小米智能 WIFI 模组（ESP-WROOM-32D/ESP32-WROOM-32U）规格书

Rev 1.9

ESP-WROOM-32D CMIIT ID: 2017DP6053

ESP32-WROOM-32U CMIIT ID: 2017DP7123(M)

小米通讯技术有限公司
智能家居 MIOT
iot.mi.com

版本更新说明

日期	版本	更新内容
2017-12-28	1.0	初始版本
2017-01-25	1.1	修改模组尺寸图
2018-05-15	1.2	修改 32U 模组尺寸公差
2018-08-07	1.3	修改模组管脚描述部分
2019-01-18	1.4	更新芯片型号
2019-08-07	1.5	修改模组厚度
2019-09-02	1.6	修改个别错误
2020-06-08	1.7	增加上电时序要求
2020-10-28	1.8	增加 CMIIT ID，更新包装规范，增加满足快速上下电的模组底板供电参考设计电路，更新模组设计注意事项。
2021-05-07	1.9	更新芯片型号，更新参考设计电路

保密，未经小米书面允许，不可传播

目录

版本更新说明.....2
1　产品概述 4
1.1 方案概述.....4
1.2 系统硬件优势.....4
2　管脚描述 5
2.1 管脚布局.....5
2.2 管脚定义.....8
2.3 Strapping 管脚 9
3　功能描述 10
3.1 CPU 和内存.....10
3.2 外部 Flash 和 SRAM.....11
3.3 晶体 11
3.4 RTC 和低功耗管理.....11
4　外设接口和传感器 12
5　电气参数 13
5.1 电气特性.....13
5.2 Wi-Fi 射频 13
5.3 低功耗蓝牙射频.....14
5.3.1 接收器.....14
5.3.2 发射器.....14
5.4 回流焊温度曲线.....15
5.5 静电释放电压.....16
6　原理图 16
7　外围设计原理图.....17
8　模组尺寸图 19
9　U.FL 座子尺寸 20
10　包装 21
11　MSL 级别/贮存条件.....21
12　交付清单 21
模组设计注意事项.....22

1　产品概述

1.1 方案概述

ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 是小米通用型 Wi-Fi+BT+BLE MCU 模组，功能强大，用途广泛，可以用于低功耗传感器网络和要求极高的任务，例如语音编码、音频流和 MP3 解码等。两款模组管脚相同。与 ESP-WROOM-32D 不同的是，ESP32-WROOM-32U 集成了一个 U.FL 座子。

表 1-1：ESP-WROOM-32D vs ESP32-WROOM-32U

模组	**ESP-WROOM-32D**	**ESP32-WROOM-32U**
芯片	ESP32-D0WD	ESP32-D0WD
SPI Flash	32 Mbits, 3.3V	32 Mbits, 3.3V
晶振	40 MHz	40 MHz
天线	板载天线	U.FL 座子，需配套 IPEX 天线使用
模组尺寸（单位：mm）	18(±0.2) x 25.5(±0.2)x 3.1(±0.15)（详见图 8-1）	18(±0.2) x 19.2(±0.2) x 3.2(±0.15)（详见图 8-2）
电路原理图	详见图 6-2	详见图 6-1

1.2 系统硬件优势

ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 两款模组的核心是 ESP32-D0WD 芯片，具有可扩展、自适应的特点。时钟频率的调节范围为 80 MHz 到 240 MHz。用户可以切断 CPU 的电源，利用低功耗协处理器来不断地监测外设的状态变化或某些模拟量是否超出阈值。ESP32 还集成了丰富的外设，包括电容式触摸传感器、霍尔传感器、低噪声传感放大器，SD 卡接口、以太网接口、高速 SDIO/SPI、UART、I2S 和 I2C 等。

ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 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 μA，使其适用于电池供电的可穿戴电子设备。ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 支持的数据传输速率高达 150 Mbps，经过功率放大器和天线后，输出功率可达到 20.5 dBm，可实现最大范围的无线通信。因此，这款芯片拥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最佳。

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，开发者可以在产品发布之后继续升级。

表 1 列出了 ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 的产品规格。

支持模组功能定制化服务，以及出厂参数预置设置，和具有全面的软件开发平台和测试工具；通过各种相关认证测试。

表 1-2：产品规格

ESP-WROOM-32D & ESP32-WROOM-32U 产品规格		
类别	**项目**	**产品规格**
Wi-Fi	协议	802.11 b/g/n/e/i（802.11n，速度高达 150 Mbps）
		A-MPDU 和 A-MSDU 聚合，支持 0.4 µs 保护间隔
	频率范围	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
蓝牙	协议	符合蓝牙 v4.2 BR/EDR 和 BLE 标准
	射频	具有-97dBm 灵敏度的 NZIF 接收器
		Class-1, Class-2 和 Class-3 发射器
		AFH
	音频	CVSD 和 SBC 音频
硬件	模组接口	SD 卡、UART、SPI、SDIO、I2C、LED PWM、电机 PWM、I2S、IR
		GPIO、电容式触摸传感器、ADC、DAC、LNA 前置放大器
	片上传感器	霍尔传感器、温度传感器
	板上时钟	40 MHz 晶振
	工作电压/供电电压	2.7V ~ 3.6V
	工作电流	平均：80 mA
	供电电流	最小：500 mA
	工作温度范围	-40°C ~ +85°C
	环境温度范围	正常温度
软件	Wi-Fi 模式	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P
	Wi-Fi 安全机制	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
	加密类型	AES/RSA/ECC/SHA
	固件升级	UART 下载/OTA（通过网络或主机下载和写固件）
	软件开发	支持云服务器开发/SDK 用于用户固件开发
	网络协议	IPv4、IPv6、SSL、TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
	用户配置	AT+指令集、云端服务器、安卓/iOS app

