ESP32-PICO 系列

技术规格书 版本 v1.1

2.4 GHz Wi-Fi + 蓝牙 ® + 低功耗蓝牙系统级芯片 (SiP)
所需外围器件已无缝集成进封装内

包括：

ESP32-PICO-V3

ESP32-PICO-V3-02

ESP32-PICO-D4 – 不推荐用于新设计 (NRND)

产品概述

ESP32-PICO 系列是基于 ESP32 芯片 的系统级封装 (SiP) 产品。ESP32-PICO 系列产品包括 ESP32-PICO-D4、ESP32-PICO-V3、ESP32-PICO-V3-02 三款型号。本文出现的 "ESP32-PICO" 指的是所有型号。

ESP32-PICO 提供完整的 Wi-Fi 802.11b/g/n、蓝牙® v4.2 BR/EDR、以及低功耗蓝牙功能。ESP32-PICO 已将晶振、滤波电容、SPI flash/PSRAM、RF 匹配链路等所有外围器件无缝集成进封装内。ESP32-PICO 具备体积紧凑、性能强劲及功耗低等特点，适用于任何空间有限或电池供电的设备，比如可穿戴设备、医疗设备、传感器及其他 IoT 设备。

ESP32-PICO 系列产品在功能上相似，但在芯片版本、管脚布局、产品尺寸等方面仍存在差异。表 1 列出了这些型号之间的具体差异，详细描述请参考具体章节。

如果您的产品设计基于较旧的 ESP32-PICO 型号，并且希望迁移到较新的型号，请参阅章节 13 迁移指南。

表 1: ESP32-PICO 系列产品之间的差异

差异方面	章节
芯片版本	章节 1 ESP32-PICO 系列型号对比
封装内 flash/PSRAM	章节 1 ESP32-PICO 系列型号对比
包装与尺寸	章节 9 封装
管脚布局	章节 2.1 ESP32-PICO-D4, 2.2 ESP32-PICO-V3/ESP32-PICO-V3-02
管脚兼容	章节 2.4 ESP32-PICO 系列型号管脚兼容性
原理图	章节 7 原理图
外设原理图	章节 8 外围设计原理图

功能块图

芯片的功能框图如下图所示。

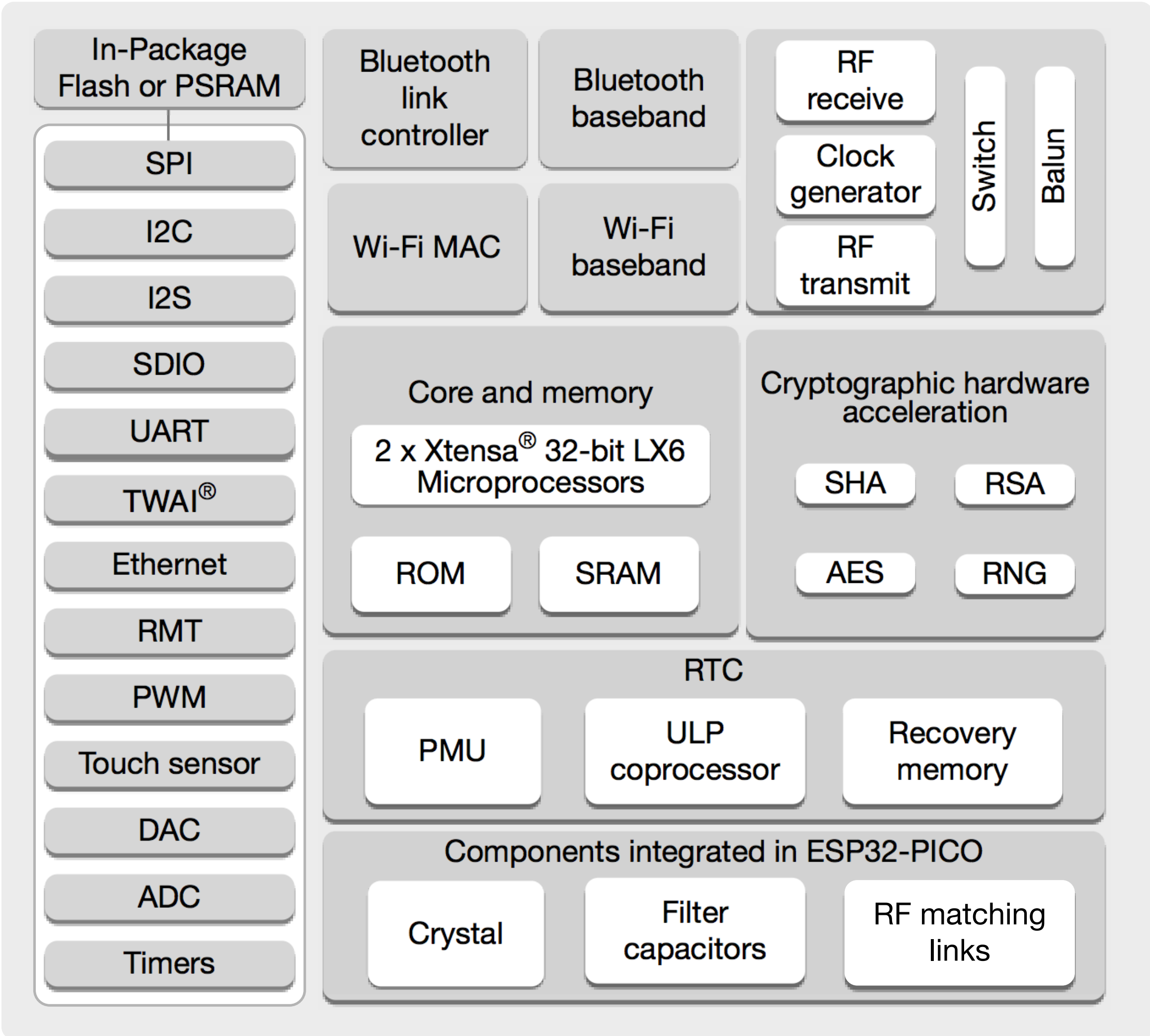


图 1: ESP32-PICO 功能框图

特性

CPU 和片上存储器

- Xtensa® 32-bit LX6 双核处理器，主频 240 MHz
- 448 KB ROM
- 520 KB SRAM
- 16 KB RTC SRAM

Wi-Fi

- 支持 IEEE 802.11b/g/n 协议
- 支持 1T1R 模式，数据速率高达 150 Mbps
- 帧聚合 (TX/RX A-MPDU, RX A-MSDU)
- 0.4 μs 保护间隔
- 工作信道中心频率范围：2412 ~ 2484 MHz

蓝牙

- 蓝牙 v4.2 完整标准，包含传统蓝牙 (BR/EDR) 和低功耗蓝牙 (Bluetooth LE)
- 支持标准 Class-1、class-2 和 class-3
- 自适应跳频 (AFH)
- CVSD 和 SBC 音频编解码算法

外设

- ESP32-PICO-D4：多达 34 个 GPIO
  - 5 个作为 strapping 管脚
  - 6 个用于连接封装内 flash
  - 6 个仅为输入管脚
- ESP32-PICO-V3：多达 31 个 GPIO
  - 5 个作为 strapping 管脚
  - 2 个用于连接封装内 flash
  - 6 个仅为输入管脚
- ESP32-PICO-V3-02：多达 31 个 GPIO
  - 5 个作为 strapping 管脚
  - 4 个用于连接封装内 flash 和 PSRAM
  - 6 个仅为输入管脚
- SD/SDIO/MMC 主机控制器、UART、SPI、SDIO/SPI 从机控制器、I2C、LED PWM、电机 PWM、I2S、红外遥控、脉冲计数器、触摸传感器、ADC、DAC、Ethernet MAC、TWAI®（兼容 ISO 11898-1，即 CAN 规范 2.0）

封装内 Flash 和 PSRAM

- ESP32-PICO-D4：4 MB flash
- ESP32-PICO-V3：4 MB flash
- ESP32-PICO-V3-02：8 MB flash、2 MB PSRAM

工作条件

- 工作电压/供电电压：3.0 ~ 3.6 V
- 建议工作温度范围：–40 ~ 85 °C

说明：
有关产品特性的详细信息请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 功能描述。

应用

低功耗芯片 ESP32-PICO 专为物联网 (IoT) 设备而设计，应用领域包括：

- 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
- 语音识别
- 图像识别
- SDIO Wi-Fi + 蓝牙网卡

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/sites/default/files/documentation/esp32-pico_series_cn.pdf

目录

表格

插图

1 ESP32-PICO 系列型号对比

1.1 命名规则

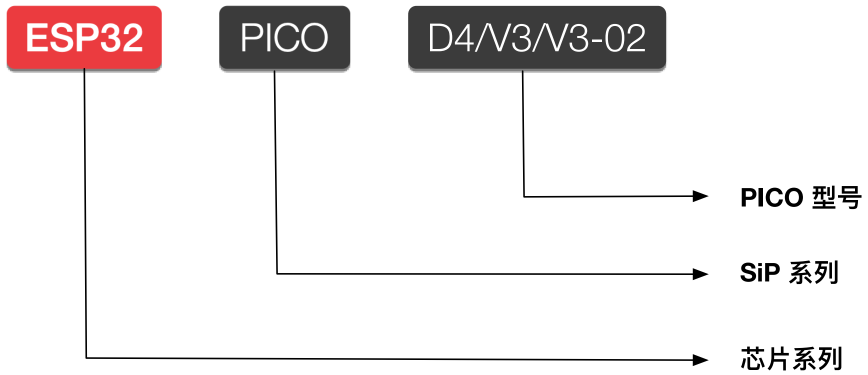


图 2: ESP32-PICO 系列命名规则

1.2 型号对比

表 1: ESP32-PICO 系列型号对比

订购代码	芯片版本[1]	封装内 Flash[5]	封装内 PSRAM	产品尺寸 (mm)
ESP32-PICO-D4 (NRND)	v1.0/v1.1[2]	4 MB (Quad SPI)	—	7.0 × 7.0 × 0.94
ESP32-PICO-V3	v3.0/v3.1[3, 4]	4 MB (Quad SPI)	—	7.0 × 7.0 × 0.94
ESP32-PICO-V3-02	v3.0/v3.1[3, 4]	8 MB (Quad SPI)	2 MB (Quad SPI)	7.0 x 7.0 x 1.11

[1] ESP32 芯片版本信息及其区分方式见《ESP32 系列芯片勘误表》。

[2] ESP32-PICO-D4 使用的芯片版本由 v1.0 变更为 v1.1，见 PCN20220901。

[3] ESP32-PICO-V3 和 ESP32-PICO-V3-02 使用的芯片版本由 v3.0 变更为 v3.1，见 PCN20220901。

[4] 芯片版本 v3.0 的设计变化请参考《ESP32 芯片版本 v3.0 使用指南》。

[5] Flash 支持：

- 至少 10 万次编程/擦除周期
- 至少 20 年数据保留时间

2 管脚

2.1 ESP32-PICO-D4

2.1.1 管脚布局

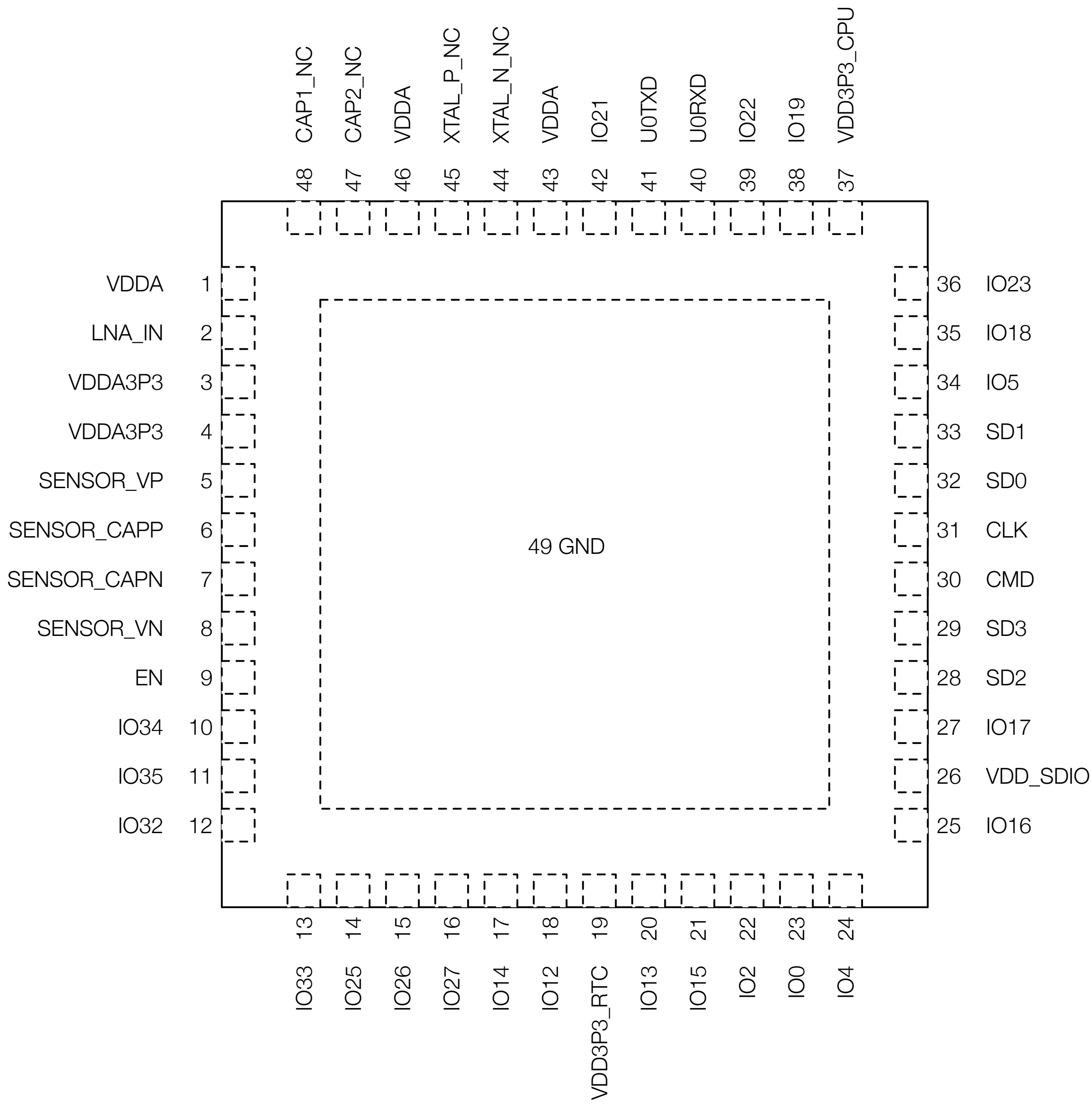


图 3: ESP32-PICO-D4 管脚布局（俯视图）

2.1.2 管脚概述

表 2 管脚概述 说明：

1. 部分管脚功能有高亮标记，具体如下：
   - GPIO – **仅作输入管脚**，没有输出功能，不带输出驱动器或内置上拉/下拉电路。
   - GPIO – 用于与封装内 flash/PSRAM 通讯，不建议作其他用途。更多信息，详见章节 2.1.3 ESP32-PICO-D4 与 Flash/PSRAM 的管脚对应关系。
   - GPIO – 具有以下重要功能之一：
     - **Strapping 管脚** – 启动时逻辑电平需为特定值。详见章节 3 启动配置项。
     - **JTAG 接口** – 通常用于调试功能。
     - **UART 接口** – 通常用于调试功能。
2. **功能**一栏的释义请见章节 2.3 管脚功能名称释义。
3. **类型**：I/O — 输入/输出；I — 输入。

