# ESP32-C61-MINI-1
# ESP32-C61-MINI-1U

## 技术规格书 版本 1.0

2.4 GHz Wi-Fi 6 (802.11ax) 和 Bluetooth® 5 (LE) 模组
内置 ESP32-C61 系列芯片，RISC-V 32 位单核处理器
Flash 最大可选 8 MB，PSRAM 最大可选 8 MB
多达 23 个 GPIO，丰富的外设
板载 PCB 天线或外部天线连接器

ESP32-C61-MINI-1

ESP32-C61-MINI-1U

ESPRESSIF

# 1 模组概述

**说明：**

点击链接或扫描二维码确保您使用的是最新版本的文档：
https://espressif.com/documentation/esp32-c61-mini-1_mini-1u_datasheet_cn.pdf

## 1.1 特性

### CPU 和片上存储器

- 内置 ESP32-C61 芯片，RISC-V 32 位单核处理器，支持高达 160 MHz 的时钟频率
- ROM：256 KB
- SRAM：320 KB
- 最大 8 MB PSRAM
- 最大 8 MB Quad SPI flash

### Wi-Fi

- 工作在 2.4 GHz 频段，1T1R
- 工作信道中心频率范围：2412 ~ 2484 MHz
- 支持 IEEE 802.11ax 协议：
  - 仅 20 MHz 非接入点工作模式 (20 MHz-only non-AP mode)
  - MCS0 ~ MCS9
  - 上行、下行正交频分多址接入 (OFDMA)，特别适用于高密度应用下的多用户并发传输
  - 下行多用户多输入多输出 (MU-MIMO)，提升网络容量
  - 波束成形接收端 (Beamformee)，提升信号质量
  - 信道质量指示 (Channel quality indication, CQI)
  - 双载波调制 (dual carrier modulation, DCM)，提高链路稳定性
  - 空间复用 (Spatial reuse)，提升并行传输能力
  - 目标唤醒时间 (TWT)，提供更好的节能机制
- 完全兼容 IEEE 802.11b/g/n 协议：
  - 支持 20 MHz 和 40 MHz 频宽
  - 数据速率高达 150 Mbps
  - 无线多媒体 (WMM)
  - 帧聚合 (TX/RX A-MPDU, TX/RX A-MSDU)
  - 立即块确认 (Immediate Block ACK)
  - 分片和重组 (Fragmentation and defragmentation)
  - 传输机会 (Transmission opportunity, TXOP)
  - Beacon 自动监测（硬件 TSF）
  - 4 × 虚拟 Wi-Fi 接口
  - 同时支持基础结构型网络 (Infrastructure BSS) Station 模式、SoftAP 模式、Station + SoftAP 模式和混杂模式
    请注意 ESP32-C61 在 Station 模式下扫描时，SoftAP 信道会同时改变
  - 802.11mc FTM

### 蓝牙

- 低功耗蓝牙 (Bluetooth LE)：通过 Bluetooth 5.3 认证
- Bluetooth mesh
- 高功率模式 (20 dBm)
- 速率支持 125 Kbps、500 Kbps、1 Mbps、2 Mbps
- 广播扩展 (Advertising Extensions)

- 多广播 (Multiple Advertisement Sets)
- 信道选择 (Channel Selection Algorithm #2)
- 功率控制 (LE Power Control)
- Wi-Fi 与蓝牙共存，共用同一个天线

### 外设

- GPIO、SPI、UART、I2C、I2S、LED PWM、USB 串口/JTAG 控制器、通用 DMA 控制器、片上 JTAG 调试功能、事件任务矩阵、ADC、温度传感器、欠压监测器、模拟电压比较器、通用定时器、系统定时器、看门狗定时器

### 模组集成元件

- 40 MHz 集成晶振

### 天线选型

- 板载 PCB 天线 (ESP32-C61-MINI-1)
- 通过连接器连接外部天线 (ESP32-C61-MINI-1U)

### 工作条件

- 工作电压/供电电压：3.0 ~ 3.6 V
- 工作环境温度：–40 ~ 85 °C

### 认证

- RF 认证：见 证书
- 环保认证：RoHS/REACH

### 测试

- HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD

## 1.2 型号对比

ESP32-C61-MINI-1 和 ESP32-C61-MINI-1U 是通用型 Wi-Fi 和低功耗蓝牙 (Bluetooth LE) 模组，功能强大，具有丰富的外设接口，可用于智能家居、工业自动化、医疗保健、消费电子产品等领域。

ESP32-C61-MINI-1 采用 PCB 板载天线，ESP32-C61-MINI-1U 采用连接器连接外部天线。除非另有说明，本规格书中的信息适用于上述两款模组。

两款模组均有多种型号可供选择，命名规则见图 1，型号对比见表 1 和 2。

模组型号命名规则如下图所示：

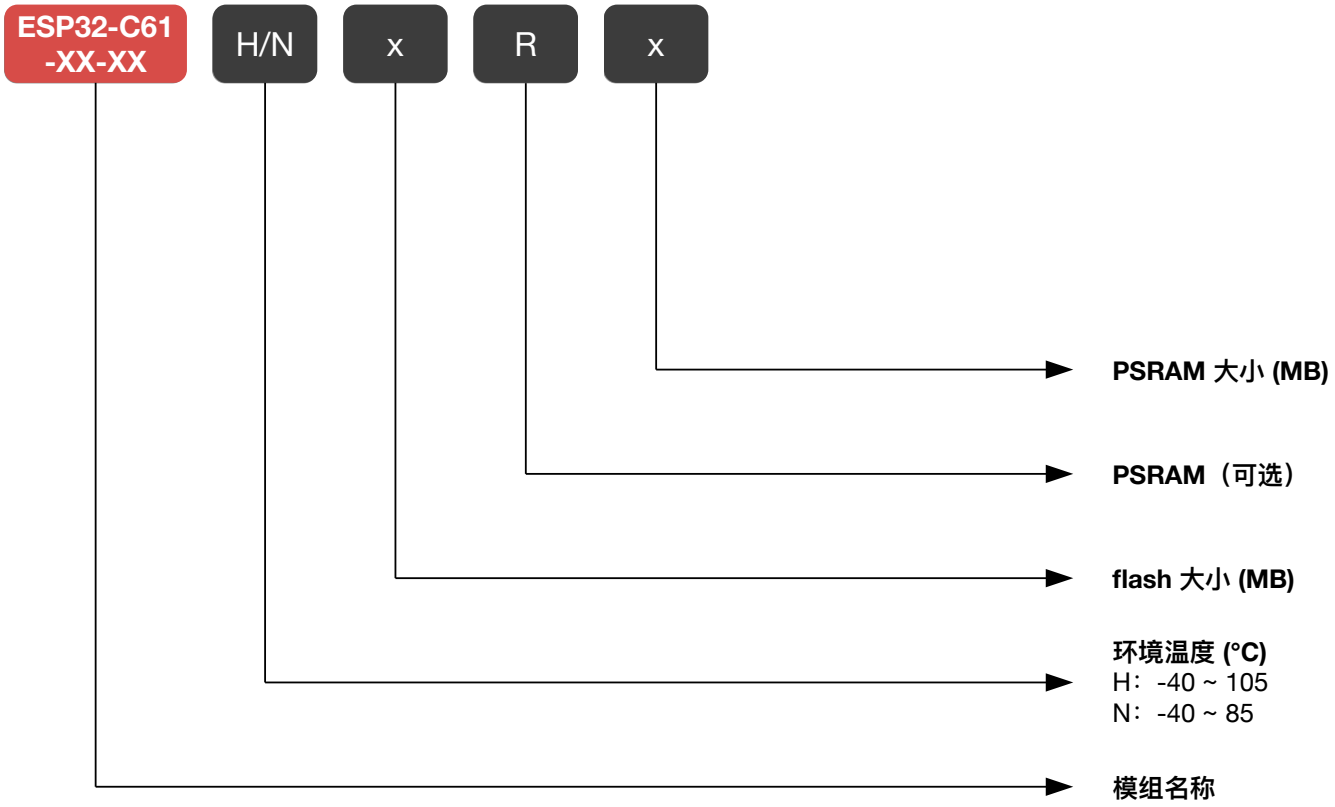


**图 1: ESP32-C61 模组型号命名规则**

两款模组的系列型号对比如下表所示：

**表 1: ESP32-C61-MINI-1（天线）系列型号对比[1]**

| 物料编号 | Flash[2,3] | PSRAM | 内置芯片 | 环境温度[4] (°C) | 模组尺寸 (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| ESP32-C61-MINI-1-N4 | 4 MB (Quad SPI) | – | ESP32-C61HF4 | –40 ~ 85 | 13.2 × 16.6 × 2.4 |
| ESP32-C61-MINI-1-N8R8 | 8 MB (Quad SPI) | 8 MB (Quad SPI) | ESP32-C61NF8R8LA | –40 ~ 85 | 13.2 × 16.6 × 2.4 |

[1] 本表格中的注释内容与表 2 一致。

**表 2: ESP32-C61-MINI-1U（连接器）系列型号对比**

| 物料编号[5] | Flash[2,3] | PSRAM | 内置芯片 | 环境温度[4] (°C) | 模组尺寸 (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| ESP32-C61-MINI-1U-N4 | 4 MB (Quad SPI) | – | ESP32-C61HF4 | –40 ~ 85 | 13.2 × 12.5 × 2.4 |
| ESP32-C61-MINI-1U-N8R8 | 8 MB (Quad SPI) | 8 MB (Quad SPI) | ESP32-C61NF8R8LA | –40 ~ 85 | 13.2 × 12.5 × 2.4 |

[2] 默认情况下，模组 SPI flash 支持的最大时钟频率为 80 MHz，且不支持自动暂停功能。如需使用 flash 自动暂停功能，请联系我们。

[3] flash 封装在芯片内部。

[4] 环境温度指乐鑫模组外部的推荐环境温度。

[5] ESP32-C61-MINI-1U 默认使用 ANT1。如需订购 ANT2 型号，其命名规则为在通用物料编号后加 T2，例如 ESP32-C61-MINI-1U-N8R8T2。

该款模组采用的是 ESP32-C61 芯片，搭载 RISC-V 32 位单核处理器。关于 ESP32-C61 的更多信息请参考《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》。

## 1.3 应用

- 智能家居
- 工业自动化
- 医疗保健
- 消费电子产品
- 智慧农业
- POS 机
- 服务机器人
- 音频设备
- 通用低功耗 IoT 传感器集线器
- 通用低功耗 IoT 数据记录器

# 目录


1 模组概述 2
1.1 特性 2
1.2 型号对比 3
1.3 应用 5

2 功能框图 10

3 管脚定义 11
3.1 管脚布局 11
3.2 管脚描述 12

4 启动配置项 15
4.1 芯片启动模式控制 16
4.2 SDIO 输入采样沿和输出驱动沿控制 17
4.3 ROM 日志打印控制 17
4.4 JTAG 信号源控制 18

5 外设 19
5.1 外设概述 19
5.2 外设描述 19
5.2.1 通讯接口 19
5.2.1.1 UART 控制器 19
5.2.1.2 SPI 控制器 20
5.2.1.3 I2C 控制器 21
5.2.1.4 I2S 控制器 21
5.2.1.5 USB 串口/JTAG 控制器 22
5.2.1.6 LED PWM 控制器 22
5.2.1.7 SDIO 从机控制器 23
5.2.2 模拟信号处理 23
5.2.2.1 SAR ADC 23
5.2.2.2 温度传感器 24
5.2.2.3 模拟电压比较器 24

6 电气特性 26
6.1 绝对最大额定值 26
6.2 建议工作条件 26
6.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) 26
6.4 功耗特性 27
6.4.1 Active 模式下的功耗 27
6.4.2 其他功耗模式下的功耗 28

7 射频特性 29
7.1 Wi-Fi 射频 29

7.1.1 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性 29
7.1.2 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性 30
7.2 低功耗蓝牙射频 32
7.2.1 低功耗蓝牙射频发射器 (TX) 特性 32
7.2.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性 33

8 模组原理图 36

9 外围设计原理图 38

10 尺寸规格 40
10.1 模组尺寸 40
10.2 外部天线连接器尺寸 41

11 PCB 布局建议 42
11.1 PCB 封装图形 42
11.2 PCB 设计中的模组位置摆放 43

12 产品处理 44
12.1 存储条件 44
12.2 静电放电 (ESD) 44
12.3 回流焊温度曲线 44
12.4 超声波振动 45

相关文档和资源 46

修订历史 47

# 表格


| | | |
|---|---|---|
| 1 | ESP32-C61-MINI-1（天线）系列型号对比[1] | 4 |
| 2 | ESP32-C61-MINI-1U（连接器）系列型号对比 | 4 |
| 3 | ESP32-C61-MINI-1 管脚定义[1] | 12 |
| 4 | ESP32-C61-MINI-1U 管脚定义 | 13 |
| 5 | Strapping 管脚默认配置 | 15 |
| 6 | Strapping 管脚的时序参数说明 | 16 |
| 7 | 芯片启动模式控制 | 16 |
| 8 | SDIO 输入采样沿/输出驱动沿控制 | 17 |
| 9 | UART0 ROM 日志打印控制 | 17 |
| 10 | USB 串口/JTAG ROM 日志打印控制 | 18 |
| 11 | JTAG 信号源控制 | 18 |
| 12 | 绝对最大额定值 | 26 |
| 13 | 建议工作条件 | 26 |
| 14 | 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) | 26 |
| 15 | Active 模式下 Wi-Fi (2.4 GHz) 功耗特性 | 27 |
| 16 | Active 模式下低功耗蓝牙功耗特性 | 27 |
| 17 | Modem-sleep 模式下的功耗 | 28 |
| 18 | 低功耗模式下的功耗 | 28 |
| 19 | Wi-Fi 射频规格 | 29 |
| 20 | 频谱模板和 EVM 符合 802.11 标准时的发射功率 | 29 |
| 21 | 发射 EVM 测试[1] | 29 |
| 22 | 接收灵敏度 | 30 |
| 23 | 最大接收电平 | 31 |
| 24 | 接收邻道抑制 | 31 |
| 25 | 低功耗蓝牙射频规格 | 32 |
| 26 | 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 1 Mbps | 32 |
| 27 | 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 2 Mbps | 32 |
| 28 | 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 125 Kbps | 33 |
| 29 | 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 500 Kbps | 33 |
| 30 | 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 1 Mbps | 33 |
| 31 | 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 2 Mbps | 34 |
| 32 | 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 125 Kbps | 34 |
| 33 | 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 500 Kbps | 35 |

