ESP8685 系列芯片

技术规格书 版本 1.7

搭载 RISC-V 32 位单核处理器的极低功耗 SoC
支持 2.4 GHz Wi-Fi (802.11b/g/n) 和 Bluetooth® 5 (LE)
封装内叠封 4 MB flash
QFN28 (4×4 mm) 封装

包括：

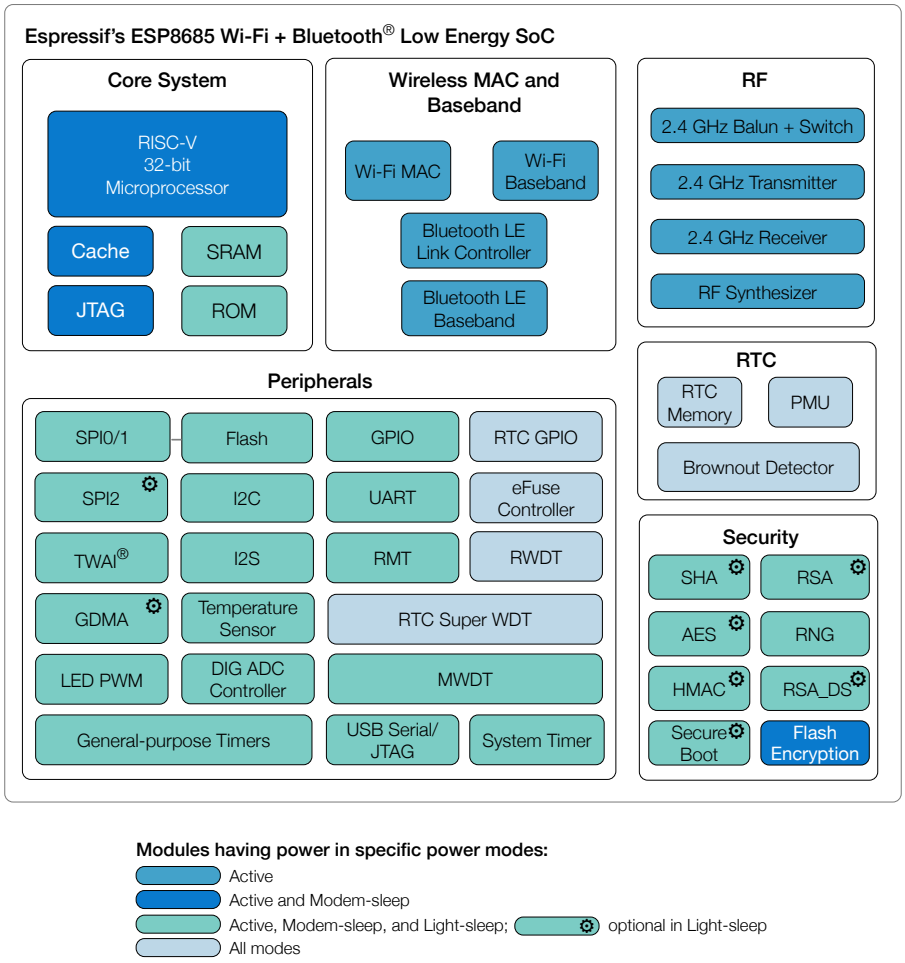
ESP8685H4

ESPRESSIF

产品概述

ESP8685 是一款低功耗、高集成度的 MCU 系统级芯片 (SoC)，集成 2.4 GHz Wi-Fi 和低功耗蓝牙 (Bluetooth® LE) 无线通信。

芯片的功能框图如下图所示。



ESP8685 功能框图

更多关于功耗的信息，请参考章节 4.1.3.5 电源管理单元。

ESP8685 芯片系列 是 ESP32-C3 芯片系列合集 的成员。更多关于该芯片系列合集的信息，请查看 ESP32-C3 芯片系列合集概览。

产品特性

Wi-Fi

- 支持 IEEE 802.11b/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, TX/RX A-MSDU)
- 立即块确认 (Immediate Block ACK)
- 分片和重组 (Fragmentation and defragmentation)
- 传输机会 (Transmit opportunity, TXOP)
- Beacon 自动监测（硬件 TSF）
- 4 个虚拟 Wi-Fi 接口
- 同时支持基础结构型网络 (Infrastructure BSS) Station 模式、SoftAP 模式、Station + SoftAP 模式和混杂模式
  请注意 ESP8685 系列芯片在 Station 模式下扫描时，SoftAP 信道会同时改变
- 天线分集
- 802.11mc FTM

蓝牙

- 低功耗蓝牙 (Bluetooth LE)：Bluetooth 5、Bluetooth mesh
- 高功率模式，发射功率最高 20 dBm
- 速率支持 125 Kbps、500 Kbps、1 Mbps、2 Mbps
- 广播扩展 (LE Advertising Extensions)
- 多广播 (Multiple Advertisement Sets)
- 信道选择 (LE Channel Selection Algorithm #2)
- Wi-Fi 与蓝牙共存，共用同一个天线

CPU 和存储

- 32 位 RISC-V 单核处理器
- 时钟频率：最高 160 MHz
- CoreMark® 得分：
  - 单核 160 MHz：483.27 CoreMark；3.02 CoreMark/MHz
- 通用 DMA 控制器（简称 GDMA），3 个接收通道和 3 个发送通道
- ROM：384 KB

- SRAM：400 KB（其中 16 KB 专用于 cache）
- RTC SRAM：8 KB
- 4096 位 eFuse 存储器，用户可用的高达 1792 位
- 封装内 flash
- 通过 cache 加速 flash 访问
- 支持 flash 在线编程 (ICP)

外设

- 15 个可编程 GPIO，包含 3 个 strapping 管脚
- 通讯接口：
  - 2 个 UART
  - 3 个 SPI（SPI0 和 SPI1 已用于连接封装内 flash，仅 SPI2 可使用）
  - I2C
  - I2S
  - 全速 USB 串口/JTAG 控制器
  - TWAI® 控制器，兼容 ISO11898-1（CAN 规范 2.0）
  - LED PWM 控制器，多达 6 个通道
  - 红外收发器，2 个发送通道和 2 个接收通道
- 模拟信号处理：
  - 2 个 12 位 SAR 模/数转换器，多达 6 个通道
  - 温度传感器
- 定时器：
  - 2 个 54 位通用定时器
  - 3 个数字看门狗定时器
  - 模拟看门狗定时器
  - 52 位系统定时器
  - XTAL32K 看门狗定时器

功耗管理

- 通过选择时钟频率、占空比、Wi-Fi 工作模式和单独控制内部器件的电源，实现精准电源控制
- 针对典型场景设计的四种功耗模式：Active、Modem-sleep、Light-sleep、Deep-sleep
- Deep-sleep 模式下功耗低至 5 μA
- Deep-sleep 模式下 RTC 存储器仍保持工作

安全机制

- 安全启动 - 内部和外部存储器的权限控制
- Flash 加密 - 加密和解密存储器
- 加密硬件加速器：
  - AES-128/256 (FIPS PUB 197)
  - SHA 加速器 (FIPS PUB 180-4)
  - RSA 加速器
  - 随机数生成器 (RNG)
  - HMAC
  - RSA 数字签名外设
- 时钟毛刺检测

RF 模块

- 天线开关、射频巴伦 (balun)、功率放大器、低噪声放大器
- 802.11b 传输功率高达 +21 dBm
- 802.11n 传输功率高达 +20 dBm
- 低功耗蓝牙接收器灵敏度 (125 Kbps) 高达 -105 dBm

应用

低功耗芯片 ESP8685 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

说明：

点击链接或扫描二维码确保您使用的是最新版本的文档：
https://www.espressif.com/documentation/esp8685_datasheet_cn.pdf

目录

产品概述 2
产品特性 3
应用 5

1 ESP8685 系列型号对比 11
1.1 命名规则 11
1.2 型号对比 11

2 管脚 12
2.1 管脚布局 12
2.2 管脚描述 13
2.3 外设管脚分配 14
2.4 电源 16

3 启动配置项 18
3.1 芯片启动模式控制 19
3.2 ROM 日志打印控制 19

4 功能描述 21
4.1 系统 21
4.1.1 微处理器和主机 21
4.1.1.1 高性能处理器 21
4.1.1.2 GDMA 控制器 21
4.1.2 存储器组织结构 21
4.1.2.1 内部存储器 22
4.1.2.2 Cache 23
4.1.2.3 eFuse 控制器 23
4.1.3 系统组件 23
4.1.3.1 IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 23
4.1.3.2 复位 31
4.1.3.3 时钟 31
4.1.3.4 中断矩阵 32
4.1.3.5 电源管理单元 32
4.1.3.6 系统定时器 32
4.1.3.7 定时器组 33
4.1.3.8 看门狗定时器 33

4.1.3.9 XTAL32K 看门狗定时器 34
4.1.3.10 权限控制 34
4.1.3.11 World 控制器 34
4.1.3.12 系统寄存器 35
4.1.3.13 辅助调试 35
4.1.4 加密和安全组件 35
4.1.4.1 AES 加速器 35
4.1.4.2 HMAC 加速器 36
4.1.4.3 RSA 加速器 36
4.1.4.4 SHA 加速器 37
4.1.4.5 RSA 数字签名外设 37
4.1.4.6 片外存储器加密与解密 37
4.1.4.7 随机数生成器 38
4.1.4.8 时钟毛刺检测 38
4.2 外设 39
4.2.1 通讯接口 39
4.2.1.1 UART 控制器 39
4.2.1.2 SPI 控制器 39
4.2.1.3 I2C 控制器 40
4.2.1.4 I2S 控制器 40
4.2.1.5 USB 串口/JTAG 控制器 40
4.2.1.6 双线汽车接口 41
4.2.1.7 LED PWM 控制器 41
4.2.1.8 红外遥控 42
4.2.2 模拟信号处理 42
4.2.2.1 SAR ADC 42
4.2.2.2 温度传感器 42
4.3 无线通信 43
4.3.1 无线电 43
4.3.1.1 2.4 GHz 接收器 43
4.3.1.2 2.4 GHz 发射器 43
4.3.1.3 时钟生成器 43
4.3.2 Wi-Fi 43
4.3.2.1 Wi-Fi 无线电和基带 44
4.3.2.2 Wi-Fi MAC 44
4.3.2.3 网络特性 44
4.3.3 蓝牙 LE 45
4.3.3.1 低功耗蓝牙物理层 45
4.3.3.2 低功耗蓝牙链路控制器 45

5 电气特性 46
5.1 绝对最大额定值 46
5.2 建议工作条件 46
5.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) 46
5.4 ADC 特性 47
5.5 功耗特性 47

5.5.1 Active 模式下的 RF 功耗 47
5.5.2 其他功耗模式下的功耗 48
5.6 存储器规格 48
5.7 可靠性 49

6 射频特性 50
6.1 Wi-Fi 射频 50
6.1.1 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性 50
6.1.2 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性 51
6.2 低功耗蓝牙射频 52
6.2.1 低功耗蓝牙射频发射器 (TX) 特性 52
6.2.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性 54

7 封装 57

ESP32-C3 芯片系列合集概览 58

技术规格书版本号管理 59

词汇表 60

相关文档和资源 61

修订历史 62

表格

1-1 ESP8685 系列芯片对比 11
2-1 ESP8685 管脚描述 13
2-2 外设管脚分配 15
2-3 上电和复位时序参数说明 17
3-1 Strapping 管脚的默认配置 18
3-2 Strapping 管脚的时序参数说明 18
3-3 芯片启动模式控制 19
3-4 UART0 ROM 日志打印控制 20
3-5 USB 串口/JTAG ROM 日志打印控制 20
4-1 IO MUX 管脚功能 24
4-2 芯片上电过程中的管脚毛刺 25
4-3 通过 GPIO 交换矩阵输入输出的外设信号列表 26
5-1 绝对最大额定值 46
5-2 建议工作条件 46
5-3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) 46
5-4 ADC 特性 47
5-5 ADC 校准结果 47
5-6 不同 RF 模式下的 Wi-Fi 功耗 48
5-7 Modem-sleep 模式下的功耗 48
5-8 低功耗模式下的功耗 48
5-9 Flash 规格 48
5-10 可靠性认证 49
6-1 Wi-Fi 频率 50
6-2 频谱模板和 EVM 符合 802.11 标准时的发射功率 50
6-3 发射 EVM 测试 50
6-4 接收灵敏度 51
6-5 最大接收电平 52
6-6 接收邻道抑制 52
6-7 低功耗蓝牙频率 52
6-8 发射器特性 - 低功耗蓝牙 1 Mbps 52
6-9 发射器特性 - 低功耗蓝牙 2 Mbps 53
6-10 发射器特性 - 低功耗蓝牙 125 Kbps 53
6-11 发射器特性 - 低功耗蓝牙 500 Kbps 54
6-12 接收器特性 - 低功耗蓝牙 1 Mbps 54
6-13 接收器特性 - 低功耗蓝牙 2 Mbps 55
6-14 接收器特性 - 低功耗蓝牙 125 Kbps 55
6-15 接收器特性 - 低功耗蓝牙 500 Kbps 56

插图

1-1 ESP8685 系列芯片命名规则 11
2-1 ESP8685 管脚布局（俯视图） 12
2-2 ESP8685 数字电源管理 16
2-3 上电和复位时序参数图 17
3-1 Strapping 管脚的时序参数图 19
4-1 地址映射结构 22
7-1 QFN28 (4×4 mm) 封装 57

