

# ESP32-S2-MINI-2

# ESP32-S2-MINI-2U

## 技术规格书 版本 1.4

2.4 GHz Wi-Fi (802.11 b/g/n) 模组

内置 ESP32-S2 系列芯片 (版本 v1.0), Xtensa® 单核 32 位 LX7 微处理器

内置芯片叠封 4 MB flash, 可叠封 2 MB PSRAM

37 个 GPIO, 丰富的外设

板载 PCB 天线或外部天线连接器



ESP32-S2-MINI-2



ESP32-S2-MINI-2U



# 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-s2-mini-2\\_esp32-s2-mini-2u\\_datasheet\\_cn.pdf](https://espressif.com/documentation/esp32-s2-mini-2_esp32-s2-mini-2u_datasheet_cn.pdf)



## 1.1 特性

### CPU 和片上存储器

- 内置 ESP32-S2FH4 或 ESP32-S2FN4R2 芯片, Xtensa® 单核 32 位 LX7 微处理器, 支持高达 240 MHz 的时钟频率
- 128 KB ROM
- 320 KB SRAM
- 16 KB RTC SRAM
- 4 MB flash
- 2 MB PSRAM (仅 ESP32-S2FN4R2 芯片)

### Wi-Fi

- 802.11b/g/n
- 802.11n 模式下数据速率高达 150 Mbps
- 帧聚合 (TX/RX A-MPDU, RX A-MSDU)
- 0.4  $\mu$ s 保护间隔
- 工作信道中心频率范围: 2412 ~ 2484 MHz

### 外设

- 高达 37 个 GPIO
- SPI、UART、I2C、I2S、LCD 接口、Camera 接口、IR、脉冲计数器、LED PWM、TWAI® (兼容 ISO 11898-1, 即 CAN 规范 2.0)、全速 USB OTG、

ADC、DAC、触摸传感器、温度传感器、通用定时器、看门狗定时器

## 说明:

\* 有关模组外设的详细信息, 请参考《ESP32-S2 系列芯片技术规格书》。

### 模组集成元件

- 40 MHz 集成晶振

### 天线选型

- ESP32-S2-MINI-2: 板载 PCB 天线
- ESP32-S2-MINI-2U: 通过连接器连接外部天线

### 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

- 环保认证: RoHS/REACH
- RF 认证: 见 [证书](#)

### 测试

- HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD/Latch-up

## 1.2 型号对比

ESP32-S2-MINI-2 和 ESP32-S2-MINI-2U 是通用型 Wi-Fi MCU 模组, 功能强大, 具有丰富的外设接口, 可用于可穿戴电子设备、智能家居等场景。

ESP32-S2-MINI-2 采用 PCB 板载天线, ESP32-S2-MINI-2U 采用连接器连接外部天线。两款模组均有多种型号可供选择, 命名规则见图 1-1, 型号对比见表 1-1 和 1-2。

模组型号命名规则如下图所示：

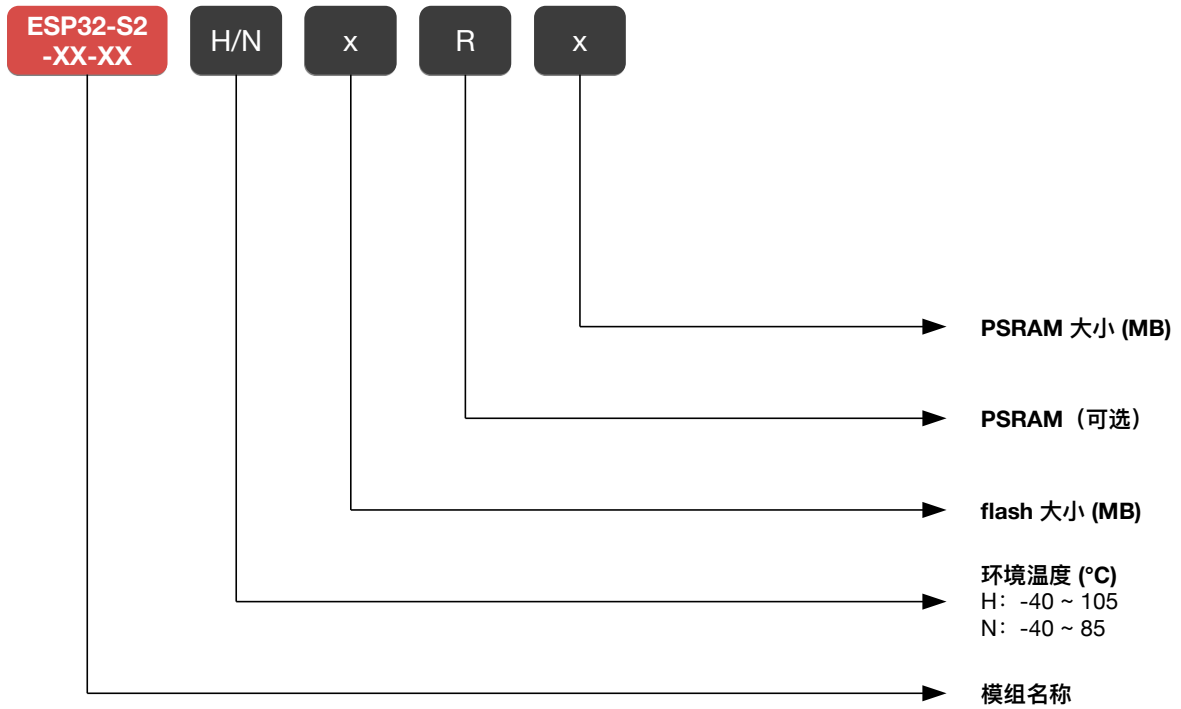


图 1-1. ESP32-S2 模组型号命名规则

表 1-1. ESP32-S2-MINI-2 (天线) 系列型号对比

物料编号	Flash <sup>3</sup>	PSRAM <sup>3</sup>	环境温度 <sup>1</sup> (°C)	模组尺寸 <sup>2</sup> (mm)
ESP32-S2-MINI-2-N4	4 MB (Quad SPI)	—	-40 ~ 85	15.4 × 20.5 × 2.4
ESP32-S2-MINI-2-N4R2		2 MB (Quad SPI)		

<sup>1</sup> 环境温度指乐鑫模组外部的推荐环境温度。

<sup>2</sup> 更多关于模组尺寸的信息，请参考章节 9.1 模组尺寸。

<sup>3</sup> 更多关于存储器规格的信息，请参考章节 5.5 存储器规格。

表 1-2. ESP32-S2-MINI-2U (连接器) 系列型号对比<sup>4</sup>

物料编号	Flash	PSRAM	环境温度 (°C)	模组尺寸 (mm)
ESP32-S2-MINI-2U-N4	4 MB (Quad SPI)	—	-40 ~ 85	15.4 × 15.4 × 2.4
ESP32-S2-MINI-2U-N4R2		2 MB (Quad SPI)		

<sup>4</sup> 本表格中的注释内容与表 1-1 一致。

除非另有说明，本规格书中 ESP32-S2-MINI-2 指代 ESP32-S2-MINI-2 的所有型号，ESP32-S2-MINI-2U 指代 ESP32-S2-MINI-2U 的所有型号。

两款模组采用的是 ESP32-S2 系列芯片，搭载 Xtensa® 32 位 LX7 单核处理器，工作频率高达 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。

#### 说明：

关于 ESP32-S2 的更多信息请参考 [《ESP32-S2 系列芯片技术规格书》](#)。

关于芯片版本识别、特定芯片版本的 ESP-IDF 支持版本以及其他芯片版本信息，请参考 [《ESP32-S2 系列芯片勘误表》](#) > 章节 芯片版本。

## 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
- 摄像头视频流传输
- USB 设备
- 语音识别
- 图像识别
- Wi-Fi + 蓝牙网卡
- 触摸和接近感应

# 目录

<b>1</b>	<b>模组概述</b>	2
1.1	特性	2
1.2	型号对比	2
1.3	应用	4
<b>2</b>	<b>功能框图</b>	9
<b>3</b>	<b>管脚定义</b>	10
3.1	管脚布局	10
3.2	管脚描述	10
<b>4</b>	<b>启动配置项</b>	13
4.1	芯片启动模式控制	14
4.2	VDD_SPI 电压控制	14
4.3	ROM 日志打印控制	15
4.4	芯片上电和复位	15
<b>5</b>	<b>电气特性</b>	17
5.1	绝对最大额定值	17
5.2	建议工作条件	17
5.3	直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	17
5.4	功耗特性	18
	5.4.1 Active 模式下的功耗	18
	5.4.2 其他功耗模式下的功耗	18
5.5	存储器规格	19
<b>6</b>	<b>射频特性</b>	21
6.1	Wi-Fi 射频	21
	6.1.1 Wi-Fi 射频标准	21
	6.1.2 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 规格	21
	6.1.3 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 规格	22
<b>7</b>	<b>模组原理图</b>	24
<b>8</b>	<b>外围设计原理图</b>	26
<b>9</b>	<b>尺寸规格</b>	27
9.1	模组尺寸	27
9.2	外部天线连接器尺寸	29
<b>10</b>	<b>PCB 布局建议</b>	31
10.1	PCB 封装图形	31
10.2	PCB 设计中的模组位置摆放	32