表 2: ESP32-PICO-D4 管脚概述

名称	序号	类型	功能
模拟			
VDDA	1	电源	模拟电源
LNA_IN	2	I/O	射频输入输出
VDDA3P3	3	电源	模拟电源
VDDA3P3	4	电源	模拟电源
VDD3P3_RTC			
SENSOR_VP	5	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_CAPP	6	I	GPIO37, ADC1_CH1, RTC_GPIO1
SENSOR_CAPN	7	I	GPIO38, ADC1_CH2, RTC_GPIO2
SENSOR_VN	8	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3

见下页

表 2 – 接上页

名称	序号	类型	功能
EN	9	I	高电平：芯片使能； 低电平：芯片关闭； 注意：不能让此管脚浮空。
IO34	10	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	11	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	12	I/O	GPIO32, ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9, 32K_XP（32.768 kHz 晶振输入）
IO33	13	I/O	GPIO33, ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8, 32K_XN（32.768 kHz 晶振输出）
IO25	14	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	15	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	16	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	17	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, MTMS, EMAC_TXD2
IO12	18	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, HSPIQ, HS2_DATA2,SD_DATA2, MTDI, EMAC_TXD3
VDD3P3_RTC	19	电源	RTC IO 电源输入
IO13	20	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, HSPID, HS2_DATA3,SD_DATA3, MTCK, EMAC_RX_ER
IO15	21	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, RTC_GPIO13, HSPICS0, HS2_CMD, SD_CMD, MTDO, 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
VDD_SDIO			
IO16	25	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
VDD_SDIO	26	电源	电源输出
IO17	27	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
SD2	28	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SD3	29	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
CMD	30	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
CLK	31	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SD0	32	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS

见下页

表 2 – 接上页

名称	序号	类型	功能
SD1	33	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
			VDD3P3_CPU
IO5	34	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	35	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO23	36	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
VDD3P3_CPU	37	电源	CPU IO 电源输入
IO19	38	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
IO22	39	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
U0RXD	40	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
U0TXD	41	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO21	42	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
			模拟
VDDA	43	电源	模拟电源
XTAL_N_NC	44	—	NC
XTAL_P_NC	45	—	NC
VDDA	46	电源	模拟电源
CAP2_NC	47	—	NC
CAP1_NC	48	—	NC

[1] ESP32 芯片版本信息及其区分方式见《ESP32 系列芯片勘误表》。

[2] ESP32-PICO-D4 使用的芯片版本由 v1.0 变更为 v1.1，见 PCN20220901。

[3] ESP32-PICO-V3 和 ESP32-PICO-V3-02 使用的芯片版本由 v3.0 变更为 v3.1，见 PCN20220901。

[4] 芯片版本 v3.0 的设计变化请参考《ESP32 芯片版本 v3.0 使用指南》。

[5] Flash 支持：

- 至少 10 万次编程/擦除周期
- 至少 20 年数据保留时间

2.1.3 ESP32-PICO-D4 与 Flash/PSRAM 的管脚对应关系

表 3 列出了 ESP32-PICO-D4 与 flash/PSRAM 的管脚对应关系。**不建议将连接 flash/PSRAM 的管脚用于其他用途**。

表 3: ESP32-PICO-D4 与 Flash/PSRAM 的管脚对应关系

管脚序号	管脚名称	封装内 Flash	封装外 PSRAM
31	CLK	FLASH_CLK	PSRAM_CLK
25	IO16	FLASH_CS	—
29	SD3[1]	—	PSRAM_CS
33	SD1	SI/SIO0	SI/SIO0
27	IO17	SO/SIO1	SI/SIO1
32	SD0	WP/SIO2	SIO2
30	CMD	HOLD/SIO3	SIO3

[1] 建议 SD3 用于 PSRAM_CS，但也可以选择其他 GPIO。

2.2 ESP32-PICO-V3/ESP32-PICO-V3-02

2.2.1 管脚布局

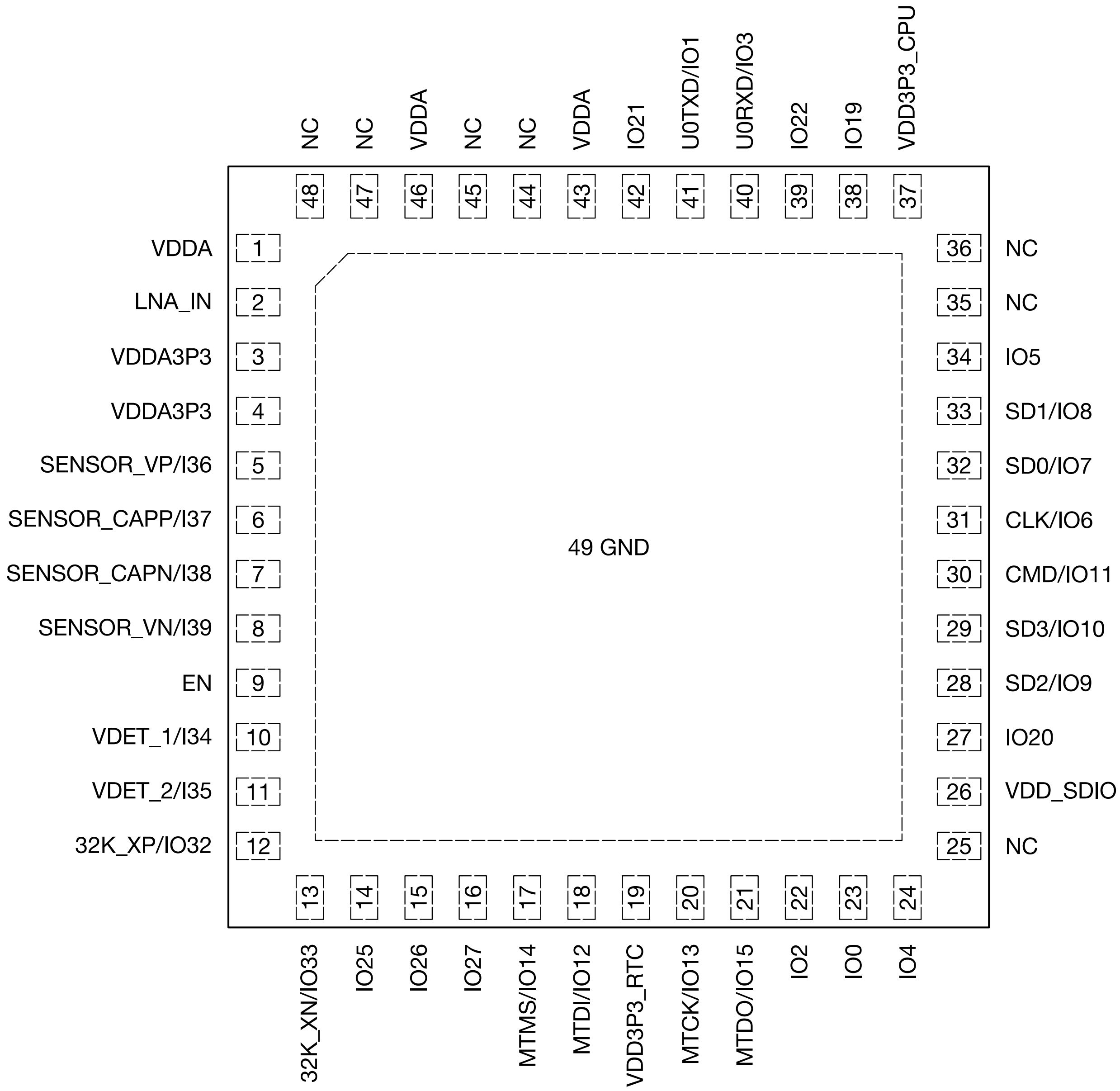


图 4: ESP32-PICO-V3/ESP32-PICO-V3-02 管脚布局（顶视图）

2.2.2 管脚概述

表 4 管脚概述 说明:

1. 部分管脚功能有高亮标记，具体如下：
   - GPIO – **仅作输入管脚**，没有输出功能，不带输出驱动器或内置上拉/下拉电路。
   - GPIO – 用于与封装内 flash/PSRAM 通讯，不建议作其他用途。更多信息，详见章节 2.2.3 ESP32-PICO-V3/ESP32-PICO-V3-02 与 Flash/PSRAM 的管脚对应关系。
   - GPIO – 具有以下重要功能之一：
     - **Strapping 管脚** – 启动时逻辑电平需为特定值。详见章节 3 启动配置项。
     - **JTAG 接口** – 通常用于调试功能。
     - **UART 接口** – 通常用于调试功能。
2. 对于 ESP32-PICO-V3：IO6/IO7/IO8/IO9/IO10/IO11/IO20 由 VDD_SDIO 供电，VDD_SDIO 电源关闭时则无法工作。
3. **功能**一栏的释义请见章节 2.3 管脚功能名称释义。
4. **类型**：I/O — 输入/输出；I — 输入。

表 4: ESP32-PICO-V3/ESP32-PICO-V3-02 管脚概述

名称	序号	类型	功能
模拟			
VDDA	1	电源	模拟电源
LNA_IN	2	I/O	射频输入输出
VDDA3P3	3	电源	模拟电源
VDDA3P3	4	电源	模拟电源
VDD3P3_RTC			
SENSOR_VP/I36	5	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_CAPP/I37	6	I	GPIO37, ADC1_CH1, RTC_GPIO1
SENSOR_CAPN/I38	7	I	GPIO38, ADC1_CH2, RTC_GPIO2

见下页

表 4 – 接上页

名称	序号	类型	功能
SENSOR_VN/I39	8	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
EN	9	I	高电平：芯片使能； 低电平：芯片关闭； 注意：不能让此管脚浮空。
VDET_1/I34	10	I	ADC1_CH6, RTC_GPIO4
VDET_2/I35	11	I	ADC1_CH7, RTC_GPIO5
32K_XP/IO32	12	I/O	ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9, 32K_XP（32.768 kHz 晶振输入）
32K_XN/IO33	13	I/O	ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8, 32K_XN（32.768 kHz 晶振输出）
IO25	14	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	15	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	16	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
MTMS/IO14	17	I/O	ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2, MTMS
MTDI/IO12	18	I/O	ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3, MTDI
VDD3P3_RTC	19	电源	RTC IO 电源输入
MTCK/IO13	20	I/O	ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER, MTCK
MTDO/IO15	21	I/O	ADC2_CH3, TOUCH3, RTC_GPIO13, HSPICS0, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3, MTDO
IO2	22	I/O	ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	23	I/O	ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	24	I/O	ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
VDD_SDIO			
NC	25	–	NC
VDD_SDIO	26	电源	电源输出
IO20	27	I/O	GPIO20
SD2/IO9	28	I/O	**ESP32-PICO-V3:** GPIO9, SD_DATA2, HS1_DATA2, U1RXD **ESP32-PICO-V3-02:** 用于连接封装内 PSRAM
SD3/IO10	29	I/O	**ESP32-PICO-V3:** GPIO10, SD_DATA3, HS1_DATA3, U1TXD **ESP32-PICO-V3-02:** 用于连接封装内 PSRAM

见下页

表 4 – 接上页

名称	序号	类型	功能
CMD/IO11	30	I/O	用于连接封装内 flash
CLK/IO6	31	I/O	用于连接封装内 flash
SD0/IO7	32	I/O	GPIO7, SD_DATA0, HS1_DATA0, U2RTS
SD1/IO8	33	I/O	GPIO8, SD_DATA1, HS1_DATA1, U2CTS
VDD3P3_CPU			
IO5	34	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
NC	35	–	NC
NC	36	–	NC
VDD3P3_CPU	37	电源	CPU IO 电源输入
IO19	38	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
IO22	39	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
U0RXD/IO3	40	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
U0TXD/IO1	41	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO21	42	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
模拟			
VDDA	43	电源	模拟电源
NC	44	–	NC
NC	45	–	NC
VDDA	46	电源	模拟电源
NC	47	–	NC
NC	48	–	NC

[1] 建议 SD3 用于 PSRAM_CS，但也可以选择其他 GPIO。

2.2.3 ESP32-PICO-V3/ESP32-PICO-V3-02 与 Flash/PSRAM 的管脚对应关系

表 5 列出了 ESP32-PICO-V3/ESP32-PICO-V3-02 与封装内 flash/PSRAM 的管脚对应关系。**不建议将连接 flash/PSRAM 的管脚用于其他用途**。

表 5: ESP32-PICO-V3/ESP32-PICO-V3-02 与 Flash/PSRAM 的管脚对应关系

管脚序号	管脚名称	封装内 Flash	封装内 PSRAM
31	CLK/IO6	FLASH_CLK	—
30	CMD/IO11	FLASH_CS	—
28	SD2/IO9	—	PSRAM_CS
29	SD3/IO10	—	PSRAM_CLK

2.3 管脚功能名称释义

管脚功能名称释义如表 6 所示。

表 6: 管脚功能名称释义

管脚功能	释义
GPIO*x*	通用输入输出（*x* 代表 GPIO 编号）。GPIO 管脚可分配不同的功能，包括数字功能和模拟功能。更多信息请查看《ESP32 系列芯片技术规格书》> 附录 *IO MUX*。
MTCK/MTDO/MTDI/MTMS	JTAG 接口信号。
32K_XP/XN	32 KHz 外部时钟输入/输出（连接 ESP32-PICO 的晶振）。P/N 代表时钟相位的正/反。
RTC_GPIO*x*	RTC 电路低功耗管理的 GPIO 功能。
TOUCH*x*	触摸传感模拟功能。
ADC*x*_CH*y*	模/数转换通道，*x* 代表 ADC 编号，*y* 代表通道编号。
DAC_*x*	数/模转换模块，*x* 代表 DAC 编号。
CLK_OUT*x*	用于调试功能的时钟输出，*x* 代表时钟编号。
SPI*	SPI0/1 总线功能，* 代表 CLK, CS0, D (MOSI), Q (MISO), WP (write-protect), HD (hold)。
HSPI*	SPI2 总线功能，* 代表 CLK, CS0, D, Q, WP, HD。
VSPI*	SPI3 总线功能，* 代表 CLK, CS0, D, Q, WP, HD。
U0*	UART0 信号，* 代表 CTS, RTS, RXD, TXD。
U1*	UART1 信号，* 代表 CTS, RTS, RXD, TXD。
U2*	UART2 信号，* 代表 CTS, RTS, RXD, TXD。
SD_*	SDIO 从机信号，* 代表 CLK, CMD, DATA0 ~ DATA3。
HS1_*	SDIO 主机端口 1 的信号，* 代表 CLK, CMD, STROBE, DATA0 ~ DATA7。
HS2_*	SDIO 主机端口 2 的信号，* 代表 CLK, CMD, DATA0 ~ DATA3。
NC	管脚未接出。