1 ESP8685 系列型号对比

1.1 命名规则

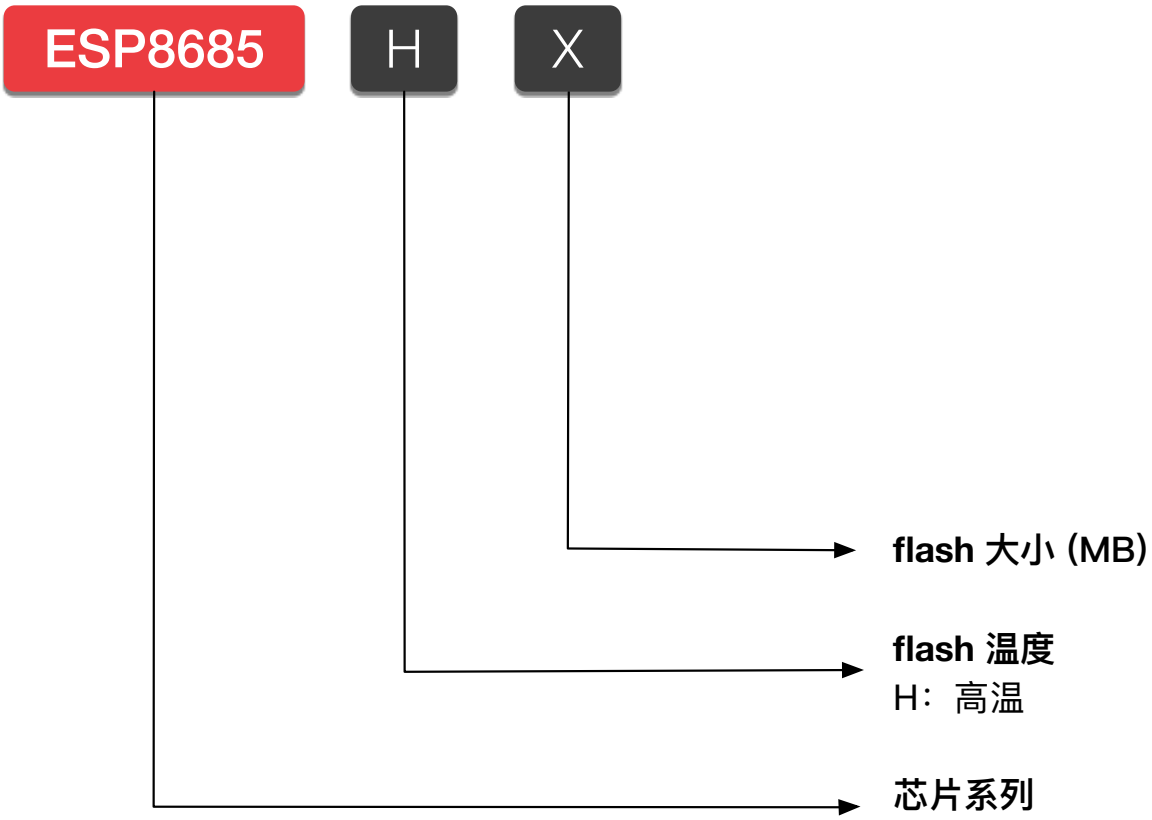


图 1-1. ESP8685 系列芯片命名规则

1.2 型号对比

表 1-1. ESP8685 系列芯片对比

物料编号 [1]	封装内 flash [3]	环境温度 [2] (°C)	封装 (mm)	芯片版本
ESP8685H4	4 MB	–40 ~ 105	QFN28 (4*4)	v0.4

[1] 更多关于芯片丝印和包装的信息，请参考章节 7 封装。

[2] 环境温度指乐鑫芯片外部的推荐环境温度。

[3] 更多关于封装内 flash 的信息，详见章节 4.1.2.1 内部存储器。默认情况下，封装内 flash 支持的最大时钟频率为 80 MHz，且不支持自动暂停功能。如需使用 120 MHz 的 flash 时钟频率或自动暂停功能，请联系我们。

2 管脚

2.1 管脚布局

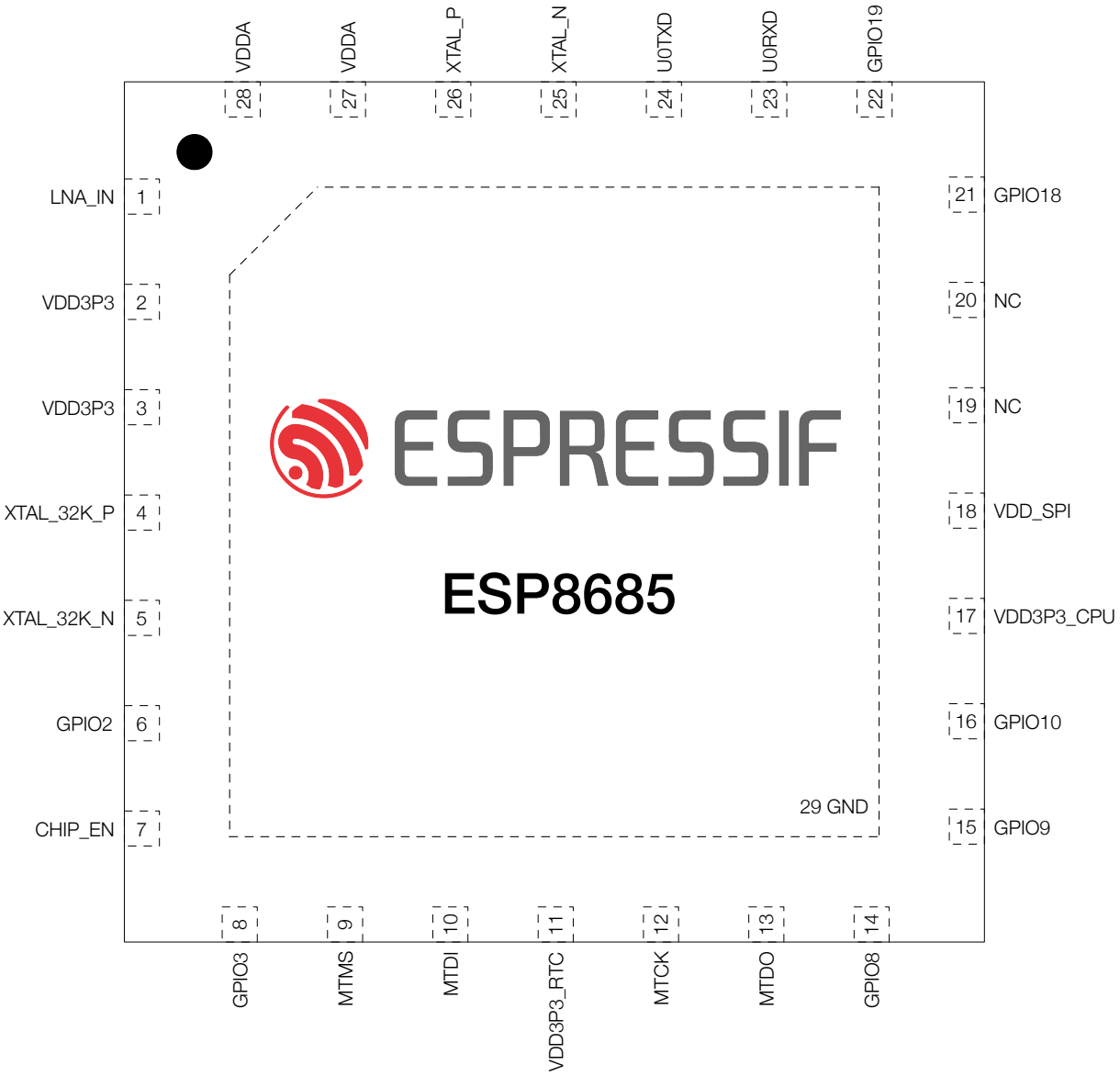


图 2-1. ESP8685 管脚布局（俯视图）

2.2 管脚描述

表 2-1. ESP8685 管脚描述

名称	序号	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
XTAL_32K_P	4	I/O/T	VDD3P3_RTC	GPIO0, ADC1_CH0, XTAL_32K_P
XTAL_32K_N	5	I/O/T	VDD3P3_RTC	GPIO1, ADC1_CH1, XTAL_32K_N
GPIO2	6	I/O/T	VDD3P3_RTC	GPIO2, ADC1_CH2, FSPIQ
CHIP_EN	7	I	VDD3P3_RTC	高电平：芯片使能； 低电平：芯片关闭； 注意不能让 CHIP_EN 管脚浮空。
GPIO3	8	I/O/T	VDD3P3_RTC	GPIO3, ADC1_CH3
MTMS	9	I/O/T	VDD3P3_RTC	GPIO4, ADC1_CH4, FSPIHD, MTMS
MTDI	10	I/O/T	VDD3P3_RTC	GPIO5, ADC2_CH0, FSPIWP MTDI
VDD3P3_RTC	11	P_D	—	RTC 电源输入
MTCK	12	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO6, FSPICLK, MTCK
MTDO	13	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO7, FSPID, MTDO
GPIO8	14	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO8
GPIO9	15	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO9
GPIO10	16	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO10, FSPICS0
VDD3P3_CPU	17	P_D	—	CPU IO 电源输入
VDD_SPI	18	P_D	—	仅供内部使用
NC	19	—	—	空管脚
NC	20	—	—	空管脚
GPIO18	21	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO18, USB_D-
GPIO19	22	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO19, USB_D+
U0RXD	23	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO20, U0RXD
U0TXD	24	I/O/T	VDD3P3_CPU	GPIO21, U0TXD
XTAL_N	25	—	—	外部主晶振输出
XTAL_P	26	—	—	外部主晶振输入
VDDA	27	P_A	—	模拟电源
VDDA	28	P_A	—	模拟电源
GND	29	G	—	接地

[1] P_A：模拟电源；P_D：RTC IO 电源；I：输入；O：输出；T：可设置为高阻。

[2] 本表中管脚功能仅指部分固定设置，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，请参考表 4-3。

2.3 外设管脚分配

表 2-2 外设管脚分配 根据优先级高亮了可以分配给每个外设接口的管脚：

- 优先级 1：固定 IO MUX 管脚，直接连接外设信号。
  如果某个外设接口没有优先级 1 的管脚（如 UART1），则可以分配优先级 2、3 的任意 GPIO 管脚。
- 任意 GPIO 管脚，通过 GPIO 交换矩阵映射外设信号，优先级为 2、3。
  - 优先级 2：GPIO 管脚，没有限制，可以自由分配。
  - 优先级 3：GPIO 管脚，使用时需要注意是否会和以下重要功能冲突：
    * GPIO2、GPIO8、GPIO9：Strapping 管脚。
    * GPIO18、GPIO19：USB 串口/JTAG 接口。
    * GPIO4、GPIO5、GPIO6、GPIO7：JTAG 接口。
    * GPIO20、GPIO21：UART0 接口。

  如果某个外设接口没有优先级 2、3 的管脚（如 USB 串口/JTAG），则表示只能分配优先级 1 的管脚。

说明：

- 可以分配到 GPIO 管脚的外设信号，请参考表 4-3 通过 *GPIO* 交换矩阵输入输出的外设信号列表。

表 2-2. 外设管脚分配

管脚序号	管脚名称	USB 串口/JTAG [1]	JTAG	ADC1	ADC2	UART0 [2]	SPI2 [2]	UART1	I2C	I2S	TWAI	LED PWM	RMT
1	LNA_IN												
2	VDD3P3												
3	VDD3P3												
4	XTAL_32K_P			ADC1_CH0 (P1)		GPIO0 (P2)	GPIO0 (P2)	GPIO0 (P2)	GPIO0 (P2)	GPIO0 (P2)	GPIO0 (P2)	GPIO0 (P2)	GPIO0 (P2)
5	XTAL_32K_N			ADC1_CH1 (P1)		GPIO1 (P2)	GPIO1 (P2)	GPIO1 (P2)	GPIO1 (P2)	GPIO1 (P2)	GPIO1 (P2)	GPIO1 (P2)	GPIO1 (P2)
6	GPIO2			ADC1_CH2 (P1)		GPIO2 (P3)	FSPIQ (P1)	GPIO2 (P3)	GPIO2 (P3)	GPIO2 (P3)	GPIO2 (P3)	GPIO2 (P3)	GPIO2 (P3)
7	CHIP_EN												
8	GPIO3			ADC1_CH3 (P1)		GPIO3 (P2)	GPIO3 (P2)	GPIO3 (P2)	GPIO3 (P2)	GPIO3 (P2)	GPIO3 (P2)	GPIO3 (P2)	GPIO3 (P2)
9	MTMS		MTMS (P1)	ADC1_CH4 (P1)		GPIO4 (P3)	FSPIHD (P1)	GPIO4 (P3)	GPIO4 (P3)	GPIO4 (P3)	GPIO4 (P3)	GPIO4 (P3)	GPIO4 (P3)
10	MTDI		MTDI (P1)		ADC2_CH0 (P1)	GPIO5 (P3)	FSPIWP (P1)	GPIO5 (P3)	GPIO5 (P3)	GPIO5 (P3)	GPIO5 (P3)	GPIO5 (P3)	GPIO5 (P3)
11	VDD3P3_RTC												
12	MTCK		MTCK (P1)			GPIO6 (P3)	FSPICLK (P1)	GPIO6 (P3)	GPIO6 (P3)	GPIO6 (P3)	GPIO6 (P3)	GPIO6 (P3)	GPIO6 (P3)
13	MTDO		MTDO (P1)			GPIO7 (P3)	FSPID (P1)	GPIO7 (P3)	GPIO7 (P3)	GPIO7 (P3)	GPIO7 (P3)	GPIO7 (P3)	GPIO7 (P3)
14	GPIO8					GPIO8 (P3)	GPIO8 (P3)	GPIO8 (P3)	GPIO8 (P3)	GPIO8 (P3)	GPIO8 (P3)	GPIO8 (P3)	GPIO8 (P3)
15	GPIO9					GPIO9 (P3)	GPIO9 (P3)	GPIO9 (P3)	GPIO9 (P3)	GPIO9 (P3)	GPIO9 (P3)	GPIO9 (P3)	GPIO9 (P3)
16	GPIO10					GPIO10 (P2)	FSPICS0 (P1)	GPIO10 (P2)	GPIO10 (P2)	GPIO10 (P2)	GPIO10 (P2)	GPIO10 (P2)	GPIO10 (P2)
17	VDD3P3_CPU												
18	VDD_SPI												
19	NC												
20	NC												
21	GPIO18	USB_D- (P1)				GPIO18 (P3)	GPIO18 (P3)	GPIO18 (P3)	GPIO18 (P3)	GPIO18 (P3)	GPIO18 (P3)	GPIO18 (P3)	GPIO18 (P3)
22	GPIO19	USB_D+ (P1)				GPIO19 (P3)	GPIO19 (P3)	GPIO19 (P3)	GPIO19 (P3)	GPIO19 (P3)	GPIO19 (P3)	GPIO19 (P3)	GPIO19 (P3)
23	U0RXD					U0RXD (P1)	GPIO20 (P3)	GPIO20 (P3)	GPIO20 (P3)	GPIO20 (P3)	GPIO20 (P3)	GPIO20 (P3)	GPIO20 (P3)
24	U0TXD					U0TXD (P1)	GPIO21 (P3)	GPIO21 (P3)	GPIO21 (P3)	GPIO21 (P3)	GPIO21 (P3)	GPIO21 (P3)	GPIO21 (P3)
25	XTAL_N												
26	XTAL_P												
27	VDDA												
28	VDDA												
29	GND												