<b>11 产品处理</b>	33
11.1 存储条件	33
11.2 静电放电 (ESD)	33
11.3 炉温曲线	33
11.3.1 回流焊温度曲线	33
11.3.2 波峰焊温度曲线	34
11.4 超声波振动	34
<b>技术规格书版本号管理</b>	35
<b>相关文档和资源</b>	36
<b>修订历史</b>	37

## 表格

1-1	ESP32-S2-MINI-2 (天线) 系列型号对比	4
1-2	ESP32-S2-MINI-2U (连接器) 系列型号对比 <sup>4</sup>	4
3-1	管脚定义	11
4-1	Strapping 管脚的默认配置	13
4-2	Strapping 管脚的时序参数说明	14
4-3	芯片启动模式控制	14
4-4	VDD_SPI 电压控制	15
4-5	UART ROM 日志打印控制	15
4-6	上电和复位时序参数说明	16
5-1	绝对最大额定值	17
5-2	建议工作条件	17
5-3	直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	17
5-4	Active 模式下的射频功耗	18
5-5	Modem-sleep 模式下的功耗	18
5-6	低功耗模式下的功耗	19
5-7	Flash 规格	19
5-8	PSRAM 规格	20
6-1	Wi-Fi 射频标准	21
6-2	频谱模板和 EVM 符合 802.11 标准时的发射功率	21
6-3	发射 EVM 测试	22
6-4	接收灵敏度	22
6-5	最大接收电平	23
6-6	接收邻道抑制	23

## 插图

1-1	ESP32-S2 模组型号命名规则	3
2-1	ESP32-S2-MINI-2 功能框图	9
2-2	ESP32-S2-MINI-2U 功能框图	9
3-1	ESP32-S2-MINI-2 管脚布局（顶视图）	10
4-1	Strapping 管脚的时序参数图	14
4-2	上电和复位时序参数图	16
7-1	ESP32-S2-MINI-2 原理图	24
7-2	ESP32-S2-MINI-2U 原理图	25
8-1	外围设计原理图	26
9-1	ESP32-S2-MINI-2 模组尺寸	27
9-2	ESP32-S2-MINI-2U 模组尺寸	27
9-3	外部天线连接器尺寸图	29
10-1	ESP32-S2-MINI-2 推荐 PCB 封装图形	31
10-2	ESP32-S2-MINI-2U 推荐 PCB 封装图形	32
11-1	回流焊温度曲线	33
11-2	波峰焊温度曲线	34

## 2 功能框图

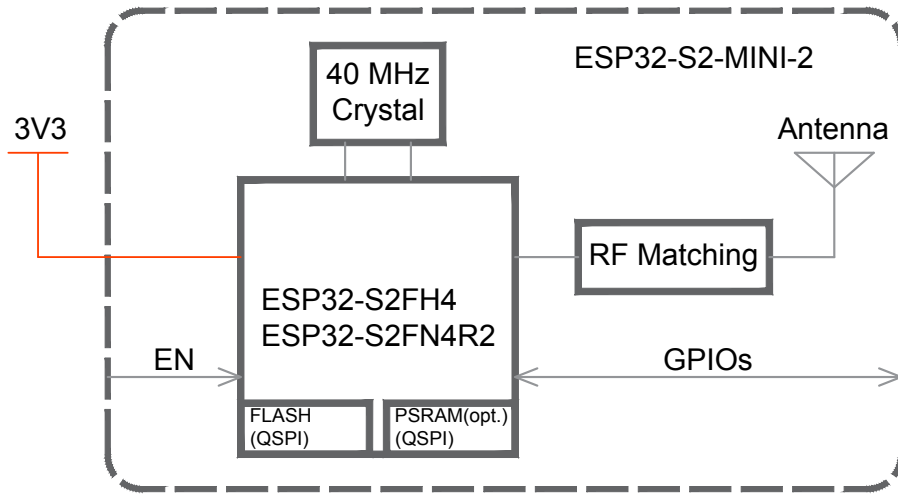


图 2-1. ESP32-S2-MINI-2 功能框图

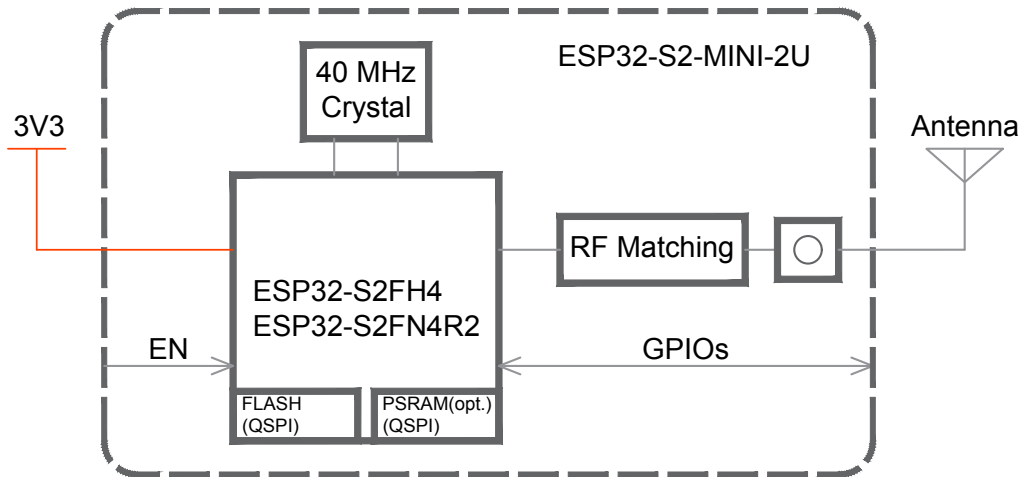


图 2-2. ESP32-S2-MINI-2U 功能框图

**说明:**

关于芯片与封装内 flash/PSRAM 的管脚对应关系，请参考 [《ESP32-S2 系列芯片技术规格书》](#) > 表格 芯片与封装内 flash/PSRAM 的管脚对应关系。

