

# ESP8686 系列芯片

## 技术规格书

搭载 RISC-V 32 位单核处理器的极低功耗 SoC

支持 2.4 GHz Wi-Fi (802.11 b/g/n) 和 Bluetooth® 5 (LE)

封装内叠封 4 MB flash

QFN24 (4x4 mm) 封装

包括:

ESP8686H4

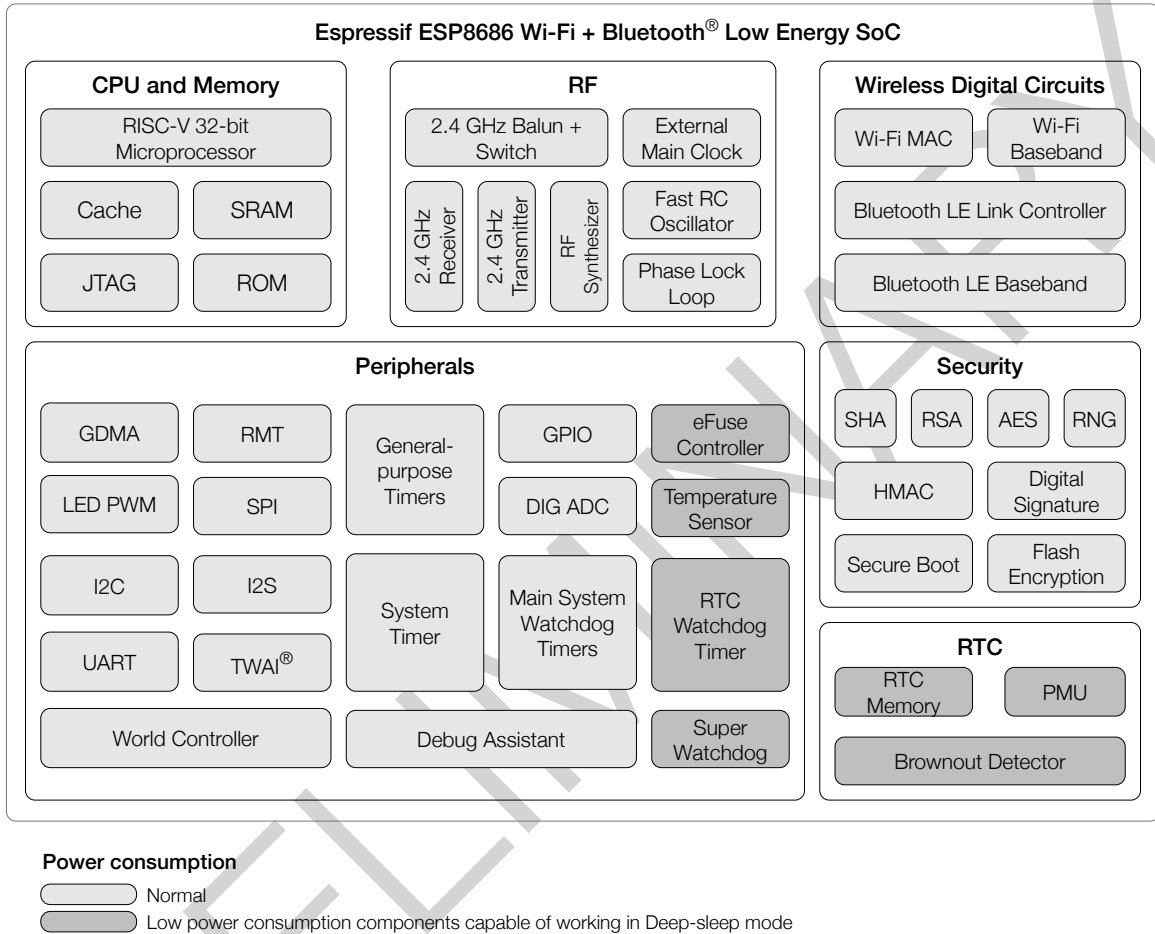


预发布 v0.1  
乐鑫信息科技  
版权 © 2023

# 产品概述

ESP8686 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。



ESP8686 功能框图

更多关于功耗的信息，请参考章节 [2.7 电源管理](#)。

# 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, 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 × 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 ESP8686 芯片在 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
- 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

- 32 位 RISC-V 单核处理器，主频高达 160 MHz
- CoreMark® 分数：
  - 单核 160 MHz: 407.22 CoreMark; 2.55 CoreMark/MHz
- 384 KB ROM
- 400 KB SRAM (其中 16 KB 专用于 cache)
- 8 KB RTC SRAM

- 4 MB 封装内 flash
- SPI、Dual SPI、Quad SPI、QPI 接口外接多个 flash
- 通过 cache 加速 flash 访问
- 支持 flash 在线编程 (ICP)

## 高级外设接口

- 14 个 GPIO 口
- 数字接口：
  - 3 × SPI (SPI0 和 SPI1 已用于连接封装内 flash, 相关管脚未引出, 仅 SPI2 可使用)
  - 2 × UART
  - 1 × I2C
  - 1 × I2S
  - 红外收发器, 2 个发送通道和 2 个接收通道
  - LED PWM 控制器, 多达 6 个通道
  - 通用 DMA 控制器 (简称 GDMA), 3 个接收通道和 3 个发送通道
  - 1 × TWAI<sup>®</sup> 控制器, 兼容 ISO11898-1 (CAN 规范 2.0)
- 模拟接口：
  - 2 × 12 位 SAR 模/数转换器, 多达 6 个通道
  - 1 × 温度传感器
- 定时器：
  - 2 × 54 位通用定时器
  - 3 × 数字看门狗定时器
  - 1 × 模拟看门狗定时器
  - 1 × 52 位系统定时器

## 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 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
- 4096 位 OTP, 用户可用的高达 1792 位
- 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
- 数字签名

## RF 模块

- 天线开关、射频巴伦 (balun)、功率放大器、低噪声放大器

## 应用

低功耗芯片 ESP8686 专为物联网 (IoT) 设备而设计，应用领域包括：

- 智能家居
- 工业自动化
- 医疗保健
- 消费电子产品
- 智慧农业
- POS 机
- 服务机器人
- 音频设备
- 通用低功耗 IoT 传感器集线器
- 通用低功耗 IoT 数据记录器
- 摄像头视频流传输
- USB 设备
- 语音识别
- 图像识别
- Wi-Fi + 蓝牙网卡
- 触摸和接近感应

# 目录

<b>产品概述</b>	2
产品特性	3
应用	5
<b>1 管脚</b>	10
1.1 管脚布局	10
1.2 管脚概述	11
1.3 IO 管脚	13
1.3.1 IO MUX 和 GPIO 功能	13
1.3.2 模拟功能	14
1.3.3 GPIO 的限制	15
1.4 模拟管脚	16
1.5 电源	17
1.5.1 电源管脚	17
1.5.2 电源管理	17
1.5.3 芯片上电和复位	18
1.6 Strapping 管脚	20
1.6.1 芯片启动模式控制	21
1.6.2 ROM 日志打印控制	21
<b>2 功能描述</b>	22
2.1 CPU 和存储	22
2.1.1 CPU	22
2.1.2 片上存储	22
2.1.3 存储器映射	22
2.1.4 Cache	23
2.2 系统时钟	24
2.2.1 CPU 时钟	24
2.2.2 RTC 时钟	24
2.3 模拟外设	24
2.3.1 模/数转换器 (ADC)	24
2.3.2 温度传感器	25
2.4 数字外设	25
2.4.1 通用输入/输出接口 (GPIO)	25
2.4.2 串行外设接口 (SPI)	25
2.4.3 通用异步收发器 (UART)	26
2.4.4 I2C 接口	26
2.4.5 I2S 接口	26
2.4.6 红外遥控器	27
2.4.7 LED PWM 控制器	27
2.4.8 通用 DMA 控制器	27
2.4.9 TWAI <sup>®</sup> 控制器	27