[1] USB 串口/JTAG 的 USB_D- 和 USB_D+ 管脚可按照 《ESP32-C3 技术参考手册》 的 USB_SERIAL_JTAG_EXCHG_PINS 位配置后交换。

[2] UART0、SPI2 接口的外设信号，无论是否已通过 IO MUX 直接连接 固定管脚，均可通过 GPIO 交换矩阵映射至任意 GPIO 管脚。

2.4 电源

ESP8685 有四个电源输入管脚：

- VDDA1
- VDDA2
- VDD3P3_RTC
- VDD3P3_CPU

VDDA1 和 VDDA2 给模拟电路供电。

RTC IO 由 VDD3P3_RTC 供电。

RTC 电路由低功耗调压器 (Low Power Voltage Regulator) 供电，该调压器由 VDD3P3_RTC 供电。

数字系统电路由数字系统调压器 (Digital System Voltage Regulator) 供电，调压器由 VDD3P3_CPU 和 VDD3P3_RTC 共同供电。

Digital IO 由 VDD3P3_CPU 供电。

ESP8685 的数字电源管理如图 2-2 所示：

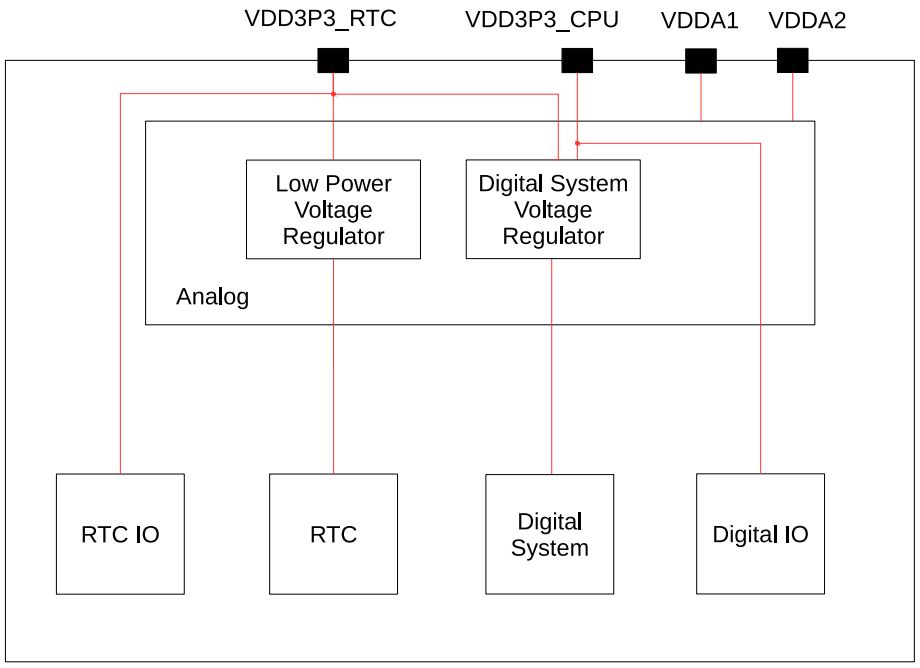


图 2-2. ESP8685 数字电源管理

芯片上电后，其电源轨需要一点时间方可稳定。之后，用于上电和复位的管脚 CHIP_EN 拉高，激活芯片。更多关于 CHIP_EN 及上电和复位时序的信息，请见图 2-3 和表 2-3。

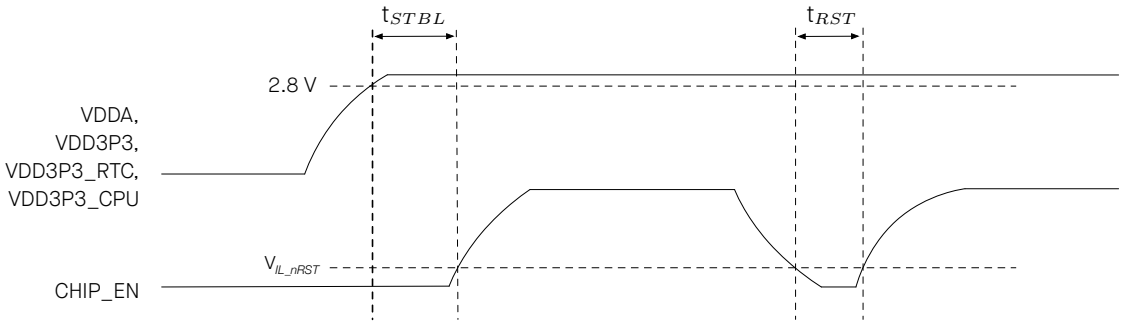


图 2-3. 上电和复位时序参数图

表 2-3. 上电和复位时序参数说明

参数	说明	最小值 (μs)
t_{STBL}	CHIP_EN 管脚拉高激活芯片前，VDDA、VDD3P3、VDD3P3_RTC 和 VDD3P3_CPU 达到稳定所需的时间	50
t_{RST}	CHIP_EN 电平低于 V_{IL_nRST}（具体数值参考表 5-3）从而复位芯片的时间	50

3 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 参数 配置如下启动参数，无需微处理器的参与：

- **芯片启动模式**
  - Strapping 管脚：GPIO2、GPIO8 和 GPIO9
- **ROM 日志打印**
  - Strapping 管脚：GPIO8
  - eFuse 参数：EFUSE_UART_PRINT_CONTROL 和 EFUSE_USB_PRINT_CHANNEL

上述 eFuse 参数的默认值均为 0，也就是说没有烧写过。eFuse 只能烧写一次，一旦烧写为 1，便不能恢复为 0。有关烧写 eFuse 的信息，请参考 《ESP32-C3 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 3-1. Strapping 管脚的默认配置

Strapping 管脚	默认配置	值
GPIO2	浮空	–
GPIO8	浮空	–
GPIO9	弱上拉	1

要改变 strapping 管脚的值，可以连接外部下拉/上拉电阻。如果 ESP8685 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。芯片复位时，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。更多关于芯片复位的信息，详见 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *复位和时钟*。

Strapping 管脚的信号时序需遵循表 3-2 和图 3-1 所示的 *建立时间* 和 *保持时间*。

表 3-2. 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_EN 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_EN 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	3

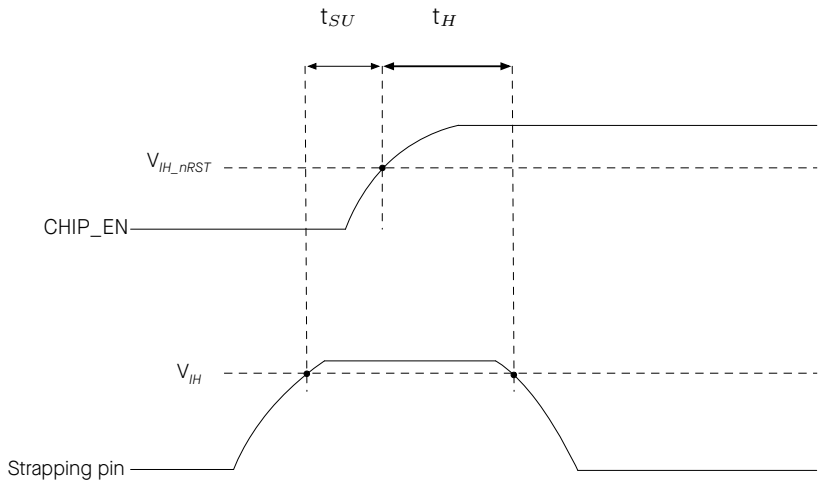


图 3-1. Strapping 管脚的时序参数图

3.1 芯片启动模式控制

复位释放后，GPIO2、GPIO8 和 GPIO9 共同决定启动模式。详见表 3-3 *芯片启动模式控制*。

表 3-3. 芯片启动模式控制

启动模式	GPIO2 [2]	GPIO8	GPIO9
SPI boot 模式	1	任意值	**1**
Joint download boot 模式 [3]	1	1	0

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

[2] GPIO2 实际不控制 SPI Boot 和 Joint Download Boot 模式，但由于管脚毛刺建议将此管脚上拉。

[3] Joint Download Boot 模式下支持以下下载方式：

- USB-Serial-JTAG Download Boot
- UART Download Boot

在 SPI Boot 模式下，ROM 引导加载程序通过从 SPI flash 中读取程序来启动系统。

在 Joint Download Boot 模式下，用户可通过 UART0 或 USB 接口将二进制文件下载至 flash，或将二进制文件下载至 SRAM 并运行 SRAM 中的程序。

除了 SPI Boot 和 Joint Download Boot 模式，ESP8685 还支持 SPI Download Boot 模式，详见《ESP32-C3 技术参考手册》> 章节 *芯片 Boot 控制*。

3.2 ROM 日志打印控制

系统在 SPI Boot 启动模式下的早期阶段，ROM 代码日志可打印至：

- **（默认）UART0 和 USB 串口/JTAG 控制器**
- UART0
- USB 串口/JTAG 控制器

EFUSE_UART_PRINT_CONTROL 和 GPIO8 控制 **UART0** ROM 日志打印，如表 3-4 *UART0 ROM 日志打印控制* 所示。

表 3-4. UART0 ROM 日志打印控制

UART0 ROM 日志打印	EFUSE_UART_PRINT_CONTROL	GPIO8
使能	**0**	忽略
	1	0
	2	1
关闭	1	1
	2	0
	3	忽略

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

EFUSE_USB_PRINT_CHANNEL 控制 **USB 串口/JTAG 控制器** ROM 日志打印，如表 3-5 *USB 串口/JTAG ROM 日志打印控制* 所示。

表 3-5. USB 串口/JTAG ROM 日志打印控制

USB 串口/JTAG ROM 日志打印控制	EFUSE_DIS_USB_SERIAL_JTAG [2]	EFUSE_USB_PRINT_CHANNEL
使能	**0**	**0**
关闭	0	1
	1	忽略

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

[2] EFUSE_DIS_USB_SERIAL_JTAG 控制是否关闭 USB 串口/JTAG。

4 功能描述

4.1 系统

本章节描述了芯片操作的核心部分，包括微处理器、存储器组织结构、系统组件和安全功能。

4.1.1 微处理器和主机

本章节描述了芯片内的核心处理单元及其功能。

4.1.1.1 高性能处理器

ESP8685 系列芯片搭载低功耗 RISC-V 32 位单核处理器，具有以下特性：

- 四级流水线架构，支持 160 MHz 的时钟频率
- RV32IMC ISA
- 支持 32 位乘法器、32 位除法器
- 支持最多 32 个向量中断，共 7 个优先级
- 支持最多 8 个硬件断点/观察点
- 支持最多 16 个 PMP 区域
- 用于调试的 JTAG 接口

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 高性能处理器。

4.1.1.2 GDMA 控制器

ESP8685 系列芯片包含一个六通道的通用 DMA 控制器（简称 GDMA），包括三个发送通道和三个接收通道，每个通道之间相互独立。这六个通道被具有 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。每个通道支持访问片内 RAM。

ESP8685 系列芯片中有六个外设具有 DMA 功能，这六个外设是 SPI2、UHCI0、I2S、AES、SHA 和 ADC。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *GDMA 控制器 (DMA)* 。