## 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 9.1 模组尺寸。

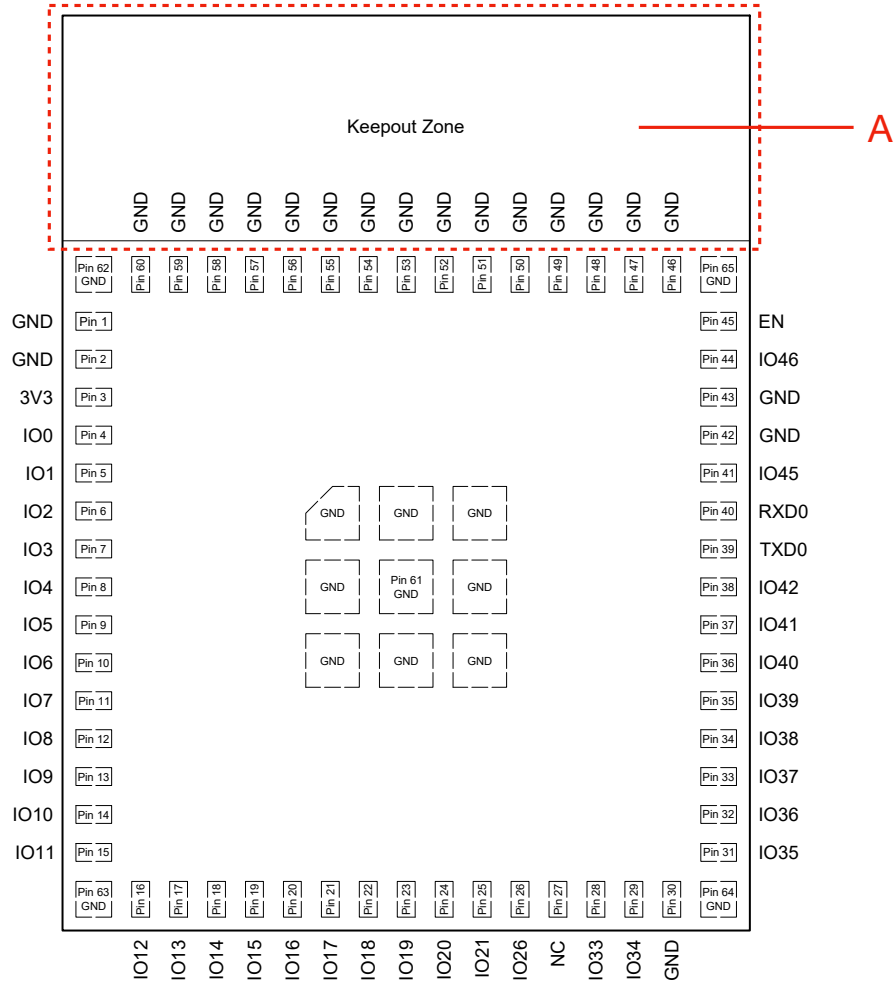


图 3-1. ESP32-S2-MINI-2 管脚布局（顶视图）

#### 说明 A:

虚线标记区域为天线净空区。ESP32-S2-MINI-2U 的管脚布局与 ESP32-S2-MINI-2 相同，但没有天线净空区。

关于底板上模组天线净空区的更多信息，请查看 [《ESP32-S2 硬件设计指南》](#) > 章节 基于模组的版图设计通用要点。

### 3.2 管脚描述

模组共有 65 个管脚，具体描述参见表 3-1 管脚定义。

外设管脚分配请参考 [《ESP32-S2 系列芯片技术规格书》](#) > 章节 外设管脚分配。

表 3-1. 管脚定义

名称	序号	类型 <sup>1</sup>	功能
GND	1, 2, 30, 42, 43, 46-65	P	接地
3V3	3	P	供电
IO0	4	I/O/T	RTC_GPIO0, GPIO0
IO1	5	I/O/T	RTC_GPIO1, GPIO1, TOUCH1, ADC1_CHO
IO2	6	I/O/T	RTC_GPIO2, GPIO2, TOUCH2, ADC1_CH1
IO3	7	I/O/T	RTC_GPIO3, GPIO3, TOUCH3, ADC1_CH2
IO4	8	I/O/T	RTC_GPIO4, GPIO4, TOUCH4, ADC1_CH3
IO5	9	I/O/T	RTC_GPIO5, GPIO5, TOUCH5, ADC1_CH4
IO6	10	I/O/T	RTC_GPIO6, GPIO6, TOUCH6, ADC1_CH5
IO7	11	I/O/T	RTC_GPIO7, GPIO7, TOUCH7, ADC1_CH6
IO8	12	I/O/T	RTC_GPIO8, GPIO8, TOUCH8, ADC1_CH7
IO9	13	I/O/T	RTC_GPIO9, GPIO9, TOUCH9, ADC1_CH8, FSPIHD
IO10	14	I/O/T	RTC_GPIO10, GPIO10, TOUCH10, ADC1_CH9, FSPICSO, FSPIIO4
IO11	15	I/O/T	RTC_GPIO11, GPIO11, TOUCH11, ADC2_CHO, FSPID, FSPIIO5
IO12	16	I/O/T	RTC_GPIO12, GPIO12, TOUCH12, ADC2_CH1, FSPICLK, FSPIIO6
IO13	17	I/O/T	RTC_GPIO13, GPIO13, TOUCH13, ADC2_CH2, FSPIQ, FSPIIO7
IO14	18	I/O/T	RTC_GPIO14, GPIO14, TOUCH14, ADC2_CH3, FSPIWP, FSPIDQS
IO15	19	I/O/T	RTC_GPIO15, GPIO15, UORTS, ADC2_CH4, XTAL_32K_P
IO16	20	I/O/T	RTC_GPIO16, GPIO16, UOCTS, ADC2_CH5, XTAL_32K_N
IO17	21	I/O/T	RTC_GPIO17, GPIO17, U1TXD, ADC2_CH6, DAC_1
IO18	22	I/O/T	RTC_GPIO18, GPIO18, U1RXD, ADC2_CH7, DAC_2, CLK_OUT3
IO19	23	I/O/T	RTC_GPIO19, GPIO19, U1RTS, ADC2_CH8, CLK_OUT2, USB_D-
IO20	24	I/O/T	RTC_GPIO20, GPIO20, U1CTS, ADC2_CH9, CLK_OUT1, USB_D+
IO21	25	I/O/T	RTC_GPIO21, GPIO21
IO26 <sup>2</sup>	26	I/O/T	SPICS1, GPIO26
NC	27	—	空管脚
IO33	28	I/O/T	SPIIO4, GPIO33, FSPIHD
IO34	29	I/O/T	SPIIO5, GPIO34, FSPICSO
IO35	31	I/O/T	SPIIO6, GPIO35, FSPID
IO36	32	I/O/T	SPIIO7, GPIO36, FSPICLK
IO37	33	I/O/T	SPIDQS, GPIO37, FSPIQ
IO38	34	I/O/T	GPIO38, FSPIWP
IO39	35	I/O/T	MTCK, GPIO39, CLK_OUT3
IO40	36	I/O/T	MTDO, GPIO40, CLK_OUT2
IO41	37	I/O/T	MTDI, GPIO41, CLK_OUT1
IO42	38	I/O/T	MTMS, GPIO42
TXD0	39	I/O/T	UOTXD, GPIO43, CLK_OUT1
RXD0	40	I/O/T	UORXD, GPIO44, CLK_OUT2
IO45	41	I/O/T	GPIO45

见下页

表 3-1 – 接上页

名称	序号	类型 <sup>1</sup>	功能
IO46	44	I	GPIO46
EN	45	I	高电平：芯片使能； 低电平：芯片关闭； 注意不能让 EN 管脚浮空。

<sup>1</sup> P: 电源; I: 输入; O: 输出; T: 可设置为高阻。

<sup>2</sup> ESP32-S2-MINI-2-N4R2 和 ESP32-S2-MINI-2U-N4R2 模组的 IO26 用于连接至嵌入式 PSRAM, 不可用于其他功能。

## 4 启动配置项

### 说明:

以下内容摘自 [《ESP32-S2 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 7 模组原理图。

芯片在上电或硬件复位时，可以通过 Strapping 管脚 和 eFuse 参数 位配置如下启动参数，无需微处理器的参与：

#### • 芯片启动模式

- Strapping 管脚：GPIO0 和 GPIO46

#### • VDD\_SPI 电压

- Strapping 管脚：GPIO45
- eFuse 参数：EFUSE\_VDD\_SPI\_FORCE 和 EFUSE\_VDD\_SPI\_TIEH

#### • ROM 日志打印

- Strapping 管脚：GPIO46
- eFuse 参数：EFUSE\_UART\_PRINT\_CONTROL 和 EFUSE\_UART\_PRINT\_CHANNEL

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。有关烧写 eFuse 的信息，请参考 [《ESP32-S2 技术参考手册》](#) > 章节 eFuse 控制器。

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 4-1. Strapping 管脚的默认配置

Strapping 管脚	默认配置	值
GPIO0	弱上拉	1
GPIO45	弱下拉	0
GPIO46	弱下拉	0

要改变 strapping 管脚的值，可以连接外部下拉/上拉电阻。如果 ESP32-S2 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 4-2 和图 4-1 所示的建立时间和保持时间。

表 4-2. 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

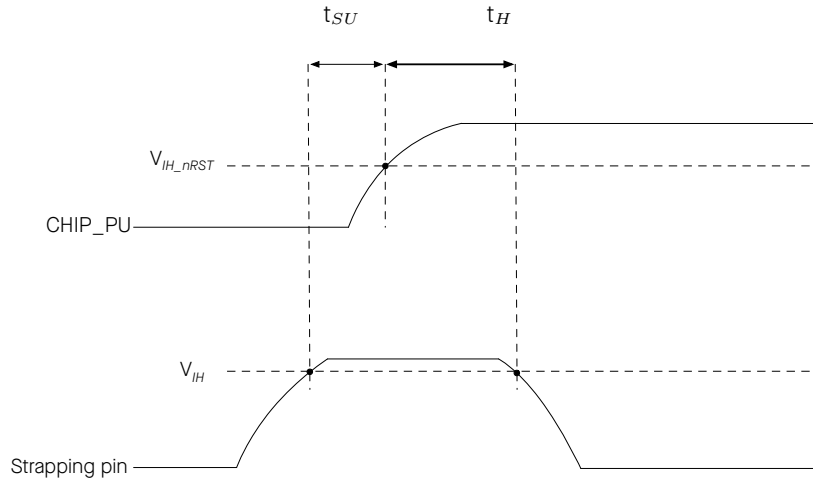


图 4-1. Strapping 管脚的时序参数图

## 4.1 芯片启动模式控制

复位释放后，GPIO0 和 GPIO46 共同决定启动模式。详见表 4-3 芯片启动模式控制。

表 4-3. 芯片启动模式控制

启动模式	GPIO0	GPIO46
<b>SPI boot 模式</b>	<b>1</b>	任意值
Joint download boot 模式 <sup>2</sup>	0	0

<sup>1</sup> 加粗表示默认值和默认配置。

<sup>2</sup> Joint Download Boot 模式下支持以下下载方式：

- USB-OTG Download Boot
- UART Download Boot
- SPI Download Boot

## 4.2 VDD\_SPI 电压控制

电压有两种控制方式，具体取决于 EFUSE\_VDD\_SPI\_FORCE 的值。

表 4-4. VDD\_SPI 电压控制

VDD_SPI 电源 <sup>2</sup>	电压	EFUSE_VDD_SPI_FORCE	GPIO45	EFUSE_VDD_SPI_TIEH
VDD3P3_RTC 通过 R <sub>SPI</sub> 供电	3.3 V	0	0	忽略
		1	忽略	1
Flash 稳压器	1.8 V	0	1	忽略
		1	忽略	0

<sup>1</sup> 加粗表示默认值和默认配置。

<sup>2</sup> 请参考章节 [《ESP32-S2 系列芯片技术规格书》](#) > 章节 电源管理。

### 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
- UART1

EFUSE\_UART\_PRINT\_CONTROL 和 GPIO46 控制 **UART** ROM 日志打印，如表 4-5 *UART ROM 日志打印控制* 所示。

