

# ESP32-PICO-MINI-02

## 技术规格书

Draft



版本 0.1  
乐鑫信息科技  
版权 © 2020

## 关于本文档

本文档为用户提供 ESP32-PICO-MINI-02 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](http://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](http://www.espressif.com/zh-hans/certificates) 下载产品证书。

## 免责声明和版权公告

本文中的信息，包括供参考的 URL 地址，如有变更，恕不另行通知。文档“按现状”提供，不负任何担保责任，包括对适销性、适用于特定用途或非侵权性的任何担保，和任何提案、规格或样品在他处提到的任何担保。

本文档不负任何责任，包括使用本文档内信息产生的侵犯任何专利权行为的责任。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权使用许可，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 © 2020 乐鑫所有。保留所有权利。

# 1. 产品概述

## 1.1 特性

### MCU

- 内置 ESP32 芯片, Xtensa® 双核 32 位 LX6 微处理器, 支持高达 240 MHz 的时钟频率
- 448 KB ROM
- 520 KB SRAM
- 16 KB RTC SRAM

### Wi-Fi

- 802.11b/g/n
- 802.11n 数据速率高达 150 Mbps
- 支持 A-MPDU 和 A-MSDU 聚合
- 支持 0.4  $\mu$ s 保护间隔
- 工作信道中心频率范围: 2412 ~ 2484 MHz

### 蓝牙®

- 蓝牙 V4.2 BR/EDR 和蓝牙 BLE 标准
- Class-1、class-2 和 class-3 发射器
- AFH

- CVSD 和 SBC

### 硬件

- 模组接口:  
SD 卡、UART、SPI、SDIO、I<sup>2</sup>C、LED PWM、电机 PWM、I<sup>2</sup>S、IR、脉冲计数器、GPIO、电容式触摸传感器、ADC、DAC
- 40 MHz 晶振
- 8 MB SPI flash
- 2 MB PSRAM
- 工作电压/供电电压: 3.0 ~ 3.6 V
- 建议工作温度范围: -40 ~ 85 °C
- 封装尺寸: 见表 1

### 认证

- RF 认证: FCC/CE-RED/SRRC

### 测试

- 可靠性: HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD

## 1.2 描述

ESP32-PICO-MINI-02 是一款通用型 Wi-Fi+Bluetooth®+Bluetooth® LE MCU 模组, 基于系统级封装 (SiP) ESP32-PICO-V3-02, 内封 8 MB SPI flash, 2 MB SPI PSRAM 和 40 MHz 晶振等外围器件。该模组功能强大、尺寸小巧, 适用各类物联网应用场景, 如智能家居、智能楼宇, 消费电子, 工业控制, 包括智能音箱、语音玩具、智能网关、以太网等应用。

模组的订购信息请见下表。

表 1: 模组订购信息

| 模组                                              | 集成芯片             | Flash | PSRAM | 模组尺寸 (mm)                             |
|-------------------------------------------------|------------------|-------|-------|---------------------------------------|
| ESP32-PICO-MINI-02 (PCB)                        | ESP32-PICO-V3-02 | 8 MB  | 2 MB  | (13.20±0.15)×(16.60±0.15)×(2.40±0.15) |
| 说明:<br>具体订购信息请参考文档 <a href="#">《乐鑫产品订购信息》</a> 。 |                  |       |       |                                       |

ESP32-PICO-MINI-02 采用的芯片是 ESP32 系列的 ESP32-PICO-V3-02\*。ESP32-PICO-V3-02 芯片具有可扩展、自适应的特点。两个 CPU 核可以被单独控制。CPU 时钟频率的调节范围为 80 MHz 到 240 MHz。用户可以

关闭 CPU 的电源，利用低功耗协处理器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、霍尔传感器、SD 卡接口、以太网接口、高速 SPI、UART、I<sup>2</sup>S 和 I<sup>2</sup>C 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 BLE Beacon 以便于信号检测。ESP32 芯片的睡眠电流小于 5  $\mu$ 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。

## 1.3 应用

- 通用低功耗 IoT 传感器 Hub
- 通用低功耗 IoT 数据记录器
- 摄像头视频流传输
- OTT 电视盒/机顶盒设备
- 语音识别
- 图像识别
- Mesh 网络
- 家庭自动化
- 智能家居控制板
- 智慧楼宇
- 工业自动化
- 智慧农业
- 音频设备
- 健康/医疗/看护
- Wi-Fi 玩具
- 可穿戴电子产品
- 零售 & 餐饮
- 智能 POS 应用

# 目录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>1 产品概述</b>             | 3  |
| 1.1 特性                    | 3  |
| 1.2 描述                    | 3  |
| 1.3 应用                    | 4  |
| <b>2 功能块图</b>             | 9  |
| <b>3 管脚定义</b>             | 10 |
| 3.1 管脚布局                  | 10 |
| 3.2 管脚描述                  | 10 |
| 3.3 Strapping 管脚          | 11 |
| <b>4 电气特性</b>             | 13 |
| 4.1 绝对最大额定值               | 13 |
| 4.2 建议工作条件                | 13 |
| 4.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) | 13 |
| 4.4 功耗特性                  | 14 |
| 4.5 Wi-Fi 射频              | 15 |
| 4.6 低功耗蓝牙射频               | 16 |
| 4.6.1 接收器                 | 16 |
| 4.6.2 发射器                 | 16 |
| <b>5 电路原理图</b>            | 17 |
| <b>6 外围原理图</b>            | 18 |
| <b>7 模组尺寸和 PCB 布局</b>     | 20 |
| 7.1 模组尺寸                  | 20 |
| 7.2 PCB 封装布局              | 21 |
| 7.2.1 PCB 封装              | 21 |
| 7.2.2 PCB 布局              | 21 |
| <b>8 产品处理</b>             | 24 |
| 8.1 存储条件                  | 24 |
| 8.2 ESD                   | 24 |
| 8.3 回流焊温度曲线               | 24 |
| <b>9 MAC 地址和 eFuse</b>    | 25 |
| <b>10 学习资源</b>            | 26 |
| 10.1 必读资料                 | 26 |
| 10.2 必备资源                 | 26 |

