

32 位 MCU
ES32F0271

数据手册

- ☐ 产品简介
- ☒ 数据手册
- ☐ 参考手册

上海东软载波微电子有限公司

2020-07-16

基于 ARM Cortex-M0 的 ES32F0271 系列 MCU

功能

内核

- ARM® 32-bit Cortex®-M0
 - 最高频率可达48MHz
 - 0.9 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1)
性能在0等待状态内存访问

存储

- 最大64K Byte FLASH存储器
- 最大8K Byte SRAM数据存储
- 16个字节备份寄存器

电源、复位

- 芯片工作电压范围:
 $2.2V \leq VDD5 \leq 5.5V$
- POR/PDR, PVD(支持16个阈值选择)

时钟

- 外部高速晶体振荡器: 4~32MHz
- 内部高速RC振荡器: 4 MHz
- 外部低速晶体振荡器: 32.768kHz
- 内部低速RC振荡器: 50kHz

低功耗模式

- 支持以下低功耗模式
 - Sleep
(最低230uA, @VDD5=2.2V)
 - Stop
(最低220uA, @VDD5=2.2V)
 - Standby0
(最低500nA, @VDD5=2.2V)
 - Standby1
(最低360nA, @VDD5=2.2V)
 - Shutdown
(最低20nA, @VDD5=2.2V)

系统外设

- 调试: SWD串口调试协议
- DMA: 支持6个多路复用通道
- 看门狗定时器: IWDG和WWDG
- 系统节拍定时器

接口资源

- 高达55 fast I/Os (5V tolerant)
- 外部中断及事件控制

安全及运算加速单元

- CRC
- AES128加密

模拟

- 1路12位ADC: 2.4MSPS, 支持16个外部模拟通道
- 2路模拟比较器
- 温度传感器
- 1路12位DAC

定时器

- 8路通用定时器: 其中4路定时器支持4个输入捕捉和输出比较通道; 另外4路定时器支持2个输入捕捉和输出比较通道, 支持1个死区可编程PWM互补输出信道, 支持刹车功能
- 1路高级控制定时器: 支持4个输入捕捉和输出比较通道
- 1路基本定时器
- RTC: 支持日历, 闹钟等功能

通信接口

- 2路I2C接口: 支持多主模式和总线仲裁
- 2路SPI/I2S接口
- 3路UART: 带16级深度FIFO, 可支持自动波特率检测, 红外调制功能, ISO7816, LIN, IrDA等
- 2路SUART: 带16级深度FIFO, 可支持自动波特率检测
- 1路USB: USB 2.0全速接口

| 产品系列代码 | 产品代码 |
|-----------|-------------|
| ES32F0271 | ES32F0271LT |
| | ES32F0271LQ |
| | ES32F0271LK |
| | ES32F0271NK |

目录

| | |
|--|----|
| 基于 ARM Cortex-M0 的 ES32F0271 系列 MCU | 2 |
| 目录 | 3 |
| 第 1 章 简介 | 9 |
| 第 2 章 概述 | 10 |
| 2.1 器件资源 | 11 |
| 2.2 器件资源概述 | 14 |
| 2.2.1 ES32F0271 系列 MCU 内核 | 14 |
| 2.2.1.1 ARMCortex-M0 内核 | 14 |
| 2.2.1.2 嵌套向量中断控制器 (NVIC) | 14 |
| 2.2.1.3 系统节拍定时器 | 14 |
| 2.2.2 存储器 | 14 |
| 2.2.2.1 闪存 (FLASH) | 14 |
| 2.2.2.2 静态随机存取存储器 (SRAM) | 14 |
| 2.2.2.3 存储器保护 | 14 |
| 2.2.2.4 存储器保护区内容更新 | 14 |
| 2.2.2.5 启动方式 | 14 |
| 2.2.3 系统管理 | 15 |
| 2.2.3.1 电源 | 15 |
| 2.2.3.2 电源监视 | 15 |
| 2.2.3.3 稳压器 | 15 |
| 2.2.3.4 低功耗模式 | 15 |
| 2.2.3.5 时钟管理 | 16 |
| 2.2.3.6 直接存储访问(DMA) | 16 |
| 2.2.3.7 看门狗定时器 (WDT) | 16 |
| 2.2.4 外部接口 | 17 |
| 2.2.4.1 通用 IO (GPIO) | 17 |
| 2.2.5 安全管理及运算加速 | 17 |
| 2.2.5.1 循环冗余校验(CRC) | 17 |
| 2.2.5.2 高级加密标准(AES) | 17 |
| 2.2.6 定时器 | 18 |
| 2.2.6.1 高级控制定时器(AD16C4T) | 19 |
| 2.2.6.2 通用定时器 16 位 4 通道(GP16C4T) | 19 |
| 2.2.6.3 通用定时器 32 位 4 通道(GP32C4T) | 20 |
| 2.2.6.4 通用定时器 16 位 2 通道(GP16C2T) | 20 |
| 2.2.6.5 基本定时器(BS16T) | 21 |
| 2.2.6.6 实时时钟(RTC)及备份域 | 21 |
| 2.2.7 通信 | 22 |
| 2.2.7.1 内部集成电路(I2C) | 22 |
| 2.2.7.2 串行外设接口/I2S 音频(SPI/I2S) | 22 |
| 2.2.7.3 通用串行总线 (USB) | 22 |
| 2.2.7.4 通用异步收发器和简易通用异步收发器 (UART and SUART) | 23 |
| 2.2.8 模拟 | 24 |

| | | | |
|--------------|----------|-----------------------|-----------|
| | 2.2.8.1 | 模数转换(ADC)..... | 24 |
| | 2.2.8.2 | 模拟比较器(CMP) | 24 |
| | 2.2.8.3 | 数模转换器 (DAC)..... | 24 |
| 第 3 章 | | 管脚说明 | 25 |
| 3.1 | | 管脚图..... | 25 |
| | 3.1.1 | LQFP64 | 25 |
| | 3.1.2 | LQFP48 | 26 |
| | 3.1.3 | LQFP32 | 27 |
| | 3.1.4 | QFN32 | 28 |
| | 3.2 | 管脚功能定义 | 29 |
| 第 4 章 | | 存储器映射图 | 32 |
| 第 5 章 | | 电气特性 | 33 |
| 5.1 | | 最小值和最大值、典型值 | 33 |
| 5.2 | | 芯片电源 | 33 |
| 5.3 | | 电流测量 | 34 |
| 5.4 | | 芯片极限参数 | 35 |
| | 5.4.1 | 电压参数 | 35 |
| | 5.4.2 | 电流参数 | 35 |
| | 5.4.3 | 热参数 | 35 |
| 5.5 | | 运行条件 | 35 |
| | 5.5.1 | 运行条件 | 35 |
| | 5.5.2 | 上电和掉电参数条件 | 36 |
| | 5.5.3 | 复位和电源管理模块电气参数 | 36 |
| | 5.5.4 | 电流特性 | 38 |
| | 5.5.4.1 | 正常模式特性 | 38 |
| | 5.5.4.2 | 低功耗模式特性 | 46 |
| | 5.5.4.3 | 模块在典型应用场合下的电流特性 | 47 |
| | 5.5.5 | 外部时钟源电气参数 | 48 |
| | 5.5.6 | 内部时钟源电气参数 | 51 |
| | 5.5.7 | 锁相环电气参数 | 52 |
| | 5.5.7.1 | PLL0 电气参数 | 52 |
| | 5.5.7.2 | PLL1 电气参数 | 52 |
| | 5.5.8 | 存储电气参数 | 53 |
| | 5.5.9 | 电磁兼容性 | 53 |
| | 5.5.10 | 电气最大额定值 | 53 |
| | 5.5.10.1 | 静电释放 | 53 |
| | 5.5.10.2 | 静态门锁 | 54 |
| | 5.5.11 | IO 端口电气特性 | 54 |
| | 5.5.11.1 | 芯片 IO 端口特性图 | 55 |
| | 5.5.12 | NRST 电气特性 | 60 |
| | 5.5.13 | 定时器特性参数 | 60 |
| | 5.5.14 | 通信特性参数 | 61 |
| | 5.5.14.1 | I2C 特性参数 | 61 |
| | 5.5.14.2 | SPI 特性参数 | 62 |

| | | |
|-------------------|--------------------|-----------|
| 5.5.15 | 低功耗模式转换特性参数 | 63 |
| 5.5.16 | ADC 特性参数 | 64 |
| 5.5.17 | CMP 特性参数 | 65 |
| 5.5.18 | 温度传感器特性参数 | 65 |
| 5.5.19 | USB 电气特性 | 65 |
| 第 6 章 | 封装信息 | 66 |
| 6.1 | LQFP64 封装尺寸图 | 66 |
| 6.2 | LQFP48 封装尺寸图 | 67 |
| 6.3 | LQFP32 封装尺寸图 | 68 |
| 6.4 | QFN32 封装尺寸图 | 69 |
| 第 7 章 | 产品信息 | 70 |
| 修订历史 | | 71 |

图目录

| | |
|------------------------------------|----|
| 图 2-1 ES32F0271 系列结构图..... | 12 |
| 图 2-2 时钟树 | 13 |
| 图 3-1 ES32F0271 LQFP64 封装图 | 25 |
| 图 3-2 ES32F0271 LQFP48 封装图..... | 26 |
| 图 3-3 ES32F0271 LQFP32 封装图..... | 27 |
| 图 3-4 ES32F0271 QFN32 封装图 | 28 |
| 图 4-1 存储器映射 | 32 |
| 图 5-1 芯片电源..... | 33 |
| 图 5-2 电流测量..... | 34 |
| 图 5-3 外部高速振荡器连接图..... | 49 |
| 图 5-4 外部低速振荡器连接图..... | 50 |
| 图 5-5 NRST 应用电路..... | 60 |
| 图 5-6 SPI 时序图-从机模式和 CPHA = 0 | 62 |
| 图 5-7 SPI 时序图-从机模式和 CPHA = 1 | 63 |

表目录

| | | |
|--------|---|----|
| 表 2-1 | 器件资源列表 | 11 |
| 表 2-2 | 定时器功能 | 18 |
| 表 2-3 | UART/SUART 具体功能配置 | 23 |
| 表 3-1 | 管脚功能定义 | 31 |
| 表 5-1 | 极限电压参数 | 35 |
| 表 5-2 | 极限电流参数 | 35 |
| 表 5-3 | 极限热参数 | 35 |
| 表 5-4 | 芯片通常运行条件 | 35 |
| 表 5-5 | 芯片在上电和掉电时的参数条件 | 36 |
| 表 5-6 | 复位和电源管理模块电气参数 | 37 |
| 表 5-7 | 程序在 FLASH 上运行时的电流特性 | 38 |
| 表 5-8 | 程序在 SRAM 上运行时的电流特性 | 39 |
| 表 5-9 | SLEEP 模式电流特性, 程序在 FLASH 或 SRAM | 40 |
| 表 5-10 | STOP(DEEPSLEEP)模式电流特性, 程序在 FLASH 或 SRAM | 41 |
| 表 5-11 | 程序在 FLASH 上运行时的电流特性 | 42 |
| 表 5-12 | 程序在 SRAM 上运行时的电流特性 | 43 |
| 表 5-13 | SLEEP 模式电流特性, 程序在 FLASH 或 SRAM | 44 |
| 表 5-14 | STOP(DEEPSLEEP)模式电流特性, 程序在 FLASH 或 SRAM | 45 |
| 表 5-15 | SLEEP 模式下电流特性 | 46 |
| 表 5-16 | STOP 模式下电流特性 | 46 |
| 表 5-17 | STANDBY0 模式下电流特性 | 46 |
| 表 5-18 | STANDBY1 模式下电流特性 | 47 |
| 表 5-19 | Shutdown 模式下电流特性 | 47 |
| 表 5-20 | 模块在典型应用场合下的电流特性 | 47 |
| 表 5-21 | 外部输入高速时钟特性参数 | 48 |
| 表 5-22 | 外部输入低速时钟特性参数 | 48 |
| 表 5-23 | 外部输入低速时钟特性参数 | 49 |
| 表 5-24 | 外部低速振荡器时钟特性 | 50 |
| 表 5-25 | 内部高速 RC 振荡器特性 | 51 |
| 表 5-26 | 内部低速 RC 振荡器特性 | 51 |
| 表 5-27 | PLL0 电气参数 | 52 |
| 表 5-28 | PLL1 电气参数 | 52 |
| 表 5-29 | 存储器特性 | 53 |
| 表 5-30 | EFT 参数 | 53 |
| 表 5-31 | ESD 最大额定值 | 53 |
| 表 5-32 | LU 最大额定值 | 54 |
| 表 5-33 | IO 端口电气特性 | 54 |
| 表 5-34 | IO 端口的 AC 特性 | 59 |
| 表 5-35 | NRST 电气特性 | 60 |
| 表 5-36 | 定时器特性参数 | 60 |
| 表 5-37 | I2C 特性参数 | 61 |
| 表 5-38 | SPI 特性参数 | 62 |

| | | |
|--------|-----------------|----|
| 表 5-39 | 低功耗模式唤醒特性 | 63 |
| 表 5-40 | ADC 特性 | 64 |
| 表 5-41 | CMP 特性参数 | 65 |
| 表 5-42 | 温度传感器特性 | 65 |
| 表 5-43 | USB 电气特性 | 65 |

第1章 简介

该数据手册为 ES32F0271 系列微控制器提供订单信息以及器件物理特性。阅读数据手册时请配合用户手册（ES32F0271 用户手册）一起使用。

关于 Cortex-M0 可参考《Cortex-M0 技术参考手册》，可从 ARM 官网（<http://infocenter.arm.com>）获得。

第2章 概述

ES32F0271 微控制器是一系列低功耗微控制器，集成了高性能 ARM Cortex™-M0 32 位 RISC 内核。它的最高工作频率为 48 MHz，具有高达 64 KB 的闪存和高达 8 KB 的 SRAM。一整套节能模式使其可用于低功耗应用。提供广泛的增强型外设和 I/O，允许该器件在不同的应用中采用。一整套节能模式使其可用于低功耗应用。Flash 程序存储器可以通过 SWD 接口在系统内重新编程。

ES32F0271 USB MCU 子系列使您可以轻松实现行业标准 USB 连接。板载 USB 2.0 全速功能主机/设备控制器，带有集成收发器，USB 无需外部晶振或振荡器。去除外部时钟可降低开发 USB 设备应用的整体系统成本，从而可以轻松地将 USB 功能添加到嵌入式系统中。为了支持无晶体 USB 器件工作，芯片出厂校准的内部 4 MHz 高速时钟源能够为 USB 模块生成 48MHz 时钟，并且该微控制器包含 USB 时钟恢复电路。

ES32F0271 微控制器外设集还包括外部总线接口，3 路 UART，2 路 SUART，2 路 I2C，2 路 SPI/I2S，7 路通用 16 位定时器，1 路通用 32 位定时器，1 路高级 16 位定时器，1 路 RTC，1 路 ADC，1 路 12 位 DAC 和 2 路模拟比较器。

2.1 器件资源

| | | ES32F0271LT | ES32F0271LQ | ES32F0271LK | ES32F0271NK |
|------------------|--------------|--------------------|--------------------|-------------|-------------|
| Flash 存储(KBytes) | | 64 | 64 | 64 | 64 |
| SRAM(KBytes) | | 8 | 8 | 8 | 8 |
| GPIO | | 55 | 39 | 27 | 28 |
| 12-bit ADC | | 1 (16 channels) | 1 (10 channels) | | |
| 12-bit DAC | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 模拟比较器(CMP) | | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 温度传感器(TEMP) | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| AES128 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| CRC | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 定时器 | 通用 GP32C4T | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 通用 GP16C4T | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 通用 GP16C2T | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | 基本 BS16T | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 高级控制 AD16C4T | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 通信 | I2C | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | SPI/I2S | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | USB | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | UART | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | SUART | 2 | 1 | 0 | 0 |
| CPU 运行频率 | | 48MHz | | | |
| 工作电压范围 | | 2.2V~5.5V | | | |
| 封装 | | LQFP64 | LQFP48 | LQFP32 | QFN32 |

表 2-1 器件资源列表

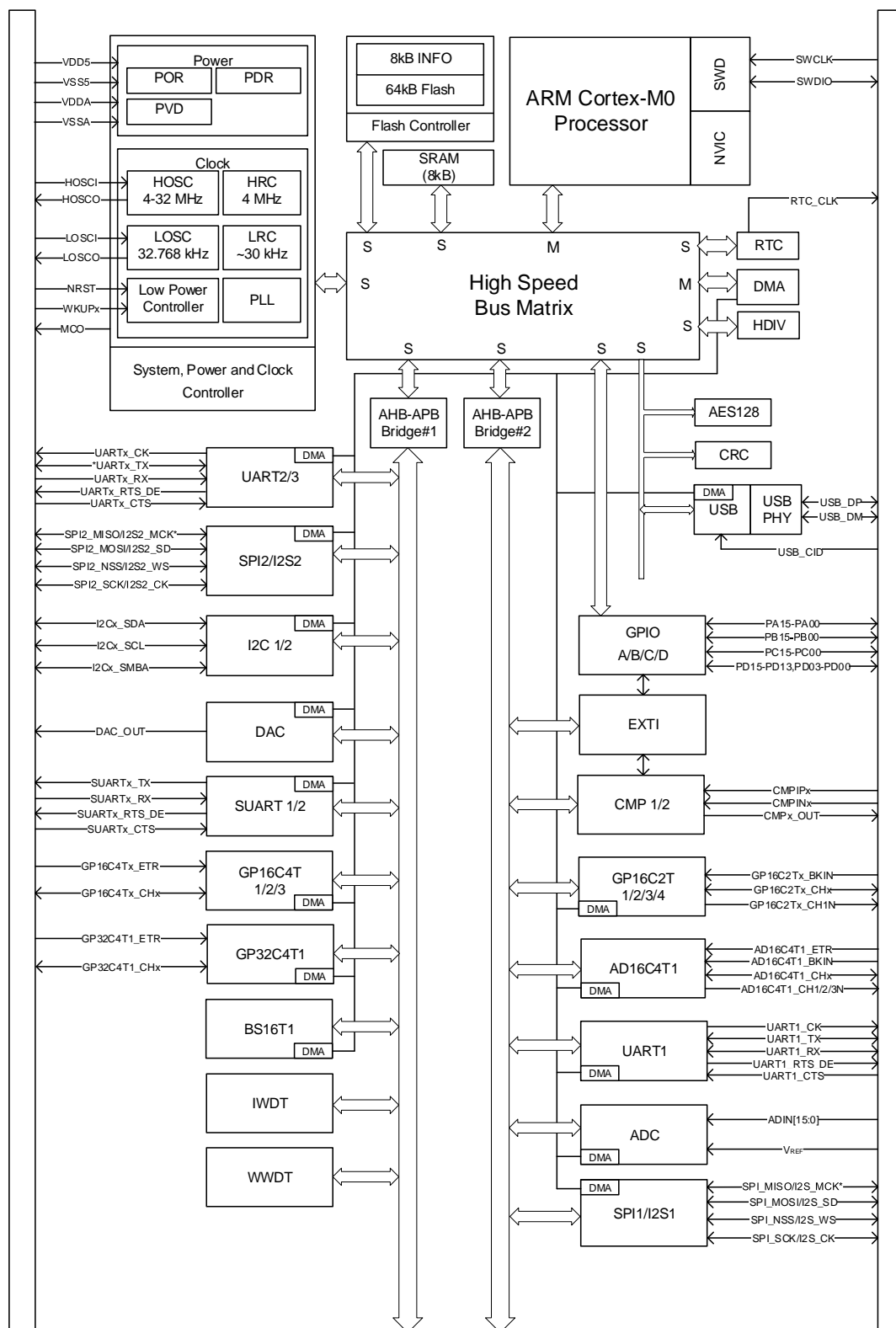


图 2-1 ES32F0271 系列结构图

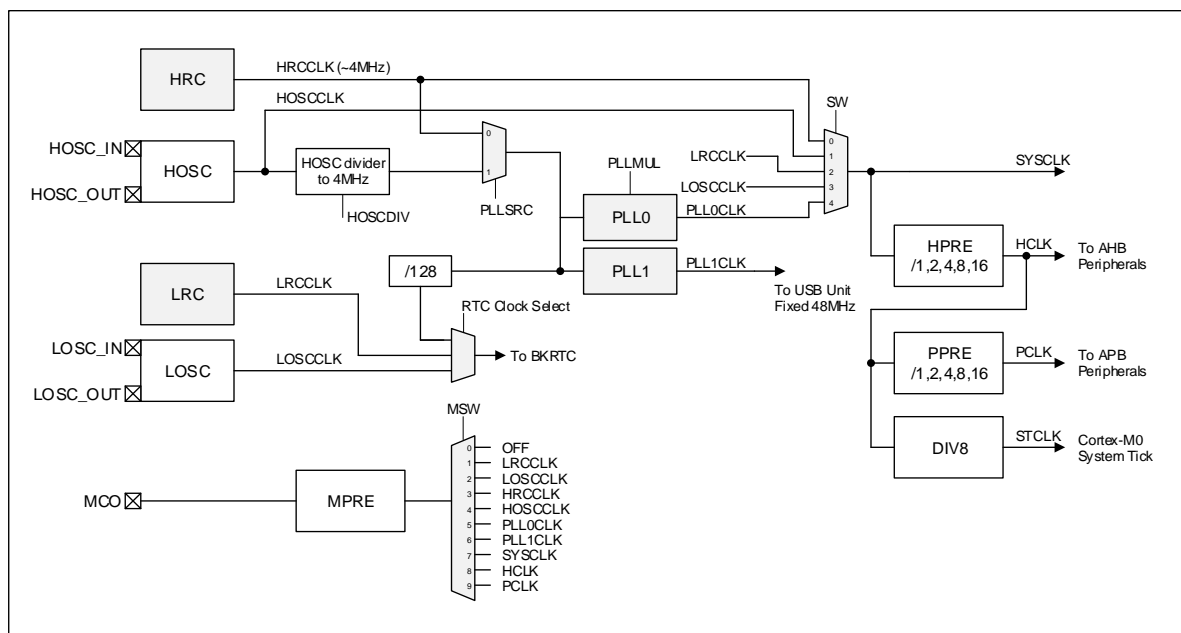


图 2-2 时钟树

2.2 器件资源概述

2.2.1 ES32F0271 系列 MCU 内核

2.2.1.1 ARMCortex-M0 内核

ARM Cortex-M0 提供了高性能，低功耗，低成本的平台来满足微控制器的实现要求。具备出色的计算性能，并能够快速响应中断。

2.2.1.2 嵌套向量中断控制器（NVIC）

ES32F0271 微控制器的嵌套向量中断控制器 NVIC（Nested Vectored Interrupt Controller）并具备以下特性：

- ◇ 32 个可屏蔽中断信道（不包括 16 个中断线）
- ◇ 可编程优先级（使用 2 位中断优先级）
- ◇ 低延迟异常和中断处理
- ◇ 电源管理控制
- ◇ 系统控制寄存器的实现