EFUSE\_UART\_PRINT\_CHANNEL 控制 ROM 日志打印至 UART0 或 UART1。

- 0: UART0
- 1: UART1

表 4-5. UART ROM 日志打印控制

UART ROM 日志打印	EFUSE_UART_PRINT_CONTROL	GPIO46
使能	0	忽略
	1	0
	2	1
关闭	1	1
	2	0
	3	忽略

<sup>1</sup> 加粗表示默认值和默认配置。

### 4.4 芯片上电和复位

芯片上电后，其电源轨需要一点时间方可稳定。之后，用于上电和复位的管脚 CHIP\_PU 拉高，激活芯片。更多关于 CHIP\_PU 及上电和复位时序的信息，请见图 4-2 *上电和复位时序参数图* 和表 4-6 *上电和复位时序参数说明*。

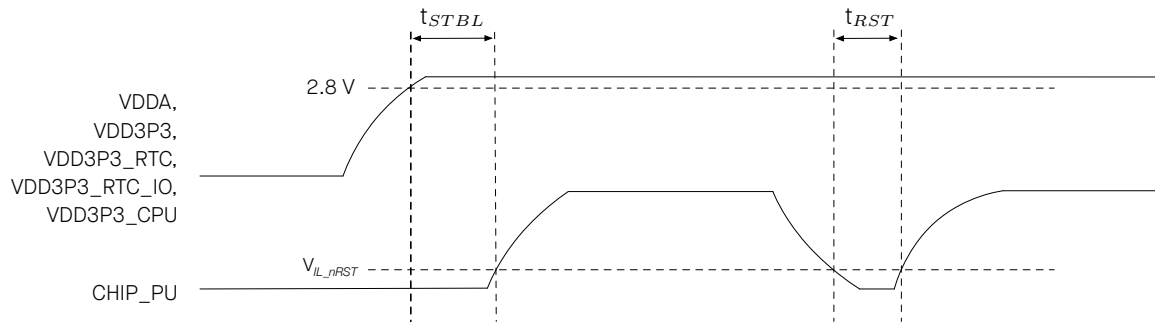


图 4-2. 上电和复位时序参数图

表 4-6. 上电和复位时序参数说明

参数	说明	最小值 ( $\mu\text{s}$ )
$t_{STBL}$	CHIP_PU 管脚拉高激活芯片前, VDDA、VDD3P3、VDD3P3_RTC、VDD3P3_RTC_IO 和 VDD3P3_CPU 达到稳定所需的时间	50
$t_{RST}$	CHIP_PU 电平低于 $V_{IL\_nRST}$ (具体数值参考表 5-3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)) 从而复位芯片的时间	50

## 5 电气特性

### 5.1 绝对最大额定值

超出表 5-1 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 5-2 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 5-1. 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
T <sub>STORE</sub>	存储温度	-40	105	°C

### 5.2 建议工作条件

表 5-2. 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 <sub>VDD</sub>	外部电源的供电电流	0.5	—	—	A
T <sub>A</sub>	工作环境温度	85 °C 版模组	—	85	°C
		105 °C 版模组		105	

### 5.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

表 5-3. 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
C <sub>IN</sub>	管脚电容	—	2	—	pF
V <sub>IH</sub>	高电平输入电压	0.75 × VDD <sup>1</sup>	—	VDD <sup>1</sup> + 0.3	V
V <sub>IL</sub>	低电平输入电压	-0.3	—	0.25 × VDD <sup>1</sup>	V
I <sub>IH</sub>	高电平输入电流	—	—	50	nA
I <sub>IL</sub>	低电平输入电流	—	—	50	nA
V <sub>OH</sub> <sup>2</sup>	高电平输出电压	0.8 × VDD <sup>1</sup>	—	—	V
V <sub>OL</sub> <sup>2</sup>	低电平输出电压	—	—	0.1 × VDD <sup>1</sup>	V
I <sub>OH</sub>	高电平拉电流 (VDD <sup>1</sup> = 3.3 V, V <sub>OH</sub> ≥ 2.64 V, PAD_DRIVER = 3)	—	40	—	mA
I <sub>OL</sub>	低电平灌电流 (VDD <sup>1</sup> = 3.3 V, V <sub>OL</sub> = 0.495 V, PAD_DRIVER = 3)	—	28	—	mA
R <sub>PU</sub>	内部弱上拉电阻	—	45	—	kΩ
R <sub>PD</sub>	内部弱下拉电阻	—	45	—	kΩ
V <sub>IH_nRST</sub>	芯片复位释放电压 (CHIP_PU 应满足电压范围)	0.75 × VDD <sup>1</sup>	—	VDD <sup>1</sup> + 0.3	V
V <sub>IL_nRST</sub>	芯片复位电压 (CHIP_PU 应满足电压范围)	-0.3	—	0.25 × VDD <sup>1</sup>	V

<sup>1</sup> VDD – 各个电源域电源管脚的电压。

<sup>2</sup>  $V_{OH}$  和  $V_{OL}$  为负载是高阻条件下的测试值。

## 5.4 功耗特性

因使用了先进的电源管理技术，模组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-S2 系列芯片技术规格书》](#) 的 *RTC* 和低功耗管理章节。

### 5.4.1 Active 模式下的功耗

表 5-4. Active 模式下的射频功耗

模式	描述	峰值 (mA)	
Active (射频工作)	TX	802.11b, 20 MHz, 1 Mbps, @19 dBm	302
		802.11g, 20 MHz, 54 Mbps, @17.5 dBm	264
		802.11n, 20 MHz, MCS7, @16.5 dBm	257
		802.11n, 40 MHz, MCS7, @16.5 dBm	267
	RX	802.11b/g/n, 20 MHz	77
		802.11n, 40 MHz	81

<sup>1</sup> 以上功耗数据是基于 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 100% 的占空比测得。

<sup>2</sup> 测量 RX 功耗数据时，外设处于关闭状态，CPU 处于空闲状态。

#### 说明：

以下内容摘自 [《ESP32-S2 系列芯片技术规格书》](#) 的其他功耗模式下的功耗章节。

### 5.4.2 其他功耗模式下的功耗

以下功耗数据适用于 ESP32-S2、ESP32-S2FH2 和 ESP32-S2FH4 芯片。ESP32-S2FN4R2 及 ESP32-S2R2 由于封装内有 PSRAM，功耗数据可能略高于下表数据。

表 5-5. Modem-sleep 模式下的功耗

模式	CPU 频率 (MHz)	描述	典型值	
			外设时钟全关 (mA)	外设时钟全开 (mA) <sup>1</sup>
Modem-sleep <sup>2,3</sup>	240	CPU 空闲	20.0	28.0
		CPU 工作	23.0	32.0
	160	CPU 空闲	14.0	21.0
		CPU 工作	16.0	24.0
	80	CPU 空闲	10.5	18.4
		CPU 工作	12.0	20.0

见下页

表 5-5 - 接上页

模式	CPU 频率 (MHz)	描述	典型值	
			外设时钟全关 (mA)	外设时钟全开 (mA) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 实际情况下，外设在不同工作状态下电流会有所差异。

<sup>2</sup> Modem sleep 模式下，Wi-Fi 设有时钟门控。

<sup>3</sup> Modem-sleep 模式下，访问 flash 时功耗会增加。若 flash 速率为 80 Mbit/s，SPI 2 线模式下 flash 的功耗为 10 mA。

表 5-6. 低功耗模式下的功耗

工作模式	说明	典型值 ( $\mu\text{A}$ )
Light-sleep <sup>1</sup>	VDD_SPI 和 Wi-Fi 掉电，所有 GPIO 设置为高阻状态	750
Deep-sleep	ULP 协处理器处于工作状态 <sup>2</sup>	ULP-FSM 170
		ULP-RISC-V 190
	超低功耗传感器监测模式 <sup>3</sup>	22
	RTC 定时器 + RTC 存储器	25
	仅有 RTC 定时器处于工作状态	20
关闭	CHIP_PU 脚拉低，芯片处于关闭状态	1

<sup>1</sup> Light-sleep 模式下，SPI 相关管脚上拉，封装内 PSRAM 的功耗典型值为 140  $\mu\text{A}$ 。带有封装内 PSRAM 的芯片包括 ESP32-S2FN4R2 及 ESP32-S2R2。

<sup>2</sup> 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 I2C。

<sup>3</sup> 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。触摸传感器以 1% 占空比工作，系统功耗典型值为 22  $\mu\text{A}$ 。

## 5.5 存储器规格

本节数据来源于存储器供应商的数据手册。以下数值已在设计阶段和/或特性验证中得到确认，但未在生产中进行全面测试。设备出厂时，存储器均为擦除状态。

表 5-7. Flash 规格

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
VCC	电源电压 (1.8 V)	1.65	1.80	2.00	V
	电源电压 (3.3 V)	2.7	3.3	3.6	V
$F_C$	最大时钟频率	80	—	—	MHz
—	编程/擦除周期	100,000	—	—	次
$T_{RET}$	数据保留时间	20	—	—	年
$T_{PP}$	页编程时间	—	0.8	5	ms
$T_{SE}$	扇区擦除时间 (4 KB)	—	70	500	ms
$T_{BE1}$	块擦除时间 (32 KB)	—	0.2	2	s
$T_{BE2}$	块擦除时间 (64 KB)	—	0.3	3	s
$T_{CE}$	芯片擦除时间 (16 Mb)	—	7	20	s
	芯片擦除时间 (32 Mb)	—	20	60	s
	芯片擦除时间 (64 Mb)	—	25	100	s