4.1.2 存储器组织结构

本章节描述了存储器布局，解释数据的存储、访问和管理方式，以实现高效的操作。

ESP8685 的地址映射结构如图 4-1 所示。

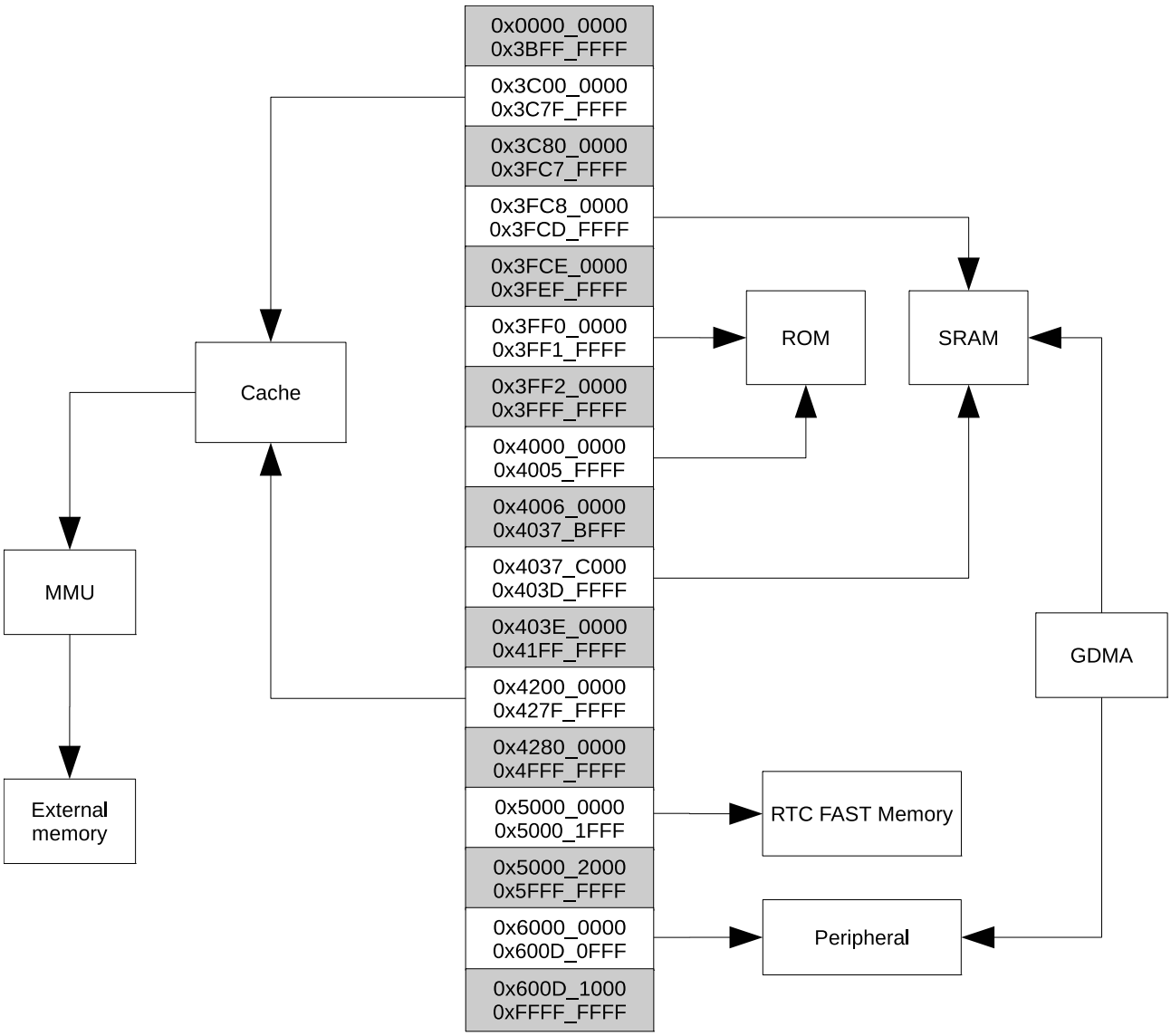


图 4-1. 地址映射结构

说明：
图中灰色背景标注的地址空间不可用。

4.1.2.1 内部存储器

ESP8685 内部存储器即集成于芯片晶圆上或封装内部的存储器，包括 ROM、SRAM、eFuse 和 flash。

- **384 KB 的 ROM**：用于程序启动和内核功能调用
- **400 KB 片上 SRAM**：用于数据和指令存储，时钟频率可配置，最大 160 MHz。400 KB SRAM 中，有 16 KB 配置为 cache 专用
- **RTC 快速存储器**：为 8 KB 的 SRAM，可被主 CPU 访问，在 Deep-sleep 模式下可以保存数据
- **4 Kbit 的 eFuse**：其中 1792 位保留给您使用，例如用于存储密钥和设备 ID
- **封装内 flash**

- 更多关于 flash 和 PSRAM 规格的信息，请参考章节 5.6 存储器规格

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节系统和存储器。

4.1.2.2 Cache

ESP8685 系列芯片采用八路组相连只读 cache 结构，具有以下特性：

- cache 的大小为 16 KB
- cache 的块大小为 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)

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节系统和存储器。

4.1.2.3 eFuse 控制器

eFuse 存储器是只可编程一次的存储器，用于存储参数内容和用户数据。ESP8685 芯片的 eFuse 控制器用于烧写和读取 eFuse 存储器。

特性

- 烧写保护可配置
- 读取保护可配置
- 使用多种硬件编码方式保护参数内容

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *eFuse 控制器*。

4.1.3 系统组件

本章节描述了对系统的整体功能和控制起到重要作用的组件。

4.1.3.1 IO MUX 和 GPIO 交换矩阵

ESP8685 系列芯片有 15 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 等管脚。

所有 GPIO 都可选择内部上拉/下拉，或设置为高阻。GPIO 配置为输入管脚时，可通过读取寄存器获取其输入值。输入管脚也可经设置产生边缘触发或电平触发的 CPU 中断。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 等。当芯片低功耗运行时，GPIO 可设定为保持状态。

IO MUX 和 GPIO 交换矩阵用于将信号从外设传输至 GPIO 管脚。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。

表 4-1 列出了所有 GPIO 管脚的 IO MUX 功能。

表 4-1. IO MUX 管脚功能

名称	序号	功能 0	功能 1	功能 2	复位	说明
XTAL_32K_P	4	GPIO0	GPIO0	—	0	R
XTAL_32K_N	5	GPIO1	GPIO1	—	0	R
GPIO2	6	GPIO2	GPIO2	FSPIQ	1	R
GPIO3	8	GPIO3	GPIO3	—	1	R
MTMS	9	MTMS	GPIO4	FSPIHD	1	R
MTDI	10	MTDI	GPIO5	FSPIWP	1	R
MTCK	12	MTCK	GPIO6	FSPICLK	1*	G
MTDO	13	MTDO	GPIO7	FSPID	1	G
GPIO8	14	GPIO8	GPIO8	—	1	—
GPIO9	15	GPIO9	GPIO9	—	3	—
GPIO10	16	GPIO10	GPIO10	FSPICS0	1	G
GPIO18	21	GPIO18	GPIO18	—	0	USB、G
GPIO19	22	GPIO19	GPIO19	—	0*	USB
U0RXD	23	U0RXD	GPIO20	—	3	G
U0TXD	24	U0TXD	GPIO21	—	4	—

复位

每个管脚复位后的默认配置。

- **0** - 输入关闭，高阻（IE = 0）
- **1** - 输入使能，高阻（IE = 1）
- **2** - 输入使能，下拉电阻使能（IE = 1，WPD = 1）
- **3** - 输入使能，上拉电阻使能（IE = 1，WPU = 1）
- **4** - 输出使能，上拉电阻使能（OE = 1, WPU = 1）
- **0*** - 输入关闭，上拉电阻使能（IE = 0，WPU = 0，USB_WPU = 1），具体见说明
- **1*** - eFuse 的 EFUSE_DIS_PAD_JTAG 位为
  0 时（初始默认值），管脚复位后输入使能，上拉电阻使能（IE = 1，WPU = 1）
  1 时，管脚复位后输入使能，高阻（IE = 1）

建议对处于高阻态的管脚配置上拉或下拉，以避免不必要的耗电。您可参考表 5-3 对上下拉电阻的描述在 PCB 设计中实现上下拉，或在软件初始化时开启管脚自带的上下拉。

说明

- **R** - 管脚具有模拟功能。
- **USB** - GPIO18、GPIO19 为 USB 管脚，USB 管脚的上拉电阻由管脚上拉和 USB 上拉共同控制，当其中任意一个为 1 时，对应管脚上拉电阻使能。USB 上拉由 USB_SERIAL_JTAG_DP_PULLUP 位控制。
- **G** - 管脚在芯片上电过程中有毛刺，具体见表 4-2。

表 4-2. 芯片上电过程中的管脚毛刺

管脚	毛刺类型[1]	典型持续时间 (ns)
MTCK	低电平毛刺	5
MTDO	低电平毛刺	5
GPIO10	低电平毛刺	5
U0RXD	低电平毛刺	5
GPIO18	高电平毛刺	50000

[1] 低电平毛刺：在持续期间维持低电平输出状态；
高电平毛刺：在持续期间维持高电平输出状态；
下拉毛刺：在持续期间维持内部弱下拉状态；
上拉毛刺：在持续期间维持内部弱上拉状态。
关于高/低电平和上/下拉的相关具体参数，请参考表 5-3。

表 4-3 列出了所有经由 GPIO 交换矩阵的外设输入输出信号。

请注意 GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL 位的配置：

- GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 1，则寄存器 GPIO_ENABLE_REG 中的相应位 *n* 将用于控制信号输出使能。
  - GPIO_ENABLE_REG = 0：输出关闭；
  - GPIO_ENABLE_REG = 1：输出使能；
- GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 0，则输出信号的使能由外设控制，例如表 4-3 中 “GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 0 时输出信号的输出使能信号” 一栏的 SPIQ_oe。注意，使能信号 SPIQ_oe 可设置为 1 (1'd1) 或 0 (1'd0)，具体由外设的配置决定。如果 “GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 0 时输出信号的输出使能信号” 一栏中为 1'd1，则表示寄存器 GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL 已清零，输出信号默认始终使能。

说明：

信号连续编号，但并非所有信号均有效。

- 输入信号中，仅有索引号为 6 ~ 11、45、53、54、63 ~ 68、97 ~ 100 的输入信号有效。
- 输出信号中，仅有索引号为 6 ~ 11、45 ~ 50、53 ~ 58、63 ~ 73、97 ~ 100、123 ~ 125 的输出信号有效。

表 4-3. 通过 GPIO 交换矩阵输入输出的外设信号列表

信号索引	输入信号	默认值	信号可经由 IO MUX 直接输入	输出信号	GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 0 时输出信号的输出使能信号	信号可经由 IO MUX 直接输出
0	-	-	-	-	1'd1	no
1	-	-	-	-	1'd1	no
2	-	-	-	-	1'd1	no
3	-	-	-	-	1'd1	no
4	-	-	-	-	1'd1	no
5	-	-	-	-	1'd1	no
6	U0RXD_in	0	yes	U0TXD_out	1'd1	yes
7	U0CTS_in	0	no	U0RTS_out	1'd1	no
8	U0DSR_in	0	no	U0DTR_out	1'd1	no
9	U1RXD_in	0	no	U1TXD_out	1'd1	no
10	U1CTS_in	0	no	U1RTS_out	1'd1	no
11	U1DSR_in	0	no	U1DTR_out	1'd1	no
12	I2S_MCLK_in	0	no	I2S_MCLK_out	1'd1	no
13	I2SO_BCK_in	0	no	I2SO_BCK_out	1'd1	no
14	I2SO_WS_in	0	no	I2SO_WS_out	1'd1	no
15	I2SI_SD_in	0	no	I2SO_SD_out	1'd1	no
16	I2SI_BCK_in	0	no	I2SI_BCK_out	1'd1	no
17	I2SI_WS_in	0	no	I2SI_WS_out	1'd1	no
18	gpio_bt_priority	0	no	gpio_wlan_prio	1'd1	no
19	gpio_bt_active	0	no	gpio_wlan_active	1'd1	no
20	-	-	-	-	1'd1	no
21	-	-	-	-	1'd1	no
22	-	-	-	-	1'd1	no
23	-	-	-	-	1'd1	no
24	-	-	-	-	1'd1	no
25	-	-	-	-	1'd1	no

信号索引	输入信号	默认值	信号可经由 IO MUX 直接输入	输出信号	GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 0 时输出信号的输出使能信号	信号可经由 IO MUX 直接输出
26	-	-	-	-	1'd1	no
27	-	-	-	-	1'd1	no
28	cpu_gpio_in0	0	no	cpu_gpio_out0	cpu_gpio_out_oen0	no
29	cpu_gpio_in1	0	no	cpu_gpio_out1	cpu_gpio_out_oen1	no
30	cpu_gpio_in2	0	no	cpu_gpio_out2	cpu_gpio_out_oen2	no
31	cpu_gpio_in3	0	no	cpu_gpio_out3	cpu_gpio_out_oen3	no
32	cpu_gpio_in4	0	no	cpu_gpio_out4	cpu_gpio_out_oen4	no
33	cpu_gpio_in5	0	no	cpu_gpio_out5	cpu_gpio_out_oen5	no
34	cpu_gpio_in6	0	no	cpu_gpio_out6	cpu_gpio_out_oen6	no
35	cpu_gpio_in7	0	no	cpu_gpio_out7	cpu_gpio_out_oen7	no
36	-	-	-	usb_jtag_tck	1'd1	no
37	-	-	-	usb_jtag_tms	1'd1	no
38	-	-	-	usb_jtag_tdi	1'd1	no
39	-	-	-	usb_jtag_tdo	1'd1	no
40	-	-	-	-	1'd1	no
41	-	-	-	-	1'd1	no
42	-	-	-	-	1'd1	no
43	-	-	-	-	1'd1	no
44	-	-	-	-	1'd1	no
45	ext_adc_start	0	no	ledc_ls_sig_out0	1'd1	no
46	-	-	-	ledc_ls_sig_out1	1'd1	no
47	-	-	-	ledc_ls_sig_out2	1'd1	no
48	-	-	-	ledc_ls_sig_out3	1'd1	no
49	-	-	-	ledc_ls_sig_out4	1'd1	no
50	-	-	-	ledc_ls_sig_out5	1'd1	no
51	rmt_sig_in0	0	no	rmt_sig_out0	1'd1	no
52	rmt_sig_in1	0	no	rmt_sig_out1	1'd1	no
53	I2CEXT0_SCL_in	1	no	I2CEXT0_SCL_out	I2CEXT0_SCL_oe	no

