ESP8684 系列芯片

技术规格书 版本 2.1

RISC-V 32 位单核微处理器
2.4 GHz Wi-Fi (IEEE 802.11b/g/n) 和 Bluetooth® 5 (LE)
芯片封装内可叠封 2 MB 或 4 MB flash
14 个 GPIOs
QFN24 (4×4 mm) 封装

包括：

ESP8684H2X (ESP8684H2 的升级版)

ESP8684H4X (ESP8684H4 的升级版)

注意：

ESP8684 芯片系列是 ESP32-C2 合集的子系列，目前 ESP32-C2 合集只包含 ESP8684 芯片系列。

ESPRESSIF

产品概述

ESP8684 系列芯片是极低功耗、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。

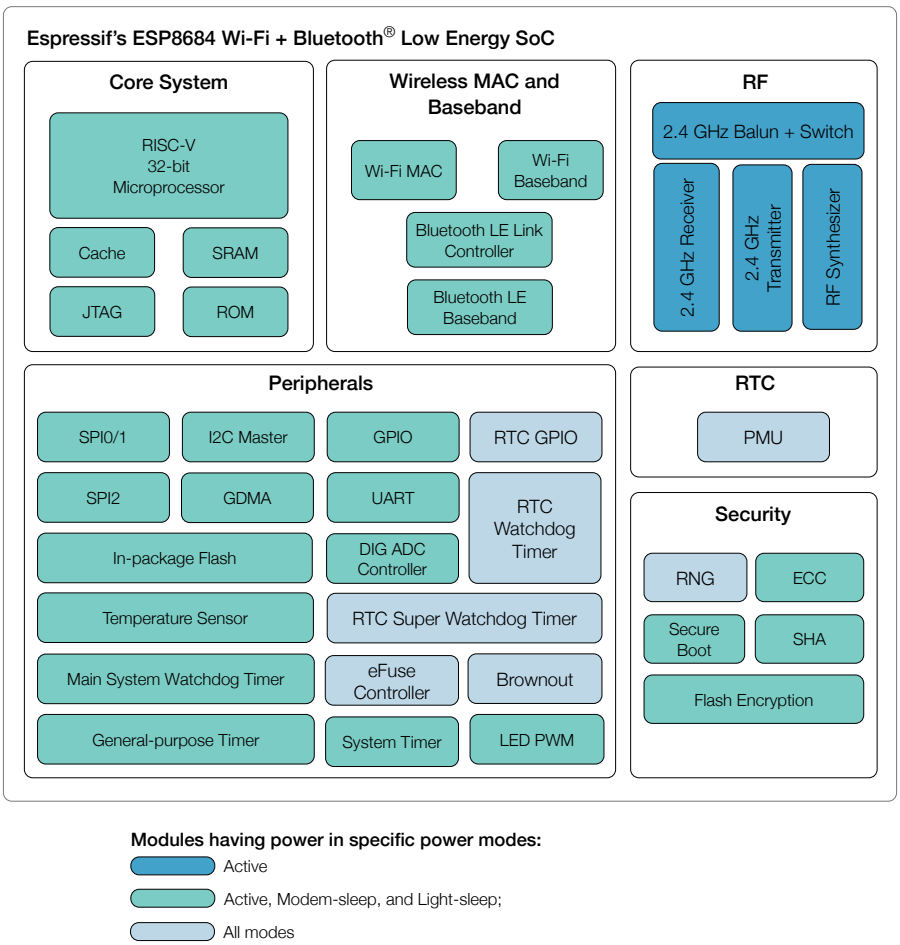


图 1: ESP8684 功能框图

更多关于功耗的信息，请参考章节 4.1.3.6 电源管理单元。

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 频宽
- 支持 1T1R 模式，数据速率高达 72.2 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）
- 3 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 ESP8684 系列在 Station 模式下扫描时，SoftAP 信道会同时改变
- 天线分集

蓝牙

- 低功耗蓝牙 (Bluetooth LE)：通过 Bluetooth 5.3 认证
- 高功率模式 (20 dBm)
- 速率支持 125 Kbps、500 Kbps、1 Mbps、2 Mbps
- 广播扩展 (Advertising Extensions)
- 多广播 (Multiple Advertisement Sets)
- 信道选择 (Channel Selection Algorithm #2)
- Wi-Fi 与蓝牙共存，共用同一个天线

CPU 和存储

- RISC-V 32 位单核处理器，主频高达 120 MHz
- CoreMark® 分数：
  - 单核 120 MHz：369.58 CoreMark；3.08 CoreMark/MHz
- 576 KB ROM
- 272 KB SRAM（其中 16 KB 专用于 cache）
- 封装内 flash（不同型号有差异，详见章节 1 *ESP8684 系列型号对比*）
- 引入 cache 机制的 flash 控制器

- 支持 flash 在线编程 (ICP)

高级外设接口

- 14 个 GPIO
  - 2 个作为 strapping 管脚
- 数字接口：
  - 3 个 SPI
  - 2 个 UART
  - I2C 主机
  - LED PWM 控制器，多达 6 个通道
  - 通用 DMA 控制器（简称 GDMA），1 个接收通道和 1 个发送通道
- 模拟接口：
  - 12 位 SAR 模/数转换器，多达 5 个通道
  - 温度传感器
- 定时器：
  - 54 位通用定时器
  - 2 个看门狗定时器
  - 52 位系统定时器

低功耗管理

- 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
- 1024 位 OTP，用户可用的为 256 位
- 加密硬件加速器：
  - ECC
  - SHA 加速器 (FIPS PUB 180-4)
- 随机数生成器 (RNG)
- 时钟毛刺过滤器

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 +22 dBm
- 802.11g 传输功率高达 +20 dBm
- 低功耗蓝牙接收器灵敏度 (125 Kbps) 高达 -106 dBm

应用

具有超低功耗的 ESP8684 系列专为物联网 (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
- 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/esp8684_datasheet_cn.pdf

目录

产品概述 1
产品特性 2
应用 4

1 ESP8684 系列型号对比 10
1.1 命名规则 10
1.2 型号对比 10
1.3 芯片版本 11

2 管脚 12
2.1 管脚布局 12
2.2 管脚概述 13
2.3 IO 管脚 15
2.3.1 IO MUX 功能 15
2.3.2 模拟功能 17
2.3.3 GPIO 和 RTC_GPIO 的限制 18
2.4 模拟管脚 19
2.5 电源 20
2.5.1 电源管脚 20
2.5.2 电源管理 20
2.5.3 芯片上电和复位 21

3 启动配置项 23
3.1 芯片启动模式控制 24
3.2 ROM 日志打印控制 24

4 功能描述 26
4.1 系统 26
4.1.1 微处理器和主机 26
4.1.1.1 高性能处理器 26
4.1.1.2 GDMA 控制器 26
4.1.2 存储器组织结构 27
4.1.2.1 内部存储器 27
4.1.2.2 外部存储器 28
4.1.2.3 eFuse 控制器 28
4.1.3 系统组件 28

4.1.3.1 IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 29
4.1.3.2 复位 29
4.1.3.3 时钟 29
4.1.3.4 中断矩阵 30
4.1.3.5 系统定时器 30
4.1.3.6 电源管理单元 30
4.1.3.7 欠压检测器 31
4.1.3.8 定时器组 31
4.1.3.9 看门狗定时器 32
4.1.3.10 系统寄存器 32
4.1.3.11 辅助调试 32
4.1.4 加密和安全组件 33
4.1.4.1 ECC 加速器 33
4.1.4.2 SHA 加速器 33
4.1.4.3 片外存储器加密与解密 33
4.1.4.4 随机数生成器 34
4.2 外设 35
4.2.1 通讯接口 35
4.2.1.1 UART 控制器 35
4.2.1.2 SPI 控制器 36
4.2.1.3 I2C 控制器 36
4.2.1.4 LED PWM 控制器 37
4.2.2 模拟信号处理 37
4.2.2.1 SAR ADC 37
4.2.2.2 温度传感器 38
4.3 无线通信 39
4.3.1 无线电 39
4.3.1.1 2.4 GHz 接收器 39
4.3.1.2 2.4 GHz 发射器 39
4.3.1.3 时钟生成器 39
4.3.2 Wi-Fi 39
4.3.2.1 Wi-Fi 无线电和基带 39
4.3.2.2 Wi-Fi MAC 40
4.3.2.3 网络特性 40
4.3.3 蓝牙 LE 40
4.3.3.1 低功耗蓝牙物理层 40
4.3.3.2 低功耗蓝牙链路控制器 41

5 电气特性 42
5.1 绝对最大额定值 42
5.2 建议工作条件 42
5.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C) 42
5.4 ADC 特性 43
5.5 功耗特性 43
5.5.1 Active 模式下的 RF 功耗 43
5.5.2 其他功耗模式下的功耗 44

5.6 可靠性 44

6 射频特性 46

6.1 Wi-Fi 射频 46

6.1.1 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性 46

6.1.2 Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性 47

6.2 低功耗蓝牙射频 48

6.2.1 低功耗蓝牙射频发射器 (TX) 特性 48

6.2.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性 49

7 封装 52

附录 A – ESP8684 管脚总览 53

技术规格书版本号管理 54

词汇表 55

相关文档和资源 56

修订历史 57

表格

1	ESP8684 系列芯片对比	10
2	管脚概述	13
3	通过 IO MUX 连接的外设信号	15
4	IO MUX 管脚功能	15
5	连接模拟功能的模拟信号	17
6	模拟功能	17
7	模拟管脚	19
8	电源管脚	20
9	上电和复位时序参数说明	22
10	Strapping 管脚的默认配置	23
11	Strapping 管脚的时序参数说明	23
12	芯片启动模式控制	24
13	UART0 ROM 日志打印控制	25
14	预设功耗模式	31
15	绝对最大额定值	42
16	建议工作条件	42
17	直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	42
18	ADC 特性	43
19	ADC 校准结果	43
20	Active 模式下 Wi-Fi (2.4 GHz) 功耗特性	44
21	Active 模式下低功耗蓝牙功耗特性	44
22	低功耗模式下的功耗	44
23	Modem-sleep 模式下的功耗	44
24	可靠性认证	45
25	Wi-Fi 射频规格	46
26	频谱模板和 EVM 符合 802.11 标准时的发射功率	46
27	发射 EVM 测试	46
28	接收灵敏度	47
29	最大接收电平	47
30	接收邻道抑制	48
31	低功耗蓝牙射频规格	48
32	低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 1 Mbps	48
33	低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 2 Mbps	48
34	低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 125 Kbps	49
35	低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 500 Kbps	49
36	低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 1 Mbps	49
37	低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 2 Mbps	50
38	低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 125 Kbps	51
39	低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 500 Kbps	51

