

数据手册

Datasheet

APM32F030x6/x8

基于 Arm[®] Cortex[®]-M0+ 内核的 32 位微控制器

版本：V1.0.1

1. 产品特性

■ 系统与架构

- 32 位 Arm® Cortex®-M0+内核
- 最高 48MHz 工作频率

■ 存储器

- 闪存: 16~64Kbytes
- SRAM: 4~8Kbytes

■ 时钟、复位与电源管理

- 外部供电电压: $V_{DD}=2.0\sim 3.6V$
- 模拟供电: $V_{DDA}=V_{DD}\sim 3.6V$
- 上电/掉电复位 (POR/PDR)
- 4~32MHz 晶体振荡器
- 带校准的 RTC 32KHz 振荡器
- 内部 40 KHz RC 振荡器

■ 低功耗模式

- 睡眠、停机、待机

■ 高达 55 个快速 I/O 引脚

- 支持所有可映射的外部中断向量
- 几乎所有 I/O 引脚可兼容 5V 输入

■ 5 通道 DMA 控制器

■ 12 位 ADC

- 最多支持 16 个外部通道

- 转换范围:0~3.6V

- 独立模拟电源:2.4~3.6V

■ 实时时钟 RTC

- 支持日历功能
- 在停机待机模式下可用于警报和周期唤醒

■ 10 个定时器

- 1 个可提供 7 通道 PWM 输出的 16 位的高级控制定时器
- 多达 5 个通用 16 位定时器
- 1 个 16 位基本定时器
- 独立看门狗和系统窗口看门狗定时器
- 系统滴答定时器

■ 通信接口

- 最多 2 个 I2C 接口
- 最多 2 个 USART 接口
- 最多 2 个 SPI 接口

■ CRC 计算单元

■ 串行线调试(SWD)

■ 96 位唯一 UID

目 录

| | | |
|--------|------------------------------|----|
| 1. | 产品特性..... | 1 |
| 2. | 简介..... | 5 |
| 3. | 功能描述..... | 6 |
| 3.1. | 系统框图..... | 7 |
| 3.2. | 内核..... | 8 |
| 3.3. | 存储器..... | 8 |
| 3.4. | 地址映射..... | 9 |
| 3.5. | 电源管理..... | 10 |
| 3.5.1 | 供电方案..... | 10 |
| 3.5.2 | 电压调压器..... | 10 |
| 3.5.3 | 供电监控器..... | 10 |
| 3.6. | 时钟树..... | 12 |
| 3.7. | 时钟和启动..... | 13 |
| 3.8. | 实时时钟 (RTC) | 13 |
| 3.9. | 启动模式..... | 13 |
| 3.10. | CRC 计算单元..... | 13 |
| 3.11. | 中断控制器..... | 14 |
| 3.11.1 | 嵌套向量中断控制器(NVIC) | 14 |
| 3.11.2 | 外部中断/事件控制器 (EINT)..... | 14 |
| 3.12. | DMA..... | 14 |
| 3.13. | 定时器..... | 14 |
| 3.14. | 系统滴答定时器..... | 16 |
| 3.15. | 通信接口..... | 16 |
| 3.15.1 | I2C 总线..... | 16 |
| 3.15.2 | 通用同步/异步收发器(USART) | 17 |
| 3.15.3 | 串行外设接口(SPI) | 17 |
| 3.16. | 通用输入输出接口(GPIO)..... | 18 |
| 3.17. | ADC (模拟/数字转换器) | 18 |
| 3.17.1 | 温度传感器..... | 18 |
| 3.17.2 | 内部参考电压 (V_{REFINT})..... | 19 |
| 3.17.3 | 串行线调试端口 (SW-DP) | 19 |
| 4. | 引脚特性..... | 20 |