## 修订历史

27

Draft

## 表格

|    |                       |    |
|----|-----------------------|----|
| 1  | 模组订购信息                | 3  |
| 2  | 管脚定义                  | 10 |
| 3  | Strapping 管脚          | 12 |
| 4  | 绝对最大额定值               | 13 |
| 5  | 建议工作条件                | 13 |
| 6  | 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) | 13 |
| 7  | 射频功耗                  | 14 |
| 8  | 不同功耗模式下的功耗            | 15 |
| 9  | Wi-Fi 射频特性            | 15 |
| 10 | 低功耗蓝牙接收器特性            | 16 |
| 11 | 低功耗蓝牙发射器特性            | 16 |

Draft

插图

|   |                             |    |
|---|-----------------------------|----|
| 1 | ESP32-PICO-MINI-02 模组功能块图   | 9  |
| 2 | 管脚布局（顶视图）                   | 10 |
| 3 | ESP32-PICO-MINI-02 电路原理图    | 17 |
| 4 | 外围原理图                       | 18 |
| 5 | 模组尺寸图                       | 20 |
| 6 | ESP32-PICO-MINI-02 PCB 封装图形 | 21 |
| 7 | 模组在底板上的位置示意图                | 22 |
| 8 | 天线区域净空示意图                   | 22 |
| 9 | 回流焊温度曲线                     | 24 |

Draft



## 2. 功能块图

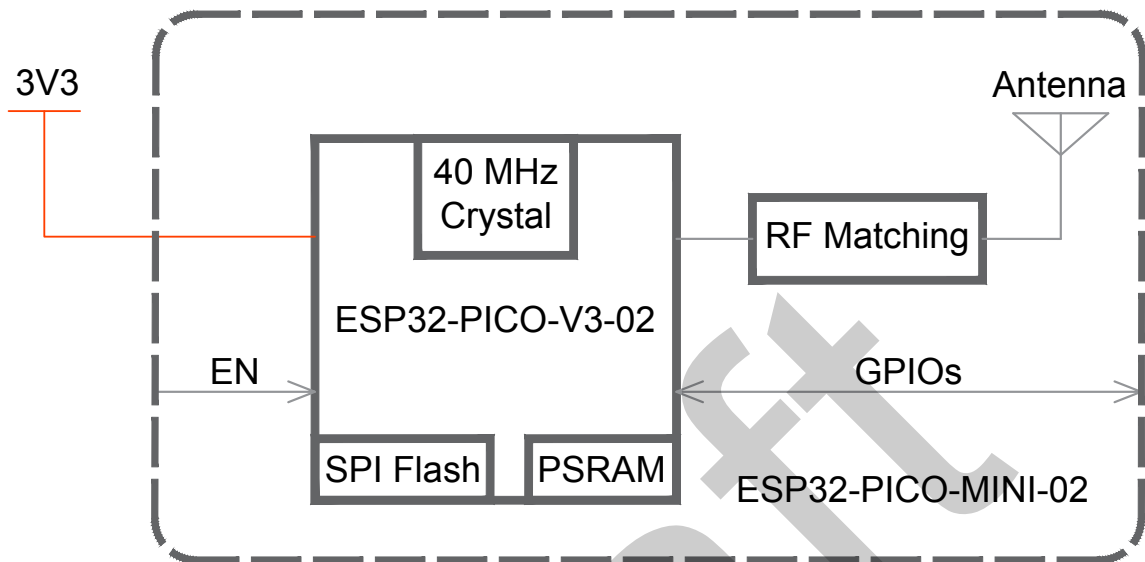


图 1: ESP32-PICO-MINI-02 模组功能块图

### 3. 管脚定义

#### 3.1 管脚布局

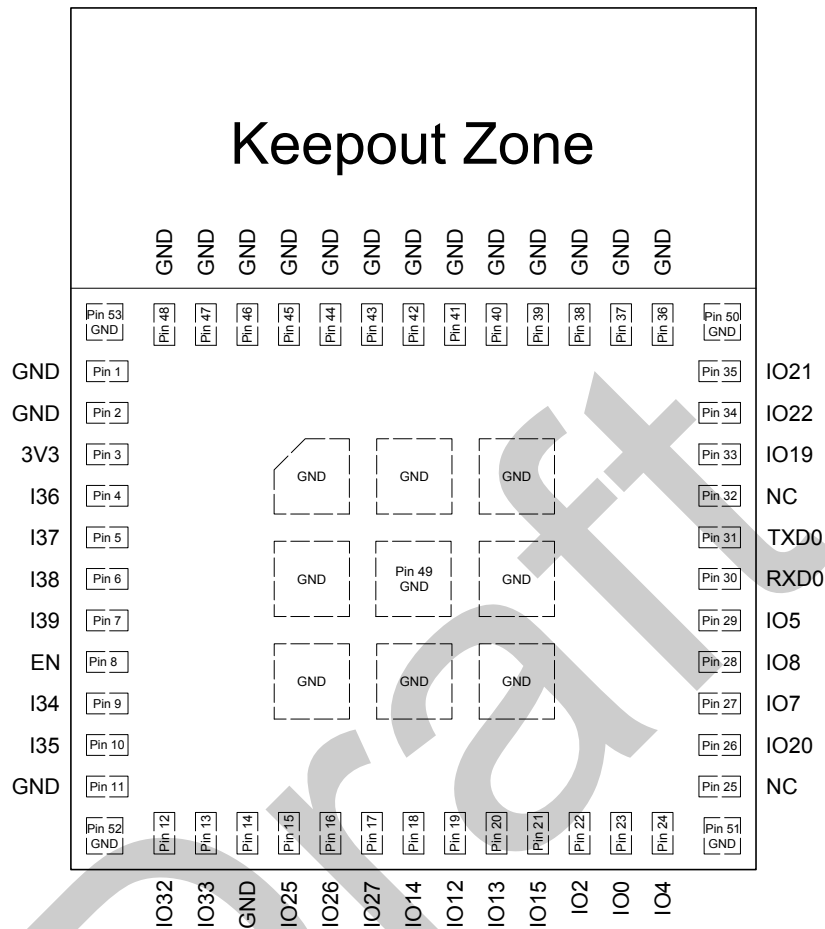


图 2: 管脚布局（顶视图）

#### 3.2 管脚描述

该模组共有 53 个管脚，具体描述参见表 2.