插图

1	ESP8684 功能框图	1
2	ESP8684 系列芯片命名规则	10
3	ESP8684 管脚布局（俯视图）	12
4	ESP8684 系列数字电源管理	21
5	上电和复位时序参数图	21
6	Strapping 管脚的时序参数图	24
7	地址映射结构	27
8	QFN24 (4×4 mm) 封装	52

1 ESP8684 系列型号对比

1.1 命名规则

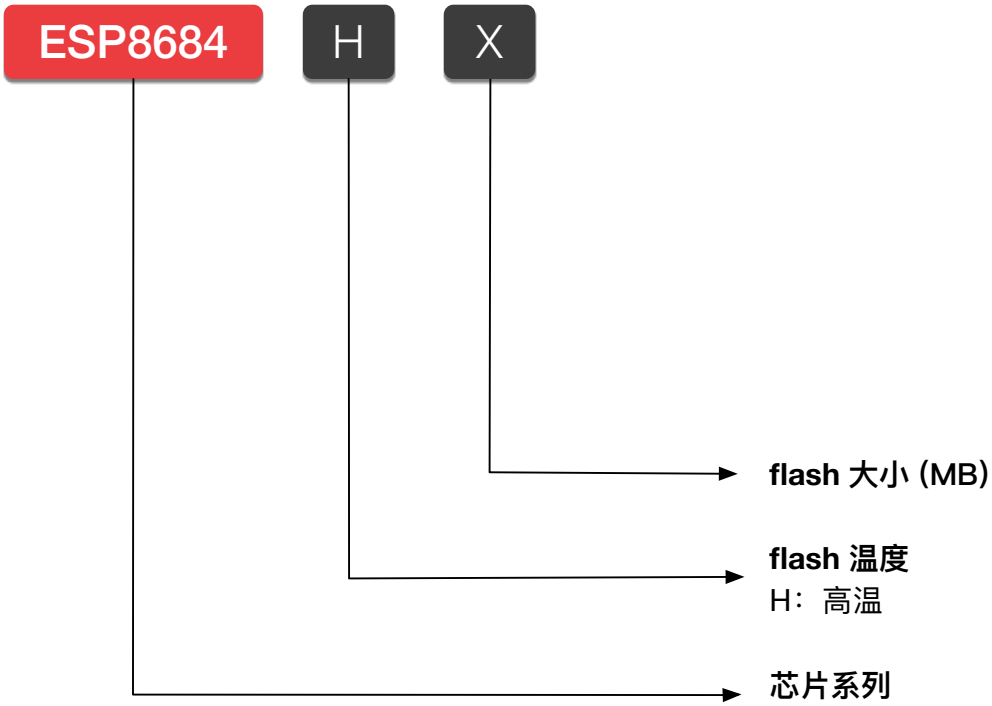


图 2: ESP8684 系列芯片命名规则

1.2 型号对比

表 1: ESP8684 系列芯片对比

订购代码[1]	封装内 Flash [2, 3]	环境温度[4] (°C)	芯片版本 [5]
ESP8684H2X [6]	2 MB	–40 ~ 105	v2.0
ESP8684H4X [6]	4 MB	–40 ~ 105	v2.0

[1] 更多关于芯片丝印和包装的信息，请参考章节 7 封装。

[2] 默认情况下，芯片 SPI flash 支持的最大时钟频率为 60 MHz，且不支持自动暂停功能。如需要 flash 自动暂停功能，请 联系我们。

[3] flash 支持：

- 至少 10 万次编程/擦除周期
- 至少 20 年数据保留时间

[4] 环境温度指乐鑫芯片外部的推荐环境温度。

[5] 芯片版本 v2.0 与之前的芯片版本相比，多出 20 KB SRAM 空间和约 100 KB Flash 空间（以实际应用为准）。

[6] ESP8684H2X 和 ESP8684H4X 分别是 ESP8684H2 和 ESP8684H4 的升级版。ESP8684H2 和 ESP8684H4 对应的芯片版本为 v1.2 及其之前的旧版本。

1.3 芯片版本

如表 1 型号对比 所示，ESP8684 有多个芯片版本投入市场，并使用相同的订购代码。

关于芯片版本的识别方式、支持特定芯片版本的 ESP-IDF 版本和每个芯片版本修复的错误，请参考《ESP8684 系列芯片勘误表》。

2 管脚

2.1 管脚布局

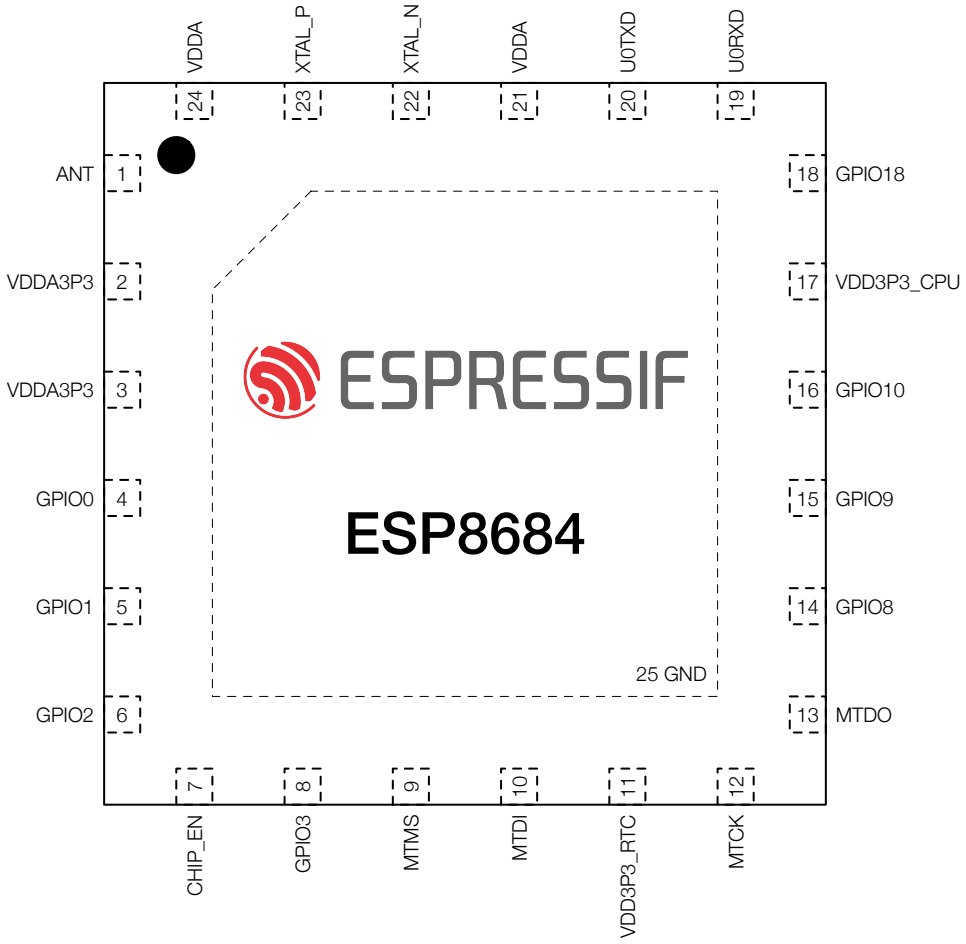


图 3: ESP8684 管脚布局（俯视图）

2.2 管脚概述

ESP8684 芯片集成了多个需要与外界通讯的外设。由于芯片封装尺寸小、管脚数量有限，传送所有输入输出信号的唯一方法是管脚多路复用。管脚多路复用由软件可编程的寄存器控制（详见《ESP8684 技术参考手册》> 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*）。

总体而言，ESP8684 芯片的管脚可分为以下几类：

- **IO 管脚**，具有以下预设功能：
  - **每个** IO 管脚都预设了 **IO MUX 功能** – 见表 4 *IO MUX 功能*
  - **部分** IO 管脚预设了**模拟功能** – 见表 6 *模拟功能*

  预设功能即每个 IO 管脚直接连接至一组特定的片上外设信号。运行时，可通过映射寄存器配置连接管脚的外设信号。
- **模拟管脚**，专用于**模拟功能** – 见表 7 *模拟管脚*
- **电源管脚**，为芯片组件和非电源管脚供电 – 见表 8 *电源管脚*

表 2 *管脚概述* 简要介绍了所有管脚。更多信息，详见下文相应章节，或参考附录 A – ESP8684 管脚总览。

表 2: 管脚概述

管脚序号	管脚名称	管脚类型	供电管脚 [2-3]	管脚配置 [4]		管脚功能 [1]	
				复位时	复位后	IO MUX	模拟
1	ANT	模拟	-				
2	VDDA3P3	电源	-				
3	VDDA3P3	电源	-				
4	GPIO0	IO	VDD3P3_RTC			**IO MUX**	模拟
5	GPIO1	IO	VDD3P3_RTC			**IO MUX**	模拟
6	GPIO2	IO	VDD3P3_RTC	IE	IE	**IO MUX**	模拟
7	CHIP_EN	IO	VDD3P3_RTC				
8	GPIO3	IO	VDD3P3_RTC	IE	IE	**IO MUX**	模拟
9	MTMS	IO	VDD3P3_RTC		IE	**IO MUX**	模拟
10	MTDI	IO	VDD3P3_RTC		IE	**IO MUX**	
11	VDD3P3_RTC	电源	-				
12	MTCK	IO	VDD3P3_CPU		IE	**IO MUX**	
13	MTDO	IO	VDD3P3_CPU		IE	**IO MUX**	
14	GPIO8	IO	VDD3P3_CPU	IE	IE	**IO MUX**	
15	GPIO9	IO	VDD3P3_CPU	IE	IE, WPU	**IO MUX**	
16	GPIO10	IO	VDD3P3_CPU			**IO MUX**	
17	VDD3P3_CPU	电源	-				
18	GPIO18	IO	VDD3P3_CPU			**IO MUX**	
19	U0RXD	IO	VDD3P3_CPU		IE, WPU	**IO MUX**	
20	U0TXD	IO	VDD3P3_CPU		OE, WPU	**IO MUX**	
21	VDDA	电源	-				
22	XTAL_N	模拟	-				
23	XTAL_P	模拟	-				
24	VDDA	电源	-				
25	GND	电源	-				