信号索引	输入信号	默认值	信号可经由 IO MUX 直接输入	输出信号	GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 0 时输出信号的输出使能信号	信号可经由 IO MUX 直接输出
54	I2CEXT0_SDA_in	1	no	I2CEXT0_SDA_out	I2CEXT0_SDA_oe	no
55	-	-	-	gpio_sd0_out	1'd1	no
56	-	-	-	gpio_sd1_out	1'd1	no
57	-	-	-	gpio_sd2_out	1'd1	no
58	-	-	-	gpio_sd3_out	1'd1	no
59	-	-	-	I2SO_SD1_out	1'd1	no
60	-	-	-	-	1'd1	no
61	-	-	-	-	1'd1	no
62	-	-	-	-	1'd1	no
63	FSPICLK_in	0	yes	FSPICLK_out_mux	FSPICLK_oe	yes
64	FSPIQ_in	0	yes	FSPIQ_out	FSPIQ_oe	yes
65	FSPID_in	0	yes	FSPID_out	FSPID_oe	yes
66	FSPIHD_in	0	yes	FSPIHD_out	FSPIHD_oe	yes
67	FSPIWP_in	0	yes	FSPIWP_out	FSPIWP_oe	yes
68	FSPICS0_in	0	yes	FSPICS0_out	FSPICS0_oe	yes
69	-	-	-	FSPICS1_out	FSPICS1_oe	no
70	-	-	-	FSPICS2_out	FSPICS2_oe	no
71	-	-	-	FSPICS3_out	FSPICS3_oe	no
72	-	-	-	FSPICS4_out	FSPICS4_oe	no
73	-	-	-	FSPICS5_out	FSPICS5_oe	no
74	twai_rx	1	no	twai_tx	1'd1	no
75	-	-	-	twai_bus_off_on	1'd1	no
76	-	-	-	twai_clkout	1'd1	no
77	-	-	-	-	1'd1	no
78	-	-	-	-	1'd1	no
79	-	-	-	-	1'd1	no
80	-	-	-	-	1'd1	no
81	-	-	-	-	1'd1	no

信号索引	输入信号	默认值	信号可经由 IO MUX 直接输入	输出信号	GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 0 时输出信号的输出使能信号	信号可经由 IO MUX 直接输出
82	-	-	-	-	1'd1	no
83	-	-	-	-	1'd1	no
84	-	-	-	-	1'd1	no
85	-	-	-	-	1'd1	no
86	-	-	-	-	1'd1	no
87	-	-	-	-	1'd1	no
88	-	-	-	-	1'd1	no
89	-	-	-	ant_sel0	1'd1	no
90	-	-	-	ant_sel1	1'd1	no
91	-	-	-	ant_sel2	1'd1	no
92	-	-	-	ant_sel3	1'd1	no
93	-	-	-	ant_sel4	1'd1	no
94	-	-	-	ant_sel5	1'd1	no
95	-	-	-	ant_sel6	1'd1	no
96	-	-	-	ant_sel7	1'd1	no
97	sig_in_func_97	0	no	sig_in_func97	1'd1	no
98	sig_in_func_98	0	no	sig_in_func98	1'd1	no
99	sig_in_func_99	0	no	sig_in_func99	1'd1	no
100	sig_in_func_100	0	no	sig_in_func100	1'd1	no
101	-	-	-	-	1'd1	no
102	-	-	-	-	1'd1	no
103	-	-	-	-	1'd1	no
104	-	-	-	-	1'd1	no
105	-	-	-	-	1'd1	no
106	-	-	-	-	1'd1	no
107	-	-	-	-	1'd1	no
108	-	-	-	-	1'd1	no
109	-	-	-	-	1'd1	no

信号索引	输入信号	默认值	信号可经由 IO MUX 直接输入	输出信号	GPIO_FUNC*n*_OEN_SEL = 0 时输出信号的输出使能信号	信号可经由 IO MUX 直接输出
110	-	-	-	-	1'd1	no
111	-	-	-	-	1'd1	no
112	-	-	-	-	1'd1	no
113	-	-	-	-	1'd1	no
114	-	-	-	-	1'd1	no
115	-	-	-	-	1'd1	no
116	-	-	-	-	1'd1	no
117	-	-	-	-	1'd1	no
118	-	-	-	-	1'd1	no
119	-	-	-	-	1'd1	no
120	-	-	-	-	1'd1	no
121	-	-	-	-	1'd1	no
122	-	-	-	-	1'd1	no
123	-	-	-	CLK_OUT_out1	1'd1	no
124	-	-	-	CLK_OUT_out2	1'd1	no
125	-	-	-	CLK_OUT_out3	1'd1	no
126	-	-	-	-	1'd1	no
127	-	-	-	usb_jtag_trst	1'd1	no

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》> 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

4.1.3.2 复位

ESP8685 芯片提供四种级别的复位方式，分别是 CPU 复位、内核复位、系统复位和芯片复位。除芯片复位外，其他复位方式不影响片上内存存储的数据。

特性

- 支持四种复位等级：
  - CPU 复位：复位 CPU 核。复位释放后，程序将从 CPU Reset Vector 开始执行
  - 内核复位：复位除 RTC 以外的其它数字系统，包括 CPU、外设、Wi-Fi、Bluetooth® LE 及数字 GPIO
  - 系统复位：复位包括 RTC 在内的整个数字系统
  - 芯片复位：复位整个芯片
- 支持软件复位和硬件复位：
  - 软件复位：CPU 配置相关寄存器可触发软件复位
  - 硬件复位：硬件复位直接由硬件电路触发

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》> 章节复位和时钟。

4.1.3.3 时钟

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》> 章节复位和时钟。

CPU 时钟

CPU 时钟有三种可能的时钟源：

- 外置主晶振时钟
- 快速 RC 振荡器时钟（通常为 17.5 MHz，频率可调节）
- PLL 时钟

应用程序可以在外置主晶振、PLL 时钟和快速 RC 振荡器时钟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。CPU 一旦发生复位后，CPU 的时钟源默认选择为外置主晶振时钟，且分频系数为 2。

> **说明：**
> ESP8685 必须有外部主晶振时钟才可运行。

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
- 内置慢速 RC 振荡器（通常为 136 kHz，频率可调节）

- 内置快速 RC 振荡器分频时钟（由内置快速 RC 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：

- 外置主晶振二分频时钟
- 内置快速 RC 振荡器的 N 分频时钟（通常为 17.5 MHz，频率可调节）

4.1.3.4 中断矩阵

ESP8685 中断矩阵将任一外部中断源单独映射到 ESP-RISC-V CPU 的任一外部中断上，以便在外设中断信号产生后，及时通知 CPU 进行处理。

特性

- 接收 62 个外部中断源作为输入
- 生成 31 个 CPU 的外部中断作为输出
- 支持查询外部中断源当前的中断状态
- 支持配置 CPU 的中断优先级、中断类型、中断阈值以及中断使能

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》> 章节中断矩阵。

4.1.3.5 电源管理单元

ESP8685 有一个先进的电源管理单元 (PMU)，可以灵活地给芯片的不同电源域供电，在芯片性能、功耗和唤醒延迟之前取得最佳平衡。

配置 PMU 的程序较为复杂。为针对典型场景简化电源管理，ESP8685 具有以下**预设功耗模式**，可给不同电源域组合供电：

- **Active 模式** – CPU、RF 电路和所有外设均上电。芯片可以处理数据、接收、发射和侦听信号。
- **Modem-sleep 模式** – CPU 上电，可降低时钟频率。RF 电路在需要时间歇性开启，因此无线可保持连接。
- **Light-sleep 模式** – CPU 停止工作，可选择上电。芯片可由所有唤醒机制唤醒，包括 MAC、RTC 定时器或外部中断。无线可保持连接。部分数字外设可选择关闭。
- **Deep-sleep 模式** – 仅 RTC 上电。无线连接数据存储在 RTC 存储器中。

设备在不同功耗模式下的功耗，请参考章节 5.5 功耗特性。

4.1.3.6 系统定时器

ESP8685 系列芯片内置 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
- 三个报警比较器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
- 计数器值重新加载

- 支持当 CPU 暂停或处于 OCD 模式时，时钟计数器也暂停

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》> 章节系统定时器。

4.1.3.7 定时器组

ESP8685 系列芯片内置两个 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 1-65536
- 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
- 电平触发中断

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》> 章节 定时器组 *(TIMG)*。

4.1.3.8 看门狗定时器

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》> 章节看门狗定时器。

数字看门狗定时器

ESP8685 系列芯片中有三个数字看门狗定时器：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。

数字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。

模拟看门狗定时器

ESP8685 系列芯片中还有一个模拟看门狗定时器：RTC 超级看门狗定时器 (SWD)。超级看门狗是模拟域的超低功耗电路，可以防止系统在数字电路异常状态下运行，并在必要时复位系统。

SWD 具有如下特性：

- 超低功耗

- 用中断提醒 SWD 即将超时
- 软件有多种专用的方法喂 SWD，让 SWD 监控整个操作系统的工作状态

4.1.3.9 XTAL32K 看门狗定时器

ESP8685 的 XTAL32K 看门狗定时器是用于检测 32 kHz 外部晶振时钟的工作状态，在该时钟停振时切换 RTC 的慢速时钟源，时钟源频率可配置。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *XTAL32K 看门狗定时器 (XTWDT)*。

4.1.3.10 权限控制

ESP8685 芯片内置了一个权限控制模块 (Permission Controller, PMS)，可以将硬件资源（内存和外设）分配给不同环境，从而实现特权环境和非特权环境的分离。

特性

- 支持特权环境和非特权环境下的独立权限管理
- 支持片内存储器的权限管理，包括：
  - CPU 对片内存储器的访问权限控制
  - GDMA 对片内存储器的访问权限控制
- 支持片外存储器的权限管理
  - CPU 通过 SPI1 访问外部存储器的权限控制
  - CPU 通过 Cache 访问外部存储器的权限控制
- 支持外设空间的权限管理
  - 各外设空间均支持独立的权限控制
  - 支持非对齐访问的监测
- 支持自定义地址段权限管理
- 内置权限寄存器锁保护机制
- 内置权限监测中断机制

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节*权限控制 (PMS)*。

4.1.3.11 World 控制器

ESP8685 的硬件和软件资源可以分为安全世界和非安全世界，由 World 控制器控制和记录两个世界的切换。

特性

- 安全世界 (World0)：
  - 可以访问所有的外设和存储空间。
  - 主要执行所有需要保密的操作，如用户认证、安全通信和数据加解密等。
- 非安全世界 (World1)：

- 只能访问部分的外设和存储空间。
- 执行其他操作，如用户操作系统、各种应用程序等。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *World 控制器 (WCL)*。

4.1.3.12 系统寄存器

ESP8685 芯片中的系统寄存器用于配置多种辅助芯片功能。

特性

- 控制系统和存储器
- 控制时钟
- 控制软件中断
- 控制低功耗管理寄存器
- 控制外设时钟门控和复位

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节*系统寄存器 (HP_SYSREG)*。

4.1.3.13 辅助调试

辅助调试可以帮助在软件调试过程中定位错误和问题，提供各种监视能力和日志记录功能，以帮助高效地识别和解决软件错误。

特性

- **读写监测**：监测 CPU 总线是否在限定的地址范围内进行读写操作，若发生读写操作则触发中断。
- **栈指针 (SP) 监测**：监测栈指针是否超出限定的范围，若超出范围则产生中断。
- **程序计数器 (PC) 记录**：记录 PC，可以获得上一次 CPU 复位时的 PC 值。
- **总线访问记录**：记录总线访问信息，当 CPU 或者 DMA 写了某个特殊值时，会记录此次写行为的地址和 PC 值，并将这些信息记录到 SRAM 中。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节*辅助调试 (ASSIST_DEBUG)*。

4.1.4 加密和安全组件

本章节描述了集成在芯片中用于保护数据和操作的安全功能。

4.1.4.1 AES 加速器

ESP8685 内置 AES（高级加密标准）硬件加速器可使用 AES 算法，完成数据的加解密运算，具有 Typical AES 和 DMA-AES 两种工作模式。整体而言，相比基于纯软件的 AES 运算，AES 硬件加速器能够极大地提高运算速度。

特性

- Typical AES 工作模式

  - AES-128/AES-256 加解密运算

- DMA-AES 工作模式
  - AES-128/AES-256 加解密运算
  - 块（加密）模式
    * ECB (Electronic Codebook)
    * CBC (Cipher Block Chaining)
    * OFB (Output Feedback)
    * CTR (Counter)
    * CFB8 (8-bit Cipher Feedback)
    * CFB128 (128-bit Cipher Feedback)
  - 中断发生

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *AES 加速器 (AES)*。

4.1.4.2 HMAC 加速器

HMAC 加速器 (HMAC) 模块用于使用 SHA-256 哈希算法和 RFC 2104 中描述的密钥计算信息认证码 (MAC) 。它提供了硬件支持的 HMAC 计算，显著降低了软件复杂性，提高了性能。

特性

- 标准 HMAC-SHA-256 算法
- HMAC 计算的 hash 结果仅支持可配的硬件外设访问（下行模式）
- 兼容挑战-应答身份验证算法
- 生成 RSA 数字签名外设 (RSA_DS) 所需的密钥（下行模式）
- 重启软禁用的 JTAG（下行模式）

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *HMAC 加速器*。

4.1.4.3 RSA 加速器

RSA 加速器可为多种运用于“RSA 非对称式加密演算法”的高精度计算提供硬件支持，能够极大地降低此类运算的运行时间和软件复杂度。与纯软件 RSA 算法相比，硬件 RSA 加速器的运算速度更快。

特性

- 大数模幂运算（支持两个加速选项），运算子位宽最高支持 3072 位
- 大数模乘运算，运算子位宽最高支持 3072 位
- 大数乘法，运算子位宽最高支持 1536 位
- 多种运算子位宽
- 计算完成时触发中断

更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *RSA 加速器*。

4.1.4.4 SHA 加速器

SHA（安全哈希算法）硬件加速器可完成 SHA 运算，具有 Typical SHA 和 DMA-SHA 两种工作模式。整体而言，相比基于纯软件的 SHA 运算，SHA 硬件加速器能够极大地提高运算速度。

