

ESP32-DU1906

技术规格书



预发版本 0.1
乐鑫信息科技
版权 © 2021

关于本文档

本文档为用户提供 ESP32-DU1906 的技术规格信息。

文档版本

请至乐鑫官网 <https://www.espressif.com/zh-hans/support/download/documents> 下载最新本本文档。

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 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 下载产品证书。

1 产品概述

1.1 特性

MCU

- 内置 ESP32-D0WD-V3 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

DSP

- 基于 HiFi 4 的双核音频处理器，最高运行频率 300 MHz
- 高精度的定点、浮点运算单元，高效的指令集和 7 级流水架构
- 2.75 MB 片上静态存储内存

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 μ 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 LE 标准
- 灵敏度高达 -94 dBm 的 NZIF 接收器

- Class-1、class-2 和 class-3 发射器
- AFH
- CVSD 和 SBC/SMBC 音频

硬件

- 模组接口：
ESP32: SD 卡、UART、SPI、SDIO、I2C、LED PWM、电机 PWM、I2S、IR 脉冲计数器、GPIO、电容式触摸传感器、ADC、DAC
DSP: PDM、I2S、TDM、I2C 从机、UART、GPIO 等
- 40 MHz 晶振、24.576 MHz 晶振
- 16 MB SPI flash
- 8 MB PSRAM
- 工作电压/供电电压：3.1 ~ 3.5 V、1.06 ~ 1.21 V
- 建议工作温度范围：-20 ~ 85 °C
- 封装尺寸：见表 1

认证

- 蓝牙认证：BQB
- RF 认证：SRRC
- 环保认证：RoHS、REACH

测试

- 可靠性：HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD

1.2 描述

ESP32-DU1906 是一款集 Wi-Fi+BT+BLE 射频以及音频语音处理的 AI 模组，功能强大、用途广泛，提供业内先进的端到端语音解决方案，以及高效率的一体化 AI 服务能力，同时提供端云一体的设备级 AIoT 平台，大大降低物联网 AI 接入门槛。

ESP32-DU1906 采用 PCB 板载天线，并配置了 16 MB SPI flash 和 8 MB SPI PSRAM。

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-DU1906	ESP32-D0WD-V3, DU1906	16 MB ¹	8 MB	(22.00±0.15)×(42.00±0.15)×(3.50±0.15)
说明: 具体订购信息请参考文档 《乐鑫产品订购信息》 。				

ESP32-DU1906 采用的核心 MCU 是乐鑫 ESP32-D0WD-V3 芯片*。ESP32-D0WD-V3 芯片集成了传统蓝牙、低功耗蓝牙和 Wi-Fi 于一体，应用领域非常广泛；超低功耗，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；还支持丰富的外设接口，例如红外、SD 卡、PWM 灯控、LCD 屏幕等，使其非常适用于智慧电子类产品。

ESP32-DU1906 采用的前端语音处理芯片是由百度推出的语音处理旗舰芯片 DU1906。DU1906 芯片是基于 HIFI4 的双核音频处理器，最高运行频率 300 MHz，内部集成高精度的定点、浮点运算单元，高效的指令集和 7 级流水架构，充分发挥音频处理效率。芯片内部集成多达 2.75 MB 的片上静态存储内存，通过 AHB 连接到音频处理器与外部高速调试接口；扩展增强型外设连接到 APB 总线，双核通过 AXI 总线桥与 APB 总线组成高速进行通讯管道，有利于双核的高效运行；内存模块对于双核属于共享内存，分配需要运行软件决定。

DU1906 芯片的核心竞争优势在于以软件来定义芯片。芯片采用完全契合语音 AI 算法需求的内存结构设计，分级的内存加载策略、依据 AI 算法调教的 cache 设计和灵活的双核通信机制，最终实现了深度学习计算过程和数据加载的高度并行；芯片语音子系统和系统内存分离，低功耗过程中总线不访问，达到业内 DSP 极低功耗水平；算法集成度高，一颗芯片同时解决了远场阵列信号实时处理和超低误报高精度语音唤醒实时监听的产业需求。

因此，这款模组具有行业领先的技术规格，其高集成、高性能、低功耗的特点在 AIoT 产品领域有着相当大的竞争力。

说明:

* 更多有关 ESP32 芯片的信息，请参考 [《ESP32 技术规格书》](#)。

1.3 应用

- 智能音箱
- 语音故事机
- 电视语音盒子
- 语音台灯
- 智能遥控
- Mesh 网关
- 智能家居控制器
- 智慧楼宇
- 工业自动化
- 智慧农业
- 健康/医疗/看护
- 智能玩具
- 零售 & 餐饮
- 智能机器人

目录

1	产品概述	3
1.1	特性	3
1.2	描述	4
1.3	应用	5
2	功能块图	10
3	管脚定义	11
3.1	管脚布局	11
3.2	管脚描述	12
3.3	Strapping 管脚	13
4	电气特性	15
4.1	绝对最大额定值	15
4.2	建议工作条件	15
4.3	直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	15
4.4	功耗特性	16
4.4.1	ESP32 功耗特性	16
4.4.2	射频功耗特性	16
4.4.3	DSP 功耗特性	17
4.5	Wi-Fi 射频	17
4.5.1	Wi-Fi 射频特性	17
4.5.2	发射器性能规格	17
4.5.3	接收器性能规格	18
4.6	蓝牙射频	19
4.6.1	接收器 - 基础数据率 (BR)	19
4.6.2	发射器 - 基础数据率 (BR)	19
4.6.3	接收器 - 增强数据率 (EDR)	20
4.6.4	发射器 - 增强数据率 (EDR)	20
4.7	低功耗蓝牙射频	21
4.7.1	接收器	21
4.7.2	发射器	22
5	原理图	23
6	外围设计原理图	25
7	模组尺寸和 PCB 布局	27
7.1	模组尺寸	27
7.2	PCB 封装布局	28
7.2.1	PCB 封装	28
7.2.2	PCB 布局	28

8	产品处理	30
8.1	存储条件	30
8.2	ESD	30
8.3	回流焊温度曲线	30
9	MAC 地址和 eFuse	31
10	学习资源	32
10.1	必读资料	32
10.2	必备资源	32
	修订历史	33