2.4 ESP32-PICO 系列型号管脚兼容性

ESP32-PICO 系列产品的管脚布局非常相似，但是部分管脚的功能也有所不同，具体请见表 7。在从一个型号迁移到另一个型号时需特别注意这些管脚的差异性。

表 7: ESP32-PICO 系列型号管脚兼容性

管脚编号	ESP32-PICO-D4	ESP32-PICO-V3	ESP32-PICO-V3-02
5, 6, 7, 8, 10, 11	仅用作输入，可以用作 RTC GPIO	仅用作输入，可以用作 RTC GPIO	仅用作输入，可以用作 RTC GPIO
12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24	可以用作 RTC GPIO	可以用作 RTC GPIO	可以用作 RTC GPIO
25	GPIO16，用于连接封装内 flash	NC	NC
27	GPIO17，用于连接封装内 flash	GPIO20，使用不受限制	GPIO20，使用不受限制
28	GPIO9，使用不受限制	GPIO9，使用不受限制	GPIO9，用于连接封装内 PSRAM
29	GPIO10，使用不受限制	GPIO10，使用不受限制	GPIO10，用于连接封装内 PSRAM
30	GPIO11，用于连接封装内 flash	GPIO11，用于连接封装内 flash	GPIO11，用于连接封装内 flash
31	GPIO6，用于连接封装内 flash	GPIO6，用于连接封装内 flash	GPIO6，用于连接封装内 flash
32	GPIO7，用于连接封装内 flash	GPIO7，使用不受限制	GPIO7，使用不受限制
33	GPIO8，用于连接封装内 flash	GPIO8，使用不受限制	GPIO8，使用不受限制
34, 38, 39, 42	GPIO，使用不受限制	GPIO，使用不受限制	GPIO，使用不受限制
35	GPIO18，使用不受限制	NC	NC
36	GPIO23，使用不受限制	NC	NC
40	U0RXD	U0RXD	U0RXD
41	U0TXD	U0TXD	U0TXD

3 启动配置项

> **说明：**
> 以下内容摘自 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 启动配置项。

芯片在上电或硬件复位时，可以通过 Strapping 管脚和 eFuse 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 GPIO2
- **内置 LDO (VDD_SDIO) 电压**
  - Strapping 管脚：MTDI
  - eFuse 参数：EFUSE_SDIO_FORCE 和 EFUSE_SDIO_TIEH
- **U0TXD 打印**
  - Strapping 管脚：MTDO
- **SDIO 从机信号输入输出时序**
  - Strapping 管脚：MTDO 和 GPIO5
- **JTAG 信号源**
  - eFuse 参数：EFUSE_DISABLE_JTAG

上述 eFuse 位的默认值均为 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 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 8: Strapping 管脚的默认配置

Strapping 管脚	默认配置	值
GPIO0	上拉	1
GPIO2	下拉	0
MTDI	下拉	0
MTDO	上拉	1
GPIO5	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 ESP32 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 9 和图 5 所示的 建立时间和 保持时间。

表 9: 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	1

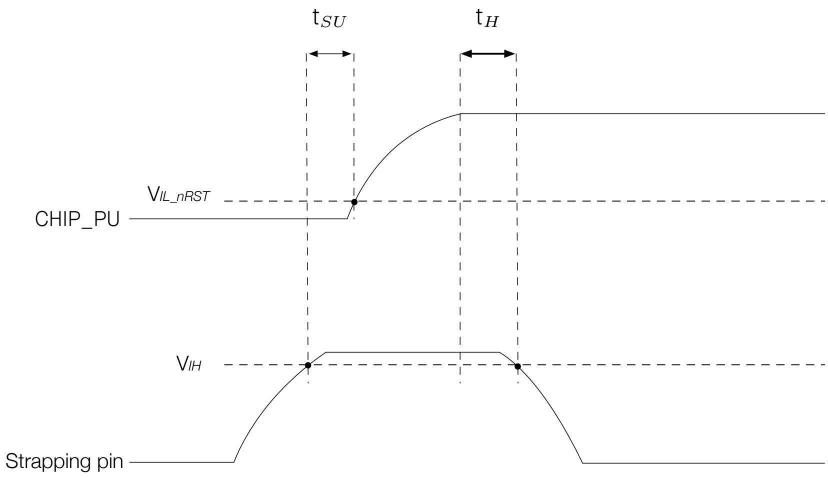


图 5: Strapping 管脚的时序参数图

3.1 芯片启动模式控制

复位释放后，GPIO0 和 GPIO2 共同决定启动模式。详见表 10 芯片启动模式控制。

表 10: 芯片启动模式控制

启动模式	GPIO0	GPIO2
SPI Boot 模式 [1]	**1**	任意值
Joint Download Boot 模式 [2]	0	0

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

[2] Joint Download Boot 模式下支持以下下载方式：

- SDIO Download Boot
- UART Download Boot

在 Joint Download Boot 模式下，芯片启动的具体流程见图 6。

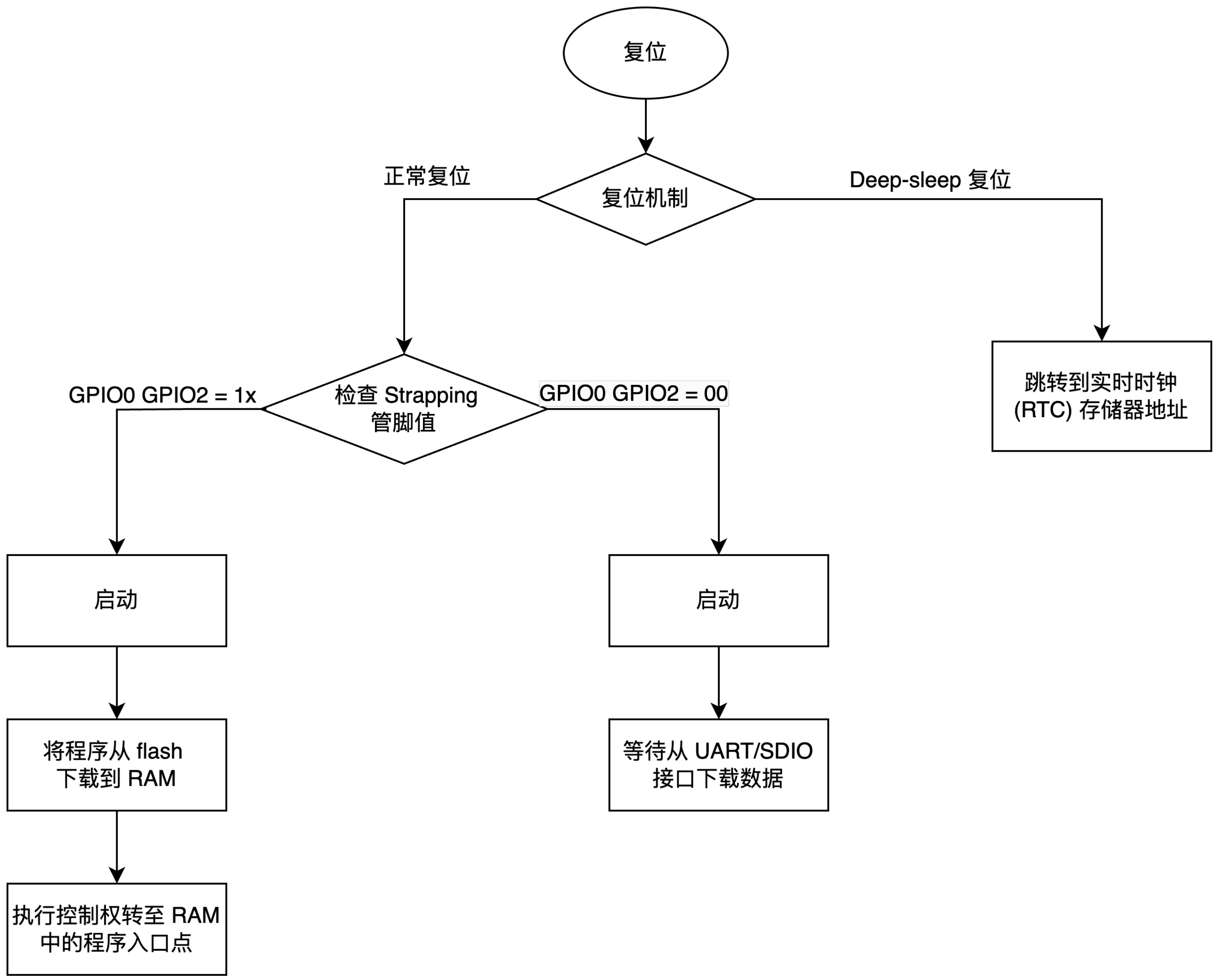


图 6: 芯片启动流程

uart_download_dis 可用于控制启动模式的具体行为:

如果此 uart_download_dis 设置为 1，则永久禁用下载启动模式（仅 ESP32 芯片版本 v3.0 及以上支持）。

3.2 内置 LDO (VDD_SDIO) 电压控制

芯片复位时，MTDI 可用于选择 VDD_SDIO 电压:

- MTDI = 0 时（默认），VDD_SDIO 由 VDD3P3_RTC 供电（电压典型值为 3.3 V）；更多信息请参考章节 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 电源管理。
- MTDI = 1 时，VDD_SDIO 可选择由内置 LDO 供电（电压为 1.8 V）。

EFUSE_SDIO_FORCE 设置为 1 时，可关闭上述功能。此时 VDD_SDIO 电压由 EFUSE_SDIO_TIEH 的值决定:

- EFUSE_SDIO_TIEH = 0 时，VDD_SDIO 连接 1.8 V LDO;
- EFUSE_SDIO_TIEH = 1 时，VDD_SDIO 连接 VDD3P3_RTC。

3.3 U0TXD 打印控制

在系统启动过程中，MTDO 可用于控制 U0TXD 打印，如表 11 所示。

表 11: U0TXD 打印控制

U0TXD 打印控制	MTDO
使能 [1]	**1**
关闭	0

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

3.4 SDIO 从机信号输入输出时序控制

MTDO 和 GPIO5 管脚可用于控制 SDIO 从机信号输入输出时序。详见表 12 *SDIO 从机信号输入输出时序控制*。

表 12: SDIO 从机信号输入输出时序控制

沿控制	MTDO	GPIO5
下降沿采样下降沿输出	0	0
下降沿采样上升沿输出	0	1
上升沿采样下降沿输出	1	0
上升沿采样上升沿输出	**1**	**1**

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

3.5 JTAG 信号源控制

设置 EFUSE_DISABLE_JTAG 为 1 可以关闭 JTAG 信号源。

4 外设

4.1 外设概述

ESP32-PICO 集成了丰富的外设，包括 SPI、I2S、UART、I2C、脉冲计数控制器、TWAI®、ADC、DAC、触摸传感器等。

关于模组外设的详细信息，请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 功能描述。

> **说明：**
> ESP32-PICO 系列产品和 ESP32 芯片在功能上相似。以下内容出自 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 功能描述。需要注意的是，并非所有 IO 信号都在 SiP 上引出，因此这些信息不完全适用于 ESP32-PICO。
> 关于外设信号的更多信息，可参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 外设信号列表。

4.2 数字外设

4.2.1 通用输入/输出接口 (GPIO)

ESP32 共有 34 个 GPIO 管脚，通过配置对应的寄存器，可以为这些管脚分配不同的功能，包括如下几类 GPIO：只有数字功能的 GPIO、带模拟功能的 GPIO、带电容触摸功能的 GPIO 等。带模拟功能的 GPIO 和带电容触摸功能的 GPIO 可以被配置为数字 GPIO。

大部分带数字功能的 GPIO 都可以被配置为内部上拉/下拉，或者被设置为高阻。当被配置为输入时，可通过读取寄存器获取输入值。输入管脚也可以被设置为通过边缘触发或电平触发来产生 CPU 中断。大部分数字 IO 管脚都是双向、非反相和三态的，包括带有三态控制的输入和输出缓冲器。这些管脚可以复用作其他功能，例如 SDIO、UART、SPI 等（更多信息请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 附录 *IO_MUX* ）。当芯片低功耗运行时，GPIO 可被设定为保持状态。

详细信息请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设管脚分配， 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 附录 *A – ESP32* 管脚清单 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX* 和 *GPIO* 交换矩阵 *(GPIO, IO MUX)*。

4.2.2 串行外设接口 (SPI)

ESP32 共有 3 组 SPI（SPI、HSPI 和 VSPI）接口，可以在主机或从机模式，在 1-line 全双工或 1/2/4-line 半双工通信模式下工作。

GP-SPI（通用 SPI）的特性

- 数据传输长度以 byte 为单位可配置
- 支持四线全双工/半双工通信和三线半双工通信
- 主机模式和从机模式时钟可配置
- 时钟极性 (CPOL) 和时钟相位 (CPHA) 可配置
- 时钟可配置

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *SPI* 控制器。

管脚分配

SPI 接口的管脚通过 IO MUX 与 GPIO6 ~ GPIO11 复用。HSPI 接口通过 IO MUX 与 GPIO2，GPIO4，GPIO12 ~ GPIO15 复用。VSPI 接口通过 IO MUX 与 GPIO5，GPIO18 ~ GPIO19，GPIO21 ~ GPIO23 复用。

更多关于管脚分配的信息，请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设管脚分配 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.2.3 通用异步收发器 (UART)

ESP32 芯片中的 UART 用于芯片与外部 UART 设备之间的异步串行数据传输和接收。ESP32 由两个在主系统中的 UART 和一个低功耗 LP UART 组成。

特性

- 可编程收发波特率
- RAM 由 TX FIFO 和 RX FIFO 共用
- 支持输入信号波特率自检功能
- 支持多种数据长度和停止位的长度
- 支持奇偶校验位
- 支持异步通信（RS232 和 RS485）和 IrDA
- 支持 DMA 高速数据通信
- 支持 UART 唤醒模式
- 支持软件流控和硬件流控

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *UART 控制器 (UART)*。

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 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设管脚分配 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.2.4 I2C 接口

ESP32 有 2 个 I2C 总线接口，根据用户的配置，总线接口可以用作 I2C 主机或从机模式。

特性

- 两个 I2C 控制器：一个在主系统中 (I2C)，一个在低功耗系统中 (LP I2C)
- 支持标准模式 (100 Kbit/s)
- 支持高速模式 (400 Kbit/s)
- 速度最高可达 5 MHz，但受制于 SDA 上拉强度
- 支持 7 位和 10 位寻址以及双地址寻址模式

- 支持关闭 SCL 时钟实现连续数据传输
- 支持可编程数字噪声滤波功能

用户可以配置指令寄存器来控制 I2C 接口，从而实现更多灵活的应用。

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *I2C 控制器 (I2C)*。

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 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 *外设管脚分配* 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.2.5 I2S 接口

ESP32 芯片中的 I2S 控制器为多媒体应用程序提供了一种灵活的通信接口，特别适用于数字音频应用。

特性

- 支持主机模式和从机模式
- 支持全双工和半双工通信
- 支持多种音频标准
- 可配置高精度输出时钟
- 支持 PDM 信号输入输出
- 收发数据模式可配置

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *I2S 控制器 (I2S)*。

管脚分配

I2S 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 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 *外设管脚分配* 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.2.6 红外遥控

红外遥控 (RMT) 用于控制发送和接收红外遥控信号。

特性

- 八个通道，用于发送和接收红外遥控信号
- 每个通道具有独立的发送和接收功能
- 每个发送通道都有时钟分频器计数器、状态机和发射器
- 支持多种红外协议

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *红外遥控 (RMT)*。

管脚分配

RMT 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 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设管脚分配 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX* 和 *GPIO* 交换矩阵 *(GPIO, IO MUX)*。

4.2.7 脉冲计数控制器 (PCNT)

