ESP8684-WROOM-02C
ESP8684-WROOM-02UC

技术规格书 版本 1.4

2.4 GHz Wi-Fi (802.11 b/g/n) + 蓝牙 ® 5 模组
内置 ESP8684 系列芯片，RISC-V 单核处理器
内置芯片叠封 2 MB/4 MB flash
14 个 GPIO
板载 PCB 天线或外部天线连接器

ESP8684-WROOM-02C

ESP8684-WROOM-02UC

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://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8684-wroom-02c_datasheet_cn.pdf

1.1 特性

CPU 和片上存储器

- 内置 ESP8684H2X 或 ESP8684H4X 芯片，RISC-V 32 位单核微处理器，主频最高 120 MHz
- 576 KB ROM
- 272 KB SRAM（其中 16 KB 专用于 cache）
- 封装内 flash（详见表 1 和表 2）
- 引入 cache 机制的 flash 控制器
- 支持 flash 在电路编程 (ICP)

Wi-Fi

- 802.11 b/g/n
- 工作信道中心频率范围：2412 ~ 2484 MHz
- 在 2.4 GHz 频带支持 20 MHz 频宽
- 支持 1T1R 模式，数据速率高达 72.2 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 (Transmit opportunity, TXOP)
- Beacon 自动监测（硬件 TSF）
- 3 × 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 ESP8684 系列在 Station 模式下扫描时，SoftAP 信道会同时改变

蓝牙 ®

- 低功耗蓝牙 (Bluetooth LE)：通过 Bluetooth 5.3 认证
- 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)
- Wi-Fi 与蓝牙共存，共用同一个天线

外设

- 多达 14 个 GPIO
  - 2 个作为 strapping 管脚
- GPIO、SPI、UART、I2C、LED PWM 控制器、通用 DMA 控制器、SAR 模/数转换器、温度传感器、通用定时器、系统定时器、看门狗定时器

说明：

* 有关模组外设的详细信息，请参考《ESP8684 系列芯片技术规格书》。

模组集成元件

- 26 MHz 集成晶振

天线选型

- ESP8684-WROOM-02C：板载 PCB 天线
- ESP8684-WROOM-02UC：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 ~ 105 °C

认证

- RF 认证：见 证书
- 环保认证：RoHS/REACH

测试

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

1.2 型号对比

ESP8684-WROOM-02C 和 ESP8684-WROOM-02UC 是两款通用型 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。

ESP8684-WROOM-02C 采用 PCB 板载天线；ESP8684-WROOM-02UC 采用连接器连接外部天线。两款模组均有两款变型，分别搭载 ESP8684H2X 和 ESP8684H4X 芯片。

两款模组的系列型号对比如下表所示：

表 1: ESP8684-WROOM-02C（天线）系列型号对比[1]

订购代码	封装内 flash[2,3]	芯片版本[4]	环境温度[5] (°C)	模组尺寸[6] (mm)
ESP8684-WROOM-02C-H2X	2 MB	v2.0	–40 ~105	18.0 × 20.0 × 3.2
ESP8684-WROOM-02C-H4X	4 MB			

[1] 本表格中的注释内容与表 2 一致。

表 2: ESP8684-WROOM-02UC（连接器）系列型号对比

订购代码	封装内 flash [2,3]	芯片版本 [4]	环境温度[5] (°C)	模组尺寸[6] (mm)
ESP8684-WROOM-02UC-H2X	2 MB	v2.0	–40 ~105	18.0 × 14.3 × 3.2
ESP8684-WROOM-02UC-H4X	4 MB			

[2] 封装在芯片内部的 flash 支持：
- 至少 10 万次编程/擦除周期
- 至少 20 年数据保留时间

[3] 默认情况下，模组 SPI flash 支持的最大时钟频率为 60 MHz，且不支持自动暂停功能。如需要 flash 自动暂停功能，请 联系我们。

[4] 芯片版本 v2.0 与之前的芯片版本相比，多出 20 KB SRAM 空间和约 100 KB Flash 空间（以实际应用为准）。

[5] 环境温度指乐鑫模组外部的推荐环境温度。

[6] 更多关于模组尺寸的信息，请参考章节 10 尺寸规格。

ESP8684H2X 和 ESP8684H4X 芯片同属 ESP8684 系列芯片，搭载 RISC-V 32 位单核处理器。

ESP8684 系列芯片集成了丰富的外设，包括 GPIO、SPI、UART、I2C、LED PWM 控制器、通用 DMA 控制器、SAR 模/数转换器、温度传感器、通用定时器、系统定时器和看门狗定时器。

说明：
关于 ESP8684 的更多信息请参考 《ESP8684 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
- 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 4

2 功能框图 9

3 管脚定义 10
3.1 管脚布局 10
3.2 管脚描述 10

4 启动配置项 12
4.1 芯片启动模式控制 13
4.2 ROM 日志打印控制 13

5 外设 15
5.1 外设概述 15
5.2 外设描述 15
5.2.1 通讯接口 15
5.2.1.1 UART 控制器 15
5.2.1.2 SPI 控制器 16
5.2.1.3 I2C 控制器 16
5.2.1.4 LED PWM 控制器 17
5.2.2 模拟信号处理 17
5.2.2.1 SAR ADC 17
5.2.2.2 温度传感器 18

6 电气特性 19
6.1 绝对最大额定值 19
6.2 建议工作条件 19
6.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) 19
6.4 功耗特性 20
6.4.1 Active 模式下的功耗 20
6.4.2 其他功耗模式下的功耗 20

7 射频特性 21
7.1 Wi-Fi 射频 21
7.1.1 Wi-Fi 射频 21
7.1.2 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性 21
7.1.3 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性 22
7.2 低功耗蓝牙射频 23
7.2.1 低功耗蓝牙射频发射器 (TX) 特性 23
7.2.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性 24

8 模组原理图 27

9 外围设计原理图 29

10 尺寸规格 30

10.1 模组尺寸 30

10.2 外部天线连接器尺寸 31

11 PCB 布局建议 33

11.1 PCB 封装图形 33

11.2 PCB 设计中的模组位置摆放 34

12 产品处理 35

12.1 存储条件 35

12.2 静电放电 (ESD) 35

12.3 回流焊温度曲线 35

12.4 超声波振动 36

相关文档和资源 37

修订历史 38

表格

1	ESP8684-WROOM-02C（天线）系列型号对比[1]	3
2	ESP8684-WROOM-02UC（连接器）系列型号对比	3
3	管脚定义	10
4	Strapping 管脚的默认配置	12
5	Strapping 管脚的时序参数说明	12
6	芯片启动模式控制	13
7	UARTO ROM 日志打印控制	14
8	绝对最大额定值	19
9	建议工作条件	19
10	直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	19
11	Active 模式下不同射频功耗特性	20
12	Modem-sleep 模式下的功耗	20
13	低功耗模式下的功耗	20
14	Wi-Fi 射频规格	21
15	频谱模板和 EVM 符合 802.11 标准时的发射功率	21
16	发射 EVM 测试	21
17	接收灵敏度	22
18	最大接收电平	22
19	接收邻道抑制	23
20	发射器一般特性	23
21	发射器特性 - 低功耗蓝牙 1 Mbps	23
22	发射器特性 - 低功耗蓝牙 2 Mbps	24
23	发射器特性 - 低功耗蓝牙 125 kbps	24
24	发射器特性 - 低功耗蓝牙 500 kbps	24
25	接收器特性 - 低功耗蓝牙 1 Mbps	25
26	接收器特性 - 低功耗蓝牙 2 Mbps	25
27	接收器特性 - 低功耗蓝牙 125 kbps	26
28	接收器特性 - 低功耗蓝牙 500 kbps	26

插图

1	ESP8684-WROOM-02C 功能框图	9
2	ESP8684-WROOM-02UC 功能框图	9
3	管脚布局（顶视图）	10
4	Strapping 管脚的时序参数图	13
5	ESP8684-WROOM-02C 原理图	27
6	ESP8684-WROOM-02UC 原理图	28
7	外围设计原理图	29
8	ESP8684-WROOM-02C 尺寸	30
9	ESP8684-WROOM-02UC 尺寸	30
10	外部天线连接器尺寸图	31
11	ESP8684-WROOM-02C 推荐 PCB 封装图形	33
12	ESP8684-WROOM-02UC 推荐 PCB 封装图形	34
13	回流焊温度曲线	35