1. **加粗**功能为默认启动模式下管脚的默认功能，详见章节 3.1 *芯片启动模式控制*。

2. **供电管脚**一栏，由 VDD3P3_CPU 供电的管脚：
    - 供电管脚（VDD3P3_CPU）可通过寄存器配置，详见 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。
3. 所有管脚的默认驱动电流为 20 mA。
4. **管脚配置**一栏为复位时和复位后预设配置缩写：
    - IE – 输入使能
    - OE – 输出使能
    - WPU – 内部弱上拉电阻使能

2.3 IO 管脚

2.3.1 IO MUX 功能

IO MUX 能让一个输入/输出管脚连接多个输入/输出信号。ESP8684 的每个 IO 管脚可在表 4 *IO MUX 功能* 列出的三个信号（IO MUX 功能，即 F0-F2）中选择，连接任意一个。

三个信号中：

- 部分源自 GPIO 交换矩阵（**GPIO2**、**GPIO3 等**）。GPIO 交换矩阵包含内部信号传输线路，用于映射信号，能令管脚连接几乎任一外设信号。这种映射虽然灵活，但可能影响传输信号的速度，造成延迟。如何通过 GPIO 交换矩阵连接外设信号，详见 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。
- 部分直接源自特定外设（**U0TXD**、**MTCK 等**），详见表 3 *IO MUX 功能*。

表 3: 通过 IO MUX 连接的外设信号

管脚功能	信号	描述
U0TXD U0RXD	发送数据 (Transmit) 接收数据 (Receive)	UART0 接口
MTCK MTDO MTDI MTMS	测试时钟 (Test clock) 测试数据输出 (Test Data Out) 测试数据输入 (Test Data In) 测试模式选择 (Test Mode Select)	用于调试功能的 JTAG 接口
FSPIQ FSPID FSPIHD FSPIWP FSPICLK FSPICS0	数据输出 (Data out) 数据输入 (Data in) 暂停 (Hold) 写保护 (Write protect) 时钟 (Clock) 片选 (Chip select)	用于快速 SPI 传输的 SPI2 主接口。支持单线、双线、四线 SPI 模式

表 4 *IO MUX 功能* 列出了管脚的 IO MUX 功能。

表 4: IO MUX 管脚功能

管脚序号	IO MUX / GPIO 名称 [2]	IO MUX 功能 [1]					
		F0	类型 [3]	F1	类型	F2	类型
4	GPIO0	GPIO0	I/O/T	**GPIO0**	I/O/T		
5	GPIO1	GPIO1	I/O/T	**GPIO1**	I/O/T		
6	GPIO2	GPIO2	I/O/T	**GPIO2**	I/O/T	FSPIQ	I1/O/T
8	GPIO3	GPIO3	I/O/T	**GPIO3**	I/O/T		
9	GPIO4	**MTMS**	I1	GPIO4	I/O/T	FSPIHD	I1/O/T
10	GPIO5	**MTDI**	I1	GPIO5	I/O/T	FSPIWP	I1/O/T
12	GPIO6	**MTCK**	I1	GPIO6	I/O/T	FSPICLK	I1/O/T
13	GPIO7	**MTDO**	O/T	GPIO7	I/O/T	FSPID	I1/O/T
14	GPIO8	GPIO8	I/O/T	**GPIO8**	I/O/T		
15	GPIO9	GPIO9	I/O/T	**GPIO9**	I/O/T		
16	GPIO10	GPIO10	I/O/T	**GPIO10**	I/O/T	FSPICS0	I1/O/T
18	GPIO18	GPIO18	I/O/T	**GPIO18**	I/O/T		
19	GPIO19	**U0RXD**	I1	GPIO19	I/O/T		

见下页

表 4 – 接上页

管脚序号	IO MUX / GPIO 名称 [2]	IO MUX 功能 [1]					
		F0	类型 [3]	F1	类型	F2	类型
20	GPIO20	**U0TXD**	O	GPIO20	I/O/T		

[1] **加粗**表示默认启动模式下的默认管脚功能，详见章节 3.1 芯片启动模式控制。

[2] 高亮的单元格，详见章节 2.3.3 *GPIO 和 RTC_GPIO 的限制*。

[3] 每个 IO MUX 功能 (F*n*，*n* = 0 ~ 2) 均对应一个“类型”。以下是各个“类型”的含义：

- I – 输入。O – 输出。T – 高阻。
- I1 – 输入；如果该管脚分配了 F*n* 以外的功能，则 F*n* 的输入信号恒为 1。
- I0 – 输入；如果该管脚分配了 F*n* 以外的功能，则 F*n* 的输入信号恒为 0。

2.3.2 模拟功能

部分 IO 管脚具有**模拟功能**，可用于任意功耗模式下的模拟外设（如 ADC）。模拟功能连接内部模拟信号，详见表 5 模拟功能。

表 5: 连接模拟功能的模拟信号

管脚功能	信号	描述
ADC1_CH...	ADC1 通道 ... 信号	ADC1 接口

表 6 模拟功能 列出了 IO 管脚的模拟功能。

表 6: 模拟功能

管脚 序号	模拟 IO 名称[1]	模拟功能[2]	
		F0	F1
4	GPIO0		ADC1_CH0
5	GPIO1		ADC1_CH1
6	GPIO2		ADC1_CH2
8	GPIO3		ADC1_CH3
9	GPIO4		ADC1_CH4

[1] **加粗**表示默认启动模式下的默认管脚功能，详见章节 3.1 芯片启动模式控制。

[2] 由于模拟功能通过使用 GPIO 编号的 GPIO 寄存器配置，此列列出的是 GPIO 的名称。

2.3.3 GPIO 和 RTC_GPIO 的限制

ESP8684 的所有 IO 管脚都有 GPIO 功能。不过，这些 IO 管脚是多功能管脚，可以根据需求配置不同的功能，也有一些使用限制，需要特别注意。

本章节的表格中，部分管脚功能有 高亮 标记。推荐优先使用没有高亮的 GPIO 或 RTC_GPIO 管脚。如需更多管脚，请谨慎选择高亮的 GPIO 或 RTC_GPIO 管脚，避免与重要功能冲突。

高亮的 IO 管脚有以下重要功能：

- 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。详见表 3 *IO MUX 功能*。
  - **UART 接口** – 通常用于调试功能。详见表 3 *IO MUX 功能*。

附录 A – ESP8684 管脚总览 也可参考。

2.4 模拟管脚

表 7: 模拟管脚

管脚序号	管脚名称	管脚类型	管脚功能
1	ANT	I/O	射频输入和输出
7	CHIP_EN	I	高电平：芯片使能（上电）； 低电平：芯片关闭（掉电）； 注意不能让 CHIP_EN 管脚浮空
22	XTAL_N	—	连接芯片无源晶振的外部时钟输入/输出。 P/N 分别对应差分时钟的正极/负极端。
23	XTAL_P	—	

2.5 电源

2.5.1 电源管脚

表 8 电源管脚 列举了为芯片供电的电源管脚。

表 8: 电源管脚

管脚序号	管脚名称	方向	电源 [1,2] 电源域/其他	IO 管脚 [3]
2	VDDA3P3	输入	模拟电源域	
3	VDDA3P3	输入	模拟电源域	
11	VDD3P3_RTC	输入	RTC 电源域	RTC IO
17	VDD3P3_CPU	输入	数字电源域	数字 IO
21	VDDA	输入	模拟电源域	
24	VDDA	输入	模拟电源域	
25	GND	—	外部接地	

[1] 请结合章节 2.5.2 电源管理 阅读。

[2] 电压、电流的推荐值和最大值，详见章节 5.1 绝对最大额定值 和章节 5.2 建议工作条件。

[3] RTC IO 管脚即由 VDD3P3_RTC 供电的管脚，如图 4 *ESP8684 系列数字电源管理* 所示，也可参考表 2 管脚概述 > 供电管脚一栏。