2 管脚描述

2.1 管脚布局

ESP-WROOM-32D 贴片式模组的管脚分布如图 2-1 所示：

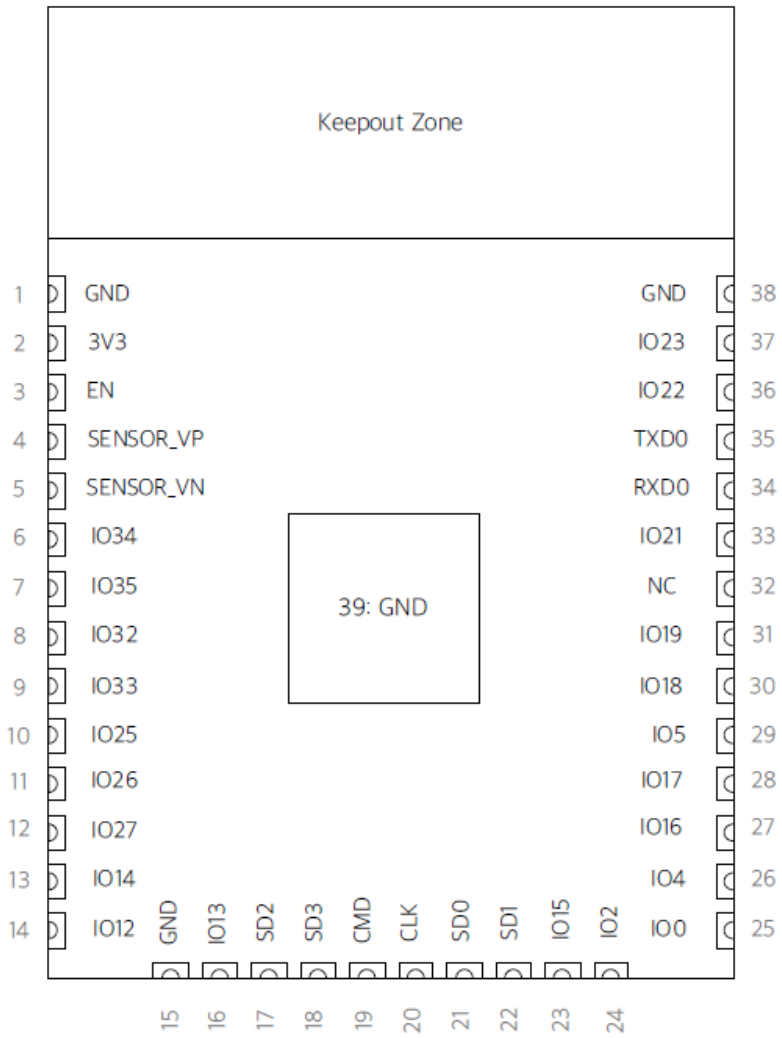


图 2-1. ESP-WROOM-32D 模组管脚分布

说明：ESP32-WROOM-32U 和 ESP-WROOM-32D 管脚布局相同，但没有图中 PCB ANTENNA 区域。

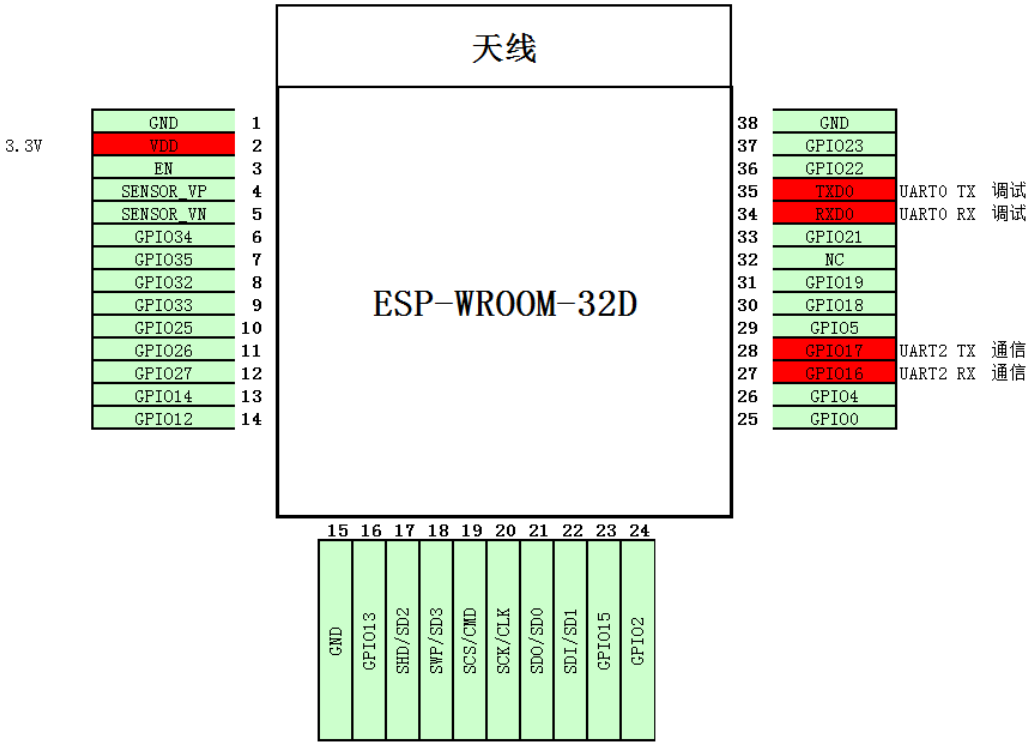


图 2-2.ESP-WROOM-32D 管脚定义说明

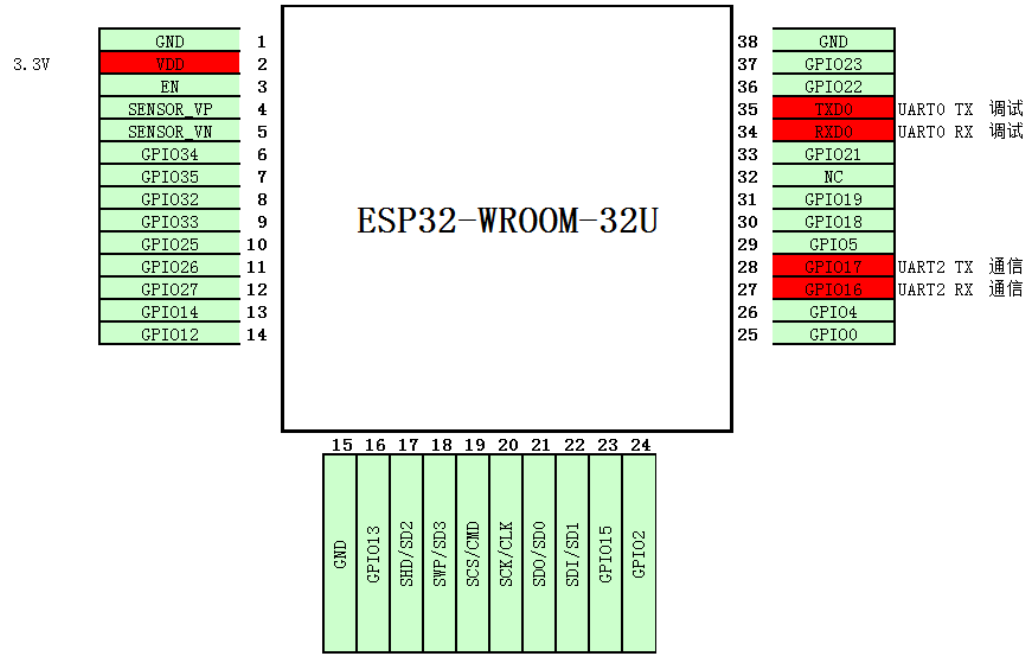


图 2-3. ESP32-WROOM-32U 管脚定义说明

2.2 管脚定义

ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 共接出 38 个管脚，管脚定义见表 2-1：

表 2-1：管脚定义

ESP-WROOM-32D & ESP32-WROOM-32U 管脚定义			
名称	序号	类型	功能
GND	1	P	Ground
3V3	2	P	Power supply.
EN	3	I	Chip-enable signal. Active high.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, SENSOR_VP, ADC_H, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, SENSOR_VN, ADC1_CH3, ADC_H, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12,ADC2_CH5,TOUCH5,RTC_GPIO15,MTDI,HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	Ground
IO13	16	I/O	GPIO13,ADC2_CH4,TOUCH4,RTC_GPIO14,MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SCK/CLK*	20	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDI/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3