表 2: 管脚定义

| 名称  | 序号                  | 类型 | 功能                                       |
|-----|---------------------|----|------------------------------------------|
| GND | 1, 2, 11, 14, 36-53 | P  | 接地                                       |
| 3V3 | 3                   | P  | 供电                                       |
| I36 | 4                   | I  | GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0              |
| I37 | 5                   | I  | GPIO37, ADC1_CH1, RTC_GPIO1              |
| I38 | 6                   | I  | GPIO38, ADC1_CH2, RTC_GPIO2              |
| I39 | 7                   | I  | GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3              |
| 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。 |

| 名称   | 序号 | 类型  | 功能                                                                                 |
|------|----|-----|------------------------------------------------------------------------------------|
| I34  | 9  | I   | GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4                                                        |
| I35  | 10 | I   | GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5                                                        |
| IO32 | 12 | I/O | GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz 晶振输入), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9                  |
| IO33 | 13 | I/O | GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz 晶振输出), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8                  |
| IO25 | 15 | I/O | GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0                                      |
| IO26 | 16 | I/O | GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1                                      |
| IO27 | 17 | I/O | GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV                                   |
| IO14 | 18 | I/O | GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2    |
| IO12 | 19 | I/O | GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3  |
| IO13 | 20 | I/O | GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER |
| IO15 | 21 | I/O | GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, RTC_GPIO13, MTDO, HSPICS0, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3    |
| IO2  | 22 | I/O | GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0                   |
| IO0  | 23 | I/O | GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK                         |
| IO4  | 24 | I/O | GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER       |
| NC   | 25 | -   | 空管脚                                                                                |
| IO20 | 26 | I/O | GPIO20                                                                             |
| IO7  | 27 | I/O | GPIO7, HS1_DATA0, U2RTS, SD_DATA0                                                  |
| IO8  | 28 | I/O | GPIO8, HS1_DATA1, U2CTS, SD_DATA1                                                  |
| IO5  | 29 | I/O | GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK                                             |
| RXD0 | 30 | I/O | GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2                                                             |
| TXD0 | 31 | I/O | GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2                                                  |
| NC   | 32 | -   | 空管脚                                                                                |
| IO19 | 33 | I/O | GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0                                                    |
| IO22 | 34 | I/O | GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1                                                   |
| IO21 | 35 | I/O | GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN                                                         |

**注意：**ESP32-PICO-V3-02 芯片的 CMD/IO11 和 CLK/IO6 管脚用于连接嵌入式的 flash，SD2/IO9 和 SD3/IO10 管脚用于连接嵌入式的 PSRAM，不再拉出至模组管脚。

### 3.3 Strapping 管脚

ESP32 共有 5 个 Strapping 管脚，可参考章节 5 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<br>下降沿输出 | 下降沿采样<br>上升沿输出 | 上升沿采样<br>下降沿输出 | 上升沿采样<br>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。
- 由于芯片嵌入式的 flash 及 SRAM 的工作电压仅支持 3.3 V (VDD\_SDIO 输出)，因此请注意模组上电时，MTDI 不可被外部拉高。

## 4. 电气特性

### 4.1 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 5。

表 4: 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  | 85    | °C |

**说明:**

- 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。
- 关于电源域请参考《ESP32 技术规格书》附录中表 IO\_MUX。

### 4.2 建议工作条件

表 5: 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         | 工作温度      | -40 | -   | 85  | °C |

### 4.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

表 6: 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 | $0.75 \times VDD^1$ | -   | $VDD^1 + 0.3$       | V  |
| $V_{IL}$ | 低电平输入电压 | -0.3                | -   | $0.25 \times VDD^1$ | 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 | $0.8 \times VDD^1$  | -   | -                   | V  |
| $V_{OL}$ | 低电平输出电压 | -                   | -   | $0.1 \times VDD^1$  | V  |

| 符号             | 参数                                                                                           |                                    | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位        |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----------|
| $I_{OH}$       | 高电平拉电流<br>( $V_{DD}^1 = 3.3\text{ V}$ ,<br>$V_{OH} \geq 2.64\text{ V}$ ,<br>管脚输出强度设为<br>最大值) | VDD3P3_CPU 电<br>源域 <sup>1, 2</sup> | -   | 40  | -   | mA        |
|                |                                                                                              | VDD3P3_RTC 电<br>源域 <sup>1, 2</sup> | -   | 40  | -   | mA        |
|                |                                                                                              | VDD_SDIO 电<br>源域 <sup>1, 3</sup>   | -   | 20  | -   | mA        |
| $I_{OL}$       | 低电平灌电流<br>( $V_{DD}^1 = 3.3\text{ V}$ , $V_{OL} = 0.495\text{ V}$ ,<br>管脚输出强度设为最大值)          |                                    | -   | 28  | -   | mA        |
| $R_{PU}$       | 上拉电阻                                                                                         |                                    | -   | 45  | -   | $k\Omega$ |
| $R_{PD}$       | 下拉电阻                                                                                         |                                    | -   | 45  | -   | $k\Omega$ |
| $V_{IL\_nRST}$ | CHIP_PU 关闭芯片的低电平输入电压                                                                         |                                    | -   | -   | 0.6 | V         |