# 插图


| | | |
|---|---|---|
| 1 | ESP32-C61 模组型号命名规则 | 4 |
| 2 | ESP32-C61-MINI-1 功能框图 | 10 |
| 3 | ESP32-C61-MINI-1U 功能框图 | 10 |
| 4 | ESP32-C61-MINI-1 管脚布局（顶视图） | 11 |
| 5 | ESP32-C61-MINI-1U 管脚布局（顶视图） | 12 |
| 6 | Strapping 管脚的时序参数图 | 16 |
| 7 | ESP32-C61-MINI-1 原理图 | 36 |
| 8 | ESP32-C61-MINI-1U 原理图 | 37 |
| 9 | ESP32-C61-MINI-1 外围设计原理图 | 38 |
| 10 | ESP32-C61-MINI-1U 外围设计原理图 | 39 |
| 11 | ESP32-C61-MINI-1 模组尺寸 | 40 |
| 12 | ESP32-C61-MINI-1U 模组尺寸 | 40 |
| 13 | 外部天线连接器尺寸图 | 41 |
| 14 | ESP32-C61-MINI-1 推荐 PCB 封装图形 | 42 |
| 15 | ESP32-C61-MINI-1U 推荐 PCB 封装图形 | 43 |
| 16 | 回流焊温度曲线 | 44 |

# 2 功能框图

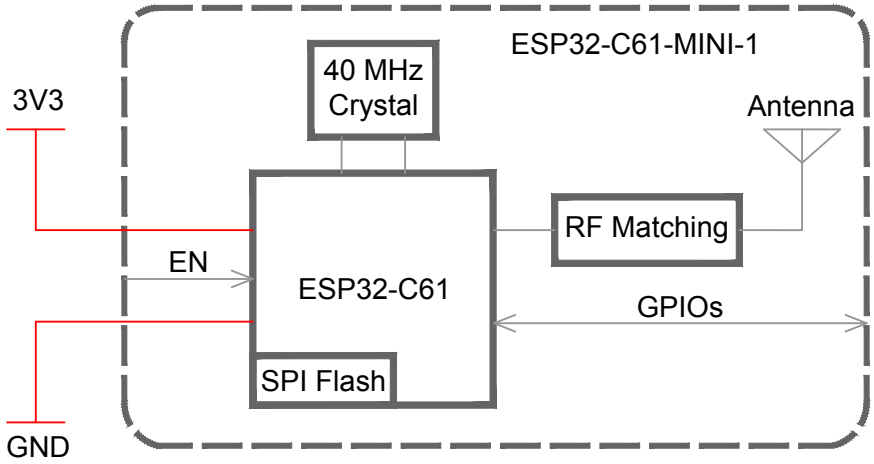


图 2: ESP32-C61-MINI-1 功能框图

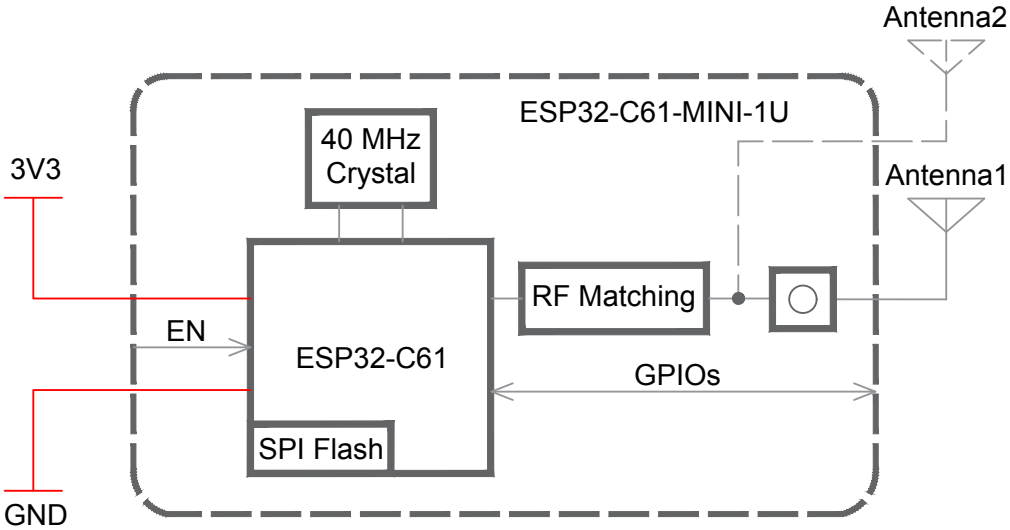


图 3: ESP32-C61-MINI-1U 功能框图

# 3 管脚定义

## 3.1 管脚布局

管脚布局图显示了模组上管脚的大致位置。按比例绘制的实际布局请参考图 10.1 模组尺寸。

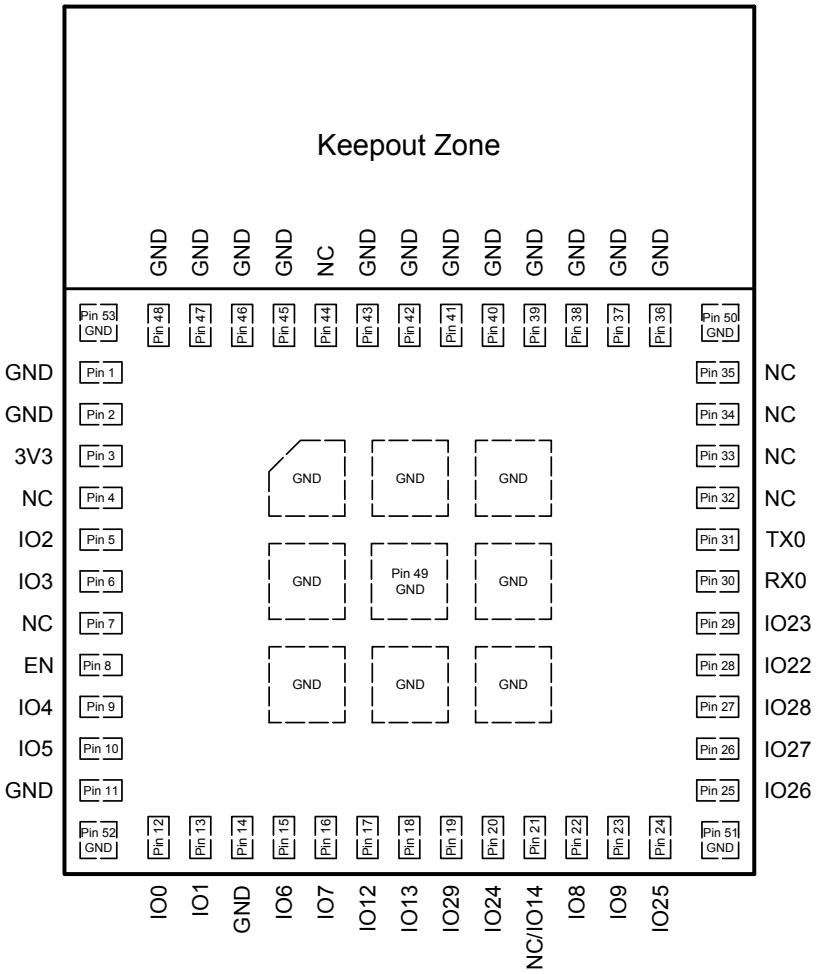


**图 4: ESP32-C61-MINI-1 管脚布局（顶视图）**

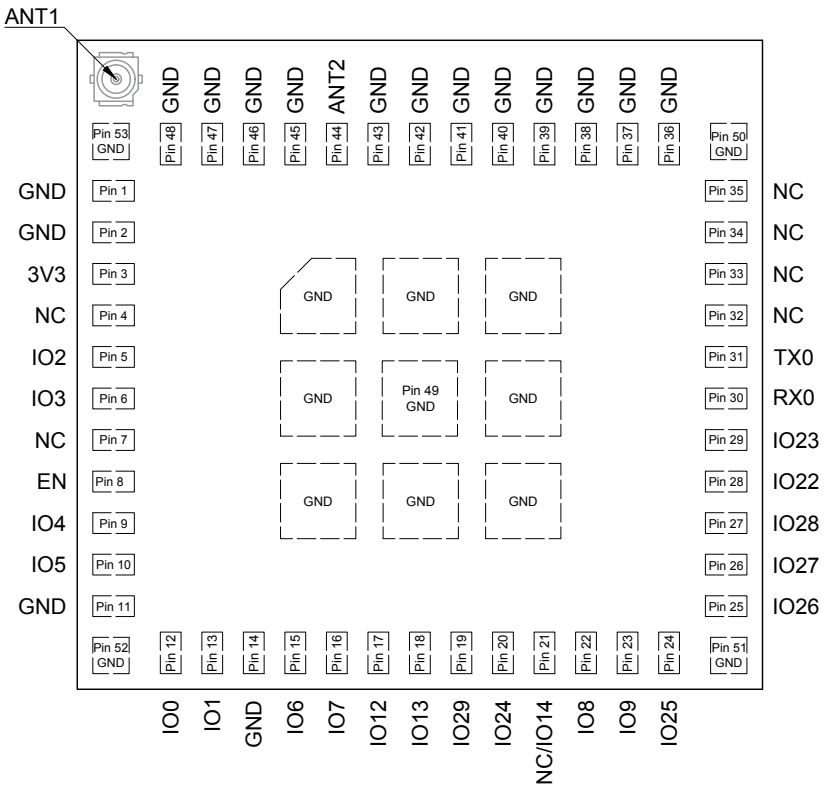


**图 5: ESP32-C61-MINI-1U 管脚布局（顶视图）**

## 3.2 管脚描述

模组 ESP32-C61-MINI-1 和 ESP32-C61-MINI-1U 分别有 53 个管脚，具体描述参见表 3 和表 4 。

外设管脚分配请参考 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 。

**表 3: ESP32-C61-MINI-1 管脚定义[1]**

| 名称 | 序号 | 类型[2] | 功能 |
|---|---|---|---|
| GND | 1, 2, 11, 14, 36~43, 45~53 | P | 接地 |
| 3V3 | 3 | P | 供电 |
| NC | 4, 7, 32~35, 44 | — | 空管脚 |
| IO2 | 5 | I/O/T | GPIO2, LP_GPIO2, FSPIQ |
| IO3 | 6 | I/O/T | MTMS, GPIO3, LP_GPIO3, ADC1_CH1, FSPIHD |
| EN | 8 | I | 高电平：芯片使能；<br>低电平：芯片关闭；<br>注意不能让 EN 管脚浮空。 |
| IO4 | 9 | I/O/T | MTDI, GPIO4, LP_GPIO4, ADC1_CH2, FSPIWP |
| IO5 | 10 | I/O/T | MTCK, GPIO5, LP_GPIO5, ADC1_CH3 |
| IO0 | 12 | I/O/T | GPIO0, XTAL_32K_P, LP_GPIO0 |
| IO1 | 13 | I/O/T | GPIO1, XTAL_32K_N, LP_GPIO1, ADC1_CH0 |
| IO6 | 15 | I/O/T | MTDO, GPIO6, LP_GPIO6, FSPICLK |
| IO7 | 16 | I/O/T | GPIO7, FSPID |
| IO12 | 17 | I/O/T | GPIO12, USB_D- |

**见下页**

表 3 – 接上页

| 名称 | 序号 | 类型[2] | 功能 |
|---|---|---|---|
| IO13 | 18 | I/O/T | GPIO13, USB_D+ |
| IO29 | 19 | I/O/T | GPIO29 |
| IO24 | 20 | I/O/T | GPIO24 |
| NC/IO14 | 21 | I/O/T | SPICS1, GPIO14[3] |
| IO8 | 22 | I/O/T | GPIO8, FSPICS0, ZCD0 |
| IO9 | 23 | I/O/T | GPIO9, ZCD1 |
| IO25 | 24 | I/O/T | GPIO25, SDIO_CMD |
| IO26 | 25 | I/O/T | GPIO26, SDIO_CLK |
| IO27 | 26 | I/O/T | GPIO27, SDIO_DATA0 |
| IO28 | 27 | I/O/T | GPIO28, SDIO_DATA1 |
| IO22 | 28 | I/O/T | GPIO22, SDIO_DATA2 |
| IO23 | 29 | I/O/T | GPIO23, SDIO_DATA3 |
| RX0 | 30 | I/O/T | U0RXD, GPIO10 |
| TX0 | 31 | I/O/T | U0TXD, GPIO11 |

[1] 本表格中注释 2、3 内容与表 4 一致。

表 4: ESP32-C61-MINI-1U 管脚定义

| 名称 | 序号 | 类型[2] | 功能 |
|---|---|---|---|
| GND | 1, 2, 11, 14, 36~43, 45~53 | P | 接地 |
| 3V3 | 3 | P | 供电 |
| NC | 4, 7, 32~35 | — | 空管脚 |
| IO2 | 5 | I/O/T | GPIO2, LP_GPIO2, FSPIQ |
| IO3 | 6 | I/O/T | MTMS, GPIO3, LP_GPIO3, ADC1_CH1, FSPIHD |
| EN | 8 | I | 高电平：芯片使能；<br>低电平：芯片关闭；<br>注意不能让 EN 管脚浮空。 |
| IO4 | 9 | I/O/T | MTDI, GPIO4, LP_GPIO4, ADC1_CH2, FSPIWP |
| IO5 | 10 | I/O/T | MTCK, GPIO5, LP_GPIO5, ADC1_CH3 |
| IO0 | 12 | I/O/T | GPIO0, XTAL_32K_P, LP_GPIO0 |
| IO1 | 13 | I/O/T | GPIO1, XTAL_32K_N, LP_GPIO1, ADC1_CH0 |
| IO6 | 15 | I/O/T | MTDO, GPIO6, LP_GPIO6, FSPICLK |
| IO7 | 16 | I/O/T | GPIO7, FSPID |
| IO12 | 17 | I/O/T | GPIO12, USB_D- |
| IO13 | 18 | I/O/T | GPIO13, USB_D+ |
| IO29 | 19 | I/O/T | GPIO29 |
| IO24 | 20 | I/O/T | GPIO24 |
| NC/IO14 | 21 | I/O/T | SPICS1, GPIO14[3] |
| IO8 | 22 | I/O/T | GPIO8, FSPICS0, ZCD0 |
| IO9 | 23 | I/O/T | GPIO9, ZCD1 |
| IO25 | 24 | I/O/T | GPIO25, SDIO_CMD |