2 功能框图

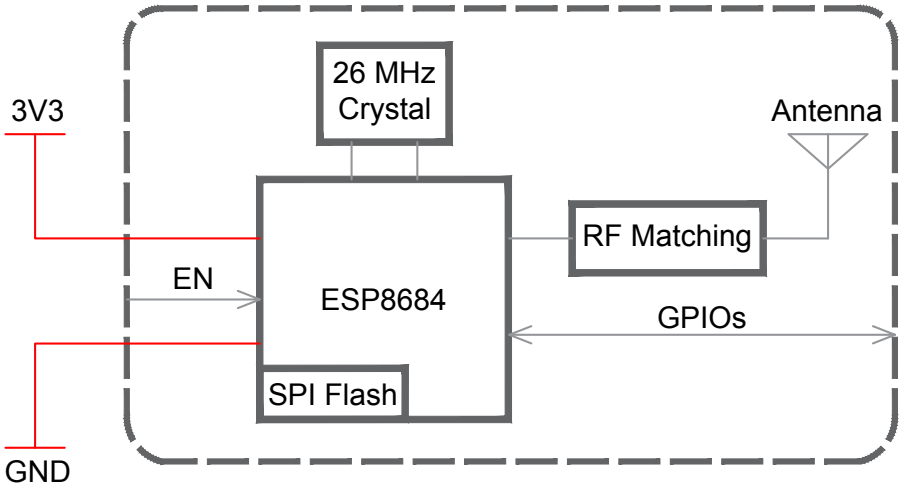

图 1: ESP8684-WROOM-02C 功能框图

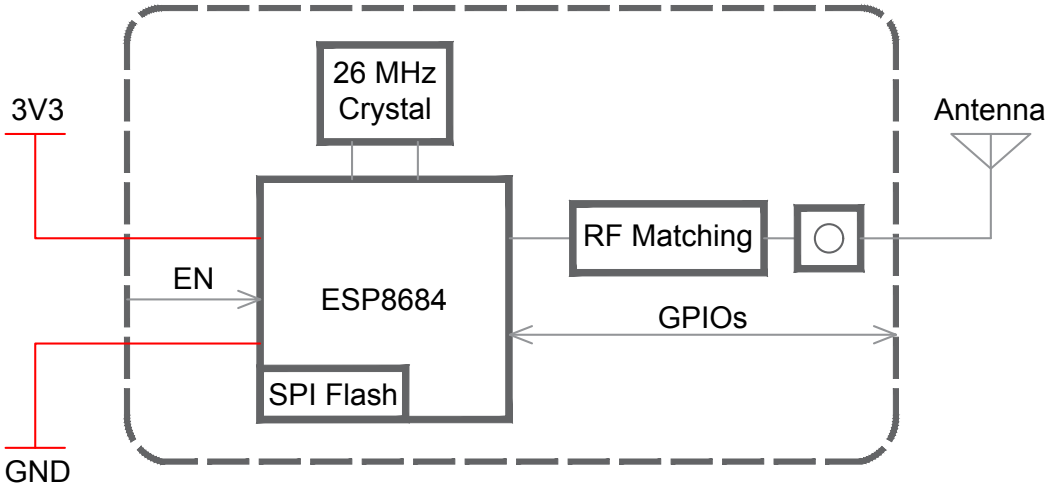

图 2: ESP8684-WROOM-02UC 功能框图

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 尺寸规格。

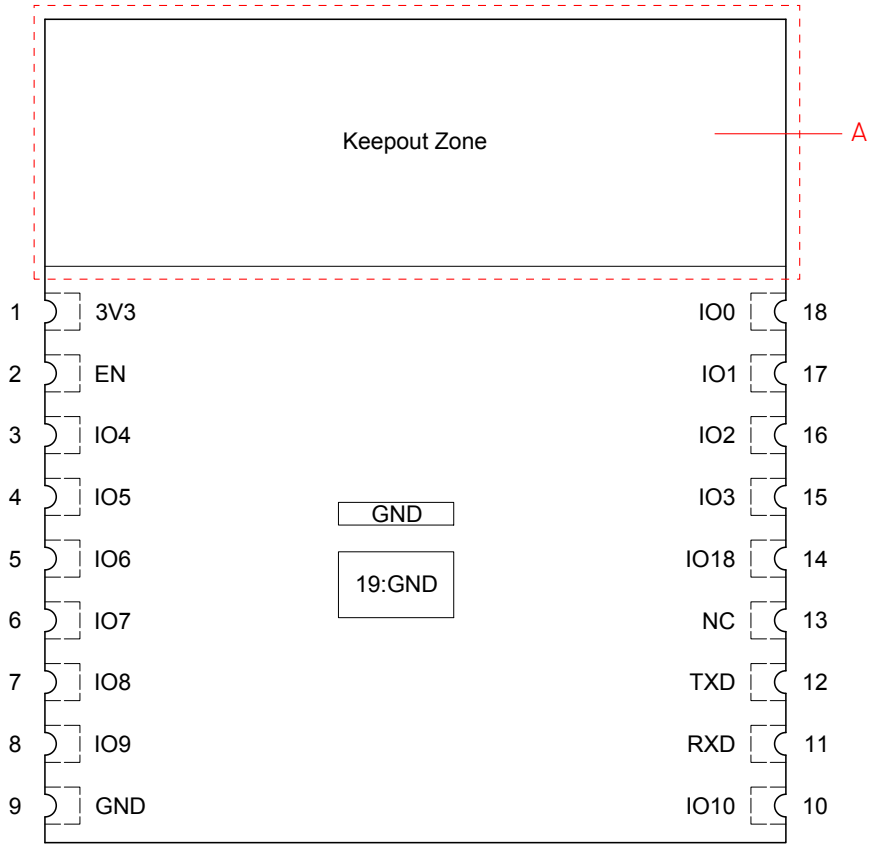

图 3: 管脚布局（顶视图）

> **说明 A:**
> 虚线标记区域为天线净空区。ESP8684-WROOM-02UC 的管脚布局与 ESP8684-WROOM-02C 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 《ESP8684 硬件设计指南》 > 章节 模组在底板上的位置摆放。

3.2 管脚描述

模组共有 19 个管脚，具体描述参见表 3 管脚描述。

外设管脚分配请参考 5.2 外设描述。

表 3: 管脚定义

名称	序号	类型[1]	功能
3V3	1	P	供电

见下页

表 3 – 接上页

名称	序号	类型[1]	功能
EN	2	I	高电平：芯片使能； 低电平：芯片关闭； 注意不能让 CHIP_EN 管脚浮空。
IO4	3	I/O/T	GPIO4, ADC1_CH4, FSPIHD, MTMS
IO5	4	I/O/T	GPIO5, FSPIWP, MTDI
IO6	5	I/O/T	GPIO6, FSPICLK, MTCK
IO7	6	I/O/T	GPIO7, FSPID, MTDO
IO8	7	I/O/T	GPIO8 注意模组内部已上拉
IO9	8	I/O/T	GPIO9
GND	9	P	接地
IO10	10	I/O/T	GPIO10, FSPICS0
RXD	11	I/O/T	GPIO19, U0RXD
TXD	12	I/O/T	GPIO20, U0TXD
NC	13	—	空管脚
IO18	14	I/O/T	GPIO18
IO3	15	I/O/T	GPIO3, ADC1_CH3
IO2	16	I/O/T	GPIO2, ADC1_CH2, FSPIQ
IO1	17	I/O/T	GPIO1, ADC1_CH1
IO0	18	I/O/T	GPIO0，ADC1_CH0
GND	19	P	接地

[1] P：电源；I：输入；O：输出；T：可设置为高阻。

说明：
芯片上电过程中，IO0，IO1，IO3，IO5/MTDI 会产生低电平毛刺，详情请参考《ESP8684 系列芯片技术规格书》中通用输入/输出接口 (GPIO) 章节。

4 启动配置项

说明：
以下内容摘自 《ESP8684 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*。

模组在上电或硬件复位时，可以通过 strapping 管脚和 eFuse 参数配置如下启动参数，无需微处理器的参与：

- **芯片启动模式**
  - Strapping 管脚：GPIO8 和 GPIO9
- **ROM 日志打印**
  - Strapping 管脚：GPIO8
  - eFuse 参数：EFUSE_UART_PRINT_CONTROL

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 《ESP8684 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: Strapping 管脚的默认配置

Strapping 管脚	默认配置	值
GPIO8	N/A	-
GPIO9	弱上拉	1

要改变 strapping 管脚的值，可以连接外部下拉/上拉电阻。如果 ESP8684 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 5 和图 4 所示的 *建立时间* 和 *保持时间*。