**说明:**

- 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。
- 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。
- VDD\_SDIO 电源域的管脚不包括连接 flash 和/或 PSRAM 的管脚。

## 4.4 功耗特性

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。关于不同功耗模式的描述，详见《ESP32 技术规格书》中章节 RTC 和低功耗管理。

**表 7: 射频功耗**

| 工作模式          | 描述 |                                    | 平均值 (mA) | 峰值 (mA) |
|---------------|----|------------------------------------|----------|---------|
| Active (射频工作) | TX | 802.11b, 20 MHz, 1 Mbps, @19.5 dBm | 233      | 368     |
|               |    | 802.11g, 20 MHz, 54 Mbps, @14 dBm  | 181      | 258     |
|               |    | 802.11n, 20 MHz, MCS7, @13 dBm     | 178      | 248     |
|               |    | 802.11n, 40 MHz, MCS7, @13 dBm     | 162      | 205     |
|               | RX | 802.11b/g/n, 20 MHz                | 110      | 111     |
|               |    | 802.11n, 40 MHz                    | 116      | 117     |

**说明:**

- 功耗数据是基于 3.3 V 电源、25 °C 环境温度，在 RF 接口处完成的测试结果。所有发射数据均基于 50% 的占空比测得。
- 测量 RX 功耗数据时，外设处于关闭状态，CPU 处于 idle 状态。

表 8: 不同功耗模式下的功耗

| 工作模式        | 描述                    |              | 功耗典型值                |
|-------------|-----------------------|--------------|----------------------|
| Modem-sleep | CPU 处于工作状态            | 240 MHz      | 30 ~ 68 mA           |
|             |                       | 160 MHz      | 27 ~ 44 mA           |
|             |                       | 正常速度: 80 MHz | 20 ~ 31 mA           |
| Light-sleep | —                     |              | 0.8 mA               |
| Deep-sleep  | ULP 协处理器处于工作状态        |              | 150 $\mu$ A          |
|             | 超低功耗传感器监测模式           |              | 100 $\mu$ A @1% duty |
|             | RTC 定时器 + RTC 存储器     |              | 10 $\mu$ A           |
|             | 仅有 RTC 定时器处于工作状态      |              | 5 $\mu$ A            |
| 关闭          | CHIP_PU 脚拉低, 芯片处于关闭状态 |              | 1 $\mu$ A            |

## 说明:

- 测量 Modem-sleep 功耗数据时, CPU 处于工作状态, cache 处于 idle 状态。
- 在 Wi-Fi 开启的场景中, 芯片会在 Active 和 Modem-sleep 模式之间切换, 功耗也会在两种模式间变化。
- Modem-sleep 模式下, CPU 频率自动变化, 频率取决于 CPU 负载和使用的外设。
- Deep-sleep 模式下, 仅 ULP 协处理器处于工作状态时, 可以操作 GPIO 及低功耗 I<sup>2</sup>C。
- 当系统处于超低功耗传感器监测模式时, ULP 协处理器或传感器周期性工作。ADC 以 1% 占空比工作, 系统功耗典型值为 100  $\mu$ A。

## 4.5 Wi-Fi 射频

表 9: Wi-Fi 射频特性

| 参数                  | 条件              | 最小值  | 典型值   | 最大值  | 单位       |
|---------------------|-----------------|------|-------|------|----------|
| 工作频率范围 <sup>1</sup> | -               | 2412 | -     | 2484 | MHz      |
| 输出阻抗 <sup>2</sup>   | -               | -    | 见说明 2 | -    | $\Omega$ |
| 输出功率 <sup>3</sup>   | 11n, MCS7       | 12   | 13    | 14   | dBm      |
|                     | 11b 模式          | 18.5 | 19.5  | 20.5 | dBm      |
| 灵敏度                 | 11b, 1 Mbps     | -    | -97   | -    | dBm      |
|                     | 11b, 11 Mbps    | -    | -88   | -    | dBm      |
|                     | 11g, 6 Mbps     | -    | -92   | -    | dBm      |
|                     | 11g, 54 Mbps    | -    | -75   | -    | dBm      |
|                     | 11n, HT20, MCS0 | -    | -92   | -    | dBm      |
|                     | 11n, HT20, MCS7 | -    | -72   | -    | dBm      |
|                     | 11n, HT40, MCS0 | -    | -89   | -    | dBm      |
|                     | 11n, HT40, MCS7 | -    | -69   | -    | dBm      |
| 邻道抑制                | 11g, 6 Mbps     | -    | 27    | -    | dB       |
|                     | 11g, 54 Mbps    | -    | 13    | -    | dB       |
|                     | 11n, HT20, MCS0 | -    | 27    | -    | dB       |
|                     | 11n, HT20, MCS7 | -    | 12    | -    | dB       |

## 说明:

- 工作频率范围应符合国家或地区的规范标准。软件可以配置工作频率范围。
- 使用 IPEX 天线的模组输出阻抗为 50  $\Omega$ ，不使用 IPEX 天线的模组可无需关注输出阻抗。
- 根据产品或认证的要求，用户可以配置目标功率。

## 4.6 低功耗蓝牙射频

### 4.6.1 接收器

表 10: 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    | -                   | -94 | -93 | -92 | 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 |

### 4.6.2 发射器

表 11: 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 $\pm$ 2 MHz   | -   | -52   | -   | dBm            |
|                                   | F = F0 $\pm$ 3 MHz   | -   | -58   | -   | dBm            |
|                                   | F = F0 $\pm$ > 3 MHz | -   | -60   | -   | dBm            |
| $\Delta f_{1avg}$                 | -                    | -   | -     | 265 | kHz            |
| $\Delta f_{2max}$                 | -                    | 247 | -     | -   | kHz            |
| $\Delta f_{2avg}/\Delta f_{1avg}$ | -                    | -   | +0.92 | -   | -              |
| ICFT                              | -                    | -   | -10   | -   | kHz            |
| 漂移速率                              | -                    | -   | 0.7   | -   | kHz/50 $\mu$ s |
| 偏移                                | -                    | -   | 2     | -   | kHz            |