表格

1	模组订购信息	4
2	管脚定义	12
3	Strapping 管脚	14
4	绝对最大额定值	15
5	建议工作条件	15
6	直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	15
7	DSP 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	16
8	射频功耗	16
9	DSP 功耗特性	17
10	Wi-Fi 射频特性	17
11	发射器性能规格	18
12	接收器性能规格	18
13	接收器特性 - 基础数据率 (BR)	19
14	发射器特性 - 基础数据率 (BR)	20
15	接收器特性 - 增强数据率 (EDR)	20
16	发射器特性 - 增强数据率 (EDR)	21
17	接收器特性 - 低功耗蓝牙 (BLE)	21
18	发射器特性 - 低功耗蓝牙 (BLE)	22

插图

1	ESP32-DU1906 模组功能块图	10
2	模组管脚布局（顶视图）	11
3	ESP32-DU1906 模组原理图 (1)	23
4	ESP32-DU1906 模组原理图 (2)	24
5	外围设计原理图	25
6	模组外围设计模块示意图	26
7	ESP32-DU1906 模组尺寸	27
8	ESP32-DU1906 PCB 封装图形	28
9	模组在底板上的位置示意图	29
10	天线区域净空示意图	29
11	回流焊温度曲线	30

2 功能块图

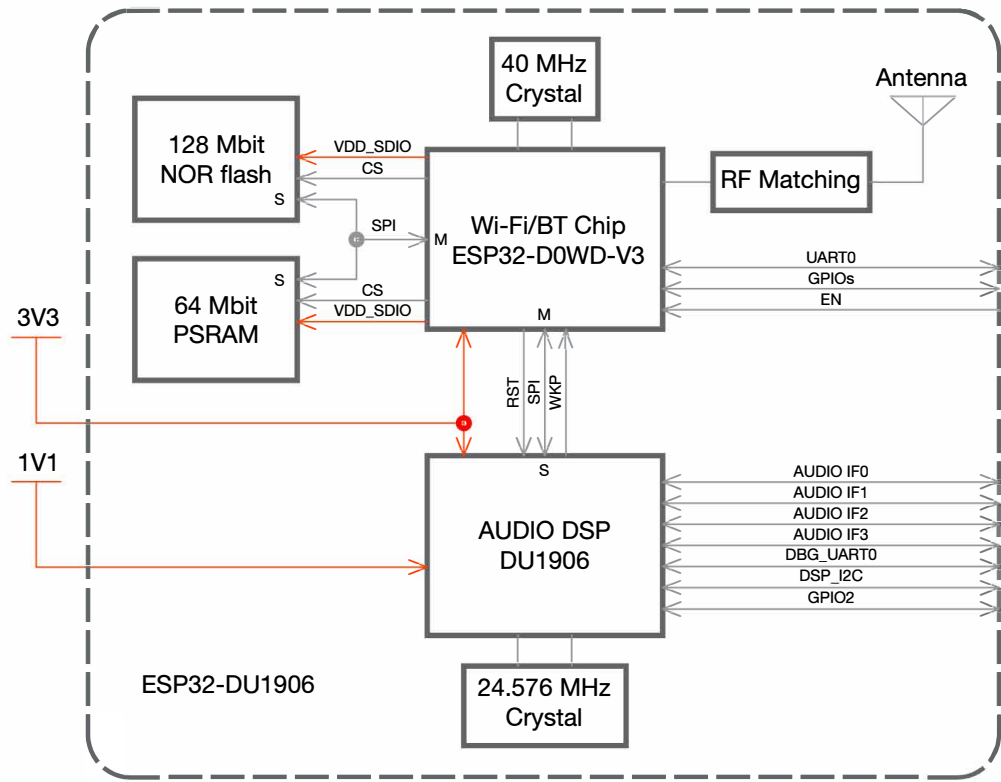


图 1: ESP32-DU1906 模组功能块图

3 管脚定义

3.1 管脚布局

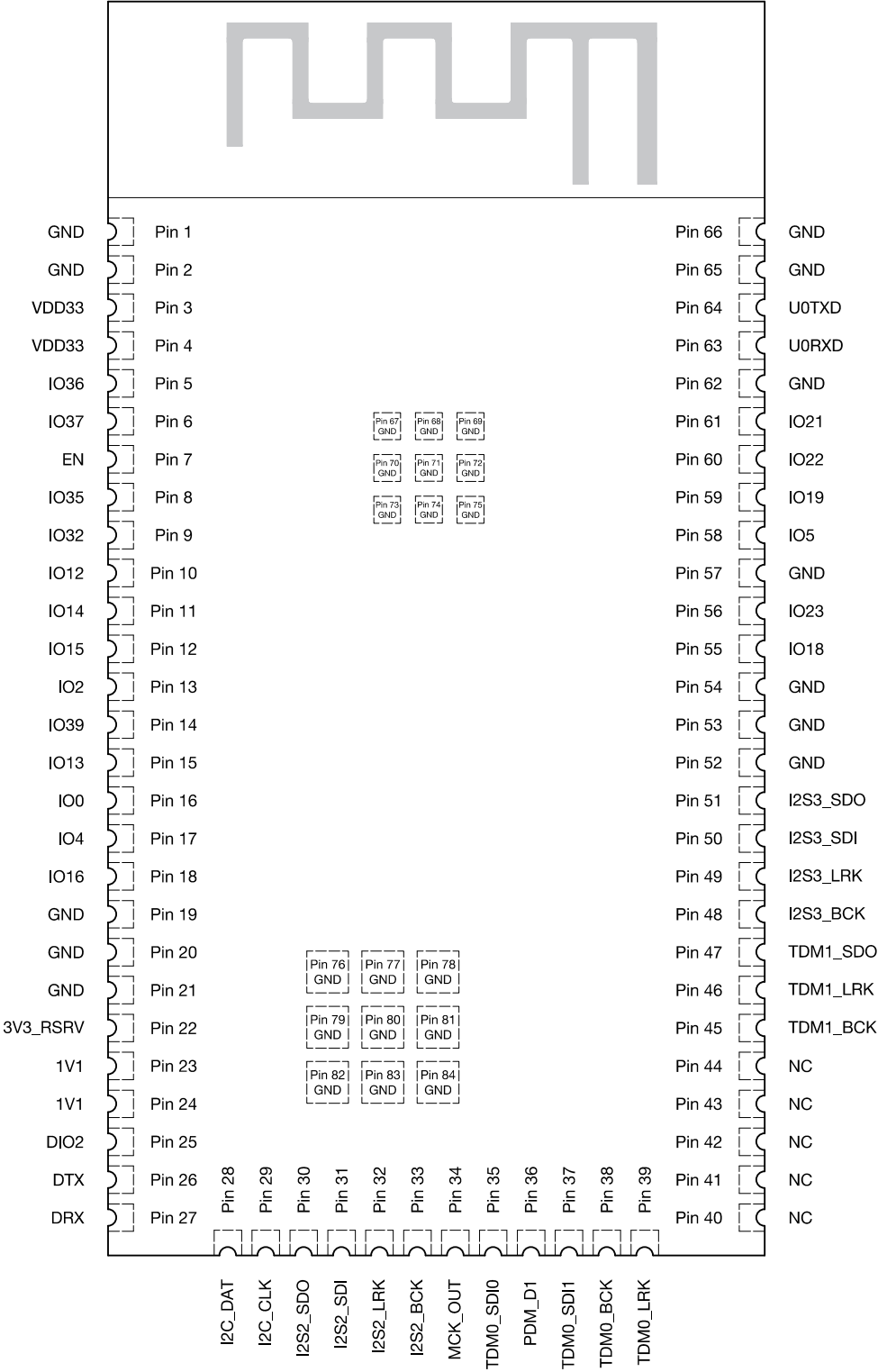


图 2: 模组管脚布局（顶视图）

说明:

管脚布局图显示了模组上管脚的大致位置。具体布局请参考章节 7.1 模组尺寸。

3.2 管脚描述

模组共有 84 个管脚，具体描述参见下表。

表 2: 管脚定义

名称	序号	类型	功能
GND	1	P	接地
GND	2	P	接地
VDD33	3	P	供电
VDD33	4	P	供电
IO36	5	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
IO37	6	I	GPIO37, ADC1_CH1, RTC_GPIO1
EN	7	I	使能模组，高电平有效
IO35	8	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	9	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz 晶振输入), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO12	10	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
IO14	11	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO15	12	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	13	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPiWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO39	14	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
IO13	15	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
IO0	16	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	17	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPiHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	18	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
GND	19	P	接地
GND	20	P	接地
GND	21	P	接地
3V3_RSRV	22	P	预留供电口，使用时需要悬空
1V1	23	P	供电
1V1	24	P	供电
DIO2	25	I/O	DSP GPIO2
DTX	26	O	DSP 串口数据发送
DRX	27	I	DSP 串口数据接收

名称	序号	类型	功能
I2C_DAT	28	I/O	DSP I2C slave 数据
I2C_CLK	29	I	DSP I2C slave 时钟
I2S2_SDO	30	O	DSP Lane2 数据输出
I2S2_SDI	31	I	DSP Lane2 数据输入
I2S2_LRK	32	O	DSP Lane2 左右声道时钟输出
I2S2_BCK	33	O	DSP Lane2 bit 时钟输出
MCK_OUT	34	O	DSP MCLK 时钟输出
TDM0_SDI0	35	I	DSP Lane0 I2S 数据输入 0
PDM_D1	36	I	DSP Lane0 PDM 数据输入 1
TDM0_SDI1	37	I	DSP Lane0 PDM 数据输入 0
TDM0_BCK	38	O	DSP Lane0 I2S bit 时钟输出, PDM CLK
TDM0_LRK	39	O	DSP Lane0 左右声道时钟输出
NC	40 ~ 44	-	-
TDM1_BCK	45	O	DSP Lane1 bit 时钟输出
TDM1_LRK	46	O	DSP Lane1 左右声道时钟输出
TDM1_SDO	47	O	DSP Lane1 数据输出
I2S3_BCK	48	O	DSP Lane3 bit 时钟输出
I2S3_LRK	49	O	DSP Lane3 左右声道时钟输出
I2S3_SDI	50	I	DSP Lane3 数据输入
I2S3_SDO	51	O	DSP Lane3 数据输出
GND	52	P	接地
GND	53	P	接地
GND	54	P	接地
IO18	55	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO23	56	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	57	P	接地
IO5	58	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO19	59	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
IO22	60	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO21	61	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
GND	62	P	接地
U0RXD	63	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
U0TXD	64	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
GND	65	P	接地
GND	66	P	接地
GND	67~84	P	接地

说明:

上述 I2C_DAT、I2C_CLK 信号线上，模组内部各连接了 4.7 K 上拉电阻。

3.3 Strapping 管脚

ESP32 共有 5 个 Strapping 管脚。Strapping 管脚与模组管脚对应关系如下，可参考章节 5 电路原理图：

- MTDI = IO12
- GPIO0 = IO0
- GPIO2 = IO2
- MTDO = IO15
- GPIO5 = IO5

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 下降沿输出	下降沿采样 上升沿输出	上升沿采样 下降沿输出	上升沿采样 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。
- 由于模组的 flash 及 PSRAM 的工作电压仅支持 3.3 V (VDD_SDIO 输出)，所以模组内部 MTDI 的上拉电阻 R16 默认不上电。

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
1V1	供电电压	-0.3	1.21	V
T _{store}	存储温度	-40	85	°C

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 ¹	供电电压	3.1	3.3	3.5	V
1V1	供电电压	1.06	1.1	1.21	V
I _{VDD}	外部电源的供电电流	580	-	-	mA
I _{1V1}	外部电源的供电电流	280	-	-	mA
T	建议工作温度	-20	-	85	°C
Humidity	湿度	-	85	-	%RH

说明:

ESP32-DU1906 模组的 VDD33 由 ESP32-D0WD-V3 和 Audio DSP DU1906 共同决定。Audio DSP DU1906 的供电电压为 3.1 V ~ 3.5 V，ESP32-D0WD-V3 供电电压为 3.0 V ~ 3.6 V。

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×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}	高电平输出电压	0.8×VDD ¹	-	-	V
V _{OL}	低电平输出电压	-	-	0.1×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 ($V_{DD}^1 = 3.3\text{ V}$, $V_{OH} \geq 2.64\text{ V}$, 管脚输出强度设为 最大值)	VDD3P3_CPU 电 源域 ^{1, 2}	-	40	-	mA
		VDD3P3_RTC 电 源域 ^{1, 2}	-	40	-	mA
		VDD_SDIO 电 源域 ^{1, 3}	-	20	-	mA
I_{OL}	低电平灌电流 ($V_{DD}^1 = 3.3\text{ V}$, $V_{OL} = 0.495\text{ V}$, 管脚输出强度设为最大值)		-	28	-	mA
R_{PU}	上拉电阻		-	45	-	k Ω
R_{PD}	下拉电阻		-	45	-	k Ω
V_{IL_nRST}	CHIP_PU 关闭芯片的低电平输入电压		-	-	0.6	V

说明:

1. 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。
2. 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。
3. VDD_SDIO 电源域的管脚不包括连接 flash 和/或 PSRAM 的管脚。

