

ESP32-S3

技术规格书

2.4 GHz Wi-Fi + 低功耗蓝牙 SoC

支持 IEEE 802.11 b/g/n 和 Bluetooth 5

包括：

ESP32-S3

ESP32-S3FN8

ESP32-S3R2

ESP32-S3R8

ESP32-S3R8V



预发版本 0.4.1
乐鑫信息科技
版权 © 2021

产品概述

ESP32-S3 是一款低功耗的 MCU 系统级芯片 (SoC)，集成 2.4 GHz Wi-Fi 和低功耗蓝牙 (Bluetooth® LE) 双模无线通信，具有：

- 完整的 Wi-Fi 子系统，符合 IEEE 802.11b/g/n 协议，具有 Station、SoftAP 和 SoftAP + Station 混杂三种模式
- 低功耗蓝牙子系统，支持 Bluetooth 5 和 Bluetooth mesh
- Xtensa® 32 位 LX7 双核处理器，五级流水线架构，主频高达 240 MHz
 - 高达 128 位的数据总线位宽及专用的 SIMD 指令提供优越的运算性能
 - 高效的 L1 缓存提高外部存储器的执行性能
- 高集成度的射频模块，提供行业领先的功耗和射频性能
- 卓越的低功耗管理，针对不同应用场景提供灵活的功耗模式调节，ULP 低功耗协处理器可在超低功耗状态下运行
- 强大的存储功能，内置 512 KB SRAM、384 KB ROM 存储空间，并支持以 SPI、Dual SPI、Quad SPI、Octal SPI、QPI、OPI 等接口形式连接 flash 和片外 RAM
- 完善的安全机制
 - 硬件加密加速器支持 AES-128/256、Hash、RSA、HMAC、数字签名和安全启动
 - 集成真随机数发生器
 - 支持片上及片外存储器的访问权限管理
 - 支持片外存储器加解密功能
- 丰富的通信接口及 GPIO 管脚，可支持多种场景及复杂的应用

功能框图

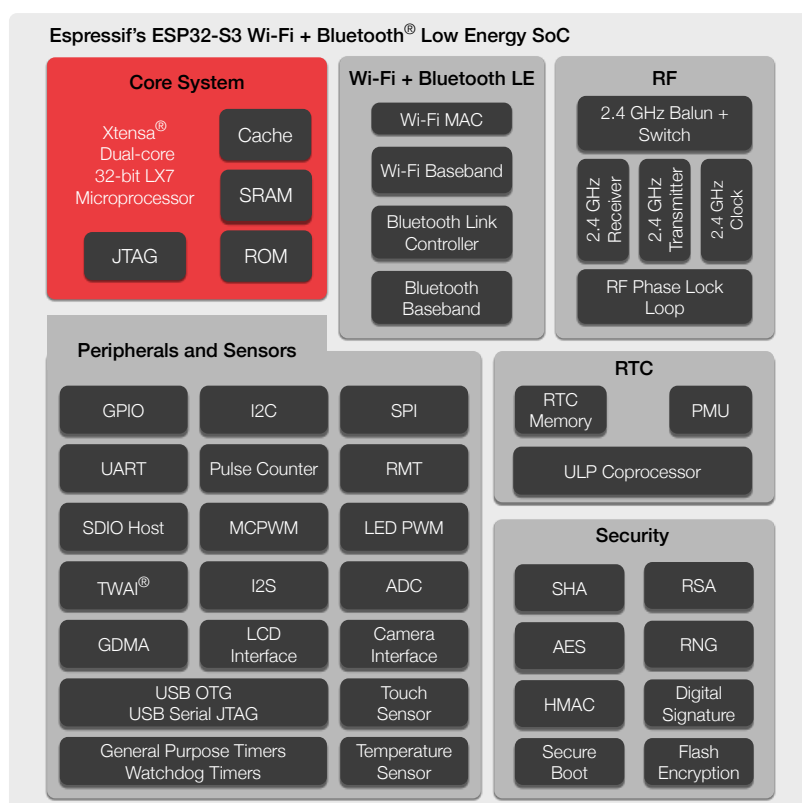


图 1: 功能框图

产品特性

Wi-Fi

- 支持 IEEE 802.11 b/g/n 协议
- 在 2.4 GHz 频带支持 20 MHz 和 40 MHz 频宽
- 支持 1T1R 模式，数据速率高达 150 Mbps
- 无线多媒体 (WMM)
- 帧聚合 (TX/RX A-MPDU, RX A-MSDU)
- 立即块确认 (Immediate Block ACK)
- 分片和重组 (Fragmentation/defragmentation)
- Beacon 自动监测 (硬件 TSF)
- 4 × 虚拟 Wi-Fi 接口
- 同时支持基础结构型网络 (Infrastructure BSS) Station 模式、SoftAP 模式和 Station + SoftAP 混杂模式
请注意 ESP32-S3 在 Station 模式下扫描时，SoftAP 信道会同时改变
- 天线分集
- 802.11 mc FTM

蓝牙

- 低功耗蓝牙 (Bluetooth LE): Bluetooth 5、Bluetooth mesh
- 2 Mbps PHY
- 远距离模式 (Long Range)
- 广播扩展 (Advertising Extensions)
- 多广播 (Multiple Advertisement Sets)
- 信道选择 (Channel Selection Algorithm #2)

CPU 和存储

- Xtensa® 32 位 LX7 双核处理器，主频高达 240 MHz
- 128 位数据总线位宽，支持 SIMD 指令
- 384 KB ROM
- 512 KB SRAM
- 16 KB RTC SRAM
- SPI、Dual SPI、Quad SPI、Octal SPI、QPI、OPI 接口外接多个 flash 和片外 RAM

高级外设接口和传感器

- 45 × GPIO 口
- 数字接口：
 - 4 × SPI
 - 1 × LCD 接口 (8 位 ~16 位并行 RGB, I8080, MOTO6800)，支持 RGB565, YUV422, YUV420, YUV411 之间的互相转换
 - 1 × DVP 8 位 ~16 位摄像头接口
 - 3 × UART
 - 2 × I2C
 - 2 × I2S
 - 1 × RMT (TX/RX)
 - 1 × 脉冲计数器
 - LED PWM 控制器，多达 8 个通道
 - 1 × 全速 USB OTG
 - 1 × USB Serial/JTAG 控制器
 - 2 × MCPWM
 - 2 × SDIO 主机接口
 - DMA 控制器，5 个接收通道和 5 个发送通道
 - 1 × TWAI® 控制器 (兼容 ISO11898-1)
- 模拟接口：
 - 2 × 12 位 SAR ADC，多达 20 个通道
 - 1 × 温度传感器
 - 14 × 电容式传感 GPIO
- 定时器：
 - 4 × 54 位通用定时器
 - 3 × 看门狗定时器

低功耗管理

- 电源管理单元，五种功耗模式
- 超低功耗协处理器 (ULP):
 - ULP-RISC-V 协处理器
 - ULP-FSM 协处理器

安全机制

- 安全启动
- Flash 加密
- 4096 位 OTP，用户可用的高达 1652 位
- 加密硬件加速器：
 - AES-128/256 (FIPS PUB 197)
 - Hash (FIPS PUB 180-4)
 - RSA
 - 随机数生成器 (RNG)
 - HMAC
 - 数字签名

应用（部分举例）

具有低功耗的 ESP32-S3 专为物联网 (IoT) 设备而设计，应用领域包括：

- 智能家居
 - 智能照明
 - 智能按钮
 - 智能插座
- 工业自动化
 - 工业机器人
 - Mesh 组网
 - 人机界面
- 医疗保健
 - 健康监测
 - 婴儿监控器
- 消费电子产品
 - 智能手表、智能手环
 - OTT 电视盒、机顶盒设备
 - Wi-Fi 和蓝牙音箱
 - 具有数据上传功能的玩具和接近感应玩具
- 智慧农业
 - 智能温室大棚
 - 智能灌溉
- 农业机器人
- 零售餐饮
 - POS 系统
 - 服务机器人
- 音频设备
 - 网络音乐播放器
 - 音频流媒体设备
 - 网络广播
- 通用低功耗 IoT 传感器 Hub
- 通用低功耗 IoT 数据记录器
- 摄像头视频流传输
- USB 设备
- 语音识别
- 图像识别
- SDIO 双模网卡
- 触摸感应交互
 - 防水功能
 - 距离感应
 - 滑条、滚轮设计

目录

产品概述	2
功能框图	2
产品特性	3
应用	4
1 产品型号对比	9
1.1 ESP32-S3 系列芯片命名	9
1.2 ESP32-S3 系列芯片对比	9
2 管脚定义	10
2.1 管脚布局	10
2.2 管脚描述	11
2.3 电源管理	14
2.4 Strapping 管脚	15
3 功能描述	17
3.1 CPU 和存储	17
3.1.1 CPU	17
3.1.2 片上存储	17
3.1.3 外部 flash 和片外 RAM	17
3.1.4 存储器映射	18
3.1.5 Cache	18
3.2 系统时钟	19
3.2.1 CPU 时钟	19
3.2.2 RTC 时钟	19
3.3 模拟外设	19
3.3.1 模/数转换器 (ADC)	19
3.3.2 温度传感器	19
3.3.3 触摸传感器	20
3.4 数字外设	20
3.4.1 通用输入/输出接口 (GPIO)	20
3.4.2 串行外设接口 (SPI)	20
3.4.3 LCD 接口	21
3.4.4 摄像头接口	21
3.4.5 通用异步收发器 (UART)	22
3.4.6 I2C 接口	22
3.4.7 I2S 接口	22
3.4.8 红外遥控器	22
3.4.9 脉冲计数器	22
3.4.10 LED PWM 控制器	22
3.4.11 USB 1.1 OTG 接口	22
3.4.12 USB Serial/JTAG 控制器	23
3.4.13 电机控制 PWM (MCPWM)	23