NVIC 和处理器核心接口紧密耦合，可实现低延迟中断处理和后期到达中断的高效处理。包括核心例外在内的所有中断都由 NVIC 管理。

2.2.1.3 系统节拍定时器

包括一个集成系统定时器- SysTick，提供一个简单的 24 位清零写入，递减，零包装计数器和灵活的控制机制。该计数器可用作实时操作系统（RTOS）计时定时器或简单计数器。

2.2.2 存储器

2.2.2.1 闪存（FLASH）

最大 64KByte FLASH 存储空间用于存放程序和数据。

2.2.2.2 静态随机存取存储器（SRAM）

支持最大 8 KByte SRAM，支持内核单周期访问。

2.2.2.3 存储器保护

用户可通过配置保护配置字开启私有代码保护，支持以页为单位进行配置，保护区内禁止写入、擦除，同时也禁止保护区以外的程序以读取“数据”的方式进行读取但允许读取指令执行。

2.2.2.4 存储器保护区内容更新

用户可藉由保护区内的程序启动保护区更新流程，在更新过程中会一并将未受保护的区域一并清除。

2.2.2.5 启动方式

在芯片上电之后，通过判断配置字，选择以下二种方式启动：

- ◇ 从用户程序启动（地址为 0x00000000）。
- ◇ 从 Bootloader 启动（地址为 0x1FFFE000）。

2.2.3 系统管理

2.2.3.1 电源

VDD5: 2.2V~5.5V 电源，通过管脚 VDD5 为所有 IO 及内部稳压器供电。

2.2.3.2 电源监视

- ◇ 上电复位(POR): 当系统电压 VDD5 上升至高于 V_{POR} 前，芯片处于复位状态。
- ◇ 掉电复位(PDR): 当系统电压 VDD5 下降至低于 V_{PDR} 后，芯片进入复位状态。
- ◇ 可编程电压检测器(PVD): 支持 32 种电压阈值选择(V_{PVD})。可编程电压检测器使能后，当系统电压 VDD5 降至低于 V_{PVD} 时便会发出低电压旗标，可用于产生 PVD 中断或是当作唤醒事件。

2.2.3.3 稳压器

ES32F0271 有 4 组电压稳压器：

- ◇ 1.5 伏稳压器：依据 VDD5 电源提供稳定的 1.5 伏电压，确保系统能够正常且稳定的运作。当系统进入低功耗模式时，用户可以借由设定不同层级的低功耗等级来决定是否关闭电压调节器，借此达到最佳的省电效果。
- ◇ 1.2 伏稳压器：此稳压器在一般模式下为开启旁路模式，固定输出 1.5 伏电压。当系统进入待机模式 0 时，此稳压器会被开启并输出 1.2 伏电压给备份内存使用。
- ◇ USB 电压稳压器：此稳压器由 USB 控制器控制并依据 VDD5 电压提供稳定的 3.3 伏电压供 USB 模块使用。
- ◇ VREF 电压稳压器：此稳压器可提供 ADC 模块与 DAC 模块参考电压，支持 8 种电压选择。

2.2.3.4 低功耗模式

ES32F0271 提供 5 种不同等级的低功耗模式供用户配置，分别如下所示：

- ◇ Sleep: 睡眠模式，在此模式下会暂时关闭 CPU 与周边 IP，直到中断发生或是 Wakeup Pin 触发才会离开此模式，在此期间用户仍可借由配置 RCU 内的寄存器让特定 IP 在此模式下继续运行。
- ◇ Stop: 停止模式，此模式以睡眠模式为基础，额外再关闭闪存控制器(Flash Controller)、系统配置控制器(SYSCFG)与复位时钟控制单元(RCU)的时钟。
- ◇ Standby0: 待机模式 0，此模式下会关闭 1.5 伏内存块的电路，但仍会保留 SRAM 内的信息（仅保留位置为 0x20001000 ~ 0x20001FFF 区间的信息），因此在此模式下仅能借由 Wakeup Pin 唤醒。
- ◇ Standby1: 待机模式 1，在此模式下仅保留 5 伏电压，因此 SRAM 内所储存的信息也会消失，若使用者有需要保留的信息，需放置于备份寄存器内。

- ◇ **Shutdown:** 停止运转模式，在此模式下会额外再关闭 BandGap，故此模式能够大大降低不必要的电流消耗。由于此模式关闭了 BandGap，因此当要唤醒进入此低功耗模式下的 CPU 时，也需要较多的等待时间，以确保 BandGap 能回到稳定状态。

2.2.3.5 时钟管理

- ◇ **HRC:** 内部高速 RC 振荡器，频率约 4 MHz，预设使用此时钟当作系统时钟
- ◇ **HOSC:** 外部高速晶体振荡器，支持 4 MHz 至 32 MHz
- ◇ **LRC:** 内部低速 RC 振荡器，频率约 50 kHz
- ◇ **LOSC:** 外部低速晶体振荡器，频率约 32.768 kHz
- ◇ **PLL0:** 内部 PLL 时钟，支持 4 MHz 至 48 MHz
- ◇ **PLL1:** 内部 PLL 时钟，固定 48 MHz，仅供 USB 使用

2.2.3.6 直接存储访问(DMA)

直接存储访问控制器包括一个外设直接存储器存取(DMA) 控制器。DMA 控制器可以通过它的六个信道来实现在存储器和外设之间的数据传输（外设到存储器，存储器到外设或者存储器到存储器）。

这里为每一个 DMA 信道-CH[5:0]，提供一个用作外围 APB 设备和内存之间通信的传输缓冲区。CPU 可以通过软件轮询或者当收到一个内部 DMA 中断时来识别 DMA 操作的完成。

DMA 可与主外设一起使用：SPI，I2S，I2C，UART，SUART，通用定时器，高级控制定时器，基本定时器，DAC 和 ADC。

2.2.3.7 看门狗定时器 (WDT)

- ◇ **独立看门狗定时器 (IWDT)**

IWDT (Independent Watchdog)，当硬件使能时，时钟强制为独立的 32kHz LRC 时钟，集成的看门狗外设是用来解决某些软件故障问题的，当它的定时计数值达到了预设的门限的时候，它会触发一个系统复位请求。

- ◇ **窗口看门狗定时器 (WWDT)**

WWDT (Window Watchdog) 通常被用来监测由外部干扰或不可预见的逻辑条件造成的应用程序背离正常的运行序列而产生的软件故障。对于过早或过晚喂狗都将产生 WWDT 复位，可用于检测软件没有喂狗或在禁止喂狗区内喂狗行为，防止程序跑至不可控状态。

2.2.4 外部接口

2.2.4.1 通用 IO (GPIO)

每个 GPIO 引脚都可以通过软件配置为输出（推挽或漏极开路），输入（带或不带上拉或下拉）或复用功能。大多数 GPIO 引脚与数字或模拟功能复用，可以使用专用的备用功能寄存器单独配置。

外部中断/事件控制器 (EXTI)

外部中断和事件控制器 (EXTI) 管理外部和内部异步事件/中断，并生成对 CPU/中断控制器的请求以及对电源控制器的唤醒请求。

EXTI 允许管理多达 20 个事件线，可以将设备从停止模式唤醒。

2.2.5 安全管理及运算加速

2.2.5.1 循环冗余校验(CRC)

循环冗余校验(CRC)发生器可以执行带可编程多项式设定的 CRC 计算。主要用来检测或校验数据传输或者储存后可能出现的错误。

- ◇ 支持 CRC32、CRC16 以及 CRC8
- ◇ 支持 8 位、16 位以及 32 位的数据输入
- ◇ 使用者可自行编辑生成多项式 (Generate Polynomial)
- ◇ 使用者可自行编辑 CRC 的初始数值
- ◇ 支持 DMA 输入数据
- ◇ 支持 CRC 校验结果检查
- ◇ 支持 32 位数据可于 4 个 AHB CLK 内计算完成
- ◇ 支持最高有效位 (MSB) 先计算或是最低有效位 (LSB) 先计算
- ◇ 支持输入/输出数据反相
- ◇ 支持输出与使用者设定的 remainder 进行异或

2.2.5.2 高级加密标准(AES)

芯片内部 AES 协处理器允许最少的 CPU 参与执行加密/解密，该模块支持关键长度为 128 位。

- ◇ 支持 CBC、CBF、OFB、CTR 以及 ECB 模式
- ◇ 支持 128 位的数据加密/解密
- ◇ 支持可编程的 128 位密钥
- ◇ 支持可编程的 128 位初始向量
- ◇ 支持 DMA 数据搬移
- ◇ 支持密钥、初始向量、输入数据以及输出数据的反相

2.2.6 定时器

ES32F0271 器件包括 8 个通用定时器，一个高级控制定时器，一个基本定时器，功能比较如下表所示：

| 定时器类别 | 定数器 计数位宽度 | 计数 类型 | 预分频比 | DMA 请求 | ADC 触发 | 输入捕捉/输出 比较通道 | 互补输出 | 数量 |
|----------------------|--------------|----------------|-----------|--------|-----------|-----------------|------|----|
| 高级控制定时器 (AD16C4T) | 16 位 | 向上 向下 上下 | 1 ~ 65536 | 支持 | 支持 | 4 | 3 | 1 |
| 通用定时器 (GP32C4T) | 32 位 | 向上 向下 上下 | 1 ~ 65536 | 支持 | 支持 | 4 | 不支持 | 1 |
| 通用定时器 (GP16C4T) | 16 位 | 向上 向下 上下 | 1 ~ 65536 | 支持 | 支持 | 4 | 不支持 | 3 |
| 通用定时器 (GP16C2T) | 16 位 | 向上 | 1 ~ 65536 | 支持 | 支持 | 2 | 1 | 4 |
| 基本定时器 (BS16T) | 16 位 | 向上 | 1 ~ 65536 | 支持 | 支持 | x | 不支持 | 1 |

表 2-2 定时器功能

2.2.6.1 高级控制定时器(AD16C4T)

- ◇ 16 位递增, 递减, 递增/递减自动加载计数器
 - ◇ 16 位可编程预分频器, 可在定时器运行中对计数器工作时钟进行 1 到 65536 间的任意分频
 - ◇ 带有四个独立信道, 每个信道支持以下功能
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - PWM 产生(边沿与中央对齐模式)
 - 单脉冲输出
 - ◇ 通道 1~3 支持互补输出, 死区时间可配
 - ◇ 同步电路用于外部信号控制定时器及内部互联多个定时器
 - ◇ 在给定数目的计数周期之后更新重复计数寄存器
 - ◇ 支持刹车功能, 刹车后定时器输出状态可控
 - ◇ 支持中断/DMA:
 - 更新事件: 计数器上溢/ 下溢, 计数器初始化(通过软件或内/外部触发)
 - 触发事件(计数器起始、停止、初始化或内/外触发计数)
 - 通信事件
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - 刹车输入
 - ◇ 支持增量(正交)编码及霍尔电路进行定位
 - ◇ 触发输入可对外部时钟或周期性电流管理
- 在调试模式下, 定时器可被冻结。

2.2.6.2 通用定时器 16 位 4 通道(GP16C4T)

- ◇ 16 位递增, 递减, 递增/递减自动加载计数器
- ◇ 16 位可编程预分频器, 可在定时器运行中对计数器工作时钟进行 1 到 65536 间的任意分频
- ◇ 带有四个独立信道, 每个信道支持以下功能
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - PWM 产生(边沿与中央对齐模式)
 - 单脉冲输出
- ◇ 同步电路用于外部信号控制定时器及内部互联多个定时器以下事件中产生中断/DMA:
 - 更新事件: 计数器上溢/ 下溢, 计数器初始化(通过软件或内/外部触发)

- 触发事件(计数器起始, 停止, 初始化或由内部/外部触发计数)
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - ◇ 支持增量(正交)编码及霍尔电路进行定位
 - ◇ 触发输入可对外部时钟或周期性电流管理
- 在调试模式下, 定时器可被冻结。

2.2.6.3 通用定时器 32 位 4 通道(GP32C4T)

- ◇ 32 位递增, 递减, 递增/递减自动加载计数器
 - ◇ 16 位可编程预分频器, 可在定时器运行中对计数器工作时钟进行 1 到 65536 间的任意分频
 - ◇ 带有四个独立信道, 每个信道支持以下功能
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - PWM 产生(边沿与中央对齐模式)
 - 单脉冲输出
 - ◇ 同步电路用于外部信号控制定时器及内部互联多个定时器
 - ◇ 以下事件中产生中断/DMA:
 - 更新事件: 计数器上溢/ 下溢, 计数器初始化(通过软件或内/外部触发)
 - 触发事件(计数器起始, 停止, 初始化或由内部/外部触发计数)
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - ◇ 支持增量(正交)编码及霍尔电路进行定位
 - ◇ 触发输入可对外部时钟或周期性电流管理
- 在调试模式下, 定时器可被冻结。

2.2.6.4 通用定时器 16 位 2 通道(GP16C2T)

- ◇ 16 位递增自动加载计数器
- ◇ 16 位可编程预分频器, 可在定时器运行中对计数器工作时钟进行 1 到 65536 间的任意分频
- ◇ 带有两个独立信道, 每个信道支持以下功能
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - PWM 输出
 - 单脉冲输出
- ◇ 通道 1 支持互补输出, 死区时间可配
- ◇ 同步电路用于外部信号控制定时器及内部互联多个定时器

- ◇ 在给定数目的计数周期之后更新重复计数寄存器
- ◇ 支持刹车功能，刹车后定时器输出状态可控
- ◇ 支持中断/DMA：
 - 更新:计数器上溢，计数器初始化(通过软件或内部/外部触发)
 - 触发事件(计数器起始，停止，初始化或由内部/外部触发计数)
 - 通信事件
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - 刹车输入

在调试模式下，定时器可被冻结。

2.2.6.5 基本定时器(BS16T)

- ◇ 16 位自动加载递增计数器
- ◇ 16 位可编程预分频器，可对计数器工作时钟进行 1 到 65536 的任意分频（运行中也可以）
- ◇ 计数上溢更新事件产生中断/DMA 请求

在调试模式下，定时器可被冻结。

2.2.6.6 实时时钟(RTC)及备份域

Real Time Clock (RTC)可提供使用者准确的时间以及日期信息，这些信息皆以 BCD 的格式储存在 RTC 控制寄存器内，同时提供使用者自行设定闹铃功能。RTC 的 CLK 来源也分为 3 种供使用者选择，这 3 种 CLK 分别为外部 32.768kHz 的晶体振荡器、内部约 32kHz 的 RC 振荡器以及 PLL 所使用的参考 CLK。当 MCU 处在低功耗模式时，RTC 仍可继续提供准确的时间信息。

当 MCU 进入睡眠模式，并关闭 APB 区的电源时，会让 RTC 控制寄存器内的时间信息被清除，因此当 MCU 被唤醒时若要读取日期以及时间信息的话，需要额外等待 1 秒的时间让 RTC 同步备份寄存器区的时间信息，或是直接通过备份寄存器读取日期与时间。

2.2.7 通信

2.2.7.1 内部集成电路(I2C)

I2C 是两线双向的串行传输总线，提供了一种简单有效的方法来实现设备之间的数据交换。I2C 标准是一个多主机总线包括冲突检测与仲裁，如果两个或两个以上的主机试图同时控制总线时，其仲裁可以防止数据损坏。在此提供了标准模式(Sm)、快速模式(Fm)与极快速模式(Fm+)供用户选择。并且也提供 SMBus（系统管理总线）与 PMBus(电源管理总线)。

2.2.7.2 串行外设接口/I2S 音频(SPI/I2S)

SPI /I2S 接口可用于使用 SPI 协议或 I2S 音频协议与外部设备通信。SPI 或 I2S 模式可通过软件选择。器件复位后，默认选择 SPI 模式。

串行外设接口（SPI）协议支持与外部设备的半双工，全双工和单工同步串行通信。接口可以配置为主设备，在这种情况下，它为外部从设备提供通信时钟（SCK）。该接口还能够多主机配置中运行。

Inter-IC 音频（I2S）协议也是同步串行通信接口。它可以通过半双工通信在从机或主机模式下运行。通过组合两个 I2S 块可以实现全双工操作。

它可以满足四种不同的音频标准，包括 Philips I2S 标准，MSB 和 LSB 对齐标准以及 PCM 标准。

2.2.7.3 通用串行总线 (USB)

USB 模块是一个 USB 2.0 全速设备控制器。它兼容 USB2.0 全速设备的规格并且支持控制/批量/中断/同步类型传输。

USB 控制器可以用在各种不同的环境。它可以用来作为一个全速或者低速 USB 外围设备连接到一个常规的 USB 主机。在一个点对点的设置/应用中它可以被用作一个主机或者外围设备。通过 DMA 访问 FIFO 可以使来自系统软件的干扰降到最小。

USB 设备模式支持 6 个端点地址，所有端点地址都有一个输入和一个输出端点。另外还有 1 个控制端点 0。该设备控制器主要有两个接口：AHB 总线和来自 USB PHY 收发器的 USB 总线。CPU 可以通过 AHB 总线编程控制寄存器。有一个内部 1 KB 的 SRAM FIFO 缓冲器作为本控制器的数据缓冲区。

2.2.7.4 通用异步收发器和简易通用异步收发器 (UART and SUART)

通用异步收发器 (UART) 提供了一个灵活的方式, 使 MCU 可以与外部设备通过工业标准 NRZ 的形式实现全双工异步串行数据通讯。UART 可以使用分数波特率发生器, 提供了超宽的波特率设置范围。

UART 支持异步通讯模式和半双工单线通讯, 也支持 LIN (局域互连网络), 智能卡协议和 IrDA (红外数据协会) SIR ENDEC 规范, modem 流控操作 (CTS_n/RTS_n), 同时还支持多机通讯方式。

可以使用 DMA 实现多缓冲区设置, 从而能够支持高速数据通讯。

| UART 模式/特性 | UART | SUART |
|---------------------|-------------------|-------|
| 调制解调器操作 (CTS/RTS) | √ | √ |
| 利用 DMA 进行连续通信 | √ | √ |
| 多处理器通信 | √ | √ |
| 智能卡模式 | √ | |
| 单线半双工通信 | √ | |
| IrDA SIR ENDEC 功能模块 | √ | |
| 本地互连网络模式 | √ | |
| 接收超时中断 | √ | |
| Modbus 通信 | √ | |
| 自动波特率检测 | √ | √ |
| 驱动使能 | √ | √ |
| UART 数据长度 | 5, 6, 7, 8, 9bits | |

表 2-3 UART/SUART 具体功能配置

2.2.8 模拟

2.2.8.1 模数转换(ADC)

模数转换器 (ADC) 是将连续模拟电压转换为离散数字电压的外设。ADC 包含一个 12 位逐次逼近型模数转换器 (SARA/D 转换器), 带有 16 个外部输入信道。每个 ADC 模块都支持四个可编程序列发生器, 无需控制器干预即可对多个模拟输入源进行采样。A/D 转换器支持三种工作模式: 单模, 单周扫描模式和连续扫描模式。每个采样序列都提供灵活的编程, 具有完全可配置的输入源, 触发事件和中断。

温度传感器(TEMP)

温度传感器可生成与温度成线性变化的电压, 并将电压转换为数字量输出。

2.2.8.2 模拟比较器(CMP)

模拟比较器是一个外围设备, 它可以比较两个模拟电压的值, 并以逻辑输出的形式显示比较结果。模拟比较器支持两个单独的比较器 (CA0 和 CA1), 每个比较器可以向设备管脚提供输出并替换电路板上的模拟比较器。CA 可以用来通过中断触发 ADC, 或者通知应用程序开始捕获样本序列。独立的外部参考电压。

- ◇ 两个单独的模拟比较器
- ◇ 共享内部参考电压
- ◇ 可编程去抖计数器

2.2.8.3 数模转换器 (DAC)

DAC 模块是一个 12 位电压输出数模转换器。DAC 可以与 DMA 控制器结合使用。DAC 有一个输出信道和自己的转换器。

DAC 模块提供以下功能:

- ◇ 12 位 DAC 变换器
- ◇ 支持外部, RTC, 定时器, 比较器和软件触发转换
- ◇ 支持高达 200 kHz 的转换频率
- ◇ DMA 功能
- ◇ 提供锯齿波和三角波的产生。
- ◇ 提供数据输出反转功能