脉冲计数控制器 (PCNT) 旨在通过跟踪输入脉冲信号的上升沿和下降沿来计数。

特性

- 八个脉冲计数器单元
- 每个脉冲计数器单元均有一个带符号的 16-bit 计数寄存器以及两个通道
- 递增、递减或停止计数模式
- 输入脉冲信号和控制信号的毛刺滤波
- 选择在输入脉冲信号的上升沿或下降沿进行计数

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 脉冲计数控制器 *(PCNT)*。

管脚分配

脉冲计数控制器的管脚可以为任意 GPIO，通过 GPIO 交换矩阵配置。

更多关于管脚分配的信息，请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设管脚分配 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX* 和 *GPIO* 交换矩阵 *(GPIO, IO MUX)*。

4.2.8 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

- 十六个独立的 PWM 生成器
- 最大 PWM 占空比精度为 20 位
- 八个独立的定时器，具有 20 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

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *LED PWM* 控制器 *(LEDC)*。

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 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设管脚分配 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX* 和 *GPIO* 交换矩阵 *(GPIO, IO MUX)*。

4.2.9 电机控制脉宽调制器 (MCPWM)

PWM 控制器可以用于驱动数字马达和智能灯。该控制器包含 PWM 定时器、PWM 操作器和 1 个专用的捕捉子模组。定时器可以同步定时，也可以独立运行。每个 PWM 执行器为 1 个 PWM 通道生成波形。专用的捕捉子模组可以精确捕捉外部定时事件。

特性

- 三个 PWM 定时器，用于精确计时和频率控制
  - 每个 PWM 定时器都有一个专用的 8 位时钟预分频器
  - PWM 定时器中的 16 位计数器的工作模式包括：递增计数模式，递减计数模式，递增递减循环计数模式
  - 硬件同步可以触发 PWM 定时器重载，重载值位于相位寄存器中；同时触发预分频的重启，从而同步定时器的时钟，硬件同步源可选择
- 三个 PWM 操作器，用于生成波形对
  - 六个 PWM 输出，可在几种拓扑结构中运行
  - 死区时间在上升沿和下降沿可配置，并可分别设置
  - 通过高频载波信号调制 PWM 输出，在使用变压器隔离栅极驱动器时可发挥巨大作用
- 故障检测模块
  - 出现故障时，可选择在逐周期模式或一次性模式下处理
  - 故障条件可强制 PWM 输出高或低电平
- 捕获模块，用于基于硬件的信号处理
  - 旋转电机的速度测量
  - 位置传感器脉冲之间的间隔时间测量
  - 脉冲序列信号的周期和占空比测量
  - 从电流/电压传感器的占空比编码信号导出的解码电流或电压振幅
  - 3 个独立的捕获通道，各具备一个 32 位的时间戳寄存器
  - 输入捕获信号可以预分频，边沿极性可选
  - 捕获定时器可以与 PWM 定时器或外部信号同步

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *电机控制脉宽调制器 (PWM)*。

管脚分配

MCPWM 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 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 *外设管脚分配* 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.2.10 SD/SDIO/MMC 主机控制器

ESP32 集成一个 SD/SDIO/MMC 主机控制器。

特性

- 支持两个外部卡
- 支持 SD 存储卡 3.0 和 3.01 标准
- 支持 SDIO 3.0 版本
- 支持 CE-ATA 1.1 版本
- 支持多媒体卡（MMC 4.41 版本、eMMC 4.5 版本和 4.51 版本）

控制器实现了高达 80 MHz 的时钟输出，并且支持 3 种数据总线模式：1 bit、4 bit 和 8 bit。在 4-bit 数据总线模式中，可以支持 2 个 SD/SDIO/MMC4.41 卡，还支持 1 个以 1.8 V 电压工作的 SD 卡。

详细信息请参考《ESP32 技术参考手册》> 章节 *SD/MMC 主机控制器*。

管脚分配

SD/SDIO/MMC 主机控制器管脚通过 IO MUX 与 GPIO2，GPIO4，GPIO6 ~ GPIO15 复用。

更多关于管脚分配的信息，请参考《ESP32 系列芯片技术规格书》> 章节 *外设管脚分配*
和《ESP32 技术参考手册》> 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.2.11 SDIO/SPI 从机控制器

ESP32 芯片中的 SDIO 2.0 从机控制器提供了对安全数字输入/输出 (SDIO) 设备接口的硬件支持，允许 SDIO 主机通过 SDIO 总线协议访问 ESP32。

特性

- 时钟范围为 0 至 50 MHz，支持 SPI、1-bit SDIO 和 4-bit SDIO 的传输模式
- 采样和驱动的时钟边沿可配置
- 主机可直接访问的专用寄存器
- 可中断主机，启动数据传输
- 支持自动填充 SDIO 总线上的发送数据，同样支持自动丢弃 SDIO 总线上的填充数据
- 字节块大小可达 512 字节
- 主机与从机间有中断向量可以相互中断对方
- 用于数据传输的 DMA

详细信息请参考《ESP32 技术参考手册》> 章节 *SDIO 从机控制器*。

管脚分配

SDIO/SPI 从机控制器的管脚通过 IO MUX 与 GPIO2，GPIO4，GPIO6 ~ GPIO15 复用。

更多关于管脚分配的信息，请参考《ESP32 系列芯片技术规格书》> 章节 *外设管脚分配* 和
《ESP32 技术参考手册》> 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.2.12 双线汽车接口

双线汽车接口 (TWAI®) 是一种为车载应用设计的多主机、多播通信协议。TWAI 控制器用于芯片使用该协议的通信。

特性

- 兼容 ISO 11898-1 协议（CAN 规范 2.0）
- 支持标准格式（11-bit 标识符）和扩展格式（29-bit 标识符）
- 支持速率：
  - 芯片版本 v0.0/v1.0/v1.0 支持 25 Kbit/s ~ 1 Mbit/s 位速率
  - 芯片版本 v3.0/v3.1 支持 12.5 Kbit/s ~ 1 Mbit/s 位速率
- 支持多种操作模式：正常模式、只听模式和自测模式
- 64 字节接收 FIFO
- 特殊发送：单次发送和自发自收
- 接收滤波器（支持单滤波器和双滤波器模式）
- 错误检测与处理：错误计数、错误报警限制可配置、错误代码捕捉和仲裁丢失捕捉

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *双线汽车接口 (TWAI)*。

管脚分配

TWAI 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 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 *外设管脚分配* 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.2.13 以太网 MAC 接口

ESP32 为以太网通信提供了一个符合 IEEE-802.3-2008 标准的媒体访问控制器 (MAC) 接口。ESP32 需要一个外部物理层接口芯片 (PHY) 来连接实体 LAN 总线（双绞线、光纤等）。物理层接口芯片通过 17 个 MII 信号或 9 个 RMII 信号与 ESP32 连接。

特性

- 10 Mbps 和 100 Mbps 的速率
- 专用的 DMA 控制器实现以太网 MAC 接口与专用 SRAM 之间的高速传输
- 带标记的 MAC 帧（支持 VLAN）
- 半双工 (CSMA/CD) 和全双工操作
- MAC 控制子层（控制帧）
- 32-bit CRC 自动生成和消除
- 用于单播和组播地址（广播和组地址）的多种地址过滤模式
- 记录每个收发帧的 32-bit 状态码

- 内部 FIFO 用于缓存发射和接收帧。发送 FIFO 和接收 FIFO 均为 512 字 (32-bit)
- 符合 IEEE 1588 2008 (PTP V2) 标准的硬件 PTP（精确时间协议）
- 25 MHz/50 MHz 的时钟输出

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *以太网 (MAC)*。

管脚分配

关于以太网 MAC 接口管脚分配的信息，请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 *外设管脚分配* 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.3 模拟外设

4.3.1 模/数转换器 (ADC)

ESP32 集成了 2 个 12 位 SAR ADC，共支持 18 个模拟通道输入。为了实现更低功耗，ESP32 的 ULP 协处理器也可以在睡眠方式下测量电压，此时，可通过设置阈值或其他触发方式唤醒 CPU。

表 13 描述了 ADC 特性：

表 13: ADC 特性

参数	描述	最小值	最大值	单位
DNL（差分非线性）	RTC 控制器；ADC 外接 100 nF 电容；输入为 DC 信号；常温 25 °C；Wi-Fi&BT 关闭	–7	7	LSB
INL（积分非线性）		–12	12	LSB
采样速度	RTC 控制器	—	200	ksps
	DIG 控制器	—	2	Msps

说明：

- Atten = 3 时，测量值大于 3000（电压值约为 2450 mV）之后，精度会比上表所述低。
- 使用过滤器多次采样或计算平均值可以获得更好的 DNL 结果。
- VDD3P3_RTC 电源域的 GPIO 管脚输入电压范围请严格遵守表 18 直流电气特性规范，否则会引入 ADC 测量误差，且影响芯片正常工作。

默认情况下，芯片之间会有 ±6% 的测量差异。ESP-IDF 提供了对 ADC1 的多种校准方法。使用 eFuse Vref 参考值校准后的结果如表 14 所示。用户如需要更高的精度可选用其他方法自行校准。

表 14: ADC 校准结果

参数	描述	最小值	最大值	单位
总误差	Atten = 0, 有效测量范围 100 ∼ 950 mV	–23	23	mV
	Atten = 1, 有效测量范围 100 ∼ 1250 mV	–30	30	mV
	Atten = 2, 有效测量范围 150 ∼ 1750 mV	–40	40	mV
	Atten = 3, 有效测量范围 150 ∼ 2450 mV	–60	60	mV

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *片上传感器与模拟信号处理*。

管脚分配

通过适当的设置，最多可配置 18 个管脚的 ADC，用于电压模数转换。
关于管脚分配的详细信息，请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设管脚分配 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.3.2 数/模转换器 (DAC)

ESP32 有 2 个 8-bit DAC 通道，将 2 路数字信号分别转化为 2 个模拟电压信号输出，两个通道可以独立地工作。DAC 电路由内置电阻串和 1 个缓冲器组成。这 2 个 DAC 可以作为参考电压使用。

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 片上传感器与模拟信号处理。

管脚分配

可配置 GPIO 25 和 GPIO 26 管脚用于数模转换。关于管脚分配的详细信息，请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 章节 外设管脚分配 和 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 (GPIO, IO MUX)*。

4.3.3 触摸传感器

ESP32 提供了多达 10 个电容式传感 GPIO，能够探测由手指或其他物品直接接触或接近而产生的电容差异。这种设计的低噪声特性和电路的高灵敏度支持使用相对较小的触摸板。也可以使用触摸板阵列以探测更大区域或更多点

管脚分配

表 15 列出了 10 个电容式传感 GPIO。

表 15: ESP32 上的电容式传感 GPIO

电容式传感信号名称	管脚名称
T0	GPIO4
T1	GPIO0
T2	GPIO2
T3	MTDO
T4	MTCK
T5	MTDI
T6	MTMS
T7	GPIO27
T8	32K_XN
T9	32K_XP

详细信息请参考 《ESP32 技术参考手册》 > 章节 片上传感器与模拟信号处理。

说明：
ESP32 触摸传感器目前尚无法通过射频抗扰度测试系统 (CS) 认证，应用场景有所限制。

5 电气特性

5.1 绝对最大额定值

超出表 16 绝对最大额定值 的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 17 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设备的可靠性。

表 16: 绝对最大额定值

参数	说明	最小值	最大值	单位
VDDA, VDD3P3, VDD3P3_RTC, VDD3P3_CPU, VDD_SDIO[1]	允许输入电压	–0.3	3.6	V
I_{output}[2]	IO 输出总电流	—	1100	mA
T_{STORE}	存储温度	–40	85	°C

[1] 有关芯片的电源域请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 附录 *IO MUX*。

[2] 在 25 °C 的环境温度下连续 24 小时保持所有 IO 管脚拉高并接地，设备工作完全正常。

5.2 建议工作条件

表 17: 建议工作条件

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
VDDA, VDD3P3, VDD3P3_RTC[1], VDD_SDIO[2]	建议输入电压	3.0	3.3	3.6	V
VDD3P3_CPU	建议输入电压	1.8	3.3	3.6	V
I_{VDD}	输入总电流	0.5	—	—	A
T	工作环境温度	–40	—	85	°C

[1] 写 eFuse 时，VDD3P3_RTC 应至少 3.3 V。

[2] VDD_SDIO：

- VDD_SDIO 连接 3.3 V flash/PSRAM 时，由 VDD3P3_RTC 经约 6 Ω 电阻直接供电。因此，VDD_SDIO 相对 VDD3P3_RTC 会有一定电压降。
- VDD_SDIO 也可由外部电源供电。

5.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

表 18: 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_{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}[4]	高电平输出电压		0.8×VDD[1]	—	—	V
V_{OL}[4]	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, 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 (VDD[1] = 3.3 V, V_{OL} = 0.495 V, 管脚输出强度设为最大值)		—	28	—	mA
R_{PU}	上拉电阻		—	45	—	kΩ
R_{PD}	下拉电阻		—	45	—	kΩ
V_{IL_nRST}	CHIP_PU 关闭芯片的低电平输入电压		—	—	0.6	V

[1] VDD 是 I/O 的供电电源，具体请参考 《ESP32 系列芯片技术规格书》 > 附录 *IO MUX*。

[2] VDD3P3_CPU 和 VDD3P3_RTC 电源域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 电源域的单个管脚的拉电流随管脚数量增加而减小，从约 30 减小到约 10 mA。

[4] V_{OH} 和 V_{OL} 为负载是高阻条件下的测量值。

5.4 功耗特性

5.4.1 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 19: Active 模式下 Wi-Fi (2.4 GHz) 功耗特性

工作模式	射频模式	描述	峰值 (mA)
Active（射频工作）	发射 (TX)	802.11b, 1 Mbps, DSSS @ 19.5 dBm	370
		802.11g, 54 Mbps, OFDM @ 14 dBm	270
		802.11n, HT20, MCS7 @ 13 dBm	250
		802.11n, HT40, MCS7 @ 13 dBm	205
	接收 (RX)	802.11b/g/n, HT20	113
		802.11n, HT40	120

5.4.2 不同功耗模式下的功耗

表 20: 不同功耗模式下的功耗

工作模式	描述		功耗典型值
Modem-sleep[1, 2]	CPU 处于工作状态[3]	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[4]		150 μA
	超低功耗传感器监测模式[5]		100 μA @1% 占空比
	RTC 定时器 + RTC 存储器		10 μA
	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		1 μA

1 测量 Modem-sleep 功耗数据时，CPU 处于工作状态，cache 处于 idle 状态。

2 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。

3 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。

4 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。

5 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 μA。

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。射频前端电路为 0 Ω 电阻。

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。

6.1 Wi-Fi 射频 (2.4 GHz)

表 21: 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

6.1.1 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性

表 22: 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, DSSS	—	19.5	—
802.11b, 11 Mbps, CCK	—	19.5	—
802.11g, 6 Mbps, OFDM	—	18.0	—
802.11g, 54 Mbps, OFDM	—	14.0	—
802.11n, HT20, MCS0	—	18.0	—
802.11n, HT20, MCS7	—	13.0	—
802.11n, HT40, MCS0	—	18.0	—
802.11n, HT40, MCS7	—	13.0	—

表 23: 发射 EVM 测试[1]