表 5: Strapping 管脚的时序参数说明

参数	说明	最小值 (ms)
t_0	CHIP_EN 上电前的建立时间	0
t_1	CHIP_EN 上电后的保持时间	3

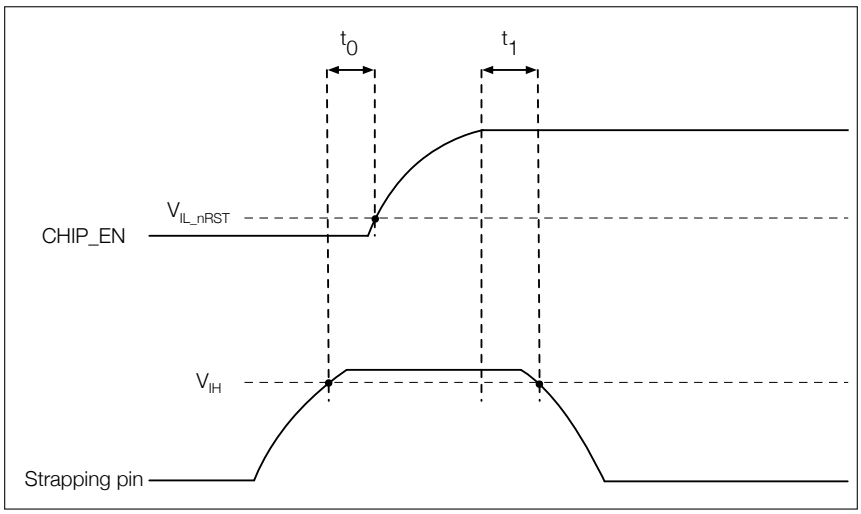

图 4: Strapping 管脚的时序参数图

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 6 *芯片启动模式控制*。

表 6: 芯片启动模式控制

启动模式	GPIO9	GPIO8
SPI boot 模式	**1**	x[2]
Joint download boot 模式 [3]	0	1

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

[2] 任何取值均不会对结果有影响，因此可忽略。

[3] Joint Download Boot 模式下支持 UART Download Boot 下载方式。除了 SPI Boot 和 Joint Download Boot 模式，ESP8684 还支持 SPI Download Boot 模式，详见《ESP8684 技术参考手册》> 章节 *芯片 Boot 控制*。

4.2 ROM 日志打印控制

EFUSE_UART_PRINT_CONTROL 和 GPIO8 控制 **UART0** ROM 日志打印，如表 7 *UART0 ROM 日志打印控制* 所示。

表 7: UART0 ROM 日志打印控制

UART0 ROM 日志打印	eFuse[1]	GPIO8
使能	0	忽略
	1	0
	2	1
关闭	1	1
	2	0
	3	忽略

[1] EFUSE_UART_PRINT_CONTROL

5 外设

5.1 外设概述

ESP8684 集成了丰富的外设，包括 GPIO、SPI、UART、I2C、LED PWM 控制器、通用 DMA 控制器、SAR 模/数转换器、温度传感器、通用定时器、系统定时器和看门狗定时器。

关于模组外设的详细信息，请参考《ESP8684 系列芯片技术规格书》 > 章节 功能描述。

> **说明：**
> 以下内容出自 《ESP8684 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 ESP8684-WROOM-02C 以及 ESP8684-WROOM-02UC。
> 关于外设信号的更多信息，可参考《ESP8684 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

ESP8684 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。ESP8684 支持两个 UART 接口。

特性

- 全双工异步通信
- 可配置波特率，最高 2.5 Mbaud
- 输入信号波特率自检功能
- 数据帧格式：
  - 一个 START 位
  - 数据位，长度为 5 ~ 8
  - 一个奇偶校验位
  - STOP 位，长度为 1、1.5 或 2
- AT_CMD 特殊字符检测
- 支持协议：RS485、IrDA
- UART 唤醒模式
- 软件流控和硬件流控
- 三个可预分频的时钟源：

  - 40 MHz PLL_F40M_CLK
  - 内置快速 RC 振荡器时钟 RC_FAST_CLK
  - 外部晶振时钟 XTAL_CLK
- 两个 UART 的发送 FIFO 以及接收 FIFO 共享 512 x 8-bit RAM

管脚分配

UART 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 《ESP8684 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

5.2.1.2 SPI 控制器

ESP8684 系列芯片共有三个 SPI（SPI0、SPI1 和 SPI2）。SPI0 和 SPI1 可以配置成 SPI 存储器模式，SPI2 可以配置成通用 SPI 模式。

SPI0 和 SPI1 预留给系统使用，只有 SPI2 可供用户使用。

SPI0 和 SPI1 的特性

- 数据传输长度以字节为单位
- 最高支持四线 STR 读写操作
- 时钟频率可配置，STR 模式下支持的最高时钟频率为 60 MHz

SPI2 通用 SPI (GP-SPI) 的特性

- 既可以配置成主机模式，又可以配置成从机模式。
- 主机模式和从机模式均支持双线全双工和单线、双线或四线半双工通信
- 主机时钟频率可配置，时钟频率最高为 40 MHz
- 数据传输长度以字节为单位
- 时钟极性 (CPOL) 和相位 (CPHA) 可配置
- 可连接 GDMA 通道。

管脚分配

SPI2 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 《ESP8684 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

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

- 一个在主机模式工作的 I2C 控制器
- 标准模式 (100 Kbit/s) 和快速模式 (400 Kbit/s)
- 速度最高可达 800 Kbit/s，但受制于 SCL 和 SDA 上拉强度
- 支持 7 位和 10 位寻址以及双地址寻址模式
- 7 位广播地址

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 《ESP8684 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

5.2.1.4 LED PWM 控制器

LED PWM 控制器 (LEDC) 用于生成用于 LED 控制的 PWM 信号。

特性

- 六个独立的 PWM 生成器
- 最大 PWM 占空比精度为 14 位
- 四个独立的定时器，具有 14 位计数器、可配置的时钟小数分频器和计数器溢出值
- 可调节 PWM 信号输出的相位
- PWM 占空比微调
- 占空比自动渐变
- 在低功耗模式（Light-sleep 模式）下输出 PWM 信号

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 《ESP8684 系列芯片技术规格书》 > 章节 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

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

ESP8684 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
- 支持采集最多五个管脚上的模拟电压
- DIG ADC 控制器：
  - 配有单次采样和多通道扫描控制模块，分别支持单次采样模式和多通道扫描模式
  - 支持单次采样模式和多通道扫描模式同时工作
  - 在多通道扫描模式下，支持自定义扫描通道顺序
  - 提供两个滤波器，滤波系数可配
  - 支持阈值监控

管脚分配

SAR ADC 管脚与 GPIO0 ~ GPIO4、JTAG 接口管脚复用。

更多关于管脚分配的信息，请参考《ESP8684 系列芯片技术规格书》> 章节 *IO 管脚* 和《ESP8684 技术参考手册》> 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

5.2.2.2 温度传感器

ESP8684 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

6 电气特性

6.1 绝对最大额定值

超出表 8 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 9 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 8: 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_{STORE}	存储温度	–40	105	°C

6.2 建议工作条件

表 9: 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	—	105	°C

6.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

表 10: 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 I/O 的供电电源。

[2] V_{OH} 和 V_{OL} 为负载是高阻条件下的测试值。

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 11: Active 模式下不同射频功耗特性

工作模式	描述		峰值 (mA)
Active（射频工作）	TX	802.11b, 1 Mbps, @21 dBm	310
		802.11g, 54 Mbps, @19 dBm	260
		802.11n, HT20, MCS 7, @18 dBm	250
	RX	802.11b/g/n, HT20	65

说明：
以下内容摘自 《ESP8684 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 12: 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)[1]
Modem-sleep[2,3]	80	CPU 工作	12.1	13.0
		WFI (Wait-for-Interrupt)	9.4	10.3
	120	CPU 工作	14.7	15.6
		WFI (Wait-for-Interrupt)	10.7	11.5

[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。若 flash 速率为 80 Mbit/s，SPI 2 线模式下 flash 的功耗为 10 mA。

表 13: 低功耗模式下的功耗

功耗模式	描述	功耗典型值 (μA)
Light-sleep	—	140
Deep-sleep	仅有 RTC 定时器处于工作状态	5
Power off	CHIP_EN 管脚拉低，芯片处于关闭状态	1

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，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

7.1.1 Wi-Fi 射频

表 14: 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
数据速率 (20 MHz)	11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps 11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps 11n: MCS 0-7, 72.2 Mbps (Max)
天线类型	PCB 天线

7.1.2 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性

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 15.