3.4.14 SD/MMC 主机控制器	23
3.4.15 通用 DMA 控制器	23
3.4.16 TWAI® 控制器	23
3.5 射频和 Wi-Fi	23
3.5.1 2.4 GHz 接收器	24
3.5.2 2.4 GHz 发射器	24
3.5.3 时钟生成器	24
3.5.4 Wi-Fi 射频和基带	24
3.5.5 Wi-Fi MAC	25
3.5.6 联网特性	25
3.6 低功耗蓝牙	25
3.6.1 低功耗蓝牙射频和物理层	25
3.6.2 低功耗蓝牙链路层控制器	25
3.7 RTC 和低功耗管理	26
3.7.1 电源管理单元 (PMU)	26
3.7.2 超低功耗协处理器 (ULP)	26
3.8 定时器	27
3.8.1 通用定时器	27
3.8.2 系统定时器	27
3.8.3 看门狗定时器	27
3.9 加密硬件加速器	28
3.10 物理安全特性	28
3.11 外设管脚分配	28
修订历史	33
解决方案、文档及法律信息	34

表格

1	ESP32-S3 系列芯片对比	9
2	管脚描述	11
3	芯片与 SiP Flash/PSRAM 的管脚对应关系	14
4	Strapping 管脚	16
5	外设和传感器管脚分配	28

PRELIMINARY

插图

1	功能框图	2
2	ESP32-S3 系列芯片命名	9
3	ESP32-S3 芯片管脚布局（俯视图）	10
4	ESP32-S3 数字电源管理	15
5	地址映射结构	18

PRELIMINARY

1. 产品型号对比

1.1 ESP32-S3 系列芯片命名

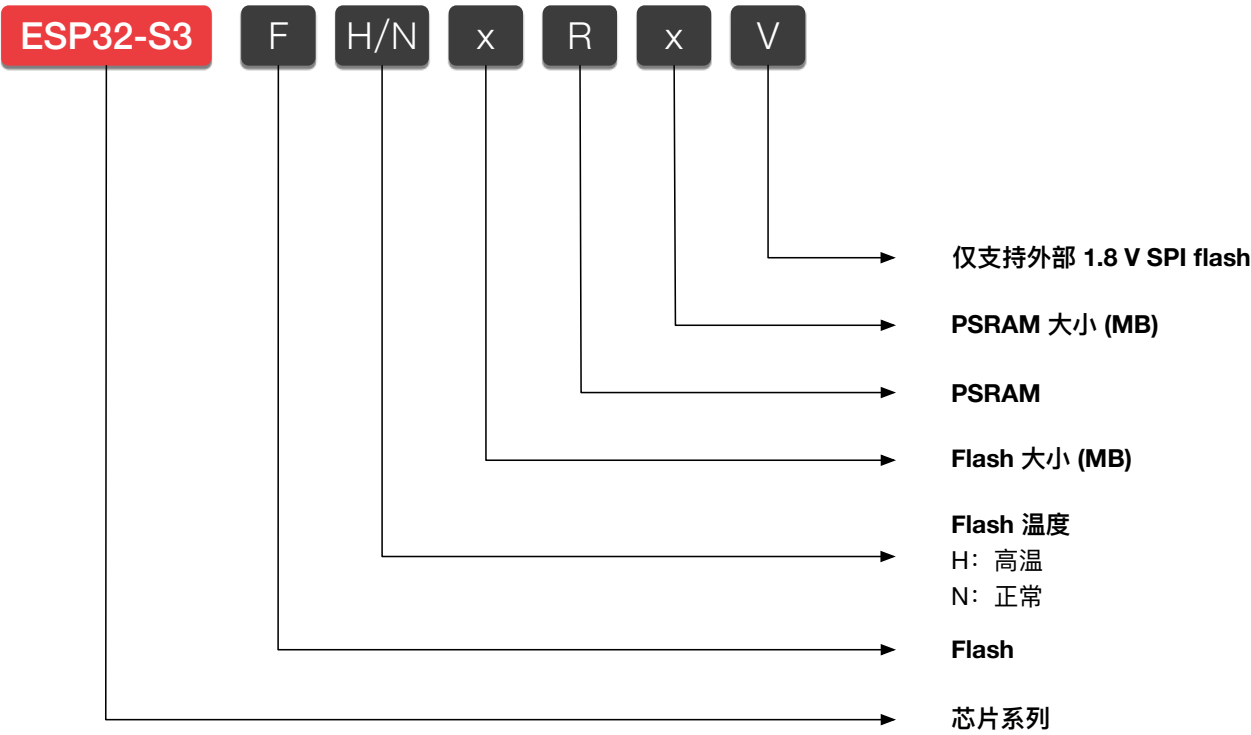


图 2: ESP32-S3 系列芯片命名

1.2 ESP32-S3 系列芯片对比

表 1: ESP32-S3 系列芯片对比

订购型号	SiP flash	SiP PSRAM	环境温度 (°C)	SPI 电压
ESP32-S3	—	—	-40 ~ 105	3.3 V/1.8 V
ESP32-S3FN8	8 MB (Quad SPI)	—	-40 ~ 85	3.3 V
ESP32-S3R2	—	2 MB (Quad SPI)	-40 ~ 85	3.3 V
ESP32-S3R8	—	8 MB (Octal SPI)	-40 ~ 85	3.3 V
ESP32-S3R8V	—	8 MB (Octal SPI)	-40 ~ 85	1.8 V