第3章 管脚说明

3.1 管脚图

3.1.1 LQFP64

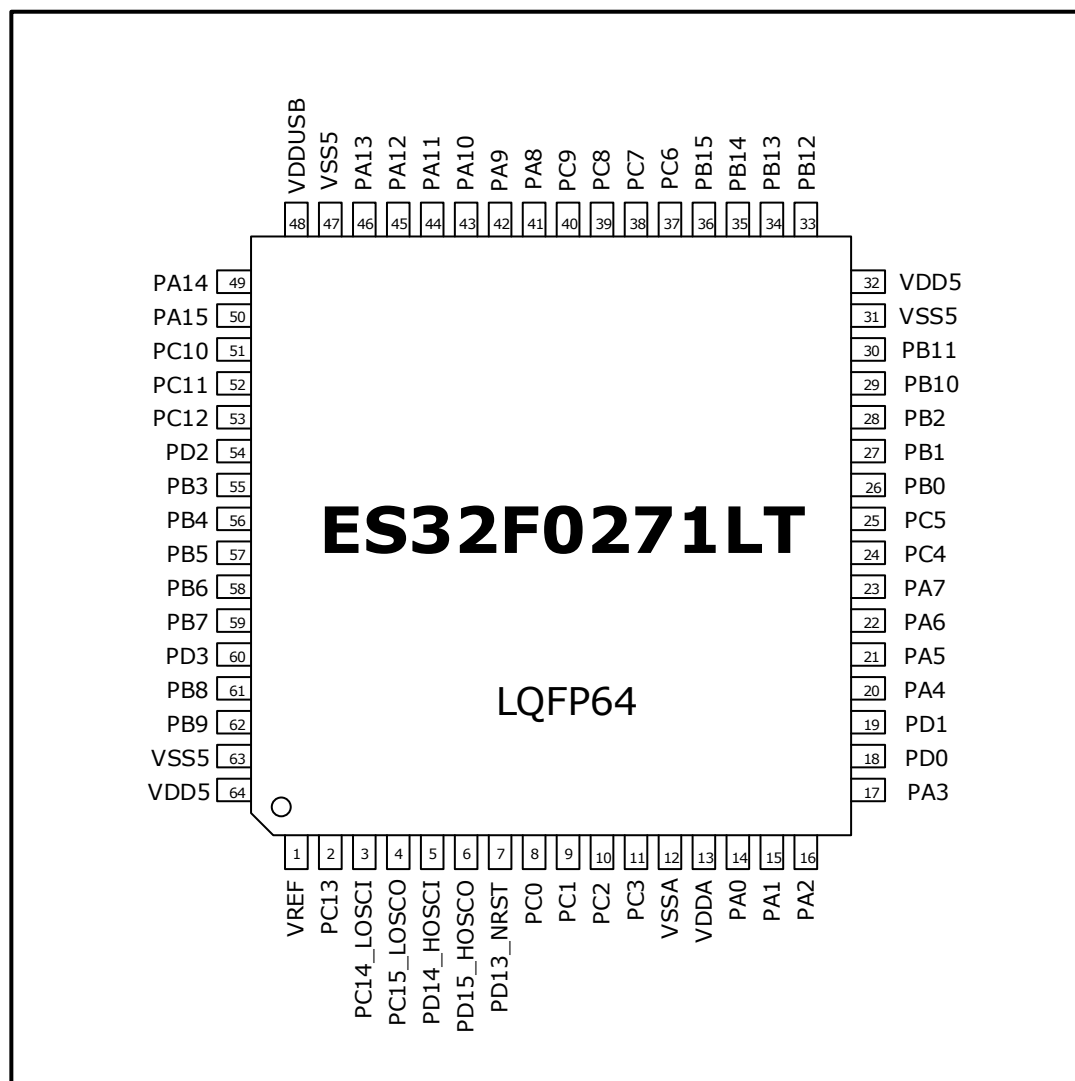


图 3-1 ES32F0271 LQFP64 封装图

3.1.2 LQFP48

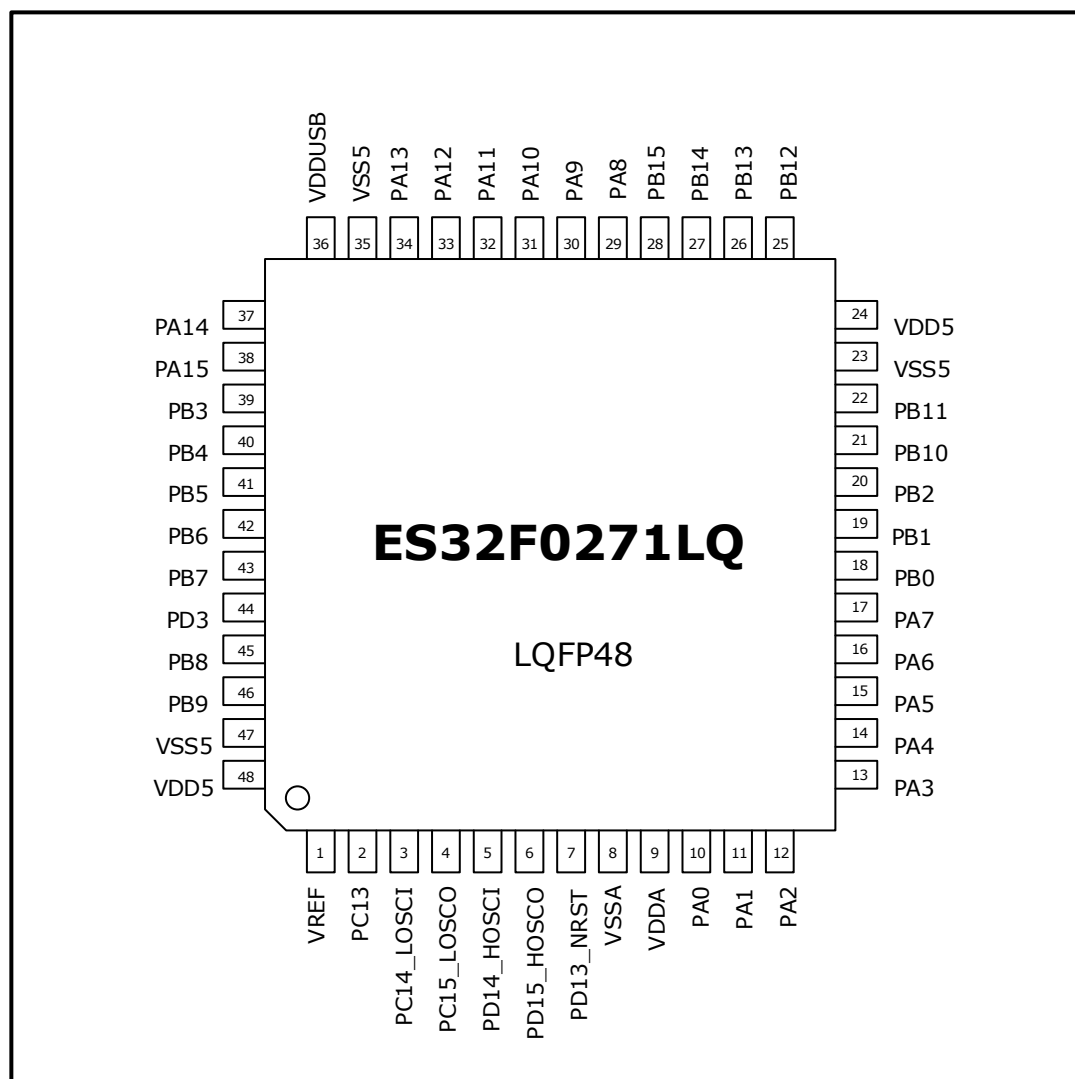


图 3-2 ES32F0271 LQFP48 封装图

3.1.3 LQFP32

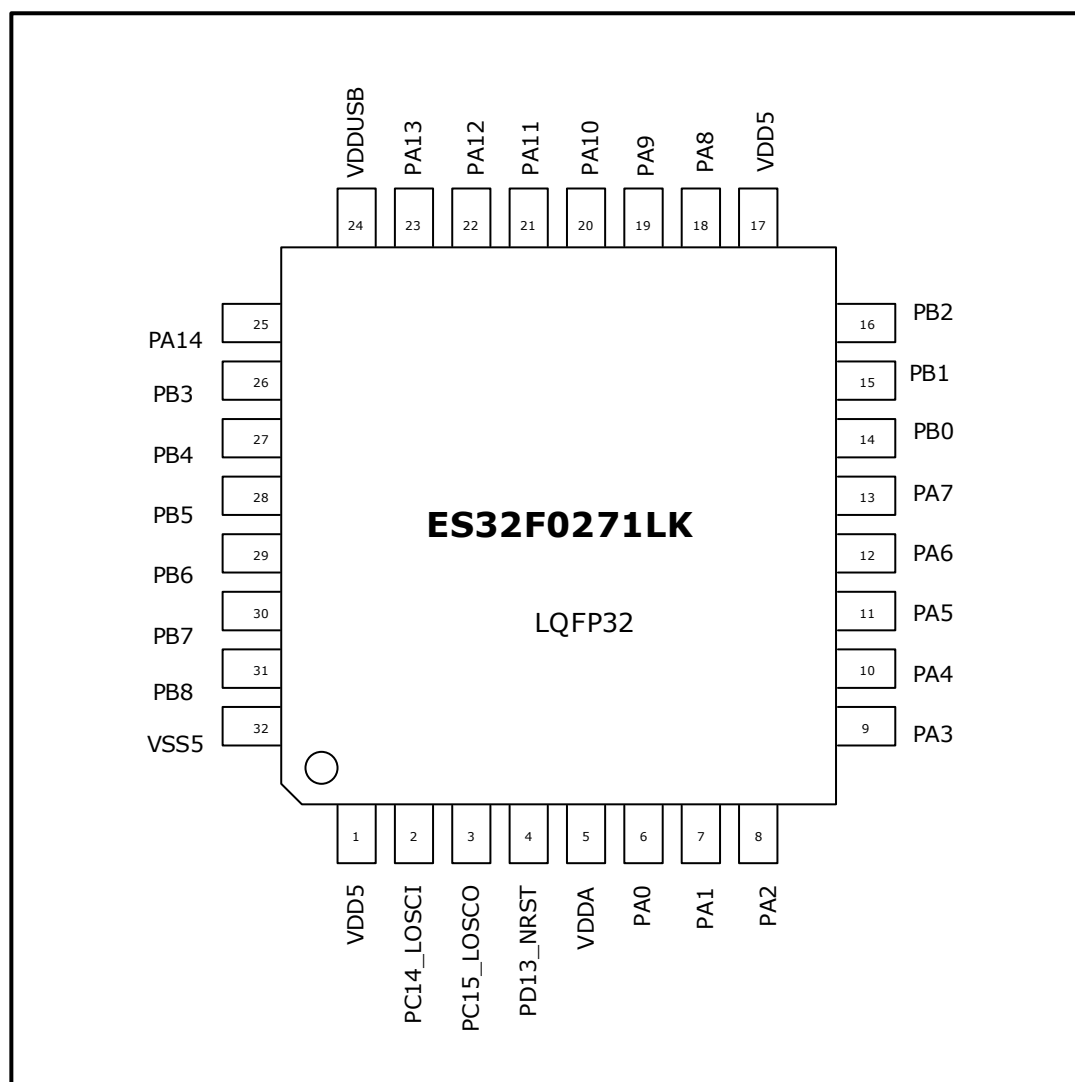


图 3-3 ES32F0271 LQFP32 封装图

3.1.4 QFN32

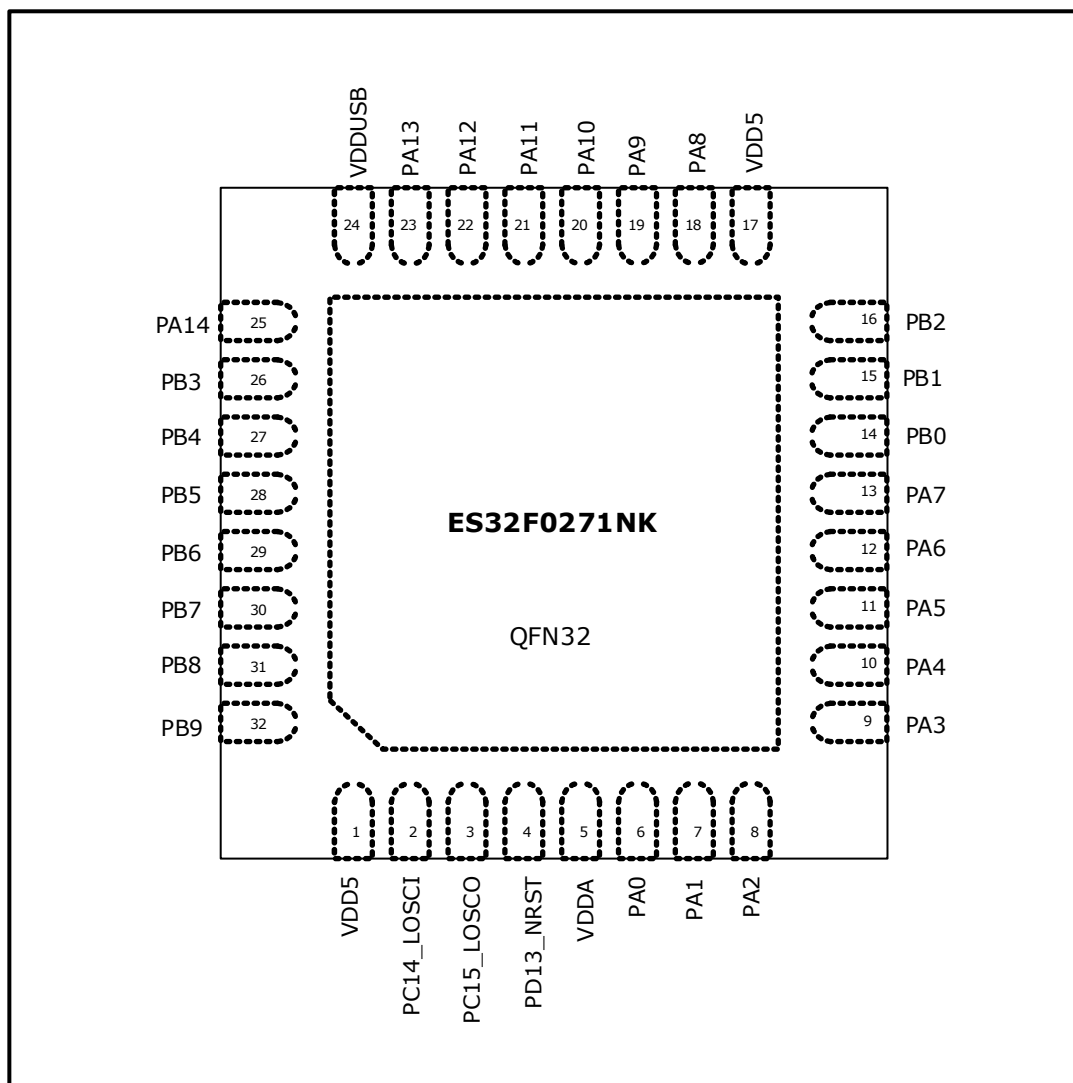


图 3-4 ES32F0271 QFN32 封装图

3.2 管脚功能定义

| 引脚 | | | | 引脚名 | 复用功能 | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|------------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------|-----|---------------|
| LQFP64 | LQFP48 | LQFP32 | QFN32 | | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 | AF8 | ALT(A) |
| 1 | 1 | - | - | VREF | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 2 | - | - | PC13 | I2S_CLK1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 3 | 2 | 2 | PC14_LOSCI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | LOSCI |
| 4 | 4 | 3 | 3 | PC15_LOSCO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | LOSCO |
| 5 | 5 | - | - | PD14_HOSCI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | HOSCI |
| 6 | 6 | - | - | PD15_HOSCO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | HOSCO |
| 7 | 7 | 4 | 4 | PD13_NRST | - | - | - | - | - | - | - | - | - | NRST |
| 8 | - | - | - | PC00 | SPI2_SCK | - | SUART2_TX | GP16C4T3_CH1 | - | - | - | - | - | ADIN10 |
| 9 | - | - | - | PC01 | SPI2_NSS | - | SUART2_RX | GP16C4T3_CH3 | - | - | - | - | - | ADIN11 |
| 10 | - | - | - | PC02 | SPI2_MISO | - | SUART2_CTS | GP16C4T3_CH2 | - | - | - | - | - | ADIN12 |
| 11 | - | - | - | PC03 | SPI2_MOSI | - | SUART2_RTS_DE | GP16C4T3_ETR | GP32C4T1_ETR | - | - | - | - | ADIN13 |
| 12 | 8 | - | - | VSSA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 9 | 5 | 5 | VDDA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | 10 | 6 | 6 | PA00 | SPI2_SCK | - | UART2_CTS | GP32C4T1_CH1 | GP32C4T1_ETR | GP16C2T1_BKIN | - | CMP1_OUT | - | ADIN0/CMPIP1 |
| 15 | 11 | 7 | 7 | PA01 | SPI2_NSS | I2C2_SMBA | UART2_RTS_DE | GP32C4T1_CH2 | GP16C4T1_ETR | GP16C2T1_CH1N | - | - | - | ADIN1/CMPIN1 |
| 16 | 12 | 8 | 8 | PA02 | SPI2_MOSI | I2C2_SCL | UART2_TX | GP32C4T1_CH3 | GP16C4T1_CH1 | GP16C2T1_CH1 | - | CMP2_OUT | - | ADIN2/CMPIP2 |
| 17 | 13 | 9 | 9 | PA03 | SPI2_MISO | I2C2_SDA | UART2_RX | GP32C4T1_CH4 | GP16C4T1_CH2 | GP16C2T1_CH2 | - | - | - | ADIN3/CMPIN2 |
| 18 | - | - | - | PD00 | - | - | - | - | GP16C4T1_CH3 | - | - | - | - | - |
| 19 | - | - | - | PD01 | - | - | - | - | GP16C4T1_CH4 | - | - | - | - | - |
| 20 | 14 | 10 | 10 | PA04 | SPI1_NSS | - | UART2_CK | GP16C4T2_ETR | GP16C4T1_CH1 | GP16C2T4_CH1 | - | - | - | ADIN4/DAC_OUT |
| 21 | 15 | 11 | 11 | PA05 | SPI1_SCK | - | GP32C4T1_ETR | GP16C4T2_CH3 | GP16C4T1_CH2 | GP16C2T2_CH1N | GP32C4T1_CH1 | - | - | ADIN5 |
| 22 | 16 | 12 | 12 | PA06 | SPI1_MISO | - | SUART1_CTS | GP16C4T2_CH1 | GP16C4T1_CH3 | GP16C2T2_CH1 | AD16C4T1_BKIN | CMP1_OUT | - | ADIN6 |
| 23 | 17 | 13 | 13 | PA07 | SPI1_MOSI | - | GP16C2T4_CH1 | GP16C4T2_CH2 | GP16C4T1_CH4 | GP16C2T3_CH1 | AD16C4T1_CH1N | CMP2_OUT | - | ADIN7 |

| 引脚 | | | | 引脚名 | 复用功能 | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|--------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-----|-------------|
| LQFP64 | LQFP48 | LQFP32 | QFN32 | | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 | AF8 | ALT(A) |
| 24 | - | - | - | PC04 | - | - | SUART1_TX | - | GP16C4T1_ETR | - | - | - | - | ADIN14 |
| 25 | - | - | - | PC05 | - | - | SUART1_RX | - | - | - | - | - | - | ADIN15 |
| 26 | 18 | 14 | 14 | PB00 | UART1_TX | - | - | GP16C4T2_CH3 | - | GP16C2T1_BKIN | AD16C4T1_CH2N | - | - | ADIN8/WKUP0 |
| 27 | 19 | 15 | 15 | PB01 | UART1_RX | - | SUART1_RTS_DE | GP16C4T2_CH4 | GP16C2T4_CH1 | GP16C2T1_CH2 | AD16C4T1_CH3N | - | - | ADIN9/WKUP1 |
| 28 | 20 | 16 | 16 | PB02 | - | I2C2_SMBA | - | GP16C4T3_CH3 | - | GP16C2T1_CH1 | - | - | - | WKUP2 |
| 29 | 21 | - | - | PB10 | SPI2_SCK | I2C2_SCL | SUART1_TX | GP32C4T1_CH3 | GP16C4T3_CH4 | - | AD16C4T1_CH4 | - | - | - |
| 30 | 22 | - | - | PB11 | - | I2C2_SDA | SUART1_RX | GP32C4T1_CH4 | GP16C4T3_CH3 | - | AD16C4T1_CH3 | - | - | - |
| 31 | 23 | - | - | VSS5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 32 | 24 | 17 | 17 | VDD5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 33 | 25 | - | - | PB12 | SPI2_NSS | I2C2_SMBA | SUART1_RTS_DE | - | GP16C2T3_CH1 | GP16C2T4_CH1 | AD16C4T1_BKIN | - | - | - |
| 34 | 26 | - | - | PB13 | SPI2_SCK | I2C2_SCL | SUART1_CTS | GP16C4T1_CH1 | GP16C2T2_CH1 | GP16C2T4_CH1N | AD16C4T1_CH1N | - | - | - |
| 35 | 27 | - | - | PB14 | SPI2_MISO | I2C2_SDA | SUART1_RTS_DE | GP16C4T1_CH2 | GP16C2T1_CH1 | GP16C2T4_CH2 | AD16C4T1_CH2N | RTC_OUT | - | - |
| 36 | 28 | - | - | PB15 | SPI2_MOSI | - | UART3_CK | GP16C2T1_CH2 | GP16C2T1_CH1N | GP16C2T4_BKIN | AD16C4T1_CH3N | USB_CID | - | - |
| 37 | - | - | - | PC06 | - | - | UART3_TX | GP16C4T2_CH1 | - | - | - | - | - | - |
| 38 | - | - | - | PC07 | - | - | UART3_RX | GP16C4T2_CH2 | - | - | - | - | - | - |
| 39 | - | - | - | PC08 | - | - | UART3_CTS | GP16C4T2_ETR | GP16C4T2_CH3 | - | - | - | - | - |
| 40 | - | - | - | PC09 | - | - | UART3_RTS_DE | GP16C4T1_ETR | GP16C4T2_CH4 | - | - | - | - | - |
| 41 | 29 | 18 | 18 | PA08 | I2S_CLK2 | - | UART1_CK | - | - | GP16C2T3_CH1 | AD16C4T1_CH1 | MUX_CLK_OUT | - | - |
| 42 | 30 | 19 | 19 | PA09 | - | - | UART1_TX | GP16C2T1_BKIN | - | GP16C2T3_CH1N | AD16C4T1_CH2 | MUX_CLK_OUT | - | - |
| 43 | 31 | 20 | 20 | PA10 | - | - | UART1_RX | - | - | GP16C2T3_BKIN | AD16C4T1_CH3 | USB_CID | - | - |
| 44 | 32 | 21 | 21 | PA11 | SPI1_MISO | - | UART1_CTS | - | - | - | AD16C4T1_CH4 | CMP1_OUT | - | USB_DM |
| 45 | 33 | 22 | 22 | PA12 | SPI1_MOSI | - | UART1_RTS_DE | - | - | - | AD16C4T1_ETR | CMP2_OUT | - | USB_DP |
| 46 | 34 | 23 | 23 | PA13 | SWDIO | - | IR_OUT | - | - | GP16C2T3_CH2 | AD16C4T1_CH1 | USB_CID | - | - |
| 47 | 35 | - | - | VSS5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 48 | 36 | 24 | 24 | VDDUSB | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 49 | 37 | 25 | 25 | PA14 | SWCLK | - | UART2_TX | - | - | GP16C4T2_CH4 | AD16C4T1_BKIN | CMP1_OUT | - | - |