保密，未经小米书面允许，不可传播

IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0,ADC2_CH1,TOUCH1,RTC_GPIO11,CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TXD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO23	37	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	Ground

说明：

- 管脚 SCK/CLK，SDO/SD0，SDI/SD1，SHD/SD2，SWP/SD3，和 SCS/CMD，即 GPIO6 至 GPIO11 用于连接模组上集成的 SPI Flash，不建议用于其他功能；
- GPIO_0 启动瞬间不要拉低，否则会进入 download 模式；
- GPIO_25 工厂测试管脚，悬空或者上拉处理，建议不使用；
- 同时有 GPIO 和 RTC_GPIO 功能的 PAD 的上下拉寄存器，都使用 RTC_GPIO 的寄存器。

2.3 Strapping 管脚

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

- MTDI
- GPIO0
- GPIO2
- MTDO
- GPIO5

软件可以读取寄存器“GPIO_STRAPPING”中这 5 个位的值。

在芯片的系统复位（上电复位、RTC 看门狗复位、欠压复位）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。锁存器中 Strapping 比特的值用于配置设备的启动模式，VDD_SDIO 工作电压和其他的系统初始设置。

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 比特的值，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 上电复位时的 Strapping 管脚电平。复位后，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 2-2：

表 2-2：Strapping 管脚配置说明

内置 LDO（VDD_SDIO）电压					
管脚	默认	3.3V		1.8V	
GPIO_12	下拉	0		1	
系统启动模式					
管脚	默认	SPI FLASH 启动模式		下载启动模式	
GPIO_0	上拉	1		0	
GPIO_2	下拉	无关项		0	
系统启动过程中，U0TXD 输出 log 打印信息					
管脚	默认	U0TXD		U0TXD	
GPIO_15	上拉	1		0	
SDIO 从机信号输入输出时序					
管脚	默认	下降沿输入 下降沿输出	下降沿输入 上升沿输出	上升沿输入 下降沿输出	上升沿输入 上升沿输出
GPIO_15	上拉	0	0	1	1
GPIO_5	上拉	0	1	0	1

说明：

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

3　功能描述

本章描述了 ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 的各个模块和功能。

3.1 CPU 和内存

ESP32-D0WD 内置单核低功耗 Xtensa® 32-bit LX6 MCU。片上存储包括：

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

程序，这些程序包括 Flash 加密和芯片 ID。

3.2 外部 Flash 和 SRAM

ESP32 最多支持 4 个 16 MB 的外部 QSPI Flash 和静态随机存储器 (SRAM)，具有基于 AES 的硬件加密功能，从而保护用户的程序和数据。

- ESP32 通过高速缓存访问外部 QSPI Flash 和 SRAM。高达 16 MB 的外部 Flash 映射到 CPU 代码空间，支持 8-bit、16-bit 和 32-bit 访问，并可执行代码。
- 高达 8 MB 的外部 Flash 和 SRAM 映射到 CPU 数据空间，支持 8-bit、16-bit 和 32-bit 访问。Flash 仅支持读操作，SRAM 可支持读写操作。
- ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 集成了 4 MB 的 SPI Flash，可以映射到 CPU 代码空间，支持 8-bit、 16-bit 和 32-bit 访问，并可执行代码。ESP32 的管脚 GPIO6，GPIO7，GPIO8，GPIO9，GPIO10 和 GPIO11 用于连接模组集成的 SPI Flash，不建议用于其他功能。

3.3 晶体

目前 ESP32 Wi-Fi/BT 固件只支持 40MHz 晶振。

3.4 RTC 和低功耗管理

ESP32 采用了先进的电源管理技术，可以在不同的省电模式之间切换。（参见表 3-1）。

- 省电模式
  - ✧ Active 模式：芯片射频处于工作状态。芯片可以接收、发射和侦听信号。
  - ✧ Modem-sleep 模式：CPU 可运行，时钟可被配置。Wi-Fi/蓝牙基带和射频关闭。
  - ✧ Light-sleep 模式：CPU 暂停运行。RTC 存储器和外设以及 ULP 协处理器运行。任何唤醒事件（MAC、主机、RTC 定时器或外部中断）都会唤醒芯片。
  - ✧ Deep-sleep 模式：只有 RTC 存储器和外设处于工作状态。Wi-Fi 和蓝牙连接数据存储在 RTC 中。ULP 协处理器可以工作。
  - ✧ Hibernation 模式：内置的 8 MHz 振荡器和 ULP 协处理器均被禁用。RTC 内存恢复电源被切断。只有 1 个位于慢时钟上的 RTC 时钟定时器和某些 RTC GPIO 在工作。RTC 时钟定时器或 RTC GPIO 可以将芯片从 Hibernation 模式中唤醒。
- 睡眠方式
  - ✧ 关联睡眠方式：省电模式在 Active、Modem-sleep、Light-sleep 模式之间切换。CPU、Wi-Fi、蓝牙和射频按照预设的时间间隔被唤醒，以保证 Wi-Fi/蓝牙的连接。
  - ✧ 超低功耗传感器监测方式：主系统处于 Deep-sleep 模式，ULP 协处理器定期被开启或关闭来测量传感器数据。根据传感器测量到的数据，ULP 协处理器决定是否唤醒主系统。

表 3-1 : 不同功耗模式下的功能

功耗模式	Active	Modem-sleep	Light-sleep	Deep-sleep	Hibernation

睡眠方式	关联睡眠方式			超低功耗 传感器监测方式	-
CPU	开启	开启	暂停	关闭	关闭
Wi-Fi/蓝牙基带和射频	开启	关闭	关闭	关闭	关闭
RTC 存储器和外设	开启	开启	开启	开启	关闭
ULP 协处理器	开启	开启	开启	开启/关闭	关闭