特性

- 支持 FIPS PUB 180-4 规范中的以下运算标准
  - SHA-1 运算
  - SHA-224 运算
  - SHA-256 运算
- 提供两种工作模式
  - Typical SHA 工作模式
  - DMA-SHA 工作模式
- 允许插入 (interleaved) 功能（仅限 Typical SHA 工作模式）
- 允许中断功能（仅限 DMA-SHA 工作模式）

更多更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *SHA 加速器 (SHA)*。

4.1.4.5 RSA 数字签名外设

ESP8685 芯片中的 RSA 数字签名外设 (RSA_DS) 模块可通过硬件加速高效生成基于 RSA 的数字签名。

特性

- RSA 数字签名支持密钥长度最大为 3072 位
- 私钥数据已加密，并且只能由 RSA_DS 读取
- SHA-256 摘要用于保护私钥数据免遭攻击者篡改

更多更多信息，请参考《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *RSA 数字签名外设 (RSA_DS)*。

4.1.4.6 片外存储器加密与解密

ESP8685 芯片中的片外存储器加密与解密 (XTS_AES) 模块为用户在外部存储器 (flash) 中存储的应用程序代码和数据提供安全保障。

特性

- 通用 XTS-AES 算法，符合 IEEE Std 1619-2007
- 手动加密过程需要软件参与
- 高速的自动解密过程，无需软件参与
- 寄存器配置、eFuse 参数、启动 (boot) 模式共同决定加解密功能

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节片外存储器加密与解密 *(XTS_AES)*。

4.1.4.7 随机数生成器

ESP8685 中的随机数生成器 (RNG) 是一个真随机数生成器，从物理过程中生成用于加密操作的 32 位随机数。

特性

- 随机数发生器的熵源
  - SAR ADC、高速 ADC 两者的热噪声
  - 异步时钟不匹配

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节随机数生成器 *(RNG)*。

4.1.4.8 时钟毛刺检测

ESP8685 的时钟毛刺检测模块用于检测外部晶振时钟是否携带毛刺，并在检测到毛刺后，产生数字系统复位信号，复位包括 RTC 在内的整个数字电路。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节时钟毛刺检测。

4.2 外设

本章节介绍了芯片上的外设接口，包括扩展芯片功能的通信接口和片上传感器。

4.2.1 通讯接口

本章节介绍了芯片与外部设备和网络进行通信和交互的接口。

4.2.1.1 UART 控制器

ESP8685 系列芯片有两个 UART 接口，即 UART0 和 UART1，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 信号的硬件流控以及软件流控（XON 和 XOFF）。两个 UART 接口通过共用的 UHCI0 接口与 GDMA 相连，均可被 GDMA 访问或者 CPU 直接访问。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *UART 控制器 (UART)*。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.1.2 SPI 控制器

ESP8685 具有以下 SPI 接口：

- **SPI0**，供 ESP8685 的 GDMA 控制器与 Cache 访问封装内 flash
- **SPI1**，供 CPU 访问封装内 flash
- **SPI2**，通用 SPI 控制器，通过 GDMA 分配 DMA 通道进行访问

SPI0 和 SPI1 特性

- 支持 SPI、Dual SPI、Quad SPI、QPI 模式
- 时钟频率可配置，STR 模式下最高可达 120 MHz
- 数据传输以字节为单位

SPI2 特性

- 支持主机或从机模式
- 通过 GDMA 分配 DMA 通道进行访问
- 支持 SPI、Dual SPI、Quad SPI、QPI 模式
- 时钟极性 (CPOL) 和相位 (CPHA) 可配置
- 时钟频率可配置
- 数据传输以字节为单位
- 读写数据位序可配置：最高有效位 (MSB) 优先，或最低有效位 (LSB) 优先
- 主机模式
  - 支持双线全双工通信，时钟频率最高可达 80 MHz

  - 支持单线、双线和四线半双工通信，时钟频率最高可达 80 MHz
  - 具有六个 SPI_CS 管脚，可与六个独立 SPI 从机相连
  - CS 建立和保持时间可配置
- 从机模式
  - 支持双线全双工通信，时钟频率最高可达 60 MHz
  - 支持单线、双线和四线半双工通信，时钟频率最高可达 60 MHz

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *SPI 控制器 (SPI)*。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.1.3 I2C 控制器

ESP8685 系列芯片有一个 I2C 总线接口，根据您的配置，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
- 双寻址模式
- 7 位广播地址

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *I2C 控制器 (I2C)*。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.1.4 I2S 控制器

ESP8685 系列芯片有一个标准 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 位、16 位、24 位、32 位的收发数据模式，支持频率从 10 kHz 到 40 MHz 的 BCK 时钟。

I2S 接口连接 GDMA 控制器。支持 TDM PCM、TDM MSB 对齐、TDM 标准和 PDM 标准。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *I2S 控制器 (I2S)*。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.1.5 USB 串口/JTAG 控制器

ESP8685 集成一个 USB 串口/JTAG 控制器，具有以下特性：

- 包含 CDC-ACM 虚拟串口及 JTAG 适配器功能
- 兼容 USB 2.0 全速标准，传输速度最高可达 12 Mbit/s（注意，该控制器不支持 480 Mbit/s 的高速传输模式）
- 可编程封装内 flash
- 利用紧凑的 JTAG 指令，支持 CPU 调试
- 芯片内部集成的全速 USB PHY

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *USB 串口/JTAG 控制器 (USB_SERIAL_JTAG)*。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.1.6 双线汽车接口

ESP8685 系列芯片带有一个 TWAI® 控制器，具有如下特性：

- 兼容 ISO 11898-1 协议（CAN 规范 2.0）
- 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、只听模式和自检模式（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、错误代码记录和仲裁丢失记录

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 双线汽车接口。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.1.7 LED PWM 控制器

LED PWM 控制器可以用于生成六路独立的数字波形，具有如下特性：

- 波形的周期和占空比可配置，占空比精度可达 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

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 *LED PWM 控制器*。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.1.8 红外遥控

红外遥控器 (RMT) 支持双通道的红外发射和双通道的红外接收。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。四个通道共用一个 192 × 32 位的存储模块来存放收发的波形。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 红外遥控 (RMT)。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.2 模拟信号处理

本小节描述芯片上感知和处理现实世界数据的组件。

4.2.2.1 SAR ADC

ESP8685 系列芯片集成了两个 12 位 SAR ADC，共支持 6 个模拟通道输入。

- ADC1 支持 5 个模拟通道输入，已在工厂校准。
- ADC2 支持 1 个模拟通道输入，未在工厂校准。

> **说明：**
> 部分芯片版本的 ADC2 无法工作，详见《ESP32-C3 系列芯片勘误表》。

有关 ADC 特性，请参考章节 5.4 *ADC 特性*。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 片上传感器与模拟信号处理。

管脚分配

详见章节 2.3 外设管脚分配。

4.2.2.2 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–40 °C 到 125 °C。温度传感器一般只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工作环境温度。

更多信息，请参考 《ESP32-C3 技术参考手册》 > 章节 片上传感器与模拟信号处理。

4.3 无线通信

本节描述了芯片的无线通信能力，涵盖无线电模块、Wi-Fi 和蓝牙。

4.3.1 无线电

本小节描述了嵌入在芯片中的基本无线电模块，用于实现无线通信和数据交换。ESP8685 系列芯片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

4.3.1.1 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，ESP8685 系列芯片集成了 RF 滤波器、自动增益控制 (AGC)、DC 偏移补偿电路和基带滤波器。

4.3.1.2 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，ESP8685 系列芯片还另增了校准措施，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。

4.3.1.3 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。

4.3.2 Wi-Fi

本小节描述了芯片的 Wi-Fi 能力，用于实现高速无线通信。

4.3.2.1 Wi-Fi 无线电和基带

ESP8685 系列芯片 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 μs 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
  ESP8685 系列芯片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。

4.3.2.2 Wi-Fi MAC

ESP8685 系列芯片完全遵循 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。

ESP8685 系列芯片 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、Station + SoftAP 模式和混杂模式
- RTS 保护，CTS 保护，立即块确认 (Immediate Block ACK)
- 分片和重组 (Fragmentation and defragmentation)
- TX/RX A-MPDU，TX/RX A-MSDU
- 传输机会 (TXOP)
- 无线多媒体 (WMM)
- GCMP、CCMP、TKIP、WAPI、WEP、BIP、WPA2 个人模式或 WPA2 企业模式 (WPA2-PSK/WPA2-Enterprise) 及 WPA3 个人模式或 WPA3 企业模式 (WPA3-PSK/WPA3-Enterprise)
- 自动 Beacon 监测（硬件 TSF）
- 802.11mc FTM

4.3.2.3 网络特性

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。

4.3.3 蓝牙 LE

本小节描述了芯片的蓝牙能力，用于实现低功耗、短距离应用的无线通信。ESP8685 系列芯片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。

4.3.3.1 低功耗蓝牙物理层

ESP8685 系列芯片低功耗蓝牙射频和物理层支持以下特性：

- 1 Mbps PHY
- 2 Mbps PHY，用于提升传输速率
- Coded PHY (125 Kbps and 500 Kbps)，用于提升传输距离
- 硬件实现 Listen Before Talk (LBT)

4.3.3.2 低功耗蓝牙链路控制器

ESP8685 系列芯片低功耗蓝牙链路控制器支持以下特性：

- 广播扩展 (LE 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 (LE 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

5 电气特性

5.1 绝对最大额定值

超出表 5-1 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章节 5.2 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 5-1. 绝对最大额定值

参数	说明	最小值	最大值	单位
输入电源管脚 [1]	允许输入电压	–0.3	3.6	V
I_{output} [2]	IO 输出总电流	—	1000	mA
T_{STORE}	存储温度	–40	150	°C

[1] 更多关于输入电源管脚的信息，见章节 2.4 电源。

[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 5-2. 建议工作条件

参数 [1]	说明	最小值	典型值	最大值	单位
VDDA, VDD3P3, VDD3P3_RTC	建议输入电压	3.0	3.3	3.6	V
VDD3P3_CPU [2]	建议输入电压	3.0	3.3	3.6	V
T_A	工作环境温度	–40	—	105	°C
I_{VDD}	输入总电流	0.5	—	—	A

[1] 请结合章节 2.4 电源 阅读。

[2] 写 eFuse 时，由于烧录 eFuse 的电路较敏感，VDD3P3_CPU 的电压应不超过 3.3 V。

5.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

表 5-3. 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} [2]	高电平输出电压	0.8 × VDD [1]	—	—	V
V_{OL} [2]	低电平输出电压	—	—	0.1 × VDD [1]	V

见下页

表 5-3 – 接上页

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
I_{OH}	高电平拉电流 (VDD [1] = 3.3 V, V_{OH} >= 2.64 V, PAD_DRIVER = 3)	—	40	—	mA
I_{OL}	低电平灌电流 (VDD [1] = 3.3 V, V_{OL} = 0.495 V, PAD_DRIVER = 3)	—	28	—	mA
R_{PU}	内部弱上拉电阻	—	45	—	kΩ
R_{PD}	内部弱下拉电阻	—	45	—	kΩ
V_{IH_nRST}	芯片复位释放电压（CHIP_EN 应满足电压范围）	0.75 × VDD [1]	—	VDD [1] + 0.3	V
V_{IL_nRST}	芯片复位电压（CHIP_EN 应满足电压范围）	–0.3	—	0.25 × VDD [1]	V

[1] VDD – 各个电源域电源管脚的电压。
[2] V_{OH} 和 V_{OL} 为负载是高阻条件下的测试值。

5.4 ADC 特性

表 5-4. ADC 特性

符号	参数	最小值	最大值	单位
DNL（差分非线性）[1]	ADC 外接 100 nF 电容；输入为 DC 信号；环境温度 25 °C；Wi-Fi 关闭	–7	7	LSB
INL（积分非线性）		–12	12	LSB
采样速度	—	—	100	kSPS [2]

[1] 使用滤波器多次采样或计算平均值可以获得更好的 DNL 结果。
[2] kSPS (kilo samples-per-second) 表示每秒采样千次。

ADC 经硬件校准和 软件校准后的结果如表 5-5 所示。如需更高的精度，可选用其他方法自行校准。

表 5-5. ADC 校准结果

参数	说明	最小值	最大值	单位
总误差	ATTEN0，有效测量范围 0 ~ 750	–10	10	mV
	ATTEN1，有效测量范围 0 ~ 1050	–10	10	mV
	ATTEN2，有效测量范围 0 ~ 1300	–10	10	mV
	ATTEN3，有效测量范围 0 ~ 2500	–35	35	mV

5.5 功耗特性

5.5.1 Active 模式下的 RF 功耗

下列功耗数据是基于 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 100% 的占空比测得。

表 5-6. 不同 RF 模式下的 Wi-Fi 功耗

工作模式 [1]	说明		峰值 (mA)
Active（RF 工作）	TX	802.11b, 1 Mbps, @21 dBm	335
		802.11g, 54 Mbps, @19 dBm	285
		802.11n, HT20, MCS7, @18.5 dBm	276
		802.11n, HT40, MCS7, @18.5 dBm	278
	RX	802.11b/g/n, HT20	84
		802.11n, HT40	87

5.5.2 其他功耗模式下的功耗

表 5-7. Modem-sleep 模式下的功耗

模式	CPU 频率 (MHz)	描述	典型值	
			外设时钟全关 (mA)	外设时钟全开 (mA) [1]
Modem-sleep [2,3]	160	CPU 工作	23	28
		CPU 空闲	16	21
	80	CPU 工作	17	22
		CPU 空闲	13	18

[1] 实际情况下，外设在不同工作状态下电流会有所差异。

[2] Modem sleep 模式下，Wi-Fi 设有时钟门控。

[3] Modem-sleep 模式下，访问 flash 时功耗会增加。若 flash 速率为 80 Mbit/s，SPI 2 线模式下 flash 的功耗为 10 mA。