图 3: ESP32-PICO-MINI-02 电路原理图

## 6. 外围原理图

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

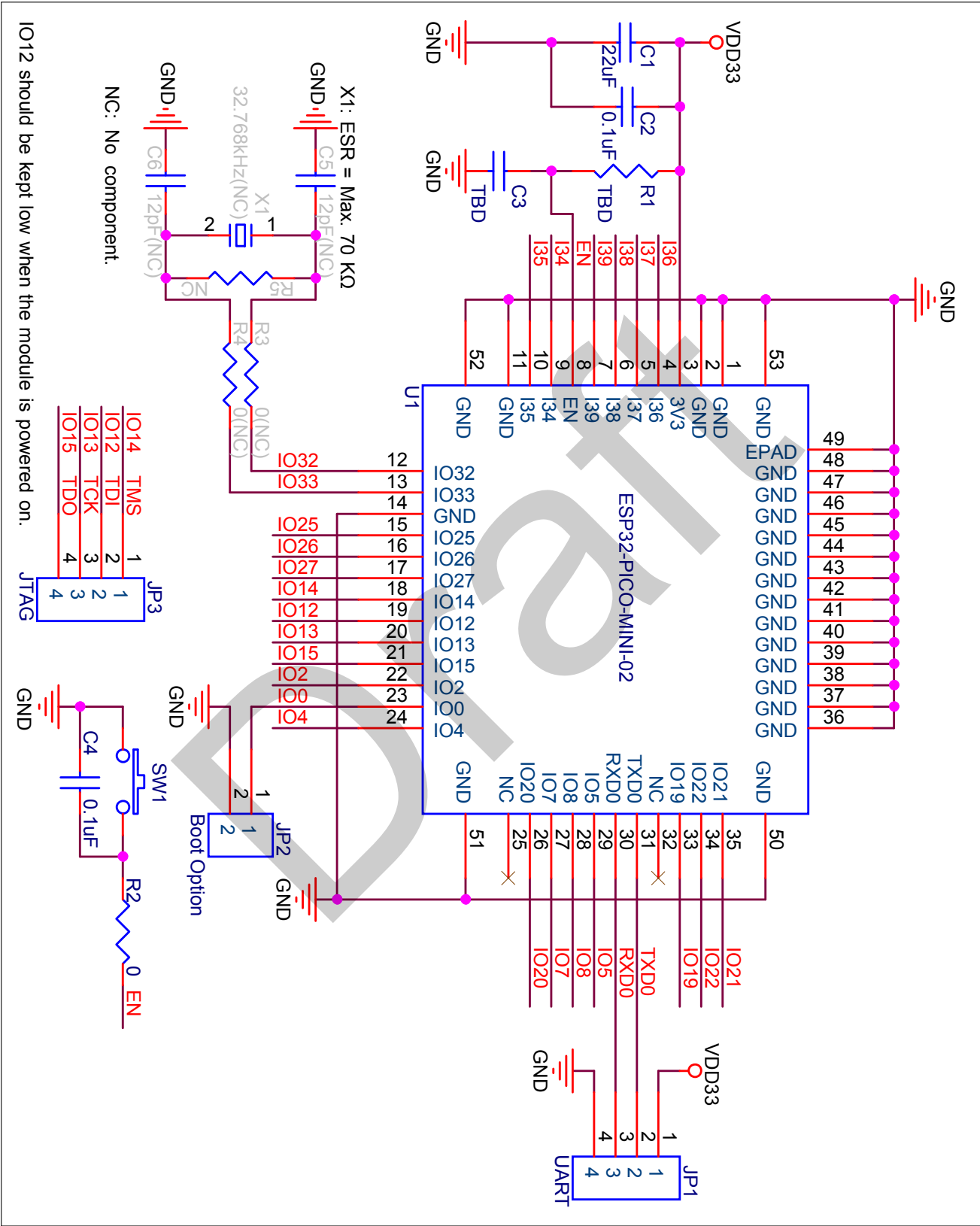


图 4: 外围原理图

### 说明:

- EPAD 可以不焊接到底板。若用户将该管脚焊接到底板，请确保使用适量的焊锡膏。
- 为确保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  $R = 10\text{ k}\Omega$ ， $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ ，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。芯片的上电复位时序图可参考 [《ESP32 技术规格书》](#) 中的电源管理章节。