| | | |
|--------|----------------------|----|
| 4.1. | 引脚定义..... | 20 |
| 4.2. | 引脚功能描述..... | 22 |
| 5. | 电气特性..... | 29 |
| 5.1. | 测试条件..... | 29 |
| 5.1.1 | 最大值和最小值..... | 29 |
| 5.1.2 | 典型值..... | 29 |
| 5.1.3 | 典型曲线..... | 29 |
| 5.1.4 | 负载电容..... | 29 |
| 5.2. | 绝对最大额定值..... | 31 |
| 5.2.1 | 最大额定电压特性..... | 31 |
| 5.2.2 | 最大静电特性..... | 31 |
| 5.2.3 | 静态栓锁..... | 31 |
| 5.2.4 | 最大温度特性..... | 31 |
| 5.3. | 通用工作条件下的测试..... | 32 |
| 5.3.1 | 内嵌复位和电源控制模块特性测试..... | 32 |
| 5.3.2 | 内置参考电压特性测试..... | 32 |
| 5.3.3 | 功耗..... | 33 |
| 5.3.4 | 外部时钟源特性..... | 36 |
| 5.3.5 | 内部时钟源特性..... | 36 |
| 5.3.6 | 低功耗模式唤醒时间..... | 37 |
| 5.3.7 | PLL 特性..... | 37 |
| 5.3.8 | 存储器特性..... | 38 |
| 5.3.9 | I/O 端口特性..... | 38 |
| 5.3.10 | NRST 引脚特性..... | 40 |
| 5.3.11 | 通信接口..... | 40 |
| 5.3.12 | 12 位 ADC 特性..... | 43 |
| 6. | 封装信息..... | 44 |
| 6.1. | LQFP64 封装信息..... | 44 |
| 6.2. | LQFP48 封装信息..... | 47 |
| 6.3. | LQFP32 封装信息..... | 50 |
| 6.4. | QFN32 封装信息..... | 52 |
| 6.5. | 封装热特性..... | 55 |
| 6.5.1 | 参考文档..... | 55 |
| 7. | 订货信息..... | 56 |

| | | |
|------|---------------|----|
| 8. | 包装信息..... | 58 |
| 8.1. | 带装包装..... | 58 |
| 8.2. | 托盘包装..... | 59 |
| 9. | 常用功能模块命名..... | 61 |
| 10. | 修订历史..... | 62 |

2. 简介

APM32F030x6/x8 系列芯片是基于 Arm® Cortex®-M0+内核的 32 位高性能微控制器，工作频率可达 48MHz。内置高速存储器（高达 64K 字节的闪存和 8K 字节的 SRAM），芯片管脚复用了大量增强的外设和 I/O。所有芯片都提供标准的通信接口：I2C 接口、SPI 接口、USART 接口。