见下页

表 5-7 - 接上页

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
	芯片擦除时间 (128 Mb)	—	60	200	s
	芯片擦除时间 (256 Mb)	—	70	300	s

表 5-8. PSRAM 规格

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
VCC	电源电压 (1.8 V)	1.62	1.80	1.98	V
	电源电压 (3.3 V)	2.7	3.3	3.6	V
F <sub>C</sub>	最大时钟频率	80	—	—	MHz

## 6 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  $\Omega$  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，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 ( $\pm 5\%$ ) 供电电源、25  $^{\circ}\text{C}$  环境温度的条件下完成。

### 6.1 Wi-Fi 射频

#### 6.1.1 Wi-Fi 射频标准

表 6-1. Wi-Fi 射频标准

名称		描述
工作信道中心频率范围 <sup>1</sup>		2412 ~ 2484 MHz
Wi-Fi 协议		IEEE 802.11b/g/n
数据速率	20 MHz	802.11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps 802.11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps 802.11n: MCS0-7, 72.2 Mbps (Max)
	40 MHz	802.11n: MCS0-7, 150 Mbps (Max)
天线类型		PCB 天线、外部天线连接器

<sup>1</sup> 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，具体请参考

[《ESP 射频测试指南》](#)。

<sup>2</sup> 使用外部天线连接器的模组输出阻抗为 50  $\Omega$ ，不使用外部天线连接器的模组可无需关注输出阻抗。

#### 6.1.2 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 规格

根据产品或认证的要求，您可以配置发射器目标功率。默认功率详见表 6-2。

表 6-2. 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	—	19.0	—
802.11b, 11 Mbps	—	19.0	—
802.11g, 6 Mbps	—	17.5	—
802.11g, 54 Mbps	—	17.5	—
802.11n, HT20, MCS0	—	17.5	—
802.11n, HT20, MCS7	—	16.5	—
802.11n, HT40, MCS0	—	17.5	—

见下页

表 6-2 - 接上页

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11n, HT40, MCS7	—	16.5	—

表 6-3. 发射 EVM 测试

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	标准限值 (dB)
802.11b, 1 Mbps, @19 dBm	—	-25.0	-10
802.11b, 11 Mbps, @19 dBm	—	-25.0	-10
802.11g, 6 Mbps, @17.5 dBm	—	-25.0	-5
802.11g, 54 Mbps, @17.5 dBm	—	-28.5	-25
802.11n, HT20, MCS0, @17.5 dBm	—	-27.0	-5
802.11n, HT20, MCS7, @16.5 dBm	—	-30.0	-27
802.11n, HT40, MCS0, @17.5 dBm	—	-27.0	-5
802.11n, HT40, MCS7, @16.5 dBm	—	-30.0	-27

### 6.1.3 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 规格

表 6-4. 接收灵敏度

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11b, 1 Mbps	—	-96.5	—
802.11b, 2 Mbps	—	-94.0	—
802.11b, 5.5 Mbps	—	-91.5	—
802.11b, 11 Mbps	—	-88.0	—
802.11g, 6 Mbps	—	-92.0	—
802.11g, 9 Mbps	—	-90.5	—
802.11g, 12 Mbps	—	-89.0	—
802.11g, 18 Mbps	—	-87.0	—
802.11g, 24 Mbps	—	-84.0	—
802.11g, 36 Mbps	—	-80.0	—
802.11g, 48 Mbps	—	-76.0	—
802.11g, 54 Mbps	—	-74.5	—
802.11n, HT20, MCS0	—	-91.5	—
802.11n, HT20, MCS1	—	-88.5	—
802.11n, HT20, MCS2	—	-86.0	—
802.11n, HT20, MCS3	—	-83.0	—
802.11n, HT20, MCS4	—	-79.0	—
802.11n, HT20, MCS5	—	-75.0	—
802.11n, HT20, MCS6	—	-73.5	—
802.11n, HT20, MCS7	—	-72.0	—

见下页

表 6-4 - 接上页

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11n, HT40, MCS0	—	-89.0	—
802.11n, HT40, MCS1	—	-86.0	—
802.11n, HT40, MCS2	—	-83.5	—
802.11n, HT40, MCS3	—	-79.5	—
802.11n, HT40, MCS4	—	-76.0	—
802.11n, HT40, MCS5	—	-72.0	—
802.11n, HT40, MCS6	—	-70.5	—
802.11n, HT40, MCS7	—	-69.5	—

表 6-5. 最大接收电平

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11b, 1 Mbps	—	5	—
802.11b, 11 Mbps	—	5	—
802.11g, 6 Mbps	—	5	—
802.11g, 54 Mbps	—	5	—
802.11n, HT20, MCS0	—	5	—
802.11n, HT20, MCS7	—	5	—
802.11n, HT40, MCS0	—	5	—
802.11n, HT40, MCS7	—	5	—

表 6-6. 接收邻道抑制

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	最大值 (dB)
802.11b, 1 Mbps	—	35	—
802.11b, 11 Mbps	—	35	—
802.11g, 6 Mbps	—	31	—
802.11g, 54 Mbps	—	14	—
802.11n, HT20, MCS0	—	31	—
802.11n, HT20, MCS7	—	13	—
802.11n, HT40, MCS0	—	19	—
802.11n, HT40, MCS7	—	8	—