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	标准限值 (dB)
802.11b, 1 Mbps, DSSS	—	–26.5	–10.0
802.11b, 11 Mbps, CCK	—	–26.5	–10.0
802.11g, 6 Mbps, OFDM	—	–24.0	–5.0
802.11g, 54 Mbps, OFDM	—	–30.0	–25.0
802.11n, HT20, MCS0	—	–24.0	–5.0
802.11n, HT20, MCS7	—	–30.5	–27.0

见下页

表 23 – 接上页

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	标准限值 (dB)
802.11n, HT40, MCS0	—	–24.0	–5.0
802.11n, HT40, MCS7	—	–30.5	–27.0

[1] 发射 EVM 的每个测试项对应的发射功率为表 *22 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性* 中提供的典型值。

6.1.2 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性

802.11b 标准下的误包率 (PER) 不超过 8%，802.11g/n 标准下不超过 10%。

表 24: 接收灵敏度

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11b, 1 Mbps, DSSS	—	–97.0	—
802.11b, 2 Mbps, DSSS	—	–94.0	—
802.11b, 5.5 Mbps, CCK	—	–92.0	—
802.11b, 11 Mbps, CCK	—	–88.0	—
802.11g, 6 Mbps, OFDM	—	–93.0	—
802.11g, 9 Mbps, OFDM	—	–91.0	—
802.11g, 12 Mbps, OFDM	—	–89.0	—
802.11g, 18 Mbps, OFDM	—	–87.0	—
802.11g, 24 Mbps, OFDM	—	–84.0	—
802.11g, 36 Mbps, OFDM	—	–80.0	—
802.11g, 48 Mbps, OFDM	—	–77.0	—
802.11g, 54 Mbps, OFDM	—	–75.0	—
802.11n, HT20, MCS0	—	–92.0	—
802.11n, HT20, MCS1	—	–88.0	—
802.11n, HT20, MCS2	—	–86.0	—
802.11n, HT20, MCS3	—	–83.0	—
802.11n, HT20, MCS4	—	–80.0	—
802.11n, HT20, MCS5	—	–76.0	—
802.11n, HT20, MCS6	—	–74.0	—
802.11n, HT20, MCS7	—	–72.0	—
802.11n, HT40, MCS0	—	–89.0	—
802.11n, HT40, MCS1	—	–85.0	—
802.11n, HT40, MCS2	—	–83.0	—
802.11n, HT40, MCS3	—	–80.0	—
802.11n, HT40, MCS4	—	–76.0	—
802.11n, HT40, MCS5	—	–72.0	—
802.11n, HT40, MCS6	—	–71.0	—
802.11n, HT40, MCS7	—	–69.0	—

表 25: 最大接收电平

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11b, 1 Mbps, DSSS	—	5	—
802.11b, 11 Mbps, CCK	—	5	—
802.11g, 6 Mbps, OFDM	—	0	—
802.11g, 54 Mbps, OFDM	—	–8	—
802.11n, HT20, MCS0	—	0	—
802.11n, HT20, MCS7	—	–8	—
802.11n, HT40, MCS0	—	0	—
802.11n, HT40, MCS7	—	–8	—

表 26: 接收邻道抑制

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	最大值 (dB)
802.11b, 1 Mbps, DSSS	—	35	—
802.11b, 11 Mbps, CCK	—	35	—
802.11g, 6 Mbps, OFDM	—	27	—
802.11g, 54 Mbps, OFDM	—	13	—
802.11n, HT20, MCS0	—	27	—
802.11n, HT20, MCS7	—	12	—
802.11n, HT40, MCS0	—	16	—
802.11n, HT40, MCS7	—	7	—

6.2 蓝牙射频

6.2.1 接收器 - 基础数据率 (BR)

表 27: 接收器特性 - 基础数据率 (BR)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @0.1% BER	—	—	–92	–-	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

见下页

表 27 – 接上页

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
	2500 MHz ~ 3000 MHz	–27	—	—	dBm
	3000 MHz ~ 12.5 GHz	–10	—	—	dBm
互调	—	–36	—	—	dBm

6.2.2 发射器 - 基础数据率 (BR)

表 28: 发射器特性 - 基础数据率 (BR)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
射频发射功率（见表 28 下方说明）	—	—	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 = F0 ± 2 MHz	—	–55	—	dBm
	F = F0 ± 3 MHz	—	–55	—	dBm
	F = F0 ± > 3 MHz	—	–59	—	dBm
$\Delta f1_{\text{avg}}$	—	—	—	155	kHz
$\Delta f2_{\text{max}}$	—	127	—	—	kHz
$\Delta f2_{\text{avg}}/\Delta f1_{\text{avg}}$	—	—	0.92	—	—
ICFT	—	—	–7	—	kHz
漂移速率	—	—	0.7	—	kHz/50 μs
偏移 (DH1)	—	—	6	—	kHz
偏移 (DH5)	—	—	6	—	kHz

说明：
从 0 到 7，共有 8 个功率级别，发射功率范围从–12 dBm 到 9 dBm。功率电平每增加 1 时，发射功率增加 3 dB。默认情况下使用功率级别 4，相应的发射功率为 0 dBm。

6.2.3 接收器 - 增强数据率 (EDR)

表 29: 接收器特性 - 增强数据率 (EDR)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
$\pi/4$ DQPSK					
灵敏度 @0.01% BER	—	—	–92	—	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 = F0 + 1 MHz	—	–7	—	dB
	F = F0 –1 MHz	—	–7	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–25	—	dB
	F = F0 –2 MHz	—	–35	—	dB

见下页

表 29 – 接上页

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
	F = F0 + 3 MHz	—	–25	—	dB
	F = F0 –3 MHz	—	–45	—	dB
8DPSK					
灵敏度 @0.01% BER	—	—	–86	—	dBm
最大接收信号 @0.01% BER	—	—	–5	—	dBm
共信道抑制比 C/I	—	—	18	—	dB
邻道抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	2	—	dB
	F = F0 –1 MHz	—	2	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–25	—	dB
	F = F0 –2 MHz	—	–25	—	dB
	F = F0 + 3 MHz	—	–25	—	dB
	F = F0 –3 MHz	—	–38	—	dB

6.2.4 发射器 - 增强数据率 (EDR)

表 30: 发射器特性 - 增强数据率 (EDR)

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
射频发射功率（见表 28 下方说明）	—	—	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
8DPSK max w0	—	—	0.7	—	kHz
8DPSK max wi	—	—	–9.6	—	kHz
8DPSK max |wi + w0|	—	—	–10	—	kHz
$\pi/4$ DQPSK 调制精度	RMS DEVM	—	4.28	—	%
	99% DEVM	—	100	—	%
	Peak DEVM	—	13.3	—	%
8 DPSK 调制精度	RMS DEVM	—	5.8	—	%
	99% DEVM	—	100	—	%
	Peak DEVM	—	14	—	%
带内杂散发射	F = F0 ± 1 MHz	—	–46	—	dBm
	F = F0 ± 2 MHz	—	–44	—	dBm
	F = F0 ± 3 MHz	—	–49	—	dBm
	F = F0 +/–> 3 MHz	—	—	–53	dBm
EDR 差分相位编码	—	—	100	—	%

6.3 低功耗蓝牙射频

表 31: 低功耗蓝牙射频规格

名称	描述
工作信道中心频率范围	2402 ~ 2480 MHz
射频发射功率范围	–12.0 ~ 9.0 dBm

6.3.1 低功耗蓝牙射频发射器 (TX) 特性

表 32: 低功耗蓝牙 - 发射器特性

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
载波频率偏移和漂移	Max. $\|f_n\|_{n=0, 1, 2, 3, \ldots k}$	—	2.2	—	kHz
	Max. $\|f_0 - f_n\|_{n=2, 3, 4, \ldots k}$	—	1.3	—	kHz
	Max. $\|f_n - f_{n-5}\|_{n=6, 7, 8, \ldots k}$	—	1.5	—	kHz
	$\|f_1 - f_0\|$	—	0.6	—	kHz
调制特性	$\Delta\ F1_{\text{avg}}$	—	247.5	—	kHz
	Min. $\Delta\ F2_{\text{max}}$ (至少 99.9% 的 $\Delta\ F2_{\text{max}}$)	—	206.0	—	kHz
	$\Delta\ F2_{\text{avg}}/\Delta\ F1_{\text{avg}}$	—	0.86	—	—
带内发射	± 2 MHz 偏移	—	–55	—	dBm
	± 3 MHz 偏移	—	–57	—	dBm
	> ± 3 MHz 偏移	—	–59	—	dBm

6.3.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性

表 33: 低功耗蓝牙 - 接收器特性

参数		描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER		—	—	–96.5	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER		—	—	5	—	dBm
接收选择性 C/I	共信道	F = F0 MHz	—	10	—	dB
	相邻信道	F = F0 + 1 MHz	—	2	—	dB
		F = F0 – 1 MHz	—	4	—	dB
		F = F0 + 2 MHz	—	–21	—	dB
		F = F0 – 2 MHz	—	–20	—	dB
		F = F0 + 3 MHz	—	–32	—	dB
		F = F0 – 3 MHz	—	–45	—	dB
		F $\geq$ F0 + 4 MHz	—	–29	—	dB
		F $\leq$ F0 – 4 MHz	—	–40	—	dB
	镜像频率	—	—	–29	—	dB
	邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–29	—	dB
		F = F_{image} – 1 MHz	—	–32	—	dB

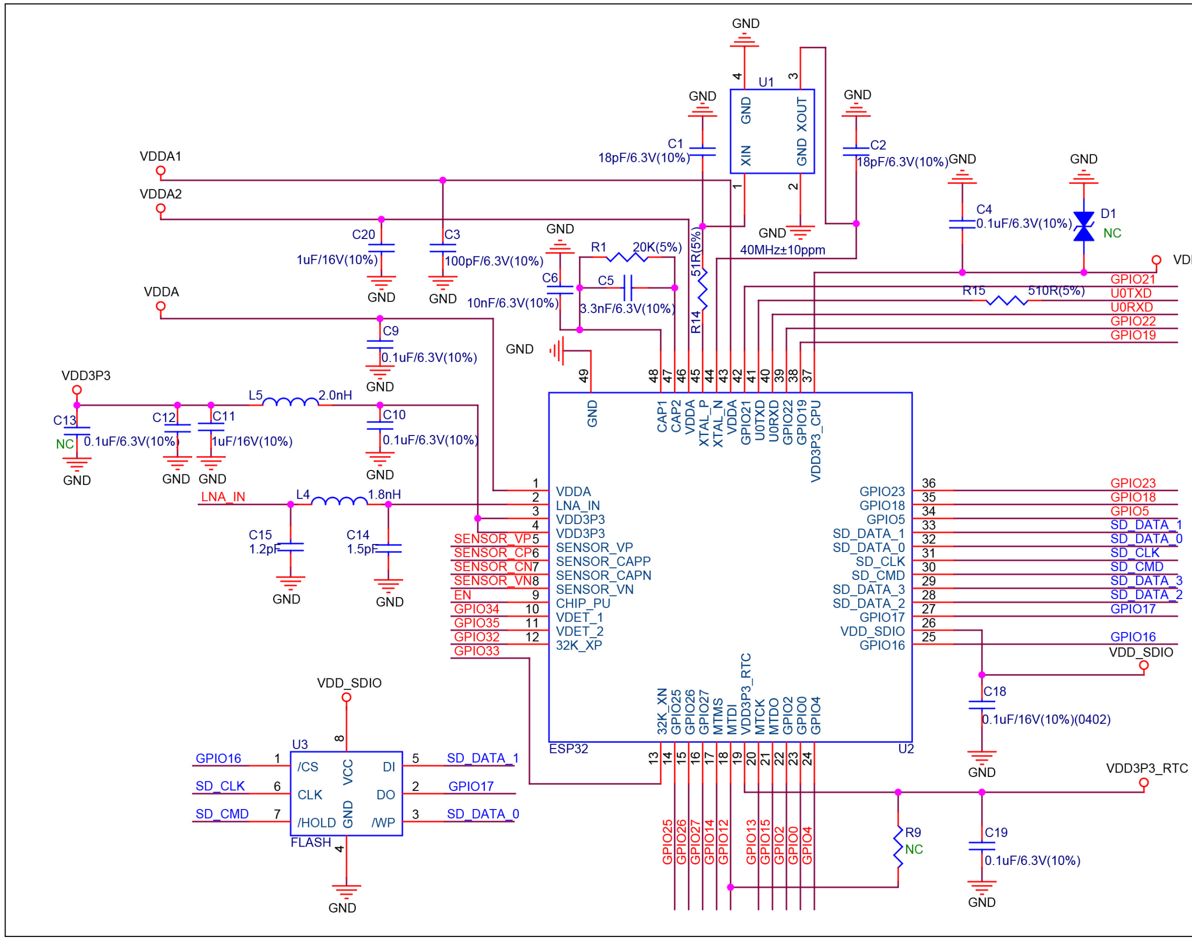
见下页

表 33 – 接上页

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
带外阻塞	30 MHz ~ 2000 MHz	—	–10	—	dBm
	2003 MHz ~ 2399 MHz	—	–27	—	dBm
	2484 MHz ~ 2997 MHz	—	–27	—	dBm
	3000 MHz ~ 12.75 GHz	—	–10	—	dBm
互调	—	—	–36	—	dBm