功耗随省电模式/睡眠方式以及功能模块的工作状态而改变。

表 3-2

省电模式	描述	功耗
Active（射频工作）	Wi-Fi Tx packet 14 dBm ~ 19.5 dBm	《*ESP32* 技术规格书》
	Wi-Fi/BT Tx packet 0 dBm	
	Wi-Fi/BT Rx 和侦听	
Modem-sleep	CPU 处于工作状态	最大速度（240 MHz）：30 mA ~ 50 mA
		正常速度（80 MHz）：20 mA ~ 25 mA
		慢速（2 MHz）：2 mA ~ 4 mA
Light-sleep	-	0.8 mA
Deep-sleep	ULP 协处理器处于工作状态	150 µA
	超低功耗传感器监测方式	100 µA @1% duty
	RTC 定时器 +RTC 存储器	10 µA
Hibernation	仅有 RTC 定时器处于工作状态	5 µA
关闭	CHIP_PU 脚拉低，芯片处于关闭状态	0.1 µA

说明：

- 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 I2C。
- 当系统处于超低功耗传感器监测模式时，ULP 协处理器和传感器周期性工作，ADC 以 1%占空比工作，系统功耗典型值为 100 µA。

4　外设接口和传感器

详见《ESP32 技术规格书》中外设接口和传感器章节。

说明：

- 用户应注意，模组上 ESP32 芯片的一些管脚已用于连接 flash 或 PSRAM 等外围器件，不建议另作他用，详见原理图。
- 电机 PWM、LED PWM、UART、I2C、I2S、通用 SPI 和红外遥控器的功能可以通过 IO_MUX 交换矩阵配置到可用管脚。

5 电气参数

说明：如无特殊说明，测试条件为：VDD=3.3V，温度为 25℃。

5.1 电气特性

表 5-1：极限参数

参数	名称	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压	VDD	2.7	3.3	3.6	V
供电电流	IV DD	0.5	-	-	A
输入逻辑电平低	VIL	-0.3	-	0.25×VIO 1	V
输入逻辑电平高	VIH	0.75×VIO 1	-	VIO 1+0.3	V
输入漏电流	IIL	-	-	50	nA
输入引脚电容	Cpad	-	-	2	pF
输出逻辑电平低	VOL	-	-	0.1×VIO 1	V
输出逻辑电平高	VOH	0.8×VIO 1	-	-	V
输出最大驱动能力	IMAX	-	-	40	mA
存储温度范围	TST R	-40	-	85	°C
工作温度范围	TOP R	-40	-	85	°C

说明：

- VIO 为 pad 的供电电源，具体请参考《ESP32 技术规格书》中附录 IO_MUX，如 SD_CLK 的供电电源为 VDD_SDIO。

5.2 Wi-Fi 射频

表 5-2：Wi-Fi 射频特性

参数	最小值	典型值	最大值	单位
输入频率	2412	-	2484	MHz
输出阻抗 *	-	*	-	Ω
输入反射	-	-	-10	dB
输出功率				
72.2 Mbps PA 输出功率	13	14	15	dBm
11b 模式下 PA 输出功率	19.5	20	20.5	dBm
灵敏度				
DSSS，1 Mbps	-	-98	-	dBm
CCK，11 Mbps	-	-91	-	dBm
OFDM，6 Mbps	-	-93	-	dBm
OFDM，54 Mbps	-	-75	-	dBm
HT20，MCS0	-	-93	-	dBm

HT20，MCS7	-	-73	-	dBm
HT40，MCS0	-	-90	-	dBm
HT40，MCS7	-	-70	-	dBm
MCS32	-	-89	-	dBm
邻道抑制				
OFDM，6 Mbps	-	37	-	dB
OFDM，54 Mbps	-	21	-	dB
HT20，MCS0	-	37	-	dB
HT20，MCS7	-	20	-	dB

说明：使用 IPEX 天线的模组，输出阻抗为 50Ω。

5.3 低功耗蓝牙射频

5.3.1 接收器

表 5-3：低功耗蓝牙接收特性

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度@30.8% PER	-	-	-97	-	dBm
最大接收信号@30.8%	-	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
带外数据带阻	30 MHz ~ 2000 MHz	-10	-	-	dBm
	2000 MHz ~ 2400 MHz	-27	-	-	dBm
	2500 MHz ~ 3000 MHz	-27	-	-	dBm
	3000 MHz ~ 12.5 GHz	-10	-	-	dBm
互调	-	-36	-	-	dBm

5.3.2 发射器

表 5-4：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	-	+12	dBm

邻道发射功率	F = F0 + 1 MHz	-	-14.6	-	dBm
	F = F0 - 1 MHz	-	-12.7	-	dBm
	F = F0 + 2 MHz	-	-44.3	-	dBm
	F = F0 - 2 MHz	-	-38.7	-	dBm
	F = F0 + 3 MHz	-	-49.2	-	dBm
	F = F0 - 3 MHz	-	-44.7	-	dBm
	F = F0 + > 3 MHz	-	-50	-	dBm
	F = F0 - > 3 MHz	-	-50	-	dBm
Δ f 1avg	-	-	-	265	kHz
Δ f 2max	-	247	-	-	kHz
Δ f 2avg/Δ f 1avg	-	-	-0.92	-	-
ICFT	-	-	-10	-	kHz
漂移速率	-	-	0.7	-	kHz/5
偏移	-	-	2	-	kHz