2.5.2 电源管理

ESP8684 系列的数字电源管理如图 4 所示：

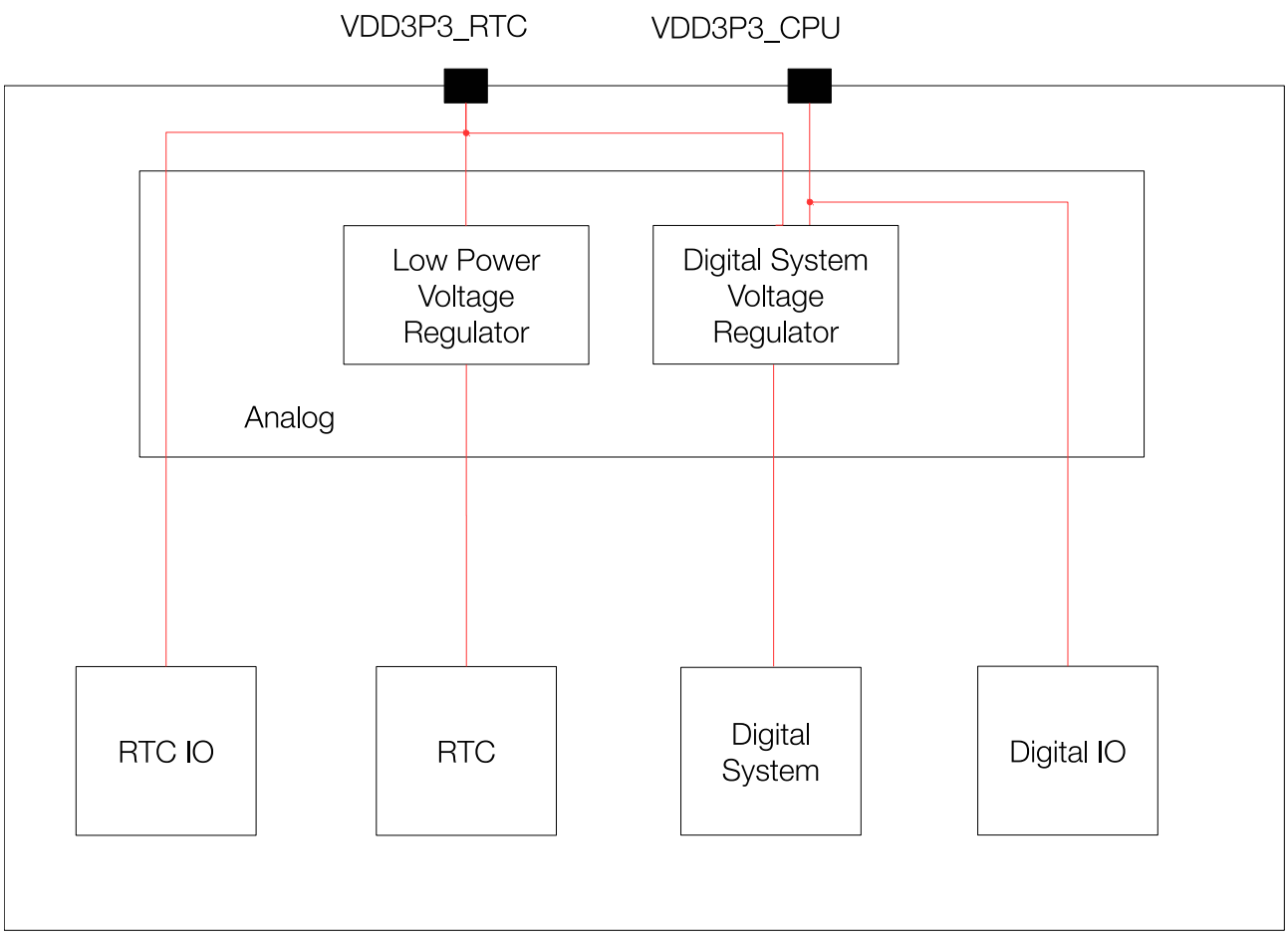


图 4: ESP8684 系列数字电源管理

2.5.3 芯片上电和复位

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 5 和表 9。

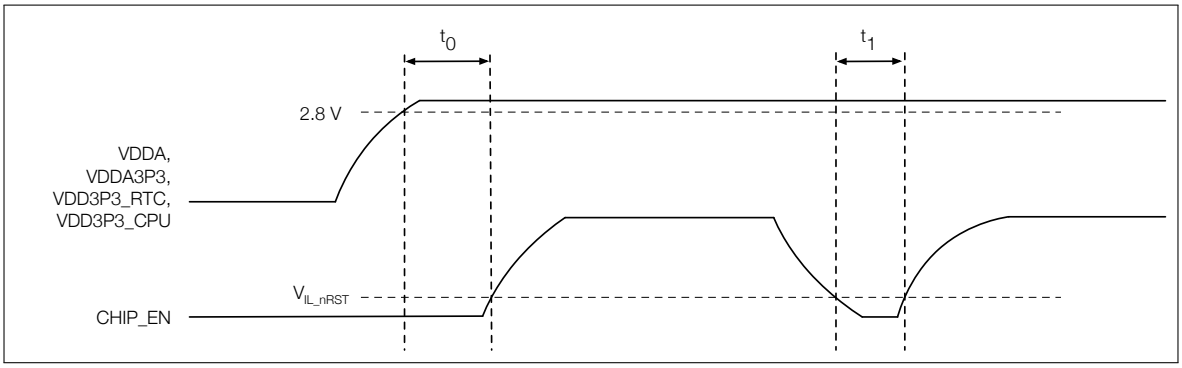


图 5: 上电和复位时序参数图

表 9: 上电和复位时序参数说明

参数	说明	最小值 (μs)
t_0	CHIP_EN 管脚上电晚于 VDDA、VDDA3P3、VDD3P3_RTC 和 VDD3P3_CPU 上电的延时时间	50
t_1	CHIP_EN 电平低于 V_{IL_nRST}（具体数值参考表 17）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：GPIO8 和 GPIO9
- **ROM 日志打印**
  - Strapping 管脚：GPIO8
  - eFuse 参数：EFUSE_UART_PRINT_CONTROL

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 《ESP8684 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 10: Strapping 管脚的默认配置

Strapping 管脚	默认配置	值
GPIO8	N/A	-
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 ESP8684 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 11 和图 6 所示的 *建立时间* 和 *保持时间*。

表 11: Strapping 管脚的时序参数说明

参数	说明	最小值 (ms)
t_0	CHIP_EN 上电前的建立时间	0
t_1	CHIP_EN 上电后的保持时间	3

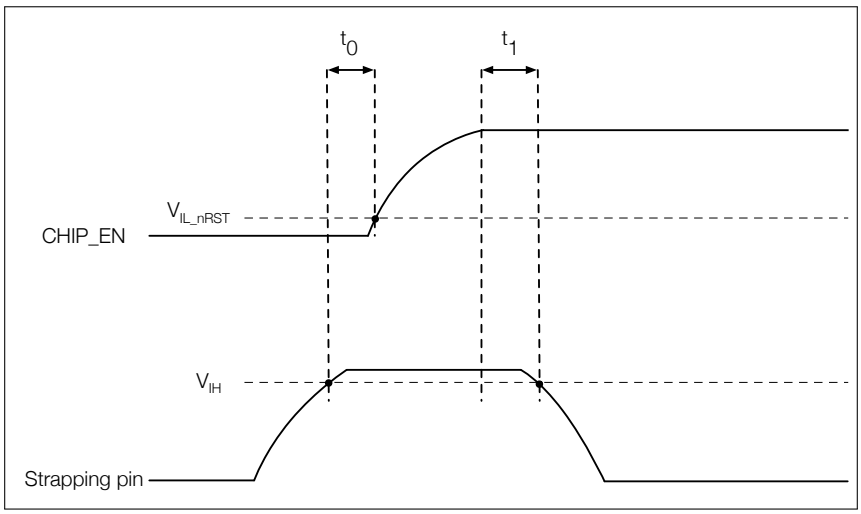


图 6: Strapping 管脚的时序参数图

3.1 芯片启动模式控制

复位释放后，GPIO8 和 GPIO9 共同决定启动模式。详见表 12 *芯片启动模式控制*。

表 12: 芯片启动模式控制

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

[1] **加粗**表示默认值和默认配置。

[2] 任何取值均不会对结果有影响，因此可忽略。

[3] Joint Download Boot 模式下支持 UART Download Boot 下载方式。除了 SPI Boot 和 Joint Download Boot 模式，ESP8684 还支持 SPI Download Boot 模式，详见《ESP8684 技术参考手册》> 章节 *芯片 Boot 控制*。

3.2 ROM 日志打印控制

EFUSE_UART_PRINT_CONTROL 和 GPIO8 控制 **UART0** ROM 日志打印，如表 13 *UART0 ROM 日志打印控制* 所示。

表 13: UART0 ROM 日志打印控制

UART0 ROM 日志打印	eFuse[1]	GPIO8
使能	0	忽略
	1	0
	2	1
关闭	1	1
	2	0
	3	忽略

[1] EFUSE_UART_PRINT_CONTROL

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

ESP-RISC-V CPU (HP CPU) 是一款基于 RISC-V 指令集架构 (ISA) 的高性能 32 位内核，包括基本整数 (I)、乘法/除法 (M)、原子 (A) 和压缩 (C) 标准扩展。

特性

- 四级流水线架构，支持 120 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 2 个硬件断点/观察点
- 用于调试的 JTAG 接口

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 高性能处理器。

4.1.1.2 GDMA 控制器

GDMA 控制器是通用的直接内存访问控制器，可以在无需 CPU 干预的情况下完成外设与存储器之间及存储器与存储器之间的数据传输。GDMA 具有两个独立通道，其中一个用于传输，一个用于接收。这两个通道由具有 GDMA 功能的外设共享，包括 SPI2 和 SHA。

特性

- 数据传输以字节为单位，传输数据量可软件编程
- 支持链表
- 访问内部 RAM 时，支持 INCR burst 传输
- GDMA 能够访问的内部 RAM 最大地址空间为 256 KB
- 包含 1 个 TX、1 个 RX 通道
- 任一通道支持可配置的外设选择
- 通道间固定优先级及轮询仲裁
- AHB 总线架构