| 引脚 | | | | 引脚名 | 复用功能 | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------|-----|--------|
| LQFP64 | LQFP48 | LQFP32 | QFN32 | | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 | AF8 | ALT(A) |
| 50 | 38 | - | - | PA15 | SPI1_NSS | - | UART2_RX | GP32C4T1_ETR | GP32C4T1_CH1 | GP16C4T2_CH3 | - | CMP2_OUT | - | - |
| 51 | - | - | - | PC10 | - | - | SUART1_TX | - | - | - | - | - | - | - |
| 52 | - | - | - | PC11 | - | - | SUART1_RX | - | - | - | - | - | - | - |
| 53 | - | - | - | PC12 | - | I2C1_SCL | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 54 | - | - | - | PD02 | - | I2C1_SDA | SUART1_RTS_DE | - | - | GP16C4T2_ETR | - | - | - | - |
| 55 | 39 | 26 | 26 | PB03 | SPI1_SCK | - | - | GP32C4T1_CH2 | GP16C2T2_CH2 | AD16C4T1_CH3N | - | - | - | WKUP3 |
| 56 | 40 | 27 | 27 | PB04 | SPI1_MISO | - | - | GP16C4T2_CH1 | - | - | AD16C4T1_CH2N | - | - | WKUP4 |
| 57 | 41 | 28 | 28 | PB05 | SPI1_MOSI | I2C1_SMBA | - | GP16C4T2_CH2 | GP16C4T3_CH1 | GP16C2T2_BKIN | AD16C4T1_CH1N | - | - | WKUP5 |
| 58 | 42 | 29 | 29 | PB06 | - | I2C1_SCL | UART1_TX | - | GP16C4T3_ETR | GP16C2T2_CH1N | AD16C4T1_CH3 | - | - | WKUP6 |
| 59 | 43 | 30 | 30 | PB07 | - | I2C1_SDA | UART1_RX | - | GP16C4T3_CH2 | GP16C2T3_CH1N | AD16C4T1_CH2 | - | - | WKUP7 |
| 60 | 44 | - | - | PD03 | SPI1_MOSI | I2C1_SMBA | - | - | - | - | AD16C4T1_CH1 | - | - | - |
| 61 | 45 | 31 | 31 | PB08 | - | I2C1_SCL | IR_OUT | - | GP16C4T3_CH1 | GP16C2T2_CH1 | AD16C4T1_BKIN | - | - | - |
| 62 | 46 | - | 32 | PB09 | SPI_NSS | I2C1_SDA | IR_OUT | - | GP16C4T3_CH2 | GP16C2T3_CH1 | AD16C4T1_ETR | - | - | - |
| 63 | 47 | 32 | - | VSS5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 64 | 48 | 1 | 1 | VDD5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

表 3-1 管脚功能定义

第4章 存储器映射图

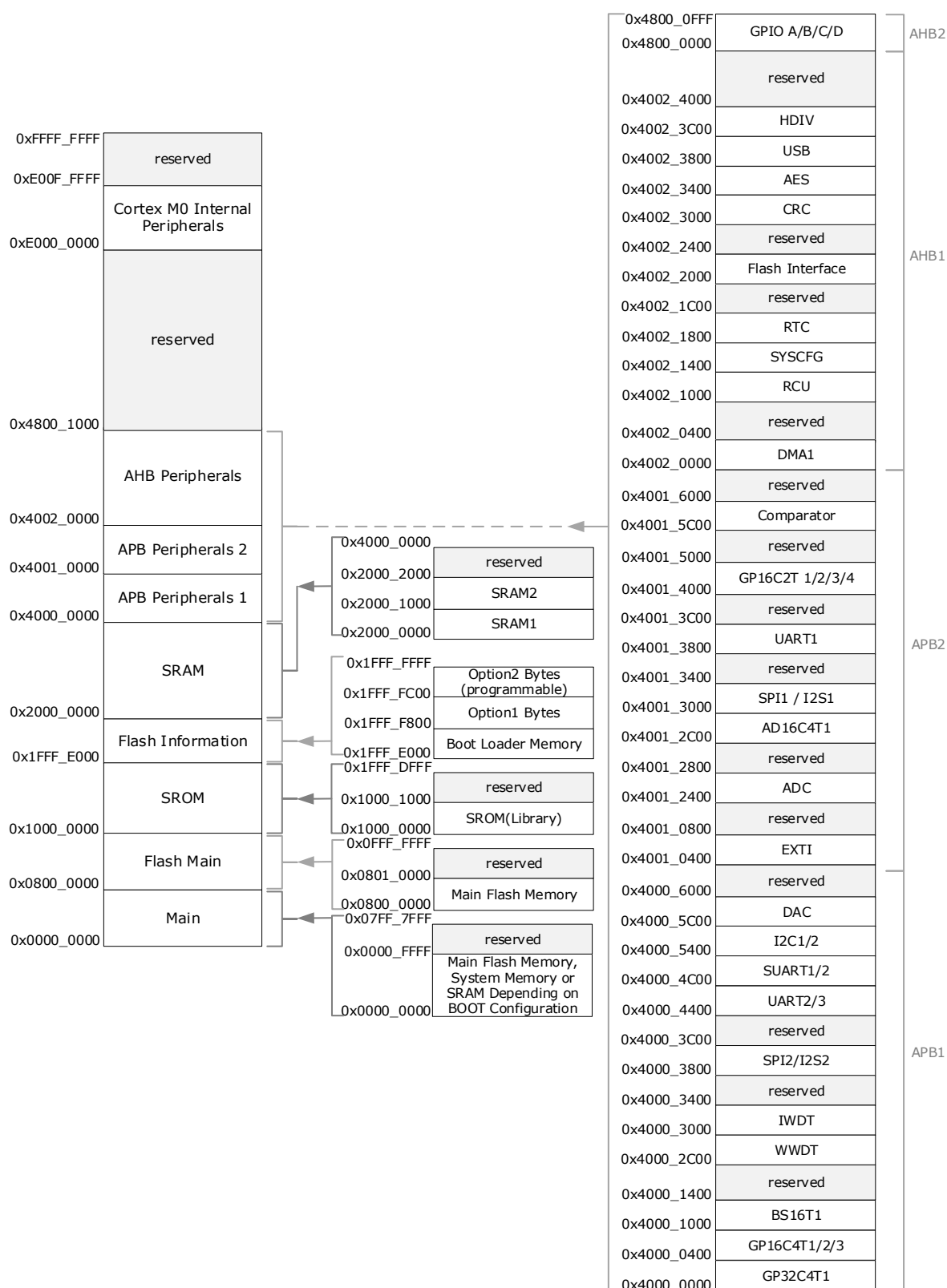


图 4-1 存储器映射

第5章 电气特性

5.1 最小值和最大值、典型值

最大值和最小值是在指定温度范围内测试所有元器件后，在最差条件下（包括环境温度，电源电压以及测试频率等）应能够保证的数据。

典型值为温度 25℃，电源电压 $VDD5=5V$ （电压范围 $2.2V \leq VDD5 \leq 5.5V$ ）条件下的电气值。

5.2 芯片电源

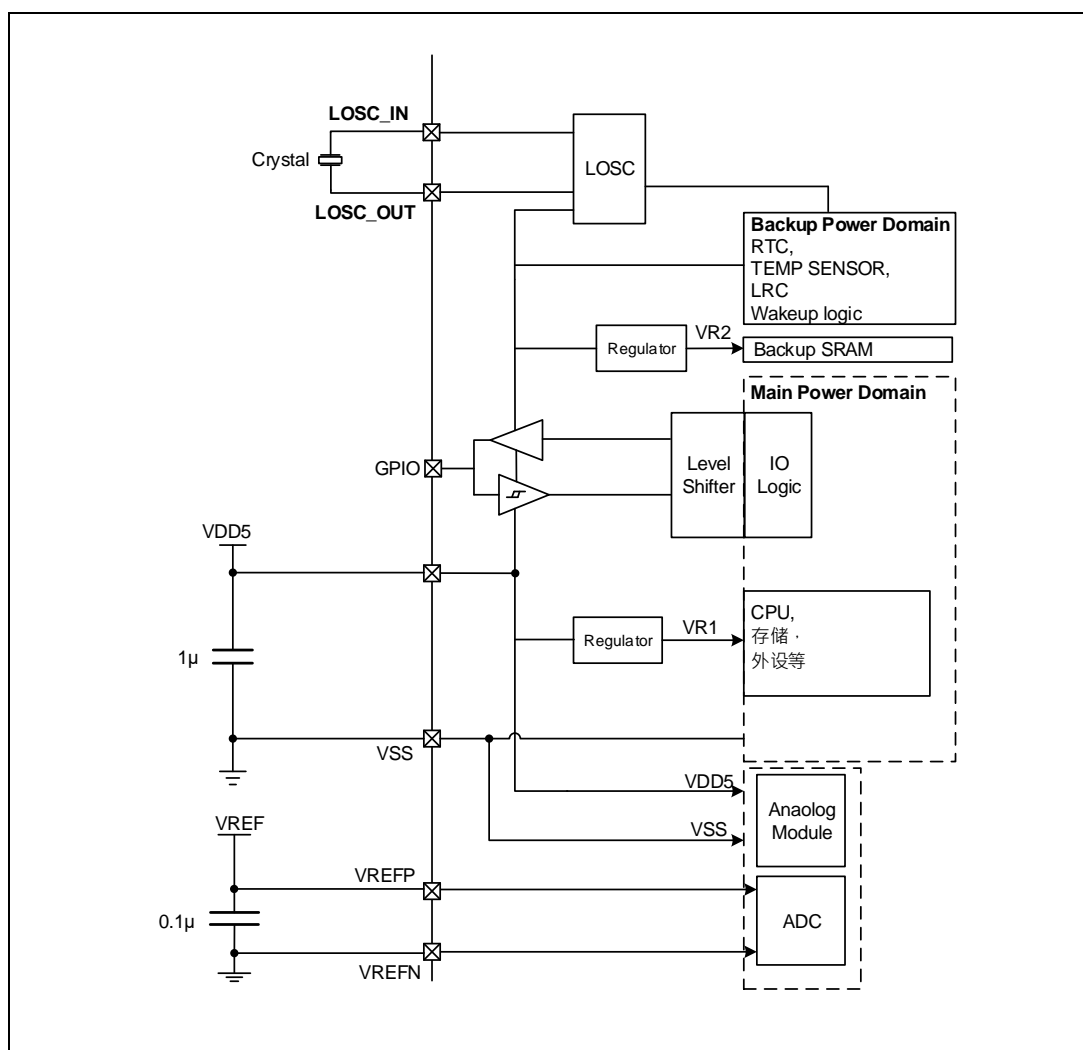


图 5-1 芯片电源

5.3 电流测量

在量测芯片电流时，电源至 VDD5 脚之间串接电流计进行量测，接线方式如下图所示。在进行量测前须关闭外设与确保 GPIO Pin 脚没有设定为输出模式，同时需移除量测板上的 LED 组件、上拉与下拉电阻。

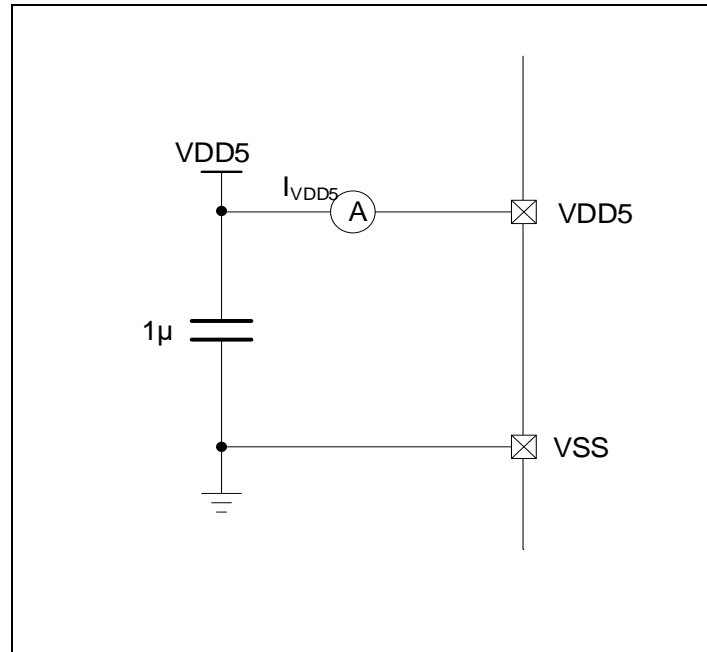


图 5-2 电流测量

5.4 芯片极限参数

以下表格为芯片耐受的极限电气参数值，超过范围可能导致芯片永久性破坏。

5.4.1 电压参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---------------|---------------|----|--------------|----------|----|
| VDD5 | 芯片主电源 | - | -0.3 | 7.5 | V |
| VIN | 端口输入电压 | - | -0.3 | VDD+0.3V | V |
| Δ VDDx | 各 VDD 电源端口的差值 | - | - | 50 | mV |
| VSSx - VSS | 各 VSS 端口之间的差值 | - | - | 50 | mV |
| VESD | 静电释放电压 | - | 请参考 5.5.10.1 | | V |

表 5-1 极限电压参数

5.4.2 电流参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------|--------------|----|-----|-----|----|
| I _{VDD5} | 流经 VDD5 的总电流 | - | - | 100 | mA |
| I _{VSS} | 流经 VSS 的总电流 | - | - | 100 | mA |
| I _{IO} | 拉电流（输出高） | - | - | 5 | mA |
| | 灌电流（输出低） | - | - | 20 | mA |
| I _{LATCH} | I/O 闳锁电流 | - | 100 | - | mA |

表 5-2 极限电流参数

5.4.3 热参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|------------------|------|----|-----|-----|----|
| T _{STG} | 储存温度 | - | -55 | 125 | ℃ |
| T _J | 结温 | - | - | 125 | ℃ |

表 5-3 极限热参数

5.5 运行条件

5.5.1 运行条件

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------|----------------|----|-----|-----|-----|
| f _{HCLK} | 内部 AHB 总线时钟频率 | - | - | 48 | MHz |
| f _{PCLK1} | 内部 APB1 总线时钟频率 | - | - | 48 | MHz |
| f _{PCLK2} | 内部 APB2 总线时钟频率 | - | - | 48 | MHz |
| VDD5 | 电源电压 | - | 2.2 | 5.5 | V |
| T _A | 环境温度 | - | -40 | 85 | ℃ |
| T _J | 结温 | - | -40 | 125 | ℃ |

表 5-4 芯片通常运行条件

5.5.2 上电和掉电参数条件

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------|-----------|------------|-----|-----|------|
| t _{VDD5} | VDD5 上升速率 | 接 0.1uF 电容 | 0.6 | ∞ | us/V |
| | VDD5 下降速率 | 接 0.1uF 电容 | 80 | ∞ | us/V |

表 5-5 芯片在上电和掉电时的参数条件

5.5.3 复位和电源管理模块电气参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------------------|--------------|-----------------|------|------|------|----|
| V _{POR} /V _{PDR} | 上电复位和掉电复位的阈值 | 上电 | 1.75 | 1.95 | 2.10 | V |
| | | 掉电 | 1.65 | 1.90 | 1.95 | |
| V _{PDRHYST} | PDR 迟滞 | - | - | 50 | - | mV |
| V _{PVD} | PVD 电压阈值选择 | PVLS=0000 (下降沿) | 1.8 | 1.9 | 2 | V |
| | | PVLS=0000 (上升沿) | 1.9 | 2 | 2.1 | |
| | | PVLS=0001 (下降沿) | 2 | 2.1 | 2.2 | |
| | | PVLS=0001 (上升沿) | 2.1 | 2.2 | 2.3 | |
| | | PVLS=0010 (下降沿) | 2.2 | 2.3 | 2.4 | |
| | | PVLS=0010 (上升沿) | 2.3 | 2.4 | 2.5 | |
| | | PVLS=0011 (下降沿) | 2.4 | 2.5 | 2.6 | |
| | | PVLS=0011 (上升沿) | 2.5 | 2.6 | 2.7 | |
| | | PVLS=0100 (下降沿) | 2.6 | 2.7 | 2.8 | |
| | | PVLS=0100 (上升沿) | 2.7 | 2.8 | 2.9 | |
| | | PVLS=0101 (下降沿) | 2.8 | 2.9 | 3 | |
| | | PVLS=0101 (上升沿) | 2.9 | 3 | 3.1 | |
| | | PVLS=0110 (下降沿) | 3 | 3.1 | 3.2 | |
| | | PVLS=0110 (上升沿) | 3.1 | 3.2 | 3.3 | |
| | | PVLS=0111 (下降沿) | 3.2 | 3.3 | 3.4 | |
| | | PVLS=0111 (上升沿) | 3.3 | 3.4 | 3.5 | |
| | | PVLS=1000 (下降沿) | 3.4 | 3.5 | 3.6 | |
| | | PVLS=1000 (上升沿) | 3.5 | 3.6 | 3.7 | |
| | | PVLS=1001 (下降沿) | 3.6 | 3.7 | 3.8 | |
| | | PVLS=1001 (上升沿) | 3.7 | 3.8 | 3.9 | |
| | | PVLS=1010 (下降沿) | 3.8 | 3.9 | 4 | |
| | | PVLS=1010 (上升沿) | 3.9 | 4 | 4.1 | |
| | | PVLS=1011 (下降沿) | 4 | 4.1 | 4.2 | |
| | | PVLS=1011 (上升沿) | 4.1 | 4.2 | 4.3 | |
| | | PVLS=1100 (下降沿) | 4.2 | 4.3 | 4.4 | |
| | | PVLS=1100 (上升沿) | 4.3 | 4.4 | 4.5 | |
| | | PVLS=1101 (下降沿) | 4.4 | 4.5 | 4.6 | |
| | | PVLS=1101 (上升沿) | 4.5 | 4.6 | 4.7 | |
| | | PVLS=1110 (下降沿) | 4.6 | 4.7 | 4.8 | |

| | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----|-----|-----|----|
| | | PVLS=1110 (上升沿) | 4.7 | 4.8 | 4.9 | |
| | | PVLS=1111 (下降沿) | 4.8 | 4.9 | 5 | |
| | | PVLS=1111 (上升沿) | 4.9 | 5 | 5.1 | |
| V _{PVDHYST} | V _{PVD} 电压迟滞 | - | - | 100 | - | mV |
| V _{RSTTEMPO} | POR 复位输出迟延 | - | - | 200 | 110 | us |

表 5-6 复位和电源管理模块电气参数

注: T_A=+25 degrees

5.5.4 电流特性

5.5.4.1 正常模式特性

芯片消耗的电流涉及到电源电压，环境温度，端口负载，器件软件配置，运行频率和模式等。

最大电流值在以下条件下测得：

- ◇ 所有 IO 处于输入状态（固定上拉），无负载
- ◇ HOSC:8MHz, LOSC:32.768KHz, 系统运行在 PLL0(来源为 HOSC)
- ◇ 运行 dhystone 程序
- ◇ 所有外设关闭(包含 HRC,LOSC,LRC,PLL1)
- ◇ 所有外设使能(包含 HRC,LOSC,LRC,PLL1)
- ◇ FLASH 的访问周期根据系统频率改变
- ◇ FLASH 预取指开启
- ◇ 当外设使能时， $f_{PCLK1}=f_{HCLK}$, $f_{PCLK2}=f_{HCLK}$

◆ FLASH 上运行时的电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD5}=5\text{V}$)

| 标号 | 参数 | 条件 | f_{HCLK} | Wait | 典型值 | 单位 |
|-------------------|----------|----------------|------------|------|------|----|
| I _{VDD5} | RUN 模式电流 | HOSC 时钟源所有外设使能 | 48MHz | 2 | 16.6 | mA |
| | | | 44MHz | 2 | 15.4 | |
| | | | 40MHz | 1 | 15.3 | |
| | | | 36MHz | 1 | 14.1 | |
| | | | 32MHz | 1 | 12.8 | |
| | | | 28MHz | 1 | 11.5 | |
| | | | 24MHz | 1 | 10.4 | |
| | | | 20MHz | 0 | 9.4 | |
| | | | 16MHz | 0 | 8.0 | |
| | | | 12MHz | 0 | 6.8 | |
| | | | 8MHz | 0 | 5.5 | |
| | | | 4MHz | 0 | 4.2 | |
| | | HOSC 时钟源所有外设禁止 | 48MHz | 2 | 7.8 | |
| | | | 44MHz | 2 | 7.3 | |
| | | | 40MHz | 1 | 7.7 | |
| | | | 36MHz | 1 | 7.1 | |
| | | | 32MHz | 1 | 6.5 | |
| | | | 28MHz | 1 | 5.8 | |
| | | | 24MHz | 1 | 5.2 | |
| | | | 20MHz | 0 | 4.7 | |
| | | | 16MHz | 0 | 4.0 | |
| | | | 12MHz | 0 | 3.4 | |
| | | | 8MHz | 0 | 2.7 | |
| | | | 4MHz | 0 | 2.0 | |