见下页

**表 4 – 接上页**

| 名称 | 序号 | 类型[2] | 功能 |
|---|---|---|---|
| IO26 | 25 | I/O/T | GPIO26, SDIO_CLK |
| IO27 | 26 | I/O/T | GPIO27, SDIO_DATA0 |
| IO28 | 27 | I/O/T | GPIO28, SDIO_DATA1 |
| IO22 | 28 | I/O/T | GPIO22, SDIO_DATA2 |
| IO23 | 29 | I/O/T | GPIO23, SDIO_DATA3 |
| RX0 | 30 | I/O/T | U0RXD, GPIO10 |
| TX0 | 31 | I/O/T | U0TXD, GPIO11 |
| ANT2[4] | 44 | I/O | 射频输入和输出 |

[2] P：电源；I：输入；O：输出；T：可设置为高阻。

[3] 在集成封装内 SPI PSRAM 的模组中，此管脚已用作 SPI PSRAM 的 SPICS1，不可再用于其他功能；在未集成封装内 SPI PSRAM 的模组中，此管脚可用作 GPIO14。

[4] 默认情况下，ESP32-C61-MINI-1U 使用 ANT1, ANT2 处于禁用状态。如需使用 ANT2，请联系我们。

# 4 启动配置项

**说明：**
以下内容摘自 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *启动配置项*。芯片 Strapping 管脚与模组管脚的对应关系，可参考章节 8 *模组原理图*。

芯片在上电或硬件复位时，可以通过 strapping-pin 和 efuse-parameter 配置如下启动参数，无需微处理器的参与：

- **芯片启动模式**
  - Strapping 管脚：GPIO8 和 GPIO9
- **SDIO 输入采样沿和输出驱动沿控制**
  - Strapping 管脚：MTDI 和 MTMS
- **ROM 日志打印**
  - Strapping 管脚：GPIO8
  - eFuse 参数：EFUSE_UART_PRINT_CONTROL 和 EFUSE_DIS_USB_SERIAL_JTAG_ROM_PRINT
- **JTAG 信号源**
  - Strapping 管脚：GPIO7
  - eFuse 参数：EFUSE_DIS_PAD_JTAG、EFUSE_DIS_USB_JTAG 和 EFUSE_JTAG_SEL_ENABLE

上述 eFuse 参数的默认值均为 0，也就是说没有烧写过。eFuse 只能烧写一次，一旦烧写为 1，便不能恢复为 0。

上述 strapping 管脚如果没有连接任何电路或连接的电路处于高阻抗状态，则其默认值（即逻辑电平值）取决于管脚内部弱上拉/下拉电阻在复位时的状态。

**表 5: Strapping 管脚默认配置**

| Strapping 管脚 | 默认配置 | 值 |
|---|---|---|
| MTMS | 浮空 | – |
| MTDI | 浮空 | – |
| GPIO7 | 浮空 | – |
| GPIO8 | 浮空 | – |
| GPIO9 | 上拉 | 1 |

要改变 strapping 管脚的值，可以连接外部下拉/上拉电阻。如果 ESP32-C61 用作主机 MCU 的从设备，strapping 管脚的电平也可通过主机 MCU 控制。

所有 strapping 管脚都有锁存器。系统复位时，锁存器采样并存储相应 strapping 管脚的值，一直保持到芯片掉电或关闭。锁存器的状态无法用其他方式更改。因此，strapping 管脚的值在芯片工作时一直可读取，strapping 管脚在芯片复位后作为普通 IO 管脚使用。

Strapping 管脚的信号时序需遵循表 6 和图 6 所示的 *建立时间*和 *保持时间*。

**表 6: Strapping 管脚的时序参数说明**

| 参数 | 说明 | 最小值 (ms) |
|---|---|---|
| $t_{SU}$ | 建立时间，即拉高 CHIP_PU 激活芯片前，电源轨达到稳定所需的时间 | 0 |
| $t_H$ | 保持时间，即 CHIP_PU 已拉高、strapping 管脚变为普通 IO 管脚开始工作前，可读取 strapping 管脚值的时间 | 3 |

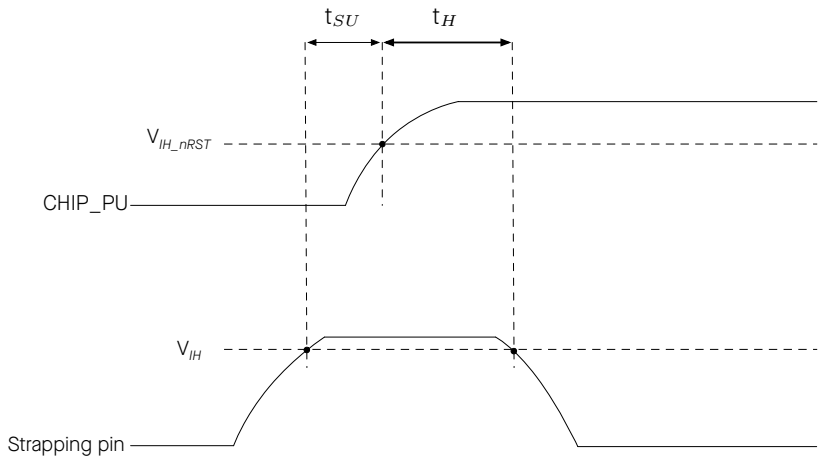


**图 6: Strapping 管脚的时序参数图**

## 4.1 芯片启动模式控制

复位释放后，GPIO8 和 GPIO9 共同决定启动模式。详见表 7 芯片启动模式控制。

**表 7: 芯片启动模式控制**

| 启动模式 | GPIO8 | GPIO9 |
|---|---|---|
| **SPI Boot**[1] | 任意值 | 1 |
| Joint Download Boot[2] | 1 | 0 |

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

[2] Joint Download Boot 模式下支持以下下载方式：

- USB-Serial-JTAG Download Boot
- UART Download Boot
- SDIO Slave 2.0 Download Boot

在 SPI Boot 模式下，ROM 引导加载程序通过从 SPI flash 中读取程序来启动系统。

在 Joint Download Boot 模式下，用户可通过 UART0 、USB 或 SDIO Slave 接口将二进制文件下载至 flash，然后在 SPI Boot 模式下运行。

用户也可在 Joint Download Boot 模式下，通过 UART0、USB 或 SDIO Slave 接口将二进制文件下载至 SRAM 后直接运行。

## 4.2 SDIO 输入采样沿和输出驱动沿控制

MTMS 和 MTDI 管脚可用于调节 SDIO 输入采样沿和输出驱动沿。详见表 8 *SDIO 输入采样沿/输出驱动沿控制*。

**表 8: SDIO 输入采样沿/输出驱动沿控制**

| 沿控制 | MTMS | MTDI |
|---|---|---|
| 下降沿采样下降沿输出 | 0 | 0 |
| 下降沿采样上升沿输出 | 0 | 1 |
| 上升沿采样下降沿输出 | 1 | 0 |
| 上升沿采样上升沿输出 | 1 | 1 |

[1] MTMS 和 MTDI 默认浮空，以上均非默认配置。

## 4.3 ROM 日志打印控制

系统启动过程中，ROM 代码日志可打印至：

- **（默认）UART0 和 USB 串口/JTAG 控制器**
- USB 串口/JTAG 控制器
- UART0

LP_AON_STORE4_REG[0]、EFUSE_UART_PRINT_CONTROL 和 GPIO8 控制 **UART0** ROM 日志打印，如表 9 *UART0 ROM 日志打印控制* 所示。

**表 9: UART0 ROM 日志打印控制**

| UART0 ROM 日志打印 | EFUSE_UART_PRINT_CONTROL | GPIO8 | Register[1] |
|---|---|---|---|
| **始终使能**[2] | **0** | 忽略 | 0 |
| 使能 | 1 | 0 | |
| 关闭 | | 1 | |
| 关闭 | 2 | 0 | |
| 使能 | | 1 | |
| 始终关闭 | 3 | 忽略 | |
| 关闭 | 忽略 | 忽略 | 1 |

[1] 寄存器：LP_AON_STORE4_REG[0]

[2] **加粗**表示默认值和默认配置。

EFUSE_DIS_USB_SERIAL_JTAG_ROM_PRINT 和 LP_AON_STORE4_REG[0] 控制 **USB 串口/JTAG 控制器** ROM 日志打印，如表 10 *USB 串口/JTAG ROM 日志打印控制* 所示。

**表 10: USB 串口/JTAG ROM 日志打印控制**

| USB 串口/JTAG ROM 日志打印控制 | LP_AON_STORE4_REG[0] | EFUSE_DIS_USB_SERIAL_JTAG_ROM_PRINT |
|---|---|---|
| **使能** | **0** | **0** |
| 关闭 | 0 | 1 |
| | 1 | 忽略 |

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

## 4.4 JTAG 信号源控制

在系统启动早期阶段，GPIO7 可用于控制 JTAG 信号源。该管脚没有内部上下拉电阻，strapping 的值必须由不处于高阻抗状态的外部电路控制。

如表 11 所示，GPIO7 与 EFUSE_DIS_PAD_JTAG、EFUSE_DIS_USB_JTAG 和 EFUSE_JTAG_SEL_ENABLE 共同控制 JTAG 信号源。

**表 11: JTAG 信号源控制**

| eFuse 1[1] | eFuse 2[2] | eFuse 3[3] | GPIO7 | JTAG 信号源 |
|---|---|---|---|---|
| **0** | **0** | **0** | x[4] | **USB 串口/JTAG 控制器**[5] |
| | | 1 | 1 | |
| | | | 0 | JTAG 管脚 MTDI、MTCK、MTMS 和 MTDO |
| 0 | x | x | x | |
| 0 | 1 | x | x | |
| 1 | 0 | x | x | USB 串口/JTAG 控制器 |
| 1 | x | x | x | JTAG 关闭 |
| 1 | 1 | x | x | |

[1] **eFuse 1**：EFUSE_DIS_PAD_JTAG
[2] **eFuse 2**：EFUSE_DIS_USB_JTAG
[3] **eFuse 3**：EFUSE_JTAG_SEL_ENABLE
[4] x：x 表示该值被忽略，任何取值不影响该状态。
[5] **加粗**表示默认值和默认配置。

# 5 外设

## 5.1 外设概述

ESP32-C61 集成了丰富的外设，包括 SPI、UART、I2C、I2S、LED PWM、USB 串口/JTAG 控制器、通用 DMA 控制器、片上 JTAG 调试功能、事件任务矩阵、ADC、温度传感器、欠压监测器、模拟电压比较器、通用定时器、系统定时器、看门狗定时器和 GPIO 等。

关于模组外设的详细信息，请参考《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 功能描述。

> **说明：**
> 以下内容摘自 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设。并非所有 IO 信号都在模组上引出，因此这些信息不完全适用于 ESP32-C61-MINI-1 以及 ESP32-C61-MINI-1U。
> 关于外设信号的更多信息，可参考《ESP32-C61 技术参考手册》 > 章节 外设信号列表。

## 5.2 外设描述

本章节介绍了芯片上的外设接口，包括扩展芯片功能的通信接口和片上传感器。

### 5.2.1 通讯接口

本章节介绍了芯片与外部设备和网络进行通信和交互的接口。

#### 5.2.1.1 UART 控制器

ESP32-C61 芯片中的 UART 控制器用于芯片与外部 UART 设备之间的异步串行数据传输和接收。ESP32-C61 支持三个 UART 接口。

**特性**

- 可编程波特率，最高可达 5 MBaud
- RAM 由 TX FIFO 和 RX FIFO 共用
- 支持多种数据位和停止位的长度
- 支持奇偶校验位
- 特殊字符 AT_CMD 检测
- 支持 RS485 协议
- 支持 IrDA 协议
- 使用 GDMA 进行高速数据通信
- 接收超时功能
- UART 作为唤醒源
- 软件和硬件流控

**管脚分配**

**UART0** 接口连接发送和接收信号 (U0TXD and U0RXD) 的管脚通过 IO MUX 与 GPIO10 ~ GPIO11 复用。其他信号可以通过 GPIO 交换矩阵到任意 GPIO。

#### 5.2.1.2 SPI 控制器

ESP32-C61 具有以下 SPI 接口：

- **SPI0**，供 ESP32-C61 的 Cache 和 GDMA 访问封装内或封装外 flash/PSRAM
- **SPI1**，供 CPU 访问封装内或封装外 flash/PSRAM
- **SPI2**，通用 SPI 控制器，可访问通用 DMA 通道

SPI0 和 SPI1 预留给系统使用，只有 SPI2 可供用户使用。

**SPI0 和 SPI1 特性**

- 支持 Single SPI、Dual SPI、Quad SPI、QPI 模式
- 数据传输以字节为单位

**SPI2 的特性**

- 支持主机或从机模式
- 支持 DMA
- 支持 Single SPI、Dual SPI、Quad SPI、QPI 模式
- 可配置时钟极性 (CPOL) 和相位 (CPHA)
- 可配置时钟频率
- 数据传输以字节为单位
- 可配置读写数据位顺序：最高有效位 (MSB) 优先或最低有效位 (LSB) 优先
- 主机模式
  - 支持时钟频率高达 80 MHz 的 2 线全双工通信
  - 支持时钟频率高达 80 MHz 的 1 线、2 线、4 线半双工通信
  - 具有六个 FSPICS... 管脚，可与六个独立的 SPI 从机连接
  - 可配置的 CS 设置时间和保持时间
- 从机模式
  - 支持时钟频率高达 60 MHz 的 2 线全双工通信
  - 支持时钟频率高达 60 MHz 的 1 线、2 线、4 线半双工通信