表 15: 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	—	21	—
802.11b, 11 Mbps	—	21	—
802.11g, 6 Mbps	—	21	—
802.11g, 54 Mbps	—	19	—
802.11n, HT20, MCS 0	—	19	—
802.11n, HT20, MCS 7	—	18	—

表 16: 发射 EVM 测试

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	标准限值 (dB)
802.11b, 1 Mbps, @21 dBm	—	–24	–10
802.11b, 11 Mbps, @21 dBm	—	–24	–10
802.11g, 6 Mbps, @21 dBm	—	–23	–5

见下页

表 16 – 接上页

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	标准限值 (dB)
802.11g, 54 Mbps, @19 dBm	—	–30	–25
802.11n, HT20, MCS 0, @20 dBm	—	–27	–5
802.11n, HT20, MCS 7, @18 dBm	—	–31	–27

[1] 发射 EVM 的每个测试项对应的发射功率为表 15 *Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性* 中提供的典型值。

7.1.3 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性

表 17: 接收灵敏度

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11b, 1 Mbps	—	–99.0	—
802.11b, 2 Mbps	—	–96.5	—
802.11b, 5.5 Mbps	—	–94.0	—
802.11b, 11 Mbps	—	–90.0	—
802.11g, 6 Mbps	—	–94.0	—
802.11g, 9 Mbps	—	–92.0	—
802.11g, 12 Mbps	—	–91.0	—
802.11g, 18 Mbps	—	–89.0	—
802.11g, 24 Mbps	—	–86.0	—
802.11g, 36 Mbps	—	–83.0	—
802.11g, 48 Mbps	—	–78.5	—
802.11g, 54 Mbps	—	–77.0	—
802.11n, HT20, MCS 0	—	–92.5	—
802.11n, HT20, MCS 1	—	–90.5	—
802.11n, HT20, MCS 2	—	–87.5	—
802.11n, HT20, MCS 3	—	–84.5	—
802.11n, HT20, MCS 4	—	–81.5	—
802.11n, HT20, MCS 5	—	–77.5	—
802.11n, HT20, MCS 6	—	–75.5	—
802.11n, HT20, MCS 7	—	–74.0	—

表 18: 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	—	0	—

见下页

表 18 – 接上页

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11n, HT20, MCS 0	—	5	—
802.11n, HT20, MCS 7	—	0	—

表 19: 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	—	20	—
802.11n, HT20, MCS 0	—	16	—
802.11n, HT20, MCS 7	—	25	—

7.2 低功耗蓝牙射频

7.2.1 低功耗蓝牙射频发射器 (TX) 特性

表 20: 发射器一般特性

参数	最小值	典型值	最大值	单位
射频发射功率	—	3	—	dBm
增益控制步长	—	3	—	dB
射频功率控制范围	–24	—	20	dBm

表 21: 发射器特性 - 低功耗蓝牙 1 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
带内发射	F = F0 ± 2 MHz	—	–32.0	—	dBm
	F = F0 ± 3 MHz	—	–38.0	—	dBm
	F = F0 ± > 3 MHz	—	–41.0	—	dBm
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	249.0	—	kHz
	$\Delta f2_{max}$	—	246.0	—	kHz
	$\Delta f2_{avg}/\Delta f1_{avg}$	—	1.1	—	—
载波频率偏移	Max $\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$	—	2.0	—	kHz
载波频率漂移	Max $\lvert f_0 - f_n \rvert_{n=2,\,3,\,4,\,..k}$	—	1.0	—	kHz
	Max $\lvert f_0 - f_1 \rvert$	—	0.5	—	kHz
	Max $\lvert f_n - f_{n-5} \rvert_{n=6,\,7,\,8,\,..k}$	—	1.0	—	kHz

表 22: 发射器特性 - 低功耗蓝牙 2 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
带内发射	F = FO ± 4 MHz	—	–40.0	—	dBm
	F = FO ± 5 MHz	—	–43.0	—	dBm
	F = FO ± > 5 MHz	—	–44.0	—	dBm
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	498.0	—	kHz
	$\Delta f2_{max}$	—	589.0	—	kHz
	$\Delta f2_{avg}/\Delta f1_{avg}$	—	1.2	—	—
载波频率偏移	Max $\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$	—	1.0	—	kHz
载波频率漂移	Max $\lvert f_0 - f_n \rvert_{n=2,\,3,\,4,\,..k}$	—	3.0	—	kHz
	Max $\lvert f_0 - f_1 \rvert$	—	2.4	—	kHz
	Max $\lvert f_n - f_{n-5} \rvert_{n=6,\,7,\,8,\,..k}$	—	1.2	—	kHz

表 23: 发射器特性 - 低功耗蓝牙 125 kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
带内发射	F = FO ± 2 MHz	—	–32.0	—	dBm
	F = FO ± 3 MHz	—	–38.0	—	dBm
	F = FO ± > 3 MHz	—	–41.0	—	dBm
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	248.0	—	kHz
	$\Delta f1_{max}$	—	224.0	—	kHz
载波频率偏移	Max $\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$	—	0.5	—	kHz
载波频率漂移	Max $\lvert f_0 - f_n \rvert_{n=1,\,2,\,3,\,..k}$	—	0.7	—	kHz
	Max $\lvert f_0 - f_3 \rvert$	—	0.2	—	kHz
	Max $\lvert f_n - f_{n-3} \rvert_{n=7,\,8,\,9,\,..k}$	—	0.7	—	kHz

表 24: 发射器特性 - 低功耗蓝牙 500 kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
带内发射	F = FO ± 2 MHz	—	–32.0	—	dBm
	F = FO ± 3 MHz	—	–38.0	—	dBm
	F = FO ± > 3 MHz	—	–41.0	—	dBm
调制特性	$\Delta f2_{avg}$	—	273.0	—	kHz
	$\Delta f2_{max}$	—	243.0	—	kHz
载波频率偏移	Max $\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$	—	0.5	—	kHz
载波频率漂移	Max $\lvert f_0 - f_n \rvert_{n=1,\,2,\,3,\,..k}$	—	0.7	—	kHz
	Max $\lvert f_0 - f_3 \rvert$	—	0.7	—	kHz
	Max $\lvert f_n - f_{n-3} \rvert_{n=7,\,8,\,9,\,..k}$	—	0.2	—	kHz

7.2.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性

表 25: 接收器特性 - 低功耗蓝牙 1 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–98	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	8	—	dBm
共信道抑制比 C/I	—	—	8	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	–1	—	dB
	F = F0 – 1 MHz	—	–3	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–26	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–28	—	dB
	F ≥ F0 + 3 MHz[1]	—	—	—	dB
	F ≤ F0 – 3 MHz	—	–31	—	dB
镜像频率	—	—	–33	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–32	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–34	—	dB
带外阻塞	30 MHz ~ 2000 MHz	—	–23	—	dBm
	2003 MHz ~ 2399 MHz	—	–30	—	dBm
	2484 MHz ~ 2997 MHz	—	–10	—	dBm
	3000 MHz ~ 12.75 GHz	—	–17	—	dBm
互调	—	—	–31	—	dBm

[1] 参见邻道镜像频率干扰 F = F_{image} – 1 MHz 的值。

表 26: 接收器特性 - 低功耗蓝牙 2 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–95	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	8	—	dBm
共信道抑制比 C/I	F = F0 MHz	—	9	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 2 MHz	—	–11	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–7	—	dB
	F = F0 + 4 MHz[1]	—	—	—	dB
	F = F0 – 4 MHz	—	–30	—	dB
	F ≥ F0 + 6 MHz	—	–35	—	dB
	F ≤ F0 – 6 MHz	—	–29	—	dB
镜像频率	—	—	–35	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 2 MHz	—	–35	—	dB
	F = F_{image} – 2 MHz[2]	—	—	—	dB
带外阻塞	30 MHz ~ 2000 MHz	—	–30	—	dBm
	2003 MHz ~ 2399 MHz	—	–34	—	dBm
	2484 MHz ~ 2997 MHz	—	–19	—	dBm
	3000 MHz ~ 12.75 GHz	—	–28	—	dBm
互调	—	—	–33	—	dBm

[1] 参见邻道镜像频率。

[2] 参见邻道选择性抑制比 C/I F = F0 + 2 MHz 的值。

表 27: 接收器特性 - 低功耗蓝牙 125 kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–106	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	8	—	dBm
共信道抑制比 C/I	F = F0 MHz	—	3	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	–7	—	dB
	F = F0 – 1 MHz	—	–5	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–35	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–34	—	dB
	F ≥ F0 + 3 MHz[1]	—	—	—	dB
	F ≤ F0 – 3 MHz	—	–37	—	dB
镜像频率	—	—	–41	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–43	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–38	—	dB

[1] 参见邻道镜像频率干扰 F = F_{image} – 1 MHz 的值。

表 28: 接收器特性 - 低功耗蓝牙 500 kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–102	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	8	—	dBm
共信道抑制比 C/I	F = F0 MHz	—	4	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	–6	—	dB
	F = F0 – 1 MHz	—	–5	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–29	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–32	—	dB
	F ≥ F0 + 3 MHz[1]	—	—	—	dB
	F ≤ F0 – 3 MHz	—	–36	—	dB
镜像频率	—	—	–34	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–37	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–31	—	dB