2.5	射频和 Wi-Fi	28
2.5.1	2.4 GHz 接收器	28
2.5.2	2.4 GHz 发射器	28
2.5.3	时钟生成器	28
2.5.4	Wi-Fi 射频和基带	28
2.5.5	Wi-Fi MAC	29
2.5.6	联网特性	29
2.6	低功耗蓝牙	29
2.6.1	低功耗蓝牙射频和物理层	29
2.6.2	低功耗蓝牙链路层控制器	30
2.7	电源管理	30
2.8	定时器	31
2.8.1	通用定时器	32
2.8.2	系统定时器	32
2.8.3	看门狗定时器	32
2.9	加密硬件加速器	33
2.10	物理安全特性	33
2.11	外设管脚分配	33
<b>3</b>	<b>电气特性</b>	<b>36</b>
3.1	绝对最大额定值	36
3.2	建议工作条件	36
3.3	直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	36
3.4	ADC 特性	37
<b>4</b>	<b>封装</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>相关文档和资源</b>	<b>39</b>
	<b>附录 A – ESP8686 管脚总览</b>	<b>40</b>
	<b>修订历史</b>	<b>41</b>

## 表格

1-1 管脚概述	11
1-2 芯片上电过程中的管脚毛刺	12
1-3 IO MUX 管脚功能	13
1-4 模拟功能	14
1-5 模拟管脚	16
1-6 电源管脚	17
1-7 电压稳压器	17
1-8 上电和复位时序参数说明	19
1-9 Strapping 管脚默认配置	20
1-10 Strapping 管脚的时序参数说明	20
1-11 芯片启动模式控制	21
1-12 ROM 日志打印控制	21
2-1 模块和电源域	31
2-2 外设和传感器管脚分配	33
3-1 绝对最大额定值	36
3-2 建议工作条件	36
3-3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)	36
3-4 ADC 特性	37
3-5 ADC 校准结果	37



## 插图

1-1	ESP8686 管脚布局 (俯视图)	10
1-2	ESP8686 电源管理	18
1-3	上电和复位时序参数图	18
1-4	Strapping 管脚的时序参数图	21
2-1	地址映射结构	23
2-2	模块和电源域	31
4-1	QFN24 (4×4 mm) 封装	38

# 1 管脚

## 1.1 管脚布局

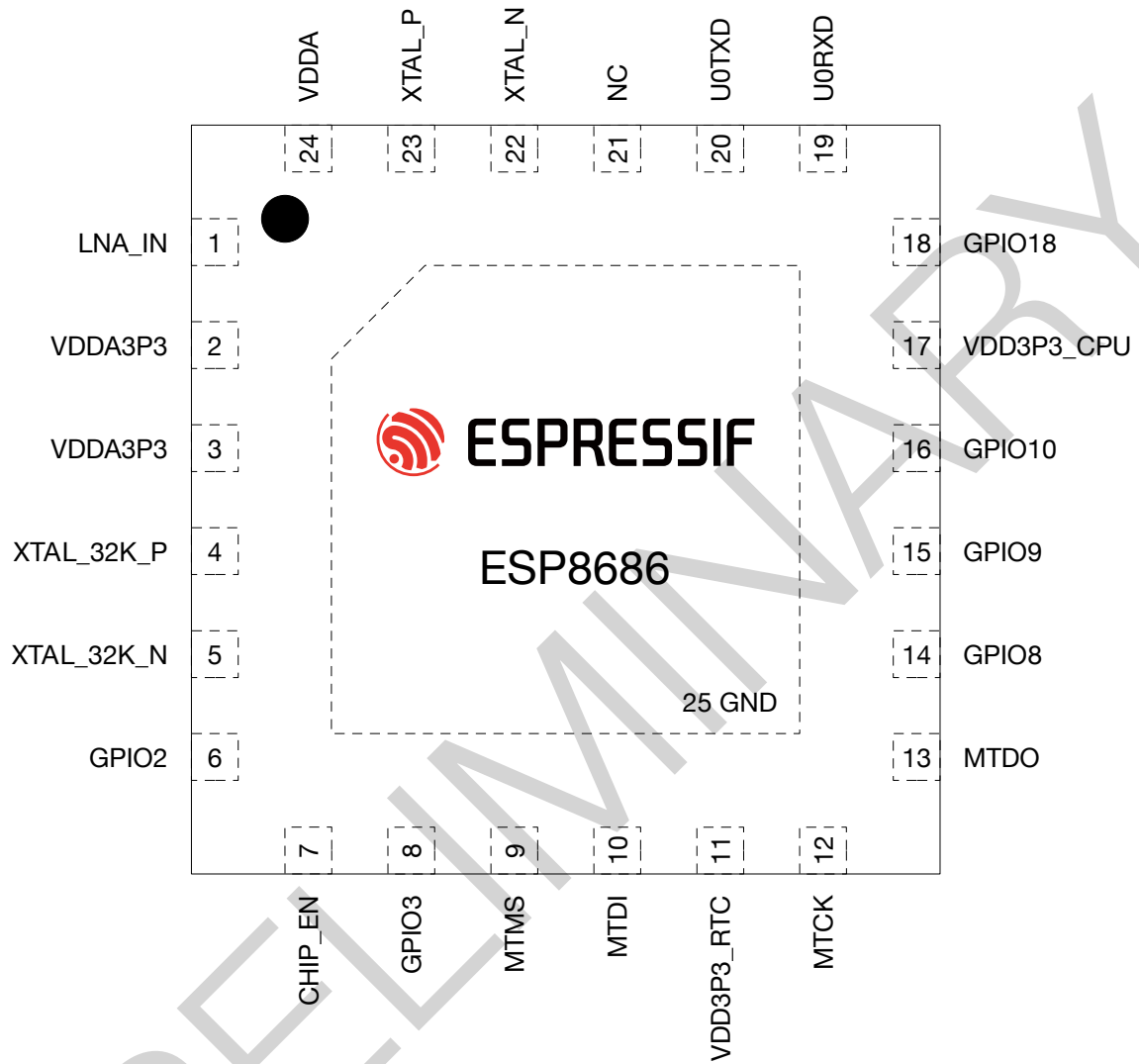


图 1-1. ESP8686 管脚布局 (俯视图)

## 1.2 管脚概述

ESP8686 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 [《ESP32-C3 技术参考手册》](#) > 章节 IO MUX 和 GPIO 交换矩阵）。

总体而言，ESP8686 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 和 GPIO 功能** – 见表 1-3 IO MUX 和 GPIO 功能
  - 部分管脚预设了 **模拟功能** – 见表 1-4 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。运行时，可通过映射寄存器配置连接管脚的外设（详见技术参考手册）。

- **模拟管脚**，专用于 **模拟功能** – 见表 1-5 模拟管脚
- **电源管脚**，为芯片外设和非电源管脚供电 – 见表 1-6 电源管脚

表 1-1 管脚概述 说明：

1. 更多信息，详见下文相应章节，或参考附录 A – ESP8686 管脚总览。
2. **加粗**功能为默认启动模式下管脚的默认功能，详见章节 1.6.1 芯片启动模式控制。
3. 除 GPIO18 的管脚默认驱动电流为 40 mA，其余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
  - WPU – 内部弱上拉电阻使能
  - WPD – 内部弱下拉电阻使能
5. EFUSE\_DIS\_PAD\_JTAG 的值为
  - 0 - 初始默认值，输入使能，内部弱上拉电阻使能 (IE & WPU)
  - 1 - 输入使能 (IE)
6. 输出使能