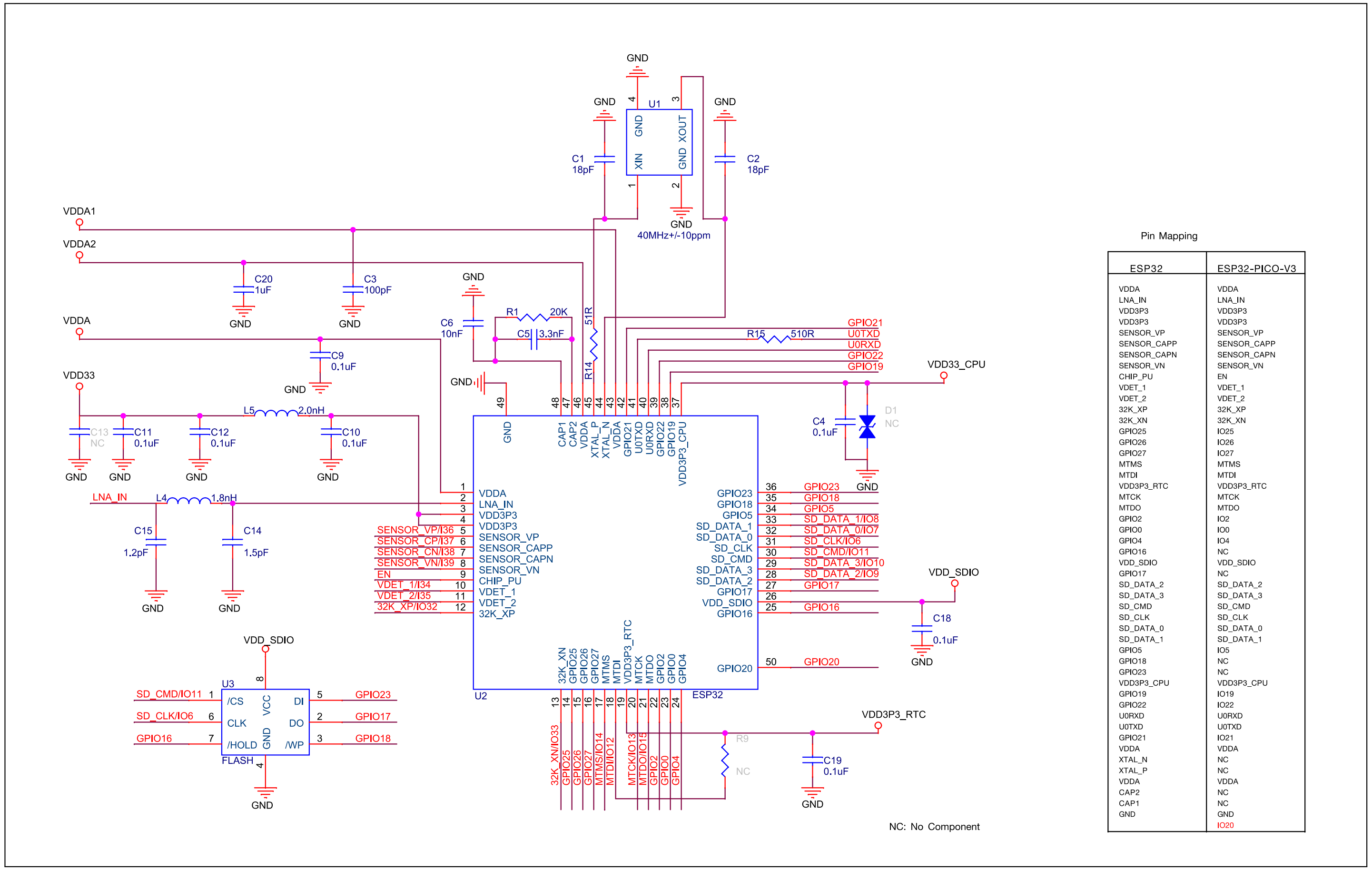
7 原理图

本章节提供 ESP32-PICO 系列产品的内部元件的电路图。



No.	ESP32	ESP32-PICO-D4
1	VDDA	VDDA
2	LNA_IN	LNA_IN
3	VDD3P3	VDDA3P3
4	VDD3P3	VDDA3P3
5	SENSOR_VP	SENSOR_VP
6	SENSOR_CAPP	SENSOR_CAPP
7	SENSOR_CAPN	SENSOR_CAPN
8	SENSOR_VN	SENSOR_VN
9	CHIP_PU	EN
10	VDET_1	IO34
11	VDET_2	IO35
12	32K_XP	IO32
13	32K_XN	IO33
14	GPIO25	IO25
15	GPIO26	IO26
16	GPIO27	IO27
17	MTMS	IO14
18	MTDI	IO12
19	VDD3P3_RTC	VDD3P3_RTC
20	MTCK	IO13
21	MTDO	IO15
22	GPIO2	IO2
23	GPIO0	IO0
24	GPIO4	IO4
25	GPIO16	IO16
26	VDD_SDIO	VDD_SDIO
27	GPIO17	IO17
28	SD_DATA_2	SD2
29	SD_DATA_3	SD3
30	SD_CMD	CMD
31	SD_CLK	CLK
32	SD_DATA_0	SD0
33	SD_DATA_1	SD1
34	GPIO5	IO5
35	GPIO18	IO18
36	GPIO23	IO23
37	VDD3P3_CPU	VDD3P3_CPU
38	GPIO19	IO19
39	GPIO22	IO22
40	U0RXD	U0RXD
41	U0TXD	U0TXD
42	GPIO21	IO21
43	VDDA	VDDA
44	XTAL_N	XTAL_N_NC
45	XTAL_P	XTAL_P_NC
46	VDDA	VDDA
47	CAP2	CAP2_NC
48	CAP1	CAP1_NC
49	GND	GND

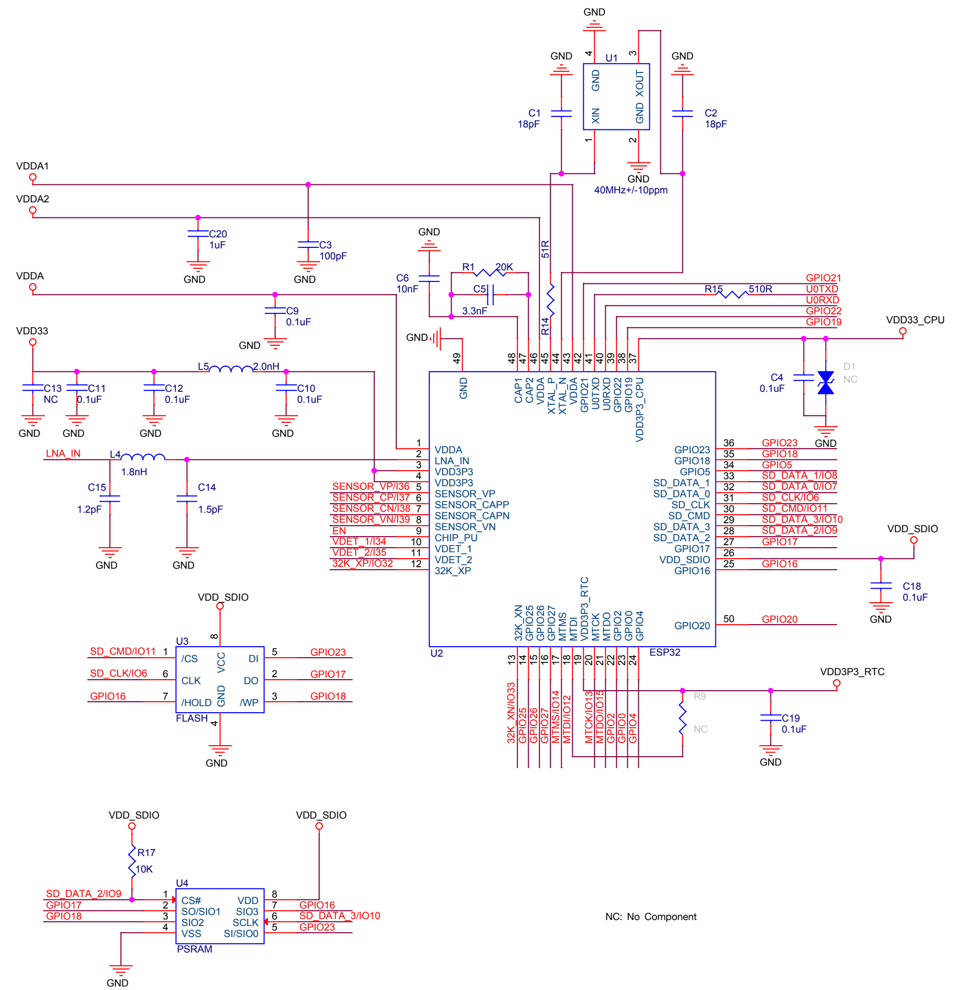
图 7: ESP32-PICO-D4 原理图



Pin Mapping

ESP32	ESP32-PICO-V3
VDDA	VDDA
LNA_IN	LNA_IN
VDD3P3	VDD3P3
VDD3P3	VDD3P3
SENSOR_VP	SENSOR_VP
SENSOR_CAPP	SENSOR_CAPP
SENSOR_CAPN	SENSOR_CAPN
SENSOR_VN	SENSOR_VN
CHIP_PU	EN
VDET_1	VDET_1
VDET_2	VDET_2
32K_XP	32K_XP
32K_XN	32K_XN
GPIO25	IO25
GPIO26	IO26
GPIO27	IO27
MTMS	MTMS
MTDI	MTDI
VDD3P3_RTC	VDD3P3_RTC
MTCK	MTCK
MTDO	MTDO
GPIO2	IO2
GPIO0	IO0
GPIO4	IO4
GPIO16	NC
VDD_SDIO	VDD_SDIO
GPIO17	NC
SD_DATA_2	SD_DATA_2
SD_DATA_3	SD_DATA_3
SD_CMD	SD_CMD
SD_CLK	SD_CLK
SD_DATA_0	SD_DATA_0
SD_DATA_1	SD_DATA_1
GPIO5	IO5
GPIO18	NC
GPIO23	NC
VDD3P3_CPU	VDD3P3_CPU
GPIO19	IO19
GPIO22	IO22
U0RXD	U0RXD
U0TXD	U0TXD
GPIO21	IO21
VDDA	VDDA
XTAL_N	NC
XTAL_P	NC
VDDA	VDDA
CAP2	NC
CAP1	NC
GND	GND
	IO20

图 8: ESP32-PICO-V3 原理图



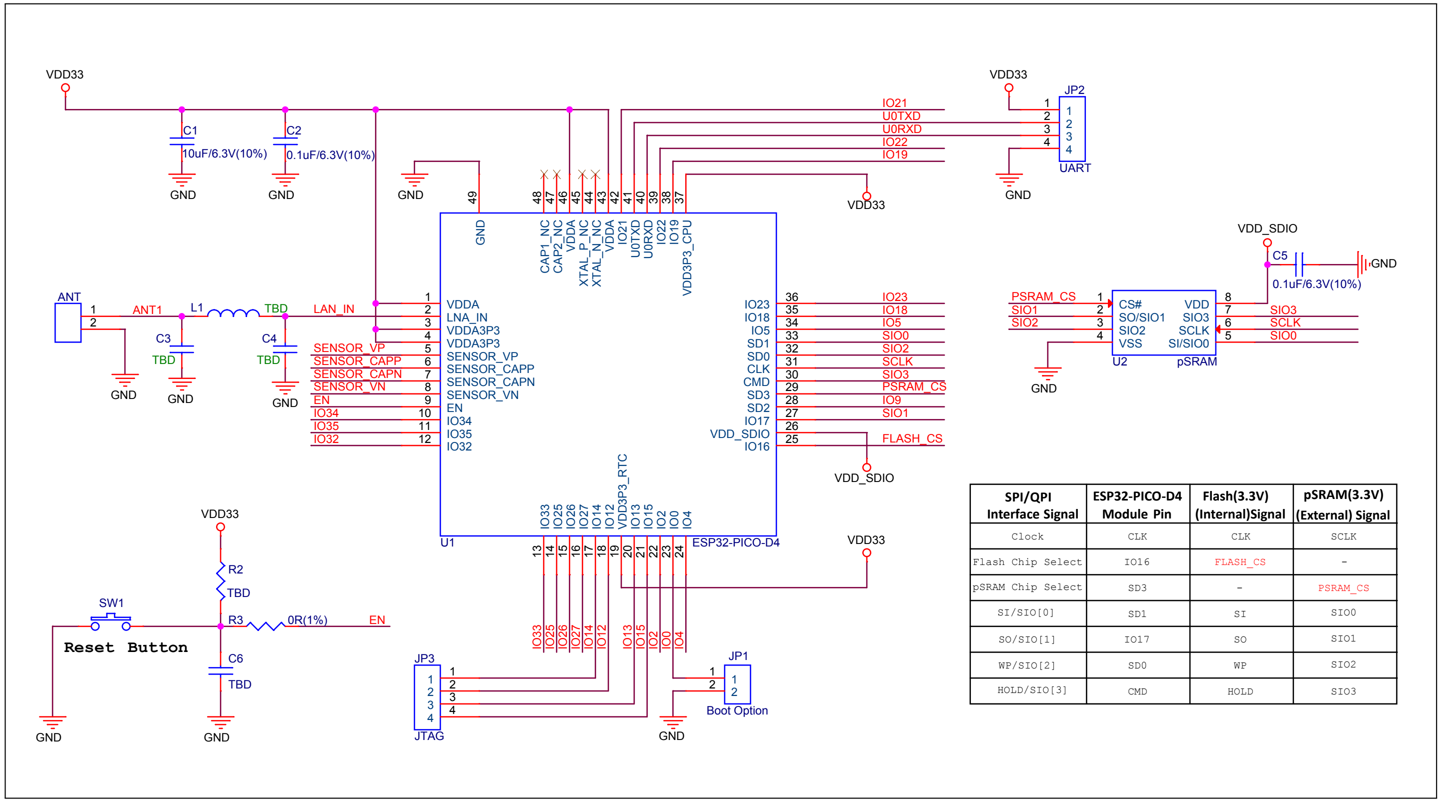
Pin Mapping

ESP32	ESP32-PICO-V3-02
VDDA	VDDA
LNA_IN	LNA_IN
VDD3P3	VDD3P3
VDD3P3	VDD3P3
SENSOR_VP	SENSOR_VP
SENSOR_CAPP	SENSOR_CAPP
SENSOR_CAPN	SENSOR_CAPN
SENSOR_VN	SENSOR_VN
CHIP_PU	EN
VDET_1	VDET_1
VDET_2	VDET_2
32K_XP	32K_XP
32K_XN	32K_XN
GPIO25	IO25
GPIO26	IO26
GPIO27	IO27
MTMS	MTMS
MTDI	MTDI
VDD3P3_RTC	VDD3P3_RTC
MTCK	MTCK
MTDO	MTDO
GPIO2	IO2
GPIO0	IO0
GPIO4	IO4
GPIO16	NC
VDD_SDIO	VDD_SDIO
GPIO17	NC
SD_DATA_2	SD_DATA_2
SD_DATA_3	SD_DATA_3
SD_CMD	SD_CMD
SD_CLK	SD_CLK
SD_DATA_0	SD_DATA_0
SD_DATA_1	SD_DATA_1
GPIO5	IO5
GPIO18	NC
GPIO23	NC
VDD3P3_CPU	VDD3P3_CPU
GPIO19	IO19
GPIO22	IO22
U0RXD	U0RXD
U0TXD	U0TXD
GPIO21	IO21
VDDA	VDDA
XTAL_N	NC
XTAL_P	NC
VDDA	VDDA
CAP2	NC
CAP1	NC
GND	GND
	IO20

图 9: ESP32-PICO-V3-02 原理图

8 外围设计原理图

本章节提供 ESP32-PICO 系列产品与外围器件（如电源、天线、复位按钮、JTAG 接口、UART 接口等）连接的应用电路图。



SPI/QPI Interface Signal	ESP32-PICO-D4 Module Pin	Flash(3.3V) (Internal)Signal	pSRAM(3.3V) (External) Signal
Clock	CLK	CLK	SCLK
Flash Chip Select	IO16	FLASH_CS	-
pSRAM Chip Select	SD3	-	PSRAM_CS
SI/SIO[0]	SD1	SI	SIO0
SO/SIO[1]	IO17	SO	SIO1
WP/SIO[2]	SD0	WP	SIO2
HOLD/SIO[3]	CMD	HOLD	SIO3