5.4 回流焊温度曲线

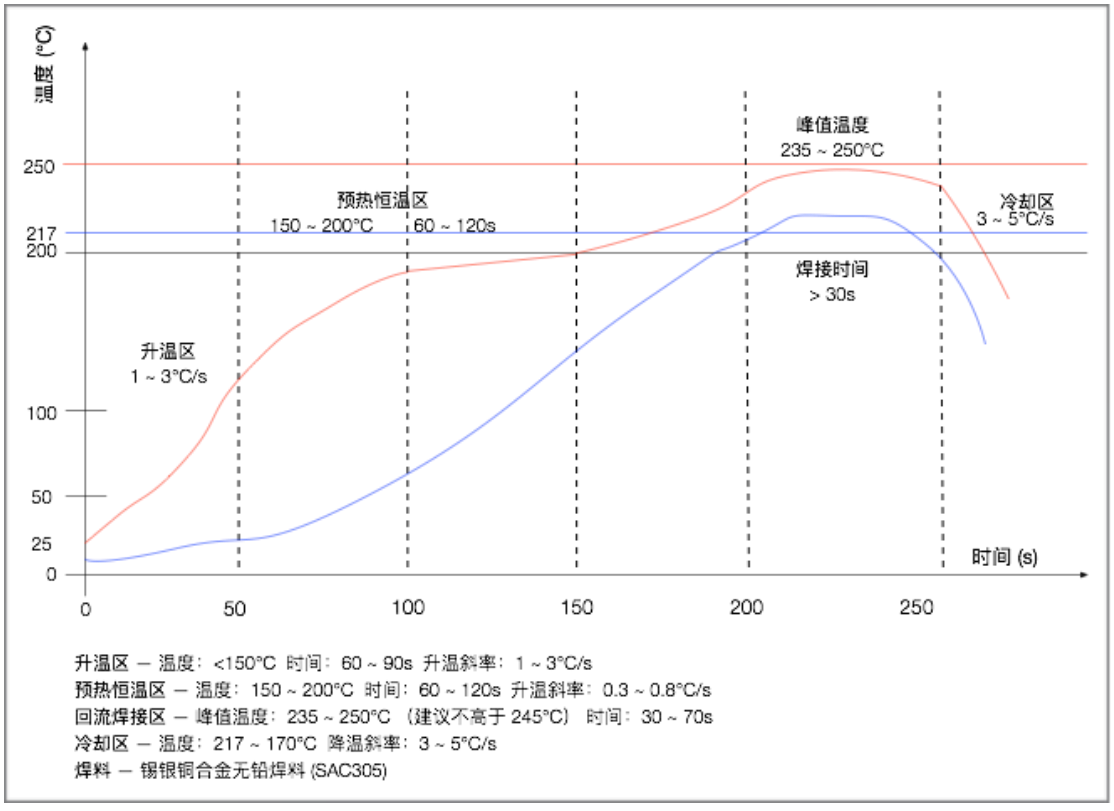


图 5-1. ESP-WROOM-32D/ESP32-WROOM-32U 回流焊温度曲线图

焊接说明：在双面 SMT 时，T 面（top side）元器件第一次回流后，需要将电路板翻转，进行另一面的回流焊接，在第二次回流时，原已焊好的 T 面元器件会被锡膏的表面张力所固定，防止元器件在重力的作用下掉件。

母板设计阴阳板拼板过炉（炉温 240-260°）验证无不良，为保证其稳定性，建议点胶。

5.5 静电释放电压

表 5-5：静电释放参数					
名称	符号	参照	等级	最大值	单位
静电释放电压（人体模型）	VESD (HBM)	温度：23 ± 5℃ 遵守 IEC 61000-4-2:2008	2	±2000	V