表 1-1. 管脚概述

管脚序号	管脚名称	管脚类型 <sup>1</sup>	供电管脚 <sup>3</sup>	管脚配置 <sup>4</sup>		管脚功能 <sup>1,2</sup>	
				复位时	复位后	IO MUX	模拟
1	LNA_IN	模拟					
2	VDD3P3	电源					
3	VDD3P3	电源					
4	XTAL_32K_P	IO	VDD3P3_RTC			<b>IO MUX</b>	Analog
5	XTAL_32K_N	IO	VDD3P3_RTC			<b>IO MUX</b>	Analog
6	GPIO2	IO	VDD3P3_RTC	IE	IE	<b>IO MUX</b>	Analog
7	CHIP_EN	模拟					
8	GPIO3	IO	VDD3P3_RTC	IE	IE	<b>IO MUX</b>	Analog
9	MTMS	IO	VDD3P3_RTC		IE	<b>IO MUX</b>	Analog

见下页

表 1-1 – 接上页

管脚 序号	管脚 名称	管脚 类型 <sup>1</sup>	供电 管脚 <sup>3</sup>	管脚配置 <sup>4</sup>		管脚功能 <sup>1,2</sup>	
				复位时	复位后	IO MUX	模拟
10	MTDI	IO	VDD3P3_RTC		IE	IO MUX	Analog
11	VDD3P3_RTC	电源					
12	MTCK	IO	VDD3P3_CPU		IE <sup>5</sup>	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, WPU	IE, WPU	IO MUX	
16	GPIO10	IO	VDD3P3_CPU		IE	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		WPU <sup>6</sup>	IO MUX	
21	NC	—					
22	XTAL_N	模拟					
23	XTAL_P	模拟					
24	VDDA	电源					
25	GND	电源					

部分管脚在芯片上电过程中有毛刺，具体见表 1-2。

表 1-2. 芯片上电过程中的管脚毛刺

管脚	毛刺类型 <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup> 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

3-3。

## 1.3 IO 管脚

### 1.3.1 IO MUX 和 GPIO 功能

ESP8686 的管脚可分配表 1-3 IO MUX 和 GPIO 功能 列出的任一 IO MUX 功能 (F0-F2)。

每组 IO MUX 功能都有通用输入/输出功能(如 GPIO0、GPIO1 等)。若分配给一个管脚 GPIO 功能, 则该管脚的信号通过 GPIO 交换矩阵传输。GPIO 交换矩阵包含内部信号传输线路, 用于映射信号, 可以赋予管脚任一 IO MUX 功能。这种映射虽然灵活, 但可能影响传输信号的速度和延迟。

表 1-3 IO MUX 和 GPIO 功能 说明:

1. **加粗**表示默认启动模式下的默认管脚功能, 详见章节 1.6.1 芯片启动模式控制。
2. **高亮**的单元格, 详见章节 1.3.3 GPIO 的限制。
3. 每个 IO MUX 功能 ( $F_n$ ,  $n = 0 \sim 2$ ) 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。
  - IO – 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。

4. 功能名称:

GPIO... 通用输入输出, 信号通过 GPIO 交换矩阵传输。更多关于 GPIO 交换矩阵的信息, 详见 [《ESP32-C3 技术参考手册》](#) > 章节 IO MUX 和 GPIO 交换矩阵。

U...RXD }  
U...TXD } UART0/1 接收/发送信号。

5. 功能组 (详见表格标识):

- a. 用于调试功能的 JTAG 接口。
- b. 用于调试功能的 UART 接口。
- c. 用于快速 SPI 传输的 SPI2 主接口。支持单线、双线、四线 SPI 模式。

表 1-3. IO MUX 管脚功能

管脚序号	IO MUX / GPIO 名称	IO MUX 功能					
		0	类型	1	类型	2	类型
4	GPIO0	GPIO0	I/O/T	<b>GPIO0</b>	I/O/T		
5	GPIO1	GPIO1	I/O/T	<b>GPIO1</b>	I/O/T		
6	<b>GPIO2</b>	GPIO2	I/O/T	<b>GPIO2</b>	I/O/T	<b>FSPIQ</b>	I1/O/T
8	GPIO3	GPIO3	I/O/T	<b>GPIO3</b>	I/O/T		
9	GPIO4	<b>MTMS</b>	I1	GPIO4	I/O/T	<b>FSPIHD</b>	I1/O/T
10	GPIO5	<b>MTDI</b>	I1	GPIO5	I/O/T	<b>FSPIWP</b>	I1/O/T
12	GPIO6	<b>MTCK</b>	I1	GPIO6	I/O/T	<b>FSPICLK</b>	I1/O/T
13	GPIO7	<b>MTDO</b>	O/T	GPIO7	I/O/T	<b>FSPID</b>	I1/O/T
14	<b>GPIO8</b>	GPIO8	I/O/T	<b>GPIO8</b>	I/O/T		
15	<b>GPIO9</b>	GPIO9	I/O/T	<b>GPIO9</b>	I/O/T		
16	GPIO10	GPIO10	I/O/T	<b>GPIO10</b>	I/O/T	<b>FSPICS0</b>	I1/O/T
18	GPIO18	GPIO18	I/O/T	GPIO18	I/O/T		
19	GPIO20	<b>U0RXD</b>	I1	<b>GPIO20</b>	I/O/T		
20	GPIO21	<b>U0TXD</b>	O	<b>GPIO21</b>	I/O/T		

### 1.3.2 模拟功能

表 1-4 模拟功能 说明:

1. **加粗**表示默认启动模式下的默认管脚功能，详见章节 1.6.1 芯片启动模式控制。
2. **高亮**的单元格，详见章节 1.3.3 GPIO 的限制。
3. 功能名称:

XTAL_32K_P	}	连接 ESP8686 有源晶振的外部 32 kHz 时钟输入/输出。
XTAL_32K_N	}	P/N 指差分时钟负极/正极端。
ADC1_CH...	}	ADC1 或 ADC2 的模拟数字转换通道。
ADC2_CH...	}	

表 1-4. 模拟功能

管脚 序号	模拟 IO 名称	模拟功能	
		0	1
4	GPIO0	XTAL_32K_P	ADC1_CH0
5	GPIO1	XTAL_32K_N	ADC1_CH1
6	<b>GPIO2</b>		ADC1_CH2
8	GPIO3		ADC1_CH3
9	GPIO4		ADC1_CH4
10	GPIO5		ADC2_CH0

### 1.3.3 GPIO 的限制

ESP8686 的所有 IO 管脚都有 GPIO 功能。不过，所有管脚都已多路复用，有其他重要功能。选择用于通用输入输出的管脚时应当考虑这一点。

表 1-3 IO MUX 和 GPIO 功能和表 1-4 模拟功能中，部分管脚功能有 **高亮** 标记。推荐优先使用没有高亮的 GPIO 管脚。如需更多管脚，请谨慎选择高亮的 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 1.6 Strapping 管脚。
  - **JTAG 接口** – 通常用于调试功能。详见表 1-3 IO MUX 和 GPIO 功能的说明 5a。
  - **UART 接口** – 通常用于调试功能。详见表 1-3 IO MUX 和 GPIO 功能的说明 5b。
  - **ADC2** – 无限制，除非 **Wi-Fi** 一直保持连接。ADC2\_CH... 模拟功能（见表 1-4 模拟功能）不能和 Wi-Fi 同时使用。