APM32F030x6/x8 微控制器工作的温度范围为：-40°C~+105°C，电压范围为：2.0~3.6V，多个省电模式保证了低功耗应用的要求。

APM32F030x6/x8 微控制器包括从 32、48、64 个引脚的多种不同封装形式，不同的封装形式使得器件中的外设配置也不尽相同。

有关 Arm®Cortex®-M0+内核的相关信息，请参考 Arm®Cortex®-M0+技术参考手册，该手册可以在 ARM 公司的网站下载。

3. 功能描述

具体 APM32F030x6/x8 产品功能和外设配置请参阅下表。

表1 APM32F030x6/x8 系列芯片功能和外设

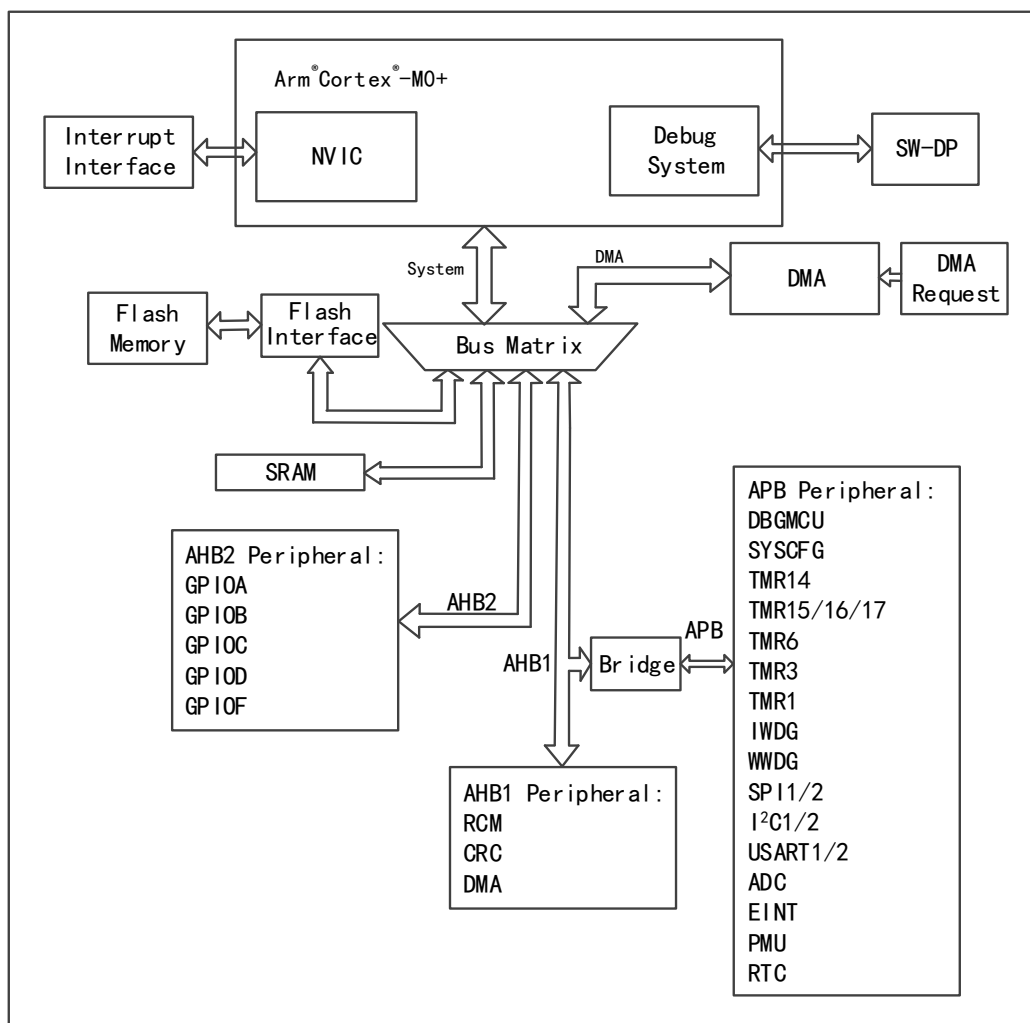
| 产品 | | APM32F030 | | | | | |
|--------------|-----------|--|------------------|------------------|------------------|--------|--------|
| 型号 | | K6U6 | K6T6 | K8T6 | C6T6 | C8T6 | R8T6 |
| 封装 | | QFN32 | LQFP32 | LQFP32 | LQFP48 | LQFP48 | LQFP64 |
| 闪存(Kbytes) | | 32 | 32 | 64 | 32 | 64 | 64 |
| SRAM(Kbytes) | | 4 | 4 | 8 | 4 | 8 | 8 |
| 定时器 | 16 位通用 | 4 ⁽¹⁾ | 4 ⁽¹⁾ | 4 ⁽¹⁾ | 4 ⁽¹⁾ | 5 | 5 |
| | 16 位高级 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 基本 | - | - | - | - | 1 | 1 |
| | 24 位递减计数器 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 看门狗 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 实时时钟 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 通信接口 | USART | 1 ⁽²⁾ | 1 ⁽²⁾ | 1 ⁽²⁾ | 1 ⁽²⁾ | 2 | 2 |
| | SPI | 1 ⁽³⁾ | 1 ⁽³⁾ | 1 ⁽³⁾ | 1 ⁽³⁾ | 2 | 2 |
| | I2C | 1 ⁽⁴⁾ | 1 ⁽⁴⁾ | 1 ⁽⁴⁾ | 1 ⁽⁴⁾ | 2 | 2 |
| 12 位 ADC | 单元 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 外部通道 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 16 |
| | 内部通道 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| GPIOs | | 26 | 26 | 26 | 39 | 39 | 55 |
| 最大 CPU 频率 | | M0+@48MHz | | | | | |
| 环境温度 | | 工作温度: -40°C 至 85°C/-40°C 至 105°C 结温度: -40°C 至 105°C/-40°C 至 125°C | | | | | |
| 工作电压 | | 2.0~3.6V | | | | | |

注:

- (1) TMR15 不存在。
- (2) USART2 不存在。
- (3) SPI2 不存在。
- (4) I2C2 不存在。

3.1. 系统框图

图1 系统框图



3.2. 内核

Arm® Cortex®-M0+内核是最新一代的嵌入式 ARM 内核。它是一个低成本的平台，APM32 基于该平台开发，针对于系统功耗做出了大量的优化，同时 APM32 提供了优良的计算性能和先进的系统中断响应。