Octal SPI 比 Quad SPI 多占用 5 个 GPIO，即 GPIO33 ~ GPIO37。

2. 管脚定义

2.1 管脚布局

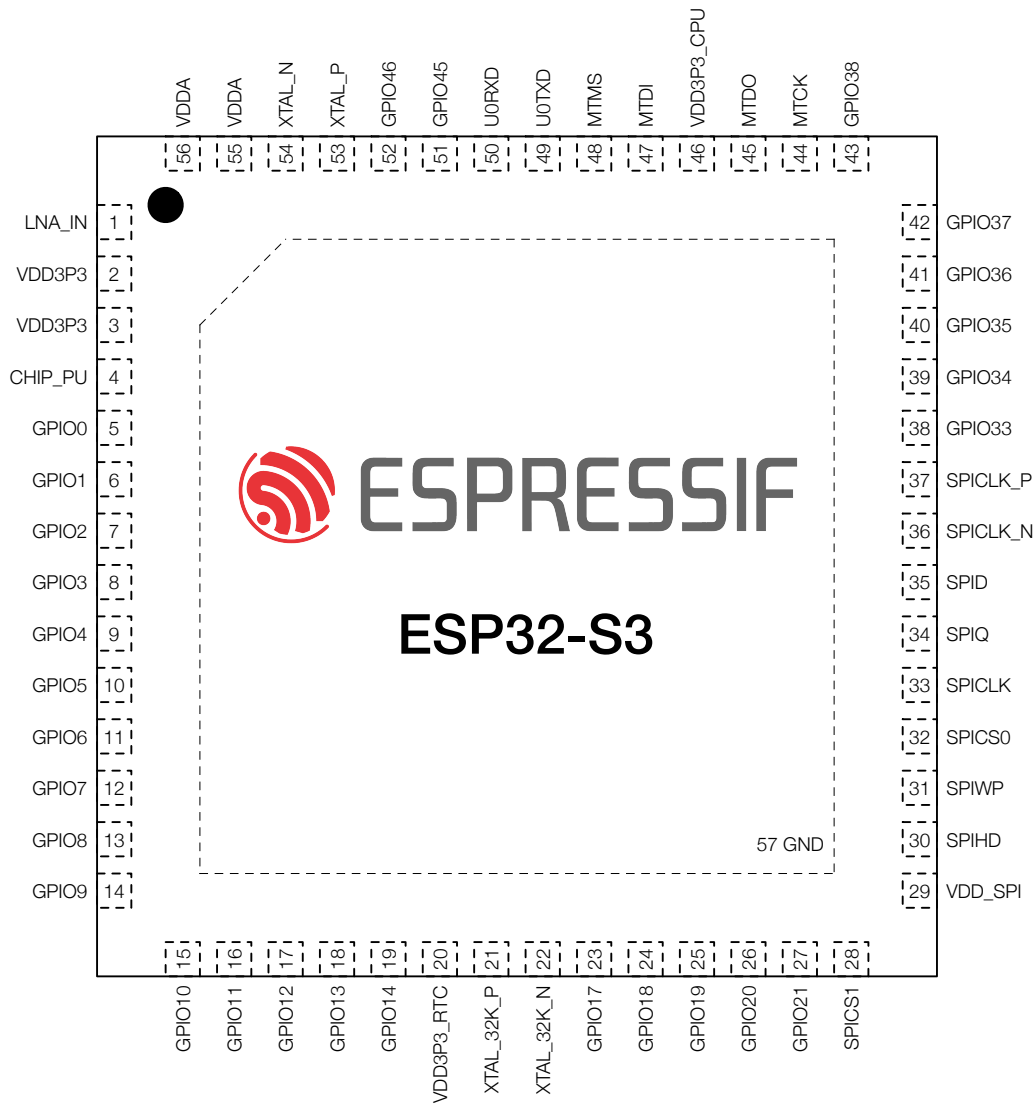


图 3: ESP32-S3 芯片管脚布局（俯视图）

2.2 管脚描述

表 2: 管脚描述

名称	No.	类型	电源域	功能
LNA_IN	1	I/O	—	射频输入和输出
VDD3P3	2	P _A	—	模拟电源
VDD3P3	3	P _A	—	模拟电源
CHIP_PU	4	I	VDD3P3_RTC	高电平：芯片使能； 低电平：芯片关闭； 注意不能让 CHIP_PU 管脚浮空。
GPIO0	5	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO0, GPIO0
GPIO1	6	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO1, GPIO1 , TOUCH1, ADC1_CH0
GPIO2	7	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO2, GPIO2 , TOUCH2, ADC1_CH1
GPIO3	8	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO3, GPIO3 , TOUCH3, ADC1_CH2
GPIO4	9	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO4, GPIO4 , TOUCH4, ADC1_CH3
GPIO5	10	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO5, GPIO5 , TOUCH5, ADC1_CH4
GPIO6	11	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO6, GPIO6 , TOUCH6, ADC1_CH5
GPIO7	12	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO7, GPIO7 , TOUCH7, ADC1_CH6
GPIO8	13	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO8, GPIO8 , TOUCH8, ADC1_CH7, SUBSPICS1
GPIO9	14	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO9, GPIO9 , TOUCH9, ADC1_CH8, SUBSPIHD, FSPIHD
GPIO10	15	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO10, GPIO10 , TOUCH10, ADC1_CH9, FSPIIO4, SUBSPICS0, FSPICS0
GPIO11	16	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO11, GPIO11 , TOUCH11, ADC2_CH0, FSPIIO5, SUBSPID, FSPID
GPIO12	17	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO12, GPIO12 , TOUCH12, ADC2_CH1, FSPIIO6, SUBSPICLK, FSPICLK
GPIO13	18	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO13, GPIO13 , TOUCH13, ADC2_CH2, FSPIIO7, SUBSPIQ, FSPIQ
GPIO14	19	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO14, GPIO14 , TOUCH14, ADC2_CH3, FSPIDQS, SUBSPIWP, FSPIWP
VDD3P3_RTC	20	P _A	—	模拟电源
XTAL_32K_P	21	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO15, GPIO15 , U0RTS, ADC2_CH4, XTAL_32K_P
XTAL_32K_N	22	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO16, GPIO16 , U0CTS, ADC2_CH5, XTAL_32K_N
GPIO17	23	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO17, GPIO17 , U1TXD, ADC2_CH6
GPIO18	24	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO18, GPIO18 , U1RXD, ADC2_CH7, CLK_OUT3

名称	No.	类型	电源域	功能
GPIO19	25	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO19, GPIO19 , U1RTS, ADC2_CH8, CLK_OUT2, USB_D-
GPIO20	26	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO20, GPIO20 , U1CTS, ADC2_CH9, CLK_OUT1, USB_D+
GPIO21	27	I/O/T	VDD3P3_RTC	RTC_GPIO21, GPIO21
SPICS1	28	I/O/T	VDD_SPI	SPICS1, GPIO26
VDD_SPI	29	P _D	—	1.8 V 或 VDD3P3_RTC 电源输出
SPIHD	30	I/O/T	VDD_SPI	SPIHD, GPIO27
SPIWP	31	I/O/T	VDD_SPI	SPIWP, GPIO28
SPICS0	32	I/O/T	VDD_SPI	SPICS0, GPIO29
SPICLK	33	I/O/T	VDD_SPI	SPICLK, GPIO30
SPIQ	34	I/O/T	VDD_SPI	SPIQ, GPIO31
SPID	35	I/O/T	VDD_SPI	SPID, GPIO32
SPICLK_N	36	I/O/T	VDD_SPI	SPICLK_N, GPIO48 , SUBSPICLK_N_DIFF
SPICLK_P	37	I/O/T	VDD_SPI	SPICLK_P, GPIO47 , SUBSPICLK_P_DIFF
GPIO33	38	I/O/T	VDD3P3_CPU / VDD_SPI	SPIIO4, GPIO33 , FSPIHD, SUBSPIHD
GPIO34	39	I/O/T	VDD3P3_CPU / VDD_SPI	SPIIO5, GPIO34 , FSPICS0, SUBSPICS0
GPIO35	40	I/O/T	VDD3P3_CPU / VDD_SPI	SPIIO6, GPIO35 , FSPID, SUBSPID
GPIO36	41	I/O/T	VDD3P3_CPU / VDD_SPI	SPIIO7, GPIO36 , FSPICLK, SUBSPICLK
GPIO37	42	I/O/T	VDD3P3_CPU / VDD_SPI	SPIDQS, GPIO37 , FSPIQ, SUBSPIQ
GPIO38	43	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO38 , FSPIWP, SUBSPIWP
MTCK	44	I/O/T	VDD3P3_CPU	MTCK , GPIO39, CLK_OUT3, SUBSPICS1
MTDO	45	I/O/T	VDD3P3_CPU	MTDO , GPIO40, CLK_OUT2
VDD3P3_CPU	46	P _D	—	CPU IO 电源输入
MTDI	47	I/O/T	VDD3P3_CPU	MTDI , GPIO41, CLK_OUT1
MTMS	48	I/O/T	VDD3P3_CPU	MTMS , GPIO42
U0TXD	49	I/O/T	VDD3P3_CPU	U0TXD , GPIO43, CLK_OUT1
U0RXD	50	I/O/T	VDD3P3_CPU	U0RXD , GPIO44, CLK_OUT2
GPIO45	51	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO45
GPIO46	52	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO46
XTAL_P	53	—	—	外部主晶振输入

名称	No.	类型	电源域	功能
XTAL_N	54	—	—	外部主晶振输出
VDDA	55	P _A	—	模拟电源
VDDA	56	P _A	—	模拟电源
GND	57	G	—	接地

¹ P：电源管脚；P_A：模拟电源管脚；P_D：数字电源管脚；I：输入；O：输出；T：可以被设置为高阻。

² 加粗字体为管脚的默认功能。

³ GPIO33、GPIO34、GPIO35、GPIO36、GPIO37 的电源域默认为 VDD3P3_CPU，也可由软件配置为 VDD_SPI。

⁴ 本表中管脚功能仅指部分固定设置，对于可通过 GPIO 矩阵输入输出的信号，不受本表的限制。有关 GPIO 交换矩阵的更多信息，请参考《ESP32-S3 技术参考手册》。

⁵ 芯片与 SiP flash/PSRAM 的管脚对应关系如表 3 所示。

表 3: 芯片与 SiP Flash/PSRAM 的管脚对应关系

ESP32-S3FN8	SiP flash
SPICLK	CLK
SPICS0	CS#
SPID	DI
SPIQ	DO
SPIWP	WP#
SPIHD	HOLD#
ESP32-S3R2	SiP PSRAM
SPICLK	CLK
SPICS1	CE#
SPID	SI/SIO0
SPIQ	SO/SIO1
SPIWP	SIO2
SPIHD	SIO3
ESP32-S3R8 / ESP32-S3R8V	SiP PSRAM
SPICLK	CLK
SPICS1	CE#
SPID	DQ0
SPIQ	DQ1
SPIWP	DQ2
SPIHD	DQ3
GPIO33	DQ4
GPIO34	DQ5
GPIO35	DQ6
GPIO36	DQ7
GPIO37	DQS/DM

以上管脚不建议用于其他功能。ESP32-S3 和 flash 芯片的数据端口连接关系请参考章节 3.4.2。

2.3 电源管理

ESP32-S3 有四个电源输入管脚：

- VDDA1
- VDDA2
- VDD3P3_RTC
- VDD3P3_CPU

以及一个电源输入/输出管脚：

- VDD_SPI

VDDA1 和 VDDA2 给模拟电路供电。

VDD_SPI 可作为输出或输入电源。VDD_SPI 可配置为 Flash Voltage Regulator 供电（电压典型值为 1.8 V）或由 VDD3P3_RTC 通过电阻 R_{SPI} 后供电（电压典型值为 3.3 V）。ESP32-S3FN8、ESP32-S3R2 和 ESP32-S3R8 由

于内置 3.3 V flash 和/或 PSRAM，VDD_SPI 必须由 VDD3P3_RTC 通过电阻 R_{SPI} 后供电。ESP32-S3R8V 由于内置 1.8 V PSRAM，VDD_SPI 必须由 Flash Voltage Regulator 供电。在 Deep-sleep 模式下，为了使 flash 漏电降到最低，可以通过软件关闭 VDD_SPI 电源。