[1] 参见邻道镜像频率干扰 F = F_{image} – 1 MHz 的值。

8 模组原理图

模组内部元件的电路图。

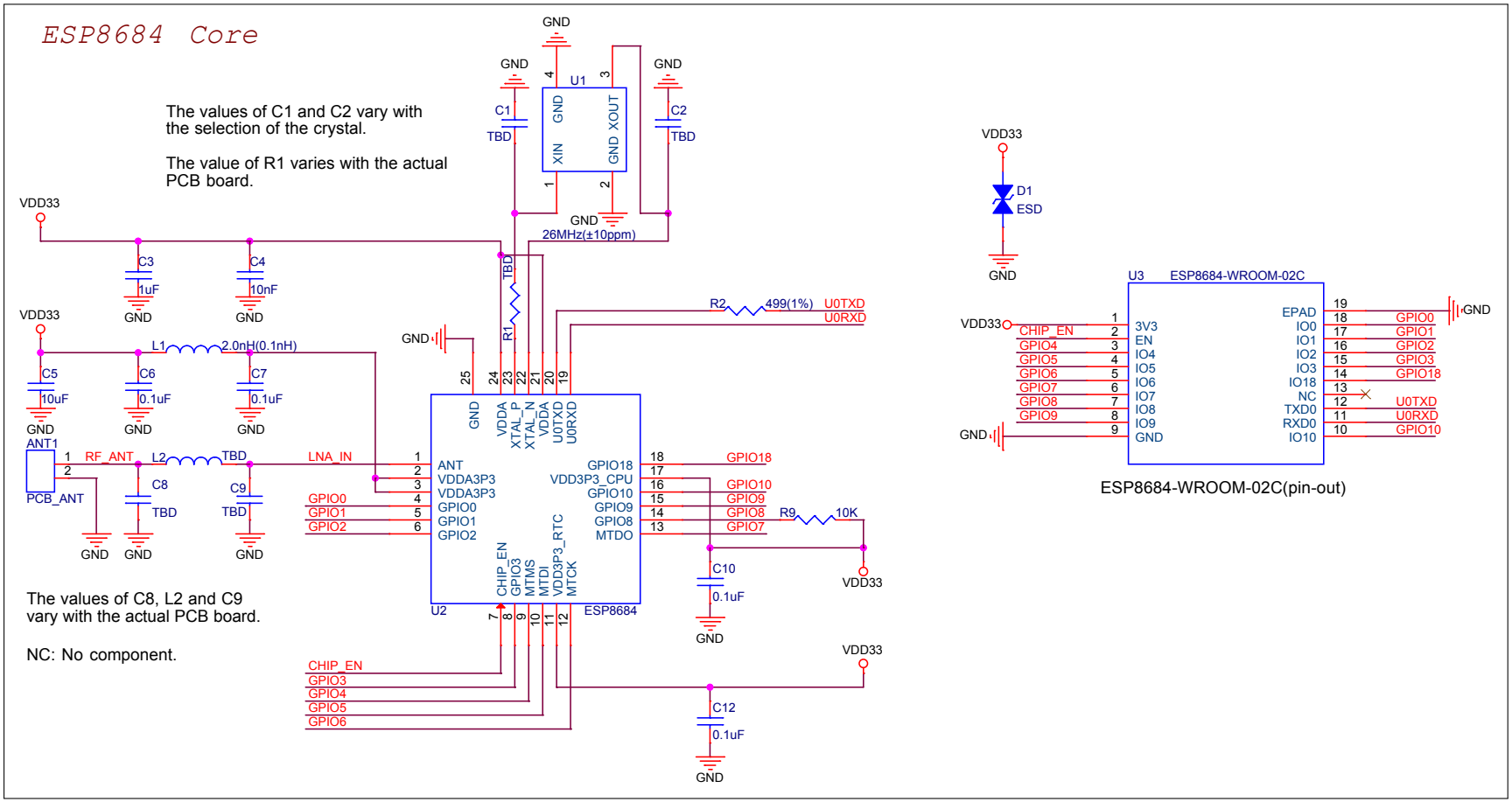

图 5: ESP8684-WROOM-02C 原理图

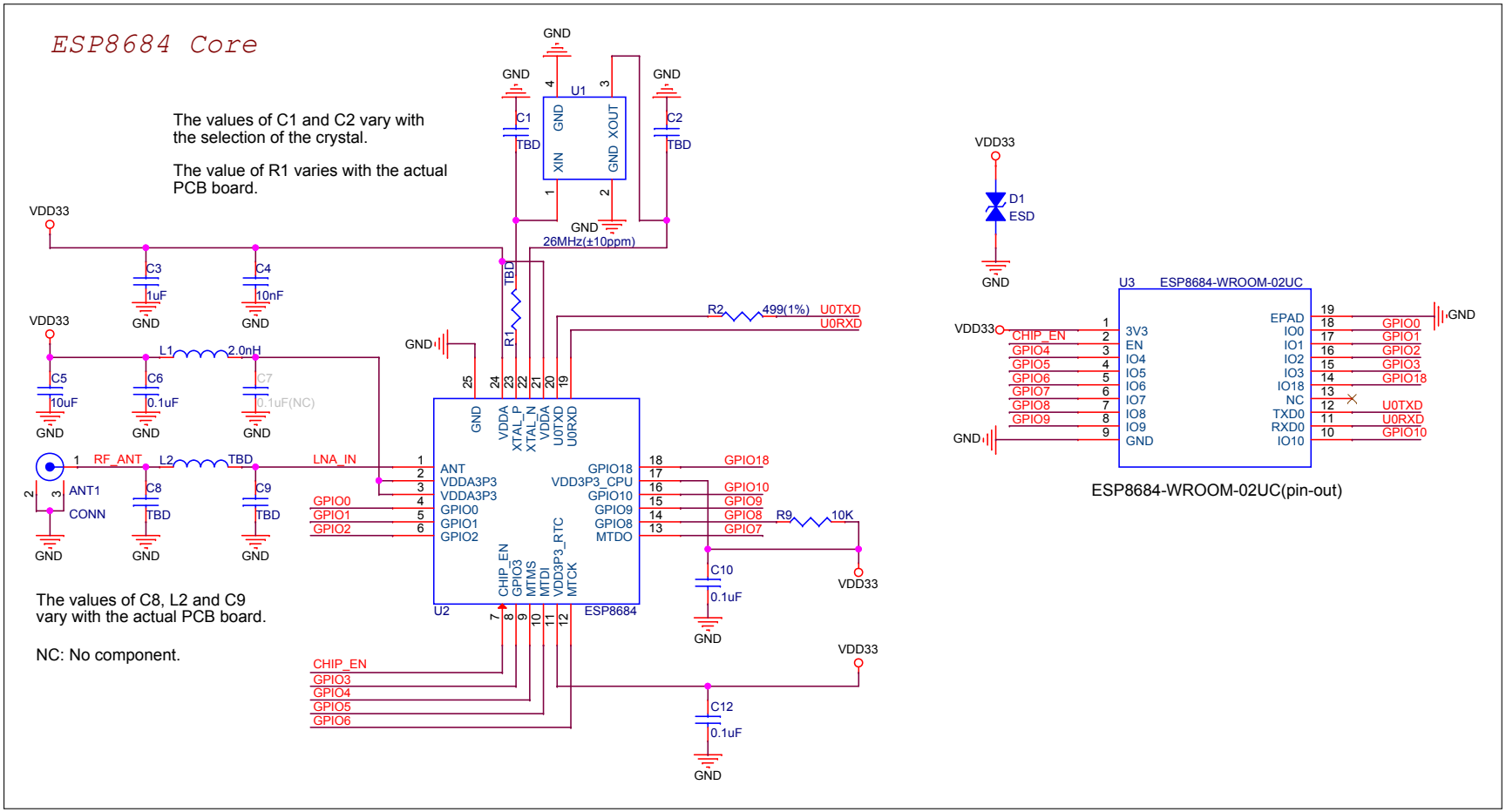

图 6: ESP8684-WROOM-02UC 原理图

9 外围设计原理图

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

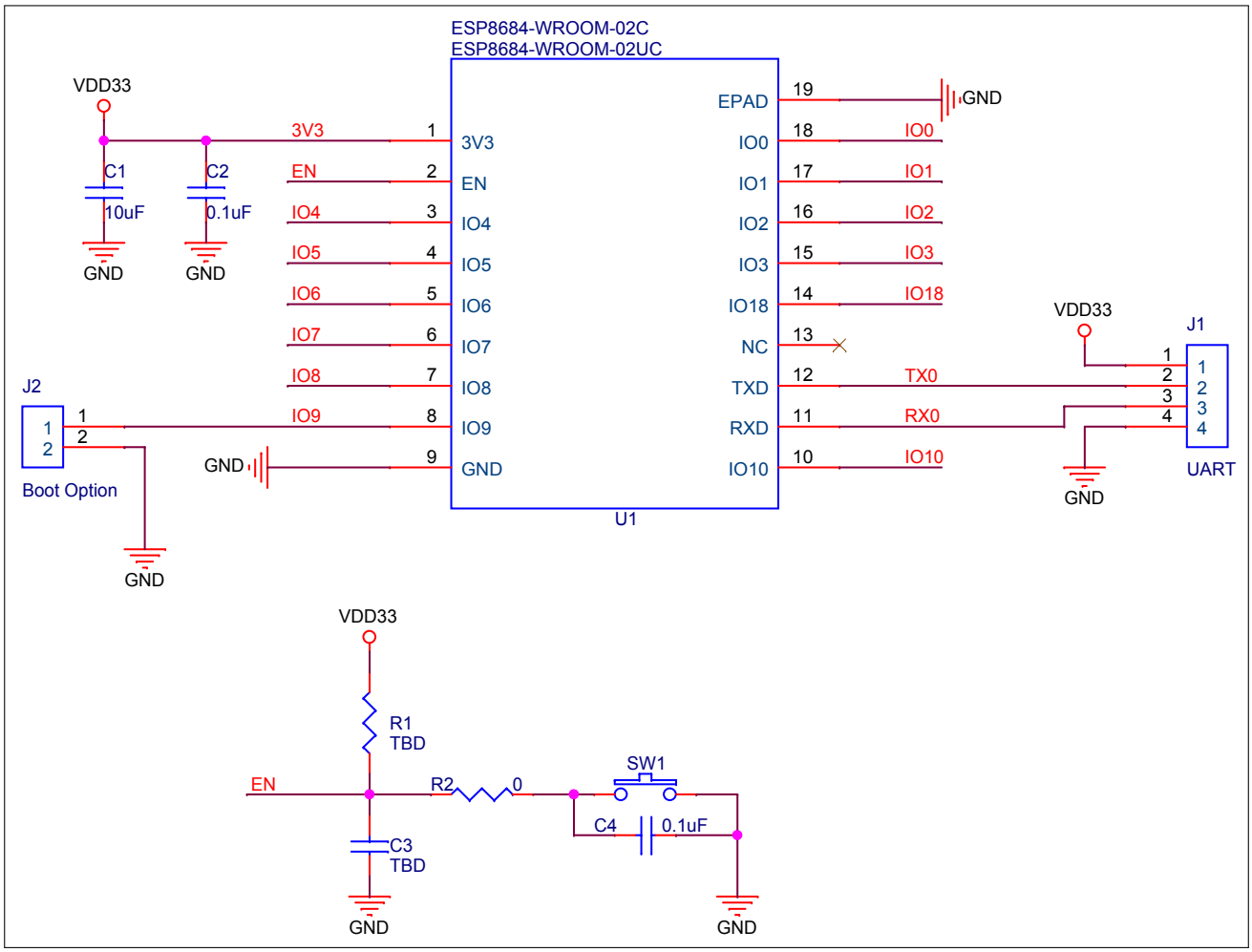

图 7: 外围设计原理图

- 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 ESP8684 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 μF，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。ESP8684 芯片的上电复位时序图可参考《ESP8684 系列芯片技术规格书》章节 电源管理。
- 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 ，可以参考硬件连接，建议使用默认配置。