表 5-7 程序在 FLASH 上运行时的电流特性

◆ SRAM 上运行时的电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD5}=5\text{V}$)

| 标号 | 参数 | 条件 | f_{HCLK} | Wait | 典型值 | 单位 |
|------------|----------|----------------|-------------------|------|------|----|
| I_{VDD5} | RUN 模式电流 | HOSC 时钟源所有外设使能 | 48MHz | 0 | 14.6 | mA |
| | | | 44MHz | 0 | 13.5 | |
| | | | 40MHz | 0 | 12.6 | |
| | | | 36MHz | 0 | 11.7 | |
| | | | 32MHz | 0 | 10.7 | |
| | | | 28MHz | 0 | 9.7 | |
| | | | 24MHz | 0 | 8.7 | |
| | | | 20MHz | 0 | 7.8 | |
| | | | 16MHz | 0 | 6.8 | |
| | | | 12MHz | 0 | 5.8 | |
| | | | 8MHz | 0 | 4.9 | |
| | | | 4MHz | 0 | 3.9 | |
| | | HOSC 时钟源所有外设禁止 | 48MHz | 0 | 5.7 | |
| | | | 44MHz | 0 | 5.3 | |
| | | | 40MHz | 0 | 5.0 | |
| | | | 36MHz | 0 | 4.7 | |
| | | | 32MHz | 0 | 4.3 | |
| | | | 28MHz | 0 | 3.9 | |
| | | | 24MHz | 0 | 3.5 | |
| | | | 20MHz | 0 | 3.2 | |
| | | | 16MHz | 0 | 2.8 | |
| | | | 12MHz | 0 | 2.4 | |
| | | | 8MHz | 0 | 2.1 | |
| | | | 4MHz | 0 | 1.7 | |

表 5-8 程序在 SRAM 上运行时的电流特性

◆ SLEEP 模式电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD5}=5\text{V}$)

| 标号 | 参数 | 条件 | f_{HCLK} | Wait | 典型值 | 单位 |
|-------------------|------------|----------------|-------------------|------|------|----|
| I_{VDD5} | SLEEP 模式电流 | HOSC 时钟源所有外设使能 | 48MHz | 2 | 11.4 | mA |
| | | | 44MHz | 2 | 10.7 | |
| | | | 40MHz | 1 | 10.0 | |
| | | | 36MHz | 1 | 9.3 | |
| | | | 32MHz | 1 | 8.6 | |
| | | | 28MHz | 1 | 7.8 | |
| | | | 24MHz | 1 | 7.2 | |
| | | | 20MHz | 0 | 6.5 | |
| | | | 16MHz | 0 | 5.7 | |
| | | | 12MHz | 0 | 5.0 | |
| | | | 8MHz | 0 | 4.3 | |
| | | | 4MHz | 0 | 3.6 | |
| | | HOSC 时钟源所有外设禁止 | 48MHz | 2 | 2.6 | |
| | | | 44MHz | 2 | 2.5 | |
| | | | 40MHz | 1 | 2.4 | |
| | | | 36MHz | 1 | 2.3 | |
| | | | 32MHz | 1 | 2.1 | |
| | | | 28MHz | 1 | 2.0 | |
| | | | 24MHz | 1 | 1.9 | |
| | | | 20MHz | 0 | 1.8 | |
| | | | 16MHz | 0 | 1.7 | |
| | | | 12MHz | 0 | 1.6 | |
| | | | 8MHz | 0 | 1.5 | |
| | | | 4MHz | 0 | 1.4 | |

表 5-9 SLEEP 模式电流特性，程序在 FLASH 或 SRAM

◆ STOP(DEEPSLEEP)模式电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD5}=5\text{V}$)

| 标号 | 参数 | 条件 | f_{HCLK} | Wait | 典型值 | 单位 |
|------------|-----------|----------------|-------------------|------|------|----|
| I_{VDD5} | STOP 模式电流 | HOSC 时钟源所有外设使能 | 48MHz | 2 | 3.80 | mA |
| | | | 44MHz | 2 | 3.72 | |
| | | | 40MHz | 1 | 3.64 | |
| | | | 36MHz | 1 | 3.58 | |
| | | | 32MHz | 1 | 3.50 | |
| | | | 28MHz | 1 | 3.42 | |
| | | | 24MHz | 1 | 3.34 | |
| | | | 20MHz | 0 | 3.26 | |
| | | | 16MHz | 0 | 3.18 | |
| | | | 12MHz | 0 | 3.12 | |
| | | | 8MHz | 0 | 3.06 | |
| | | | 4MHz | 0 | 2.98 | |
| | | HOSC 时钟源所有外设禁止 | 48MHz | 2 | 2.28 | |
| | | | 44MHz | 2 | 2.20 | |
| | | | 40MHz | 1 | 2.12 | |
| | | | 36MHz | 1 | 2.04 | |
| | | | 32MHz | 1 | 1.96 | |
| | | | 28MHz | 1 | 1.88 | |
| | | | 24MHz | 1 | 1.80 | |
| | | | 20MHz | 0 | 1.72 | |
| | | | 16MHz | 0 | 1.64 | |
| | | | 12MHz | 0 | 1.56 | |
| | | | 8MHz | 0 | 1.48 | |
| | | | 4MHz | 0 | 1.40 | |

表 5-10 STOP(DEEPSLEEP)模式电流特性，程序在 FLASH 或 SRAM

典型电流值在以下条件下测得:

- ◇ 所有 IO 处于输入状态 (固定上拉), 无负载
- ◇ HOSC:8MHz, LOSC:32.768KHz, 系统运行在 PLL0(来源为 HOSC)
- ◇ 运行 dhrystone 程序
- ◇ 所有外设关闭(包含 HRC,LOSC,LRC,PLL1)
- ◇ 所有外设使能(包含 HRC,LOSC,LRC,PLL1)
- ◇ FLASH 的访问周期根据系统频率改变
- ◇ FLASH 预取指开启
- ◇ 当外设使能时, $f_{PCLK1}=f_{HCLK}/2, f_{PCLK2}=f_{HCLK}/2$

◆ FLASH 上运行时的电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}, V_{DD5}=5\text{V}$)

| 标号 | 参数 | 条件 | f_{HCLK} | Wait | 典型值 | 单位 |
|-------------------|----------|----------------|------------|------|------|----|
| I _{VDD5} | RUN 模式电流 | HOSC 时钟源所有外设使能 | 48MHz | 2 | 13.5 | mA |
| | | | 44MHz | 2 | 12.6 | |
| | | | 40MHz | 1 | 12.7 | |
| | | | 36MHz | 1 | 11.7 | |
| | | | 32MHz | 1 | 10.7 | |
| | | | 28MHz | 1 | 9.7 | |
| | | | 24MHz | 1 | 8.8 | |
| | | | 20MHz | 0 | 8.0 | |
| | | | 16MHz | 0 | 7.0 | |
| | | | 12MHz | 0 | 6.0 | |
| | | | 8MHz | 0 | 5.0 | |
| | | | 4MHz | 0 | 3.9 | |
| | | HOSC 时钟源所有外设禁止 | 48MHz | 2 | 7.7 | |
| | | | 44MHz | 2 | 7.2 | |
| | | | 40MHz | 1 | 7.6 | |
| | | | 36MHz | 1 | 7.0 | |
| | | | 32MHz | 1 | 6.3 | |
| | | | 28MHz | 1 | 5.7 | |
| | | | 24MHz | 1 | 5.1 | |
| | | | 20MHz | 0 | 4.7 | |
| | | | 16MHz | 0 | 4.0 | |
| | | | 12MHz | 0 | 3.3 | |
| | | | 8MHz | 0 | 2.7 | |
| | | | 4MHz | 0 | 2.0 | |

表 5-11 程序在 FLASH 上运行时的电流特性

◆ SRAM 上运行时的电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD5}=5\text{V}$)

| 标号 | 参数 | 条件 | f_{HCLK} | Wait | 典型值 | 单位 |
|-------------------|----------|----------------|-------------------|------|------|----|
| I _{VDD5} | RUN 模式电流 | HOSC 时钟源所有外设使能 | 48MHz | 0 | 11.4 | mA |
| | | | 44MHz | 0 | 10.7 | |
| | | | 40MHz | 0 | 10.0 | |
| | | | 36MHz | 0 | 9.3 | |
| | | | 32MHz | 0 | 8.5 | |
| | | | 28MHz | 0 | 7.8 | |
| | | | 24MHz | 0 | 7.2 | |
| | | | 20MHz | 0 | 6.5 | |
| | | | 16MHz | 0 | 5.7 | |
| | | | 12MHz | 0 | 5.0 | |
| | | | 8MHz | 0 | 4.3 | |
| | | | 4MHz | 0 | 3.6 | |
| | | HOSC 时钟源所有外设禁止 | 48MHz | 0 | 5.6 | |
| | | | 44MHz | 0 | 5.2 | |
| | | | 40MHz | 0 | 4.9 | |
| | | | 36MHz | 0 | 4.6 | |
| | | | 32MHz | 0 | 4.2 | |
| | | | 28MHz | 0 | 3.8 | |
| | | | 24MHz | 0 | 3.5 | |
| | | | 20MHz | 0 | 3.2 | |
| | | | 16MHz | 0 | 2.7 | |
| | | | 12MHz | 0 | 2.4 | |
| | | | 8MHz | 0 | 2.2 | |
| | | | 4MHz | 0 | 1.7 | |

表 5-12 程序在 SRAM 上运行时的电流特性

◆ SLEEP 模式电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD5}=5\text{V}$)

| 标号 | 参数 | 条件 | f_{HCLK} | Wait | 典型值 | 单位 |
|-------------------|------------|----------------|-------------------|------|------|----|
| I_{VDD5} | SLEEP 模式电流 | HOSC 时钟源所有外设使能 | 48MHz | 2 | 8.2 | mA |
| | | | 44MHz | 2 | 7.8 | |
| | | | 40MHz | 1 | 7.4 | |
| | | | 36MHz | 1 | 6.9 | |
| | | | 32MHz | 1 | 6.4 | |
| | | | 28MHz | 1 | 6.0 | |
| | | | 24MHz | 1 | 5.6 | |
| | | | 20MHz | 0 | 5.1 | |
| | | | 16MHz | 0 | 4.7 | |
| | | | 12MHz | 0 | 4.2 | |
| | | | 8MHz | 0 | 3.8 | |
| | | | 4MHz | 0 | 3.4 | |
| | | HOSC 时钟源所有外设禁止 | 48MHz | 2 | 2.39 | |
| | | | 44MHz | 2 | 2.30 | |
| | | | 40MHz | 1 | 2.21 | |
| | | | 36MHz | 1 | 2.12 | |
| | | | 32MHz | 1 | 2.03 | |
| | | | 28MHz | 1 | 1.94 | |
| | | | 24MHz | 1 | 1.85 | |
| | | | 20MHz | 0 | 1.76 | |
| | | | 16MHz | 0 | 1.67 | |
| | | | 12MHz | 0 | 1.58 | |
| | | | 8MHz | 0 | 1.49 | |
| | | | 4MHz | 0 | 1.40 | |

表 5-13 SLEEP 模式电流特性，程序在 FLASH 或 SRAM

◆ STOP(DEEPSLEEP)模式电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD5}=5\text{V}$)

| 标号 | 参数 | 条件 | f_{HCLK} | Wait | 典型值 | 单位 |
|------------|-----------|----------------|-------------------|------|------|----|
| I_{VDD5} | STOP 模式电流 | HOSC 时钟源所有外设使能 | 48MHz | 2 | 3.44 | mA |
| | | | 44MHz | 2 | 3.36 | |
| | | | 40MHz | 1 | 3.32 | |
| | | | 36MHz | 1 | 3.29 | |
| | | | 32MHz | 1 | 3.19 | |
| | | | 28MHz | 1 | 3.1 | |
| | | | 24MHz | 1 | 3.08 | |
| | | | 20MHz | 0 | 3.02 | |
| | | | 16MHz | 0 | 2.95 | |
| | | | 12MHz | 0 | 2.9 | |
| | | | 8MHz | 0 | 2.83 | |
| | | | 4MHz | 0 | 2.77 | |
| | | HOSC 时钟源所有外设禁止 | 48MHz | 2 | 2.04 | |
| | | | 44MHz | 2 | 1.98 | |
| | | | 40MHz | 1 | 1.92 | |
| | | | 36MHz | 1 | 1.86 | |
| | | | 32MHz | 1 | 1.82 | |
| | | | 28MHz | 1 | 1.76 | |
| | | | 24MHz | 1 | 1.70 | |
| | | | 20MHz | 0 | 1.64 | |
| | | | 16MHz | 0 | 1.58 | |
| | | | 12MHz | 0 | 1.52 | |
| | | | 8MHz | 0 | 1.46 | |
| | | | 4MHz | 0 | 1.40 | |

表 5-14 STOP(DEEPSLEEP)模式电流特性，程序在 FLASH 或 SRAM

5.5.4.2 低功耗模式特性

◆ SLEEP 模式下电流特性

| 标号 | 参数 | 条件 | 典型值 | | | 最大值 | 单位 |
|-------------------|---------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | | VDD5=2.2V | VDD5=3.3V | VDD5=5.5V | T _A =85℃ | |
| I _{VDD5} | SLEEP 模式电流 | HRC 开启 外设开启 | 1050 | 1150 | 1250 | 1300 | uA |
| | | HRC 关闭 LRC 开启 外设开启 | 250 | 300 | 350 | 380 | uA |
| | | HRC 开启 外设关闭 | 400 | 450 | 500 | 550 | uA |
| | | HRC 关闭 LRC 开启 外设关闭 | 230 | 280 | 330 | 350 | uA |

表 5-15 SLEEP 模式下电流特性

◆ STOP 模式下电流特性

| 标号 | 参数 | 条件 | 典型值 | | | 最大值 | 单位 |
|-------------------|--------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | | VDD5=2.2V | VDD5=3.3V | VDD5=5.5V | T _A =85℃ | |
| I _{VDD5} | STOP 模式电流 | HRC 开启 外设开启 | 1030 | 1130 | 1230 | 1270 | uA |
| | | HRC 关闭 LRC 开启 外设开启 | 240 | 290 | 340 | 370 | uA |
| | | HRC 开启 外设关闭 | 380 | 430 | 480 | 530 | uA |
| | | HRC 关闭 LRC 开启 外设关闭 | 220 | 270 | 320 | 340 | uA |

表 5-16 STOP 模式下电流特性

◆ STANDBY0 模式下电流特性

| 标号 | 参数 | 条件 | 典型值 | | | 最大值 | 单位 |
|-------------------|------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | | VDD5=2.2V | VDD5=3.3V | VDD5=5.5V | T _A =85℃ | |
| I _{VDD5} | STANDBY0 模式电流 | RTC,LOSC 工作 备份域SRAM 数据保持 | 1.7 | 2.2 | 3.4 | 4.7 | uA |
| | | RTC,LOSC 不工作 备份域SRAM 数据保持 | 500 | 550 | 750 | 2300 | nA |

表 5-17 STANDBY0 模式下电流特性

◆ STANDBY1 模式下电流特性

| 标号 | 参数 | 条件 | 典型值 | | | 最大值 | 单位 |
|-------------------|---------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | | VDD5=2.2V | VDD5=3.3V | VDD5=5.5V | T _A =85℃ | |
| I _{VDD5} | STANDBY1 模式电流 | RTC,LOSC 工作 关闭内部LDO | 1.6 | 2.1 | 3.3 | 4.2 | uA |
| | | RTC,LOSC 不工作 关闭内部LDO | 360 | 420 | 540 | 1680 | nA |

表 5-18 STANDBY1 模式下电流特性

◆ Shutdown 模式下电流特性

| 标号 | 参数 | 条件 | 典型值 | | | 最大值 | 单位 |
|-------------------|---------------|---|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | | VDD5=2.2V | VDD5=3.3V | VDD5=5.5V | T _A =85℃ | |
| I _{VDD5} | Shutdown 模式电流 | RTC,LOSC 工作 不支援 PVD 关闭内部BGP 关闭内部LDO | 1.3 | 1.8 | 2.9 | 3.9 | uA |
| | | RTC,LOSC 不工作 不支援 PVD 关闭内部BGP 关闭内部LDO | 20 | 50 | 250 | 1400 | nA |

表 5-19 Shutdown 模式下电流特性

5.5.4.3 模块在典型应用场合下的电流特性

| 标号 | 参数 | 电流 | 单位 |
|-------------------|---------------|------|----|
| I _{HOSC} | HOSC 电流 8MHz | 750 | uA |
| I _{HRC} | HRC 电流 4MHz | 100 | |
| I _{LOSC} | LOSC 电流 | 1.8 | |
| I _{LRC} | LRC 电流 | 1.3 | |
| I _{PLL0} | PLL0 电流 48MHz | 450 | |
| I _{PLL1} | PLL1 电流 48MHz | 450 | |
| I _{ADC} | ADC 电流 | 4500 | |
| I _{DAC} | DAC 电流 | 1450 | |
| I _{USB} | USB 电流 | 500 | |

表 5-20 模块在典型应用场合下的电流特性

5.5.5 外部时钟源电气参数

◆ 外部输入高速时钟特性如下表所示：

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|-----|------|-----|-----|
| f_{HOSC} | HOSC_IN 输入高速时钟频率 | - | 4 | 8 | 32 | MHz |
| V_{HOSC} | HOSC_OUT 输入时钟的电压 | - | - | 0.2 | - | Vpp |
| t_{WIDTH_HOSC} | HOSC_IN 输入时钟高电平或低电平 时间 | 8MHz 晶振 | - | 62.5 | - | ns |
| C_{HOSC} | HOSC_IN 电容 | - | - | 22 | - | pF |
| $DUTY_{HOSC}$ | HOSC_IN 输入时钟占空比 | - | 45 | - | 55 | % |
| $I_{LEAKAGE_HOSC}$ | HOSC_IN 输入漏电 | $VSSA \leq V_{IN} \leq VDD5$ | - | - | 1 | uA |

表 5-21 外部输入高速时钟特性参数

◆ 外部输入低速时钟特性如下表所示：

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|----------------------|------------------------------|------|--------|------|-----|
| f_{LOSC} | 外部高速晶体振荡器频率 | - | - | 32.768 | - | KHz |
| V_{LOSC} | LOSC_IN 输入的电压 | - | - | 0.5 | - | Vpp |
| t_{WIDTH_LOSC} | LOSC_IN 高电平或低电平时间 | - | 12.2 | - | 18.3 | us |
| $DUTY_{LOSC}$ | 占空比 | - | 40 | - | 60 | % |
| $I_{LEAKAGE_LOSC}$ | LOSC_IN 输入漏电 | $VSSA \leq V_{IN} \leq VDD5$ | - | - | 1 | uA |

表 5-22 外部输入低速时钟特性参数

◆ 外部高速振荡时钟（晶体或陶瓷振荡）

外部高速振荡时钟可由 4MHz 到 32MHz 范围的晶体或陶瓷振荡器提供。在应用中，振荡器与负载电容的距离必须放置得尽可能近，以使输出信号失真和起振稳定时间最小。

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----|------|-----|------|
| $f_{\text{HOSC_IN}}$ | HOSC_IN 外部高速振荡时钟频率 | - | 4 | 8 | 32 | MHz |
| C | 建议根据晶体自身的电阻值， 采用相应的电容负载（注 1） | $R_s=60$ | - | 22 | - | pF |
| I | 外部高速振荡器的驱动电流 | VDD= 3.3 V, VIN= VSS 22pF 负载 | - | 650 | - | uA |
| g_m | 振荡器跨导 | 启动 | - | 2.34 | - | mA/V |
| $t_{\text{START_HOSC}}$ | 振荡器启动时间（注 2） | VDD5 稳定, 8MHz 晶振 | - | 2 | - | ms |

表 5-23 外部高速振荡时钟特性参数

注 1: 在潮湿环境下使用晶体或陶瓷振荡器的注意要点，比如建议如何配置电阻等参数。

注 2: $t_{\text{START_HOSC}}$ 是振荡器的起振稳定时间，指的是从软件使能振荡器到稳定输出某一频率时钟这段期间。该值会因振荡器的制造商不同而改变。

注 3: 外接振荡器参数请参考晶体或陶瓷振荡器制造商。

下图为外部高速振荡器的典型应用连接：

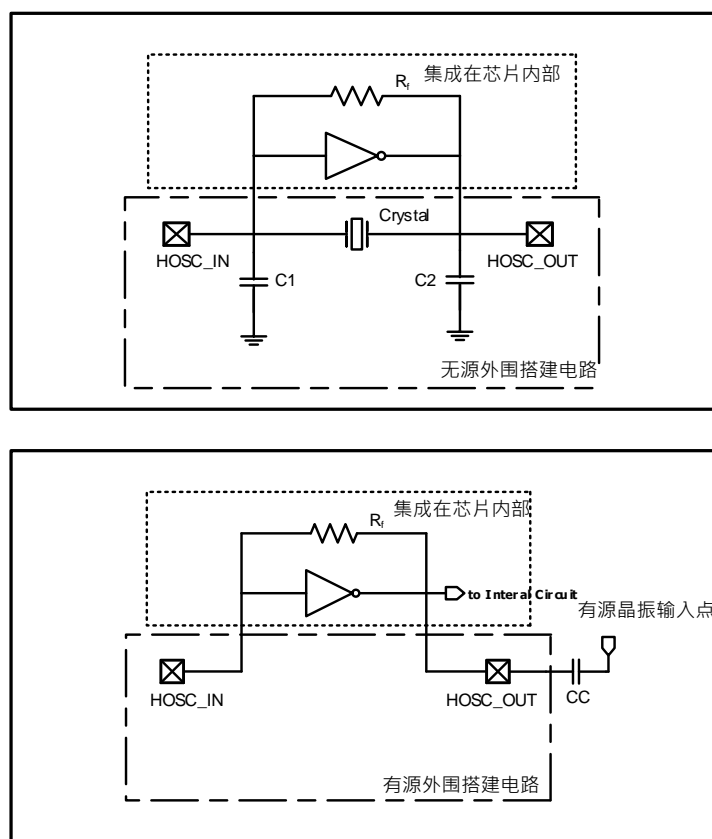


图 5-3 外部高速振荡器连接图

注：采用有源晶振输入时，必须在 HOSC_OUT 脚位与有源晶振之间串联电容(CC,10nF)。

◆ 外部低速振荡时钟（晶体或陶瓷振荡）

外部低速振荡时钟由 32.768KHz 的晶体或陶瓷振荡器提供。在应用中，振荡器与负载电容的距离必须放置得尽可能近，以使输出信号失真和发振稳定时间最小。

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------------|--------------|------------------------------|-----|-----|------|------|
| I | 外部低速振荡器的驱动电流 | - | - | - | 1.8 | uA |
| g _m | 振荡器跨导 | - | 5.1 | - | - | uA/V |
| t _{START_LOSC} | 振荡器启动时间（注 2） | VDD5 稳定, T _A =25℃ | - | - | 1150 | ms |