表 5-8. 低功耗模式下的功耗

模式	描述	功耗典型值 (μA)
Light-sleep	Wi-Fi 掉电，所有 GPIO 设置为高阻状态	130
Deep-sleep	RTC 定时器 + RTC 存储器	5
关闭	CHIP_EN 脚拉低，芯片处于关闭状态	1

5.6 存储器规格

本节数据来源于存储器供应商的数据手册。以下数值已在设计阶段和/或特性验证中得到确认，但未在生产中进行全面测试。设备出厂时，存储器均为擦除状态。

表 5-9. Flash 规格

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
VCC	电源电压 (1.8 V)	1.65	1.80	2.00	V
	电源电压 (3.3 V)	2.7	3.3	3.6	V
F_C	最大时钟频率	80	—	—	MHz
—	编程/擦除周期	100,000	—	—	次
T_{RET}	数据保留时间	20	—	—	年

见下页

表 5-9 – 接上页

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
T_{PP}	页编程时间	—	0.8	5	ms
T_{SE}	扇区擦除时间 (4 KB)	—	70	500	ms
T_{BE1}	块擦除时间 (32 KB)	—	0.2	2	s
T_{BE2}	块擦除时间 (64 KB)	—	0.3	3	s
T_{CE}	芯片擦除时间 (16 Mb)	—	7	20	s
	芯片擦除时间 (32 Mb)	—	20	60	s
	芯片擦除时间 (64 Mb)	—	25	100	s
	芯片擦除时间 (128 Mb)	—	60	200	s
	芯片擦除时间 (256 Mb)	—	70	300	s

5.7 可靠性

表 5-10. 可靠性认证

测试项目	测试条件	测试标准
HTOL（高温工作寿命）	125 °C，1000 小时	JESD22-A108
ESD（静电放电敏感度）	HBM（人体放电模式）[1] ± 2000 V	JS-001
	CDM（充电器件模式）[2] ± 1000 V	JS-002
闩锁测试 (Latch-up)	过电流 ± 200 mA	JESD78
	过电压 1.5 × VDD_{max}	
预处理测试	烘烤：125 °C，24 小时 浸泡：三级（30 °C，60% RH，192 小时） 回流焊：260 + 0 °C，20 秒，三次	J-STD-020、JESD47、JESD22-A113
TCT（温度循环测试）	–65 °C / 150 °C，500 次循环	JESD22-A104
uHAST（无偏压高加速温湿度应力试验）	130 °C，85% RH，96 小时	JESD22-A118
HTSL（高温贮存寿命）	150 °C，1000 小时	JESD22-A103
LTSL（低温存储寿命）	–40 °C，1000 小时	JESD22-A119

[1] JEDEC 文档 JEP155 规定：500 V HBM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

[2] JEDEC 文档 JEP157 规定：250 V CDM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

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

表 6-1. Wi-Fi 频率

参数	最小值 (MHz)	典型值 (MHz)	最大值 (MHz)
工作信道中心频率	2412	—	2484

6.1.1 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性

表 6-2. 频谱模板和 EVM 符合 802.11 标准时的发射功率

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11b, 1 Mbps	—	21.0	—
802.11b, 11 Mbps	—	21.0	—
802.11g, 6 Mbps	—	21.0	—
802.11g, 54 Mbps	—	19.0	—
802.11n, HT20, MCS0	—	20.0	—
802.11n, HT20, MCS7	—	18.5	—
802.11n, HT40, MCS0	—	20.0	—
802.11n, HT40, MCS7	—	18.5	—

表 6-3. 发射 EVM 测试

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	标准限值 (dB)
802.11b, 1 Mbps, @21 dBm	—	–24.5	–10
802.11b, 11 Mbps, @21 dBm	—	–24.5	–10
802.11g, 6 Mbps, @21 dBm	—	–21.0	–5
802.11g, 54 Mbps, @19 dBm	—	–27.0	–25
802.11n, HT20, MCS0, @20 dBm	—	–22.5	–5
802.11n, HT20, MCS7, @18.5 dBm	—	–28.5	–27

见下页

表 6-3 – 接上页

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	标准限值 (dB)
802.11n, HT40, MCS0, @20 dBm	—	–22.5	–5
802.11n, HT40, MCS7, @18.5 dBm	—	–28.5	–27

6.1.2 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性

表 6-4. 接收灵敏度

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11b, 1 Mbps	—	–98.4	—
802.11b, 2 Mbps	—	–96.0	—
802.11b, 5.5 Mbps	—	–93.0	—
802.11b, 11 Mbps	—	–88.6	—
802.11g, 6 Mbps	—	–93.8	—
802.11g, 9 Mbps	—	–92.2	—
802.11g, 12 Mbps	—	–91.0	—
802.11g, 18 Mbps	—	–88.4	—
802.11g, 24 Mbps	—	–85.8	—
802.11g, 36 Mbps	—	–82.0	—
802.11g, 48 Mbps	—	–78.0	—
802.11g, 54 Mbps	—	–76.6	—
802.11n, HT20, MCS0	—	–93.6	—
802.11n, HT20, MCS1	—	–90.8	—
802.11n, HT20, MCS2	—	–88.4	—
802.11n, HT20, MCS3	—	–85.0	—
802.11n, HT20, MCS4	—	–81.8	—
802.11n, HT20, MCS5	—	–77.8	—
802.11n, HT20, MCS6	—	–76.0	—
802.11n, HT20, MCS7	—	–74.8	—
802.11n, HT40, MCS0	—	–90.0	—
802.11n, HT40, MCS1	—	–88.0	—
802.11n, HT40, MCS2	—	–85.2	—
802.11n, HT40, MCS3	—	–82.0	—
802.11n, HT40, MCS4	—	–78.8	—
802.11n, HT40, MCS5	—	–74.6	—
802.11n, HT40, MCS6	—	–73.0	—
802.11n, HT40, MCS7	—	–71.4	—

表 6-5. 最大接收电平

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

表 6-6. 接收邻道抑制

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	最大值 (dB)
802.11b, 1 Mbps	—	35	—
802.11b, 11 Mbps	—	35	—
802.11g, 6 Mbps	—	31	—
802.11g, 54 Mbps	—	20	—
802.11n, HT20, MCS0	—	31	—
802.11n, HT20, MCS7	—	16	—
802.11n, HT40, MCS0	—	25	—
802.11n, HT40, MCS7	—	11	—

6.2 低功耗蓝牙射频

表 6-7. 低功耗蓝牙频率

参数	最小值 (MHz)	典型值 (MHz)	最大值 (MHz)
工作信道中心频率	2402	—	2480

6.2.1 低功耗蓝牙射频发射器 (TX) 特性

表 6-8. 发射器特性 - 低功耗蓝牙 1 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
射频发射功率	射频功率控制范围	–24.00	0	20.00	dBm
	增益控制步长	—	3.00	—	dB
载波频率偏移和漂移	$\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$ 最大值	—	17.00	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_n \rvert$ 最大值	—	1.75	—	kHz
	$\lvert f_n - f_{n-5} \rvert$ 最大值	—	1.46	—	kHz

见下页

表 6-8 – 接上页

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
	$\|f_1 - f_0\|$	—	0.80	—	kHz
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	250.00	—	kHz
	$\Delta f2_{max}$ 最小值（至少 99.9% 的 $\Delta f2_{max}$）	—	190.00	—	kHz
	$\Delta f2_{avg}/\Delta f1_{avg}$	—	0.83	—	—
带内杂散发射	± 2 MHz 偏移	—	–37.62	—	dBm
	± 3 MHz 偏移	—	–41.95	—	dBm
	> ± 3 MHz 偏移	—	–44.48	—	dBm

表 6-9. 发射器特性 - 低功耗蓝牙 2 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
射频发射功率	射频功率控制范围	–24.00	0	20.00	dBm
	增益控制步长	—	3.00	—	dB
载波频率偏移和漂移	$\|f_n\|_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$ 最大值	—	20.80	—	kHz
	$\|f_0 - f_n\|$ 最大值	—	1.30	—	kHz
	$\|f_n - f_{n-5}\|$ 最大值	—	1.33	—	kHz
	$\|f_1 - f_0\|$	—	0.70	—	kHz
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	498.00	—	kHz
	$\Delta f2_{max}$ 最小值（至少 99.9% 的 $\Delta f2_{max}$）	—	430.00	—	kHz
	$\Delta f2_{avg}/\Delta f1_{avg}$	—	0.93	—	—
带内杂散发射	± 4 MHz 偏移	—	–43.55	—	dBm
	± 5 MHz 偏移	—	–45.26	—	dBm
	> ± 5 MHz 偏移	—	–45.26	—	dBm

表 6-10. 发射器特性 - 低功耗蓝牙 125 Kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
射频发射功率	射频功率控制范围	–24.00	0	20.00	dBm
	增益控制步长	—	3.00	—	dB
载波频率偏移和漂移	$\|f_n\|_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$ 最大值	—	17.50	—	kHz
	$\|f_0 - f_n\|$ 最大值	—	0.45	—	kHz
	$\|f_n - f_{n-3}\|$	—	0.70	—	kHz
	$\|f_0 - f_3\|$	—	0.30	—	kHz
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	250.00	—	kHz
	$\Delta f1_{max}$ 最小值（至少 99.9% 的 $\Delta f1_{max}$）	—	235.00	—	kHz
带内杂散发射	± 2 MHz 偏移	—	–37.90	—	dBm
	± 3 MHz 偏移	—	–41.00	—	dBm
	> ± 3 MHz 偏移	—	–42.50	—	dBm

表 6-11. 发射器特性 - 低功耗蓝牙 500 Kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
射频发射功率	射频功率控制范围	–24.00	0	20.00	dBm
	增益控制步长	—	3.00	—	dB
载波频率偏移和漂移	$\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$ 最大值	—	17.00	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_n \rvert$ 最大值	—	0.88	—	kHz
	$\lvert f_n - f_{n-3} \rvert$	—	1.00	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_3 \rvert$	—	0.20	—	kHz
调制特性	$\Delta\, f2_{avg}$	—	208.00	—	kHz
	$\Delta\, f2_{max}$ 最小值 （至少 99.9% 的 $\Delta\, f2_{max}$）	—	190.00	—	kHz
带内杂散发射	± 2 MHz 偏移	—	–37.90	—	dBm
	± 3 MHz 偏移	—	–41.30	—	dBm
	> ± 3 MHz 偏移	—	–42.80	—	dBm

6.2.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性

表 6-12. 接收器特性 - 低功耗蓝牙 1 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–97	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	5	—	dBm
共信道抑制比 C/I	—	—	8	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = FO + 1 MHz	—	–3	—	dB
	F = FO – 1 MHz	—	–4	—	dB
	F = FO + 2 MHz	—	–29	—	dB
	F = FO – 2 MHz	—	–31	—	dB
	F = FO + 3 MHz	—	–33	—	dB
	F = FO – 3 MHz	—	–27	—	dB
	F ≥ FO + 4 MHz	—	–29	—	dB
	F ≤ FO – 4 MHz	—	–38	—	dB
镜像频率	—	—	–29	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–41	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–33	—	dB
带外阻塞	30 MHz ~ 2000 MHz	—	–5	—	dBm
	2003 MHz ~ 2399 MHz	—	–18	—	dBm
	2484 MHz ~ 2997 MHz	—	–15	—	dBm
	3000 MHz ~ 12.75 GHz	—	–5	—	dBm
互调	—	—	–30	—	dBm

表 6-13. 接收器特性 - 低功耗蓝牙 2 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–93	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	3	—	dBm
共信道干扰 C/I	—	—	10	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 2 MHz	—	–7	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–7	—	dB
	F = F0 + 4 MHz	—	–28	—	dB
	F = F0 – 4 MHz	—	–26	—	dB
	F = F0 + 6 MHz	—	–26	—	dB
	F = F0 – 6 MHz	—	–27	—	dB
	F ≥ F0 + 8 MHz	—	–29	—	dB
	F ≤ F0 – 8 MHz	—	–28	—	dB
镜像频率	—	—	–28	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 2 MHz	—	–26	—	dB
	F = F_{image} – 2 MHz	—	–7	—	dB
带外阻塞	30 MHz ~ 2000 MHz	—	–5	—	dBm
	2003 MHz ~ 2399 MHz	—	–19	—	dBm
	2484 MHz ~ 2997 MHz	—	–16	—	dBm
	3000 MHz ~ 12.75 GHz	—	–5	—	dBm
互调	—	—	–29	—	dBm