APM32F0xx 系列基于嵌入式 ARM 内核，因此兼容所有 ARM 工具和软件。

APM32F030x6/x8 系列产品系统功能框图如图 1 。

3.3. 存储器

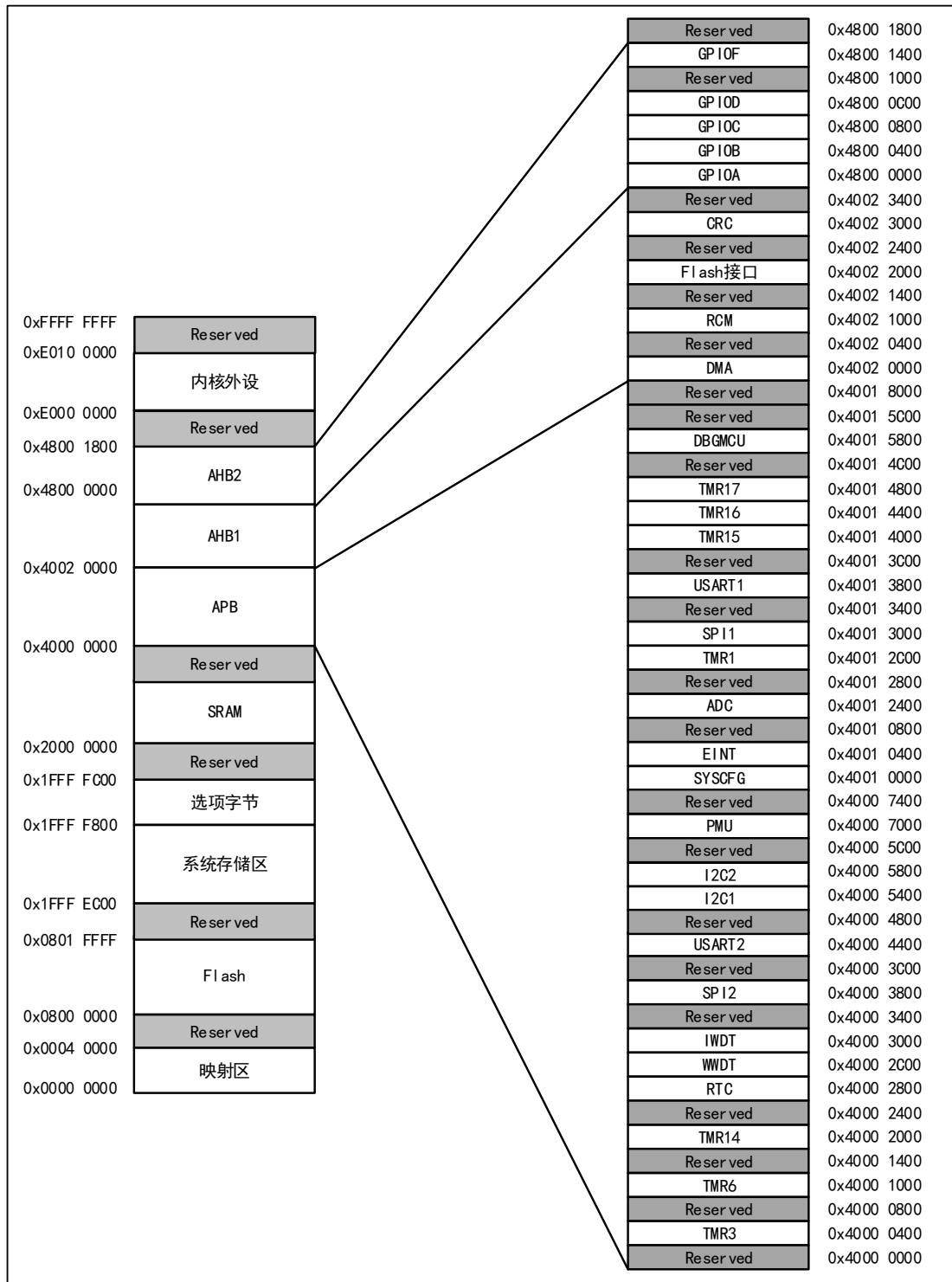
存储器详情请参见下表:

表2 存储器说明

| 存储器 | 最大字节 | 功能 |
|-------|----------|------------------|
| 嵌入式闪存 | 64Kbytes | 用于存放程序和数据 |
| SRAM | 8Kbytes | 用于存储临时数据 |
| 选项字节 | 16bytes | 用于写保护内存和用于保护整个内存 |

3.4. 地址映射

图2 APM32F030x6/x8 内存映射



3.5. 电源管理

3.5.1 供电方案

表3 供电方案

| 名称 | 电压范围 | 说明 |
|------------------|-----------------------|---|
| V _{DD} | 2.0~3.6V | V _{DD} 直接给 IO 口供电，另外 V _{DD} 经电压调压器为核心电路供电 |
| V _{DDA} | V _{DD} ~3.6V | V _{DDA} 为 ADC、复位模块、RC 振荡器和 PLL 供电。V _{DDA} 电压电平必须始终大于或等于 V _{DD} 电压电平，并且优先提供 |

注：有关如何连接电源引脚的更多详细信息参见图 9（电源方案）

3.5.2 电压调压器

电压调压器主要有三种模式，通过电压调压器可调节 MCU 的工作模式，从而减少功耗。三种模式详情请参见下表。

表4 电压调节器的工作模式

| 名称 | 说明 |
|-------------|---|
| 主模式 (MR) | 用于正常工作模式。 |
| 低功耗模式 (LPR) | 在电力需求减少时，可用于停止模式。 |
| 关断模式 | 用于电源待机模式，稳压器输出高阻抗，内核电路的供电切断，稳压器处于零消耗状态，且寄存器和 SRAM 的数据会全部丢失。 |

注：调压器在复位后始终处于工作状态，在关断模式下高阻输出。

3.5.3 供电监控器

产品内部集成了上电复位(POR)和掉电复位(PDR)两种电路。这两种电路始终处于工作状态。当掉电复位电路监测到电源电压低于规定的阈值 V_{POR/PDR}时，系统进入复位状态，因此其不需要使用外部复位电路。