**管脚分配**

SPI0/1 接口的管脚通过 IO MUX 与 GPIO14 ~ GPIO17 和 GPIO19 ~ GPIO20 复用。

SPI2 接口连接数据和时钟信号的管脚通过 IO MUX 与 GPIO2、GPIO7 和 JTAG 接口管脚复用。连接片选信号的管脚通过 IO MUX 与 GPIO8 管脚复用。

更多关于管脚分配的信息，请参考章节 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 。

#### 5.2.1.3 I2C 控制器

I2C 控制器支持主机和从机之间使用 I2C 总线进行通信。

**特性**

- 与多个外部设备通信
- I2C 可以运行在主机和从机模式
- 标准模式 (100 Kbit/s) 和快速模式 (400 Kbit/s)
- 从机模式下的 SCL 时钟拉伸
- 可编程数字噪声滤波
- 支持 7 位和 10 位寻址以及双地址寻址模式

**管脚分配**

I2C 的管脚可以为任意 GPIO，通过 GPIO 交换矩阵配置。

更多关于管脚分配的信息，请参考 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 。

#### 5.2.1.4 I2S 控制器

ESP32-C61 芯片中的 I2S 控制器为多媒体应用程序提供了一种灵活的通信接口，特别适用于数字音频应用。

**特性**

- 支持主机模式和从机模式
- 支持全双工和半双工通信
- 支持 TX 模块和 RX 模块独立工作或同时工作
- 支持多种音频标准：
  - TDM Philips 标准
  - TDM MSB 对齐标准
  - TDM PCM 标准
  - PDM 标准
- 支持 PCM 转 PDM TX 接口
- 可配置高精度 BCK 时钟，最高频率可达 40 MHz
  - 采样频率支持 8 kHz、16 kHz、32 kHz、44.1 kHz、48 kHz、88.2 kHz、96 kHz、128 kHz、192 kHz 等
- 支持 8/16/24/32 位数据通信

- 支持 DMA
- A-law 和 $\mu$-law 压缩/解压缩算法，提高信号的量化信噪比
- 支持灵活的数据格式控制

**管脚分配**

I2S 的管脚可以为任意 GPIO，通过 GPIO 交换矩阵配置。

更多关于管脚分配的信息，请参考章节 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 。

#### 5.2.1.5 USB 串口/JTAG 控制器

ESP32-C61 芯片中的 USB 串口/JTAG 控制器 (USB_SERIAL_JTAG) 集成了与芯片通讯的标准 USB CDC-ACM 串口，同时提供了一种 JTAG 调试的便捷方案，无需外部芯片或 JTAG 适配器，节省空间并降低成本。

**特性**

- 兼容 USB 2.0 全速标准，传输速度最高可达 12 Mbit/s（注意，该控制器不支持 480 Mbit/s 的高速传输模式）
- 包含 CDC-ACM 虚拟串口及 JTAG 适配器功能
- CDC-ACM：
  - 配置虚拟串行功能，在大多数现代操作系统上可实现即插即用
  - 支持主机控制芯片复位和进入下载模式
- JTAG 适配器：
  - 支持使用紧凑的 JTAG 指令实现与 CPU 调试内核的快速通信
- 支持通过 ROM 启动代码重新编程 flash
- 集成内部 PHY

**管脚分配**

USB 串口/JTAG 控制器的管脚通过 IO MUX 与 GPIO12 ~ GPIO13 复用。

更多关于管脚分配的信息，请参考章节《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 。

#### 5.2.1.6 LED PWM 控制器

LED PWM 控制器可以用于生成六路独立的数字波形。

**特性**

- 波形的周期和占空比可配置，占空比精确度可达 20 位
- 多种时钟源选择，包括 80 MHz PLL 时钟、外置主晶振时钟、内部快速 RC 振荡器时钟
- 可在低功耗模式 (Light-sleep mode) 模式下工作
- 支持硬件自动步进式地增加或减少占空比，可用于 LED RGB 彩色梯度发生器

- 每个 PWM 生成器包含 16 个占空比渐变区间，用于生成占空比伽玛曲线渐变的信号。每个区间都可以独立配置占空比变化方向（增加或减少）、变化步长、变化次数以及变化频率

**管脚分配**

LED PWM 管脚可以为任意 GPIO，通过 GPIO 交换矩阵配置。

更多关于管脚分配的信息，请参考章节 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 。

#### 5.2.1.7 SDIO 从机控制器

ESP32-C61 芯片中的 SDIO 从机控制器提供了对安全数字输入/输出 (SDIO) 设备接口的硬件支持，允许 SDIO 主机通过 SDIO 总线协议访问 ESP32-C61。

**特性**

- 符合 SDIO 物理层规范 V2.00 和 SDIO 规范 V2.00
- 支持 SPI、1-bit SDIO 和 4-bit SDIO 传输模式
- 0 ~ 50 MHz 时钟范围
- 采样时钟沿或驱动时钟沿可配置
- 为信息交互设定的特定寄存器
- 支持 SDIO 中断机制
- 支持自动填充 SDIO 总线上的发送数据，同样支持自动丢弃 SDIO 总线上的填充数据
- 高达 512 字节的块大小
- 主机与从机 (slave) 间有中断向量可以相互中断对方
- 带有数据传输的 DMA
- 支持在保持连接的状态下进行休眠唤醒

**管脚分配**

SDIO 从机控制器管脚通过 IO MUX 与 GPIO22 ~ GPIO23 和 GPIO25 ~ GPIO28 复用。

更多关于管脚分配的信息，请参考 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚*。

### 5.2.2 模拟信号处理

本小节描述芯片上感知和处理现实世界数据的组件。

#### 5.2.2.1 SAR ADC

ESP32-C61 有一个逐次逼近型模拟数字转换器 (SAR ADC)，将模拟信号转换为数字表示。

**特性**

- 支持 12 位采样分辨率
- 支持采集最多四个管脚上的模拟电压

- 电压转换时配置输入信号的衰减
- 软件触发的单次采样
- 专用定时器触发的多通道扫描
- 连续 DMA 转换，实现无缝数据传输
- 两个滤波系数可配置的滤波器
- 可以触发中断的阈值监控
- 支持事件任务矩阵

**管脚分配**

SAR ADC 管脚与 GPIO1、GPIO3 ~ GPIO5 复用。这些管脚同时也复用为 LP_GPIO1、LP_GPIO3 ~ LP_GPIO5、JTAG 接口管脚。

更多关于管脚分配的信息，请参考章节 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 。

#### 5.2.2.2 温度传感器

ESP32-C61 芯片中的温度传感器可以实时监测芯片内部的温度变化。

**特性**

- 测量范围：–40°C ~ 125°C
- 支持软件触发，且一旦触发后，可持续读取数据
- 支持硬件自动触发和温度监测
- 支持根据使用环境配置温度偏移，提高测试精度
- 支持测量范围可调节
- 两种自动监测唤醒模式：绝对值模式和变化量模式
- 支持事件任务矩阵

#### 5.2.2.3 模拟电压比较器

ESP32-C61 提供了一组模拟电压比较器，包含两个特殊的芯片焊盘 (PAD)，可用于比较两个 PAD 的电压大小关系，也可以使用其中一个 PAD 与内部可调节的稳定电压进行比较。

**特性**

- 参考电压可选择内部参考电压或者外部参考电压
- 内部参考电压支持 0 ~ 0.7 × VDD_PST
- 支持 ETM
- 待测电压经过参考电压时，输出中断

**管脚分配**

模拟电压比较器是专用的 PAD，仅 GPIO8 和 GPIO9 支持，其中 GPIO9 为待测管脚，GPIO8 在使用外部参考电压时为参考管脚。

更多关于管脚分配的信息，请参考章节 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚*。

# 6 电气特性

## 6.1 绝对最大额定值

超出表 12 绝对最大额定值 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表 13 建议工作条件 技术规格指标的功能性操作。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响模组的可靠性。

**表 12: 绝对最大额定值**

| 符号 | 参数 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| VDD33 | 电源管脚电压 | –0.3 | 3.6 | V |

## 6.2 建议工作条件

**表 13: 建议工作条件**

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

## 6.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

**表 14: 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 |
| $V_{OH}$[2] | 高电平输出电压 | 0.8 × VDD[1] | — | — | V |
| $V_{OL}$[2] | 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, PAD_DRIVER = 3) | — | 40 | — | mA |
| $I_{OL}$ | 低电平灌电流 (VDD[1] = 3.3 V, $V_{OL}$ = 0.495 V, PAD_DRIVER = 3) | — | 28 | — | mA |
| $R_{PU}$ | 上拉电阻 | — | 45 | — | kΩ |
| $R_{PD}$ | 下拉电阻 | — | 45 | — | kΩ |
| $V_{IH_nRST}$ | 芯片复位释放电压 | 0.75 × VDD[1] | — | VDD[1] + 0.3 | V |
| $V_{IL_nRST}$ | 芯片复位电压 | –0.3 | — | 0.25 × VDD[1] | V |

[1] VDD 是管脚具体电源域的 I/O 电压。

[2] $V_{OH}$ 和 $V_{OL}$ 为负载是高阻条件下的测量值。

## 6.4 功耗特性

### 6.4.1 Active 模式下的功耗

下列功耗数据是基于 3.3 V 供电电源、25 °C 环境温度的条件下测得。

所有发射功耗数据均基于 100% 占空比测得。

所有接收功耗数据均是在外设关闭、CPU 空闲的条件下测得。

**表 15: Active 模式下 Wi-Fi (2.4 GHz) 功耗特性**

| 工作模式 | 射频模式 | 描述 | 峰值 (mA) |
|---|---|---|---|
| Active (射频工作) | 发射（TX） | 802.11b, 1 Mbps, DSSS @20.5 dBm | 370 |
| | | 802.11g, 54 Mbps, OFDM @18.5 dBm | 308 |
| | | 802.11n, HT20, MCS7 @17.5 dBm | 289 |
| | | 802.11n, HT40, MCS7 @17 dBm | 269 |
| | | 802.11ax, MCS9 @14.5 dBm | 240 |
| | 接收（RX） | 802.11b/g/n, HT20 | 84 |
| | | 802.11n, HT40 | 87 |
| | | 802.11ax, HE20 | 84 |

**表 16: Active 模式下低功耗蓝牙功耗特性**

| 工作模式 | 射频模式 | 描述 | 峰值 (mA) |
|---|---|---|---|
| Active (射频工作) | 发射（TX） | 低功耗蓝牙 @ 18dBm | 310 |
| | | 低功耗蓝牙 @ 9dBm | 170 |
| | | 低功耗蓝牙 @ 0dBm | 135 |
| | | 低功耗蓝牙 @ –15dBm | 95 |
| | 接收（RX） | 低功耗蓝牙 | 80 |

**说明：**
以下内容摘自 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 的 其他功耗模式下的功耗章节。

### 6.4.2 其他功耗模式下的功耗

**表 17: Modem-sleep 模式下的功耗**

| 模式 | CPU 频率 (MHz) | 描述 | 典型值 (mA) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 外设时钟全关 | 外设时钟全开[1] |
| Modem-sleep[2,3] | 160 | WAITI | 11 | 18 |
| | | CPU 循环计算 | 16 | 23 |
| | | Run CoreMark | 21 | 28 |
| | 80 | WAITI | 10 | 16 |
| | | CPU 循环计算 | 12 | 19 |
| | | Run CoreMark | 15 | 21 |
| | 40 | WAITI | 6 | 11 |
| | | CPU 循环计算 | 7 | 12 |
| | | Run CoreMark | 9 | 13 |

[1] 实际情况下，外设在不同工作状态下电流会有所差异。
[2] Modem sleep 模式下，Wi-Fi 设有时钟门控。
[3] Modem-sleep 模式下，访问 flash 时功耗会增加。

**表 18: 低功耗模式下的功耗**

| 工作模式 | 说明 | 典型值 (mA) |
|---|---|---|
| Light-sleep | CPU、无线通讯模块电源关闭，外设时钟关闭，所有 GPIO 设置为高阻抗状态 | 0.2 |
| | CPU 、无线通讯模块、外设电源关闭，所有 GPIO 设置为高阻抗状态 | 0.05 |
| Deep-sleep | LP 定时器和 LP 存储器上电 | 0.01 |
| 关闭 | CHIP_PU 管脚拉低，芯片关闭 | 0.001 |

# 7 射频特性

本章提供产品的射频特性表。

射频数据是在天线端口处连接射频线后测试所得，包含了射频前端电路带来的损耗。带有外部天线连接器的受测模组所使用的外部天线具有 50 Ω 阻抗。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和目标发射功率，具体请参考《ESP 射频测试指南》。

除非特别说明，射频测试均是在 3.3 V (±5%) 供电电源、25 °C 环境温度的条件下完成。

## 7.1 Wi-Fi 射频

**表 19: Wi-Fi 射频规格**

| 名称 | 描述 |
|---|---|
| 工作信道中心频率范围 | 2412 ~ 2484 MHz |
| 无线标准 | IEEE 802.11b/g/n/ax |

### 7.1.1 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性

**表 20: 频谱模板和 EVM 符合 802.11 标准时的发射功率**

| 速率 | 最小值 (dBm) | 典型值 (dBm) | 最大值 (dBm) |
|---|---|---|---|
| 802.11b, 1 Mbps, DSSS | — | 20.5 | — |
| 802.11b, 11 Mbps, CCK | — | 20.5 | — |
| 802.11g, 6 Mbps, OFDM | — | 19.5 | — |
| 802.11g, 54 Mbps, OFDM | — | 18.5 | — |
| 802.11n, HT20, MCS0 | — | 18.5 | — |
| 802.11n, HT20, MCS7 | — | 17.5 | — |
| 802.11n, HT40, MCS0 | — | 18.0 | — |
| 802.11n, HT40, MCS7 | — | 17.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS0 | — | 18.5 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS9 | — | 14.5 | — |