表 7: DSP 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
V_{OL}	低电平输出电压	-	-	0.3	V
V_{OH}	高电平输出电压	$V_{DD}-0.4$	-	VDD	V
V_{IL}	低电平输入电压	-	-	0.6	V
V_{IH}	高电平输入电压	2.4	-	-	V

4.4 功耗特性

4.4.1 ESP32 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 ESP32 在不同的功耗模式下的电流消耗，详见《ESP32 技术规格书》中章节“RTC 和低功耗管理”。

4.4.2 射频功耗特性

表 8: 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	235	375
		802.11g, 20 MHz, 54 Mbps, @15 dBm	187	270
		802.11b, 20 MHz, MCS7, @13 dBm	180	250
		802.11n, 40 MHz, MCS7, @13 dBm	164	206

工作模式	描述		平均值	峰值
	RX	802.11b/g/n	110	110
		802.11n, 40 MHz	115	115

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。

4.4.3 DSP 功耗特性

表 9: DSP 功耗特性

工作模式	工作描述	功耗 (mW)
全速运行	最大功耗模式，双核 300 MHz，100% 负荷运行	200 ~ 250
正常运行	正常运行信号处理算法和唤醒模型	90 ~ 110
待机工作	安静环境下，VAD 待机运行	30 ~ 50

4.5 Wi-Fi 射频

4.5.1 Wi-Fi 射频特性

表 10: Wi-Fi 射频特性

参数		描述
工作信道中心频率范围 ¹		2412 ~ 2484 MHz
Wi-Fi 协议		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: MCS0-7, 72.2 Mbps (Max)
	40 MHz	11n: MCS0-7, 150 Mbps (Max)
天线类型		PCB 天线

说明:

1. 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。

4.5.2 发射器性能规格

表 11: 发射器性能规格

参数	条件	典型值	单位
输出功率 ¹	11b, 1 Mbps	19.5	dBm
	11b, 11 Mbps	19.5	
	11g, 6 Mbps	18	
	11g, 54 Mbps	14	
	11n, HT20, MCS0	18	
	11n, HT20, MCS7	13	
	11n, HT40, MCS0	18	
	11n, HT40, MCS7	13	

说明：
根据产品或认证的要求，用户可以配置目标功率。

4.5.3 接收器性能规格

表 12: 接收器性能规格

参数	条件	典型值	单位
接收灵敏度	1 Mbps	-97	dBm
	2 Mbps	-95	
	5.5 Mbps	-92	
	11 Mbps	-88	
	6 Mbps	-93	
	9 Mbps	-92	
	12 Mbps	-90	
	18 Mbps	-88	
	24 Mbps	-84	
	36 Mbps	-81	
	48 Mbps	-77	
	54 Mbps	-75	
	11n, HT20, MCS0	-92	
	11n, HT20, MCS1	-88	
	11n, HT20, MCS2	-86	
	11n, HT20, MCS3	-83	
	11n, HT20, MCS4	-80	
	11n, HT20, MCS5	-76	
	11n, HT20, MCS6	-74	
	11n, HT20, MCS7	-72	
	11n, HT40, MCS0	-89	
	11n, HT40, MCS1	-86	
	11n, HT40, MCS2	-83	
	11n, HT40, MCS3	-80	
	11n, HT40, MCS4	-77	

参数	条件	典型值	单位
最大接收电平	11n, HT40, MCS5	-72	dBm
	11n, HT40, MCS6	-71	
	11n, HT40, MCS7	-69	
	11b, 1 Mbps	5	
	11b, 11 Mbps	5	
	11g, 6 Mbps	0	
	11g, 54 Mbps	-8	
	11n, HT20, MCS0	0	
	11n, HT20, MCS7	-8	
	11n, HT40, MCS0	0	
	11n, HT40, MCS7	-8	
邻道抑制	11b, 11 Mbps	35	dB
	11g, 6 Mbps	27	
	11g, 54 Mbps	13	
	11n, HT20, MCS0	27	
	11n, HT20, MCS7	12	
	11n, HT40, MCS0	15	
	11n, HT40, MCS7	6	

4.6 蓝牙射频

4.6.1 接收器 - 基础数据率 (BR)

表 13: 接收器特性 - 基础数据率 (BR)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @0.1% BER	-	-90	-89	-88	dBm
最大接收信号 @0.1% BER	-	0	-	-	dBm
共信道抑制比 C/I	-	-	+7	-	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	-	-	-6	dB
	F = F0 - 1 MHz	-	-	-6	dB
	F = F0 + 2 MHz	-	-	-25	dB
	F = F0 - 2 MHz	-	-	-33	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 - 基础数据率 (BR)

表 14: 发射器特性 - 基础数据率 (BR)

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	-	dB
射频功率控制范围	-	-12	-	+9	dBm
20 dB 带宽	-	-	0.9	-	MHz
邻道发射功率	$F = F_0 \pm 2 \text{ MHz}$	-	-55	-	dBm
	$F = F_0 \pm 3 \text{ MHz}$	-	-55	-	dBm
	$F = F_0 \pm > 3 \text{ MHz}$	-	-59	-	dBm
$\Delta f_{1\text{avg}}$	-	-	-	155	kHz
$\Delta f_{2\text{max}}$	-	127	-	-	kHz
$\Delta f_{2\text{avg}}/\Delta f_{1\text{avg}}$	-	-	0.92	-	-
ICFT	-	-	-7	-	kHz
漂移速率	-	-	0.7	-	kHz/50 μs
偏移 (DH1)	-	-	6	-	kHz
偏移 (DH5)	-	-	6	-	kHz

4.6.3 接收器 - 增强数据率 (EDR)

表 15: 接收器特性 - 增强数据率 (EDR)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$\pi/4$ DQPSK					
灵敏度 @0.01% BER	-	-90	-89	-88	dBm
最大接收信号 @0.01% BER	-	-	0	-	dBm
共信道抑制比 C/I	-	-	11	-	dB
邻道选择性抑制比 C/I	$F = F_0 + 1 \text{ MHz}$	-	-7	-	dB
	$F = F_0 - 1 \text{ MHz}$	-	-7	-	dB
	$F = F_0 + 2 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 - 2 \text{ MHz}$	-	-35	-	dB
	$F = F_0 + 3 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 - 3 \text{ MHz}$	-	-45	-	dB
8DPSK					
灵敏度 @0.01% BER	-	-84	-83	-82	dBm
最大接收信号 @0.01% BER	-	-	-5	-	dBm
共信道抑制比 C/I	-	-	18	-	dB
邻道选择性抑制比 C/I	$F = F_0 + 1 \text{ MHz}$	-	2	-	dB
	$F = F_0 - 1 \text{ MHz}$	-	2	-	dB
	$F = F_0 + 2 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 - 2 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 + 3 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 - 3 \text{ MHz}$	-	-38	-	dB