10 尺寸规格

10.1 模组尺寸

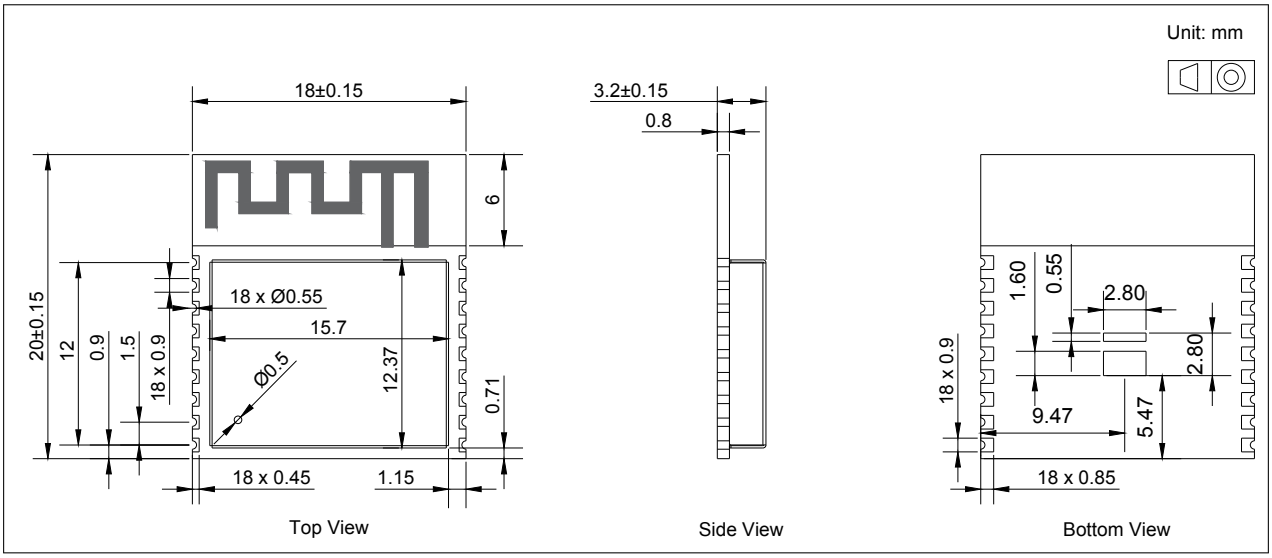

图 8: ESP8684-WROOM-02C 尺寸

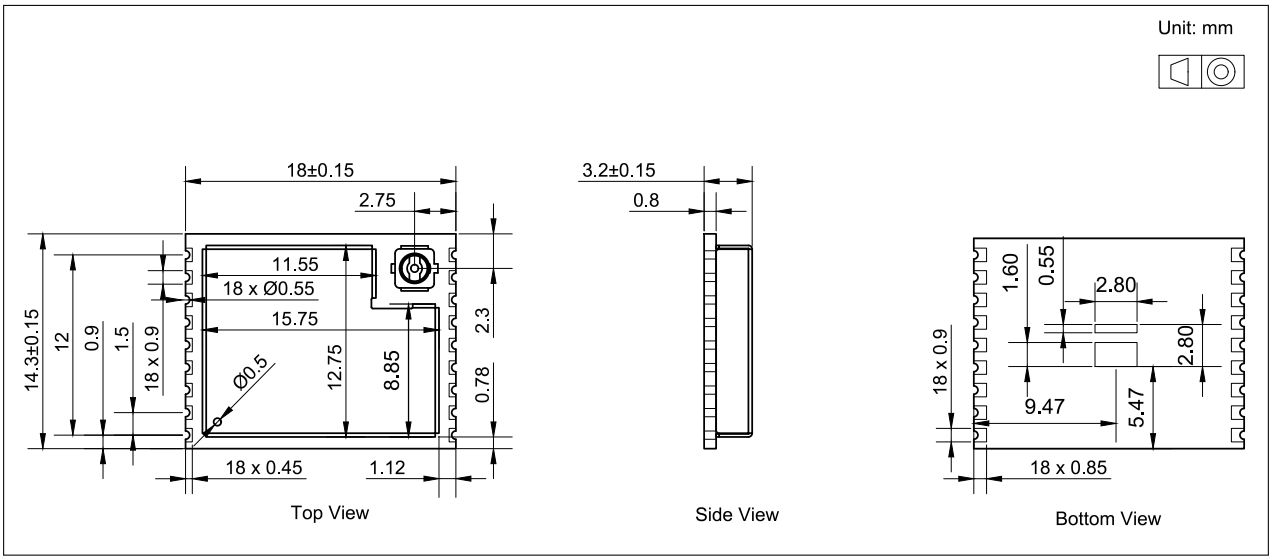

图 9: ESP8684-WROOM-02UC 尺寸

说明：
有关卷带、载盘和产品标签的信息，请参阅《ESP8684 模组包装信息》。

10.2 外部天线连接器尺寸

ESP8684-WROOM-02UC 采用图 10 外部天线连接器尺寸图 所示的第一代外部天线连接器，该连接器兼容：

- 广濑 (Hirose) 的 U.FL 系列连接器
- I-PEX 的 MHF I 连接器
- 安费诺 (Amphenol) 的 AMC 连接器

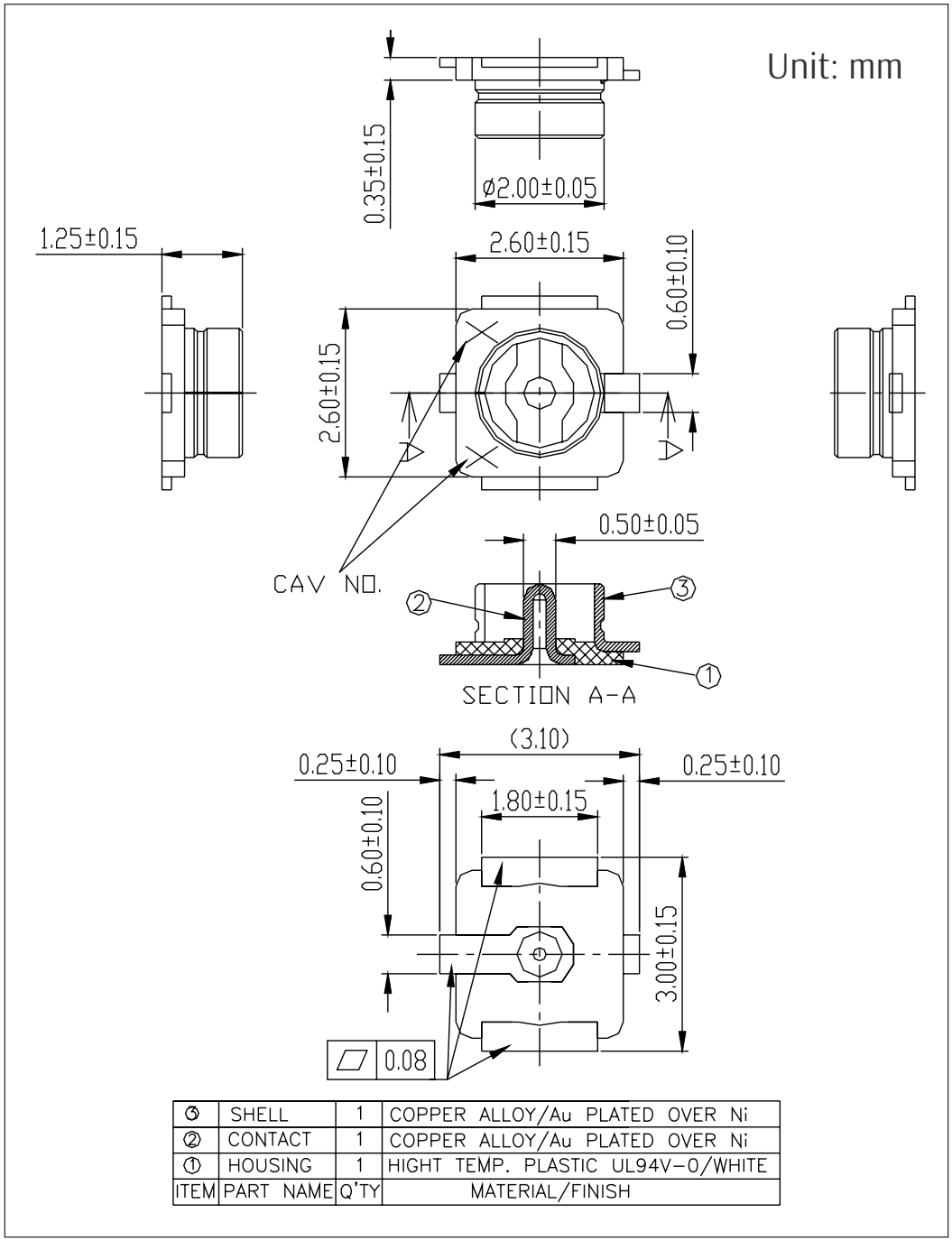

图 10: 外部天线连接器尺寸图

ESP8684-WROOM-02UC 在认证测试过程中搭配使用的外部天线为第一代外接单极子天线，料号为 TFPD05H08750011。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 频段
- 50 Ω 阻抗
- 最大增益不超过认证中所用天线的增益 2.33 dBi
- 接口规格与模组天线连接器接口匹配，参考图 10 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 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 11 *ESP8684-WROOM-02C 推荐 PCB 封装图形* 和图 12 *ESP8684-WROOM-02UC 推荐 PCB 封装图形*。
- 推荐 PCB 封装图的源文件，用于测量图 11 和 12 中未标注的尺寸。您可用 Autodesk Viewer 查看 ESP8684-WROOM-02C 和 ESP8684-WROOM-02UC 的封装图源文件。
- ESP8684-WROOM-02C 和 ESP8684-WROOM-02UC 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）。