**表 21: 发射 EVM 测试[1]**

| 速率 | 最小值 (dB) | 典型值 (dB) | 标准限值 (dB) |
|---|---|---|---|
| 802.11b, 1 Mbps, DSSS | — | –24.8 | –10.0 |
| 802.11b, 11 Mbps, CCK | — | –24.8 | –10.0 |
| 802.11g, 6 Mbps, OFDM | — | –24.5 | –5.0 |
| 802.11g, 54 Mbps, OFDM | — | –29.0 | –25.0 |
| 802.11n, HT20, MCS0 | — | –24.0 | –5.0 |

见下页

表 21 – 接上页

| 速率 | 最小值 (dB) | 典型值 (dB) | 标准限值 (dB) |
|---|---|---|---|
| 802.11n, HT20, MCS7 | — | –31.4 | –27.0 |
| 802.11n, HT40, MCS0 | — | –26.8 | –5.0 |
| 802.11n, HT40, MCS7 | — | –30.5 | –27.0 |
| 802.11ax, HE20, MCS0 | — | –24.0 | –5.0 |
| 802.11ax, HE20, MCS9 | — | –34.0 | –32.0 |

[1] 发射 EVM 的每个测试项对应的发射功率为表 20 *Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性* 中提供的典型值。

### 7.1.2 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性

802.11b 标准下的误包率 (PER) 不超过 8%，802.11g/n/ax 标准下不超过 10%。

表 22: 接收灵敏度

| 速率 | 最小值 (dBm) | 典型值 (dBm) | 最大值 (dBm) |
|---|---|---|---|
| 802.11b, 1 Mbps, DSSS | — | –99.0 | — |
| 802.11b, 2 Mbps, DSSS | — | –96.0 | — |
| 802.11b, 5.5 Mbps, CCK | — | –93.5 | — |
| 802.11b, 11 Mbps, CCK | — | –89.0 | — |
| 802.11g, 6 Mbps, OFDM | — | –94.0 | — |
| 802.11g, 9 Mbps, OFDM | — | –93.0 | — |
| 802.11g, 12 Mbps, OFDM | — | –92.0 | — |
| 802.11g, 18 Mbps, OFDM | — | –89.5 | — |
| 802.11g, 24 Mbps, OFDM | — | –86.5 | — |
| 802.11g, 36 Mbps, OFDM | — | –83.0 | — |
| 802.11g, 48 Mbps, OFDM | — | –78.5 | — |
| 802.11g, 54 Mbps, OFDM | — | –77.0 | — |
| 802.11n, HT20, MCS0 | — | –94.0 | — |
| 802.11n, HT20, MCS1 | — | –92.0 | — |
| 802.11n, HT20, MCS2 | — | –89.5 | — |
| 802.11n, HT20, MCS3 | — | –86.0 | — |
| 802.11n, HT20, MCS4 | — | –83.0 | — |
| 802.11n, HT20, MCS5 | — | –78.5 | — |
| 802.11n, HT20, MCS6 | — | –77.0 | — |
| 802.11n, HT20, MCS7 | — | –75.0 | — |
| 802.11n, HT40, MCS0 | — | –91.0 | — |
| 802.11n, HT40, MCS1 | — | –89.5 | — |
| 802.11n, HT40, MCS2 | — | –87.0 | — |
| 802.11n, HT40, MCS3 | — | –83.5 | — |
| 802.11n, HT40, MCS4 | — | –80.5 | — |

见下页

表 22 – 接上页

| 速率 | 最小值 (dBm) | 典型值 (dBm) | 最大值 (dBm) |
|---|---|---|---|
| 802.11n, HT40, MCS5 | — | –76.0 | — |
| 802.11n, HT40, MCS6 | — | –74.0 | — |
| 802.11n, HT40, MCS7 | — | –73.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS0 | — | –93.5 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS1 | — | –91.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS2 | — | –88.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS3 | — | –85.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS4 | — | –82.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS5 | — | –78.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS6 | — | –76.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS7 | — | –74.5 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS8 | — | –71.0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS9 | — | –68.0 | — |

表 23: 最大接收电平

| 速率 | 最小值 (dBm) | 典型值 (dBm) | 最大值 (dBm) |
|---|---|---|---|
| 802.11b, 1 Mbps, DSSS | — | 5 | — |
| 802.11b, 11 Mbps, CCK | — | 5 | — |
| 802.11g, 6 Mbps, OFDM | — | 5 | — |
| 802.11g, 54 Mbps, OFDM | — | 0 | — |
| 802.11n, HT20, MCS0 | — | 5 | — |
| 802.11n, HT20, MCS7 | — | 0 | — |
| 802.11n, HT40, MCS0 | — | 5 | — |
| 802.11n, HT40, MCS7 | — | 0 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS0 | — | 5 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS9 | — | 0 | — |

表 24: 接收邻道抑制

| 速率 | 最小值 (dB) | 典型值 (dB) | 最大值 (dB) |
|---|---|---|---|
| 802.11b, 1 Mbps, DSSS | — | 38 | — |
| 802.11b, 11 Mbps, CCK | — | 38 | — |
| 802.11g, 6 Mbps, OFDM | — | 33 | — |
| 802.11g, 54 Mbps, OFDM | — | 16 | — |
| 802.11n, HT20, MCS0 | — | 32 | — |
| 802.11n, HT20, MCS7 | — | 17 | — |
| 802.11n, HT40, MCS0 | — | 24 | — |

见下页

表 24 – 接上页

| 速率 | 最小值 (dB) | 典型值 (dB) | 最大值 (dB) |
|---|---|---|---|
| 802.11n, HT40, MCS7 | — | 13 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS0 | — | 37 | — |
| 802.11ax, HE20, MCS9 | — | 13 | — |

## 7.2 低功耗蓝牙射频

表 25: 低功耗蓝牙射频规格

| 名称 | 描述 |
|---|---|
| 工作信道中心频率范围 | 2402 ~ 2480 MHz |
| 射频发射功率范围 | –15 ~ 20 dBm |

### 7.2.1 低功耗蓝牙射频发射器 (TX) 特性

表 26: 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 1 Mbps

| 参数 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 载波频率偏移和漂移 | Max. $\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,3,\,\ldots k}$ | — | 10.9 | — | kHz |
| | Max. $\lvert f_0 - f_n \rvert_{n=2,\,3,\,4,\,\ldots k}$ | — | 3.5 | — | kHz |
| | Max. $\lvert f_n - f_{n-5} \rvert_{n=6,\,7,\,8,\,\ldots k}$ | — | 2.4 | — | kHz |
| | $\lvert f_1 - f_0 \rvert$ | — | 2.7 | — | kHz |
| 调制特性 | $\Delta F1_{avg}$ | — | 250.0 | — | kHz |
| | Min. $\Delta F2_{max}$ (至少 99.9% 的 $\Delta F2_{max}$) | — | 243.0 | — | kHz |
| | $\Delta F2_{avg}/\Delta F1_{avg}$ | — | 0.88 | — | — |
| 带内发射 | ± 2 MHz 偏移 | — | –27 | — | dBm |
| | ± 3 MHz 偏移 | — | –36 | — | dBm |
| | > ± 3 MHz 偏移 | — | –42 | — | dBm |

表 27: 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 2 Mbps

| 参数 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 载波频率偏移和漂移 | Max. $\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,3,\,\ldots k}$ | — | 9.4 | — | kHz |
| | Max. $\lvert f_0 - f_n \rvert_{n=2,\,3,\,4,\,\ldots k}$ | — | 3.7 | — | kHz |
| | Max. $\lvert f_n - f_{n-5} \rvert_{n=6,\,7,\,8,\,\ldots k}$ | — | 1.1 | — | kHz |
| | $\lvert f_1 - f_0 \rvert$ | — | 3.3 | — | kHz |
| 调制特性 | $\Delta F1_{avg}$ | — | 499.4 | — | kHz |
| | Min. $\Delta F2_{max}$ (至少 99.9% 的 $\Delta F2_{max}$) | — | 532.0 | — | kHz |
| | $\Delta F2_{avg}/\Delta F1_{avg}$ | — | 0.95 | — | — |

见下页

表 27 – 接上页

| 参数 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 带内发射 | ± 4 MHz 偏移 | — | –41 | — | dBm |
| | ± 5 MHz 偏移 | — | –44 | — | dBm |
| | > ± 5 MHz 偏移 | — | –45 | — | dBm |

表 28: 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 125 Kbps

| 参数 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 载波频率偏移和漂移 | Max. $\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,3,\,\ldots k}$ | — | 10.1 | — | kHz |
| | Max. $\lvert f_0 - f_n \rvert_{n=1,\,2,\,3,\,\ldots k}$ | — | 2.1 | — | kHz |
| | $\lvert f_0 - f_3 \rvert$ | — | 1.2 | — | kHz |
| | Max. $\lvert f_n - f_{n-3} \rvert_{n=7,\,8,\,9,\,\ldots k}$ | — | 0.7 | — | kHz |
| 调制特性 | $\Delta\ F1_{\text{avg}}$ | — | 253.1 | — | kHz |
| | Min. $\Delta\ F1_{\text{max}}$ (至少 99.9% 的 $\Delta\ F1_{\text{max}}$) | — | 270.5 | — | kHz |
| 带内发射 | ± 2 MHz 偏移 | — | –27 | — | dBm |
| | ± 3 MHz 偏移 | — | –38 | — | dBm |
| | > ± 3 MHz 偏移 | — | –43 | — | dBm |

表 29: 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 500 Kbps

| 参数 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 载波频率偏移和漂移 | Max. $\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,3,\,\ldots k}$ | — | 10.2 | — | kHz |
| | Max. $\lvert f_0 - f_n \rvert_{n=1,\,2,\,3,\,\ldots k}$ | — | 1.2 | — | kHz |
| | $\lvert f_0 - f_3 \rvert$ | — | 0.6 | — | kHz |
| | Max. $\lvert f_n - f_{n-3} \rvert_{n=7,\,8,\,9,\,\ldots k}$ | — | 1.8 | — | kHz |
| 调制特性 | $\Delta\ F2_{\text{avg}}$ | — | 223.4 | — | kHz |
| | Min. $\Delta\ F2_{\text{max}}$ (至少 99.9% 的 $\Delta\ F2_{\text{max}}$) | — | 243.5 | — | kHz |
| 带内发射 | ± 2 MHz 偏移 | — | –27 | — | dBm |
| | ± 3 MHz 偏移 | — | –37 | — | dBm |
| | > ± 3 MHz 偏移 | — | 43 | — | dBm |

### 7.2.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性

表 30: 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 1 Mbps

| 参数 | | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 灵敏度 @30.8% PER | | — | — | –98.0 | — | dBm |
| 最大接收信号 @30.8% PER | | — | — | 8 | — | dBm |
| 接收选择性 C/I | 共信道 | F = F0 MHz | — | 7 | — | dB |
| | 相邻信道 | F = F0 + 1 MHz | — | –2 | — | dB |
| | | F = F0 – 1 MHz | — | –3 | — | dB |

见下页

表 30 – 接上页

| 参数 | | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | F = F0 + 2 MHz | — | –34 | — | dB |
| | | F = F0 – 2 MHz | — | –27 | — | dB |
| | | F = F0 + 3 MHz | — | –33 | — | dB |
| | | F = F0 – 3 MHz | — | –40 | — | dB |
| | | F ≥ F0 + 4 MHz | — | –27 | — | dB |
| | | F ≤ F0 – 4 MHz | — | –53 | — | dB |
| | 镜像频率 | — | — | –35 | — | dB |
| | 邻道镜像频率干扰 | F = $F_{image}$ + 1 MHz | — | –34 | — | dB |
| | | F = $F_{image}$ – 1 MHz | — | –33 | — | dB |
| 带外阻塞 | | 30 MHz ~ 2000 MHz | — | –20 | — | dBm |
| | | 2003 MHz ~ 2399 MHz | — | –25 | — | dBm |
| | | 2484 MHz ~ 2997 MHz | — | –25 | — | dBm |
| | | 3000 MHz ~ 12.75 GHz | — | –10 | — | dBm |
| 互调 | | — | — | –32 | — | dBm |

表 31: 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 2 Mbps

| 参数 | | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 灵敏度 @30.8% PER | | — | — | –94.0 | — | dBm |
| 最大接收信号 @30.8% PER | | — | — | 8 | — | dBm |
| 接收选择性 C/I | 共信道 | F = F0 MHz | — | 9 | — | dB |
| | 相邻信道 | F = F0 + 2 MHz | — | –7 | — | dB |
| | | F = F0 – 2 MHz | — | –6 | — | dB |
| | | F = F0 + 4 MHz | — | –21 | — | dB |
| | | F = F0 – 4 MHz | — | –27 | — | dB |
| | | F = F0 + 6 MHz | — | –38 | — | dB |
| | | F = F0 – 6 MHz | — | –41 | — | dB |
| | | F ≥ F0 + 8 MHz | — | –46 | — | dB |
| | | F ≤ F0 – 8 MHz | — | –46 | — | dB |
| | 镜像频率 | — | — | –21 | — | dB |
| | 邻道镜像频率干扰 | F = $F_{image}$ + 2 MHz | — | –38 | — | dB |
| | | F = $F_{image}$ – 2 MHz | — | –7 | — | dB |
| 带外阻塞 | | 30 MHz ~ 2000 MHz | — | –25 | — | dBm |
| | | 2003 MHz ~ 2399 MHz | — | –25 | — | dBm |
| | | 2484 MHz ~ 2997 MHz | — | –25 | — | dBm |
| | | 3000 MHz ~ 12.75 GHz | — | –10 | — | dBm |
| 互调 | | — | — | –31 | — | dBm |

表 32: 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 125 Kbps

| 参数 | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 灵敏度 @30.8% PER | — | — | –105.0 | — | dBm |