更多信息，请参考 《ESP8684 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。

ESP8684 系列芯片的地址映射结构如图 7 所示。

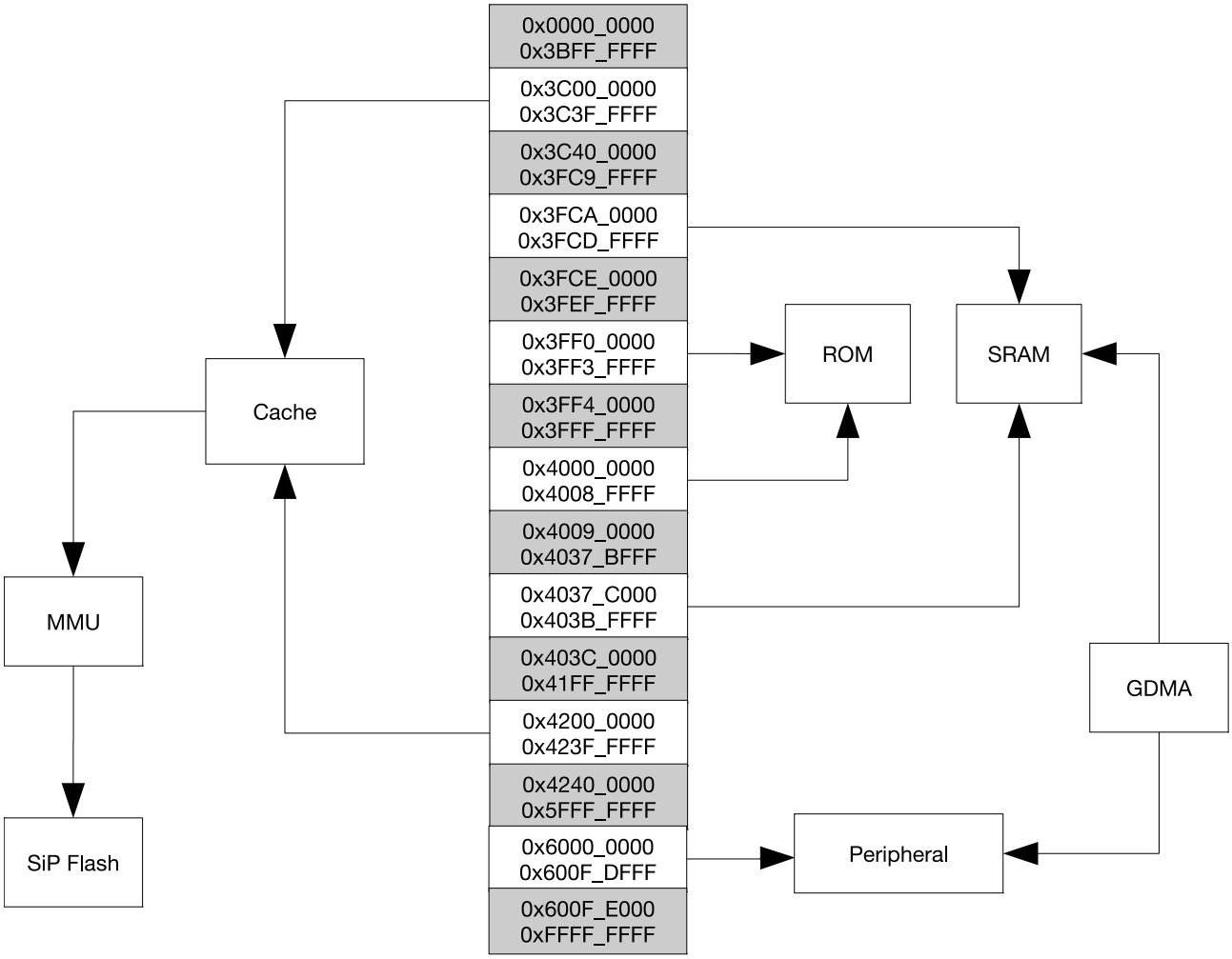


图 7: 地址映射结构

> **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

ESP8684 的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。

特性

- 576 KB ROM，用于程序启动和内核功能调用
- 272 KB 片上 SRAM，用于数据和指令存储，时钟频率可配置，最大 120 MHz。272 KB 中，有 16 KB 配置为 cache 专用。
- 1 Kbit 的 eFuse 参数 存储器，其中 256 位用户可用，更多信息详见章节 4.1.2.3 *eFuse 控制器*

- 封装内 flash
  - flash 大小详见章节 1 *ESP8684 系列型号对比*
  - 至少 10 万次编程/擦除周期
  - 至少 20 年数据保留时间
  - 默认最大时钟频率 60 MHz

更多信息，请参考《ESP8684 技术参考手册》> 章节*系统和存储器*。

4.1.2.2 外部存储器

ESP8684 支持通过 SPI、Dual SPI、Quad SPI、QPI 等接口在芯片封装外连接存储器。

特性

- 支持连接最大 16 MB 的封装外 flash
  - 支持基于 XTS-AES 的硬件加解密功能
  - 最多 4 MB 的 CPU 指令空间以 64 KB 的块映射到 flash。
  - 4 MB 的数据总线（只读）地址空间以 64 KB 为单位映射到片外 flash。
- 16 KB 只读 cache
  - 四路组相连
  - 32 字节 cache 块 (block)
  - 支持关键字优先 (critical word first) 和提前重启 (early restart)

更多信息，请参考《ESP8684 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。ESP8684 芯片的 eFuse 控制器用于烧写和读取 eFuse 存储器。

特性

- 配置部分区域的写保护
- 配置部分区域的读保护
- 防止数据损坏的多种硬件编码方案

更多信息，请参考《ESP8684 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

ESP8684 芯片中的 IO MUX 和 GPIO 交换矩阵可将外设输入和输出信号灵活连接到 GPIO 管脚。这些外设通过允许 I/O 配置、支持多路复用和外设输入信号的信号同步，增强了芯片的功能和性能。

特性

- 14 个 GPIO 管脚，用于通用 I/O 或连接到内部外设信号
- GPIO 交换矩阵：
  - 将 33 个外设输入信号和 61 个输出信号连接到任意 GPIO 管脚
  - 基于 IO MUX 操作时钟的外设输入信号同步
  - 支持输入信号滤波
- IO MUX 用于将某些数字信号 (SPI、JTAG、UART) 直接连接到管脚

更多信息，请参考《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

4.1.3.2 复位

ESP8684 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

- 四种复位类型：
  - CPU 复位 – 复位 CPU 核心
  - 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
- 复位触发方式：
  - 直接由硬件触发
  - 通过配置 CPU 的相应寄存器进行软件触发
- 支持读取复位源

更多信息，请参考《ESP8684 技术参考手册》 > 章节*复位和时钟*。

4.1.3.3 时钟

ESP8684 芯片的时钟主要来源于外部晶体振荡器、RC 振荡电路和 PLL 电路。时钟经时钟分频器或时钟选择器进行处理。时钟根据频率可以分为高性能时钟和低功耗时钟。

特性

- 用于 HP 系统的高性能时钟
  - 480 MHz 内部 PLL 时钟

  - 26 MHz 或 40 MHz 外部晶振时钟
- 用于 LP 系统和部分低功耗模式外设的低功耗时钟
  - 32 kHz 外部低速时钟
  - 可调频率的内置快速 RC 振荡器（默认为 17.5 MHz）
  - 内置快速 RC 振荡器分频时钟
  - 可调频率的内置慢速 RC 振荡器（默认为 136 kHz）

更多信息，请参考《ESP8684 技术参考手册》> 章节复位和时钟。

4.1.3.4 中断矩阵

ESP8684 芯片的中断矩阵用于将外设和事件生成的中断请求映射到 CPU 中断。

特性

- 接收 43 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《ESP8684 技术参考手册》> 章节中断矩阵。

4.1.3.5 系统定时器

ESP8684 芯片中的系统定时器 (SYSTIMER) 是一个 52 位定时器，可用于为操作系统生成滴答中断，或作为通用定时器生成周期性或一次性中断。

特性

- 两个 52 位计数器和三个 52 位比较器
- 52 位报警值和 26 位报警周期
- 两种报警模式：单次报警模式和周期报警模式
- 三个比较器根据配置的报警值或报警周期生成三个独立中断
- 支持软件配置基准计数值。例如，支持从 Light-sleep 唤醒之后，系统定时器通过软件加载 RTC 定时器记录的睡眠时间，并进行补偿
- CPU 处于停止状态或处于在线调试状态时，系统定时器可选择停止运行或继续运行

更多信息，请参考《ESP8684 技术参考手册》> 章节系统定时器。

4.1.3.6 电源管理单元

ESP8684 具有先进的电源管理单元 (PMU)，可以灵活地为芯片的不同电源域供电，实现芯片性能、功耗和唤醒延迟之间的最佳平衡。

ESP8684 的低功耗处理器使得芯片能够在大多数电源域关闭的 Deep-sleep 模式下运行，从而实现极低的功耗。

配置 PMU 的程序较为复杂。为针对典型场景简化电源管理，ESP8684 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 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。无线通讯模块的基带和射频关闭，但无线通讯模块可保持连接。
- Light-sleep 模式：CPU 暂停运行。任何唤醒事件（MAC、RTC 定时器或外部中断）都会唤醒芯片。无线通讯模块可保持连接。
- Deep-sleep 模式：CPU 和大部分外设都会掉电，只有 RTC 电源管理单元 PMU 处于工作状态，详情请见图 1。

ESP8684 定义了四种最常见的电源域设置组合，对应四种预设功耗模式，可满足用户的常见场景需求，详见表 14。

表 14: 预设功耗模式

功耗模式	PMU	数字系统	RC_FAST_CLK	XTAL_CLK	PLL_CLK	RF 电路
Active	开	开	开	开	开	开
Modem-sleep	开	开	开	开	开	关
Light-sleep	开	开	关	关	关	关
Deep-sleep	开	关	关	关	关	关

4.1.3.7 欠压检测器

ESP8684 可以周期性监控供电电源的电压，当电压异常时，能发出中断或者复位。

特性

- 检测阈值可配置
- 复位等级可配置

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 欠压检测器。

4.1.3.8 定时器组

ESP8684 芯片中的定时器组 (TIMG) 可用于准确设定时间间隔、在一定间隔后触发（周期或非周期的）中断或充当硬件时钟。ESP8684 有两个定时器组，每个定时器组包含一个通用定时器和一个主系统看门狗定时器。

特性

- 16 位预分频器
- 54 位自动重新加载计数器，可向上、向下计数
- 实时读取时基计数器的值

- 暂停、恢复、禁用时间基准计数器
- 可配置的报警产生机制
- 定时器值重新加载（报警时自动重新加载或软件控制即时重新加载）
- RTC 慢速时钟频率计算
- 电平触发中断

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *定时器组 (TIMG)*。

4.1.3.9 看门狗定时器

ESP8684 中的看门狗定时器 (WDT) 可用于检测和处理系统故障。ESP8684 有两个数字看门狗定时器：一个在定时器组中 (MWDT)，一个在 RTC 模块中 (RWDT)。