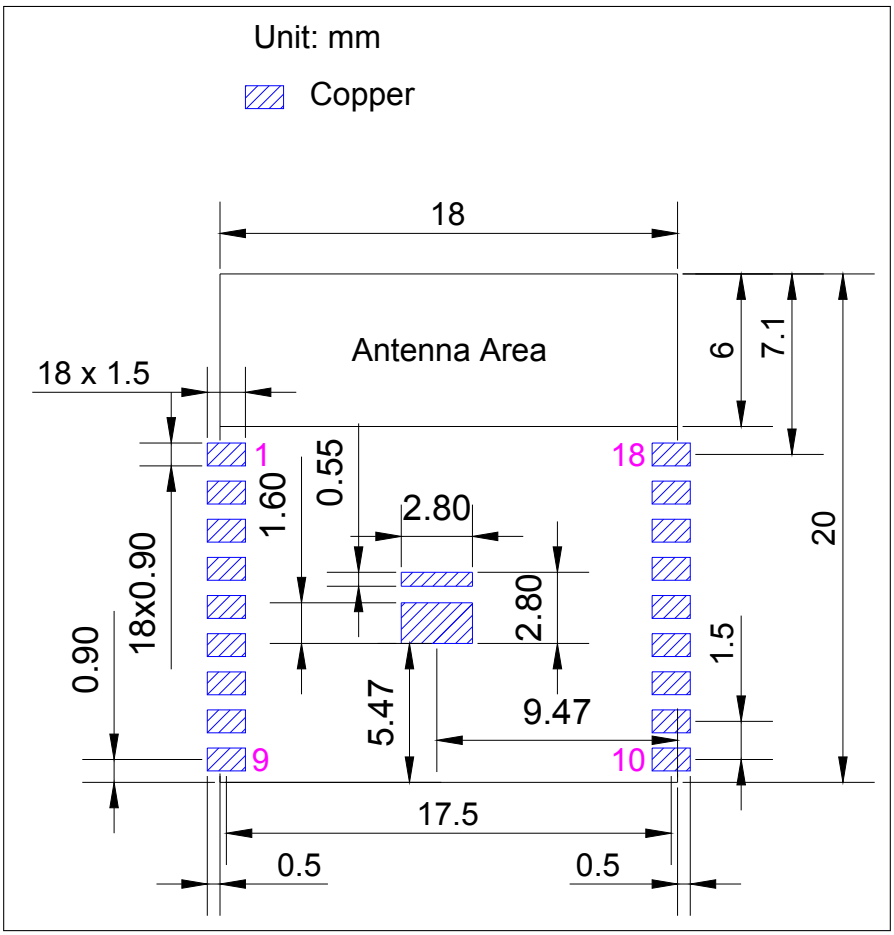

图 11: ESP8684-WROOM-02C 推荐 PCB 封装图形

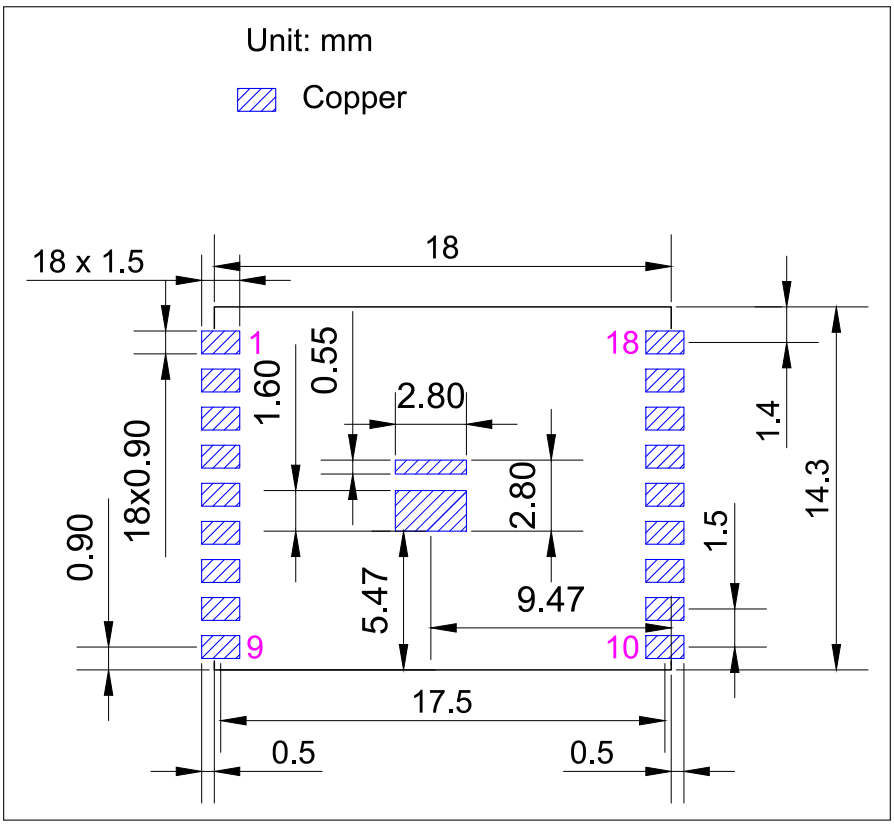

图 12: ESP8684-WROOM-02UC 推荐 PCB 封装图形

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 《ESP8684 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。

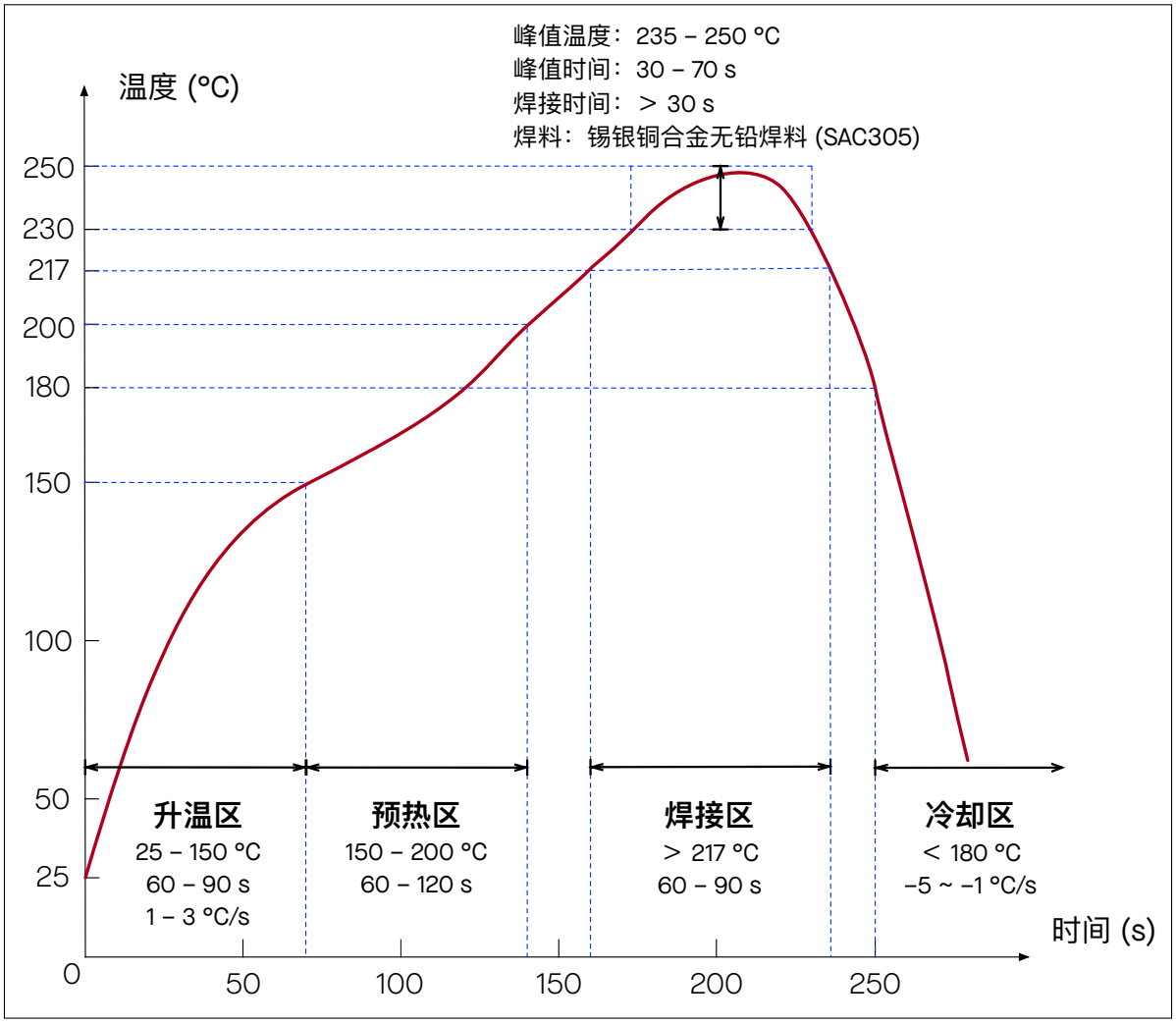

图 13: 回流焊温度曲线

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

- 《ESP8684 技术规格书》 – 提供 ESP8684 芯片的硬件技术规格。
- 《ESP8684 技术参考手册》 – 提供 ESP8684 芯片的存储器和外设的详细使用说明。
- 《ESP8684 硬件设计指南》 – 提供基于 ESP8684 芯片的产品设计规范。
- 《ESP8684 系列芯片勘误表》 – 描述 ESP8684 系列芯片的已知错误。
- 证书
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/certificates
- ESP8684 产品/工艺变更通知 (PCN)
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/pcns?keys=ESP8684
- 文档更新和订阅通知
  https://espressif.com/zh-hans/support/download/documents

开发者社区

- 《ESP8684 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

- ESP8684 系列芯片 – ESP8684 全系列芯片。
  https://espressif.com/zh-hans/products/socs?id=ESP8684
- ESP8684 系列模组 – ESP8684 全系列模组。
  https://espressif.com/zh-hans/products/modules?id=ESP8684
- ESP8684 系列开发板 – ESP8684 全系列开发板。
  https://espressif.com/zh-hans/products/devkits?id=ESP8684