见下页

表 32 – 接上页

| 参数 | | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 最大接收信号 @30.8% PER | | — | — | 8 | — | dBm |
| 接收选择性 C/I | 共信道 | F = F0 MHz | — | 4 | — | dB |
| | 相邻信道 | F = F0 + 1 MHz | — | –2 | — | dB |
| | | F = F0 – 1 MHz | — | –3 | — | dB |
| | | F = F0 + 2 MHz | — | –33 | — | dB |
| | | F = F0 – 2 MHz | — | –36 | — | dB |
| | | F = F0 + 3 MHz | — | –35 | — | dB |
| | | F = F0 – 3 MHz | — | –50 | — | dB |
| | | F ≥ F0 + 4 MHz | — | –31 | — | dB |
| | | F ≤ F0 – 4 MHz | — | –50 | — | dB |
| | 镜像频率 | — | — | –31 | — | dB |
| | 邻道镜像频率干扰 | F = $F_{image}$ + 1 MHz | — | –36 | — | dB |
| | | F = $F_{image}$ – 1 MHz | — | –35 | — | dB |

表 33: 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 500 Kbps

| 参数 | | 描述 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 灵敏度 @30.8% PER | | — | — | –102.0 | — | dBm |
| 最大接收信号 @30.8% PER | | — | — | 8 | — | dBm |
| 接收选择性 C/I | 共信道 | F = F0 MHz | — | 4 | — | dB |
| | 相邻信道 | F = F0 + 1 MHz | — | –4 | — | dB |
| | | F = F0 – 1 MHz | — | –3 | — | dB |
| | | F = F0 + 2 MHz | — | –32 | — | dB |
| | | F = F0 – 2 MHz | — | –36 | — | dB |
| | | F = F0 + 3 MHz | — | –35 | — | dB |
| | | F = F0 – 3 MHz | — | –50 | — | dB |
| | | F ≥ F0 + 4 MHz | — | –29 | — | dB |
| | | F ≤ F0 – 4 MHz | — | –50 | — | dB |
| | 镜像频率 | — | — | –29 | — | dB |
| | 邻道镜像频率干扰 | F = $F_{image}$ + 1 MHz | — | –36 | — | dB |
| | | F = $F_{image}$ – 1 MHz | — | –35 | — | dB |