6 原理图

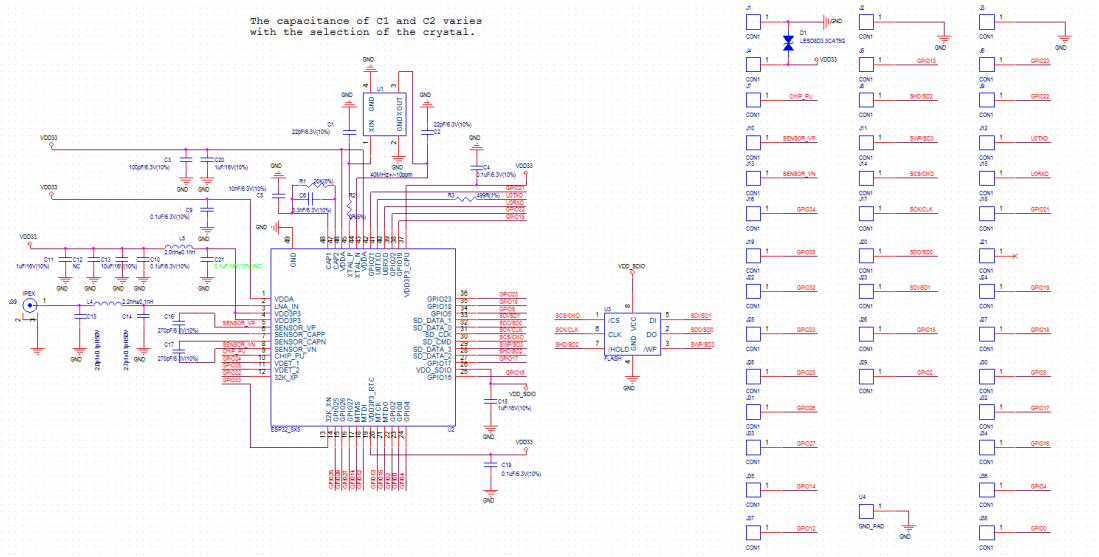


图 6-1. ESP32-WROOM-32U 模组原理图

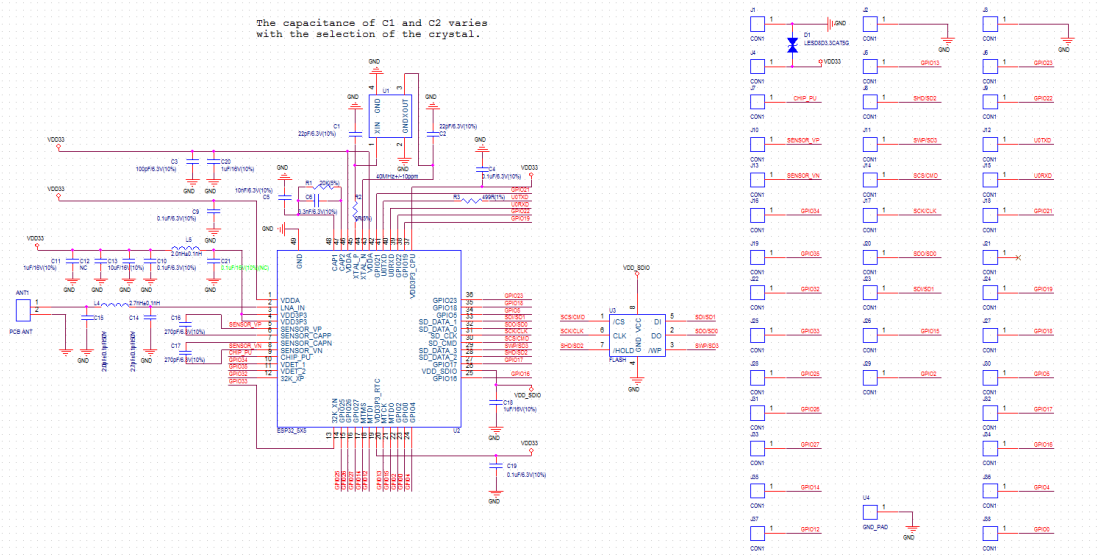


图 6-2. ESP-WROOM-32D 模组原理图

7 外围设计原理图

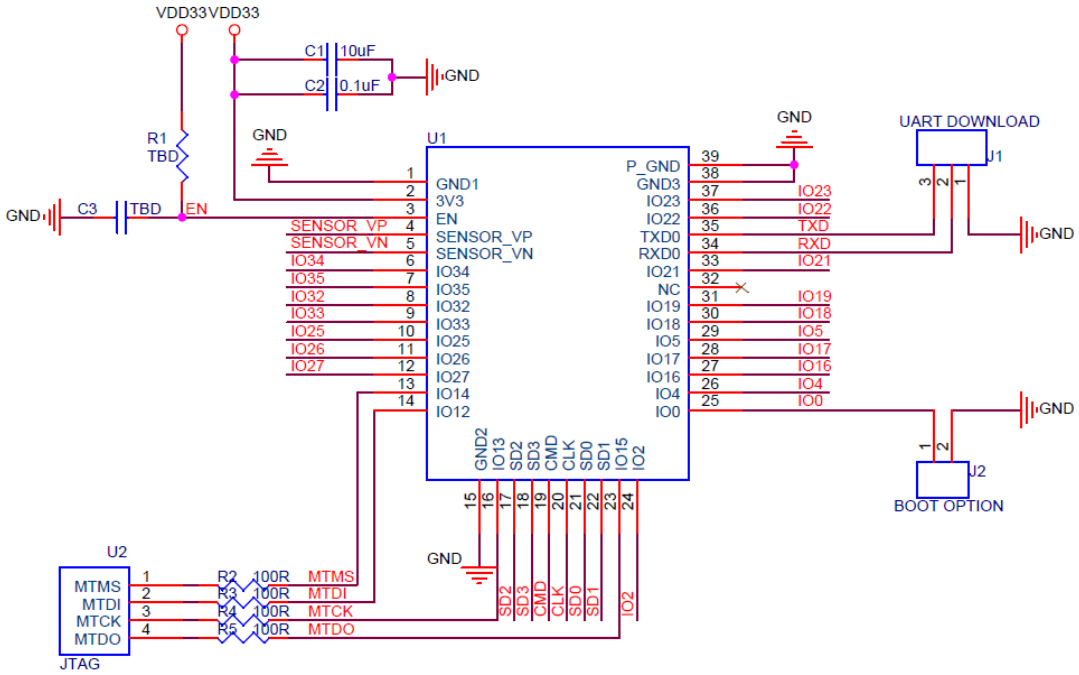
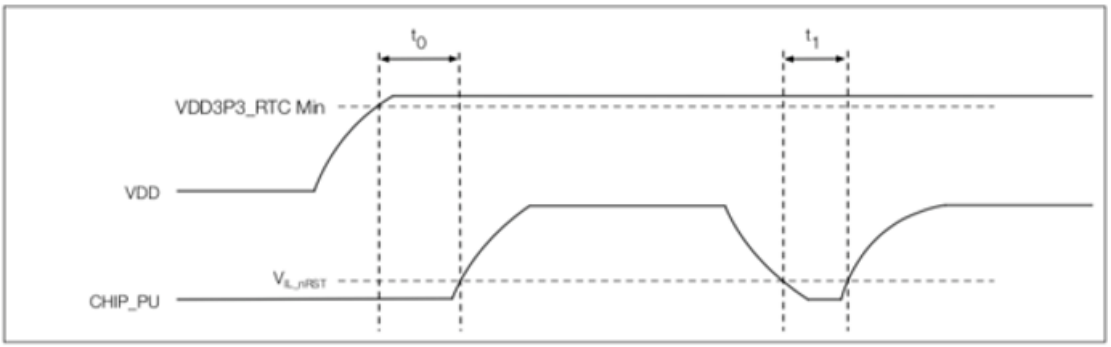


图 7-1. ESP-WROOM-32D/ESP32-WROOM-32U 模组外围设计原理图

说明：

- MTDI 应保持低电平。
- ESP-WROOM-32D 和 ESP32-WROOM-32U 的管脚 39 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 kΩ，C = 1μF，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。
- VDD33 和 EN 脚的上电时序需满足以下要求：



参数	说明	最小值	单位
t_0	CHIP_PU 管脚上电晚于系统电源 3.3 V 上电的延时时间	50	μs
t_1	CHIP_PU 电平低于 V_{IL_nRST}（其值可在表 13 直流电气特性中查看）的时间	50	μs

图 7-2. ESP32 上电时序要求

VIL_nRST = 0.6v，建议 VDD3P3_RTC Min 能到达 3.0v 会比较安全。

- 满足快速上下电的模组底板供电参考设计电路：

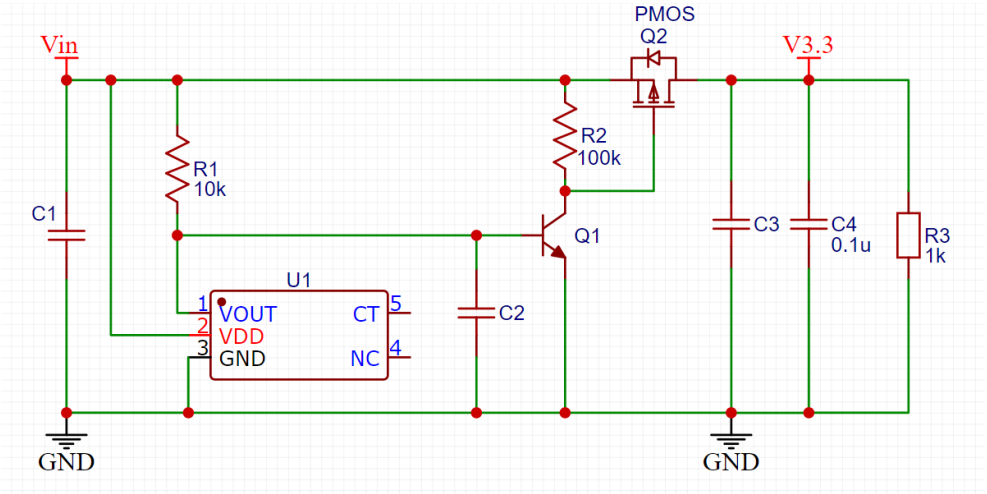


图 7-3. 满足快速上下电模组底板供电参考设计电路

原理简介：

U1 为电源监测芯片，当检测到 Vin 电压低于 2.7V 时，VOUT 输出低电平，三极管 Q1 关断，MOS 管 Q2 关断，此时模组供电 3.3V 与前级供电电路断开，通过负载 R3 和自身功耗迅速泄放电容的储能电荷。