特性

- 数字看门狗定时器：
  - 四个阶段，每个阶段都可配置超时时间和超时动作
  - 超时动作：中断、CPU 复位、内核复位、系统复位（仅 RWDT）
  - 阶段 0 flash 启动保护（SPI Boot 模式）
  - 写保护，使能时寄存器仅可读取
  - 32 位超时计数器
- 模拟看门狗定时器：
  - 超时周期略小于 1 秒
  - 超时动作：中断、系统复位

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节*看门狗定时器*。

4.1.3.10 系统寄存器

ESP8684 芯片中的系统寄存器用于控制以下外设和模块。

特性

- 系统和存储器
- 时钟
- 软件中断
- 外设时钟门控和复位

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节*系统寄存器 (HP_SYSREG)*。

4.1.3.11 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

- 支持监测栈指针 (SP)
- 支持记录 CPU 复位前的程序计数器 (PC)
- 支持查看 CPU 调试状态信息

更多信息，请参考《ESP8684 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 ECC 加速器

ECC 加速器可以加速基于椭圆曲线密码学 (ECC) 算法和派生算法（如 ECDSA）的计算，这两种算法相对于 RSA 算法的优势在于，使用较小长度的公钥就能够提供相当等级的加密安全性。

特性

- 支持两种不同的椭圆曲线（P-192 和 P-256）
- 七种工作模式，支持功能包括标准点验证、标准点乘、Jacobian 点验证、Jacobian 点乘
- 提供计算完成的中断和中断控制。

更多信息，请参考《ESP8684 技术参考手册》> 章节 *ECC 加速器 (ECC)*。

4.1.4.2 SHA 加速器

SHA 加速器 (SHA) 是一种硬件加速器，与纯软件相比能够极大地提高 SHA 算法运算速度。

特性

- 支持多种 SHA 算法：SHA-1、SHA-224 和 SHA-256
- 两种工作模式：基于 CPU 的 Typical SHA 和基于 DMA 的 DMA-SHA

更多更多信息，请参考《ESP8684 技术参考手册》> 章节 *SHA 加速器 (SHA)*。

4.1.4.3 片外存储器加密与解密

ESP8684 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

- 使用通用 XTS-AES 算法，符合 IEEE Std 1619-2007
- 支持手动加密，需要软件参与
- 支持高速自动解密，无需软件参与
- 由寄存器配置、eFuse 参数、启动 (boot) 模式共同决定开启/关闭加解密功能

更多信息，请参考《ESP8684 技术参考手册》> 章节*片外存储器加密与解密 (XTS_AES)*。

4.1.4.4 随机数生成器

ESP8684 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 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节随机数生成器 *(RNG)*。

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

ESP8684 芯片中的 UART 控制器用于芯片与外部 UART 设备之间的异步串行数据传输和接收。ESP8684 支持两个 UART 接口。

特性

- 全双工异步通信
- 可配置波特率，最高 2.5 Mbaud
- 输入信号波特率自检功能
- 数据帧格式：
  - 一个 START 位
  - 数据位，长度为 5 ~ 8
  - 一个奇偶校验位
  - STOP 位，长度为 1、1.5 或 2
- AT_CMD 特殊字符检测
- 支持协议：RS485、IrDA
- UART 唤醒模式
- 软件流控和硬件流控
- 三个可预分频的时钟源：
  - 40 MHz PLL_F40M_CLK
  - 内置快速 RC 振荡器时钟 RC_FAST_CLK
  - 外部晶振时钟 XTAL_CLK
- 两个 UART 的发送 FIFO 以及接收 FIFO 共享 512 x 8-bit RAM

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *UART 控制器 (UART, LP_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 章节 2.3 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

4.2.1.2 SPI 控制器

ESP8684 系列芯片共有三个 SPI（SPI0、SPI1 和 SPI2）。SPI0 和 SPI1 可以配置成 SPI 存储器模式，SPI2 可以配置成通用 SPI 模式。

SPI0 和 SPI1 预留给系统使用，只有 SPI2 可供用户使用。

SPI0 和 SPI1 的特性

- 数据传输长度以字节为单位
- 最高支持四线 STR 读写操作
- 时钟频率可配置，STR 模式下支持的最高时钟频率为 60 MHz

SPI2 通用 SPI (GP-SPI) 的特性

- 既可以配置成主机模式，又可以配置成从机模式。
- 主机模式和从机模式均支持双线全双工和单线、双线或四线半双工通信
- 主机时钟频率可配置，时钟频率最高为 40 MHz
- 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 GDMA 通道。

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *SPI 控制器 (SPI)*。

管脚分配

SPI2 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 章节 2.3 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

4.2.1.3 I2C 控制器

I2C 控制器支持主机和从机之间使用 I2C 总线进行通信。

特性

- 一个在主机模式工作的 I2C 控制器
- 标准模式 (100 Kbit/s) 和快速模式 (400 Kbit/s)
- 速度最高可达 800 Kbit/s，但受制于 SCL 和 SDA 上拉强度
- 支持 7 位和 10 位寻址以及双地址寻址模式
- 7 位广播地址

更多信息，请参考 《ESP8684 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 章节 2.3 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

4.2.1.4 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

- 六个独立的 PWM 生成器
- 最大 PWM 占空比精度为 14 位
- 四个独立的定时器，具有 14 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
- 在低功耗模式（Light-sleep 模式）下输出 PWM 信号

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *LED PWM 控制器*。

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 章节 2.3 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

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

ESP8684 有一个逐次逼近型模拟数字转换器 (SAR ADC)，将模拟信号转换为数字表示。

特性

- 支持 12 位采样分辨率
- 支持采集最多五个管脚上的模拟电压
- DIG ADC 控制器：
  - 配有单次采样和多通道扫描控制模块，分别支持单次采样模式和多通道扫描模式
  - 支持单次采样模式和多通道扫描模式同时工作
  - 在多通道扫描模式下，支持自定义扫描通道顺序

- 提供两个滤波器，滤波系数可配
- 支持阈值监控

更多信息，请参考 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 片上传感器与模拟信号处理。

管脚分配

SAR ADC 管脚与 GPIO0 ~ GPIO4、JTAG 接口管脚复用。

更多关于管脚分配的信息，请参考 章节 2.3 *IO 管脚* 和 《ESP8684 技术参考手册》 > 章节 *IO MUX 和 GPIO 交换矩阵*。

4.2.2.2 温度传感器

ESP8684 芯片中的温度传感器可以实时监测芯片内部的温度变化。

特性

- 测量范围：–40 °C ~ 125 °C
- 支持软件触发，且一旦触发后，可持续读取数据
- 支持根据使用环境配置温度偏移，提高测试精度
- 支持测量范围可调节

更多信息，请参考 《ESP8684 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。

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，ESP8684 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，ESP8684 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

ESP8684 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
- 802.11n MCS32
- 802.11n 0.4 μs 保护间隔

- 数据率高达 72.2 Mbps
- 接收 STBC（单空间流）
- 可调节的发射功率
- 天线分集：
  ESP8684 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

ESP8684 系列芯片完全遵循 802.11b/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。

ESP8684 系列芯片 Wi-Fi MAC 自行支持的底层协议功能如下：

- 3 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
- 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)
- CCMP、TKIP、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）

4.3.2.3 网络特性

乐鑫提供的固件支持 TCP/IP 联网及其他 Wi-Fi 联网协议，默认支持 TLS 1.2，可选择支持 TLS 1.3。

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。

4.3.3.1 低功耗蓝牙物理层

ESP8684 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

ESP8684 系列芯片低功耗蓝牙链路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
- 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

5 电气特性

5.1 绝对最大额定值

超出表 15 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 15: 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	—	730	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 2.5.1 电源管脚。

[2] 芯片的 IO 输出总电流的测试条件为 25 °C 环境温度，VDD3P3_RTC、VDD3P3_CPU 两个电源域的管脚输出高电平且直接接地。此时芯片在保持工作状态 24 小时后，仍能正常工作。

5.2 建议工作条件

表 16: 建议工作条件

参数 [1]	说明	最小值	典型值	最大值	单位
VDDA3P3, VDDA, VDD3P3_RTC，VDD3P3_CPU[2]	建议输入电压	3.0	3.3	3.6	V
I_{VDD} [3]	输入总电流	0.5	—	—	A
T_A	环境温度	–40	—	105	°C

[1] 请结合章节 2.5 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。

[3] 使用单电源供电时，输出电流需要达到 500 mA 及以上。

5.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

表 17: 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

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}	上拉电阻	—	45	—	kΩ
R_{PD}	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

本章节数据是在 ADC 外接 100 nF 电容、输入为 DC 信号、25 °C 环境温度、Wi-Fi 关闭条件下的测量结果。

表 18: ADC 特性

符号	参数	最小值	最大值	单位
DNL（差分非线性）[1]	—	–1	3	LSB
INL（积分非线性）	—	–4	8	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。

ESP-IDF 提供了对 ADC 的多种 校准方法。使用硬件校准 + 软件校准后的结果如表 19 所示。用户如需要更高的精度可选用其他方法自行校准。

表 19: 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 ~ 950	-5	5	mV
	ATTEN3，有效测量范围 0 ~ 2800	-10	10	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。

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 20: 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, @22 dBm	370
		802.11g, 54 Mbps, @20 dBm	320
		802.11n, HT20, MCS7, @19 dBm	300
	接收 (RX)	802.11b/g/n, HT20	65

表 21: Active 模式下低功耗蓝牙功耗特性

工作模式	射频模式	描述	峰值 (mA)
Active（射频工作）	发射 (TX)	低功耗蓝牙 @ 20.0 dBm	320
		低功耗蓝牙 @ 9.0 dBm	190
		低功耗蓝牙 @ 0 dBm	150
		低功耗蓝牙 @ –15.0 dBm	90
	接收 (RX)	低功耗蓝牙	62

5.5.2 其他功耗模式下的功耗

表 22: 低功耗模式下的功耗

功耗模式	描述	典型值	单位
Light-sleep	—	140	μA
Deep-sleep	仅有 RTC 定时器处于工作状态	5	μA
Power off	CHIP_EN 管脚拉低，芯片处于关闭状态	1	μA