关于 V_{POR/PDR}的细节请参考 5. 测试条件，低功耗模式。

APM32F0xx 系列支持以下三种低功耗模式，用户可以通过配置这三种模式，从而达到最佳的应用需求。

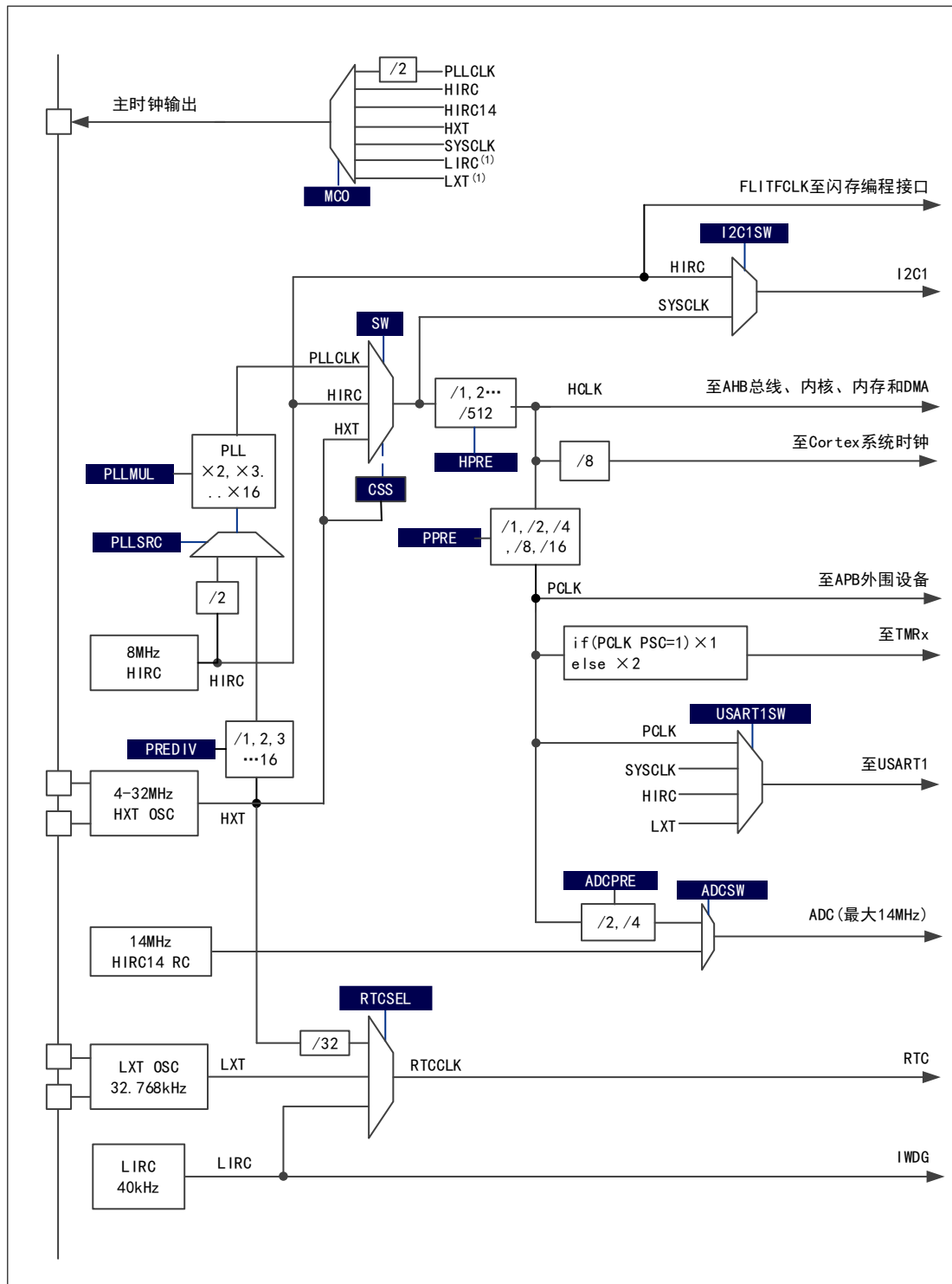
表5 低功耗模式

| 模式类型 | 说明 |
|------|---|
| 睡眠模式 | 在睡眠模式下，CPU 停止工作，所有外设处于工作状态，中断/事件可唤醒 CPU 工作。 |
| 停机模式 | <p>停机模式在保证 SRAM 和寄存器数据不丢失的情况下，可以达到最低的电能消耗的模式。</p> <p>此时，内部 1.5V 供电部分停止导致 HXT、HIRC、PLL 时钟关闭，调压器被置于普通模式或低功耗模式。</p> <p>配置成 EINT 的中断、事件唤醒可将 CPU 从停机模式唤醒。EINT 信号包括 16 个外部 I/O 口其中一个、RTC 闹钟或 USB 的唤醒信号。</p> |
| 待机模式 | <p>待机模式是芯片使用的最低电能消耗模式。此时，内部的电压调压器被关闭而引起内部 1.5V 部分的供电被切断，HXT、HIRC、PLL 时钟关闭；SRAM 和寄存器的数据也将消失。但后备寄存器的内容仍然保留，待机电路仍工作。</p> <p>NRST 上的外部复位信号、IWDG 复位、WKUP 引脚上的一个上升边沿或 RTC 的闹钟到时都会终止芯片待机模式。</p> |

注：在停机或待机模式下，RTC、IWDG 和对应的时钟仍正常工作。

3.6. 时钟树

图3 APM32F030x6/x8 的时钟树



3.7. 时钟和启动

用户通过配置可以使用具有“失效监控”功能的 4~32MHz 的外部高速时钟。当系统时钟未检测到外部时钟被配置时，系统将自动地切换到内部的 RC 振荡器。

3.8. 实时时钟 (RTC)

RTC 是一个独立的 BCD 定时器/计数器，不仅可以支持日历功能，还具有闹钟中断和阶段性中断功能，日历功能除了亚秒、秒、分钟、小时（12 或 24 小时格式）、星期、日期、月、年，以 BCD（二进制编码的十进制）格式存在的日历时钟外，还具有自动调整一个月为 28、29(闰年)天、30 和 31 天的功能。