附录 A – ESP8686 管脚总览 也可参考。

## 1.4 模拟管脚

表 1-5. 模拟管脚

管脚序号	管脚名称	管脚类型	管脚功能
1	LNA_IN	I/O	低噪声放大器 (RF LNA) 输入/输出信号
7	CHIP_EN	I	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
22	XTAL_N	—	连接 ESP8686 有源晶振的外部时钟输入/输出。
23	XTAL_P	—	P/N 指差分时钟负极/正极端。



## 1.5 电源

### 1.5.1 电源管脚

表 1-6 电源管脚 列举了为芯片供电的电源管脚。

表 1-6. 电源管脚

管脚序号	管脚名称	方向	电源 <sup>1,2</sup>	
			电源域 / 其他	IO 管脚 <sup>3</sup>
2	VDD3P3	输入	模拟电源域	
3	VDD3P3	输入	模拟电源域	
11	VDD3P3_RTC	输入	RTC 及部分数字电源域	RTC IO
17	VDD3P3_CPU	输入	数字电源域	数字 IO
24	VDDA	输入	模拟电源域	
25	GND	—	外部接地	

<sup>1</sup> 请结合章节 1.5.2 电源管理 阅读。

<sup>2</sup> 电压、电流的推荐值和最大值，详见章节 3.1 绝对最大额定值 和章节 3.2 建议工作条件。

<sup>3</sup> 数字 IO 管脚即由 VDD3P3\_CPU 供电的管脚，RTC IO 管脚即由 VDD3P3\_RTC 供电的管脚，如图 1-2 ESP8686 电源管理 所示，也可参考表 1-1 管脚概述 > 供电管脚 一栏。

### 1.5.2 电源管理

电源管理如图 1-2 ESP8686 电源管理 所示。

芯片上的元器件通过电压稳压器供电。

表 1-7. 电压稳压器

电压稳压器	输出	电源
数字	1.1 V	数字电源域
低功耗	1.1 V	RTC 电源域

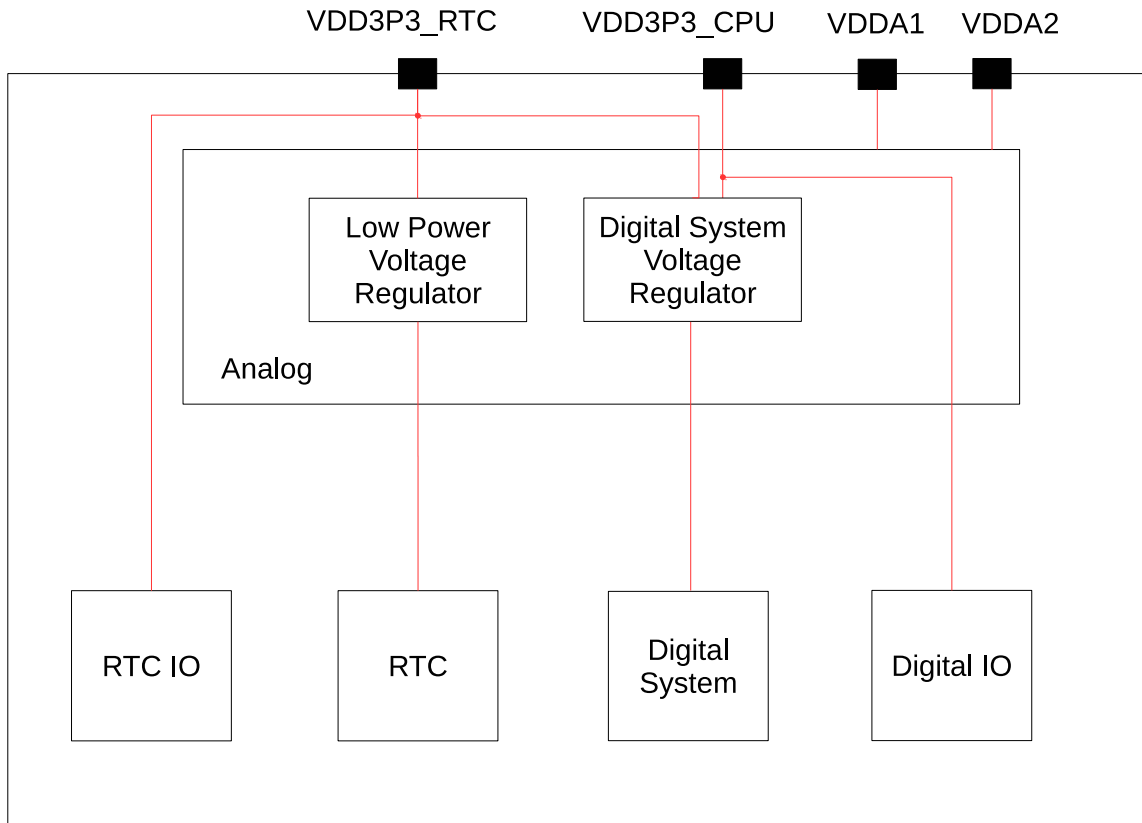


图 1-2. ESP8686 电源管理

### 1.5.3 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 1-3 和表 1-8。

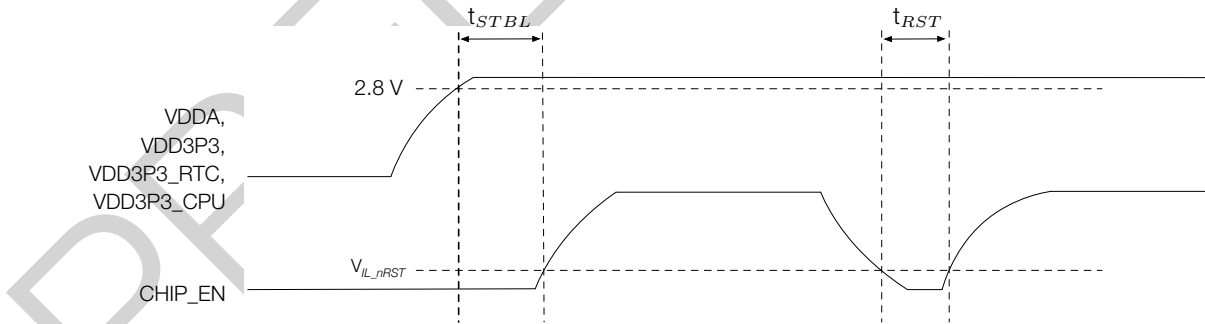


图 1-3. 上电和复位时序参数图

表 1-8. 上电和复位时序参数说明

参数	说明	最小值 ( $\mu\text{s}$ )
$t_{STBL}$	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 3-3) 从而复位芯片的时间	50

## 1.6 Strapping 管脚

芯片每次上电或复位时，都需要一些初始配置参数，如加载芯片的启动模式、flash 存储器的电压等。这些参数通过 strapping 管脚控制。复位放开后，strapping 管脚和普通 IO 管脚功能相同。

芯片复位时，strapping 管脚在复位时控制以下参数：

- 芯片启动模式 – GPIO2、GPIO8 和 GPIO9
- ROM 代码日志打印 – GPIO8

GPIO9 在芯片复位时连接芯片内部的弱上拉电阻。如果该管脚没有外部连接或者连接的外部线路处于高阻抗状态，其电阻将决定该管脚的默认值。

表 1-9. Strapping 管脚默认配置

Strapping 管脚	默认配置	值
GPIO2	浮空	-
GPIO8	浮空	-
GPIO9	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 ESP8686 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，并可在芯片复位后作为普通 IO 管脚使用。