图 10: ESP32-PICO-D4 外围设计原理图

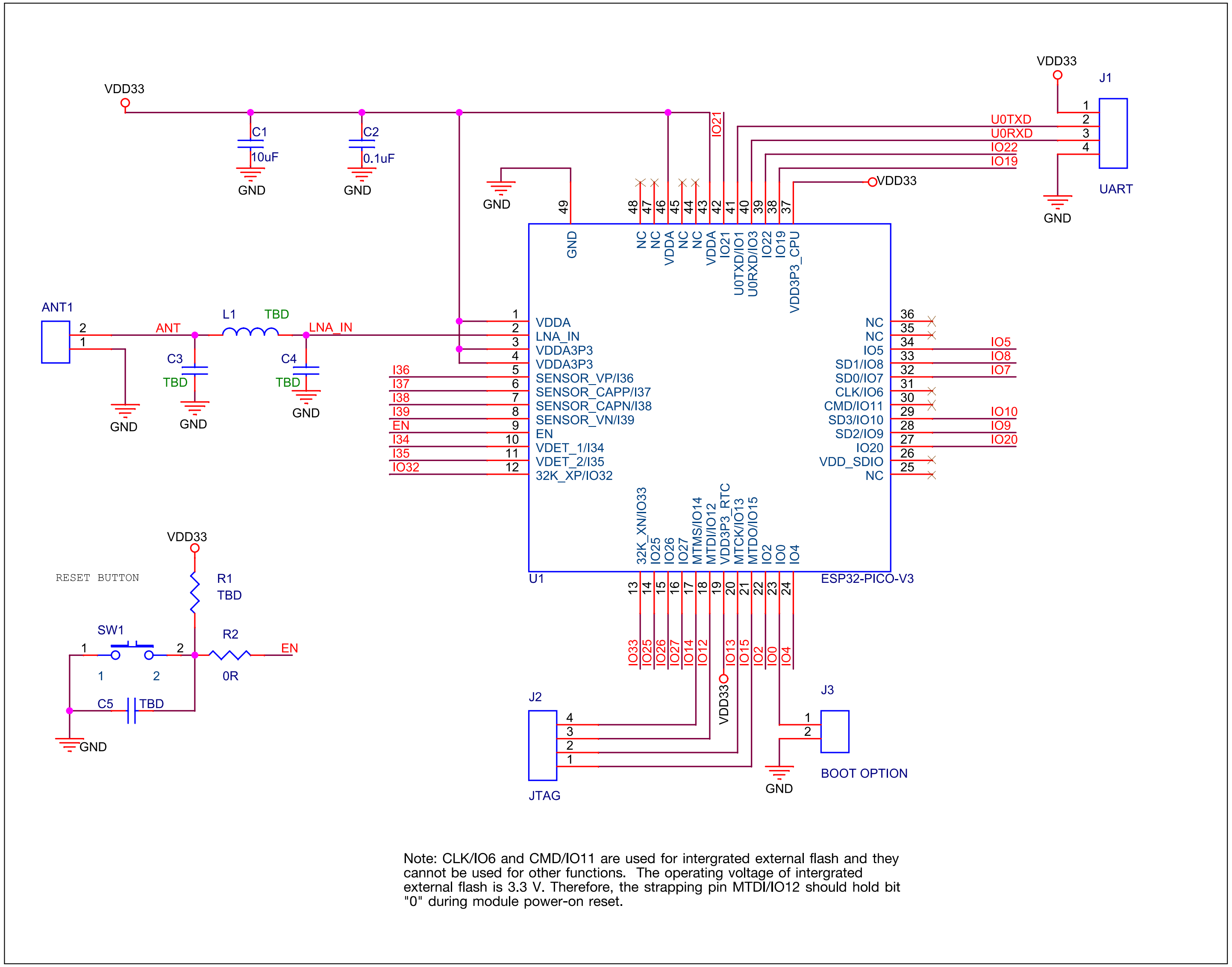


图 11: ESP32-PICO-V3 外围设计原理图

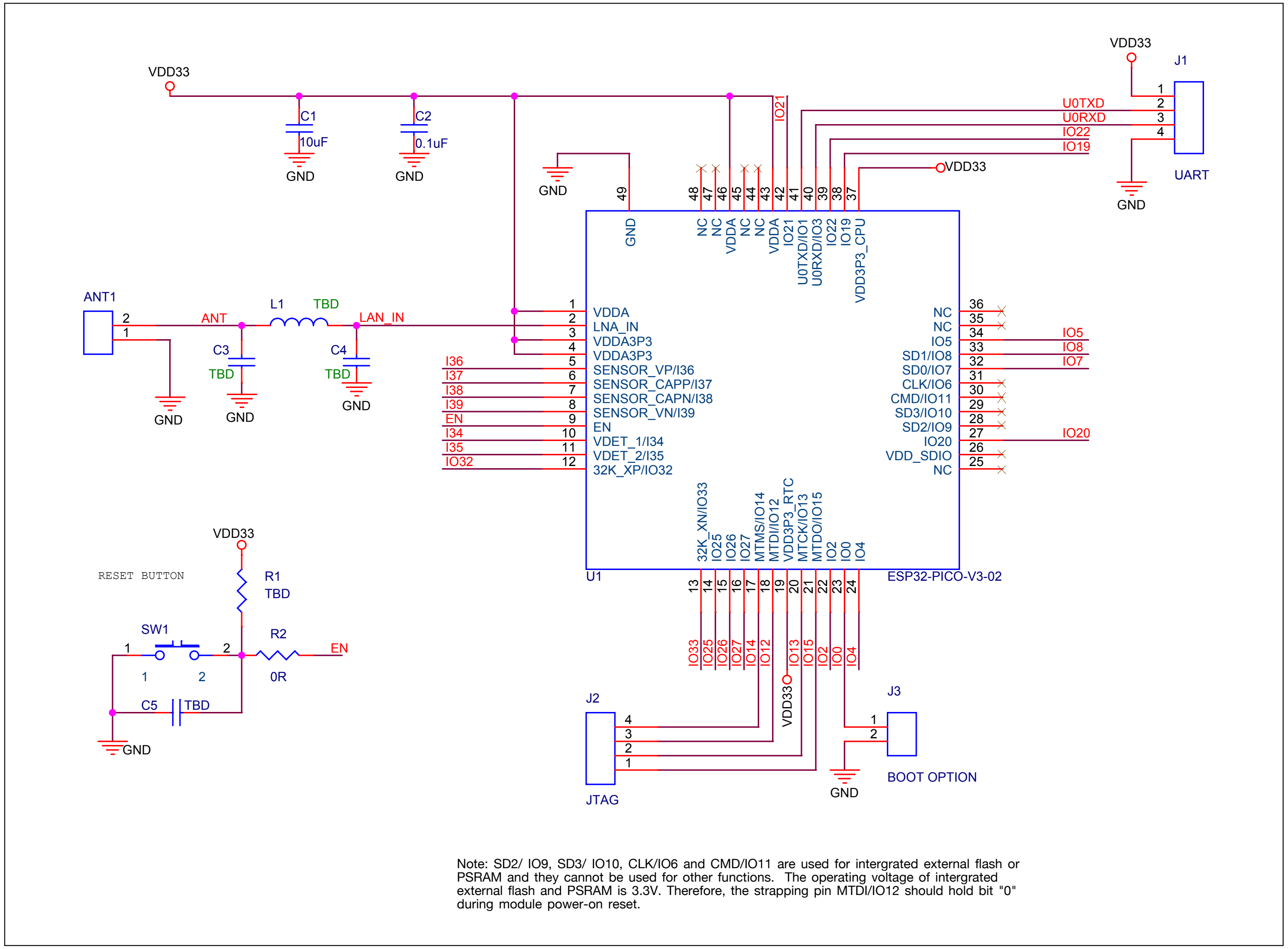
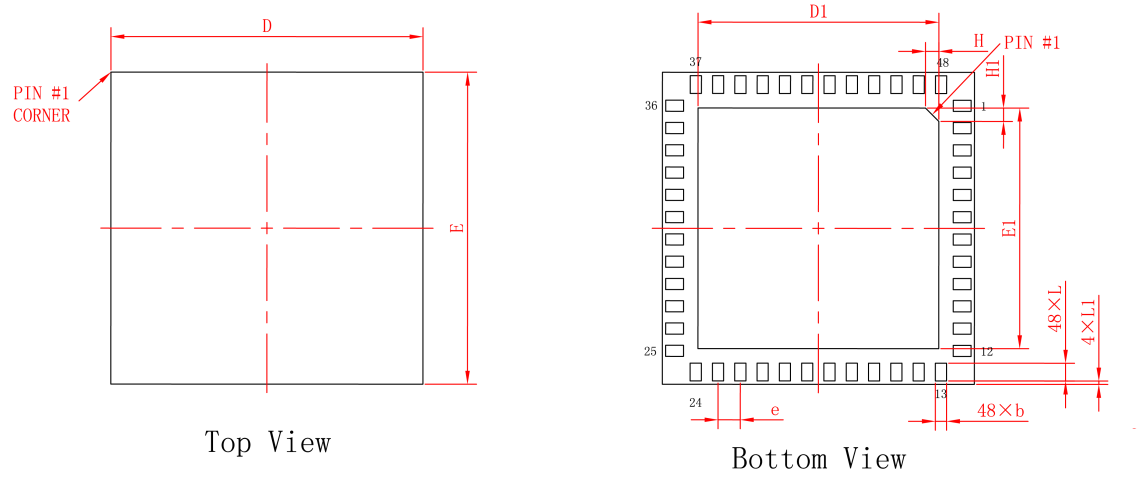


图 12: ESP32-PICO-V3-02 外围设计原理图

> **说明：**
>
> 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 = 1 μF，但具体数值仍需根据 ESP32-PICO 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 系列芯片技术规格书》> 章节 电源管理。

9 封装

- 有关卷带、载盘和产品标签的信息，请参阅 《ESP32 模组包装信息》。
- 俯视图中，芯片管脚从 Pin 1 位置开始按逆时针方向编号。关于管脚序号和名称的详细信息，请参考章节 2.1 ESP32-PICO-D4。



symbol	Dimension in mm			Dimension in inch		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	0.840	0.940	1.040	0.033	0.037	0.041
c	0.220	0.260	0.300	0.009	0.010	0.012
D	6.900	7.000	7.100	0.272	0.276	0.280
E	6.900	7.000	7.100	0.272	0.276	0.280
D1	5.300	5.400	5.500	0.209	0.213	0.217
E1	5.300	5.400	5.500	0.209	0.213	0.217
H	--	0.300	--	--	0.012	--
H1	--	0.300	--	--	0.012	--
L	0.325	0.400	0.475	0.013	0.016	0.019
L1	0.000	0.075	0.150	0.000	0.003	0.006
e	--	0.500	--	--	0.020	--
b	0.200	0.250	0.300	0.008	0.010	0.012

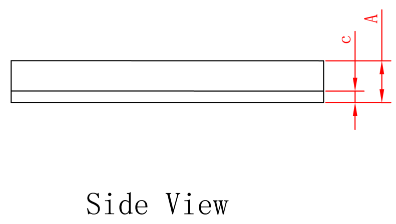


图 13: ESP32-PICO-D4 封装

symbol	Dimension in mm			Dimension in inch		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	0.840	0.940	1.040	0.033	0.037	0.041
c	0.220	0.260	0.300	0.009	0.010	0.012
D	6.900	7.000	7.100	0.272	0.276	0.280
E	6.900	7.000	7.100	0.272	0.276	0.280
D1	4.850	4.950	5.050	0.191	0.195	0.199
E1	4.850	4.950	5.050	0.191	0.195	0.199
H	---	0.300	---	---	0.012	---
H1	---	0.300	---	---	0.012	---
L	0.325	0.400	0.475	0.013	0.016	0.019
L1	0.000	0.075	0.150	0.000	0.003	0.006
L2	0.950	1.025	1.100	0.037	0.040	0.043
L3	0.950	1.025	1.100	0.037	0.040	0.043
e	---	0.500	---	---	0.020	---
b	0.200	0.250	0.300	0.008	0.010	0.012
aaa	0.100			0.004		
bbb	0.150			0.006		
ccc	0.100			0.004		
ddd	0.050			0.002		
eee	0.150			0.006		

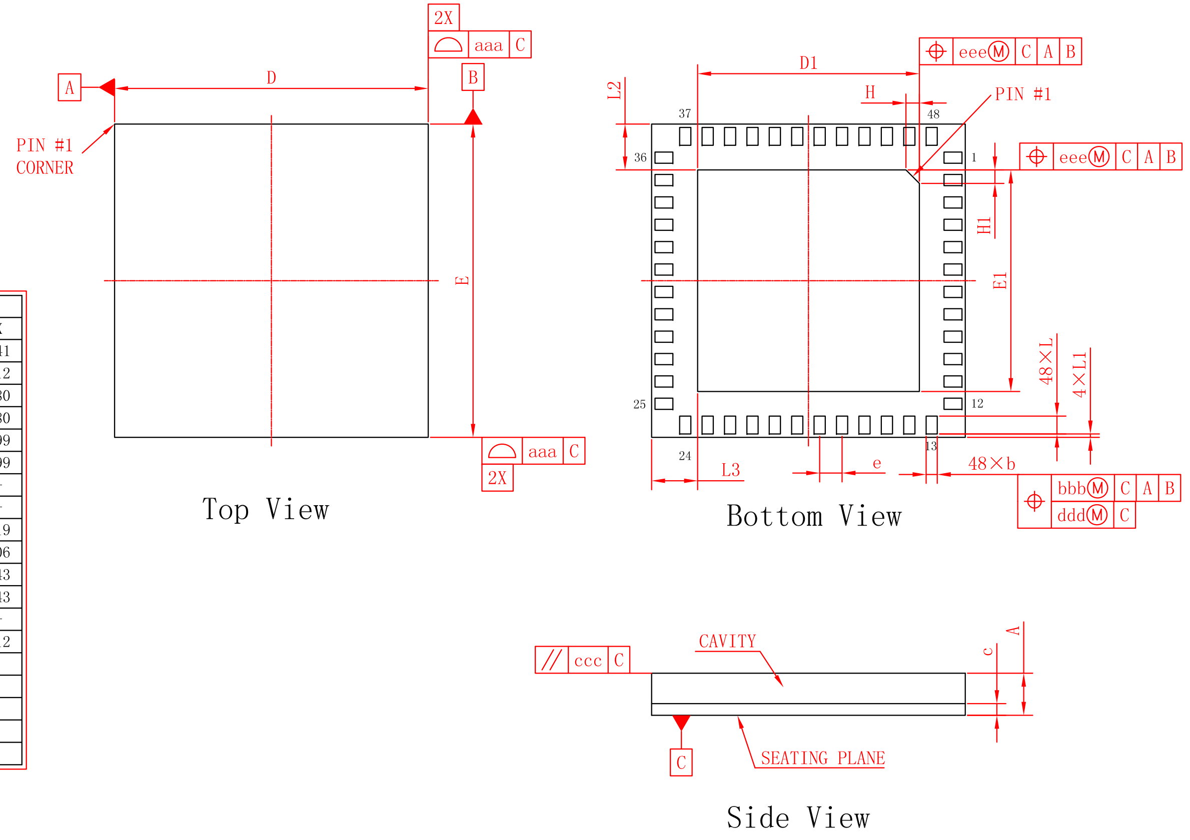


图 14: ESP32-PICO-V3 封装

symbol	Dimension in mm			Dimension in inch		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	1.010	1.110	1.210	0.040	0.044	0.048
c	0.220	0.260	0.300	0.009	0.010	0.012
D	6.900	7.000	7.100	0.272	0.276	0.280
E	6.900	7.000	7.100	0.272	0.276	0.280
D1	4.850	4.950	5.050	0.191	0.195	0.199
E1	4.850	4.950	5.050	0.191	0.195	0.199
H	---	0.300	---	---	0.012	---
H1	---	0.300	---	---	0.012	---
L	0.325	0.400	0.475	0.013	0.016	0.019
L1	0.000	0.075	0.150	0.000	0.003	0.006
L2	0.950	1.025	1.100	0.037	0.040	0.043
L3	0.950	1.025	1.100	0.037	0.040	0.043
e	---	0.500	---	---	0.020	---
b	0.200	0.250	0.300	0.008	0.010	0.012
aaa		0.100			0.004	
bbb		0.150			0.006	
ccc		0.100			0.004	
ddd		0.050			0.002	
eee		0.150			0.006	