表 23: Modem-sleep 模式下的功耗

功耗模式	主频 (MHz)	描述	典型值[1] (mA)	典型值[2] (mA)
Modem-sleep[3]	80	WFI (Wait-for-Interrupt)	9.4	10.3
		CPU 全速运转时	12.1	13.0
	120	WFI (Wait-for-Interrupt)	10.7	11.5
		CPU 全速运转时	14.7	15.6

[1] 所有外设时钟**关闭**时的典型值。

[2] 所有外设时钟**打开**时的典型值。实际情况下，外设在不同工作状态下电流会有所差异。

[3] Modem sleep 模式下，Wi-Fi 设有时钟门控。该模式下，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。

5.6 可靠性

表 24: 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 25: 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/ax

6.1.1 Wi-Fi 射频发射器 (TX) 特性

表 26: 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	—	21.5	—
802.11b, 11 Mbps	—	21.5	—
802.11g, 6 Mbps	—	21.5	—
802.11g, 54 Mbps	—	19.5	—
802.11n, HT20, MCS0	—	21.0	—
802.11n, HT20, MCS7	—	19.0	—

表 27: 发射 EVM 测试

速率	最小值 (dB)	典型值 (dB)	标准限值 (dB)
802.11b, 1 Mbps, @21.5 dBm	—	–25.2	–10
802.11b, 11 Mbps, @21.5 dBm	—	–25.2	–10
802.11g, 6 Mbps, @21.5 dBm	—	–20.4	–5
802.11g, 54 Mbps, @19.5 dBm	—	–26.8	–25
802.11n, HT20, MCS0, @21 dBm	—	–21.0	–5
802.11n, HT20, MCS7, @19 dBm	—	–29.0	–27

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/ax 标准下不超过 10%。

表 28: 接收灵敏度

速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)	最大值 (dBm)
802.11b, 1 Mbps	—	–99.0	—
802.11b, 2 Mbps	—	–96.5	—
802.11b, 5.5 Mbps	—	–94.0	—
802.11b, 11 Mbps	—	–90.0	—
802.11g, 6 Mbps	—	–94.0	—
802.11g, 9 Mbps	—	–92.0	—
802.11g, 12 Mbps	—	–91.0	—
802.11g, 18 Mbps	—	–89.0	—
802.11g, 24 Mbps	—	–86.0	—
802.11g, 36 Mbps	—	–83.0	—
802.11g, 48 Mbps	—	–78.5	—
802.11g, 54 Mbps	—	–77.0	—
802.11n, HT20, MCS0	—	–92.5	—
802.11n, HT20, MCS1	—	–90.5	—
802.11n, HT20, MCS2	—	–87.5	—
802.11n, HT20, MCS3	—	–84.5	—
802.11n, HT20, MCS4	—	–81.5	—
802.11n, HT20, MCS5	—	–77.5	—
802.11n, HT20, MCS6	—	–75.5	—
802.11n, HT20, MCS7	—	–74.0	—

表 29: 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	—	-1	—

表 30: 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	—

6.2 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	–24.0 ~ 20.0 dBm

6.2.1 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 - 1 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
载波频率偏移和漂移	$\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$ 最大值	—	1.0	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_n \rvert$ 最大值	—	2.3	—	kHz
	$\lvert f_n - f_{n-5} \rvert$ 最大值	—	1.4	—	kHz
	$\lvert f_1 - f_0 \rvert$	—	1.5	—	kHz
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	250.2	—	kHz
	$\Delta f2_{max}$ 最小值 (至少 99.9% 的 $\Delta f2_{max}$)	—	234.4	—	kHz
	$\Delta f2_{avg}/\Delta f1_{avg}$	—	1.0	—	—
带内杂散发射	± 2 MHz 偏移	—	-32	—	dBm
	± 3 MHz 偏移	—	-38	—	dBm
	> ± 3 MHz 偏移	—	-41	—	dBm

表 33: 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 2 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
载波频率偏移和漂移	$\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$ 最大值	—	3.7	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_n \rvert$ 最大值	—	1.8	—	kHz
	$\lvert f_n - f_{n-5} \rvert$ 最大值	—	1.5	—	kHz
	$\lvert f_1 - f_0 \rvert$	—	1.1	—	kHz

见下页

表 33 – 接上页

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	500.0	—	kHz
	$\Delta f2_{max}$ 最小值 (至少 99.9% 的 $\Delta f2_{max}$)	—	460.7	—	kHz
	$\Delta f2_{avg}/\Delta f1_{avg}$	—	1.0	—	—
带内杂散发射	± 4 MHz 偏移	—	–40	—	dBm
	± 5 MHz 偏移	—	–43	—	dBm
	> ± 5 MHz 偏移	—	–44	—	dBm

表 34: 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 125 Kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
载波频率偏移和漂移	$\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$ 最大值	—	0.6	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_n \rvert$ 最大值	—	0.7	—	kHz
	$\lvert f_n - f_{n-3} \rvert$	—	0.4	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_3 \rvert$	—	0.7	—	kHz
调制特性	$\Delta f1_{avg}$	—	250.0	—	kHz
	$\Delta f1_{max}$ 最小值 (至少 99.9% 的 $\Delta f1_{max}$)	—	241.0	—	kHz
带内杂散发射	± 2 MHz 偏移	—	–32	—	dBm
	± 3 MHz 偏移	—	–38	—	dBm
	> ± 3 MHz 偏移	—	–41	—	dBm

表 35: 低功耗蓝牙 - 发射器特性 - 500 Kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
载波频率偏移和漂移	$\lvert f_n \rvert_{n=0,\,1,\,2,\,..k}$ 最大值	—	0.5	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_n \rvert$ 最大值	—	0.6	—	kHz
	$\lvert f_n - f_{n-3} \rvert$	—	0.2	—	kHz
	$\lvert f_0 - f_3 \rvert$	—	0.8	—	kHz
调制特性	$\Delta f2_{avg}$	—	251.3	—	kHz
	$\Delta f2_{max}$ 最小值 (至少 99.9% 的 $\Delta f2_{max}$)	—	234.5	—	kHz
带内杂散发射	± 2 MHz 偏移	—	–32	—	dBm
	± 3 MHz 偏移	—	–38	—	dBm
	> ± 3 MHz 偏移	—	–41	—	dBm

6.2.2 低功耗蓝牙射频接收器 (RX) 特性

表 36: 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 1 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–98.0	—	dBm

见下页

表 36 – 接上页

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	8	—	dBm
共信道抑制比 C/I	F = F0 MHz	—	8	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	–1	—	dB
	F = F0 – 1 MHz	—	–3	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–26	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–28	—	dB
	F = F0 + 3 MHz	—	–34	—	dB
	F = F0 – 3 MHz	—	–33	—	dB
	F >= F0 + 4 MHz	—	–33	—	dB
	F <= F0 – 4 MHz	—	–31	—	dB
镜像频率	—	—	–33	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–32	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–34	—	dB
带外阻塞	30 MHz ~ 2000 MHz	—	–23	—	dBm
	2003 MHz ~ 2399 MHz	—	–30	—	dBm
	2484 MHz ~ 2997 MHz	—	–10	—	dBm
	3000 MHz ~ 12.75 GHz	—	–17	—	dBm
互调	—	—	–31	—	dBm

表 37: 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 2 Mbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–95.0	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	8	—	dBm
共信道干扰 C/I	F = F0 MHz	—	9	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 2 MHz	—	–11	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–7	—	dB
	F = F0 + 4 MHz	—	–35	—	dB
	F = F0 – 4 MHz	—	–30	—	dB
	F = F0 + 6 MHz	—	–35	—	dB
	F = F0 – 6 MHz	—	–29	—	dB
	F >= F0 + 8 MHz	—	–39	—	dB
	F <= F0 – 8 MHz	—	–33	—	dB
镜像频率	—	—	–35	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 2 MHz	—	–35	—	dB
	F = F_{image} – 2 MHz	—	–11	—	dB
带外阻塞	30 MHz ~ 2000 MHz	—	–30	—	dBm
	2003 MHz ~ 2399 MHz	—	–34	—	dBm
	2484 MHz ~ 2997 MHz	—	–19	—	dBm
	3000 MHz ~ 12.75 GHz	—	–28	—	dBm
互调	—	—	–33	—	dBm

表 38: 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 125 Kbps

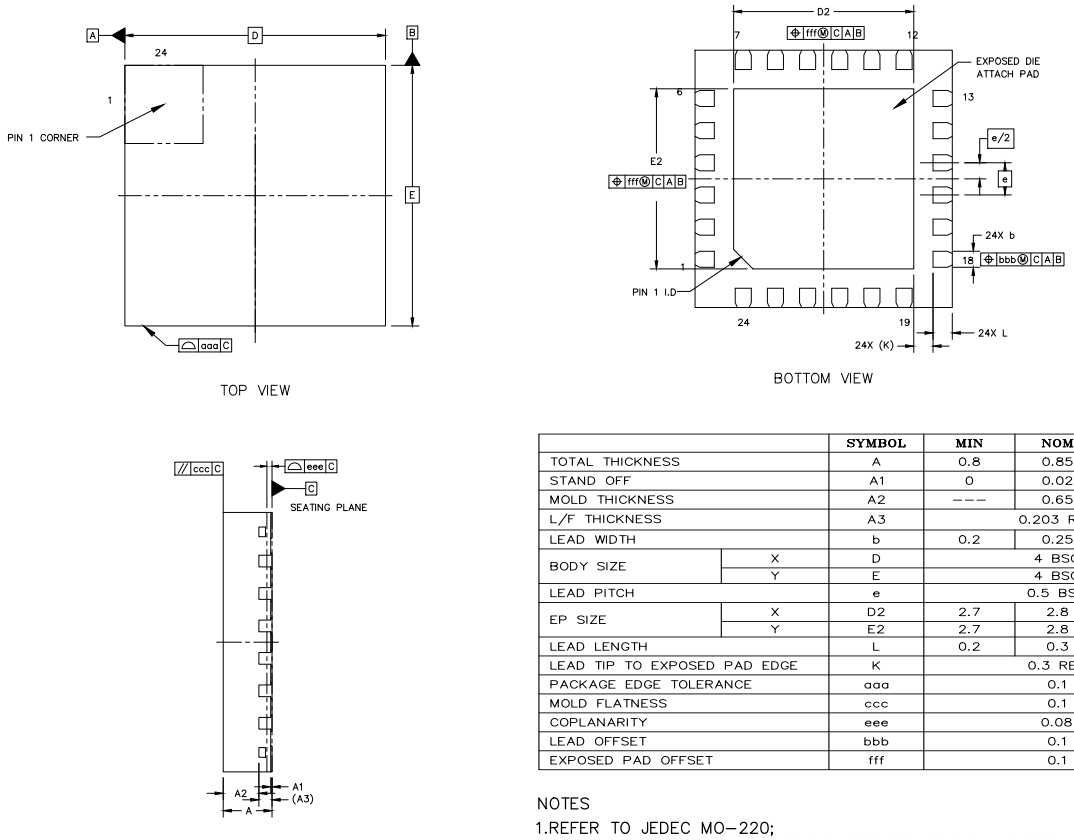
参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–106.0	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	8	—	dBm
共信道抑制比 C/I	F = F0 MHz	—	3	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	–7	—	dB
	F = F0 – 1 MHz	—	–5	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–35	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–34	—	dB
	F = F0 + 3 MHz	—	–38	—	dB
	F = F0 – 3 MHz	—	–37	—	dB
	F >= F0 + 4 MHz	—	–41	—	dB
	F <= F0 – 4 MHz	—	–45	—	dB
镜像频率	—	—	–41	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–43	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–38	—	dB