Draft

## 7. 模组尺寸和 PCB 布局

### 7.1 模组尺寸

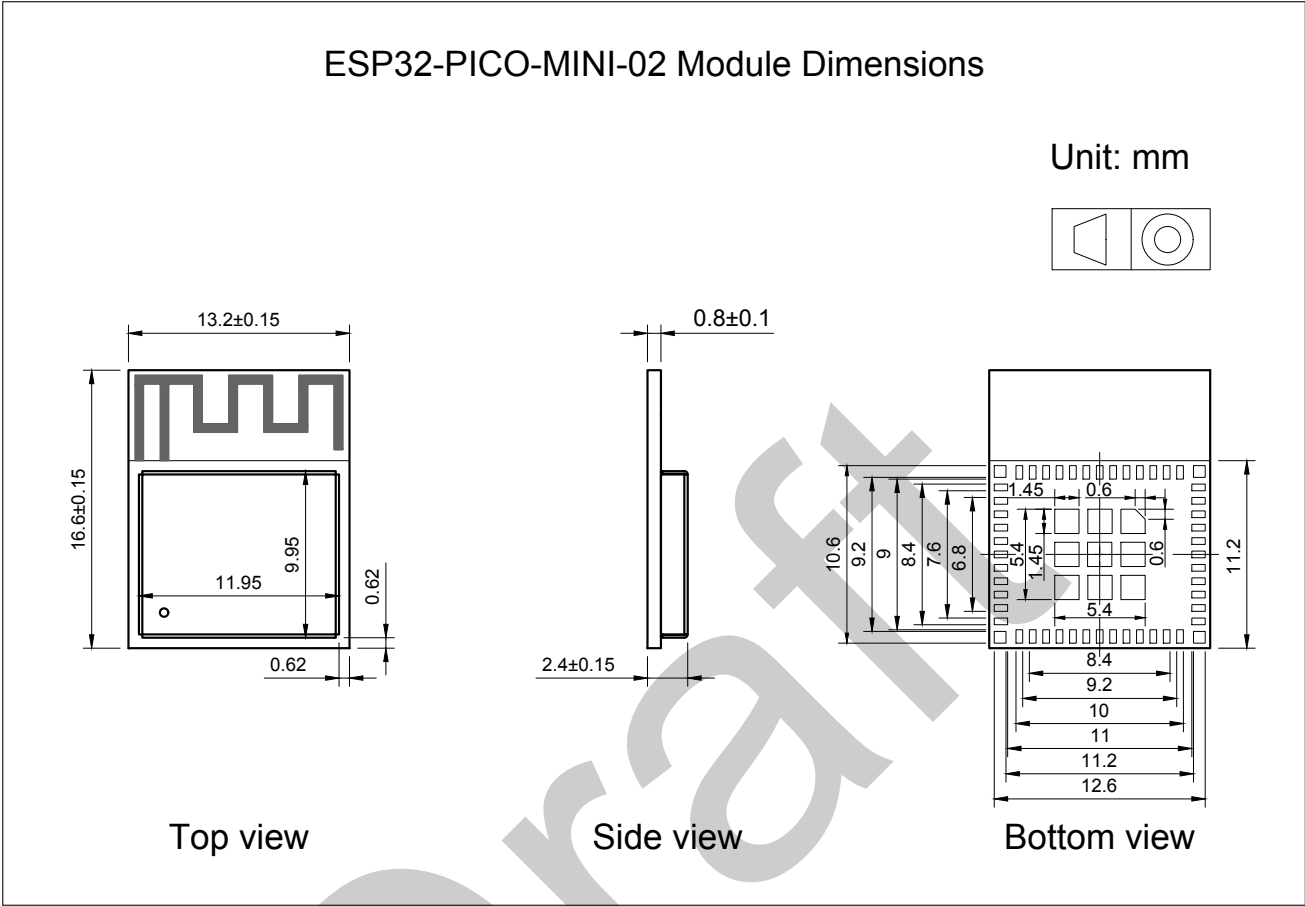


图 5: 模组尺寸图

## 7.2 PCB 封装布局

### 7.2.1 PCB 封装

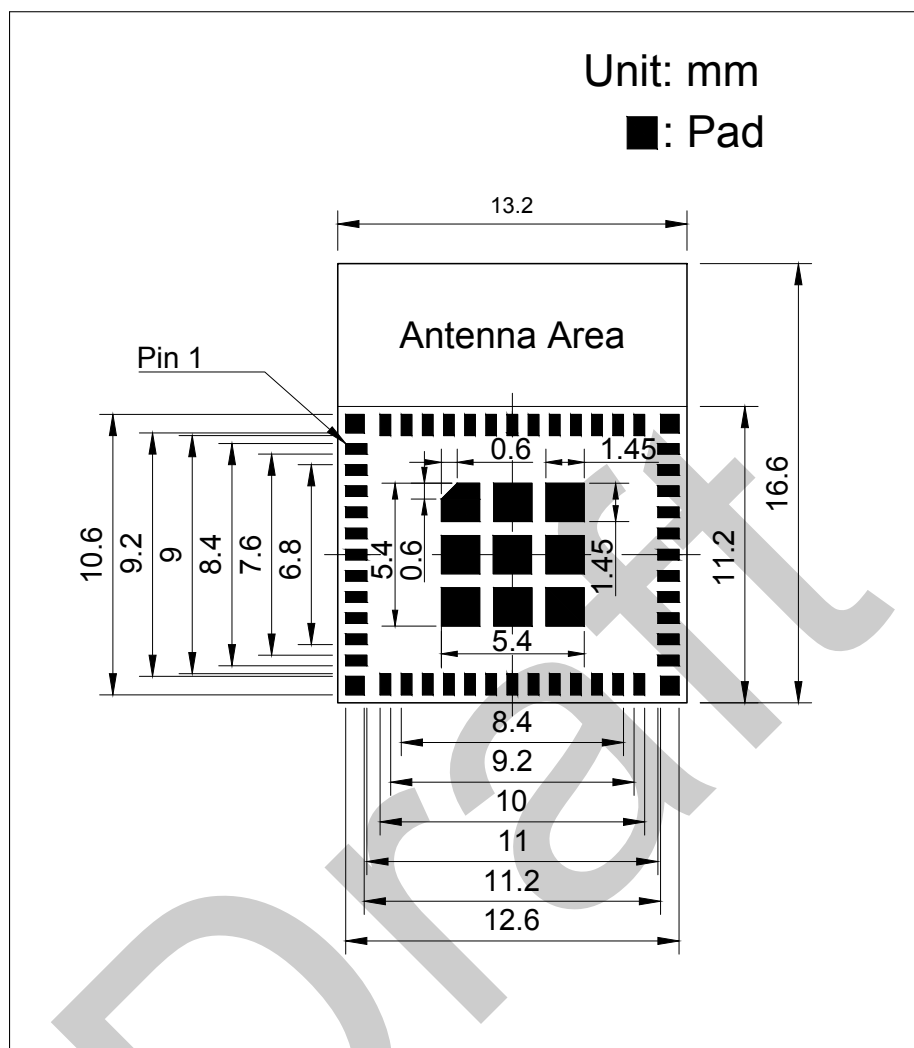


图 6: ESP32-PICO-MINI-02 PCB 封装图形

### 7.2.2 PCB 布局

如果产品采用带板载天线版本的模组进行设计，需要采用恰当的布局从而获得良好的射频性能。

模组采用倒 F 天线设计，所以天线的摆放位置也应该遵循倒 F 天线的设计规则，天线馈点需要尽可能靠近板边。建议将模组尽可能地靠近底板板边摆放，条件允许的情况下，PCB 天线区域最好延伸出底板板框外。