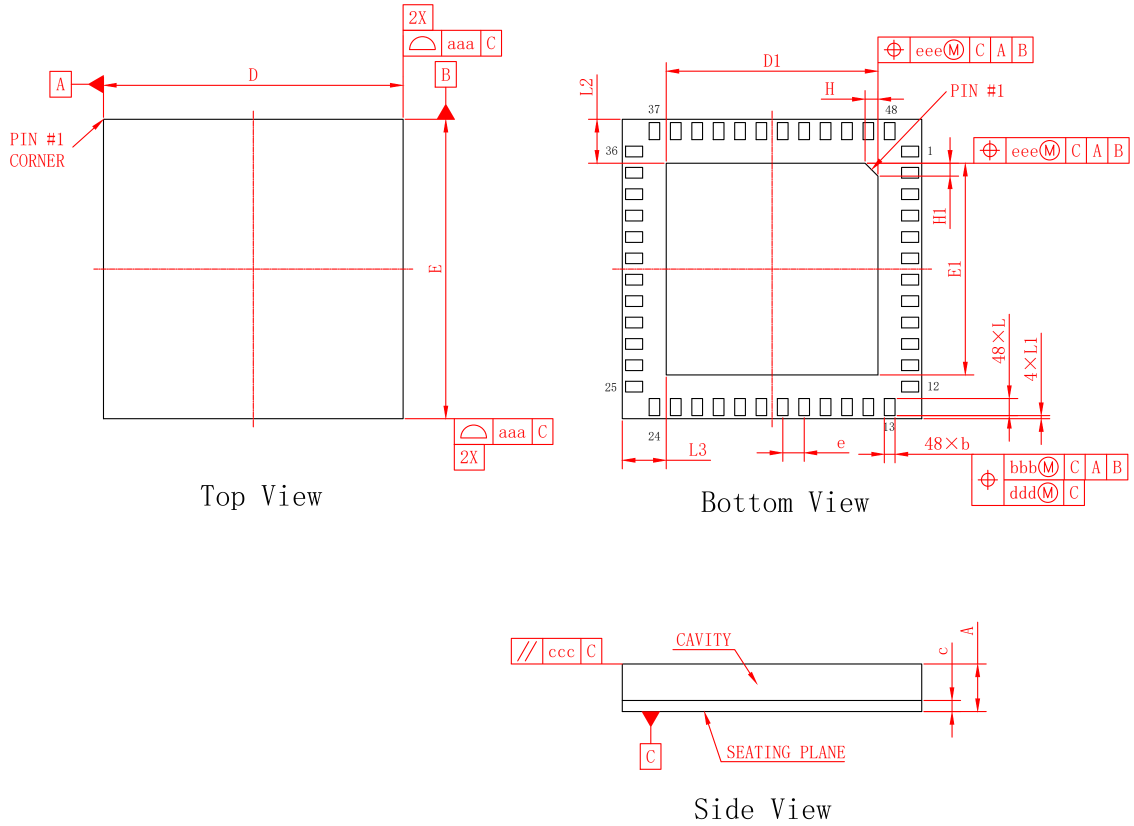


图 15: ESP32-PICO-V3-02 封装

10 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 16 *ESP32-PICO PCB 封装图形*。
- 推荐 PCB 封装图的源文件，用于测量图 16 中未标注的尺寸。您可用 Autodesk Viewer 查看 ESP32-PICO-D4、ESP32-PICO-V3、ESP2-PICO-V3-02 的封装图源文件。

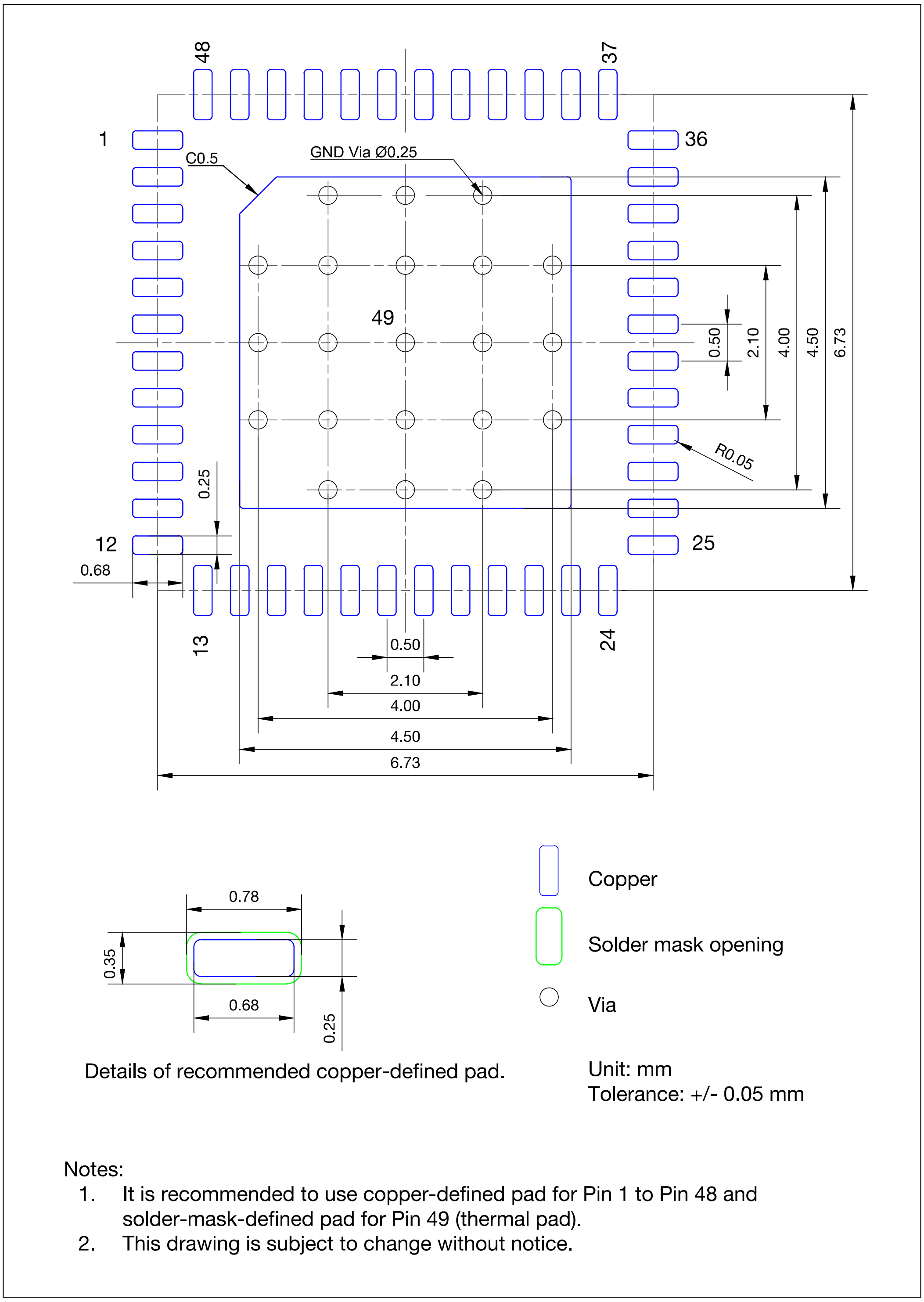


图 16: ESP32-PICO PCB 封装图形

11 ESP32-PICO PCB 模版

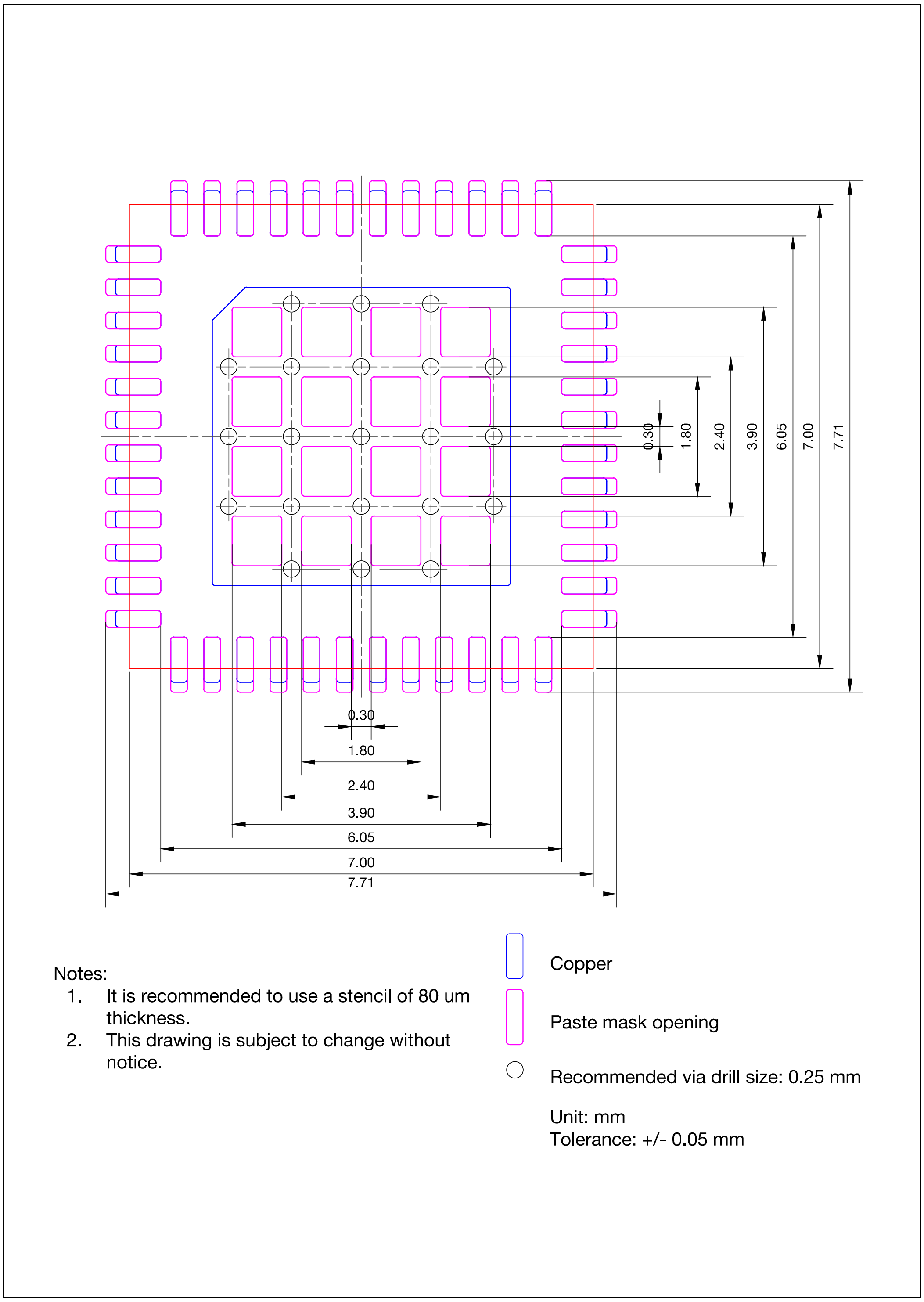


图 17: ESP32-PICO PCB 模版

12 超声波振动

请避免将产品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产品内部的晶振产生共振，导致晶振故障甚至失灵，**进而致使产品无法工作或性能退化**。

13 迁移指南

当从较旧的 ESP32-PICO 型号迁移到较新的 ESP32-PICO 型号时，有些软件和硬件方面的差异需要注意。

13.1 从 ESP32-PICO-D4 迁移到 ESP32-PICO-V3

ESP32-PICO-D4 是 ESP32-PICO 系列的第一款产品，采用 ESP32 v1.0 或 v1.1 芯片版本。ESP32-PICO-V3 则采用较新的芯片版本（v3.0 或 v3.1）。有关 ESP32 v3.0 芯片版本与其他芯片版本的差异，请参阅《ESP32 芯片版本 v3.0 使用指南》。

ESP32-PICO-D4 与 ESP32-PICO-V3 的管脚并非 1:1 兼容。有关管脚布局和功能的差异，请参阅章节 2.4 ESP32-PICO 系列型号管脚兼容性。

ESP32-PICO-D4 和 ESP32-PICO-V3 都带有封装内 flash。ESP32-PICO-D4 可以连接外部 PSRAM，但 ESP32-PICO-V3 不支持连接外部 PSRAM。

从 ESP32-PICO-D4 升级到 ESP32-PICO-V3 后，应重新进行 EMC 合规性和 RF 性能测试。

13.2 从 ESP32-PICO-V3 迁移到 ESP32-PICO-V3-02

ESP32-PICO-V3-02 是 ESP32-PICO-V3 的内存升级版。ESP32-PICO-V3-02 带有封装内 flash 和 PSRAM，而 ESP32-PICO-V3 仅有 flash。这两款型号都不支持连接外部 PSRAM。

ESP32-PICO-V3-02 与 ESP32-PICO-V3 的管脚基本兼容，因此产品迁移仅需要很少改动。有关管脚布局和功能的差异，请参阅章节 2.4 ESP32-PICO 系列型号管脚兼容性。

从 ESP32-PICO-V3 升级到 ESP32-PICO-V3-02 后，应重新进行 EMC 合规性和 RF 性能测试。

13.3 总结

综上所述，在迁移 ESP32-PICO 型号时，需要很少或不需要进行硬件和软件更改。如果您在迁移过程中遇到任何问题，请联系技术支持。

相关文档和资源

相关文档

- 《ESP32 技术规格书》 – 提供 ESP32 芯片的硬件技术规格。
- 《ESP32 技术参考手册》 – 提供 ESP32 芯片的存储器和外设的详细使用说明。
- 《ESP32 硬件设计指南》 – 提供基于 ESP32 芯片的产品设计规范。
- 《ESP32 勘误表及解决办法》 – 提供关于 ESP32 芯片的设计问题的说明和解决方案。
- 《ESP32 系列芯片勘误表》 – 描述 ESP32 系列芯片的已知错误。
- 证书
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/certificates
- ESP32 产品/工艺变更通知 (PCN)
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/pcns
- ESP32 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
- 文档更新和订阅通知
  https://espressif.com/zh-hans/support/download/documents

开发者社区

- 《ESP32 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

- ESP32 系列芯片 – ESP32 全系列芯片。
  https://espressif.com/zh-hans/products/socs?id=ESP32
- ESP32 系列模组 – ESP32 全系列模组。
  https://espressif.com/zh-hans/products/modules?id=ESP32
- ESP32 系列开发板 – ESP32 全系列开发板。
  https://espressif.com/zh-hans/products/devkits?id=ESP32
- 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

<table>
<tr><th>日期</th><th>版本</th><th>发布说明</th></tr>
<tr><td>2025-01-17</td><td>v1.1</td><td>

优化以下章节的格式、结构和表述：

更新章节 特性
更新章节 2 管脚
更新章节 3 启动配置项（曾用名 “Strapping 管脚”）
新增章节 4 外设

修正表 7 中关于 GPIO11 的笔误
标注 ESP32-PICO-D4 型号为 不推荐用于新设计 (NRND)

</td></tr>
<tr><td>2023-12-5</td><td>v1.0</td><td>
将单独的 ESP32-PICO 各型号技术规格书合并成一个文档。合并过程中，对文档进行了一些修改和润色。重要的修改包括：

新增章节 2.4 ESP32-PICO 系列型号管脚兼容性
新增章节 12 超声波振动
新增章节 13 迁移指南

如果您需要查看各型号的历史版本规格书，请提交文档反馈。
</td></tr>
</table>