4.6.4 发射器 - 增强数据率 (EDR)

表 16: 发射器特性 - 增强数据率 (EDR)

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	-	dB
射频功率控制范围	-	-12	-	+9	dBm
$\pi/4$ DQPSK max w0	-	-	-0.72	-	kHz
$\pi/4$ DQPSK max wi	-	-	-6	-	kHz
$\pi/4$ DQPSK max wi + w0	-	-	-7.42	-	kHz
8DQPSK max w0	-	-	0.7	-	kHz
8DQPSK max wi	-	-	-9.6	-	kHz
8DQPSK max wi + w0	-	-	-10	-	kHz
$\pi/4$ DQPSK 调制精度	RMS DEVM	-	4.28	-	%
	99% DEVM	-	100	-	%
	Peak DEVM	-	13.3	-	%
8DQPSK 调制精度	RMS DEVM	-	5.8	-	%
	99% DEVM	-	100	-	%
	Peak DEVM	-	14	-	%
带内杂散发射	$F = F_0 \pm 1 \text{ MHz}$	-	-46	-	dBm
	$F = F_0 \pm 2 \text{ MHz}$	-	-44	-	dBm
	$F = F_0 \pm 3 \text{ MHz}$	-	-49	-	dBm
	$F = F_0 \pm > 3 \text{ MHz}$	-	-	-53	dBm
EDR 差分相位编码	-	-	100	-	%

4.7 低功耗蓝牙射频

4.7.1 接收器

表 17: 接收器特性 - 低功耗蓝牙 (BLE)

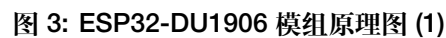
参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	-	-94	-93	-92	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	-	0	-	-	dBm
共信道抑制比 C/I	-	-	+10	-	dB
邻道选择性抑制比 C/I	$F = F_0 + 1 \text{ MHz}$	-	-5	-	dB
	$F = F_0 - 1 \text{ MHz}$	-	-5	-	dB
	$F = F_0 + 2 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 - 2 \text{ MHz}$	-	-35	-	dB
	$F = F_0 + 3 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 - 3 \text{ MHz}$	-	-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

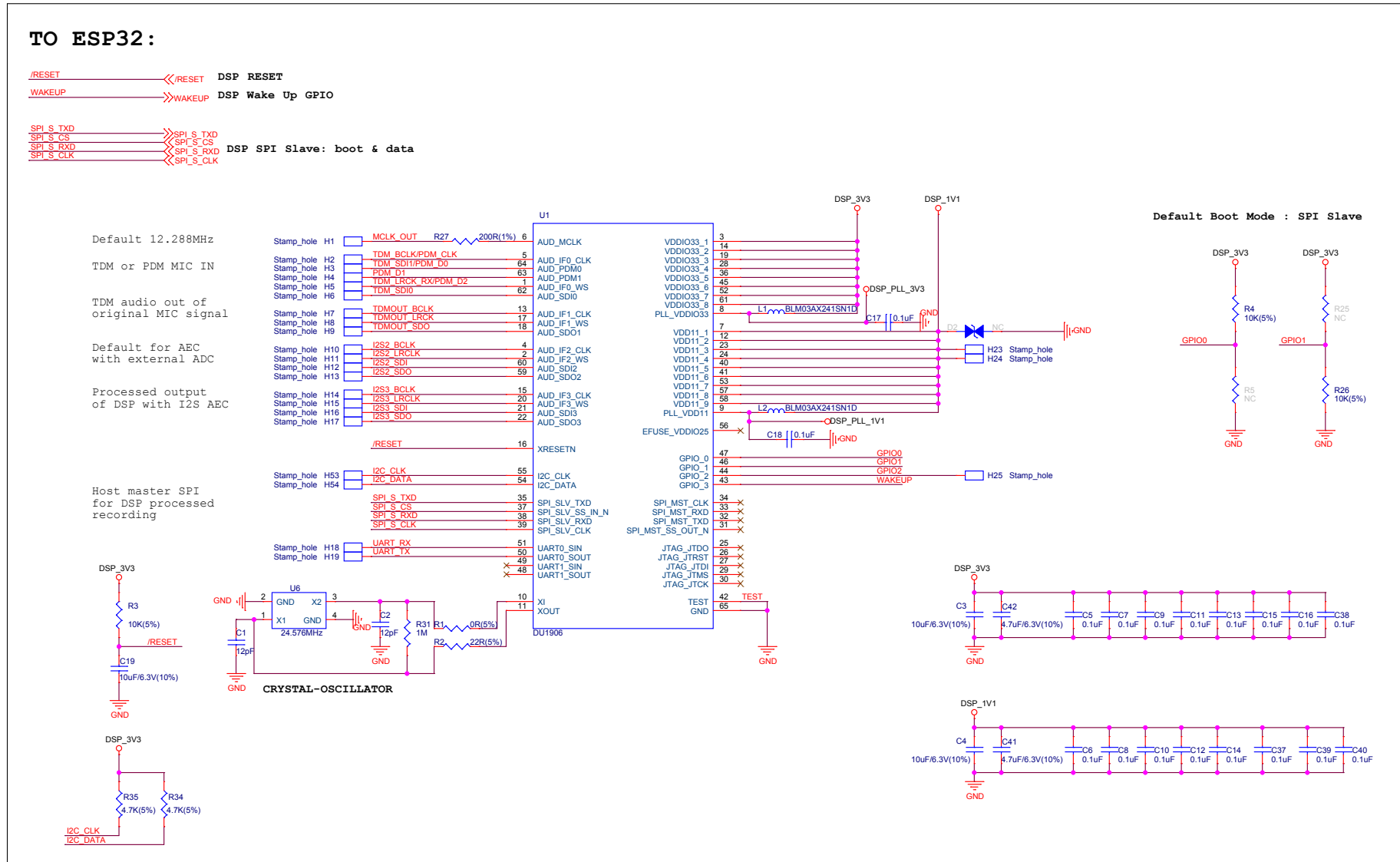
4.7.2 发射器

表 18: 发射器特性 - 低功耗蓝牙 (BLE)