模组在底板上的位置示意图如图 7 所示，其中，位置 1、5 强烈推荐；位置 2、3、4 不推荐。

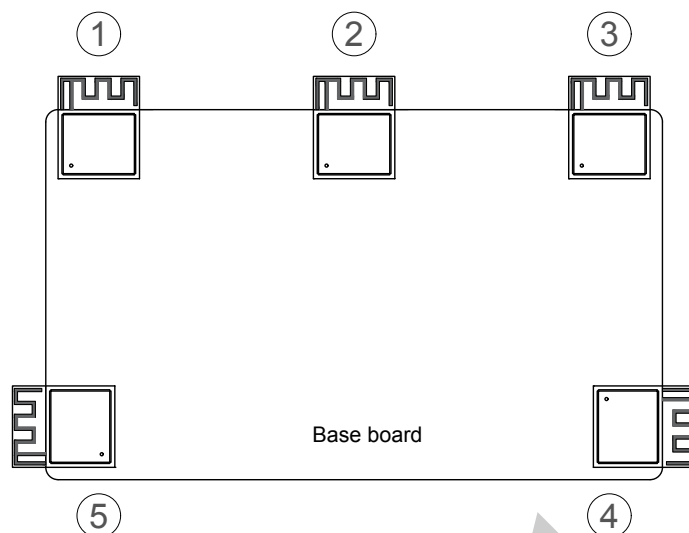


图 7: 模组在底板上的位置示意图

如上述方法受限而无法实行, 请确保模块不被任何金属的外壳包裹, 保留必要的 PCB 天线净空区域 (严禁铺铜、走线、摆放元件), 该净空区域越大越好。另外, 建议将 PCB 天线下方区域的底板切割掉, 以尽可能减少底板板材对 PCB 天线的影响。天线净空区域如下图所示:

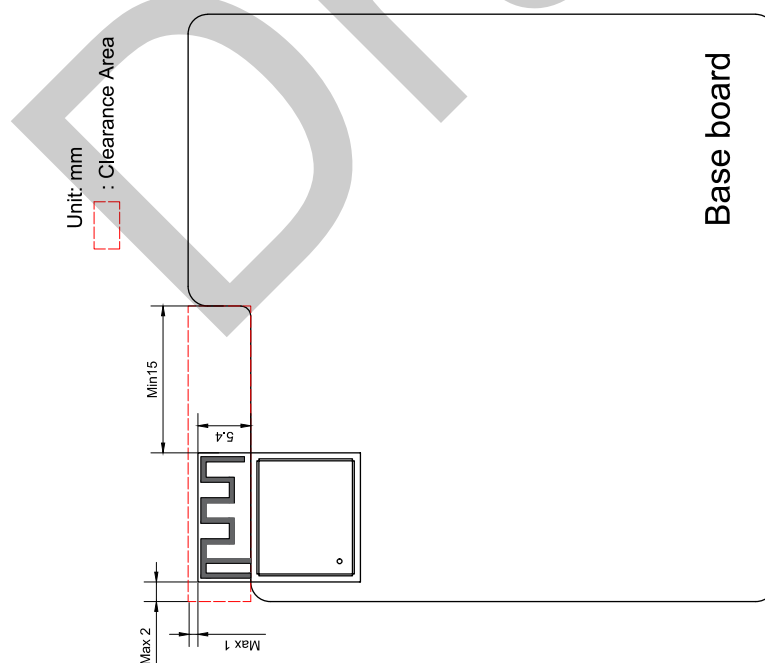


图 8: 天线区域净空示意图

如果产品设计时采用不符合上述规则的摆放布局, 则需要对整机产品进行 Wi-Fi、BT 吞吐量和通讯距离等测试

来确保产品性能。涉及整机设计时，请注意考虑外壳对天线的影响，并进行 RF 验证。

Draft

## 8. 产品处理

### 8.1 存储条件

密封在防潮袋 (MBB) 中的产品应储存在  $< 40^{\circ}\text{C}/90\% \text{RH}$  的非冷凝大气环境中。

模組的潮湿敏感度等级 (MSL) 为 3 级。

真空袋拆封后, 在  $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $60\% \text{RH}$  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。