Strapping 管脚的时序参数包括 建立时间和 保持时间。更多信息，详见表 1-10 和图 1-4。

表 1-10. 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

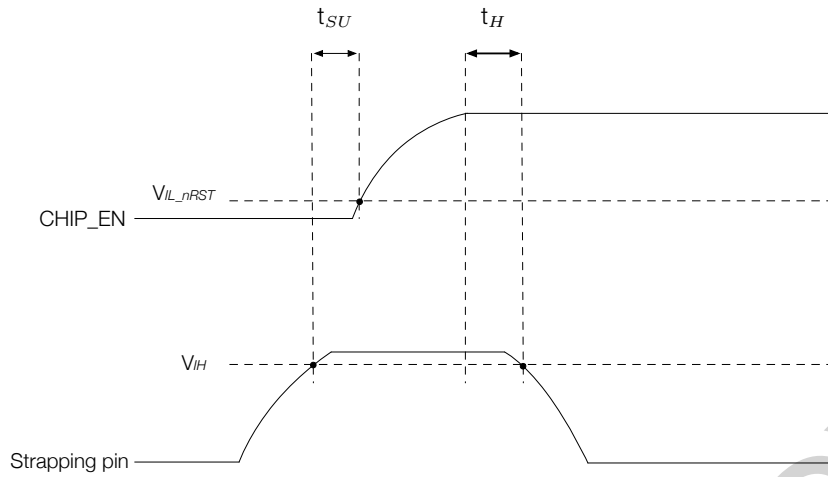


图 1-4. Strapping 管脚的时序参数图

### 1.6.1 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 1-11 芯片启动模式控制。

表 1-11. 芯片启动模式控制

启动模式	GPIO2	GPIO8	GPIO9
默认配置	- (浮空)	- (浮空)	1 (上拉)
<b>SPI Boot (默认)</b>	1	任意值	1
<b>Download Boot</b>	1	1	0
无效组合 <sup>1</sup>	任意值	0	0

<sup>1</sup> 该组合会触发意外行为，应当避免。

### 1.6.2 ROM 日志打印控制

系统启动过程中，ROM 代码日志可打印至：

- **UART**。EFUSE\_UART\_PRINT\_CONTROL 和 GPIO8 控制 ROM 日志打印，如表 1-12 ROM 日志打印控制所示。

表 1-12. ROM 日志打印控制

eFuse <sup>1</sup>	GPIO8	ROM 日志打印
0	忽略	始终使能
1	0	使能
	1	关闭
2	0	关闭
	1	使能
3	忽略	始终关闭

<sup>1</sup> eFuse: EFUSE\_UART\_PRINT\_CONTROL

## 2 功能描述

本章描述 ESP8686 芯片的各个功能模块。

### 2.1 CPU 和存储

#### 2.1.1 CPU

ESP8686 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《ESP8686 技术参考手册》中的 [ESP-RISC-V CPU](#) 章节。

#### 2.1.2 片上存储

ESP8686 芯片片上存储包括：

- **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
- **4 MB 封装内 flash**

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [系统和存储器](#) 章节。

#### 2.1.3 存储器映射

ESP8686 芯片的地址映射结构如图 2-1 所示。

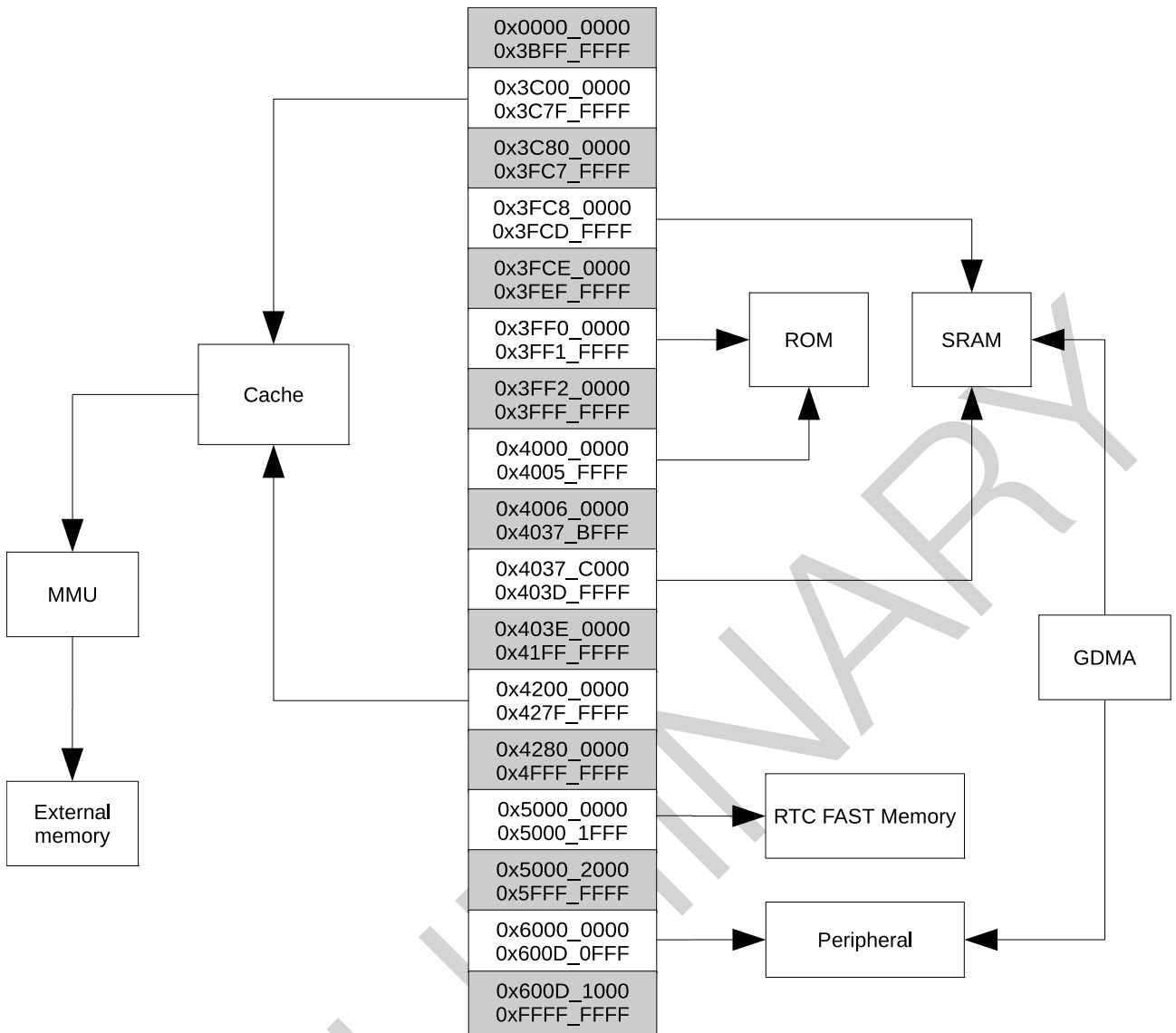


图 2-1. 地址映射结构

**说明:**

图中灰色背景标注的地址空间不可用。

**2.1.4 Cache**

ESP8686 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)