RTC 电路由 Low Power Voltage Regulator 供电，该 Regulator 由 VDD3P3_RTC 供电。

数字系统电路由 Digital System Voltage Regulator 供电，该 Regulator 由 VDD3P3_CPU 和 VDD3P3_RTC 共同供电。

RTC IO 由 VDD3P3_RTC 供电。

Digital IO 由 VDD3P3_CPU 供电。

SPI IO 由 VDD_SPI 供电。

SPI/Digital IO 可以选择由 VDD_SPI 供电或者 VDD3P3_CPU 供电。

ESP32-S3 的数字电源管理如图 4 所示：

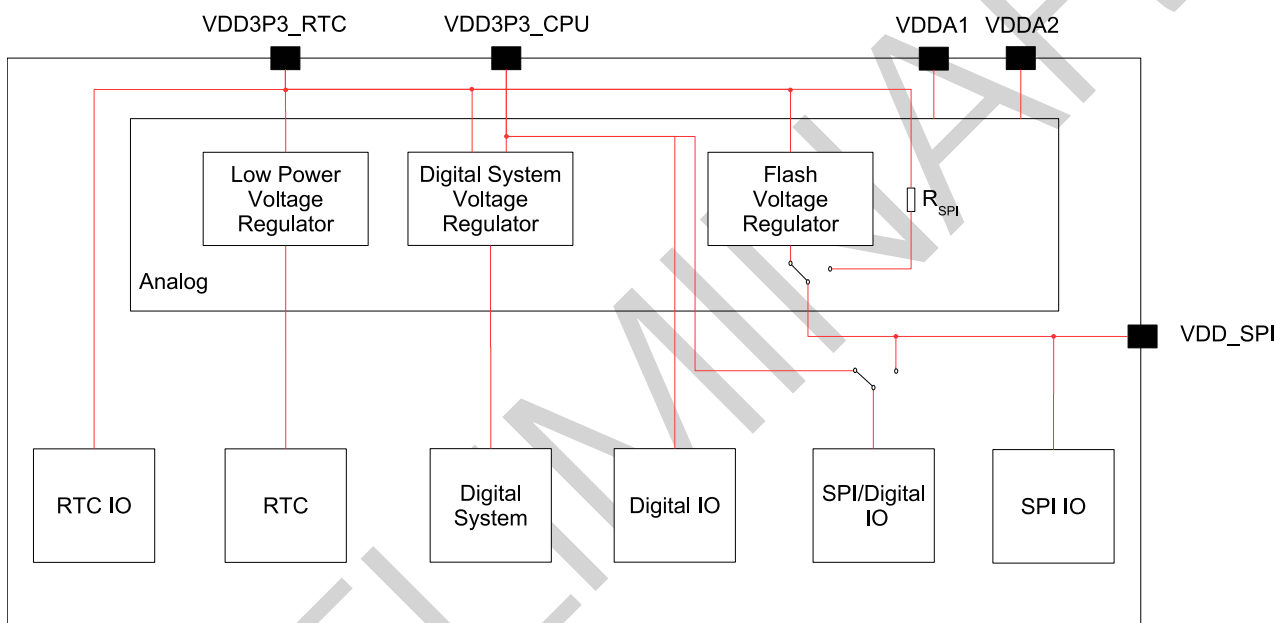


图 4: ESP32-S3 数字电源管理

2.4 Strapping 管脚

ESP32-S3 共有 4 个 strapping 管脚：

- GPIO0
- GPIO45
- GPIO46
- GPIO3

软件可以读取寄存器“GPIO_STRAPPING”中这几个管脚 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、模拟超级看门狗 (analog super watchdog) 复位、晶振时钟毛刺检测复位）过程中，strapping 管脚对自己管脚上的电平采样并存储到锁存器中，锁存值为“0”或“1”，并一直保持到芯片掉电或关闭。

GPIO0, GPIO45, GPIO46 默认连接内部上拉/下拉。如果这些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/下拉将决定这几个管脚输入电平的默认值。

GPIO3 默认处于浮空状态，该管脚的 strapping 值在 EFUSE_STRAP_JTAG_SEL 为 1 时，用于切换 CPU 内部 JTAG 信号来源。在这种情况下，该 strapping 值由外部线路来控制，并且外部线路不能处于高阻抗状态。

- 当 GPIO3 的 strapping 值为 0 时，CPU 内部 JTAG 信号来源于芯片上的 JTAG 管脚。
- 当 GPIO3 的 strapping 值为 1 时，CPU 内部 JTAG 信号来源于 USB Serial/JTAG 控制器。

当 EFUSE_STRAP_JTAG_SEL 为 0 时，CPU 内部 JTAG 信号来源于 USB Serial/JTAG 控制器。

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-S3 上电复位时的 strapping 管脚电平。

复位放开后，strapping 管脚和普通管脚功能相同。

Strapping 管脚配置的含义请参阅表 4。

表 4: Strapping 管脚

VDD_SPI 电压 ¹			
管脚	默认	3.3 V	1.8 V
GPIO45	下拉	0	1
系统启动模式 ²			
管脚	默认	SPI 启动模式	下载启动模式
GPIO0	上拉	1	0
GPIO46	下拉	无关项	0
系统启动过程中，控制 ROM Code 打印 ^{3 4}			
管脚	默认	正常打印	上电不打印
GPIO46	下拉	详见第 4 条说明	详见第 4 条说明
JTAG 信号源选择			
管脚	默认	EFUSE_STRAP_JTAG_SEL=0	EFUSE_STRAP_JTAG_SEL=1
GPIO3	N/A	USB Serial/JTAG	Strapping 值: 0: PAD JTAG ⁵ 1: USB Serial/JTAG ⁵

说明:

1. VDD_SPI 电压由 GPIO45 的 strapping 值或 eFuse 中 VDD_SPI_TIEH 决定。eFuse 中 VDD_SPI_FORCE 选择决定方式：0：由 GPIO45 的 strapping 值决定；1：由 eFuse 中 VDD_SPI_TIEH 决定。
2. GPIO46 = 1 且 GPIO0 = 0 不可使用。
3. ROM Code 上电打印默认通过 U0TXD 管脚，可以由 eFuse 位控制切换到 GPIO17 管脚。
4. eFuse 的 UART_PRINT_CONTROL 为：
 - 0 时，上电正常打印，不受 GPIO46 控制。
 - 1 时，GPIO46 为 0：上电正常打印；GPIO46 为 1：上电不打印。
 - 2 时，GPIO46 为 0：上电不打印；GPIO46 为 1：上电正常打印。
 - 3 时，上电不打印，不受 GPIO46 控制。
5. PAD JTAG：CPU JTAG 信号来源于的芯片上的 JTAG 管脚；
USB Serial/JTAG：CPU JTAG 信号来源于 USB Serial/JTAG 控制器。

3. 功能描述

本章描述 ESP32-S3 的各个功能模块。

3.1 CPU 和存储

3.1.1 CPU

ESP32-S3 搭载低功耗 Xtensa® LX7 32 位双核处理器，具有以下特性：

- 五级流水线架构，支持高达 240 MHz 的时钟频率
- 16 位/24 位指令集提供高代码密度
- 32 位定制化指令集及 128 位宽数据总线，提供高运算性能
- 支持 32 位乘法器、32 位除法器
- 非缓存 GPIO 指令
- 支持六级 32 个中断
- 支持 windowed ABI，64 个物理通用寄存器
- 支持带 TRAX 压缩模块的 trace 功能，最大 16 KB 的记录存储器 (trace memory)
- 用于调试的 JTAG 接口

3.1.2 片上存储

ESP32-S3 片上存储包括：

- **384 KB ROM**：用于程序启动和内核功能调用
- **512 KB 片上 SRAM**：用于数据和指令存储
- **RTC 快速存储器**：为 8 KB SRAM，可被主 CPU (LX7 双核处理器) 访问 (包括读写和取指令)，在 Deep-sleep 模式下可以保存数据
- **RTC 慢速存储器**：为 8 KB SRAM，可被主 CPU (LX7 双核处理器) 或协处理器访问 (包括读写和取指令)，在 Deep-sleep 模式下可以保存数据
- **4 Kbit eFuse**：其中 1652 位保留给用户使用，例如用于存储密钥和设备 ID
- **SiP flash 和 PSRAM**：详见表 1 [ESP32-S3 系列芯片对比](#)

3.1.3 外部 flash 和片外 RAM

ESP32-S3 支持以 SPI、Dual SPI、Quad SPI、Octal SPI、QPI、OPI 等接口形式连接 flash 和片外 RAM。

CPU 的指令空间、只读数据空间可以映射到外部 flash 和片外 RAM，CPU 的数据空间还可以映射到片外 RAM。外部 flash 和片外 RAM 各可以最大支持 1 GB。ESP32-S3 支持基于 XTS-AES 的硬件加解密功能，从而保护开发者 flash 和片外 RAM 中的程序和数据。

通过高速缓存，ESP32-S3 一次最多可以同时有：

- 32 MB 的指令空间以 64 KB 的块映射到 flash 与片外 RAM。
- 32 MB 的数据空间以 64 KB 的块映射到片外 RAM，支持 8 位、16 位、32 位和 128 位读写。32 MB 也可以是只读数据空间，映射到 flash，支持 8 位、16 位、32 位和 128 位读取。