# 7 模组原理图

模组内部元件的电路图。

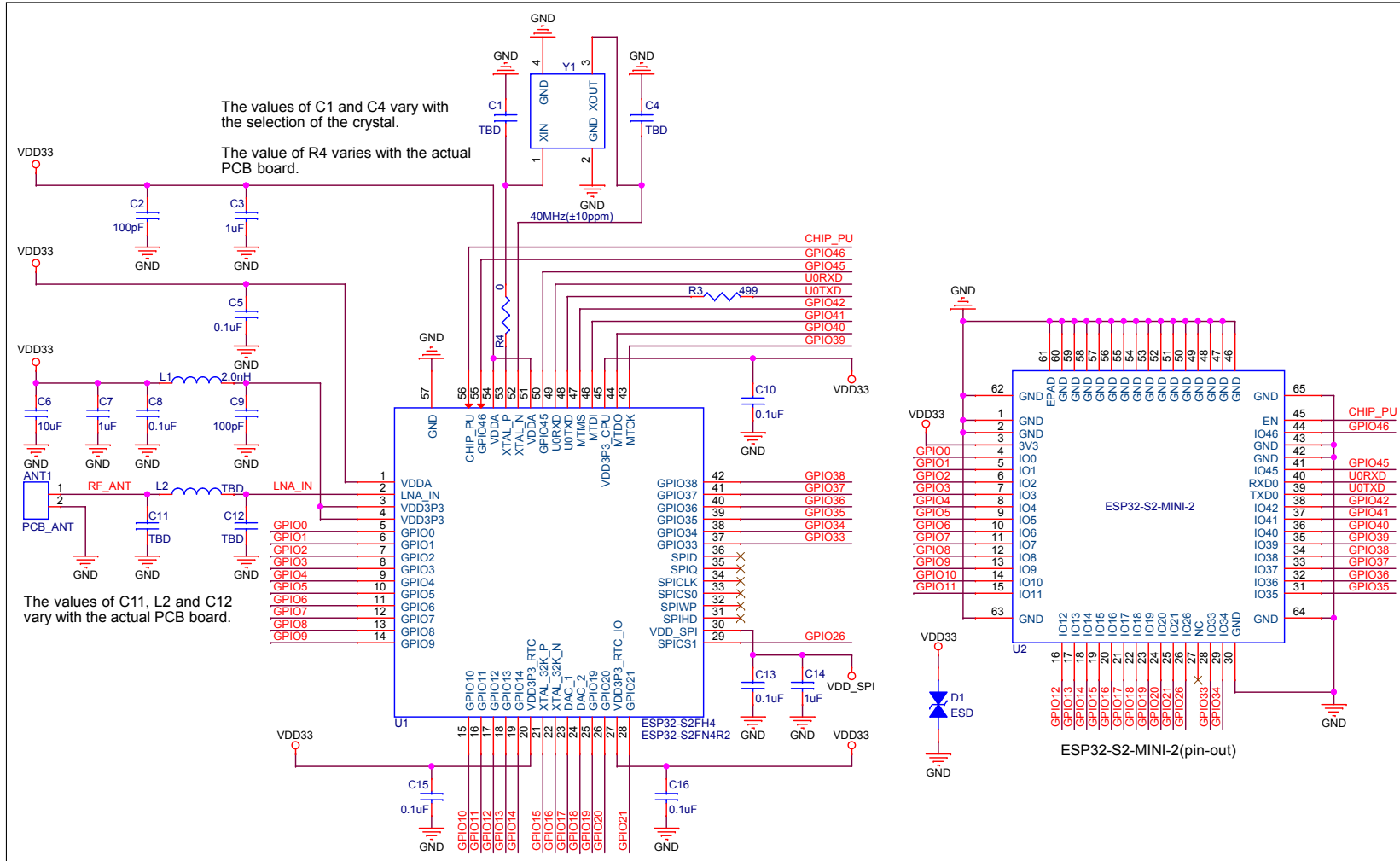


图 7-1. ESP32-S2-MINI-2 原理图

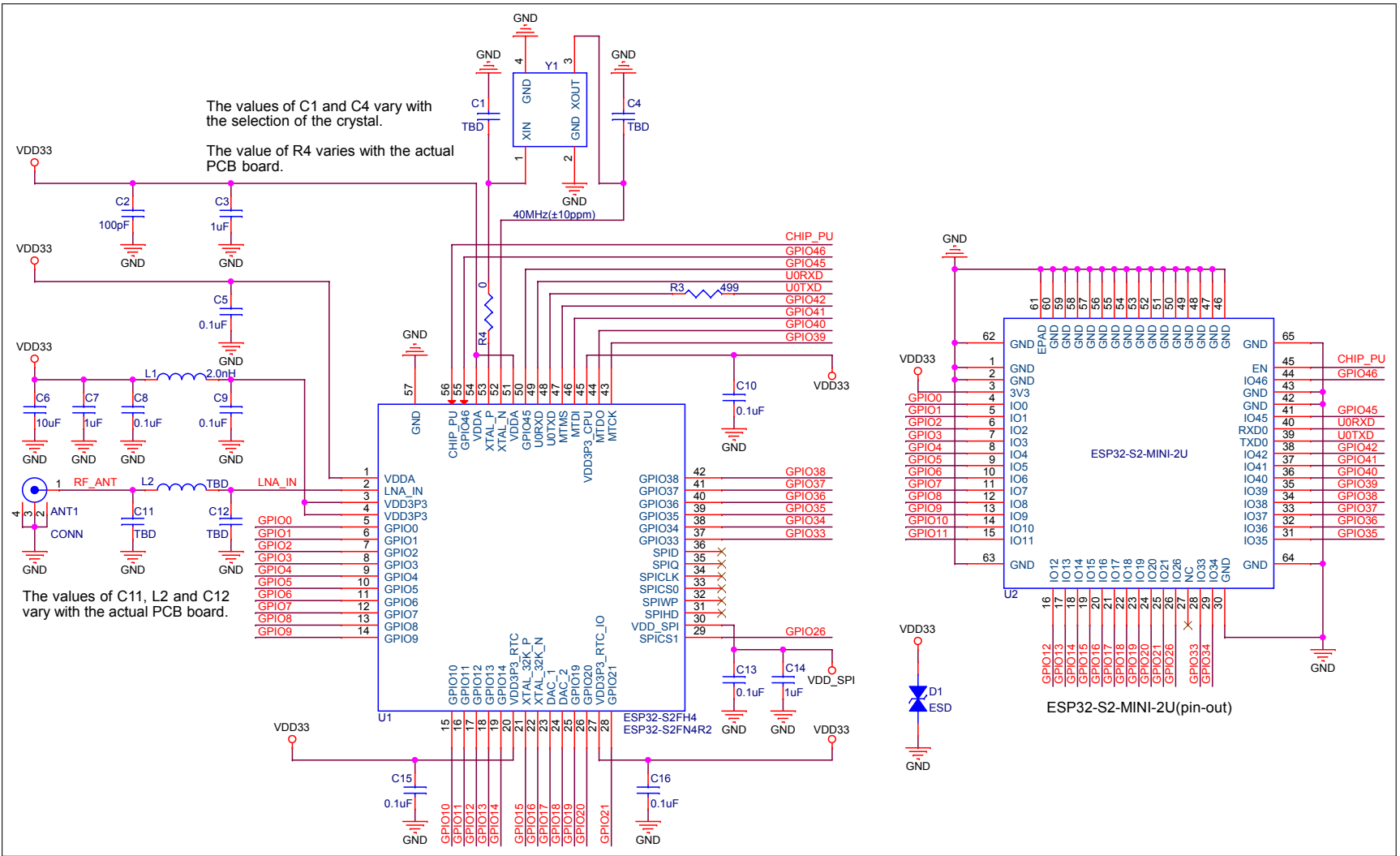


图 7-2. ESP32-S2-MINI-2U 原理图



## 9 尺寸规格

### 9.1 模组尺寸

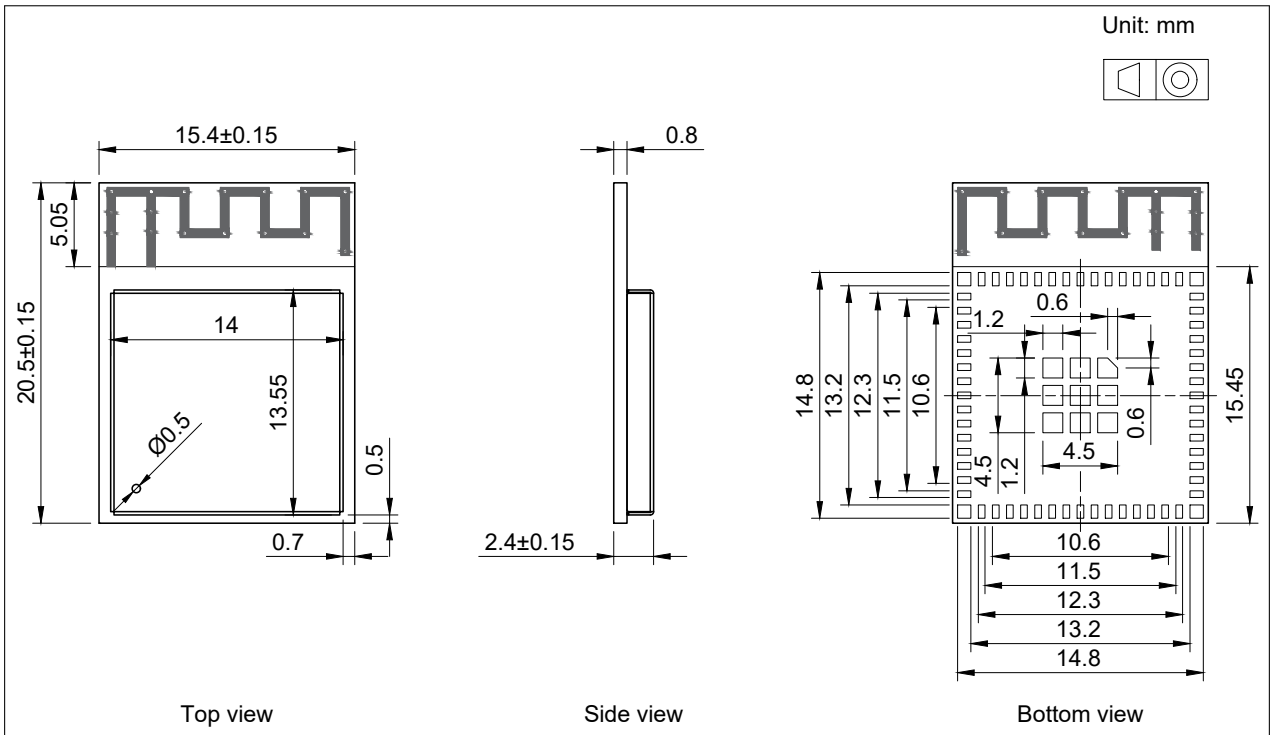


图 9-1. ESP32-S2-MINI-2 模组尺寸

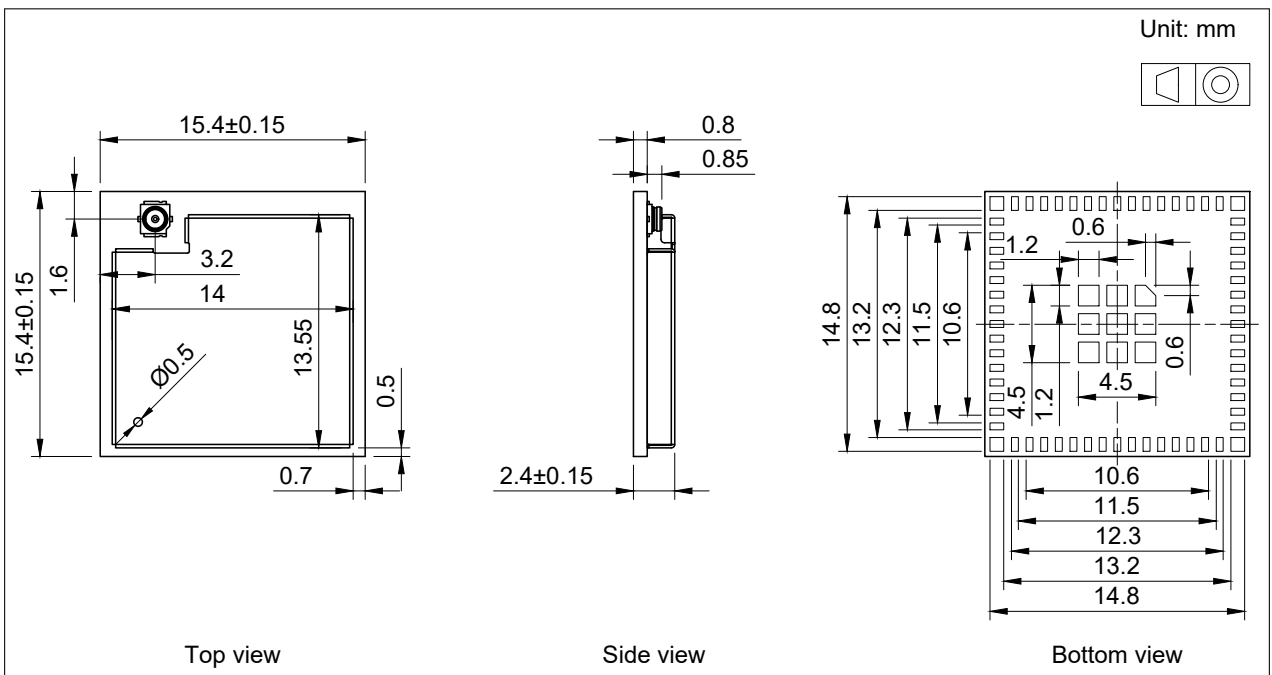


图 9-2. ESP32-S2-MINI-2U 模组尺寸

**说明:**

有关卷带、载盘和产品标签的信息，请参阅 [《ESP32-S2 模组包装信息》](#)。

## 9.2 外部天线连接器尺寸

ESP32-S2-MINI-2U 采用图 9-3 外部天线连接器尺寸图 所示的第三代外部天线连接器，该连接器兼容：

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

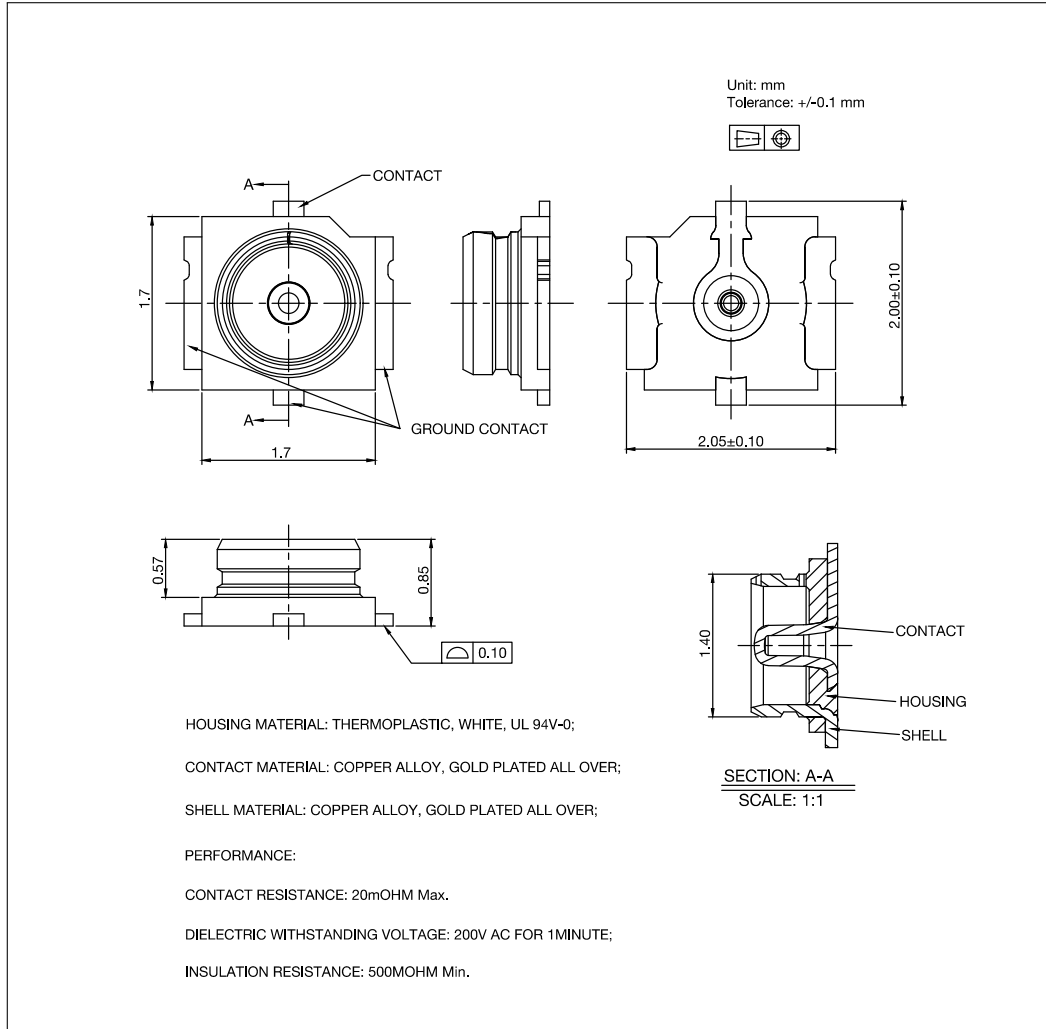


图 9-3. 外部天线连接器尺寸图

ESP32-S2-MINI-2U 在认证测试过程中搭配使用的外部天线为第三代外接单极子天线，料号为 TFPD08H10060011。

模组出货时不包含外部天线。请根据自身产品的使用环境与性能需求，选用适配的外部天线。

如需自行选用，建议选用满足以下要求的天线：

- 2.4 GHz & 5 GHz 频段
- 50  $\Omega$  阻抗
- 最大增益不超过认证中所用天线的增益 3.86 dBi (2.4 GHz) 或 3.65 dBi (5 GHz)
- 接口规格与模组天线连接器接口匹配，参考图 9-3 外部天线连接器尺寸图

**说明:**

如选用不同类型或不同增益的外部天线，除乐鑫模组已有的天线测试报告外，可能还需进行包括 EMC 在内的额外测试，具体要求视认证类别而定。





## 11 产品处理

### 11.1 存储条件

密封在防潮袋 (MBB) 中的产品应储存在  $< 40\text{ °C}/90\%RH$  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  $25\pm 5\text{ °C}$ 、 $60\%RH$  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。

