	nA
I_{IL}	低电平输入电流		-	-	50	nA
V_{OH}	高电平输出电压		0.8×VDD[1]	-	-	V
V_{OL}	低电平输出电压		-	-	0.1×VDD[1]	V
I_{OH}	高电平拉电流 (VDD[1] = 3.3 V, V_{OH} >= 2.64 V, 管脚输出强度设为最大值)	VDD3P3_CPU 电源域 [1; 2]	-	40	-	mA
		VDD3P3_RTC 电源域 [1; 2]	-	40	-	mA
		VDD_SDIO 电源域 [1; 3]	-	20	-	mA
I_{OL}	低电平灌电流 (VDD[1] = 3.3 V, V_{OL} = 0.495 V, 管脚输出强度设为最大值)		-	28	-	mA

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
R_{PU}	上拉电阻	-	45	-	k
R_{PD}	下拉电阻	-	45	-	k
V_{IL_nRST}	CHIP_PU 关闭芯片的低电平输入电压	-	-	0.6	V

说明：

1. VDD 是 I/O 的供电电源。关于电源域请参考《ESP32 技术规格书》附录中表 IO_MUX。
2. VDD3P3_CPU 和 VDD3P3_RTC 电源域管脚的单个管脚的拉电流随管脚数量增加而减小，从约 40 mA 减小到约 29 mA。
3. VDD_SDIO 电源域的管脚不包括连接 flash 和/或 PSRAM 的管脚。

5.4 Wi-Fi 射频

表 8: Wi-Fi 射频特性

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作信道中心频率范围 [1]	-	2412	-	2484	MHz
输出阻抗 [2]	-	-	见说明 2	-	
输出功率 [3]	11n, MCS7	12	13	14	dBm
	11b 模式	17.5	18.5	20	dBm
灵敏度	11b, 1 Mbps	-	–98	-	dBm
	11b, 11 Mbps	-	–89	-	dBm
	11g, 6 Mbps	-	–92	-	dBm
	11g, 54 Mbps	-	–74	-	dBm
	11n, HT20, MCS0	-	–91	-	dBm
	11n, HT20, MCS7	-	–71	-	dBm
	11n, HT40, MCS0	-	–89	-	dBm
	11n, HT40, MCS7	-	–69	-	dBm
邻道抑制	11g, 6 Mbps	-	31	-	dB
	11g, 54 Mbps	-	14	-	dB
	11n, HT20, MCS0	-	31	-	dB
	11n, HT20, MCS7	-	13	-	dB

1. 工作信道中心频率范围应符合国家或地区的规范标准。软件可以配置工作信道中心频率范围。
2. 使用外部天线的模组输出阻抗为 50 Ω，不使用外部天线的模组可无需关注输出阻抗。
3. 根据产品或认证的要求，用户可以配置目标功率。

5.5 低功耗蓝牙射频

5.5.1 接收器

表 9: 低功耗蓝牙接收器特性

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	-	-	–97	-	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	-	0	-	-	dBm
共信道抑制比 C/I	-	-	+10	-	dB
邻道抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	-	–5	-	dB
	F = F0 –1 MHz	-	–5	-	dB
	F = F0 + 2 MHz	-	–25	-	dB
	F = F0 –2 MHz	-	–35	-	dB
	F = F0 + 3 MHz	-	–25	-	dB
	F = F0 –3 MHz	-	–45	-	dB
带外阻塞	30 MHz ~ 2000 MHz	–10	-	-	dBm
	2000 MHz ~ 2400 MHz	–27	-	-	dBm
	2500 MHz ~ 3000 MHz	–27	-	-	dBm
	3000 MHz ~ 12.5 GHz	–10	-	-	dBm
互调	-	–36	-	-	dBm

5.5.2 发射器

表 10: 低功耗蓝牙发射器特性

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
射频发射功率	-	-	0	-	dBm
增益控制步长	-	-	3	-	dBm
射频功率控制范围	-	–12	-	+9	dBm
邻道发射功率	F = F0 ± 2 MHz	-	–52	-	dBm
	F = F0 ± 3 MHz	-	–58	-	dBm
	F = F0 ± > 3 MHz	-	–60	-	dBm
$f1_{avg}$	-	-	-	265	kHz
$f2_{max}$	-	247	-	-	kHz
$f2_{avg}/\ f1_{avg}$	-	-	–0.92	-	-
ICFT	-	-	–10	-	kHz
漂移速率	-	-	0.7	-	kHz/50 s
偏移	-	-	2	-	kHz