说明:
芯片启动完成后, 软件可以自定义片外 RAM 或 flash 到 CPU 地址空间的映射。

3.1.4 存储器映射

ESP32-S3 的地址映射结构如图 5 所示。

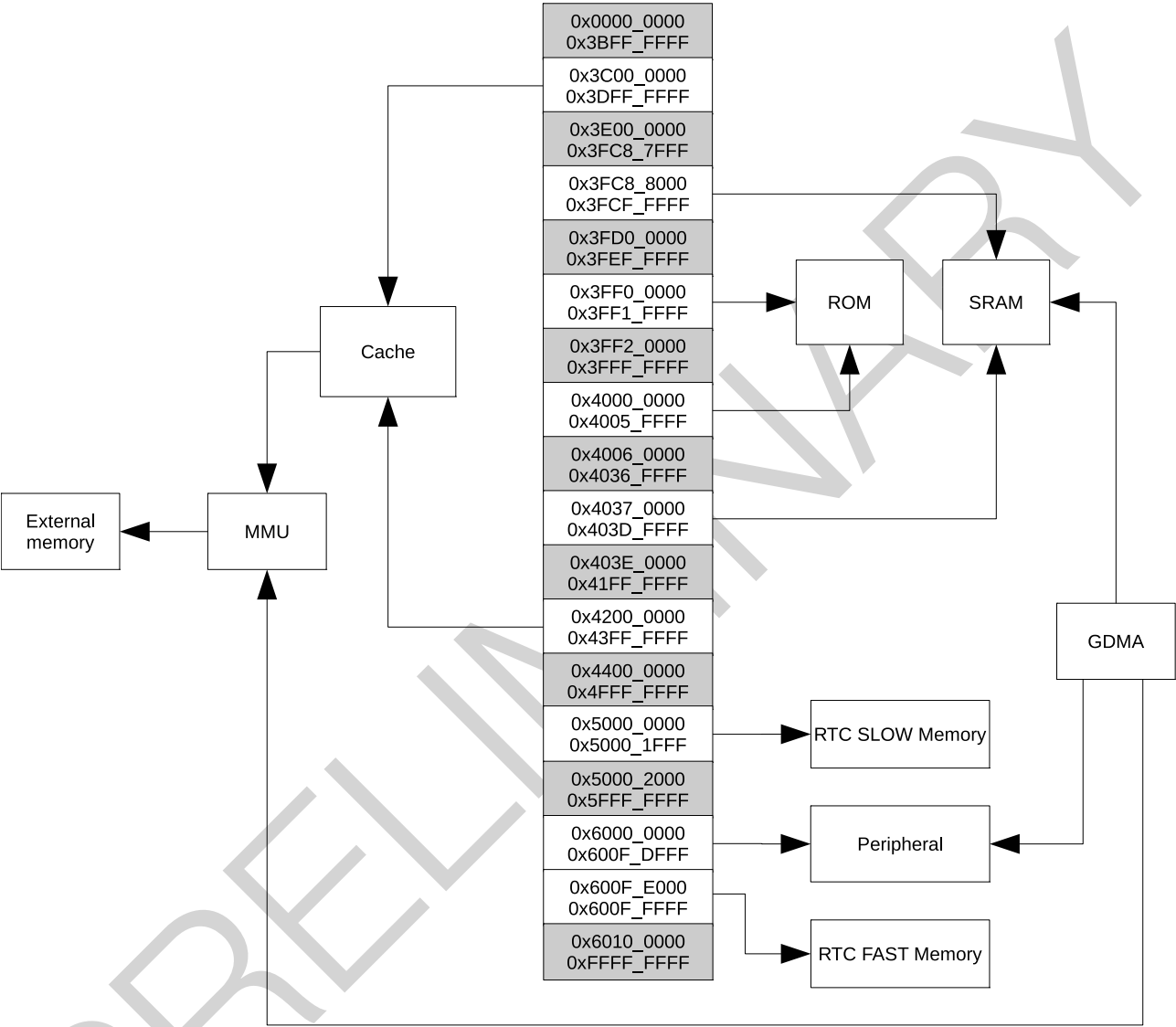


图 5: 地址映射结构

说明:
图中灰色背景标注的地址空间不可用。

3.1.5 Cache

ESP32-S3 采用共享指令 cache 和共享数据 cache 结构, 指令 cache 和数据 cache 均采用多存储体 (bank) 结构, 具有以下特性:

- 指令 cache 的大小可配置为 16 KB (1 bank) 或 32 KB (2 bank), 数据 cache 的大小可配置为 32 KB (1 bank)

或 64 KB (2 bank)

- 指令 cache 可配置为四路组相连或八路组相连，数据 cache 固定为四路组相连
- 指令 cache 和数据 cache 的块大小均支持 16 字节或 32 字节
- 支持 pre-load 功能
- 支持 lock 功能
- 支持关键字优先 (critical word first) 和提前重启 (early restart)

3.2 系统时钟

3.2.1 CPU 时钟

CPU 时钟有三种可能的时钟源：

- 外置主晶振时钟
- 内置 20 MHz 振荡器时钟
- PLL 时钟

应用程序可以在以上三种时钟中选择一个作为时钟源。根据不同的应用程序，被选择的时钟源直接或在分频之后驱动 CPU 时钟。

3.2.2 RTC 时钟

RTC 慢速时钟应用于 RTC 计数器、RTC 看门狗和低功耗控制器，有三种可能的时钟源：

- 外置低速 (32 kHz) 晶振时钟
- 内置 RC 振荡器（通常为 90 kHz，频率可调节）
- 内置 78.125 kHz 时钟（由内置 20 MHz 振荡器时钟经 256 分频生成）

RTC 快速时钟应用于 RTC 外设和传感器控制器，有 2 种可能的时钟源：

- 外置主晶振的 4 分频时钟
- 内置 20 MHz 振荡器时钟的 N 分频时钟（N 可配）

3.3 模拟外设

3.3.1 模/数转换器 (ADC)

ESP32-S3 集成了两个 12 位 SAR ADC，共支持 20 个模拟通道输入。为了实现更低功耗，ESP32-S3 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。

3.3.2 温度传感器

温度传感器生成一个随温度变化的电压。内部 ADC 将传感器电压转化为一个数字量。

温度传感器的测量范围为 -20 °C 到 110 °C。温度传感器适用于监测芯片内部温度的变化，该温度值会随着微控制器时钟频率或 IO 负载的变化而变化。一般来讲，芯片内部温度会高于外部温度。

3.3.3 触摸传感器

ESP32-S3 提供了多达 14 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。这种设计具有低噪声和高灵敏度的特点，可以用于支持使用相对较小的触摸板。设计中也可以使用触摸板阵列以探测更大区域或更多点。ESP32-S3 的触摸传感器同时还支持防水和数字滤波等功能来进一步提高传感器的性能。

3.4 数字外设

3.4.1 通用输入/输出接口 (GPIO)

ESP32-S3 共有 45 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。除作为数字信号管脚外，部分 GPIO 管脚也可配置为模拟功能管脚，比如 ADC、touch 等管脚。

所有 GPIO 都可选择内部上拉/下拉，或设置为高阻。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。所有数字 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 UART、SPI 等。当芯片低功耗运行时，GPIO 可被设定为保持状态。

IO MUX 和 GPIO 交换矩阵用于将信号从外设传输至 GPIO pad。两者共同组成了芯片的 IO 控制。利用 GPIO 交换矩阵，可配置外设模块的输入信号来源于任何的 IO 管脚，并且外设模块的输出信号也可连接到任意 IO 管脚。更多关于 IO MUX 和 GPIO 交换矩阵的信息，请参阅《ESP32-S3 技术参考手册》。

3.4.2 串行外设接口 (SPI)

ESP32-S3 共有四个 SPI (SPI0, SPI1, SPI2 和 SPI3)。SPI0 和 SPI1 只可以配置成 SPI 存储器模式，SPI2 既可以配置成 SPI 存储器模式又可以配置成通用 SPI 模式；SPI3 只可以配置成通用 SPI 模式。

- **SPI 存储器 (SPI Memory) 模式**

SPI 存储器模式 (SPI0, SPI1 和 SPI2) 用于连接 SPI 接口的外部存储器。SPI 存储器模式下数据传输长度以字节为单位，最高支持八线 SDR/DDR (单数据采样沿/双数据采样沿) 读写操作。时钟频率可配置，最高为 120 MHz。

- **SPI2 通用 SPI (GP-SPI) 模式**

SPI2 作为通用 SPI 时，既可以配置成主机模式，又可以配置成从机模式。主机模式支持双线全双工和单线、双线、四线或八线半双工通信；从机模式支持双线全双工和单线、双线或四线半双工通信。通用 SPI 的主机时钟频率可配置；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 DMA 通道。

- 在双线全双工通信模式下，主机的时钟最高频率为 80 MHz，从机的时钟最高频率为 60 MHz。支持 SPI 传输的四种时钟模式。
- 在主机单线、双线、四线或八线半双工通信模式下，时钟频率最高为 80 MHz，支持 SPI 传输的四种时钟模式。
- 在从机单线、双线或四线半双工通信模式下，时钟频率最高为 60 MHz，也支持 SPI 传输的四种时钟模式。