- 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
2025-07-15	v1.4	• 修改章节 10.2 外部天线连接器尺寸
2025-03-14	v1.3	修改表格 15 *Wi-Fi* 射频发射器 *(TX)* 特性 和表格 16 *Wi-Fi* 射频发射器 *(TX)* 特性
2025-01-20	v1.2	• 表 1 型号对比 和表 2 型号对比： – 修改订购代码 ESP8684-WROOM-02C-H2 为 ESP8684-WROOM-02C-H2X – 修改订购代码 ESP8684-WROOM-02C-H4 为 ESP8684-WROOM-02C-H4X – 修改订购代码 ESP8684-WROOM-02UC-H2 为 ESP8684-WROOM-02UC-H2X – 修改订购代码 ESP8684-WROOM-02UC-H4 为 ESP8684-WROOM-02UC-H4X
2024-12-23	v1.1	• 在章节 1 模组概述 中，将 1.2 描述重命名为 1.2 型号对比 • 在章节 3.1 管脚布局 中，增加对天空净空区的标注 • 优化以下章节的格式、结构和表述： – 章节 4 启动配置项（原为 3.3 *Strapping* 管脚） – 章节 6 电气特性 和 7 射频特性（原为 4 电气特性） – 章节 10 尺寸规格 和 11 *PCB* 布局建议（原为 7 模组尺寸和 *PCB* 封装图形） • 增加章节 5 外设 • 增加章节 11.2 *PCB* 设计中的模组位置摆放
2024-08-16	v1.0	更新以下模组型号，最高环境温度升级到 105 °C： • 移除 ESP8684-WROOM-02C-N2、ESP8684-WROOM-02C-N4、ESP8684-WROOM-02UC-N2 和 ESP8684-WROOM-02UC-N4 • 增加 ESP8684-WROOM-02C-H2、ESP8684-WROOM-02C-H4、ESP8684-WROOM-02UC-H2 和 ESP8684-WROOM-02UC-H4
2024-01-09	v0.7	修改章节 1.1 特性，添加关于通过 Bluetooth 5.3 认证的说明
2023-02-21	v0.6	• 添加 ESP8684-WROOM-02UC 模组信息 • 在表格 3 管脚描述 添加关于低电平毛刺的说明
2022-08-29	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 © 2025 乐鑫信息科技（上海）股份有限公司。保留所有权利。

www.espressif.com