备注：VIN 接 AC-DC 转换之后的输出，V3.3 为模组电源输入。其中电压监测芯片可根据不同需求选择不同的阈值，其他器件也可根据实际情况灵活选型。示例中选取的为 2.7V 电压监测芯片。

8 模组尺寸图

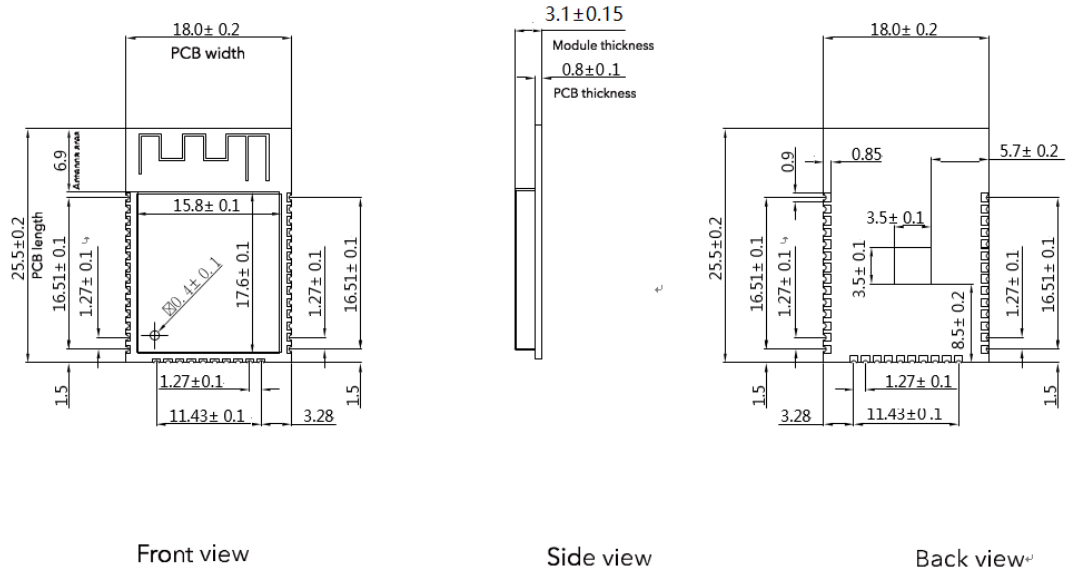


图 8-1. ESP-WROOM-32D 模组尺寸图

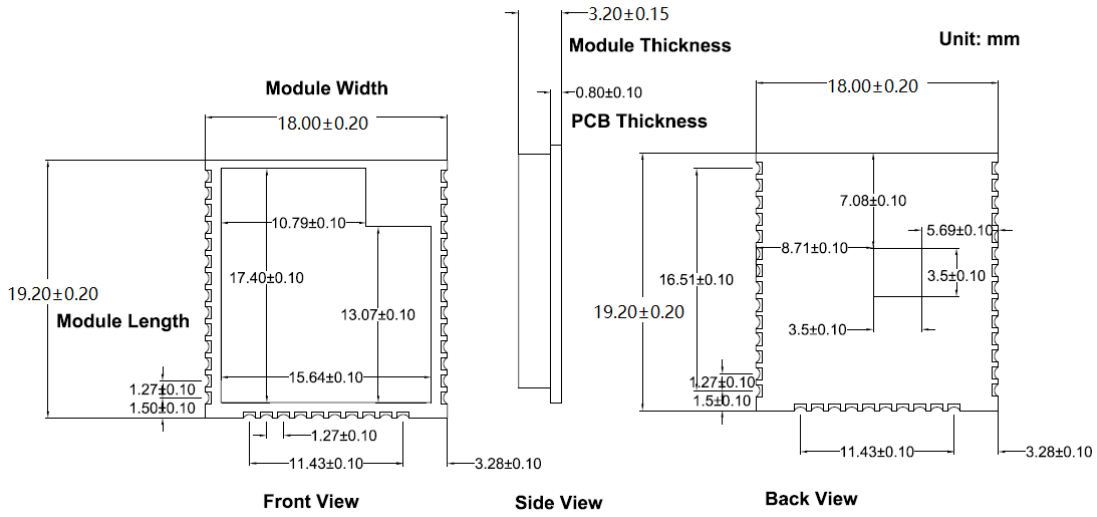


图 8-2. ESP32-WROOM-32U 模组尺寸图

9　U.FL 座子尺寸

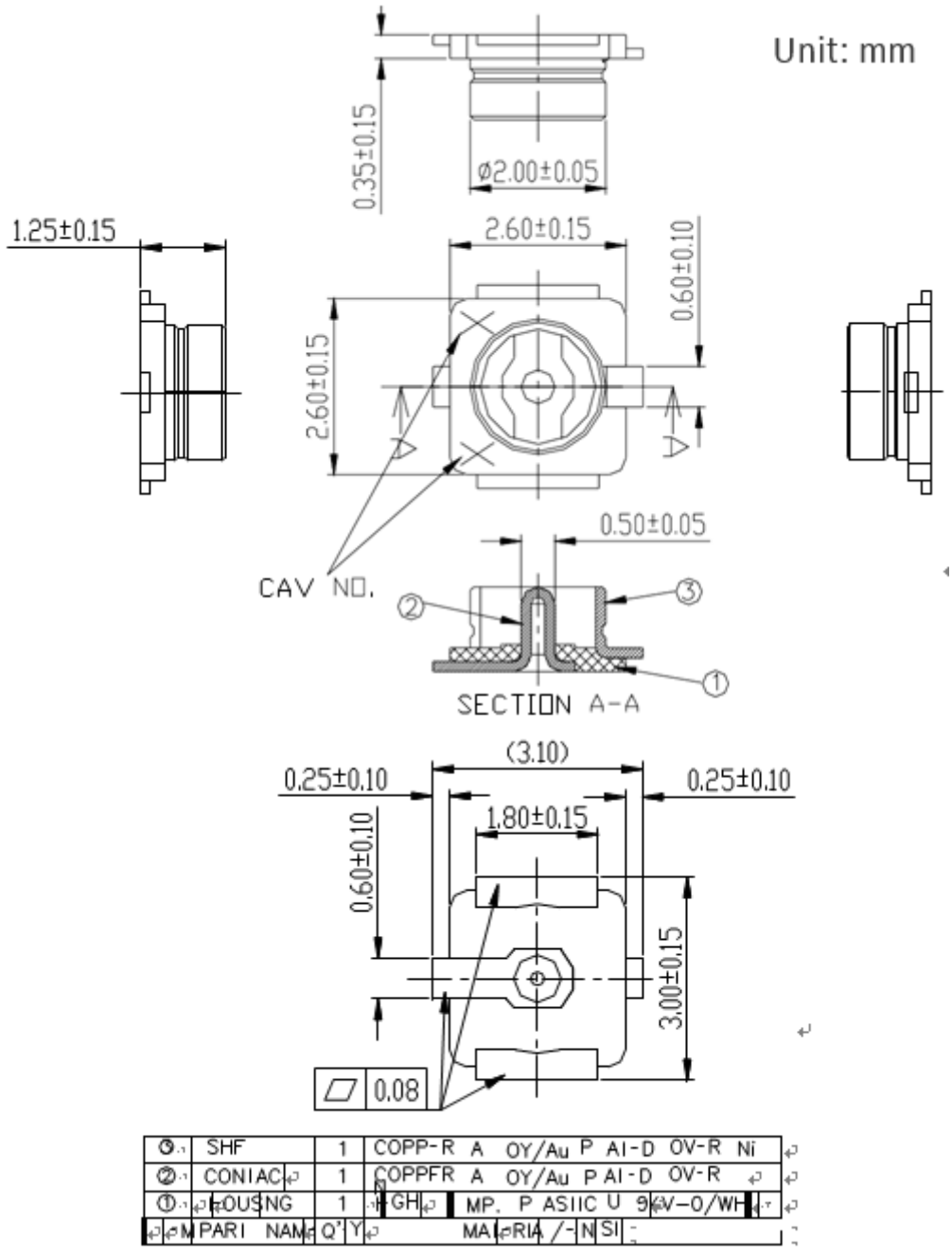


图 9-1. ESP32-WROOM-32U 模组 U.FL 座子尺寸图

10　包装

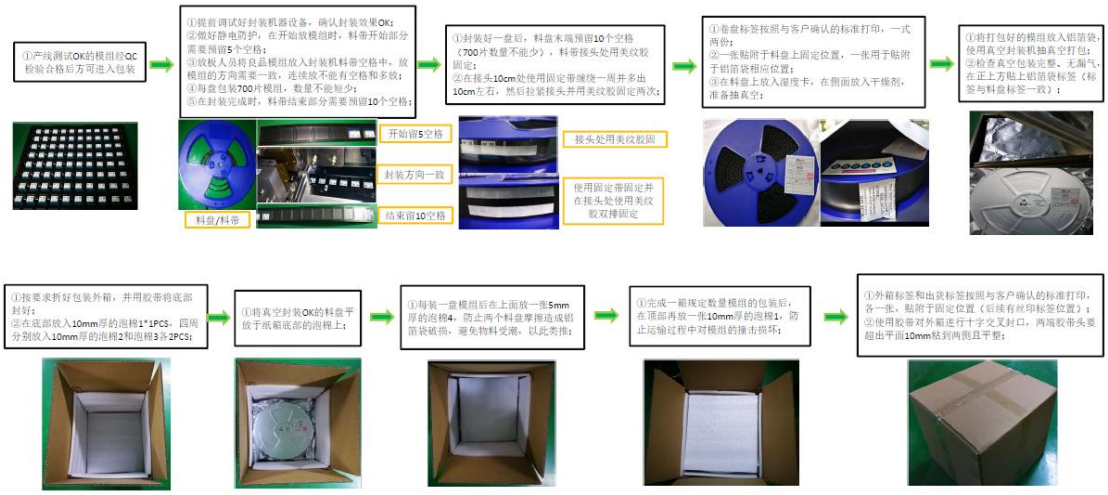


图 10-1. 包装流程图

11　MSL 级别/贮存条件

- MSL 级别：3 级-小于或等于 30°C/60% RH 168 小时车间寿命。
- 贮存条件：产品在运输过程中应小心轻放，不能相互挤压，避免受到冲击，强烈振动。贮存环境应保持通风干燥，环境温度宜在 5°C～35°C 之间，并不应与能产生腐蚀性气体的物品存放在一起。

12　交付清单

- 包装齐全
- 评估工具（SPI/UART/JTAG 接口）
- 软件支持客户集成，性能测试认证
- 单元测试/资格报告
- 产品规格
- 标识齐全，清晰，例如生产序列号、MAC 等
- 机构认证报告

模组设计注意事项

- 模组天线部分布局，参见《xiaomi 模组选用与应用环境建议》；
- 模组建议放在底板角落处，并且天线朝外，天线需远离金属器件、传感器、传输高频信号的器件及高频信号走线；从位置上增加距离使得干扰源能量随距离的增加而衰减，继而减小噪声的耦合，提高天线的整体性能；
- 禁止任何物体与天线产生干涉；