## 2.2 系统时钟

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的[复位和时钟](#)章节。

### 2.2.1 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：

ESP8686 必须有外部主晶振时钟才可运行。

### 2.2.2 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）

## 2.3 模拟外设

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的[片上传感器与模拟信号处理](#)章节。

### 2.3.1 模/数转换器 (ADC)

ESP8686 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。

有关 ADC 特性，请参考表 3.4。

ADC 可用 GPIO 管脚，详见表 2-2。



## 2.3.2 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-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。

## 2.4 数字外设

### 2.4.1 通用输入/输出接口 (GPIO)

ESP8686 芯片有 14 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、SPI 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。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [IO MUX 和 GPIO 交换矩阵 \(GPIO, IO\\_MUX\)](#) 章节。

### 2.4.2 串行外设接口 (SPI)

ESP8686 具有以下 SPI 接口：

- **SPI0**，供 ESP8686 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

SPI 可用 GPIO 管脚，详见表 2-2。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [SPI 控制器 \(SPI\)](#) 章节。

### 2.4.3 通用异步收发器 (UART)

ESP8686 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 UHCIO 接口与 GDMA 相连，均可被 GDMA 访问或者 CPU 直接访问。

UART 可用 GPIO 管脚，详见表 2-2。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [UART 控制器 \(UART\)](#) 章节。

### 2.4.4 I2C 接口

ESP8686 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

您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。

I2C 可用 GPIO 管脚，详见表 2-2。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [I2C 控制器 \(I2C\)](#) 章节。

### 2.4.5 I2S 接口

ESP8686 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。

I2S 可用 GPIO 管脚，详见表 2-2。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [I2S 控制器 \(I2S\)](#) 章节。

### 2.4.6 红外遥控器

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  $192 \times 32$  位的存储模块来存放收发的波形。

红外遥控器可用 GPIO 管脚，详见表 2-2。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [红外遥控 \(RMT\)](#) 章节。

### 2.4.7 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，占空比精确度可达 18 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

LED PWM 可用 GPIO 管脚，详见表 2-2。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [LED PWM 控制器 \(LEDC\)](#) 章节。

### 2.4.8 通用 DMA 控制器

ESP8686 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。

ESP8686 芯片中有六个外设具有 DMA 功能，这六个外设是 SPI2、UHCIO、I2S、AES、SHA 和 ADC。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [通用 DMA 控制器 \(GDMA\)](#) 章节。

### 2.4.9 TWAI<sup>®</sup> 控制器

ESP8686 芯片带有一个 TWAI<sup>®</sup> 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

TWAI 可用 GPIO 管脚，详见表 2-2。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [双线汽车接口 \(TWAI\)](#) 章节。

## 2.5 射频和 Wi-Fi

ESP8686 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

### 2.5.1 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，ESP8686 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。

### 2.5.2 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，ESP8686 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。

### 2.5.3 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。

### 2.5.4 Wi-Fi 射频和基带

ESP8686 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  $\mu$ 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

ESP8686 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。

### 2.5.5 Wi-Fi MAC

ESP8686 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。

ESP8686 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

### 2.5.6 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。

## 2.6 低功耗蓝牙

ESP8686 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。

### 2.6.1 低功耗蓝牙射频和物理层

ESP8686 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)

## 2.6.2 低功耗蓝牙链路层控制器

ESP8686 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
- 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

## 2.7 电源管理

ESP8686 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，ESP8686 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、主机、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。

图 2-2 模块和电源域 和表 2-1 列举了 电源域 和 电源子域 下属的芯片模块。

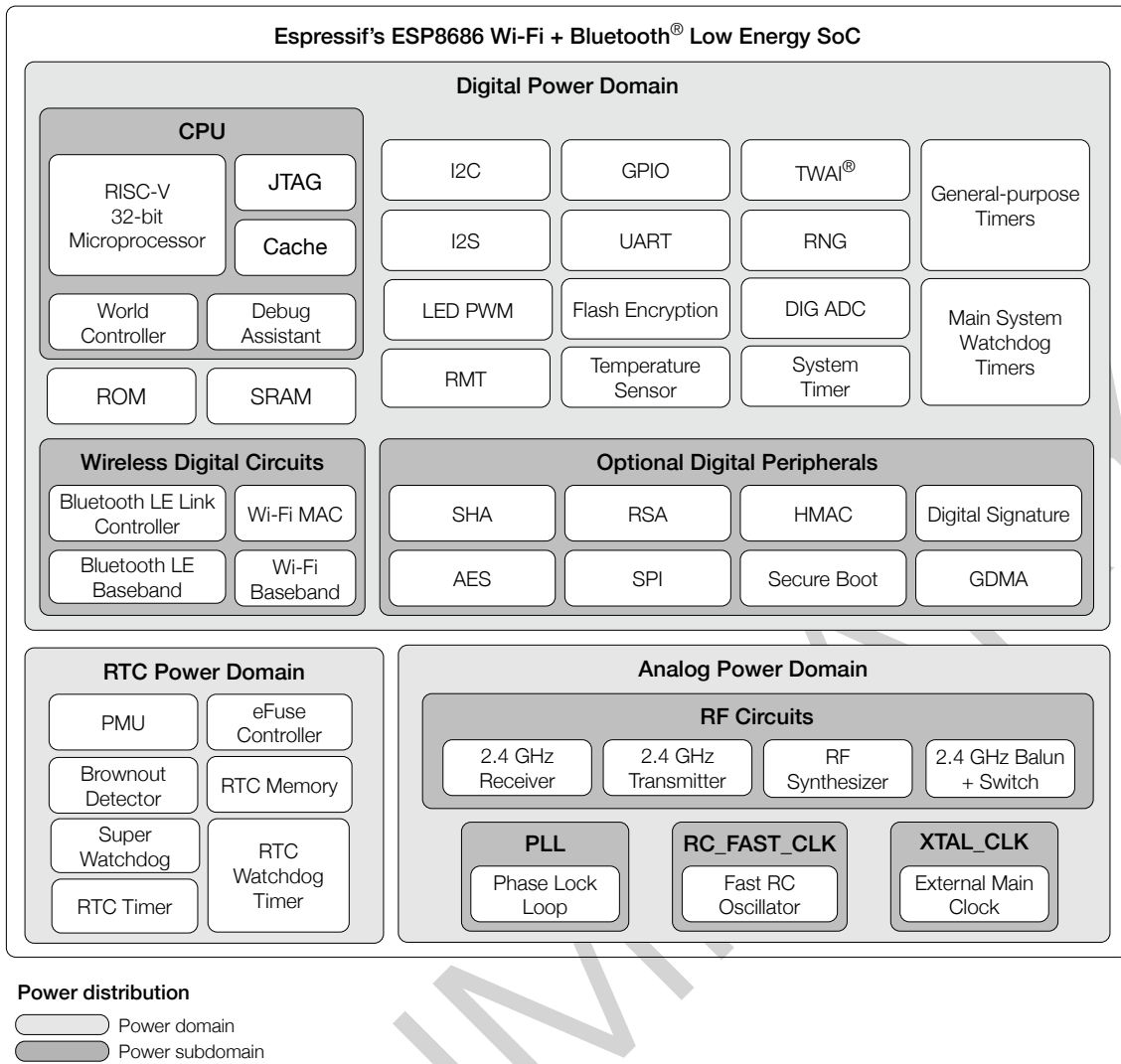


图 2-2. 模块和电源域

表 2-1. 模块和电源域

功耗模式	电源域	RTC	数字			模拟				
			CPU	可选数字外设	无线数字电路	RC_FAST_CLK	XTAL_CLK	PLL	RF 电路	
Active		ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Modem-sleep		ON	ON	ON	ON <sup>1</sup>	ON	ON	ON	ON	OFF <sup>2</sup>
Light-sleep		ON	ON	OFF <sup>1</sup>	ON <sup>1</sup>	ON	OFF	OFF	OFF	OFF <sup>2</sup>
Deep-sleep		ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF

<sup>1</sup> 可配置，详见 TRM。

<sup>2</sup> 若无线数字电路上电，RF 电路可在内部操作需要时间歇性开启，确保无线保持连接状态。

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [低功耗管理 \(RTC\\_CNTL\)](#) 章节。

## 2.8 定时器

### 2.8.1 通用定时器

ESP8686 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《ESP8686 技术参考手册》中的 [定时器组 \(TIMG\)](#) 章节。

### 2.8.2 系统定时器

ESP8686 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《ESP8686 技术参考手册》中的 [系统定时器 \(SYSTIMER\)](#) 章节。

### 2.8.3 看门狗定时器

更多信息请参考《ESP8686 技术参考手册》中的 [看门狗定时器 \(WDT\)](#) 章节。

#### 数字看门狗定时器

ESP8686 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

ESP8686 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

## 2.9 加密硬件加速器

ESP8686 芯片配备硬件加速器，支持一些通用加密算法，比如 AES-128/AES-256 (FIPS PUB 197)、ECB/CBC/OFB/CFB/CTR (NIST SP 800-38A)、SHA1/SHA224/SHA256 (FIPS PUB 180-4) 和 RSA3072 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 3072 位，大数乘法的因子最大长度可达 1536 位。

## 2.10 物理安全特性

- 封装外 flash 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，因此您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及普通区域，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。

## 2.11 外设管脚分配

表 2-2. 外设和传感器管脚分配

接口	信号	管脚	功能
ADC	ADC1_CH0	XTAL_32K_P	两个 12 位 SAR ADC
	ADC1_CH1	XTAL_32K_N	
	ADC1_CH2	GPIO2	
	ADC1_CH3	GPIO3	
	ADC1_CH4	MTMS	
	ADC2_CH0	MTDI	
JTAG	MTDI	MTDI	软件调试 JTAG
	MTCK	MTCK	
	MTMS	MTMS	

接口	信号	管脚	功能
	MTDO	MTDO	
UART	U0RXD_in U0CTS_in U0DSR_in U0TXD_out U0RTS_out U0DTR_out U1RXD_in U1CTS_in U1DSR_in U1TXD_out U1RTS_out U1DTR_out	任意 GPIO 管脚	两个 UART 通道，支持硬件流控制和 GDMA
I2C	I2CEXT0_SCL_in I2CEXT0_SDA_in I2CEXT1_SCL_in I2CEXT1_SDA_in I2CEXT0_SCL_out I2CEXT0_SDA_out I2CEXT1_SCL_out I2CEXT1_SDA_out	任意 GPIO 管脚	一个 I2C 通道，支持主机或从机模式
LED PWM	ledc_ls_sig_out0~5	任意 GPIO 管脚	六路独立 PWM 通道
I2S	I2SO_BCK_in I2S_MCLK_in I2SO_WS_in I2SI_SD_in I2SI_BCK_in I2SI_WS_in I2SO_BCK_out I2S_MCLK_out I2SO_WS_out I2SO_SD_out I2SI_BCK_out I2SI_WS_out I2SO_SD1_out	任意 GPIO 管脚	用于串行立体声数据的输入输出
红外遥控器	RMT_SIG_IN0~1 RMT_SIG_OUT0~1	任意 GPIO 管脚	两路 IR 收发器，支持不同波形标准
SPI2	FSPICLK_in/_out_mux FSPICS0_in/_out FSPICS1~5_out FSPID_in/_out FSPIQ_in/_out FSPIWP_in/_out FSPIHD_in/_out	任意 GPIO 管脚	支持以下功能： <ul style="list-style-type: none"> <li>• SPI、Dual SPI、Quad SPI 和 QPI 的主从机模式</li> <li>• 可以连接封装外 flash、RAM 和其他 SPI 设备</li> <li>• SPI 传输的四种时钟模式</li> <li>• 可配置的 SPI 频率</li> <li>• 64 字节缓存或 GDMA 数据缓存</li> </ul>
TWAI	twai_rx	任意 GPIO 管脚	兼容 ISO 11898-1 协议

接口	信号	管脚	功能
	twai_tx		
	twai_bus_off_on		
	twai_clkout		

PRELIMINARY

## 3 电气特性

### 说明:

本章节提供的电气特性数据**暂供参考**，在规格书终版发布时可能会更新。

### 3.1 绝对最大额定值

超出表 3-1 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 3.2 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 3-1. 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 <sup>1</sup>	允许输入电压	-0.3	3.6	V
$I_{output}$ <sup>2</sup>	IO 输出总电流	—	1000	mA
$T_{STORE}$	存储温度	-40	150	°C

<sup>1</sup> 更多关于输入电源管脚的信息，见章节 1.5.1 电源管脚。

<sup>2</sup> 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。

### 3.2 建议工作条件

表 3-2. 建议工作条件

参数 <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	建议输入电压	3.0	3.3	3.6	V
$I_{VDD}$	输入总电流	0.5	—	—	A
$T_A$	环境温度	-40	—	105	°C

<sup>1</sup> 请结合章节 1.5 电源 阅读。

<sup>2</sup> 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。

### 3.3 直流电气特性 (3.3 V, 25 °C)

表 3-3. 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	$0.75 \times VDD^1$	—	$VDD^1 + 0.3$	V
$V_{IL}$	低电平输入电压	-0.3	—	$0.25 \times VDD^1$	V
$I_{IH}$	高电平输入电流	—	—	50	nA
$I_{IL}$	低电平输入电流	—	—	50	nA

见下页

表 3-3 – 接上页

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{OH}^2$	高电平输出电压	$0.8 \times VDD^1$	—	—	V
$V_{OL}^2$	低电平输出电压	—	—	$0.1 \times VDD^1$	V
$I_{OH}$	高电平拉电流 ( $VDD^1=3.3\text{ V}$ , $V_{OH} \geq 2.64\text{ V}$ , PAD_DRIVER = 3)	—	40	—	mA
$I_{OL}$	低电平灌电流 ( $VDD^1=3.3\text{ V}$ , $V_{OL} = 0.495\text{ V}$ , PAD_DRIVER = 3)	—	28	—	mA
$R_{PU}$	内部弱上拉电阻	—	45	—	k $\Omega$
$R_{PD}$	内部弱下拉电阻	—	45	—	k $\Omega$
$V_{IH\_nRST}$	芯片复位释放电压 (CHIP_EN 应满足电压范围)	$0.75 \times VDD^1$	—	$VDD^1 + 0.3$	V
$V_{IL\_nRST}$	芯片复位电压 (CHIP_EN 应满足电压范围)	-0.3	—	$0.25 \times VDD^1$	V

<sup>1</sup> VDD – 各个电源域电源管脚的电压。

<sup>2</sup>  $V_{OH}$  和  $V_{OL}$  为负载是高阻条件下的测试值。

### 3.4 ADC 特性

表 3-4. ADC 特性

符号	参数	最小值	最大值	单位
DNL (差分非线性) <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> 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。

<sup>2</sup> 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 3-5 所示。如需更高的精度，可选用其他方法自行校准。

表 3-5. 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

## 4 封装

- 有关卷带、载盘和产品标签的信息，请参阅 [《乐鑫芯片包装信息》](#)。
- 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 1-1 ESP8686 管脚布局（俯视图）。