### 8.2 ESD

- 人体放电模式 (HBM): 2000 V
- 充电器件模式 (CDM): 500 V
- 空气放电: 6000 V
- 接触放电: 4000 V

### 8.3 回流焊温度曲线

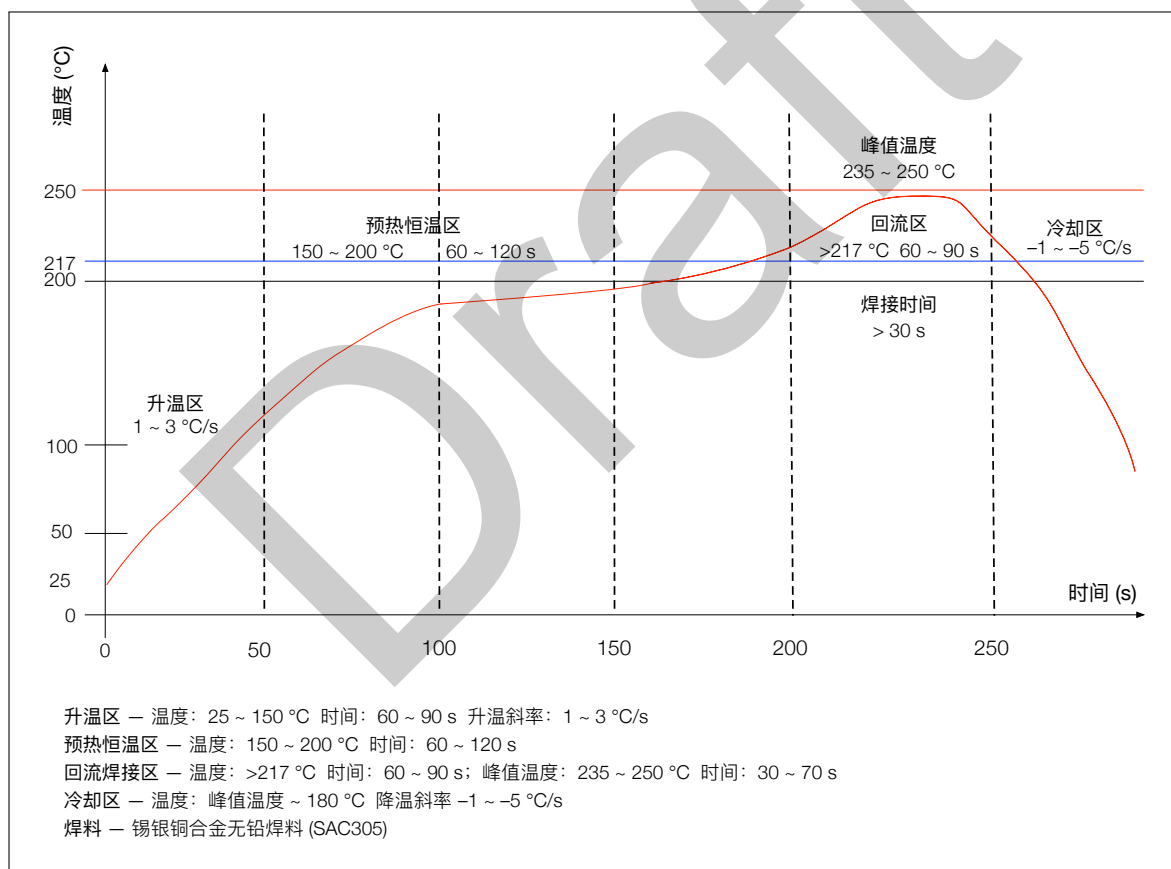


图 9: 回流焊温度曲线

#### 说明:

建议模组只过一次回流焊。如果 PCBA 需要多次回流焊, 则在最后一次回流焊时将模组放在 PCB 上方。



## 9. MAC 地址和 eFuse

芯片 eFuse 已烧写 48 位 `mac_address`，芯片工作在 station、AP、BLE 或 Ethernet 模式时，实际使用的 MAC 地址与 `mac_address` 的对应关系如下：

- Station 模式：`mac_address`
- AP 模式：`mac_address + 1`
- BLE 模式：`mac_address + 2`
- Ethernet 模式：`mac_address + 3`

1 Kbit 的 eFuse 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，包括 flash 加密和芯片 ID。

Draft

## 10. 学习资源

### 10.1 必读资料

访问以下链接可下载有关 ESP32 的文档资料。

- [《ESP32 技术规格书》](#)  
本文档为用户提供 ESP32 硬件技术规格简介，包括概述、管脚定义、功能描述、外设接口、电气特性等。
- [《ESP32 ECO V3 使用指南》](#)  
本文介绍 ESP32 ECO V3 较之前硅片的主要变化。
- [《ESP32 勘误表及解决办法》](#)  
本文收录了 ESP32 芯片的硬件问题并给出解决方法。
- [《ESP-IDF 编程指南》](#)  
ESP32 相关开发文档的汇总平台，包含硬件手册，软件 API 介绍等。
- [《ESP32 技术参考手册》](#)  
该手册提供了关于 ESP32 的具体信息，包括各个功能模块的内部架构、功能描述和寄存器配置等。
- [ESP32 硬件资源](#)  
压缩包提供了 ESP32 模组和开发板的硬件原理图，PCB 布局图，制造规范和物料清单。
- [《ESP32 硬件设计指南》](#)  
该手册提供了 ESP32 系列产品的硬件信息，包括 ESP32 芯片，ESP32 模组以及开发板。
- [《ESP32 AT 指令集与使用示例》](#)  
该文档描述 ESP32 AT 指令集功能以及使用方法，并介绍几种常见的 AT 指令使用示例。其中 AT 指令包括基础 AT 指令，Wi-Fi 功能 AT 指令，TCP/IP 相关 AT 指令等；使用示例包括单连接 TCP 客户端，UDP 传输，透传，多连接 TCP 服务器等。
- [《乐鑫产品订购信息》](#)

### 10.2 必备资源

以下为有关 ESP32 的必备资源。

- [ESP32 在线社区](#)  
工程师对工程师 (E2E) 的社区，用户可以在这里提出问题，分享知识，探索观点，并与其他工程师一起解决问题。
- [ESP32 GitHub](#)  
乐鑫在 GitHub 上有众多开源的开发项目。
- [ESP32 工具](#)  
ESP32 flash 下载工具以及《ESP32 认证测试指南》。
- [ESP-IDF](#)  
ESP32 所有版本 IDF。
- [ESP32 资源合集](#)  
ESP32 相关的所有文档和工具资源。

## 修订历史

| 日期         | 版本   | 发布说明                                                                               |
|------------|------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020-11-12 | V0.3 | 更新1.2中模组描述                                                                         |
| 2020-09-27 | V0.2 | 更新章节 2 中管脚布局图；<br>更新章节 7.1 中的模组尺寸图；<br>更新章节 7.2.1 中的 ESP32-PICO-MINI-02 PCB 封装图形图； |
| 2020-08-20 | V0.1 | 预发布                                                                                |

Draft