- **SPI3 通用 SPI (GP-SPI) 模式**

SPI3 只能作为通用 SPI，既可以配置成主机模式，又可以配置成从机模式，具有双线全双工和单线、双线或四线半双工通信功能。通用 SPI 的主机时钟频率可配置；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 DMA 通道。

- 在双线全双工通信模式下，主机的时钟频率最高为 80 MHz，从机的时钟频率最高为 60 MHz。支持 SPI 传输的四种时钟模式。
- 在单线、双线或四线半双工通信模式下，主机的时钟频率最高为 80 MHz，支持 SPI 传输的四种时钟模式；从机的时钟频率最高为 60 MHz，也支持 SPI 传输的四种时钟模式。

通常情况下，ESP32-S3 和 flash 芯片的数据端口连接关系是：

SPI 八线模式时：

- SPID (SPID) = IO0
- SPIQ (SPIQ) = IO1
- SPIWP (SPIWP) = IO2
- SPIHD (SPIHD) = IO3
- GPIO33 = IO4
- GPIO34 = IO5
- GPIO35 = IO6
- GPIO36 = IO7
- GPIO37 = DQS

SPI 四线模式时：

- SPID (SPID) = IO0
- SPIQ (SPIQ) = IO1
- SPIWP (SPIWP) = IO2
- SPIHD (SPIHD) = IO3

SPI 双线模式时：

- SPID (SPID) = IO0
- SPIQ (SPIQ) = IO1

SPI 单线模式时：

- SPIQ (SPIQ) = DO
- SPID (SPID) = DI
- SPIHD (SPIHD) = HOLD#
- SPIWP (SPIWP) = WP#

3.4.3 LCD 接口

ESP32-S3 支持 8 位 ~16 位并行 RGB、I8080、MOTO6800 接口，支持的时钟频率小于 40 MHz。支持 RGB565、YUV422、YUV420、YUV411 之间的互相转换。

3.4.4 摄像头接口

ESP32-S3 支持 8 位 ~16 位 DVP 图像传感器接口，支持的时钟频率小于 40 MHz。支持 RGB565、YUV422、YUV420、YUV411 之间的互相转换。

3.4.5 通用异步收发器 (UART)

ESP32-S3 有三个 UART 接口，即 UART0、UART1、UART2，支持异步通信（RS232 和 RS485）和 IrDA，通信速率可达到 5 Mbps。UART 支持 CTS 和 RTS 信号的硬件管理以及软件流控（XON 和 XOFF）。这三个接口均可被 DMA 访问或者 CPU 直接访问。

3.4.6 I2C 接口

ESP32-S3 有两个 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。I2C 接口支持：

- 标准模式 (100 Kbit/s)
- 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
- 7 位寻址模式和 10 位寻址模式
- 双地址（从机地址和从机寄存器地址）寻址模式

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。

3.4.7 I2S 接口

ESP32-S3 有两个标准 I2S 接口，可以以主机或从机模式，在全双工或半双工模式下工作，并且可被配置为 I2S 串行 8/16/24/32 位的收发数据模式，支持频率从 10 kHz 到 40 MHz 的 BCK 时钟。

I2S 接口有专用的 DMA 控制器。支持 TDM PCM，TDM MSB 对齐，TDM LSB 对齐，TDM Phillips，PDM 接口。

3.4.8 红外遥控器

红外遥控器 (RMT) 支持四通道的红外发射和四通道的红外接收。通过程序控制脉冲波形，遥控器可以支持多种红外协议和单线协议。八个通道共用一个 384 × 32 位的存储模块来存放收发的波形。

3.4.9 脉冲计数器

脉冲计数器通过多种模式捕捉脉冲并对脉冲边沿计数。内部有四个通道，每个通道一次可同时捕捉四个输入信号，包括两个脉冲信号和两个控制信号。

3.4.10 LED PWM 控制器

LED PWM 控制器可以用于生成八路独立的数字波形，具有如下特性：

- 波形的周期和占空比可配置，在信号周期为 1 ms 时，占空比精确度可达 14 位
- 多种时钟源选择，包括：APB 总线时钟、外置主晶振时钟
- 可在 Light-sleep 模式下工作
- 支持硬件自动步进式地增加或减少占空比，可用于 LED RGB 彩色梯度发生器

3.4.11 USB 1.1 OTG 接口

ESP32-S3 带有一个集成了收发器的全速 USB OTG 外设，符合 USB 1.1 规范，具有以下特性：

- 软件可配置的端点设置，支持挂起和恢复
- 支持动态 FIFO 大小
- 会话请求协议 (SRP) 和主机协商协议 (HNP)
- 芯片内部已集成全速 USB PHY

3.4.12 USB Serial/JTAG 控制器

ESP32-S3 集成了一个 USB Serial/JTAG 控制器, 作为一个兼容 USB 2.0 全速模式的设备, 它具有以下特性:

- 包含 CDC-ACM 虚拟串口及 JTAG 适配器功能
- 可编程 flash
- 利用紧凑的 JTAG 指令, 支持 CPU 调试
- 与 USB 1.1 OTG 共用芯片内部集成的全速 USB PHY

3.4.13 电机控制 PWM (MCPWM)

ESP32-S3 包含两个 MCPWM, 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 执行器和一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 执行器为一个 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。

3.4.14 SD/MMC 主机控制器

ESP32-S3 集成一个 SD/MMC 主机控制器, 支持:

- SD 卡 3.0 和 3.01 版本
- SDIO 3.0 版本
- CE-ATA 1.1 版本
- 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 位、4 位和 8 位。在 4 位数据总线模式中, 可以支持两个 SD/SDIO/MMC 4.41 卡, 还支持一个以 1.8 V 电压工作的 SD 卡。

3.4.15 通用 DMA 控制器

ESP32-S3 包含一个 10 通道的通用 DMA 控制器 (GDMA), 包括 5 个发送通道和 5 个接收通道, 每个通道之间相互独立。这 10 个通道被具有 DMA 功能的外设所共享, 通道之间支持可配置固定优先级。通用 DMA 控制器基于链表来实现对数据收发的控制, 并支持外设与存储器之间及存储器与存储器之间的高速数据传输。每个通道均能访问片内及片外 RAM。ESP32-S3 中有 10 个外设具有 DMA 功能, 它们是 SPI2、SPI3、UHCI0、I2S0、I2S1、LCD/CAM、AES、SHA、ADC 和 RMT。

3.4.16 TWAI® 控制器

ESP32-S3 带有一个 TWAI® 控制器, 具有如下特性:

- 兼容 ISO 11898-1 协议
- 支持标准帧格式 (11 位 ID) 和扩展帧格式 (29 位 ID)
- 比特率从 1 Kbit/s 到 1 Mbit/s
- 多种操作模式: 工作模式、监听模式和自检模式 (传输无需确认)
- 64 字节接收 FIFO
- 数据接收过滤器 (支持单过滤器和双过滤器模式)
- 错误检测与处理: 错误计数器, 可配置的错误中断阈值, 错误代码记录, 仲裁丢失记录

3.5 射频和 Wi-Fi

ESP32-S3 射频包含以下主要模块:

- 2.4 GHz 接收器
- 2.4 GHz 发射器
- 偏置 (Bias) 和线性稳压器
- Balun 和收发切换器
- 时钟生成器

3.5.1 2.4 GHz 接收器

2.4 GHz 接收器将 2.4 GHz 射频信号解调为正交基带信号，并用两个高精度、高速的 ADC 将后者转为数字信号。为了适应不同的信道情况，ESP32-S3 集成了 RF 滤波器、自动增益控制 (AGC)、DC 偏移补偿电路和基带滤波器。

3.5.2 2.4 GHz 发射器

2.4 GHz 发射器将正交基带信号调制为 2.4 GHz 射频信号，使用大功率互补金属氧化物半导体 (CMOS) 功率放大器驱动天线。数字校准进一步改善了功率放大器的线性。

为了抵消射频接收器的瑕疵，ESP32-S3 还另增了校准措施，例如：

- 载波泄露消除
- I/Q 相位匹配
- 基带非线性抑制
- 射频非线性抑制
- 天线匹配

这些内置校准措施缩短了产品的测试时间，并且不再需要测试设备。

3.5.3 时钟生成器

时钟生成器为接收器和发射器生成 2.4 GHz 正交时钟信号，所有部件均集成于芯片上，包括电感、变容二极管、环路滤波器、线性稳压器和分频器。

时钟生成器带有内置校准电路和自测电路。运用自主知识产权的优化算法，对正交时钟的相位和相位噪声进行优化处理，使接收器和发射器都有最好的性能表现。

3.5.4 Wi-Fi 射频和基带

ESP32-S3 Wi-Fi 射频和基带支持以下特性：

- 802.11b/g/n
- 802.11n MCS0-7 支持 20 MHz 和 40 MHz 带宽
- 802.11n MCS32
- 802.11n 0.4 μ s 保护间隔
- 数据率高达 150 Mbps
- 接收 STBC（单空间流）
- 可调节的发射功率
- 天线分集：ESP32-S3 支持基于外部射频开关的天线分集与选择。外部射频开关由一个或多个 GPIO 管脚控制，用来选择最合适的天线以减少信道衰落的影响。