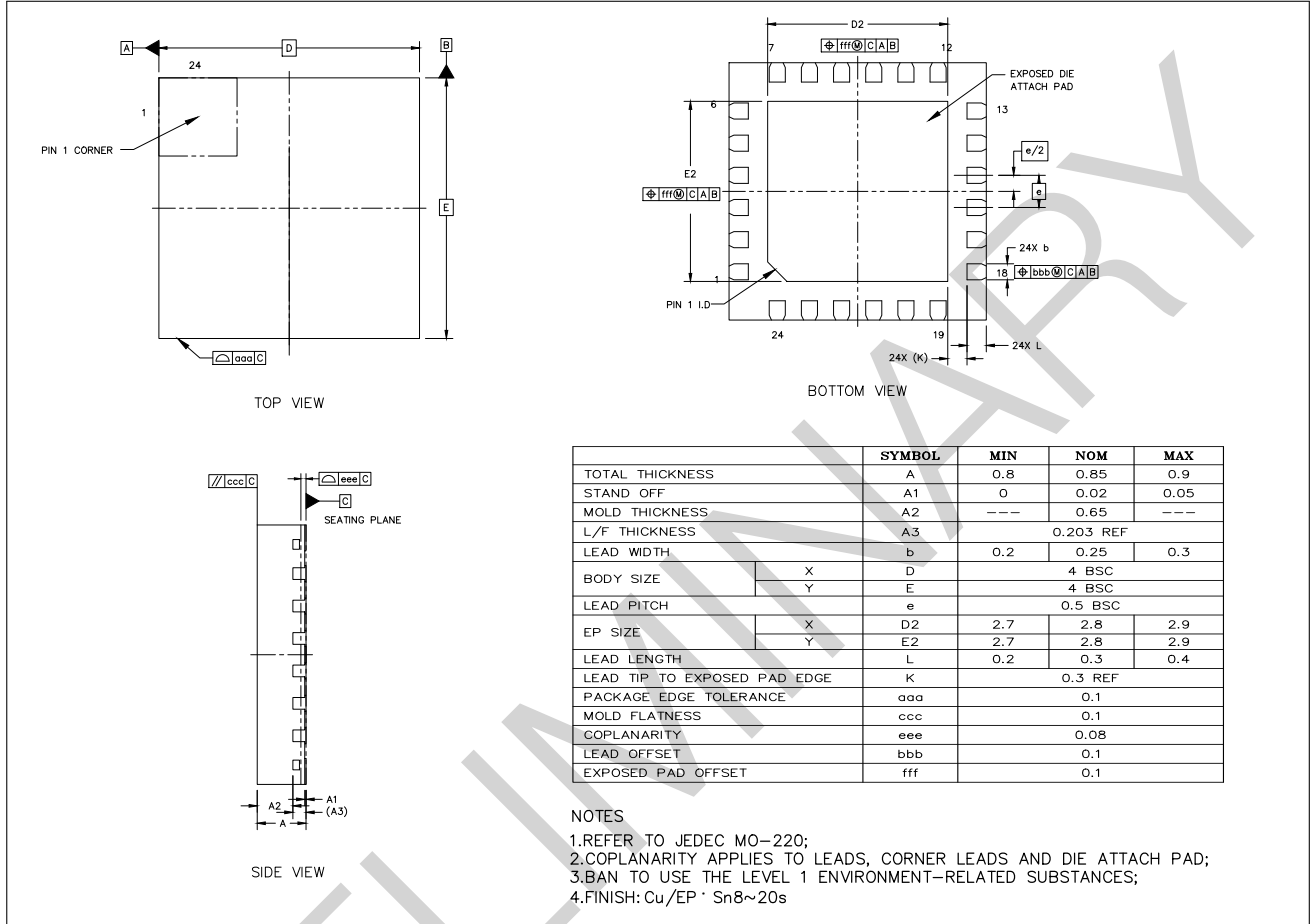


图 4-1. QFN24 (4x4 mm) 封装

## 5 相关文档和资源

### 相关文档

- 证书  
<https://espressif.com/zh-hans/support/documents/certificates>
- 文档更新和订阅通知  
<https://espressif.com/zh-hans/support/download/documents>

### 开发者社区

- 《ESP8686 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

- ESP8686 系列芯片 – ESP8686 全系列芯片。  
<https://espressif.com/zh-hans/products/socs?id=ESP8686>
- ESP8686 系列模组 – ESP8686 全系列模组。  
<https://espressif.com/zh-hans/products/modules?id=ESP8686>
- ESP8686 系列开发板 – ESP8686 全系列开发板。  
<https://espressif.com/zh-hans/products/devkits?id=ESP8686>
- 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>

## 附录 A – ESP8686 管脚总览

管脚序号	管脚名称	管脚类型	供电管脚	管脚配置		模拟功能		IO MUX 功能						
				复位时	复位后	0	1	0	类型	1	类型	2	类型	
1	LNA_IN	模拟												
2	VDD3P3	电源												
3	VDD3P3	电源												
4	XTAL_32K_P	IO	VDD3P3_RTC			XTAL_32K_P	ADC1_CH0	GPIO0	I/O/T	<b>GPIO0</b>	I/O/T			
5	XTAL_32K_N	IO	VDD3P3_RTC			XTAL_32K_N	ADC1_CH1	GPIO1	I/O/T	<b>GPIO1</b>	I/O/T			
6	GPIO2	IO	VDD3P3_RTC	IE	IE		ADC1_CH2	GPIO2	I/O/T	<b>GPIO2</b>	I/O/T	<b>FSPIQ</b>	I1/O/T	
7	CHIP_EN	模拟												
8	GPIO3	IO	VDD3P3_RTC	IE	IE		ADC1_CH3	GPIO3	I/O/T	<b>GPIO3</b>	I/O/T			
9	MTMS	IO	VDD3P3_RTC		IE		ADC1_CH4	<b>MTMS</b>	I1	GPIO4	I/O/T	<b>FSPIHD</b>	I1/O/T	
10	MTDI	IO	VDD3P3_RTC		IE		ADC2_CH0	<b>MTDI</b>	I1	GPIO5	I/O/T	<b>FSPIWP</b>	I1/O/T	
11	VDD3P3_RTC	电源												
12	MTCK	IO	VDD3P3_CPU		IE			<b>MTCK</b>	I1	GPIO6	I/O/T	<b>FSPICLK</b>	I1/O/T	
13	MTDO	IO	VDD3P3_CPU		IE			<b>MTDO</b>	O/T	GPIO7	I/O/T	<b>FSPID</b>	I1/O/T	
14	GPIO8	IO	VDD3P3_CPU	IE	IE			GPIO8	I/O/T	<b>GPIO8</b>	I/O/T			
15	GPIO9	IO	VDD3P3_CPU	IE, WPU	IE, WPU			GPIO9	I/O/T	<b>GPIO9</b>	I/O/T			
16	GPIO10	IO	VDD3P3_CPU		IE			GPIO10	I/O/T	<b>GPIO10</b>	I/O/T	<b>FSPICS0</b>	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			<b>U0RXD</b>	I1	<b>GPIO20</b>	I/O/T			
20	U0TXD	IO	VDD3P3_CPU		WPU			<b>U0TXD</b>	O	<b>GPIO21</b>	I/O/T			
21	NC	—												
22	XTAL_N	模拟												
23	XTAL_P	模拟												
24	VDDA	电源												
25	GND	电源												

\* 更多信息，详见章节 1 管脚。高亮的单元格，请参考章节 1.3.3 GPIO 的限制。



## 修订历史

日期	版本	发布说明
2023-06	v0.1	初稿

PRELIMINARY



[www.espressif.com](http://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 © 2023 乐鑫信息科技（上海）股份有限公司。保留所有权利。