表 5-24 外部低速振荡器时钟特性

注 1: 在潮湿环境下使用晶体或陶瓷振荡器的注意要点，比如建议如何配置电阻等参数。

注 2: t_{START_LOSC} 是振荡器的起振稳定时间，指的是从软件使能振荡器到稳定输出某一频率时钟这段期间。该值会因振荡器的制造商不同而改变。

注 3: 外接振荡器参数请参考晶体或陶瓷振荡器制造商。

下图为外部低速振荡器的典型应用连接：

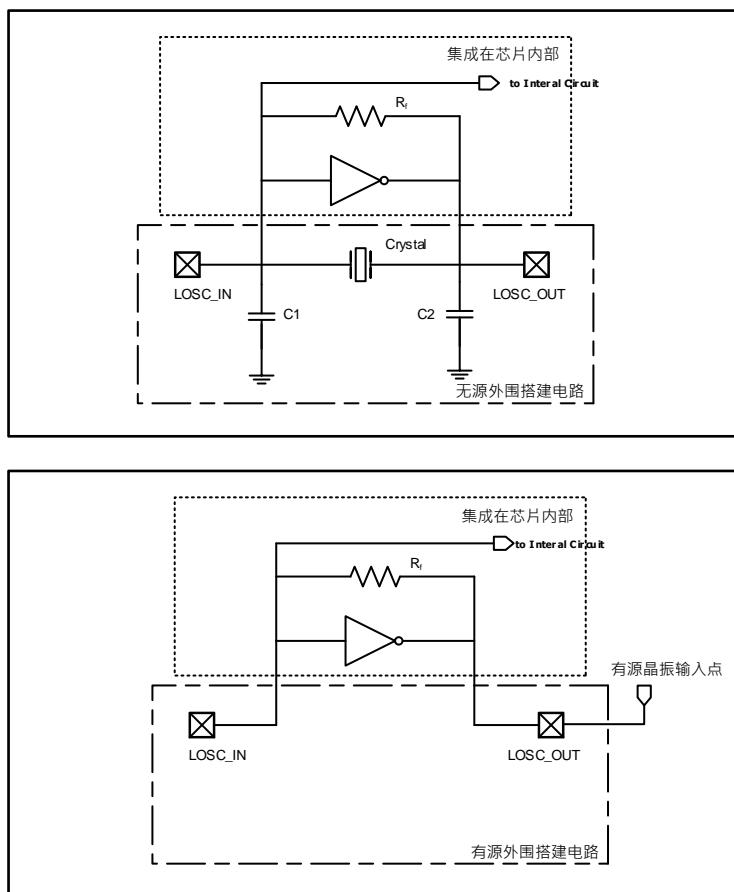


图 5-4 外部低速振荡器连接图

注：采用有源晶振输入时,必须在 LOSC_OUT 脚位。

5.5.6 内部时钟源电气参数

◆ 内部高速 RC 振荡器

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------|--------|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| fHRC | 频率 | — | — | 4 | — | MHz |
| Duty | 占空比 | — | — | 50 | — | % |
| ACC _{HRC} | HRC 精度 | TA= - 40 to 85 ° C | — | — | 2.5 | % |
| | | TA=-10 to 85 °C | — | — | 1.5 | % |
| | | TA=0 to 70 °C | — | — | 1.3 | % |
| t _{START_HRC} | 起振稳定时间 | — | — | 30 | — | us |
| I _{DD} | HRC 电流 | — | — | 100 | — | uA |

表 5-25 内部高速 RC 振荡器特性

◆ 内部低速 RC 振荡器

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------|--------|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| f _{LRC} | 频率 | — | — | 50 | — | KHz |
| ACC _{LRC} | LRC 精度 | TA=-40 to 85 °C | — | — | 20 | % |
| | | TA=25°C | — | — | 15 | % |
| t _{START_LRC} | 起振稳定时间 | — | — | 3.5 | — | us |
| I _{DD} | LRC 电流 | — | — | 1.3 | — | uA |

表 5-26 内部低速 RC 振荡器特性

5.5.7 锁相环电气参数

5.5.7.1 PLL0 电气参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------|--------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| f _{PLL0_IN} | PLL0 输入时钟 | - | - | 4 | - | MHz |
| | PLL0 输入时钟占空比 | - | - | 50 | - | % |
| f _{PLL0_OUT} | PLL0 倍频输出时钟 | 1 倍频 | - | 4 | - | MHz |
| | PLL0 倍频输出时钟 | 12 倍频 | - | 48 | - | MHz |
| t _{LOCK} | PLL0 锁定时间 | - | - | 100 | - | us |
| Jitter | 时钟抖动 | - | - | 20 | - | ps |

表 5-27 PLL0 电气参数

注：t_{JITTER} 值为设计指标。

5.5.7.2 PLL1 电气参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------|--------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| f _{PLL1_IN} | PLL1 输入时钟 | - | - | 4 | - | MHz |
| | PLL1 输入时钟占空比 | - | - | 50 | - | % |
| f _{PLL1_OUT} | PLL1 倍频输出时钟 | 12 倍频 | - | 48 | - | MHz |
| t _{LOCK} | PLL1 锁定时间 | - | - | 100 | - | us |
| Jitter | 时钟抖动 | - | - | 20 | - | ps |

表 5-28 PLL1 电气参数

注：t_{JITTER} 值为设计指标。

5.5.8 存储电气参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------|--------|--------------------------------|--------|-----|-----|--------|
| t _{PROG} | 字编程时间 | T _A = -40 to +85 °C | - | 24 | - | us |
| t _{ERASE} | 页擦除时间 | T _A = -40 to +85 °C | - | 1.4 | - | ms |
| t _{ME} | 块擦除 | T _A = -40 to +85 °C | - | 88 | - | ms |
| I _{DD} | 消耗电流 | 读取模式, 48MHz, VDD5=5V | - | 2 | - | mA |
| | | 编程模式 VDD5=5V | - | 4 | - | mA |
| | | 页擦除模式 VDD5=5V | - | 4 | - | mA |
| | | 块擦除模式 VDD5=5V | - | 4 | - | mA |
| | | 掉电模式 | - | 1 | - | uA |
| V _{PROG} | 编程电压 | - | - | - | 10 | V |
| Endurance | 编程次数 | - | 100000 | - | - | Cycles |
| t _{RET} | 数据保持时间 | - | 10 | - | - | Years |

表 5-29 存储器特性

5.5.9 电磁兼容性

| 标号 | 参数 | 测试条件 | 典型值 | 单位 |
|------------------|--------|---|------|----|
| V _{EFT} | EFT 电压 | 25°C, VDD5=5V, 系统时钟 HRC 4MHz, 每路 VDD5 只有一个 100nF/0603 贴片电容, 禁止 WDT 复位功能 | 23.5 | us |

表 5-30 EFT 参数

注：上述 EFT 特性参数值是基于理论设计值和产品抽样的测试值，仅供芯片应用时参考。

5.5.10 电气最大额定值

5.5.10.1 静电释放

| 标号 | 参数 | 测试条件 | 等级 | 典型值 | 单位 |
|--------------------|--------------|--|----|-------|----|
| V _{ESDHB} | ESD 电压（人体模型） | T _A = 25°C, JEDEC EIA/JESD22-A114-B | 2 | ±4000 | V |
| V _{ESDMM} | ESD 电压（机器模型） | T _A = 25°C, JEDEC EIA/JESD22-A115 | 2 | ±400 | V |

表 5-31 ESD 最大额定值

注：上述 ESD 特性参数值是基于理论设计值和产品抽样的测试值，仅供芯片应用时参考。

5.5.10.2 静态门锁

| 标号 | 参数 | 测试条件 | 等级 | 典型值 | 单位 |
|----|--------|---|----|-----------|----|
| LU | 静态门锁等级 | $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, JEDEC STANDARD JESD78E | 1 | ± 350 | mA |

表 5-32 LU 最大额定值

注：上述 LU 特性参数值是基于理论设计值和产品抽样的测试值，仅供芯片应用时参考。

5.5.11 IO 端口电气特性

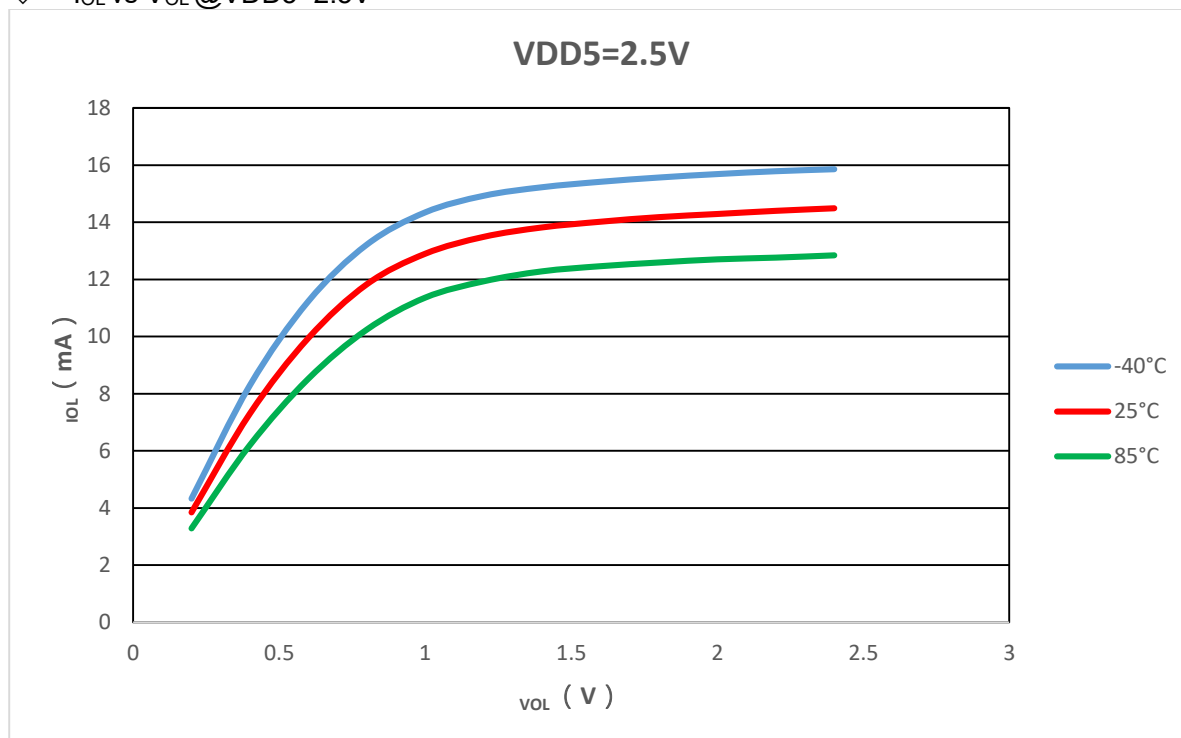
| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|------------------|--|-----------------|------|-----------------|------------|
| V_{IL} | IO 输入低电平电压(CMOS) | $T_A = -40 \text{ to } +85^{\circ}\text{C}$ $V_{DD5}=5\text{V}$ | - | - | $0.3^* V_{DD5}$ | V |
| | IO 输入低电平电压(TTL) | $T_A = -40 \text{ to } +85^{\circ}\text{C}$ $V_{DD5}=5\text{V}$ | - | - | 0.8 | V |
| V_{IH} | IO 输入高电平电压(CMOS) | $T_A = -40 \text{ to } +85^{\circ}\text{C}$ $V_{DD5}=5\text{V}$ | $0.7^* V_{DD5}$ | - | - | V |
| | IO 输入高电平电压(TTL) | $T_A = -40 \text{ to } +85^{\circ}\text{C}$ $V_{DD5}=5\text{V}$ | 2 | - | - | V |
| I_{OL1} | IO 输出低电平(驱动 0) | $V_{DD5}=2.5\text{V}$, $V_{OL}=0.2\text{V}$ | 3.5 | 4 | 4.5 | mA |
| | | $V_{DD5}=5\text{V}$, $V_{OL}=0.4\text{V}$ | 9.4 | 11.6 | 12.6 | mA |
| I_{OH1} | IO 输出高电平(驱动 0) | $V_{DD5}=2.5\text{V}$, $V_{OH}=2.2\text{V}$ | 2.8 | 2.8 | 3.4 | mA |
| | | $V_{DD5}=5\text{V}$, $V_{OH}=4.6\text{V}$ | 4.9 | 6 | 7.1 | mA |
| I_{OL2} | IO 输出低电平(驱动 1) | $V_{DD5}=2.5\text{V}$, $V_{OL}=0.2\text{V}$ | 5.1 | 7.2 | 8 | mA |
| | | $V_{DD5}=5\text{V}$, $V_{OL}=0.4\text{V}$ | 14.3 | 20 | 21.6 | mA |
| I_{OH2} | IO 输出高电平(驱动 1) | $V_{DD5}=2.5\text{V}$, $V_{OH}=2.2\text{V}$ | 4.2 | 5.2 | 6.1 | mA |
| | | $V_{DD5}=5\text{V}$, $V_{OH}=4.6\text{V}$ | 8.5 | 10.9 | 12.5 | mA |
| I_{IOLEAK} | 端口漏电流 | IO 处于高阻态, 接 V_{DD5} 或 V_{SS} | - | - | 400 | pA |
| R_{PU} | IO 上拉电阻 | - | 35 | 50 | 75 | k Ω |
| R_{PD} | IO 下拉电阻 | - | 35 | 50 | 75 | k Ω |
| $t_{IOGLITCH}$ | IO 滤波脉宽 | - | - | 20 | - | ns |

表 5-33 IO 端口电气特性

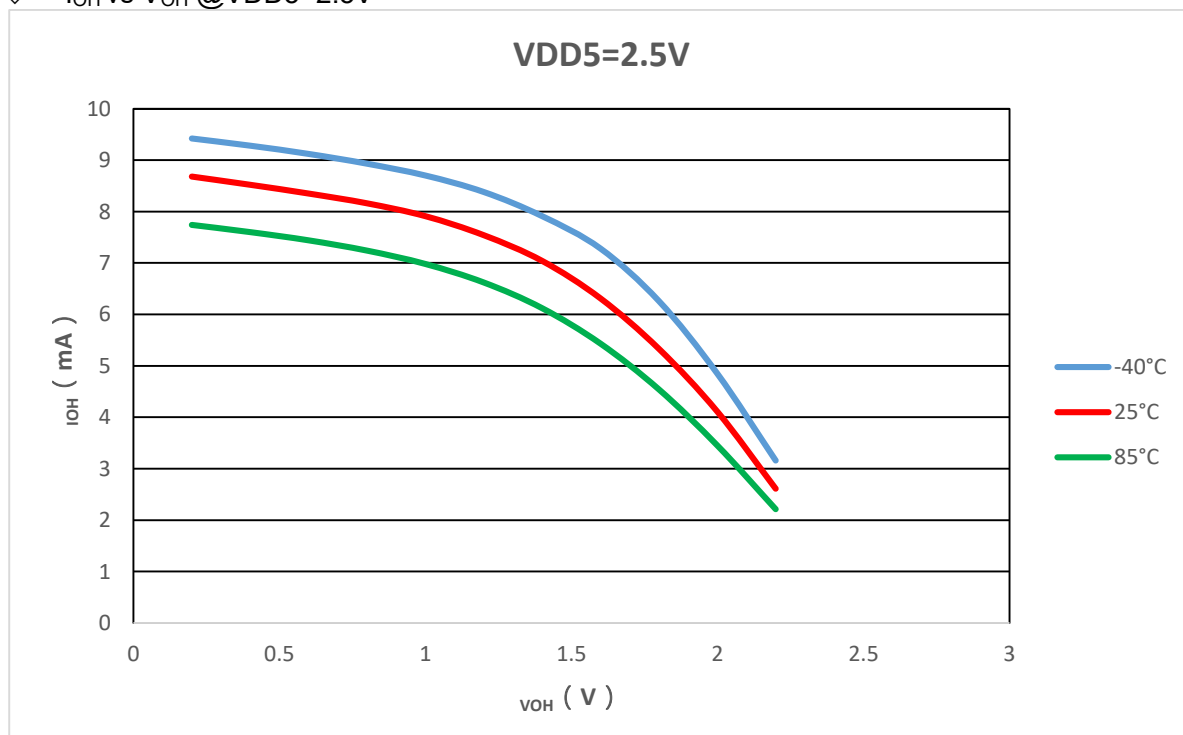
5.5.11.1 芯片 IO 端口特性图

◆ 芯片 IO 端口输出特性 (驱动 0)

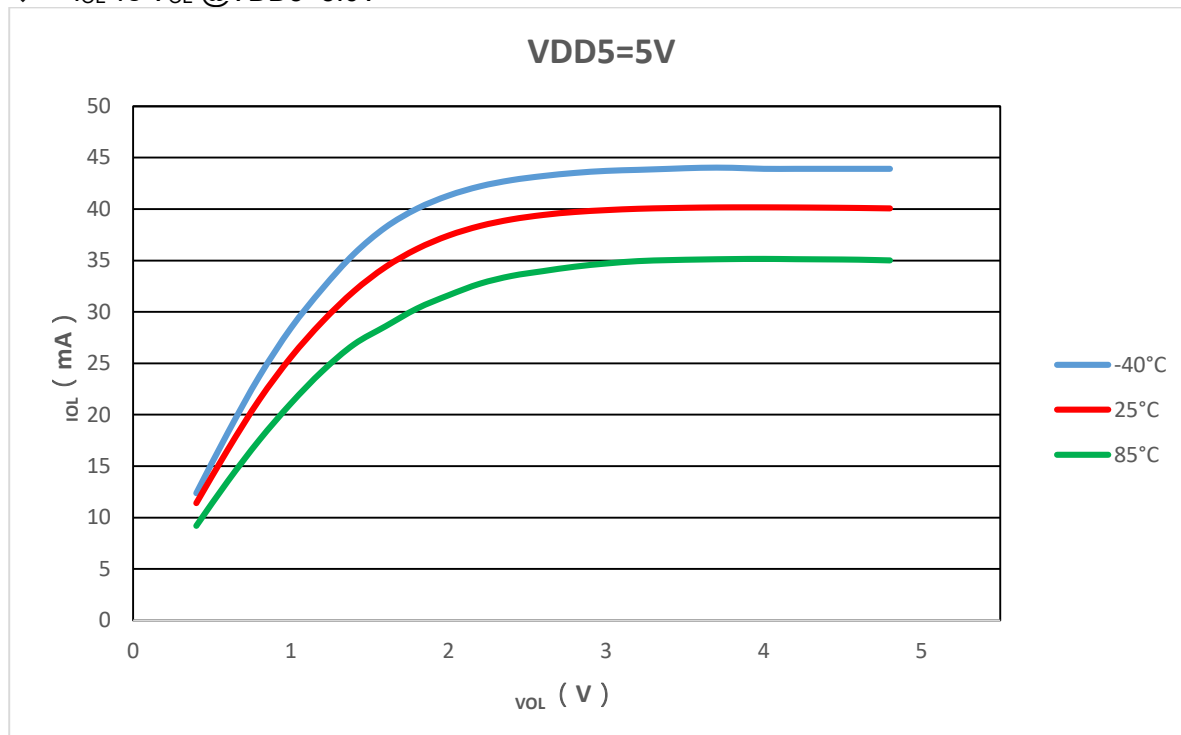
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD5=2.5V



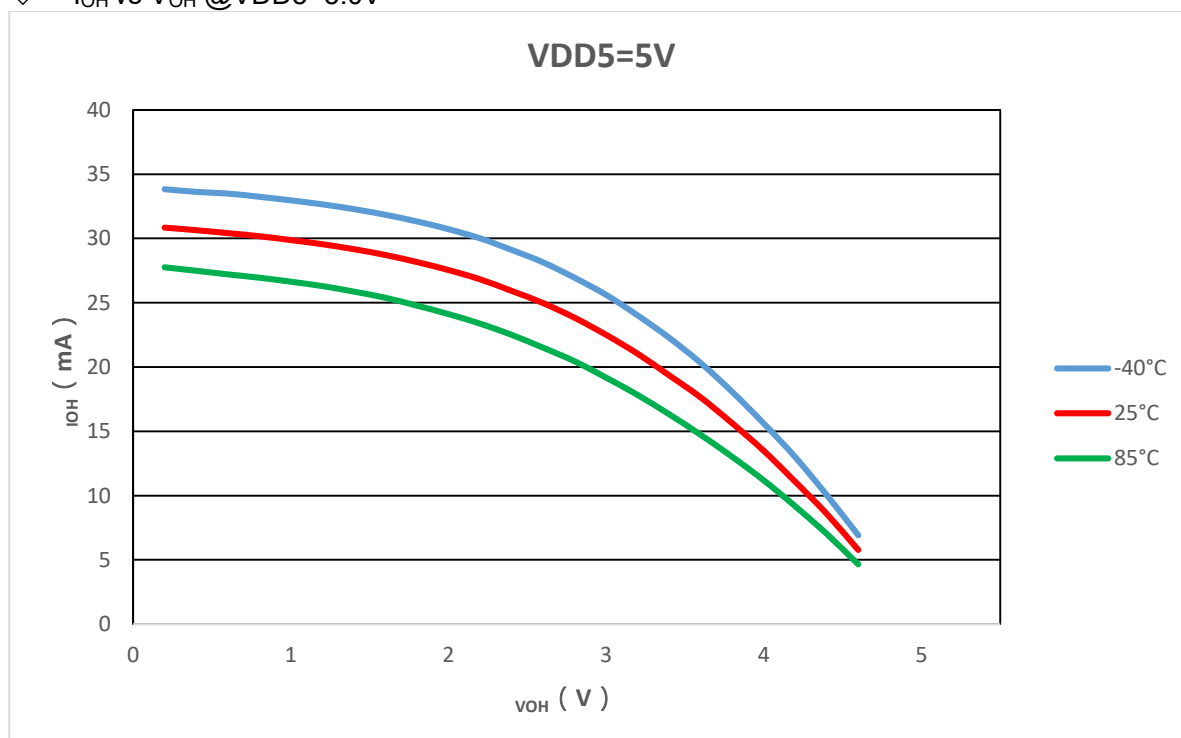
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD5=2.5V



◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD5=5.0V

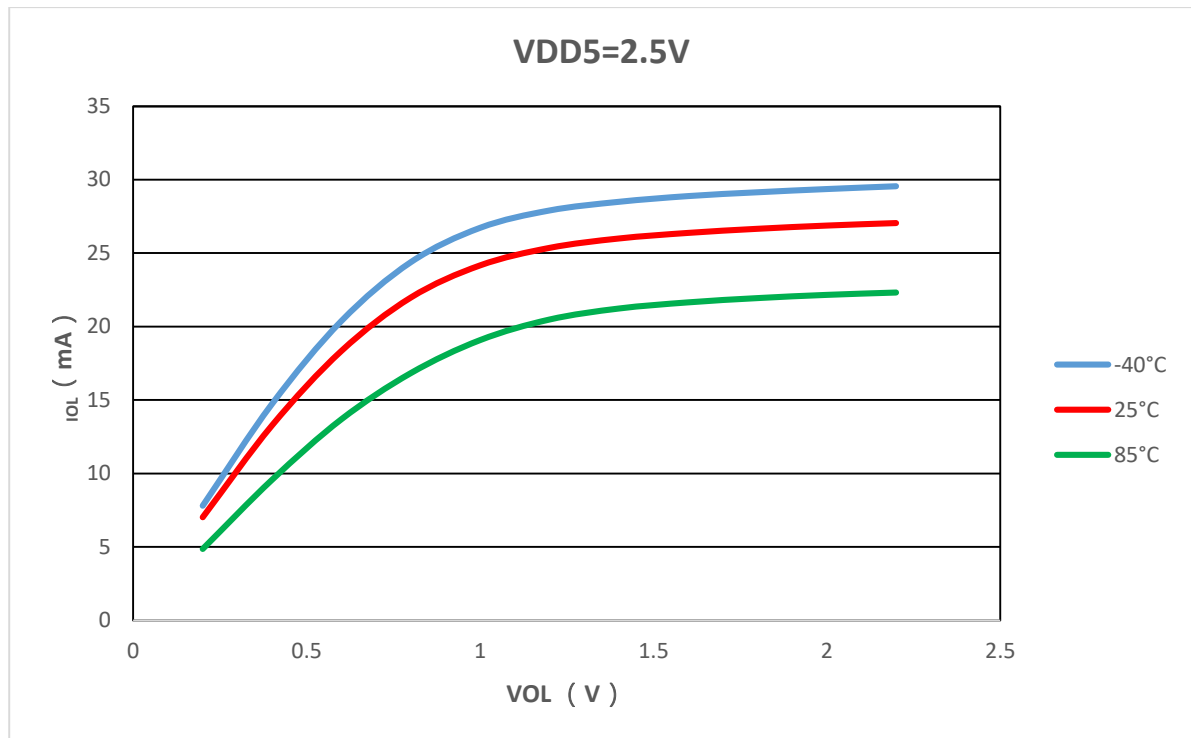


◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD5=5.0V

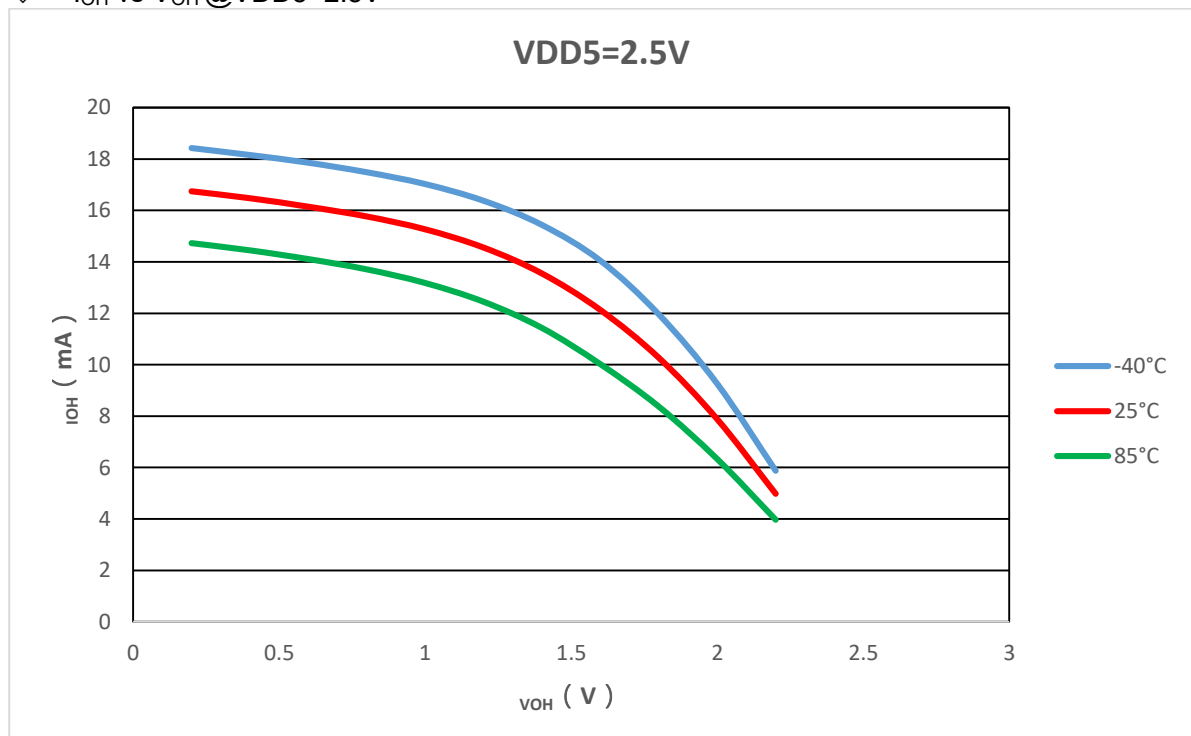


◆ 芯片 IO 端口输出特性 (驱动 1)

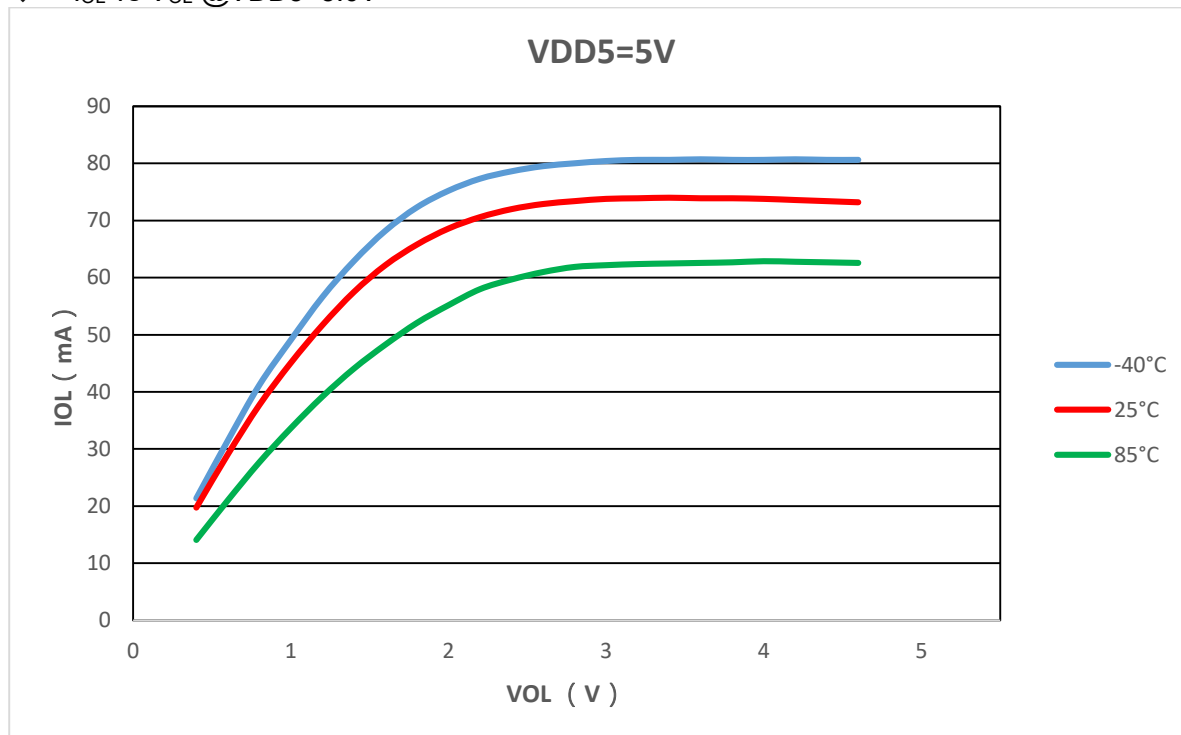
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD5=2.5V



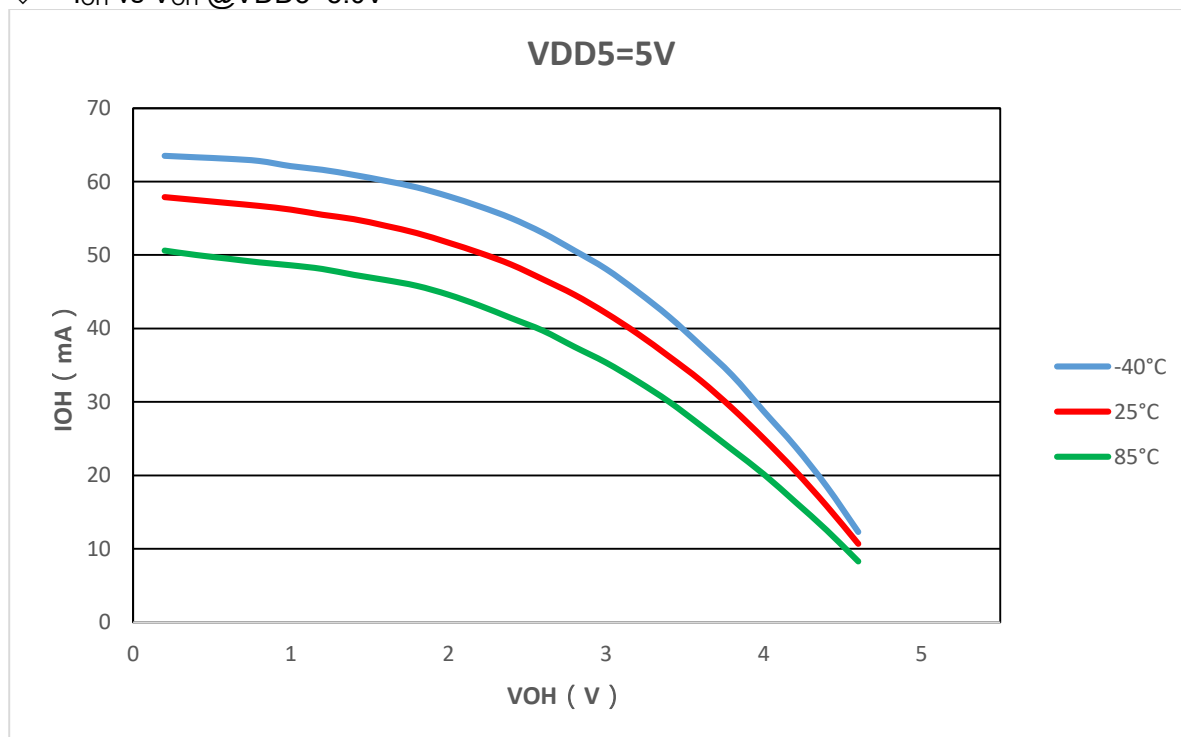
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD5=2.5V



◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD5=5.0V



◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD5=5.0V



◆ IO 端口的 AC 特性

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------|---------------|--|-----|-----|-----|-----|
| f _{IOOUT_MAX} | 最大输出频率 | 驱动 0 (8mA), C= 50 pF, VDD5 = 2 V to 5.5 V | - | - | 24 | MHz |
| t _{IOFALL} | 输出电平从高变低的下降时间 | 驱动 0 (8mA), C= 50 pF, VDD5 = 2 V to 5.5 V | - | - | 10 | ns |
| t _{IORISE} | 输出电平从低变高的上升时间 | 驱动 0 (8mA), C= 50 pF, VDD5 = 2 V to 5.5 V | - | - | 10 | ns |
| f _{IOOUT_MAX} | 最大输出频率 | 驱动 1 (16mA), C= 50 pF, VDD5 = 2 V to 5.5 V | - | - | 28 | MHz |
| t _{IOFALL} | 输出电平从高变低的下降时间 | 驱动 1 (16mA), C= 50 pF, VDD5 = 2 V to 5.5 V | - | - | 8 | ns |
| t _{IORISE} | 输出电平从低变高的上升时间 | 驱动 1 (16mA), C= 50 pF, VDD5 = 2 V to 5.5 V | - | - | 8 | ns |
| t _{IOPULSE} | IO 输入检测脉宽 | GPIO 中断检测宽度, f _{HCLK} = 48MHz | 42 | - | - | ns |

表 5-34 IO 端口的 AC 特性

注：IO 端口的 AC 特性为设计指标。

5.5.12 NRST 电气特性

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|------------------|----|-----|-----|-----------------|----|
| V_{ILMRST} | NRST 输入 低电平电压 | - | 0 | 0.8 | - | V |
| V_{IHMRST} | NRST 输入 高电平电压 | - | - | 2.5 | $V_{DD5} + 0.5$ | V |
| $V_{HSTMRST}$ | NRST 迟滞电压 | - | - | 1.7 | - | V |
| $t_{PULSEMRST}$ | NRST 有效宽度 | - | - | 1 | - | us |

表 5-35 NRST 电气特性

以下为 NRST 参考应用电路：

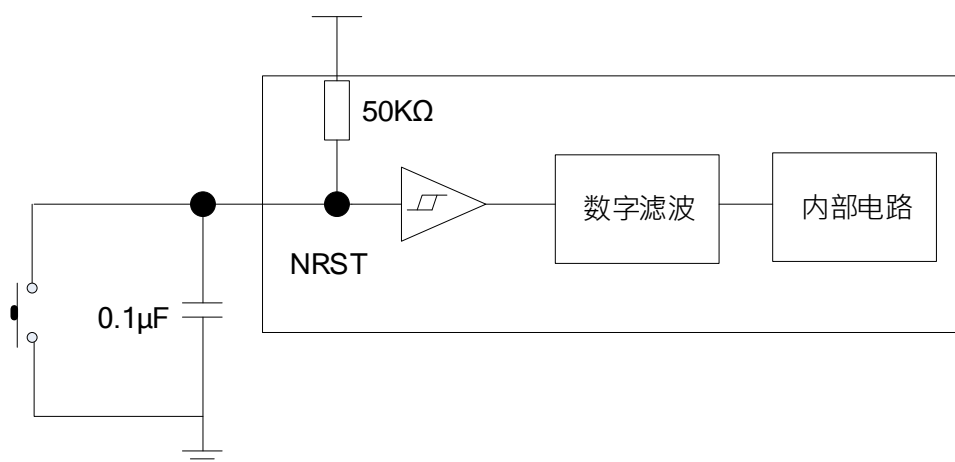


图 5-5 NRST 应用电路

5.5.13 定时器特性参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|-------------|----|-----|----------------------|-----|-----|
| f_{EXT} | 定时器外部输入时钟频率 | - | - | $f_{TIMER_CLK} / 2$ | - | MHz |

表 5-36 定时器特性参数

5.5.14 通信特性参数

5.5.14.1 I2C 特性参数

| 标号 | 参数 | 标准模式 | | 快速模式 | | 单位 |
|--|------------------------|------|------|------|-----|----|
| | | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | |
| t _{WSCLL} | SCL 时钟低电平时间 | 4.7 | – | 1.3 | – | us |
| t _{WSCLH} | SCL 时钟高电平时间 | 4.0 | – | 0.6 | – | us |
| t _{SUSDA} | SDA 建立时间 | 250 | – | 100 | – | ns |
| t _{HSDA} | SDA 保持时间 | – | 3450 | – | 900 | ns |
| t _{RSDA} t _{RSCL} | SDA 和 SCL 上升时间 | – | 1000 | – | 300 | ns |
| t _{FSDA} t _{FSCL} | SDA 和 SCL 的下降时间 | – | 300 | – | 300 | ns |
| t _{HSTA} | START 条件的保持时间 | 4.0 | – | 0.6 | – | us |
| t _{SUSTA} | 重复 START 条件的建立时间 | 4.7 | – | 0.6 | – | us |
| t _{SUSTO} | STOP 条件的建立时间 | 4.0 | – | 0.6 | – | us |
| t _{WSTOSTA} | STOP 至 START 条件的总线空闲时间 | 4.7 | – | 1.3 | – | us |
| C _{BUS} | 总线电容负载 | – | 400 | – | 400 | pF |

表 5-37 I2C 特性参数

5.5.14.2 SPI 特性参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|--|-------------------|--|--------------------|--------------------|-----|
| f _{SCK} | SPI 时钟频率 | 主模式, f _{PCLK} =48MHz | - | 24 | MHz |
| | | 从模式, f _{PCLK} =48MHz | - | 6 | MHz |
| t _{RSCK} t _{FSCK} | SPI 时钟 上升和下降时间 | 电容负载 30pF | - | 8 | ns |
| DUTY _{SCK} | SPI 输入 时钟占空比 | 从模式 | 30 | 70 | % |
| t _{SUNSS} | NSS 建立时间 | 从模式 | 4t _{PCLK} | - | ns |
| t _{HNSS} | NSS 保持时间 | 从模式 | 2t _{PCLK} | - | ns |
| t _{WSCKH} t _{WSCKL} | SCK 高电平和 低电平时间 | 主模式, f _{PCLK} =24MHz, 4 分频 | 75 | 90 | ns |
| SUMI | 输入数据建立时间 | 主模式 | 5 | - | ns |
| t _{SUSI} | 输入数据建立时间 | 从模式 | 5 | - | ns |
| t _{HMI} | 输入数据保持时间 | 主模式 | 5 | - | ns |
| t _{HSI} | 输入数据保持时间 | 从模式 | 4t _{PCLK} | - | ns |
| t _{ASO} | 输出数据访问时间 | 从模式 | 0 | 3t _{PCLK} | ns |
| t _{DISSO} | 输出数据禁止时间 | 从模式 | 2 | 10 | ns |
| t _{VSO} | 输出数据有效时间 | 从模式 | - | 3t _{PCLK} | ns |
| t _{VMO} | 输出数据有效时间 | 主模式 | - | 5 | ns |
| t _{HSO} | 输出数据保持时间 | 从模式 | 15 | - | ns |
| t _{HMO} | 输出数据保持时间 | 主模式 | 2 | - | ns |