表 39: 低功耗蓝牙 - 接收器特性 - 500 Kbps

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
灵敏度 @30.8% PER	—	—	–102.0	—	dBm
最大接收信号 @30.8% PER	—	—	8	—	dBm
共信道抑制比 C/I	F = F0 MHz	—	4	—	dB
邻道选择性抑制比 C/I	F = F0 + 1 MHz	—	–6	—	dB
	F = F0 – 1 MHz	—	–5	—	dB
	F = F0 + 2 MHz	—	–29	—	dB
	F = F0 – 2 MHz	—	–32	—	dB
	F = F0 + 3 MHz	—	–31	—	dB
	F = F0 – 3 MHz	—	–36	—	dB
	F >= F0 + 4 MHz	—	–34	—	dB
	F <= F0 – 4 MHz	—	–33	—	dB
镜像频率	—	—	–34	—	dB
邻道镜像频率干扰	F = F_{image} + 1 MHz	—	–37	—	dB
	F = F_{image} – 1 MHz	—	–31	—	dB

7 封装

- 图中所有尺寸的单位是毫米 (mm)。
- 有关卷带、载盘和产品标签的信息，请参阅 《ESP8684 芯片包装信息》 。
- 俯视图中，芯片管脚从 Pin 1 位置开始按顺时针方向进行编号。关于管脚序号和名称的详细信息，请参考图 3 *ESP8684 管脚布局（俯视图）* 。



		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	0.2	0.25	0.3
BODY SIZE	X	D	4 BSC		
	Y	E	4 BSC		
LEAD PITCH		e	0.5 BSC		
EP SIZE	X	D2	2.7	2.8	2.9
	Y	E2	2.7	2.8	2.9
LEAD LENGTH		L	0.2	0.3	0.4
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	0.1		
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-RELATED SUBSTANCES;
4.FINISH: Cu/EP · Sn8~20s

图 8: QFN24 (4×4 mm) 封装

附录 A – ESP8684 管脚总览

管脚	管脚	管脚	供电	管脚配置		模拟功能		IO MUX 功能					
序号	名称	类型	管脚	复位时	复位后	F0	F1	F0	类型	F1	类型	F2	类型
1	ANT	模拟	-										
2	VDDA3P3	电源	-										
3	VDDA3P3	电源	-										
4	GPIO0	IO	VDD3P3_RTC			GPIO0	ADC1_CH0	GPIO0	I/O/T	**GPIO0**	I/O/T		
5	GPIO1	IO	VDD3P3_RTC			GPIO1	ADC1_CH1	GPIO1	I/O/T	**GPIO1**	I/O/T		
6	GPIO2	IO	VDD3P3_RTC	IE	IE		ADC1_CH2	GPIO2	I/O/T	**GPIO2**	I/O/T	FSPIQ	I1/O/T
7	CHIP_EN	IO	VDD3P3_RTC										
8	GPIO3	IO	VDD3P3_RTC	IE	IE		ADC1_CH3	GPIO3	I/O/T	**GPIO3**	I/O/T		
9	MTMS	IO	VDD3P3_RTC		IE		ADC1_CH4	**MTMS**	I1	GPIO4	I/O/T	FSPIHD	I1/O/T
10	MTDI	IO	VDD3P3_RTC		IE			**MTDI**	I1	GPIO5	I/O/T	FSPIWP	I1/O/T
11	VDD3P3_RTC	电源	-										
12	MTCK	IO	VDD3P3_CPU		IE			**MTCK**	I1	GPIO6	I/O/T	FSPICLK	I1/O/T
13	MTDO	IO	VDD3P3_CPU		IE			**MTDO**	O/T	GPIO7	I/O/T	FSPID	I1/O/T
14	GPIO8	IO	VDD3P3_CPU	IE	IE			GPIO8	I/O/T	**GPIO8**	I/O/T		
15	GPIO9	IO	VDD3P3_CPU	IE	IE, WPU			GPIO9	I/O/T	**GPIO9**	I/O/T		
16	GPIO10	IO	VDD3P3_CPU					GPIO10	I/O/T	**GPIO10**	I/O/T	FSPICS0	I1/O/T
17	VDD3P3_CPU	电源	-										
18	GPIO18	IO	VDD3P3_CPU					GPIO18	I/O/T	**GPIO18**	I/O/T		
19	U0RXD	IO	VDD3P3_CPU		IE, WPU			**U0RXD**	I1	GPIO19	I/O/T		
20	U0TXD	IO	VDD3P3_CPU		OE, WPU			**U0TXD**	O	GPIO20	I/O/T		
21	VDDA	IO	-										
22	XTAL_N	模拟	-										
23	XTAL_P	模拟	-										
24	VDDA	IO	-										
25	GND	电源	-										

* 更多信息，详见章节 2 管脚。高亮的单元格，请参考章节 2.3.3 *GPIO 和 RTC_GPIO 的限制*。

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

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 23

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 23, 27

SPI boot 模式

从 SPI flash 中加载和执行现有代码的启动模式 24

joint download boot 模式

通过 UART 或其他接口（见表 12 *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 24

相关文档和资源

相关文档

- 《ESP8684 技术参考手册》 – 提供 ESP8684 芯片的存储器和外设的详细使用说明。
- 《ESP8684 硬件设计指南》 – 提供基于 ESP8684 芯片的产品设计规范。
- 《ESP8684 系列芯片勘误表》 – 描述 ESP8684 系列芯片的已知错误。
- 证书
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/certificates
- ESP8684 产品/工艺变更通知 (PCN)
  https://espressif.com/zh-hans/support/documents/pcns?keys=ESP8684
- 文档更新和订阅通知
  https://espressif.com/zh-hans/support/download/documents

开发者社区

- 《ESP8684 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

- ESP8684 系列芯片 – ESP8684 全系列芯片。
  https://espressif.com/zh-hans/products/socs?id=ESP8684
- ESP8684 系列模组 – ESP8684 全系列模组。
  https://espressif.com/zh-hans/products/modules?id=ESP8684
- ESP8684 系列开发板 – ESP8684 全系列开发板。
  https://espressif.com/zh-hans/products/devkits?id=ESP8684
- 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
2025-02-18	v2.1	• 更新 CoreMark 分数 • 更新章节 时钟，添加 26 MHz 外部晶振时钟
2025-01-21	v2.0	• 更新表格 型号对比： – 订购代码 ESP8684H2 更新为 ESP8684H2X – 订购代码 ESP8684H4 更新为 ESP8684H4X
2024-12-03	v1.9	• 优化以下章节的措辞和结构： – 更新章节“管脚定义”并重命名为 管脚 – 更新章节“Strapping 管脚”并重命名为 启动配置项 – 更新章节 功能描述 – 更新表“Wi-Fi 射频标准”并重命名为“Wi-Fi 射频规格”
2024-07-01	v1.8	在封面页增加 ESP8684 与 ESP32-C2 关系的描述
2024-03-19	v1.7	在表 1 型号对比 中新增第一、二条表注
2024-02-07	v1.6	• 使用 Maison Neue 字体并修改列表的格式 • 添加 Bluetooth 5.3 认证
2024-01-05	v1.5	删除表格 1 中的 ESP8684H1
2023-10-31	v1.4	增加低功耗蓝牙功耗数据，详见表格 21 *Active 模式下的 RF 功耗*
2023-07-25	v1.3	• ESP8684H4 已量产，更新表格 1 • 为保证术语准确性，将”SiP Flash” 重命名为” 封装内 Flash” • 更新 4 功能描述 章节 • 更新 内部存储器
2022-12-13	v1.2	更新表格 30 *Wi-Fi 射频接收器 (RX) 特性*
2022-12-08	v1.1	删除特性“支持外部功率放大器”
2022-10-24	v1.0	• 更新 *ADC 特性* 章节 • 添加 可靠性 章节 • 更新 低功耗蓝牙射频 章节 • 添加推荐 PCB 封装图源文件链接
2022-07-12	v0.7	更新 外设 章节
2022-06-30	v0.6	更新 其他功耗模式下的功耗

接下页

接上页

日期	版本	发布说明
2022-05-05	v0.5	更新 *Wi-Fi* 射频 和 低功耗蓝牙射频
2022-01-28	v0.4	更新 电气特性 与 封装
2021-12-22	v0.2	更新应用场景
2021-11-30	v0.1	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 © 2025 乐鑫信息科技（上海）股份有限公司。保留所有权利。

www.espressif.com