3.5.5 Wi-Fi MAC

ESP32-S3 完全遵循 802.11 b/g/n Wi-Fi MAC 协议栈，支持分布式控制功能 (DCF) 下的基本服务集 (BSS) STA 和 SoftAP 操作。支持通过最小化主机交互来优化有效工作时长，以实现功耗管理。

ESP32-S3 Wi-Fi MAC 自行支持的底层协议功能如下：

- 4 × 虚拟 Wi-Fi 接口
- 同时支持基础结构型网络 (Infrastructure BSS) Station 模式、SoftAP 模式和 Station + SoftAP 混杂模式
- RTS 保护，CTS 保护，立即块回复 (Immediate Block ACK)
- 分片和重组 (Fragmentation and defragmentation)
- TX/RX A-MPDU，RX A-MSDU
- TXOP
- 无线多媒体 (WMM)
- GCMP、CCMP、TKIP、WAPI、WEP 和 BIP
- 自动 Beacon 监测（硬件 TSF）
- 802.11mc FTM

3.5.6 联网特性

乐鑫提供的固件支持 TCP/IP 联网、ESP-WIFI-MESH 联网或其他 Wi-Fi 联网协议，同时也支持 TLS 1.0、1.1、1.2。

3.6 低功耗蓝牙

ESP32-S3 包含了一个低功耗蓝牙 (Bluetooth Low Energy) 子系统，集成了硬件链路层控制器、射频/调制解调器模块和功能齐全的软件协议栈。低功耗蓝牙子系统支持 Bluetooth 5 和 Bluetooth mesh。

3.6.1 低功耗蓝牙射频和物理层

ESP32-S3 低功耗蓝牙射频和物理层支持以下特性：

- 1 Mbps PHY
- 2 Mbps PHY，用于提高传输速度和数据吞吐量
- Coded PHY，用于提高接收灵敏度和传输距离（125 Kbps 和 500 Kbps）
- 无需外部 PA，支持 Class 1 发射功率
- 硬件实现 Listen Before Talk (LBT)
- 天线分集 (Antenna diversity)：支持带有外部射频开关的天线分集与选择。外部射频开关由一个或多个 GPIO 管脚控制，用来选择最合适的天线以减少信道衰落的影响。

3.6.2 低功耗蓝牙链路层控制器

ESP32-S3 低功耗蓝牙链路层控制器支持以下特性：

- 广播扩展 (Advertising Extensions)，用于增强广播能力，可以广播更多的智能数据
- 多广播
- 支持同时广播和扫描

- 多连接，支持中心设备 (Central) 和外围设备 (Peripheral) 同时运行
- 自适应跳频和信道选择
- 信道选择算法 #2 (Channel Selection Algorithm #2)
- 连接参数更新
- 高速不可连接广播 (High Duty Cycle Non-Connectable Advertising)
- LE Privacy 1.2
- 数据包长度扩展 (LE Data Packet Length Extension)
- 链路层扩展扫描过滤策略 (Link Layer Extended Scanner Filter policies)
- 低速可连接定向广播 (Low duty cycle directed advertising)
- 链路层加密
- LE Ping

3.7 RTC 和低功耗管理

3.7.1 电源管理单元 (PMU)

ESP32-S3 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。ESP32-S3 支持的功耗模式有：

- Active 模式：CPU 和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，时钟频率可配置。Wi-Fi 基带和射频关闭，但 Wi-Fi 可保持连接。
- Light-sleep 模式：CPU 暂停运行。RTC 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。Wi-Fi 可保持连接。
- Deep-sleep 模式：CPU 和大部分外设都会掉电，只有 RTC 存储器和 RTC 外设处于工作状态。Wi-Fi 连接数据存储在 RTC 中。ULP 协处理器可以工作。
- Hibernation 模式：内置的 20 MHz 振荡器和 ULP 协处理器均被禁用。只有 1 个位于低速时钟上的 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。

3.7.2 超低功耗协处理器 (ULP)

ULP 处理器可以用于在正常工作模式下协助 CPU，也可以用于在系统休眠时代替 CPU 来执行任务。ULP 处理器和 RTC 存储器在 Deep-sleep 模式下仍保持工作状态。因此，开发者可以将 ULP 协处理器的程序存放在 RTC 慢速存储器中，使其能够在 Deep-sleep 模式下访问 RTC GPIO、RTC 外设、RTC 定时器和内置传感器。

ESP32-S3 集成了两个协处理器，分别基于 RISC-V 指令集 (ULP-RISC-V) 和有限状态机 FSM 架构 (ULP-FSM)。

ULP-RISC-V 协处理器具有以下特性：

- 支持 RV32IMC 指令集
- 32 个 32 位通用寄存器
- 32 位乘除法器
- 支持中断
- 支持被主 CPU、专用定时器、RTC GPIO 启动

ULP-FSM 协处理器具有以下特性：

- 支持常用指令，包括运算、跳转、控制等

- 支持传感器专用指令
- 支持被主 CPU、专用定时器、RTC GPIO 启动

注意：两个协处理器不能同时使用。

3.8 定时器

3.8.1 通用定时器

ESP32-S3 内置 4 个 54 位通用定时器，具有 16 位分频器和 54 位可自动重载的向上/向下计时器。

定时器具有如下功能：

- 16 位时钟预分频器，分频系数为 2 到 65536
- 54 位时基计数器可配置成递增或递减
- 可读取时基计数器的实时值
- 暂停和恢复时基计数器
- 可配置的报警产生机制
- 计数器值重新加载（报警时自动重新加载或软件控制的即时重新加载）
- 电平触发中断

3.8.2 系统定时器

ESP32-S3 内置 52 位系统定时器，该系统定时器包含两个 52 位的时钟计数器和三个报警比较器，具有以下功能：

- 时钟计数器的频率固定为 16 MHz
- 根据不同的报警值可产生三个独立的中断
- 两种报警模式：单次特定报警值报警和周期性报警
- 支持设置 52 位的单次特定报警值和 26 位的周期性报警值
- 从 Deep-sleep 或 Light-sleep 唤醒后读取 RTC 计数器中的睡眠时间
- 支持配置成当 CPU 暂停或处于 OCD 模式时，时钟计数器也暂停

3.8.3 看门狗定时器

ESP32-S3 中有三个看门狗定时器：两个定时器组中各一个（称作主系统看门狗定时器，缩写为 MWDT），RTC 模块中一个（称作 RTC 看门狗定时器，缩写为 RWDT）。

在引导加载 flash 固件期间，RWDT 和定时器组 0 中的 MWDT 会自动使能，以检测引导过程中发生的错误，并恢复运行。

看门狗定时器具有如下特性：

- 四个阶段，每个阶段都可配置超时时间。每阶段都可单独配置、使能和关闭。
- 如在某个阶段发生超时，MWDT 会采取中断、CPU 复位和内核复位三种超时动作中的一种，RWDT 会采取中断、CPU 复位、内核复位和系统复位四种超时动作中的一种。
- 保护 32 位超时计数器
- 防止 RWDT 和 MWDT 的配置被误改。
- flash 启动保护：如果在预定时间内 SPI flash 的引导过程没有完成，看门狗会重启整个主系统。

3.9 加密硬件加速器

ESP32-S3 配备硬件加速器，支持一些通用加密算法，比如 AES (FIPS PUB 197)、ECB/CBC/OFB/CFB/CTR (NIST SP 800-38A)、SHA (FIPS PUB 180-4)、RSA 和 ECC 等，还支持大数乘法、大数模乘等独立运算，其中 RSA 和大数模乘运算最大长度可达 4096 位，大数乘法的因子最大长度可达 2048 位。

3.10 物理安全特性

- 外部 flash 和片外 RAM 通过 AES-XTS 算法进行加密，加密算法使用的密钥无法被软件读写，因此用户的应用程序代码与数据不会被非法获取。
- 安全启动功能确保只启动已签名（具有 RSA-PSS 签名）的固件，此功能的可信度是根植于硬件逻辑。
- HMAC 模块可以使用软件无法访问的安全密钥来生成用于身份验证或其他用途的 MAC 签名。
- 数字签名模块可以使用软件无法访问的 RSA 密钥生成用于身份验证的 RSA 签名。
- 世界控制器模块提供两个软件运行环境，可将所有硬件和软件资源划分成两种，分别放置到安全区域或普通区域，保证普通区域硬件无法访问安全区域，从而在这两个区域之间构建安全边界。

3.11 外设管脚分配

表 5: 外设和传感器管脚分配

接口	信号	管脚	功能
ADC	ADC1_CH0	GPIO1	两个 12 位 SAR ADC
	ADC1_CH1	GPIO2	
	ADC1_CH2	GPIO3	
	ADC1_CH3	GPIO4	
	ADC1_CH4	GPIO5	
	ADC1_CH5	GPIO6	
	ADC1_CH6	GPIO7	
	ADC1_CH7	GPIO8	
	ADC1_CH8	GPIO9	
	ADC1_CH9	GPIO10	
	ADC2_CH0	GPIO11	
	ADC2_CH1	GPIO12	
	ADC2_CH2	GPIO13	
	ADC2_CH3	GPIO14	
	ADC2_CH4	XTAL_32K_P	
	ADC2_CH5	XTAL_32K_N	
	ADC2_CH6	GPIO17	
	ADC2_CH7	GPIO18	
	ADC2_CH8	GPIO19	
	ADC2_CH9	GPIO20	