- 模组供电的电源芯片的选型，建议输出电流至少500mA；
- 模组供电建议独立电源供电；
- 模组电源通过大小滤波电容组合方式（如 10uF、1uF、0.1uF、1000pF、10pF 组合），对高、中、低频底噪进行滤波；滤波电容靠近模组供电电源脚放置；
- 模组与 CPU 之间通过 SDIO 和 UART 进行通信时，最好在信号线上串联一个 200 欧姆电阻（阻值可以根据实际需要调整），减小驱动电流，减小干扰，同时也可以消除走线长度不一致引起的时序问题，信号脚预留并联小电容位（如 10pF）；
- 尽量将 3.3V 的回流地与模组下方的地实现一定距离的物理隔离，减小 3.3V 电源噪声耦合到模组下方 GND 的机会；
- PCB 上板边、模组的地、3.3V 周围的地尽量多加过孔，缩短电源回流路径，让噪声具备较好的泄放路径；
- 模组所有需要供电的电源接口及上拉电源，请使用同一个电源网络，保证模组电源接口上电时序一致；
- 给模组供电电源纹波要求：发送 11n MSC7 的包时，电源纹波必须小于 100mV；发送 11b/11m 的包时，电源纹波必须小于 120mV；
- 模组周围及下方避免走高速信号，如果避开不了，建议严格按照高频信号处理规则走线，尽量做到对高速信号进行包地处理，牵扯到 data 或 addr 线时成组进行包地处理；
- 如果在系统设计时牵扯到电机等高功率器件，则务必要把模组的电路返回路径（GND）与其它高功率器件的返回路径（GND）分离开来，通过导线把 2 个返回路径（GND）连接起来；
- 模组选型时，尽量不使用 PCB 板载天线，因为 PCB 板载天线受到的干扰比较大，容易把干扰源耦合进来影响天线的性能，最好使用外置天线，可以通过电缆线引出 PCB 板，这样板子上高频干扰信号对模组的天线性能的影响会减弱；
- 建议产品设计完成后，对整机天线性能根据产品定义进行测试，确认天线性能是否符合整机要求；
- 模组参考设计电路，请参考模组原理图。

保密，未经小米书面允许，不可传播