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	-	dB
射频功率控制范围	-	-12	-	+9	dBm
邻道发射功率	$F = F_0 \pm 2 \text{ MHz}$	-	-55	-	dBm
	$F = F_0 \pm 3 \text{ MHz}$	-	-57	-	dBm
	$F = F_0 \pm > 3 \text{ MHz}$	-	-59	-	dBm
$\Delta f_{1\text{avg}}$	-	-	-	265	kHz
$\Delta f_{2\text{max}}$	-	210	-	-	kHz
$\Delta f_{2\text{avg}}/\Delta f_{1\text{avg}}$	-	-	0.92	-	-
ICFT	-	-	-10	-	kHz
漂移速率	-	-	0.7	-	kHz/50 μs
偏移 (DH1)	-	-	2	-	kHz

模组内部元件的电路图。





说明:

- 管脚 67 ~ 84 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。
- 为确保芯片上电时的供电正常, 模组内部 EN 管脚处已增加 RC 延迟电路, $R = 10\text{ k}\Omega$, $C = 1\text{ }\mu\text{F}$ 。
- 上电过程中需要先开启模组 3.3 V 电压保持 $10\text{ }\mu\text{s}$, 然后再开启 1.1 V 电压。

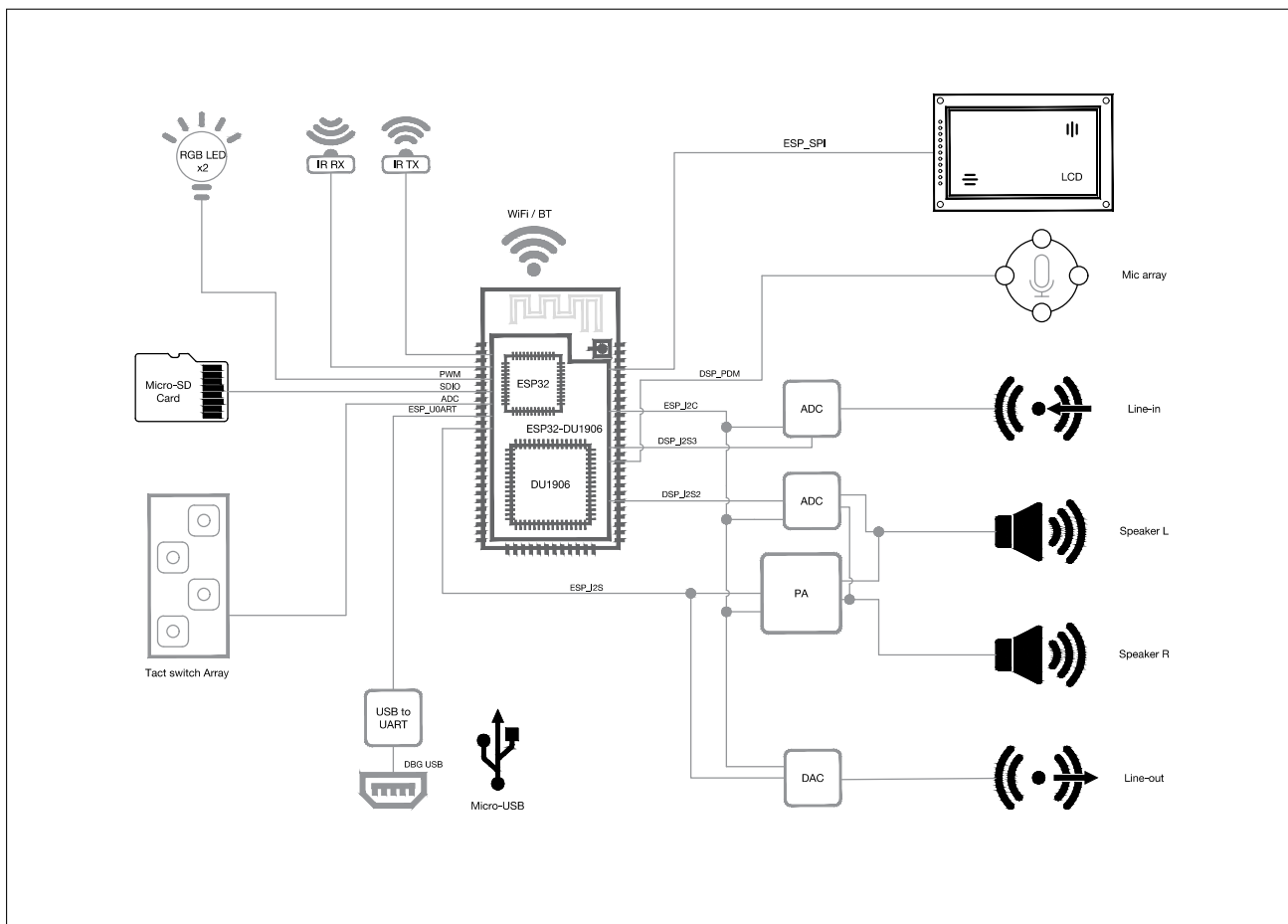


图 6: 模组外围设计模块示意图

7 模组尺寸和 PCB 布局

7.1 模组尺寸

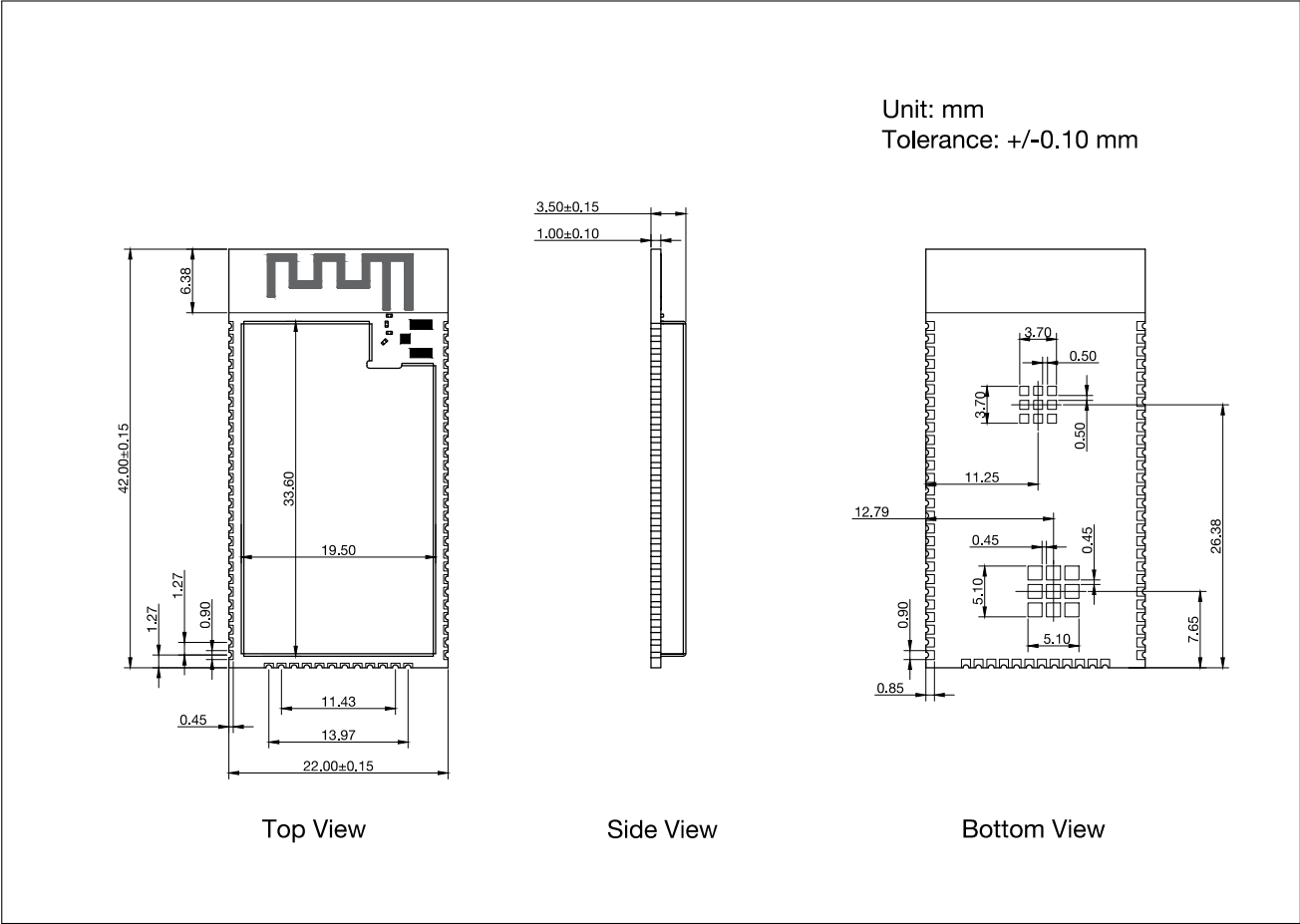


图 7: ESP32-DU1906 模组尺寸

7.2 PCB 封装布局

7.2.1 PCB 封装

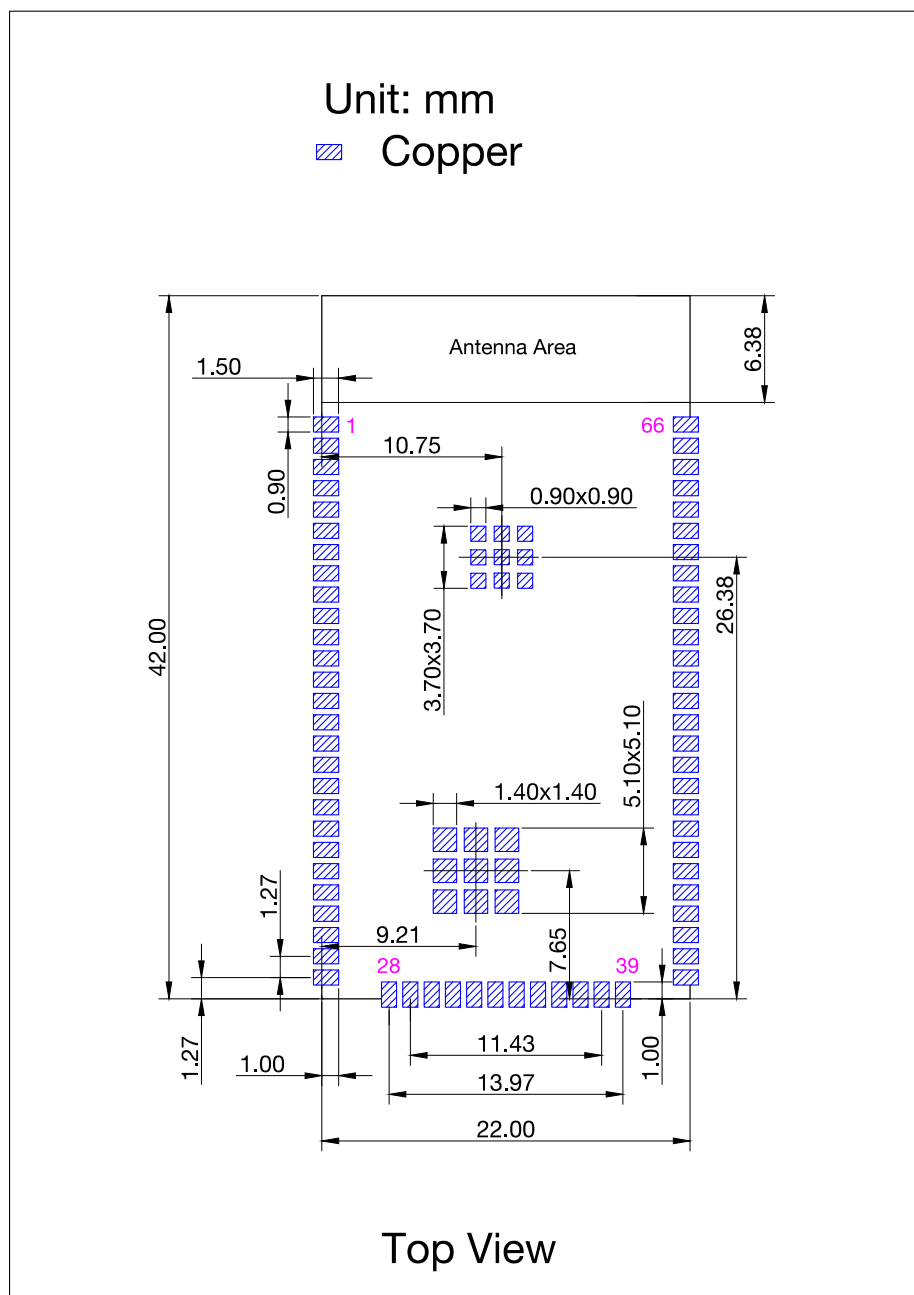


图 8: ESP32-DU1906 PCB 封装图形

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 9 所示, 其中, 位置 3、4 强烈推荐; 位置 1、2、5 不推荐。