表 5-38 SPI 特性参数

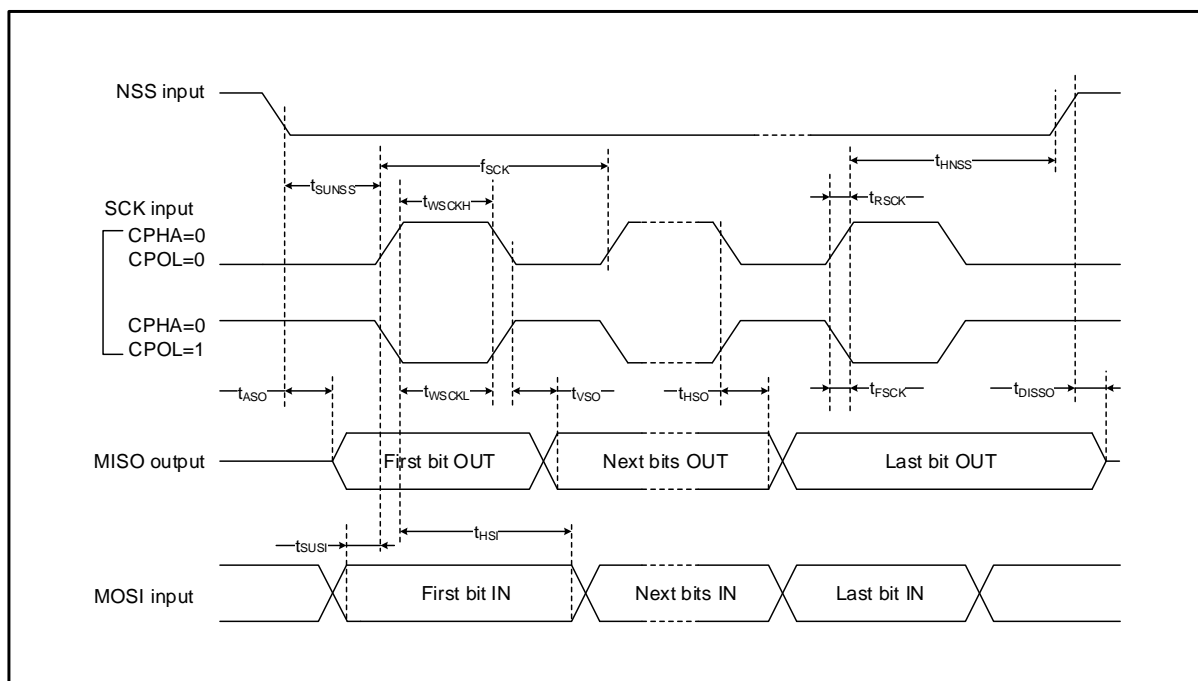


图 5-6 SPI 时序图-从机模式和 CPHA = 0

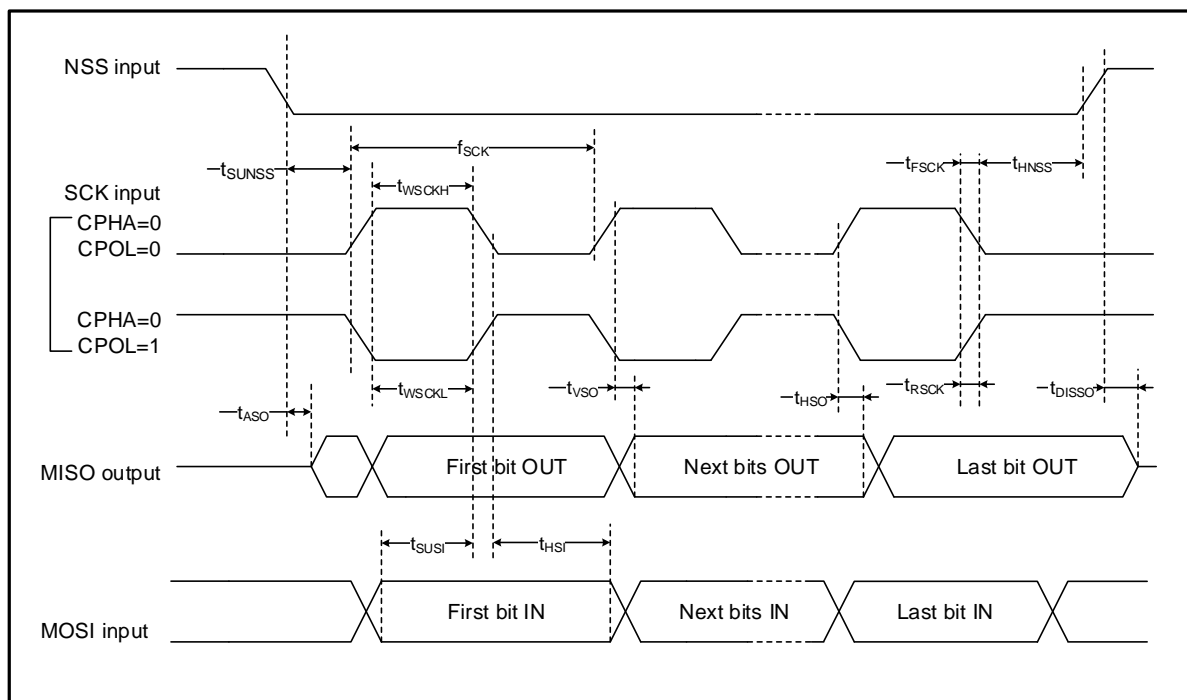


图 5-7 SPI 时序图-从机模式和 CPHA = 1

5.5.15 低功耗模式转换特性参数

◆ 从低功耗模式恢复的时间

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------|-----------------|-------------------------|-----|-----|-----|----|
| $t_{WUSLEEP}$ | SLEEP 模式唤醒时间 | $f_{HCLK}=16\text{MHz}$ | - | 4.3 | - | us |
| t_{WUSTOP} | STOP 模式唤醒时间 | $f_{HCLK}=16\text{MHz}$ | - | 4.3 | - | us |
| $t_{WUSTANDBY0}$ | STANDBY0 模式唤醒时间 | $f_{HCLK}=4\text{MHz}$ | - | 1.2 | - | ms |
| $t_{WUSTANDBY1}$ | STANDBY1 模式唤醒时间 | $f_{HCLK}=4\text{MHz}$ | - | 1.2 | - | ms |
| $t_{WUSHUTDOWN}$ | SHUTDOWN 模式唤醒时间 | $f_{HCLK}=4\text{MHz}$ | - | 2.2 | - | ms |

表 5-39 低功耗模式唤醒特性

5.5.16 ADC 特性参数

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|---------------------|--------------------------------|-------|-----|-------------|-----------|
| RES | 分辨率 | VDD5=5V | — | 9 | — | Bit |
| VREF | 参考电压范围 | $2.4V \leq VDD5 \leq 5.5V$ | 1.5 | — | VDD5 | V |
| VIN1 | 模拟电压输入范围 | $VDD5 - 0.15 < VREF \leq VDD5$ | 0.15 | — | VDD5 - 0.15 | V |
| VIN2 | 模拟电压输入范围 | $VREF \leq VDD5 - 0.15$ | 0.15 | — | VREF | V |
| CIN | 输入电容 | — | — | 1.8 | — | nF |
| RIN | 模拟通道推荐输入电阻 | — | — | 100 | — | MΩ |
| TAD | AD 转换时钟周期 | — | 20.83 | — | — | ns |
| TCONV | AD 转换时间 (包括采样时间) | — | — | 20 | — | TAD |
| DNL | 差分线性度 | — | — | 5 | — | LSB |
| VOFFSET | 失调误差 | — | — | 3.6 | — | mV |
| VDD5 | 模拟电源 | — | 2.4 | — | 5.5 | V |
| IVREF | VREF 端口电流 | — | — | 38 | — | μA |
| fADC | ADC 时钟频率 | — | — | 48 | — | MHz |
| fSAMPLING | 采样频率 | — | — | 2.4 | — | MHz |
| RAIN | 外部输入阻抗 | — | — | 10M | — | Ω |
| tsAMPLING | 采样时间 | — | — | 4 | — | ADC 时钟周期数 |
| tpWRUP | ADC 上电稳定时间 | 参考电压稳定时间 | — | 100 | — | us |
| tconv | 总体转换时间 (包括采样时间) | — | — | 20 | — | ADC 时钟周期数 |

表 5-40 ADC 特性

5.5.17 CMP 特性参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------|---------------------|----|-----|-----|------|----|
| V _{CMPIN} | 输入电压范围 | — | 0 | — | VDD5 | V |
| I _{CMP} | 动态电流 | — | — | 98 | — | uA |
| V _{CMPOFFSET} | 失调电压（注 1） | — | — | — | ±20 | mV |
| t _{CMPSTART} | 模拟比较器的启动时间 （初始化） | — | — | 430 | — | ns |
| t _{DELAY} | 比较转换时间 | — | 100 | 125 | 150 | ns |

表 5-41 CMP 特性参数

注 1: 用户必须配置 EXTI 输入去抖使能寄存器中的 CMP 位置为 1 与 EXTI 输入去抖采样率控制寄存器中的 DBCNT 位置为 0x7。

5.5.18 温度传感器特性参数

| 标号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------|------|----|-----|-----|-----|----|
| 温度精度 | — | — | — | 1 | — | °C |
| I | 动态电流 | — | — | 60 | — | uA |

表 5-42 温度传感器特性

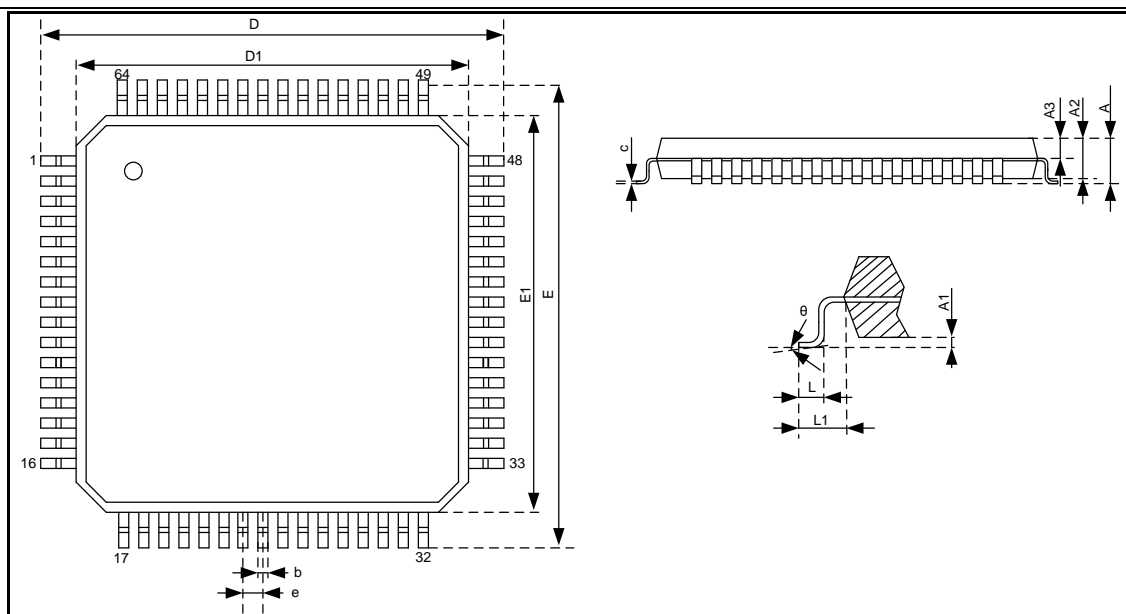
5.5.19 USB 电气特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|----------------|----------------------|-----|-----|-----|----|
| V _{DDIO2} | USB 收发器工作电压 | — | 3 | — | 3.6 | V |
| t _{STARTUP} | USB 收发器启动时间 | — | — | — | 1 | μs |
| R _{PUI} | 嵌入式 USB_DP 上拉值 | — | — | 2.6 | — | kΩ |
| Z _{DRV} | 输出驱动器阻抗 | Driving high and low | — | 10 | — | Ω |

表 5-43 USB 电气特性

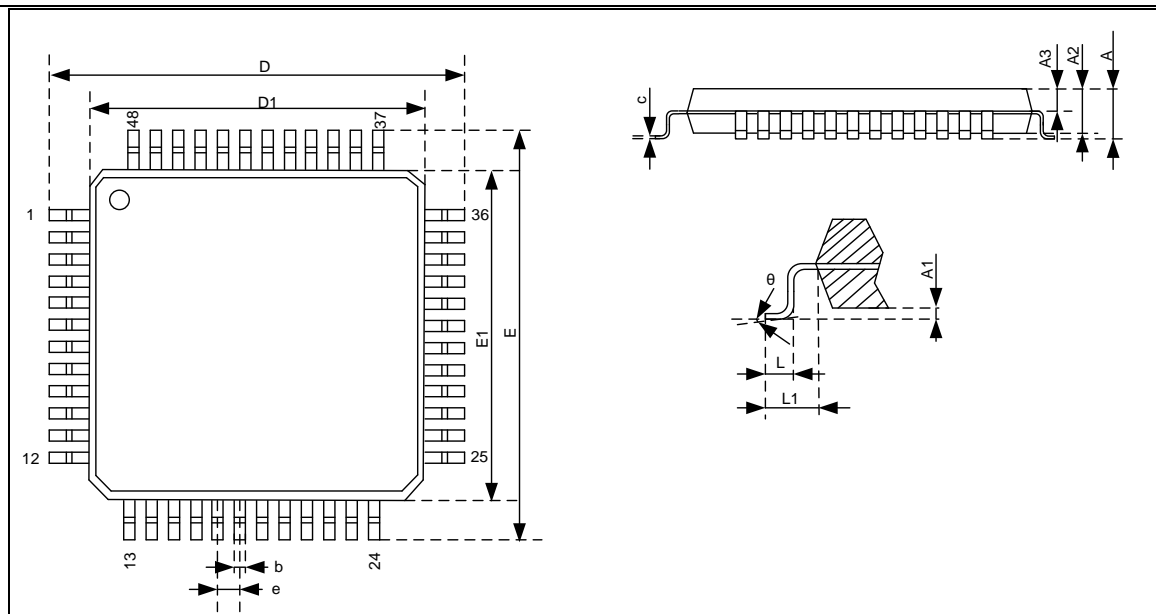
第6章 封装信息

6.1 LQFP64 封装尺寸图



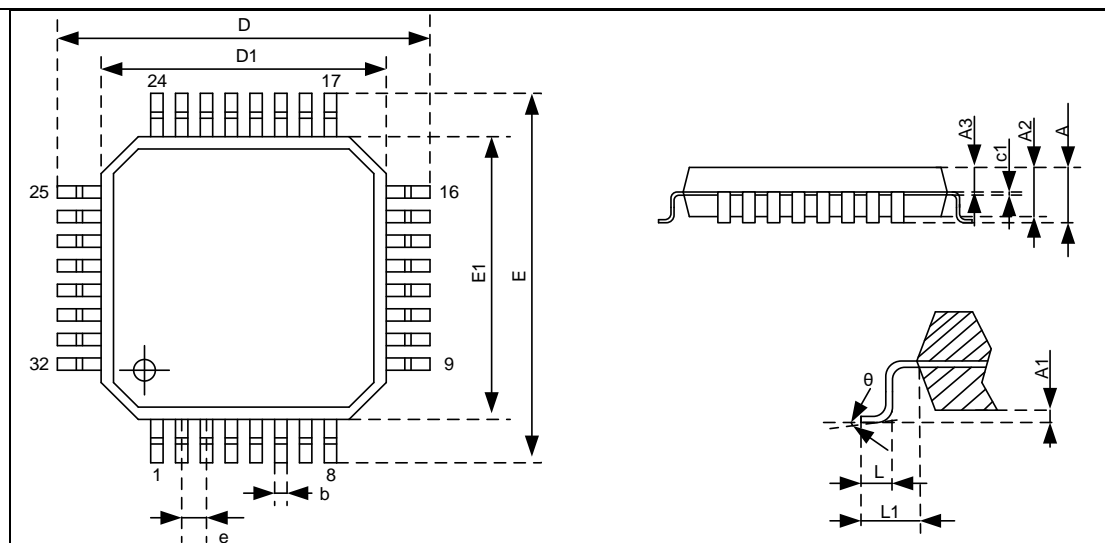
| 标号 | 公制 (mm) | | | 英制 (inch) | | |
|----|---------|------|------|-----------|-------|-------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX |
| A | — | — | 1.60 | — | — | 0.063 |
| A1 | 0.05 | — | 0.25 | 0.002 | — | 0.010 |
| A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 | 0.053 | 0.055 | 0.057 |
| A3 | 0.59 | 0.64 | 0.69 | 0.023 | 0.025 | 0.027 |
| b | 0.16 | — | 0.24 | 0.006 | — | 0.009 |
| c | 0.13 | — | 0.17 | 0.005 | — | 0.007 |
| D | 8.80 | 9.00 | 9.20 | 0.346 | 0.354 | 0.362 |
| D1 | 6.90 | 7.00 | 7.10 | 0.272 | 0.276 | 0.280 |
| E | 8.80 | 9.00 | 9.20 | 0.346 | 0.354 | 0.362 |
| E1 | 6.90 | 7.00 | 7.10 | 0.272 | 0.276 | 0.280 |
| e | 0.40BSC | | | | | |
| L | 0.40 | — | 0.65 | 0.016 | — | 0.026 |
| L1 | 1.00REF | | | | | |
| θ | 0 | — | 7° | 0 | — | 7° |

6.2 LQFP48 封装尺寸图



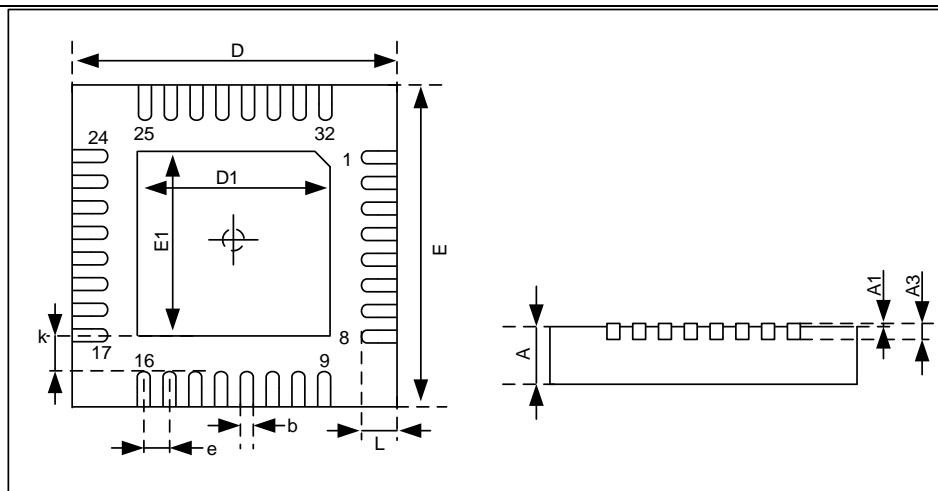
| 标号 | 公制 (mm) | | | 英制 (inch) | | |
|----|---------|------|------|-----------|-------|-------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX |
| A | — | — | 1.60 | — | — | 0.063 |
| A1 | 0.05 | — | 0.15 | 0.002 | — | 0.006 |
| A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 | 0.053 | 0.055 | 0.057 |
| A3 | 0.59 | 0.64 | 0.69 | 0.023 | 0.025 | 0.027 |
| b | 0.18 | — | 0.26 | 0.007 | — | 0.010 |
| c | 0.13 | — | 0.17 | 0.005 | — | 0.007 |
| D | 8.80 | 9.00 | 9.20 | 0.346 | 0.354 | 0.362 |
| D1 | 6.90 | 7.00 | 7.10 | 0.272 | 0.276 | 0.280 |
| E | 8.80 | 9.00 | 9.20 | 0.346 | 0.354 | 0.362 |
| E1 | 6.90 | 7.00 | 7.10 | 0.272 | 0.276 | 0.280 |
| e | 0.50BSC | | | | | |
| L | 0.40 | — | 0.65 | 0.016 | — | 0.026 |
| L1 | 1.00REF | | | | | |
| θ | 0 | — | 7° | 0 | — | 7° |

6.3 LQFP32 封装尺寸图



| 标号 | 公制 (mm) | | | 英制 (inch) | | |
|----|---------|------|------|-----------|-------|-------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX |
| A | — | — | 1.60 | — | — | 0.063 |
| A1 | 0.05 | — | 0.25 | 0.002 | — | 0.010 |
| A2 | 1.35 | 1.40 | 1.45 | 0.053 | 0.055 | 0.057 |
| A3 | 0.59 | 0.64 | 0.69 | 0.023 | 0.025 | 0.027 |
| b | 0.33 | — | 0.41 | 0.013 | — | 0.016 |
| c | 0.13 | — | 0.17 | 0.005 | — | 0.007 |
| D | 8.80 | 9.00 | 9.20 | 0.346 | 0.354 | 0.362 |
| D1 | 6.90 | 7.00 | 7.10 | 0.272 | 0.276 | 0.280 |
| E | 8.80 | 9.00 | 9.20 | 0.346 | 0.354 | 0.362 |
| E1 | 6.90 | 7.00 | 7.10 | 0.272 | 0.276 | 0.280 |
| e | 0.80BSC | | | | | |
| L | 0.40 | — | 0.65 | 0.016 | — | 0.026 |
| L1 | 1.00REF | | | | | |
| θ | 0 | — | 7° | 0 | — | 7° |

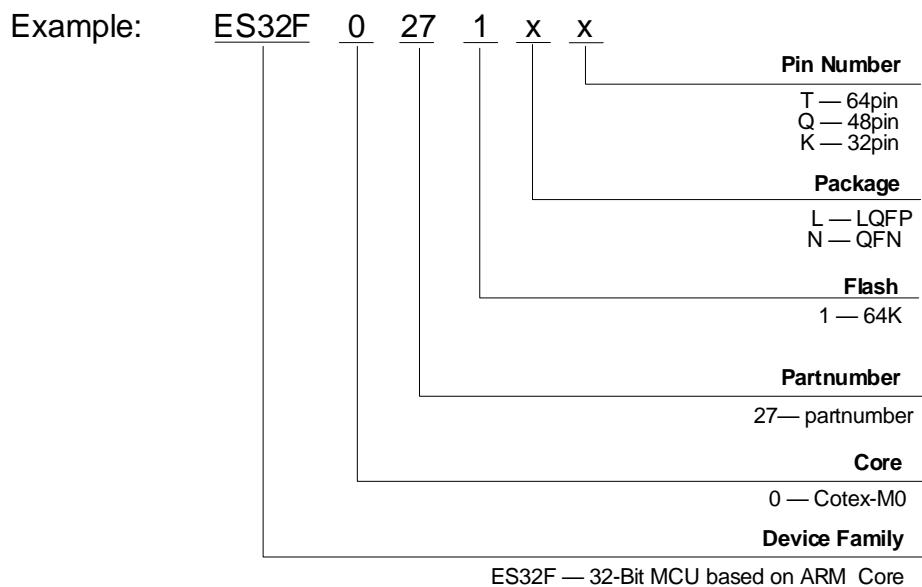
6.4 QFN32 封装尺寸图



| 标号 | 公制 (mm) | | 英制 (inch) | |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 0.700/0.800 | 0.800/0.900 | 0.028/0.031 | 0.031/0.035 |
| A1 | 0.000 | 0.050 | 0.000 | 0.002 |
| A3 | 0.203REF | | 0.008REF | |
| D | 4.924 | 5.076 | 0.194 | 0.200 |
| E | 4.924 | 5.076 | 0.194 | 0.200 |
| D1 | 3.300 | 3.500 | 0.130 | 0.138 |
| E1 | 3.300 | 3.500 | 0.130 | 0.138 |
| k | 0.200MIN | | 0.008MIN | |
| b | 0.200 | 0.300 | 0.008 | 0.012 |
| e | 0.500TYP | | 0.020TYP | |
| L | 0.324 | 0.476 | 0.013 | 0.019 |

第7章 产品信息

产品型号说明如下：



修订历史

| 版本 | 修改日期 | 更改概要 |
|------|------------|---|
| V1.0 | 2019-01-10 | 初版 |
| V1.1 | 2019-09-11 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 更换 logo。 2. 新增电气特性 3. 修改 6.4 章节尺寸数据 4. 删除 PGA 相关叙述 5. 修改存储器保护相关叙述 |
| V1.2 | 2020-05-29 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 修正表 5-25 表格内容 2. 新增管脚功能定义-模拟功能描述 3. 修改图 5-4 有源晶振输入点 4. 修改 HRC 起振时间数据 5. 调整电器特性表格格式 6. 增加图 5-6、5-7 SPI 时序图 7. 移动修订历史章节至最后一页 8. 修改 2.2.2、2.2.3 章节部分段落内容 |
| V1.3 | 2020-07-16 | 修正管脚功能定义表 (PB08、PB09) |