表 6-14. 接收器特性 - 低功耗蓝牙 125 Kbps

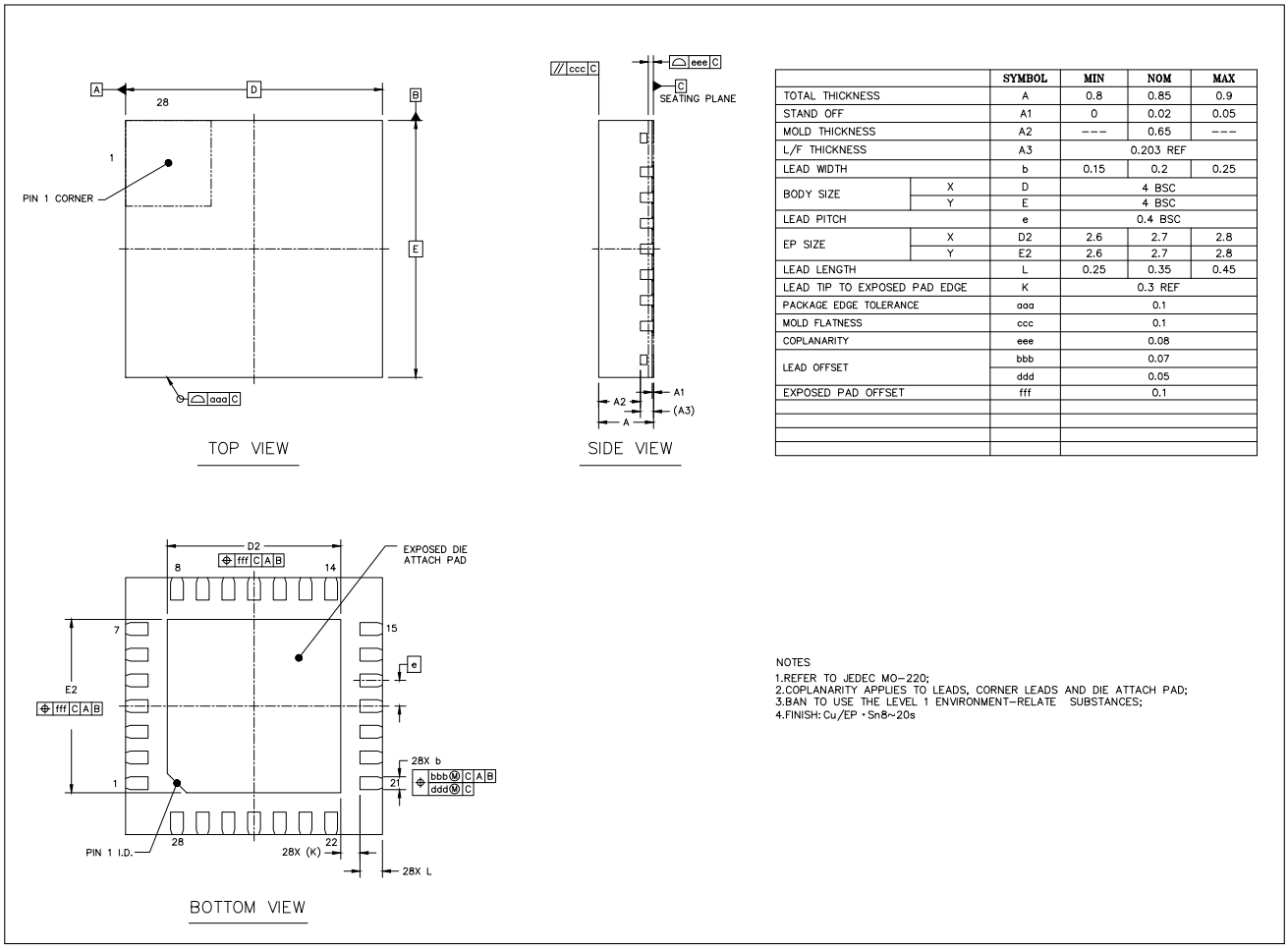
参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–105	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	5	—	dBm
共信道抑制比 C/I	—	—	3	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	–6	—	dB
	F = F0 – 1 MHz	—	–6	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–33	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–43	—	dB
	F = F0 + 3 MHz	—	–37	—	dB
	F = F0 – 3 MHz	—	–47	—	dB
	F ≥ F0 + 4 MHz	—	–40	—	dB
	F ≤ F0 – 4 MHz	—	–50	—	dB
镜像频率	—	—	–40	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–50	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–37	—	dB

表 6-15. 接收器特性 - 低功耗蓝牙 500 Kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–100	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	5	—	dBm
共信道抑制比 C/I	—	—	3	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	–2	—	dB
	F = F0 – 1 MHz	—	–3	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–32	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–33	—	dB
	F = F0 + 3 MHz	—	–23	—	dB
	F = F0 – 3 MHz	—	–40	—	dB
	F ≥ F0 + 4 MHz	—	–34	—	dB
	F ≤ F0 – 4 MHz	—	–44	—	dB
镜像频率	—	—	–34	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–46	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–23	—	dB

7 封装

- 有关卷带、载盘和产品标签的信息，请参阅 《ESP8685 芯片包装信息》。
- 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，请参考图 2-1 *ESP8685 管脚布局（俯视图）*。
- 推荐 PCB 封装图 源文件 (asc) 供您下载，可使用 PADS 或 Altium Designer 等软件导入。
- PCB 参考布局，可见 《ESP32-C3 硬件设计指南》。



		SYMBOL	MIN	NOM	MAX
TOTAL THICKNESS		A	0.8	0.85	0.9
STAND OFF		A1	0	0.02	0.05
MOLD THICKNESS		A2	---	0.65	---
L/F THICKNESS		A3		0.203 REF	
LEAD WIDTH		b	0.15	0.2	0.25
BODY SIZE	X	D		4 BSC	
	Y	E		4 BSC	
LEAD PITCH		e		0.4 BSC	
EP SIZE	X	D2	2.6	2.7	2.8
	Y	E2	2.6	2.7	2.8
LEAD LENGTH		L	0.25	0.35	0.45
LEAD TIP TO EXPOSED PAD EDGE		K		0.3 REF	
PACKAGE EDGE TOLERANCE		aaa		0.1	
MOLD FLATNESS		ccc		0.1	
COPLANARITY		eee		0.08	
LEAD OFFSET		bbb		0.07	
		ddd		0.05	
EXPOSED PAD OFFSET		fff		0.1	

NOTES
1.REFER TO JEDEC MO-220;
2.COPLANARITY APPLIES TO LEADS, CORNER LEADS AND DIE ATTACH PAD;
3.BAN TO USE THE LEVEL 1 ENVIRONMENT-RELATE SUBSTANCES;
4.FINISH: Cu/EP ·Sn8~20s

图 7-1. QFN28 (4×4 mm) 封装

ESP32-C3 芯片系列合集概览

ESP32-C3 芯片系列合集是一种低功耗解决方案，集成 2.4 GHz Wi-Fi（802.11b/g/n）和蓝牙 5.0 连接，专用于智能家居应用。该芯片系列合集包括以下芯片系列：

- ESP32-C3 系列
- ESP8685 系列，在 ESP32-C3 系列基础上进一步优化成本

ESP32-C3 芯片系列合集的所有子类系列使用共同的软件和参考资料，包括技术参考手册和硬件设计指南 – 请参阅 相关文档和资源。

	ESP32-C3	ESP8685
芯片版本	v0.4/v1.1	v0.4
封装内 flash	无/4 MB/8 MB	4 MB
Flash 可扩展性	Y	—
GPIO 数量	16 或 22	15
封装	QFN32（5×5 mm）	QFN28（4×4 mm）

技术规格书版本号管理

技术规格书版本	状态	水印	定义
v0.1 ~ v0.5（不包括 v0.5）	草稿	Confidential	该技术规格书正在完善。对应产品处于设计阶段，产品规格如有变更，恕不另行通知。
v0.5 ~ v1.0（不包括 v1.0）	初步发布	Preliminary	该技术规格书正在积极更新。对应产品处于验证阶段，产品规格可能会在量产前变更，并记录在技术规格书的修订历史中。
v1.0 及更高版本	正式发布	—	该技术规格书已公开发布。对应产品已量产，产品规格已最终确定，重大变更将通过产品变更通知 (PCN) 进行通知。
任意版本	—	不推荐用于新设计 (NRND)[1]	该技术规格书更新频率较低，对应产品不推荐用于新设计。
任意版本	—	停产 (EOL)[2]	该技术规格书不再维护，对应产品已停产。

[1] 技术规格书涵盖的所有产品型号均不推荐用于新设计时，封面才会添加水印。

[2] 技术规格书涵盖的所有产品型号均停产时，封面才会添加水印。

词汇表

芯片系列

芯片系列合集中具有相似特性和规格的子集 2, 58

芯片系列合集

使用同款晶圆的芯片产品总称。例如，ESP32-C3 芯片系列合集包括 ESP32-C3 芯片系列和 ESP8685 芯片系列 2, 58

封装内 flash

集成于芯片封装内部、位于芯片晶圆外部的 flash 4, 22

strapping 管脚

芯片上电时用于某些配置的一种 GPIO 管脚，可在芯片复位后重新配置为普通 GPIO 18

eFuse 参数

存储在芯片内 eFuse 存储器中的参数。可以通过写 EFUSE_PGM_DATA*n*_REG 寄存器设置，通过读取与参数同名的寄存器字段获得具体值 18

SPI boot 模式

从 SPI flash 中加载和执行现有代码的启动模式 19

joint download boot 模式

通过 UART 或其他接口（见表 3-3 *芯片启动模式控制* > 注释）下载代码到 flash 中、并从 flash 或 SRAM 中加载和执行下载代码的启动模式 19

eFuse

一次性可编程 (OTP) 存储器，用于存储系统和用户参数，例如 MAC 地址、芯片版本号、flash 加密密钥等。值为 0 表示默认状态，值为 1 表示已烧写 23

相关文档和资源

相关文档

- 《ESP32-C3 硬件设计指南》 – 提供基于 ESP32-C3 芯片的产品设计规范。
- 《ESP32-C3 系列芯片勘误表》 – 描述 ESP32-C3 系列芯片的已知错误。
- 《ESP32-C3 技术参考手册》 – 提供 ESP32-C3 芯片的存储器和外设的详细使用说明。
- 技术参考手册 LaTeX 源码 – 乐鑫芯片技术参考手册 LaTeX 源码的公开仓库。
  https://github.com/espressif/esp-technical-reference-manual-latex
- 证书
  https://documentation.espressif.com/zh/documentList?t= 证书 &eol=false
- ESP32-C3 产品/工艺变更通知 (PCN)
  https://documentation.espressif.com/zh/documentList?t=PCN&s=ESP32-C3
- ESP32-C3 公告 – 提供有关安全、bug、兼容性、器件可靠性的信息
  https://documentation.espressif.com/zh/documentList?t= 公告 &s=ESP32-C3
- 文档更新和订阅通知
  https://documentation.espressif.com/zh/documentList?eol=false

开发者社区

- 《ESP32-C3 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/
- *ESP-FAQ* – 由乐鑫官方推出的针对常见问题的总结。
  https://espressif.com/projects/esp-faq/zh_CN/latest/index.html
- *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-C3 系列芯片 – ESP32-C3 全系列芯片。
  https://espressif.com/zh-hans/products/socs?id=ESP32-C3
- ESP32-C3 系列模组 – ESP32-C3 全系列模组。
  https://espressif.com/zh-hans/products/modules?id=ESP32-C3
- ESP32-C3 系列开发板 – ESP32-C3 全系列开发板。
  https://espressif.com/zh-hans/products/devkits?id=ESP32-C3
- ESP Product Selector（乐鑫产品选型工具） – 通过筛选性能参数、进行产品对比快速定位您所需要的产品。
  https://products.espressif.com/#/product-selector?language=zh

联系我们

- 商务问题、技术支持、电路原理图 & PCB 设计审阅、购买样品（线上商店）、成为供应商、意见与建议
  https://espressif.com/zh-hans/contact-us/sales-questions

修订历史

日期	版本	发布说明
2026-11-11	v1.7	• “数字签名” 更名为”RSA 数字签名” (RSA_DS) • 其他微小改动
2025-12-19	v1.6	• 将表 1-1 *ESP8685 系列芯片对比* 中的 “订购代码” 改为 “料号”
2025-09-09	v1.5	• 新增章节 2.3 外设管脚分配 • 更新图 3-1 *Strapping* 管脚的时序参数图 • 新增章节 5.6 存储器规格 • 新增附录 技术规格书版本号管理 • 其他微小改动
2025-04-21	v1.4	更新章节 产品概述 中的 CPU CoreMark® 得分
2024-11-14	v1.3	• 在章节 4.1.2.1 内部存储器 新增 flash 编程/擦除周期、数据保留时间、最大时钟频率 • 新增 ESP32-C3 芯片系列合集概览 • 新增 词汇表 • 优化以下章节的格式、结构和表述： – 章节 3 启动配置项（曾用名 “Strapping 管脚”） – 章节 4 功能描述 • 其他微小改动
2024-02-06	v1.2	• 移除已停产的 ESP8685H2 变型 • 将章节 4.2.1.7 *LED PWM* 控制器 中 PWM 占空比精度更正为 14 位 • 将章节 6.2 低功耗蓝牙射频 中的 “射频功率控制范围” 最大值更新为 20 dBm • 其他措辞更新
2022-12-15	v1.1	• 在章节 4.3.3.1 低功耗蓝牙物理层 删除特性 “天线分集” • 删除特性 “支持外部功率放大器” • 在章节 4.2.2.1 *SAR ADC* 增加 ADC2 错误的相关注释 • 更新表 芯片上电过程中的管脚毛刺 的注释，并将 GPIO18 的毛刺类型更新为高电平毛刺 • 增加表 *ADC* 校准结果 • 更新章节 5.5.2 其他功耗模式下的功耗 • 在章节 6.2 低功耗蓝牙射频 更新射频功率控制范围 • 更新章节 相关文档和资源

见下页

接上页

日期	版本	发布说明
2022-04-08	v1.0	• 新增 ESP8685H4 变型 • 在图 *ESP8685 功能框图*，显示功耗模式 • 在产品特性中增加 CoreMark 分数 • 更新图 *ESP8685 数字电源管理* 及相关描述 • 更新表格外设管脚分配 • 在表 建议工作条件 中增加第二条说明 • 其他措辞更新
2021-07-30	v0.5	预发布



免责声明和版权公告

本文档中的信息，包括供参考的 URL 地址，如有变更，恕不另行通知。

本文档可能引用了第三方的信息，所有引用的信息均为“按现状”提供，乐鑫不对信息的准确性、真实性做任何保证。

乐鑫不对本文档的内容做任何保证，包括内容的适销性、是否适用于特定用途，也不提供任何其他乐鑫提案、规格书或样品在他处提到的任何保证。

乐鑫不对本文档是否侵犯第三方权利做任何保证，也不对使用本文档内信息导致的任何侵犯知识产权的行为负责。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权许可，不管是明示许可还是暗示许可。

Wi-Fi 联盟成员标志归 Wi-Fi 联盟所有。蓝牙标志是 Bluetooth SIG 的注册商标。

文档中提到的所有商标名称、商标和注册商标均属其各自所有者的财产，特此声明。

版权归 © 2026 乐鑫信息科技（上海）股份有限公司。保留所有权利。

www.espressif.com