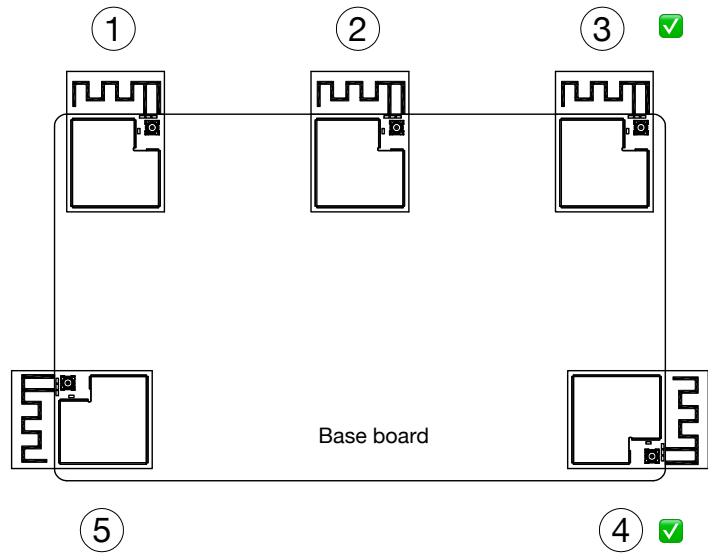


图 9: 模组在底板上的位置示意图

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 天线的干扰。天线净空区域如下图所示：

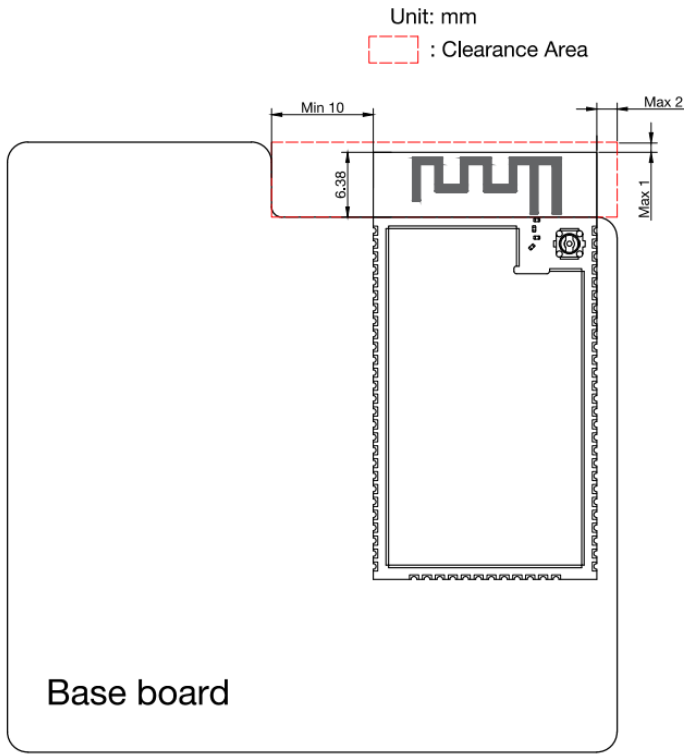


图 10: 天线区域净空示意图

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干扰，并进行 RF 验证。

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 $< 40\text{ }^{\circ}\text{C}/90\% \text{ RH}$ 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 $25\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $60\% \text{ RH}$ 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

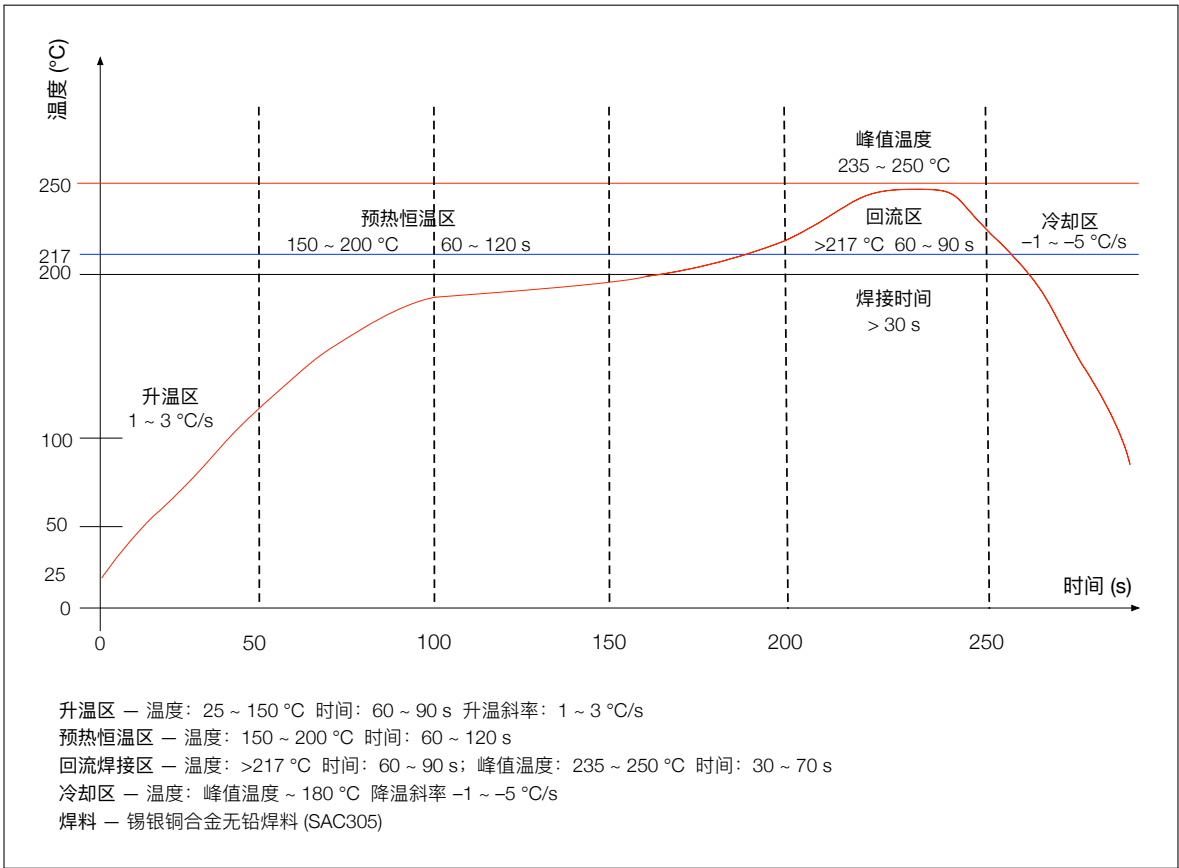


图 11: 回流焊温度曲线

说明：

建议模组只过一次回流焊。

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。

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
2021-04-23	V1.0	首次发布。



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 © 2021 乐鑫信息科技（上海）股份有限公司。保留所有权利。