### 11.2 静电放电 (ESD)

- 人体放电模式 (HBM):  $\pm 2000\text{ V}$
- 充电器件模式 (CDM):  $\pm 500\text{ V}$

### 11.3 炉温曲线

#### 11.3.1 回流焊温度曲线

建议模组只过一次回流焊。

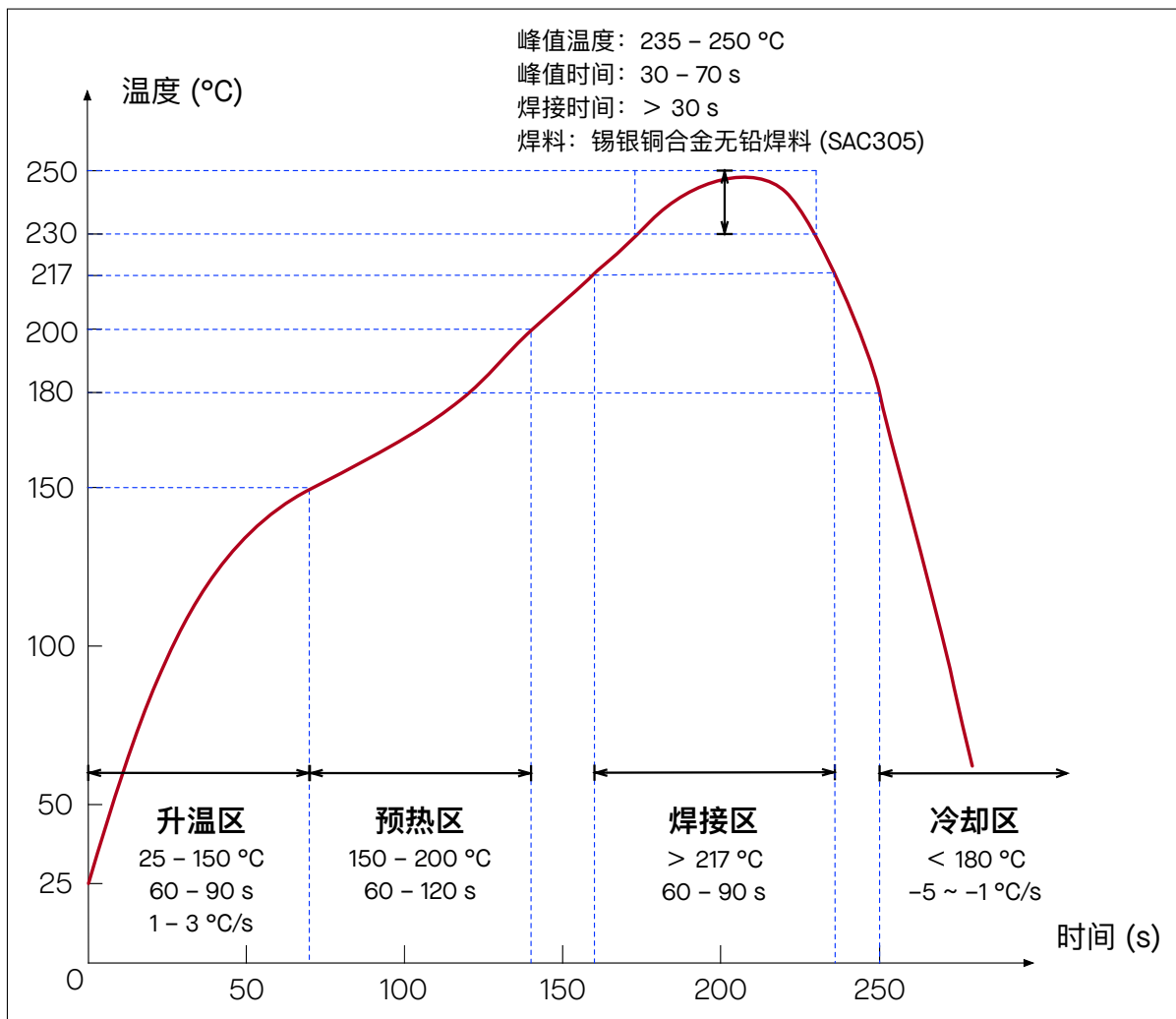


图 11-1. 回流焊温度曲线

### 11.3.2 波峰焊温度曲线

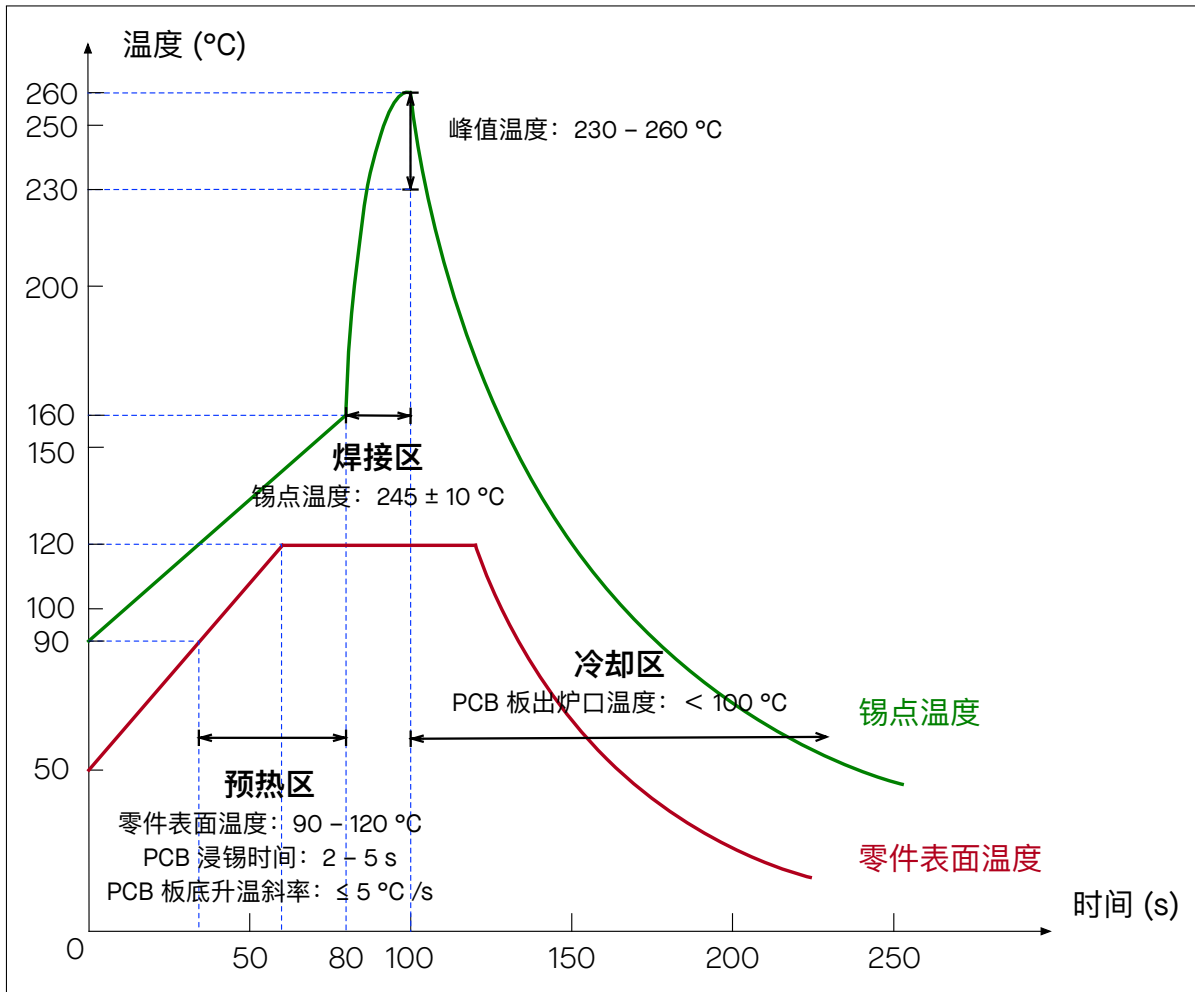


图 11-2. 波峰焊温度曲线

### 11.4 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。

## 技术规格书版本号管理

技术规格书版本	状态	水印	定义
v0.1 ~ v0.5 (不包括 v0.5)	草稿	Confidential	该技术规格书正在完善。对应产品处于设计阶段，产品规格如有变更，恕不另行通知。
v0.5 ~ v1.0 (不包括 v1.0)	初步发布	Preliminary	该技术规格书正在积极更新。对应产品处于验证阶段，产品规格可能会在量产前变更，并记录在技术规格书的修订历史中。
v1.0 及更高版本	正式发布	—	该技术规格书已公开发布。对应产品已量产，产品规格已最终确定，重大变更将通过 <a href="#">产品变更通知 (PCN)</a> 进行通知。
任意版本	—	不推荐用于新设计 (NRND) <sup>1</sup>	该技术规格书更新频率较低，对应产品不推荐用于新设计。
任意版本	—	停产 (EOL) <sup>2</sup>	该技术规格书不再维护，对应产品已停产。

<sup>1</sup> 技术规格书涵盖的所有产品型号均不推荐用于新设计时，封面才会添加水印。

<sup>2</sup> 技术规格书涵盖的所有产品型号均停产时，封面才会添加水印。

## 相关文档和资源

### 相关文档

- [《ESP32-S2 技术规格书》](#) – 提供 ESP32-S2 芯片的硬件技术规格。
- [《ESP32-S2 技术参考手册》](#) – 提供 ESP32-S2 芯片的存储器和外设的详细使用说明。
- [《ESP32-S2 硬件设计指南》](#) – 提供基于 ESP32-S2 芯片的产品设计规范。
- [《ESP32-S2 系列芯片勘误表》](#) – 描述 ESP32-S2 系列芯片的已知错误。
- 证书  
<https://espressif.com/zh-hans/support/documents/certificates>
- ESP32-S2 产品/工艺变更通知 (PCN)  
<https://espressif.com/zh-hans/support/documents/pcns?keys=ESP32-S2>
- ESP32-S2 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-S2>
- 文档更新和订阅通知  
<https://espressif.com/zh-hans/support/download/documents>

### 开发者社区

- [《ESP32-S2 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/>
- ESP-FAQ – 由乐鑫官方推出的针对常见问题的总结。  
[https://espressif.com/projects/esp-faq/zh\\_CN/latest/index.html](https://espressif.com/projects/esp-faq/zh_CN/latest/index.html)
- *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-S2 系列芯片 – ESP32-S2 全系列芯片。  
<https://espressif.com/zh-hans/products/socs?id=ESP32-S2>
- ESP32-S2 系列模组 – ESP32-S2 全系列模组。  
<https://espressif.com/zh-hans/products/modules?id=ESP32-S2>
- ESP32-S2 系列开发板 – ESP32-S2 全系列开发板。  
<https://espressif.com/zh-hans/products/devkits?id=ESP32-S2>
- 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
2026-03-02	v1.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>将“订购代码”更新为“物料编号”</li> </ul>
2025-11-24	v1.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>新增章节 4.4 芯片上电和复位</li> <li>新增章节 5.5 存储器规格</li> <li>新增章节 11.4 技术规格书版本号管理</li> <li>升级文档模版</li> </ul>
2025-11-07	v1.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>章节 <a href="#">型号对比</a>:               <ul style="list-style-type: none"> <li>新增图 1-1 <a href="#">ESP32-S2 模组型号命名规则</a></li> <li>删除 ESP32-S2-MINI-2-H4 和 ESP32-S2-MINI-2U-H4</li> </ul> </li> <li>章节 <a href="#">9.2 外部天线连接器尺寸</a>: 新增外部天线认证信息</li> <li>章节 <a href="#">PCB 布局建议</a>: 增加 3D 模型</li> </ul>
2024-09-05	v1.1	更新技术规格书首页的模组图片
2024-05-10	v1.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>在章节 <a href="#">1.1 特性</a> 新增认证和测试相关信息</li> </ul>
2024-04-16	v0.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>更新章节 <a href="#">8 外围设计原理图</a> 中 EPAD 的相关描述</li> <li>在章节 <a href="#">10.1 PCB 封装图形</a> 中增加描述</li> <li>其他格式调整</li> </ul>
2022-09-19	v0.5	预发布



## 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](http://www.espressif.com)