# 8 模组原理图

模组内部元件的电路图。

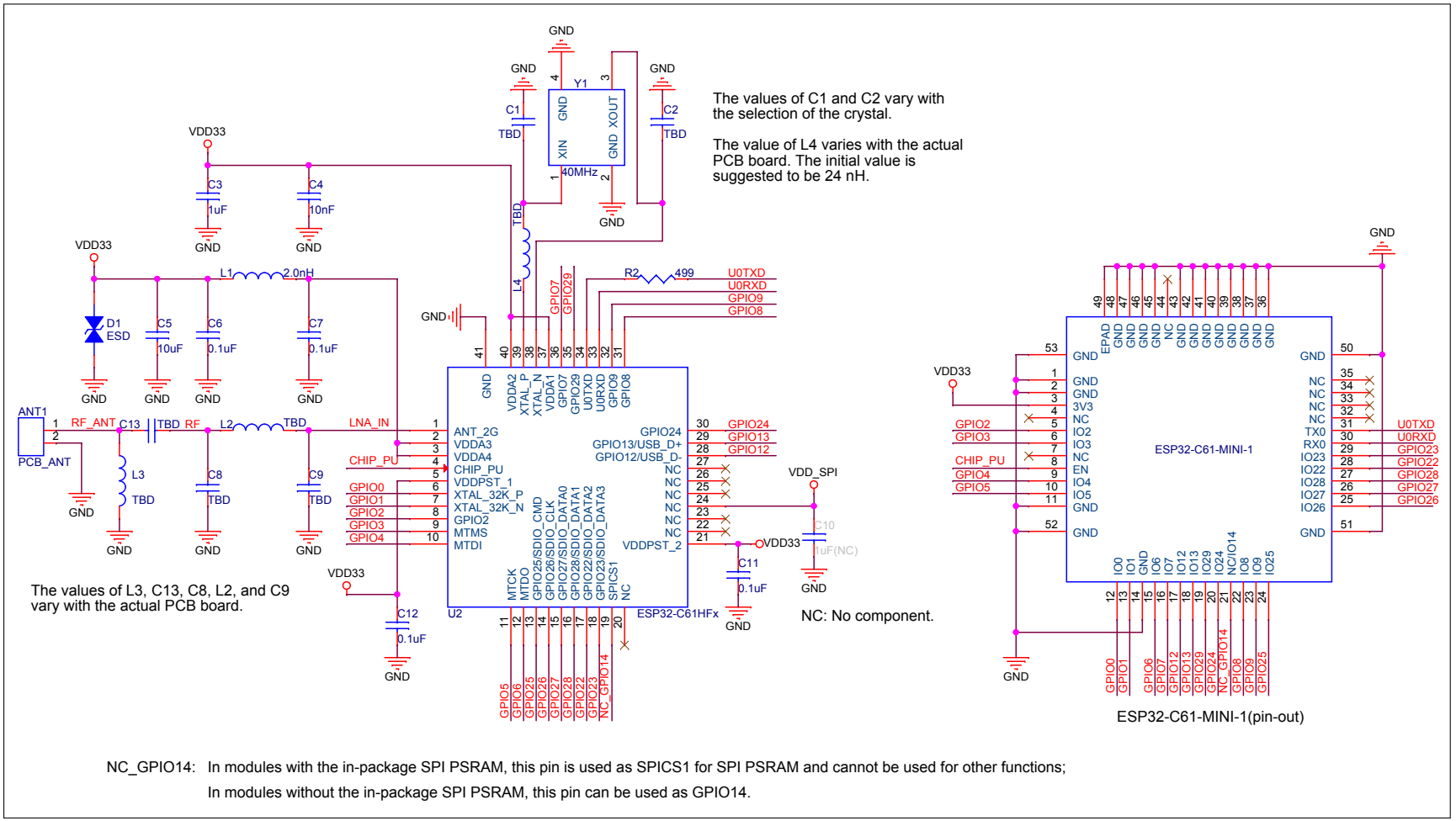


图 7: ESP32-C61-MINI-1 原理图

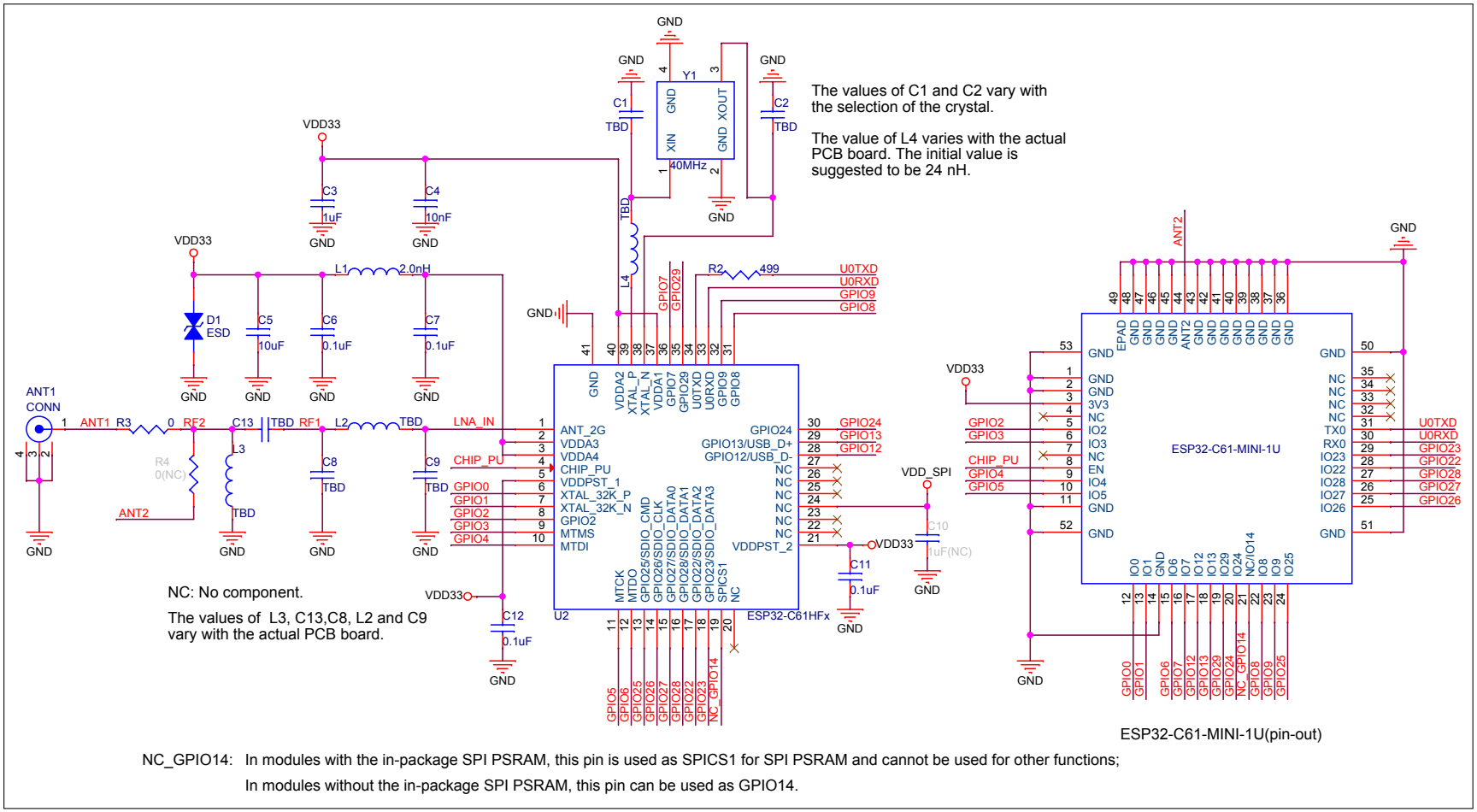


图 8: ESP32-C61-MINI-1U 原理图

# 9 外围设计原理图

模组与外围器件（如电源、天线、复位按钮、UART 接口等）连接的应用电路图。

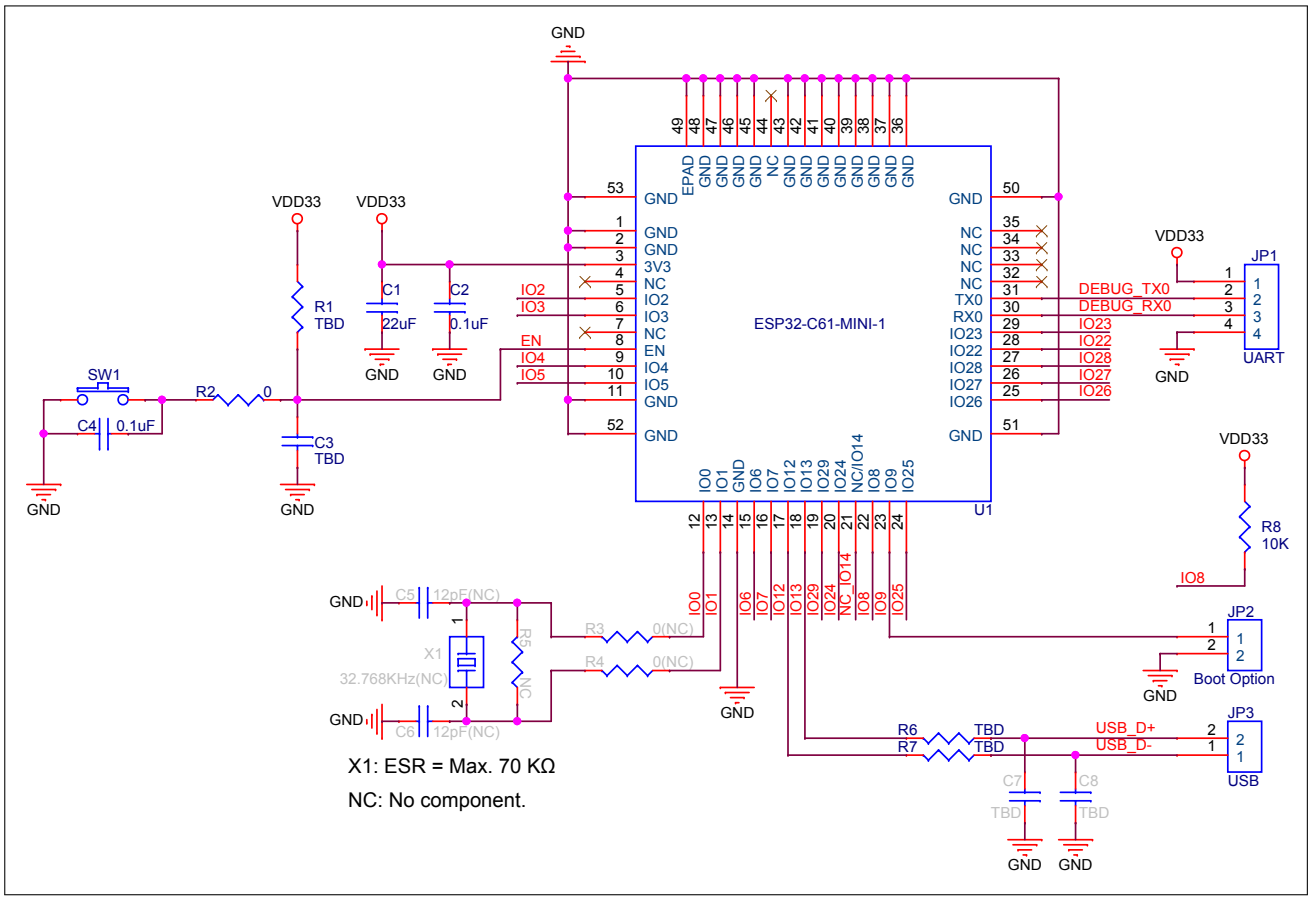


图 9: ESP32-C61-MINI-1 外围设计原理图

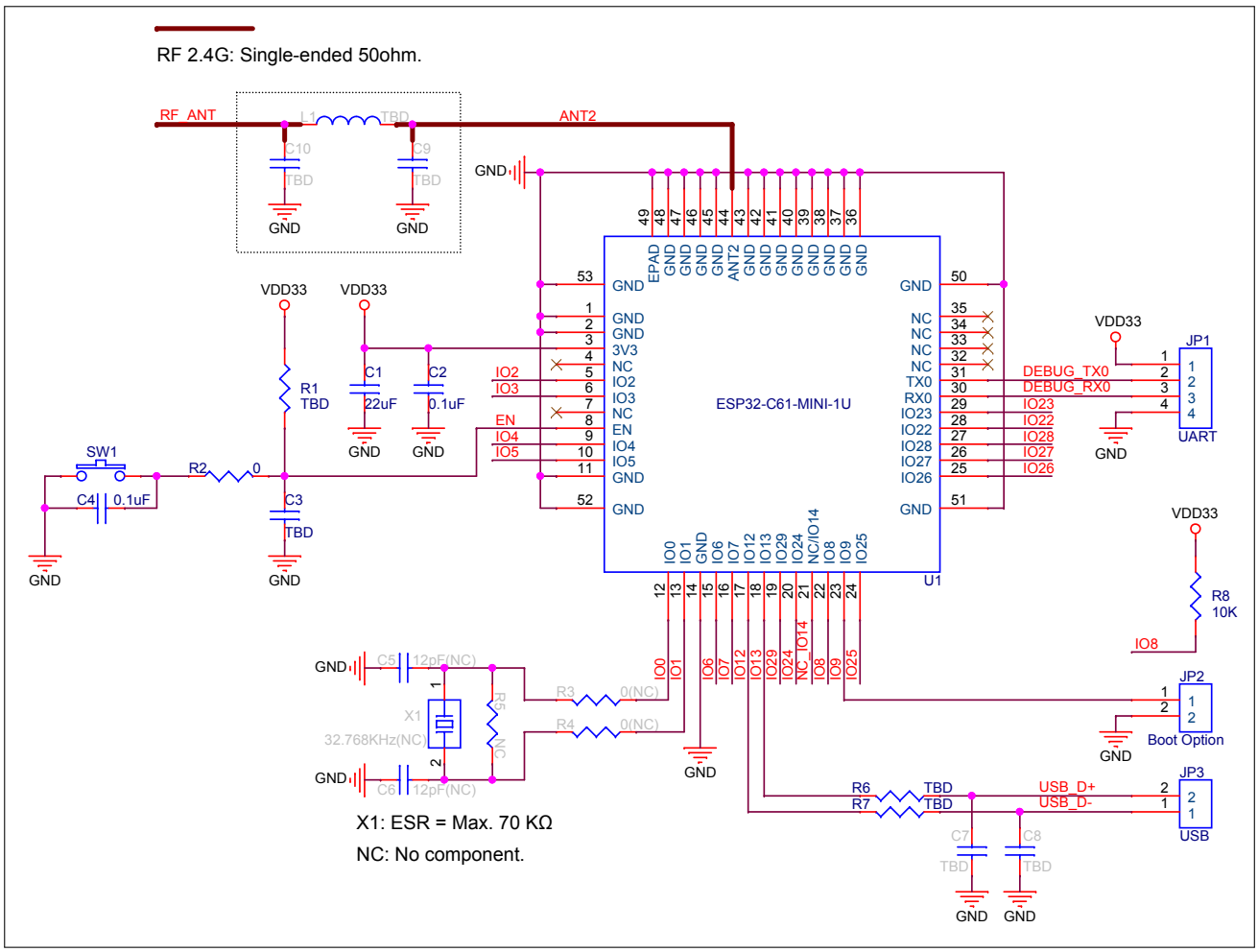


**图 10: ESP32-C61-MINI-1U 外围设计原理图**

- 如选用外接天线 ANT2，建议参考上图预留射频电路。默认情况下，ESP32-C61-MINI-1U 使用 ANT1, ANT2 处于禁用状态。如需使用 ANT2，请联系我们。
- EPAD 可以不焊接到底板，但是焊接到底板的 GND 可以获得更好的散热特性。如果您想将 EPAD 焊接到底板，请确保使用适量焊膏，避免过量焊膏造成模组与底板距离过大，影响管脚与底板之间的贴合。
- 为确保 ESP32-C61 芯片上电时的供电正常，EN 管脚处需要增加 RC 延迟电路。RC 通常建议为 R = 10 kΩ，C = 1 $\mu$F，但具体数值仍需根据模组电源的上电时序和芯片的上电复位时序进行调整。ESP32-C61 芯片的上电复位时序图可参考 《ESP32-C61 系列芯片技术规格书》 > 章节 电源。
- 请注意 UARTO 默认用于下载固件和输出日志，使用 AT 固件时，固件里配置了 UART 的 GPIO ，建议使用默认配置。

# 10 尺寸规格

## 10.1 模组尺寸

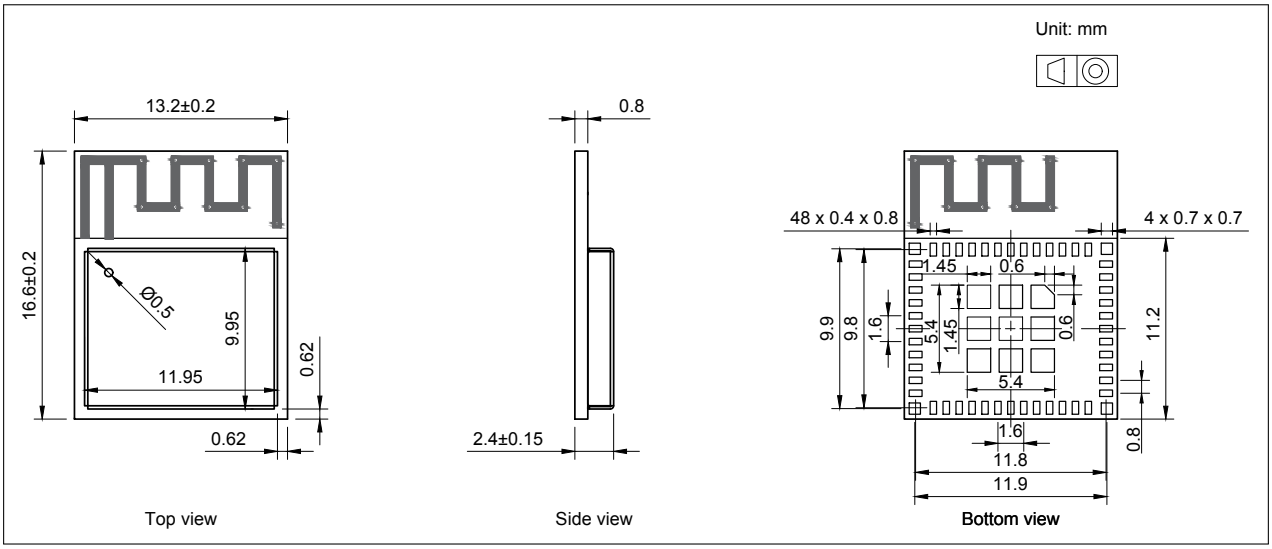


图 11: ESP32-C61-MINI-1 模组尺寸

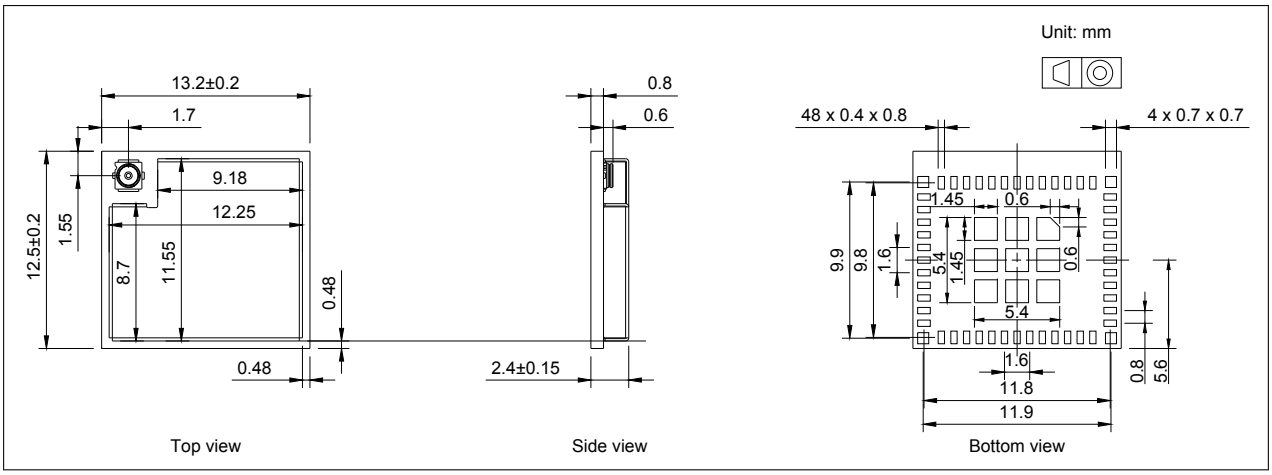


图 12: ESP32-C61-MINI-1U 模组尺寸

**说明：**

有关卷带、载盘和产品标签的信息，请参阅《ESP32-C61 模组包装信息》。

## 10.2 外部天线连接器尺寸

ESP32-C61-MINI-1U 采用图 13 外部天线连接器尺寸图 所示的第四代外部天线连接器，该连接器兼容：

- 广濑 (Hirose) 的 W.FL 系列连接器
- I-PEX 的 MHF IV 连接器
- 安费诺 (Amphenol) 的 AMMC 连接器

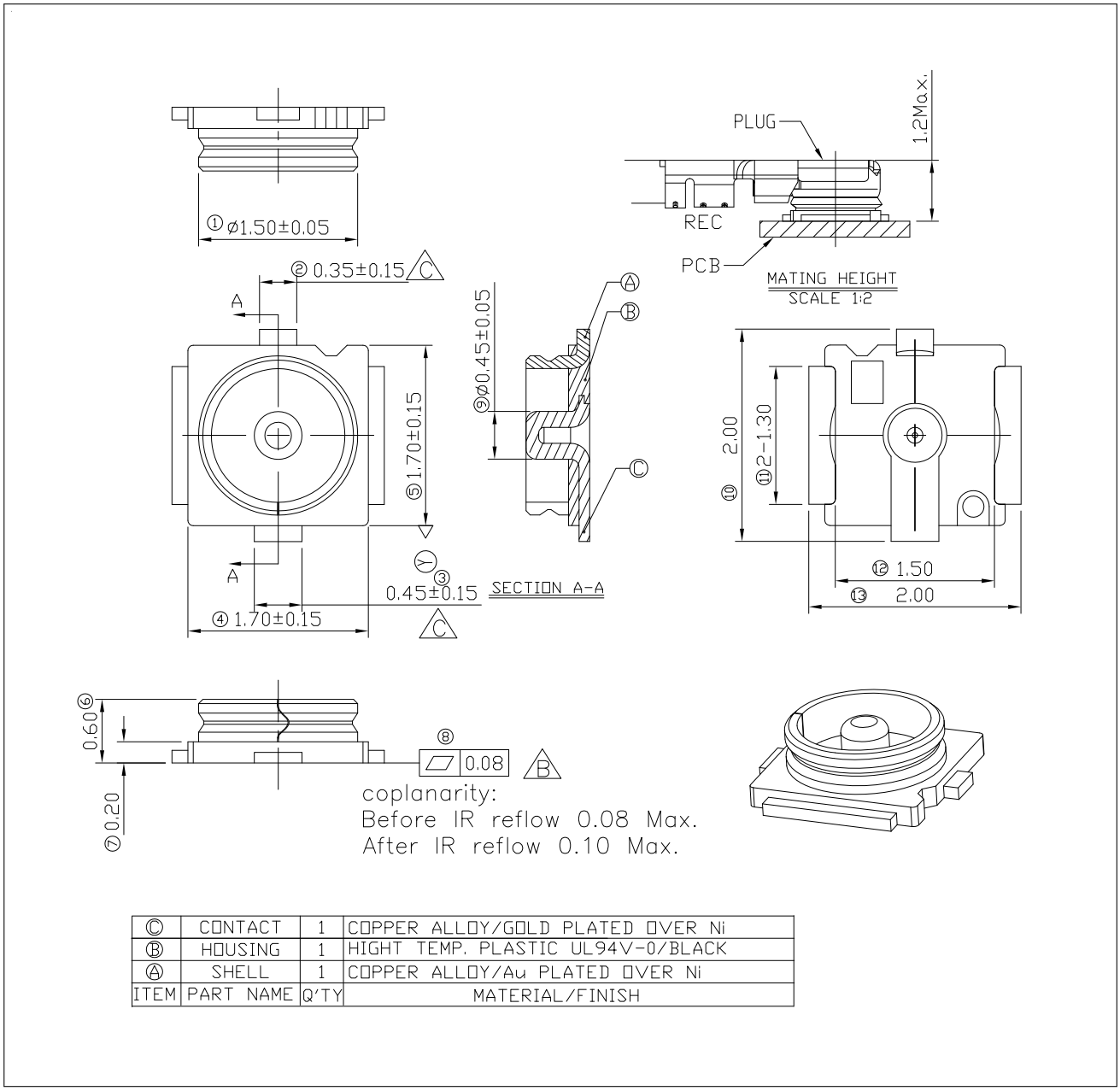


**图 13: 外部天线连接器尺寸图**

# 11 PCB 布局建议

## 11.1 PCB 封装图形

本章节提供以下资源供您参考：

- 推荐 PCB 封装图，标有 PCB 设计所需的全部尺寸。详见图 14 *ESP32-C61-MINI-1 推荐 PCB 封装图形* 和图 15 *ESP32-C61-MINI-1U 推荐 PCB 封装图形*。
- 推荐 PCB 封装图的源文件，用于测量图 14 和 15 中未标注的尺寸。您可用 Autodesk Viewer 查看 ESP32-C61-MINI-1 和 ESP32-C61-MINI-1U 的封装图源文件。
- ESP32-C61-MINI-1 和 ESP32-C61-MINI-1U 的 3D 模型。请确保下载的 3D 模型为.STEP 格式（注意，部分浏览器可能会加.txt 后缀）。