接口	信号	管脚	功能
触摸传感器	TOUCH1	GPIO1	电容式触摸传感器
	TOUCH2	GPIO2	
	TOUCH3	GPIO3	
	TOUCH4	GPIO4	
	TOUCH5	GPIO5	
	TOUCH6	GPIO6	
	TOUCH7	GPIO7	
	TOUCH8	GPIO8	
	TOUCH9	GPIO9	
	TOUCH10	GPIO10	
	TOUCH11	GPIO11	
	TOUCH12	GPIO12	
	TOUCH13	GPIO13	
	TOUCH14	GPIO14	
JTAG	MTDI	MTDI	软件调试 JTAG
	MTCK	MTCK	
	MTMS	MTMS	
	MTDO	MTDO	
UART	U0RXD_in	任意 GPIO 管脚	三个 UART 设备，支持硬件流控制和 DMA
	U0CTS_in		
	U0DSR_in		
	U0TXD_out		
	U0RTS_out		
	U0DTR_out		
	U1RXD_in		
	U1CTS_in		
	U1DSR_in		
	U1TXD_out		
	U1RTS_out		
	U1DTR_out		
	U2RXD_in		
	U2CTS_in		
	U2DSR_in		
	U2TXD_out		
	U2RTS_out		
	U2DTR_out		
I2C	I2CEXT0_SCL_in	任意 GPIO 管脚	两个 I2C 设备，支持主机或从机模式
	I2CEXT0_SDA_in		
	I2CEXT1_SCL_in		
	I2CEXT1_SDA_in		
	I2CEXT0_SCL_out		
	I2CEXT0_SDA_out		
	I2CEXT1_SCL_out		
	I2CEXT1_SDA_out		

接口	信号	管脚	功能
LED PWM	ledc_ls_sig_out0~7	任意 GPIO 管脚	八路独立通道；时钟可选择 80 MHz 时钟/RTC 时钟/XTAL 时钟。占空比精确度：14 位。
I2S	I2S0O_BCK_in I2S0_MCLK_in I2S0O_WS_in I2S0I_SD_in I2S0I_SD1_in I2S0I_SD2_in I2S0I_SD3_in I2S0I_BCK_in I2S0I_WS_in I2S1O_BCK_in I2S1_MCLK_in I2S1O_WS_in I2S1I_SD_in I2S1I_BCK_in I2S1I_WS_in I2S0O_BCK_out I2S0_MCLK_out I2S0O_WS_out I2S0O_SD_out I2S0O_SD1_out I2S0I_BCK_out I2S0I_WS_out I2S1O_BCK_out I2S1_MCLK_out I2S1O_WS_out I2S1O_SD_out I2S1I_BCK_out I2S1I_WS_out	任意 GPIO 管脚	用于串行立体声数据的输入输出。
LCD_CAMERA	LCD_PCLK LCD_DC LCD_V_SYNC LCD_H_SYNC LCD_H_ENABLE LCD_DATA_out0~15 LCD_CS CAM_CLK CAM_V_SYNC CAM_H_SYNC CAM_H_ENABLE CAM_PCLK	任意 GPIO 管脚	用于发送 8~16 位 LCD 接口数据的发送和 8~16 位摄像头接口数据的接收。

接口	信号	管脚	功能
	CAM_DATA_in0~15		
红外遥控器	RMT_SIG_IN0~3	任意 GPIO 管脚	四路 IR 收发器，支持不同波形标准。
	RMT_SIG_OUT0~3		
SPI0/1	SPICLK_out_mux	SPICLK	支持 SPI、Dual SPI、Quad SPI、Octal SPI、QPI 和 OPI，可以连接片外 flash 和 RAM。
	SPICS0_out	SPICS0	
	SPICS1_out	SPICS1	
	SPID_in/_out	SPID	
	SPIQ_in/_out	SPIQ	
	SPIWP_in/_out	SPIWP	
	SPIHD_in/_out	SPIHD	
	SPID4_in/_out	GPIO33	
	SPID5_in/_out	GPIO34	
	SPID6_in/_out	GPIO35	
	SPID7_in/_out	GPIO36	
	SPIDQS_in/_out	GPIO37	
SPI2	FSPICLK_in/_out_mux	任意 GPIO 管脚	支持以下功能： <ul style="list-style-type: none"> • SPI、Dual SPI、Quad SPI、Octal SPI、QPI 和 OPI 的主机模式，SPI、Dual SPI、Quad SPI 和 QPI 的从机模式； • 可以连接片外 flash、RAM 和其他 SPI 设备 • SPI 传输的四种时钟模式； • 可配置的 SPI 频率； • 64 字节缓存或 DMA 数据缓存。
	FSPICS0_in/_out		
	FSPICS1~5_out		
	FSPID_in/_out		
	FSPIQ_in/_out		
	FSPIWP_in/_out		
	FSPIHD_in/_out		
	FSPIIO4~7_in/_out		
	FSPIDQS_out		
SPI3	SPI3_CLK_in/_out_mux	任意 GPIO 管脚	支持以下功能： <ul style="list-style-type: none"> • SPI、Dual SPI、Quad SPI 和 QPI 的主机和从机模式； • SPI 传输的四种时钟模式； • 可配置的 SPI 频率； • 64 字节缓存或 DMA 数据缓存。
	SPI3_CS0_in/_out		
	SPI3_CS1_out		
	SPI3_CS2_out		
	SPI3D_in/_out		
	SPI3Q_in/_out		
	SPI3_WP_in/_out		
	SPI3_HD_in/_out		

接口	信号	管脚	功能
脉冲计数器	pcnt_sig_ch0_in0	任意 GPIO 管脚	脉冲计数器通过七种模式捕捉脉冲并对脉冲边沿计数。
	pcnt_sig_ch1_in0		
	pcnt_ctrl_ch0_in0		
	pcnt_ctrl_ch1_in0		
	pcnt_sig_ch0_in1		
	pcnt_sig_ch1_in1		
	pcnt_ctrl_ch0_in1		
	pcnt_ctrl_ch1_in1		
	pcnt_sig_ch0_in2		
	pcnt_sig_ch1_in2		
	pcnt_ctrl_ch0_in2		
	pcnt_ctrl_ch1_in2		
	pcnt_sig_ch0_in3		
	pcnt_sig_ch1_in3		
	pcnt_ctrl_ch0_in3		
	pcnt_ctrl_ch1_in3		
USB OTG	D-	GPIO19 (内部 PHY 使用)	全速 USB OTG (USB OTG 支持使用芯片内部集成的高速 PHY, 也支持使用外接高速 PHY)
	D+	GPIO20 (内部 PHY 使用)	
	VP	MTMS (外部 PHY 使用)	
	VM	MTDI (外部 PHY 使用)	
	RCV	GPIO21 (外部 PHY 使用)	
	OEN	MTDO (外部 PHY 使用)	
	VPO	MTCK (外部 PHY 使用)	
	VMO	GPIO38 (外部 PHY 使用)	
USB Serial/JTAG 控制器	D-	GPIO19 (内部 PHY 使用)	编程 flash 及 CPU 调试 (USB Serial/JTAG 控制器支持使用芯片内部集成的高速 PHY, 也支持使用外接高速 PHY)
	D+	GPIO20 (内部 PHY 使用)	
	VP	MTMS (外部 PHY 使用)	
	VM	MTDI (外部 PHY 使用)	
	OEN	MTDO (外部 PHY 使用)	
	VPO	MTCK (外部 PHY 使用)	
	VMO	GPIO38 (外部 PHY 使用)	

修订历史

日期	版本	发布说明
2021-05-24	V0.4.1	删除芯片型号 ESP32-S3FN8R2
2021-03-22	V0.4	全面更新
2020-12-30	V0.3.1	更新图 1
2020-08-14	V0.3	预发版本

解决方案、文档及法律信息

必读资料

- 《ESP-IDF 编程指南》 (<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/index.html>)
- 证书 (www.espressif.com/zh-hans/support/documents/certificates)
- 通知订阅 (www.espressif.com/zh-hans/subscribe)

销售与技术支持

- 商务问题 (www.espressif.com/zh-hans/contact-us/sales-questions)
- 技术支持 (www.espressif.com/zh-hans/contact-us/technical-inquiries)
- 购买样品 (www.espressif.com/zh-hans/contact-us/get-sample)

开发者社区

- ESP32 在线社区 (www.esp32.com)
- GitHub (github.com/espressif)

产品

- 芯片 (www.espressif.com/zh-hans/products/socs)
- 模组 (www.espressif.com/zh-hans/products/modules)
- 开发板 (www.espressif.com/zh-hans/products/devkits)

必备资源

- SDK 和演示 (www.espressif.com/zh-hans/support/download/sdks-demos)
- 应用程序 (www.espressif.com/zh-hans/support/download/apps)
- 工具 (www.espressif.com/zh-hans/support/download/other-tools)
- AT (www.espressif.com/zh-hans/support/download/at)



www.espressif.com

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。