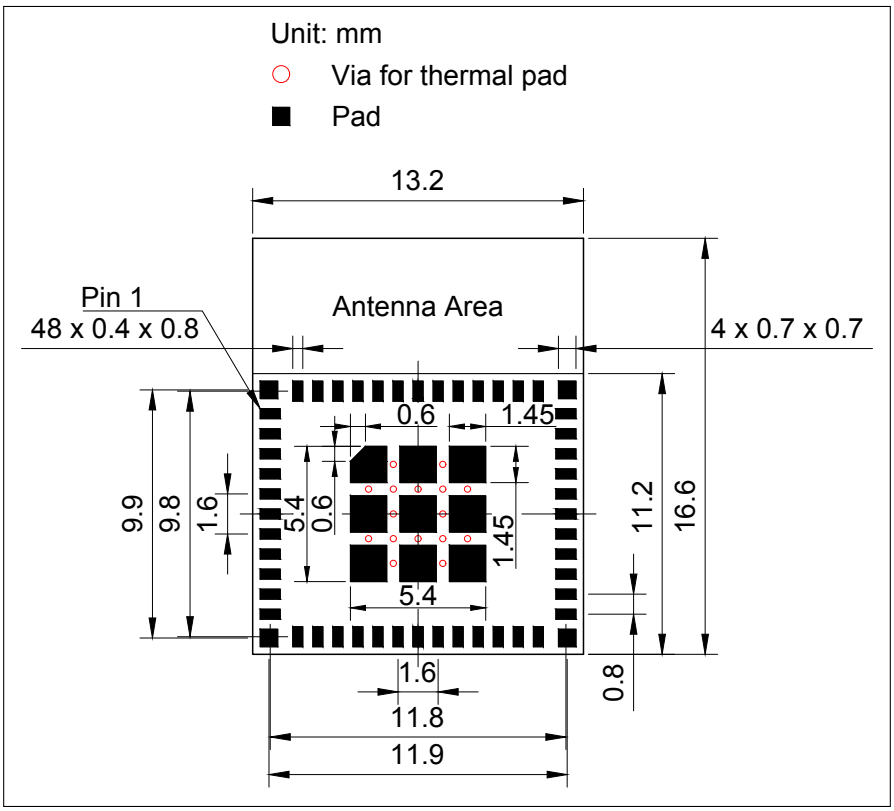


图 14: ESP32-C61-MINI-1 推荐 PCB 封装图形

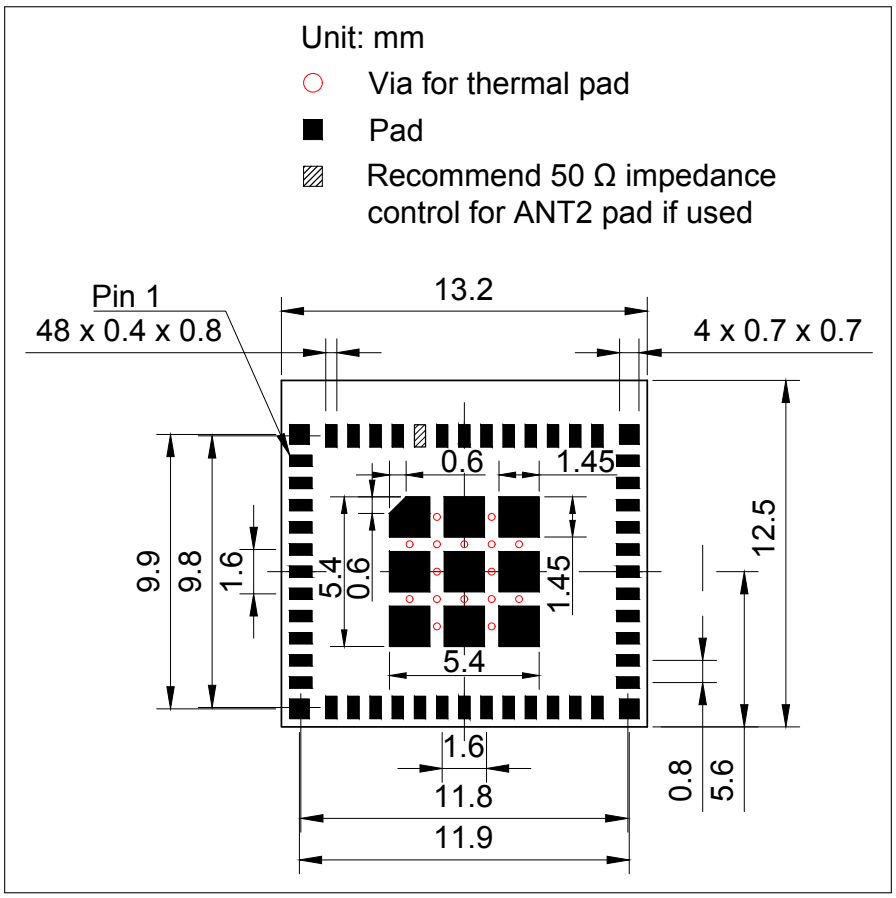


图 15: ESP32-C61-MINI-1U 推荐 PCB 封装图形

## 11.2 PCB 设计中的模组位置摆放

如产品采用模组进行 on-board 设计，则需注意考虑模组在底板的布局，应尽可能地减小底板对模组 PCB 天线性能的影响。

关于 PCB 设计中模组位置摆放的更多信息，请参考 《ESP32-C61 硬件设计指南》 > 章节 模组在底板上的位置摆放。

# 12 产品处理

## 12.1 存储条件

密封在防潮袋 (MBB) 中的产品应储存在 < 40 °C/90%RH 的非冷凝大气环境中。

模组的潮湿敏感度等级 MSL 为 3 级。

真空袋拆封后，在 25±5 °C、60%RH 下，必须在 168 小时内使用完毕，否则就需要烘烤后才能二次上线。

## 12.2 静电放电 (ESD)

- 人体放电模式 (HBM)：±2000 V
- 充电器件模式 (CDM)：±500 V

## 12.3 回流焊温度曲线

建议模组只过一次回流焊。

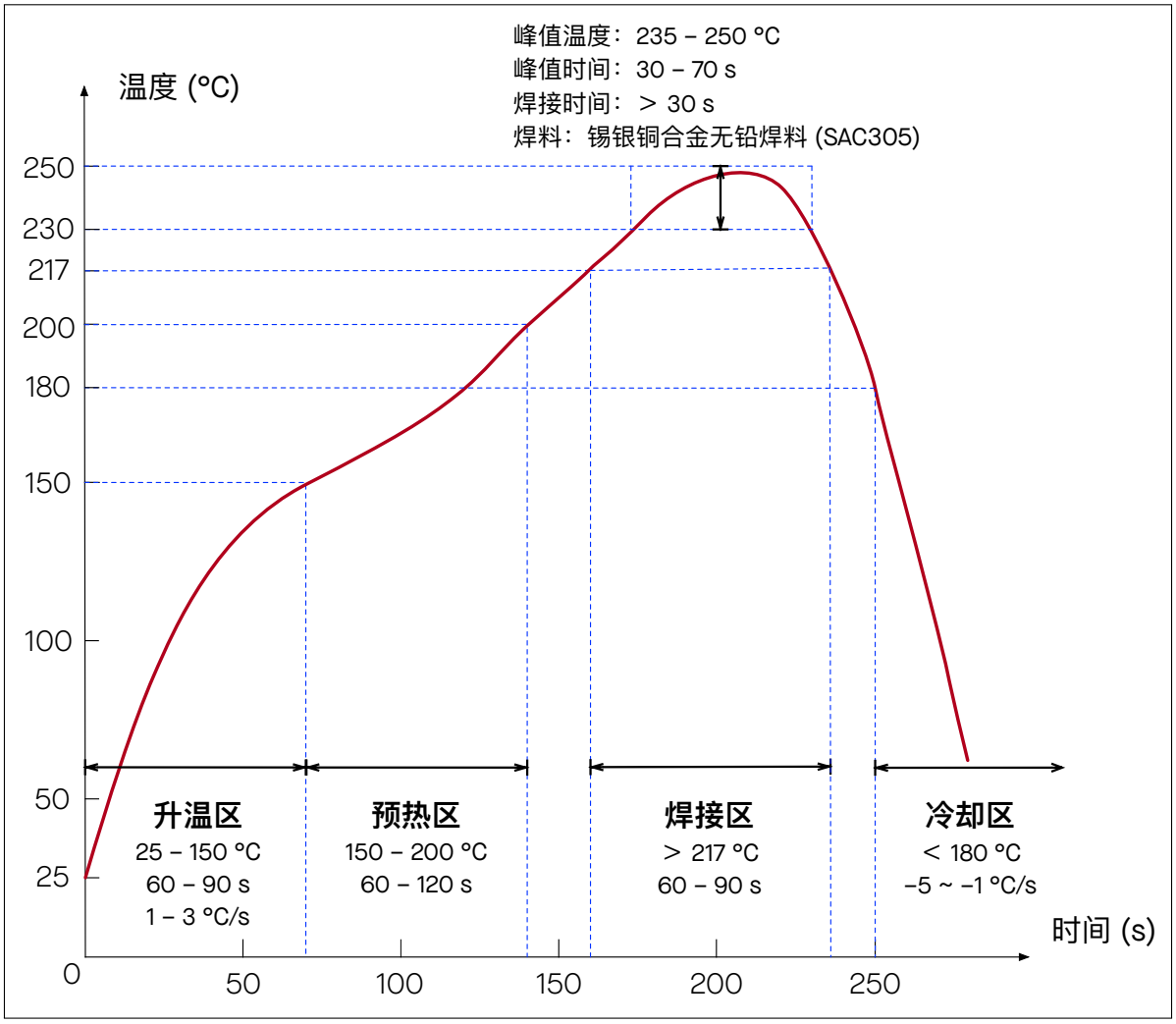


**图 16: 回流焊温度曲线**

## 12.4 超声波振动

请避免将乐鑫模组暴露于超声波焊接机或超声波清洗机等超声波设备的振动中。超声波设备的振动可能与模组内部的晶振产生共振，导致晶振故障甚至失灵，**进而致使模组无法工作或性能退化**。

# 相关文档和资源

## 相关文档

- 《ESP32-C61 技术规格书》 – 提供 ESP32-C61 芯片的硬件技术规格。
- 《ESP32-C61 技术参考手册》 – 提供 ESP32-C61 芯片的存储器和外设的详细使用说明。
- 《ESP32-C61 硬件设计指南》 – 提供基于 ESP32-C61 芯片的产品设计规范。
- 证书
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/certificates
- ESP32-C61 产品/工艺变更通知 (PCN)
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/pcns?keys=ESP32-C61
- ESP32-C61 公告 – 提供有关安全、bug、兼容性、器件可靠性的信息
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/advisories?keys=ESP32-C61
- 文档更新和订阅通知
  https://espressif.com/zh-hans/support/download/documents

## 开发者社区

- 《ESP32-C61 ESP-IDF 编程指南》 – ESP-IDF 开发框架的文档中心。
- ESP-IDF 及 GitHub 上的其它开发框架
  https://github.com/espressif
- ESP32 论坛 – 工程师对工程师 (E2E) 的社区，您可以在这里提出问题、解决问题、分享知识、探索观点。
  https://esp32.com/
- *The ESP Journal* – 分享乐鑫工程师的最佳实践、技术文章和工作随笔。
  https://blog.espressif.com/
- SDK 和演示、App、工具、AT 等下载资源
  https://espressif.com/zh-hans/support/download/sdks-demos

## 产品

- ESP32-C61 系列芯片 – ESP32-C61 全系列芯片。
  https://espressif.com/zh-hans/products/socs?id=ESP32-C61
- ESP32-C61 系列模组 – ESP32-C61 全系列模组。
  https://espressif.com/zh-hans/products/modules?id=ESP32-C61
- ESP32-C61 系列开发板 – ESP32-C61 全系列开发板。
  https://espressif.com/zh-hans/products/devkits?id=ESP32-C61
- ESP Product Selector（乐鑫产品选型工具）– 通过筛选性能参数、进行产品对比快速定位您所需要的产品。
  https://products.espressif.com/#/product-selector?language=zh

## 联系我们

- 商务问题、技术支持、电路原理图 & PCB 设计审阅、购买样品（线上商店）、成为供应商、意见与建议
  https://espressif.com/zh-hans/contact-us/sales-questions

# 修订历史

| 日期 | 版本 | 发布说明 |
|---|---|---|
| 2026-06-01 | v1.0 | • 在 1.1 特性 中添加认证和测试章节<br>• 更新章节 10.2 外部天线连接器尺寸<br>• 更新图片 12 *ESP32-C61-MINI-1U 模组尺寸* |
| 2026-03-13 | v0.7 | • 更新章节 8 模组原理图 |
| 2025-11-12 | v0.6 | • 更新章节 1.2 型号对比，添加产品型号 ESP32-C61-MINI-1-N8R8<br>• 添加模组 ESP32-C61-MINI-1U |
| 2025-10-10 | v0.5 | 预发布 |
| 2025-05-20 | v0.1 | 初稿 |

## 免责声明和版权公告

本文档中的信息，包括供参考的 URL 地址，如有变更，恕不另行通知。

本文档可能引用了第三方的信息，所有引用的信息均为“按现状”提供，乐鑫不对信息的准确性、真实性做任何保证。

乐鑫不对本文档的内容做任何保证，包括内容的适销性、是否适用于特定用途，也不提供任何其他乐鑫提案、规格书或样品在他处提到的任何保证。

乐鑫不对本文档是否侵犯第三方权利做任何保证，也不对使用本文档内信息导致的任何侵犯知识产权的行为负责。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权许可，不管是明示许可还是暗示许可。

Wi-Fi 联盟成员标志归 Wi-Fi 联盟所有。蓝牙标志是 Bluetooth SIG 的注册商标。

文档中提到的所有商标名称、商标和注册商标均属其各自所有者的财产，特此声明。

**版权归 © 2026 乐鑫信息科技（上海）股份有限公司。保留所有权利。**

www.espressif.com