用户可从 1 到 32767 动态调整 RTC 时钟脉冲。通过调整 RTC 时钟脉冲来同步 RTC 和主时钟，它可补偿石英晶体的不准确度，其数字校准电路的分辨率为 1ppm。RTC 具有两个可编程滤波器防篡改检测引脚，当此引脚检测到篡改事件时，可以唤醒处于停机和待机模式中的 MCU。除此之外，RTC 还具有时间标记功能，可用于保存日历内容。RTC 的时间标记功能可以由引脚上的事件或篡改事件触发。在检测时间事件时，MCU 可以从停机和待机模式中唤醒。其参考时钟检测可以用更精确的第二源时钟(50 或 60Hz)来提高日历的精度。它的时钟源可以选择外部 32.768kHz 的外部晶振、谐振器或振荡器、内部低功耗 RC 振荡器（典型频率为 40KHz）或 32 分频的高速外部时钟。

3.9. 启动模式

在启动时，用户可以通过设置 Boot 引脚的高低电平从而选择下列三种启动模式中的一种：

- 从用户 Flash 启动
- 从系统存储器启动
- 从内嵌 SRAM 启动

若从系统存储器中启动，用户可以使用 USART 重新编程用户 Flash (ISP)。

3.10. CRC 计算单元

CRC（循环冗余校验）计算单元通过一个发生器多项式算法来获取一个 CRC 码。

3.11. 中断控制器

3.11.1 嵌套向量中断控制器(NVIC)

APM32F030x6/x8 产品内置 1 个嵌套向量中断控制器，NVIC 能够处理多达 32 个可屏蔽中断通道（不包括 16 个 Cortex®-M0+的中断线）和 4 个优先级。

嵌套向量式中断控制器(NVIC)有紧耦合的 NVIC 接口，它直接向内核传递中断向量入口地址，从而达到低延迟的中断响应处理。此外它还能优先处理晚到的较高优先级中断。

3.11.2 外部中断/事件控制器 (EINT)

外部中断/事件控制器由 32 个产生事件/中断请求的边沿检测器组成。其触发事件(上升沿或下降沿或双边沿)可以独立地配置或屏蔽；有一个寄存器保持着所有中断请求的状态。多达 55 个通用 I/O 可连接到 16 个外部中断线。EINT 可以检测宽度比内部时钟周期小的脉冲。

3.12. DMA

5 路灵活的通用 DMA 可以进行存储器到存储器、外设到存储器和存储器到外设的数据传输。DMA 控制器支持环形缓冲区的管理，当控制器到达缓冲区末端时，不再需要用户代码干预。

每个通道都有专门的硬件 DMA 请求逻辑，且每个通道都可由软件触发，地址和目标地址也都能通过软件单独设置。

DMA 可以用于主要的外设：SPI、I2S、I2C、USART、所有的 TMRx 定时器（除了 TMR14）和 ADC。

3.13. 定时器

APM32F030x6/x8 产品包括多达五个通用定时器、一个基本定时器和一个高级控制定时器。

表6 高级控制定时器

| 定时器类型 | 高级控制定时器 |
|--------|-------------------|
| 定时器 | TMR1 |
| 计数器分辨率 | 16 位 |
| 计数器类型 | 向上,向下, 向上/向下 |
| 预分频器系数 | 1 到 65536 之间的任意整数 |

| 定时器类型 | 高级控制定时器 |
|----------|--|
| DMA 请求生成 | 有 |
| 捕获/比较通道 | 4 |
| 互补输出 | 有 |
| 功能说明 | <p>具有带死区插入的互补 PWM 输出，还可以被当成完整的通用定时器。</p> <p>配置为 16 位标准定时器时，它与 TMRx 定时器具有相同的功能。</p> <p>配置为 16 位 PWM 发生器时，它具有全调制能力 (0~100%)。</p> <p>在调试模式下,定时器可以被冻结。</p> <p>提供同步或事件链接功能。</p> |

表7 基本定时器

| 定时器类型 | 基本定时器 |
|----------|-------------------|
| 定时器 | TMR6 |
| 计数器分辨率 | 16 位 |
| 计数器类型 | 向上 |
| 预分频器系数 | 1 到 65536 之间的任意整数 |
| DMA 请求生成 | 有 |
| 捕获/比较通道 | 0 |
| 互补输出 | - |
| 功能说明 | 可以用作通用的 16 位时基时钟 |

表8 通用定时器

| 定时器类型 | 通用定时器 | | | | |
|----------|--|--|---|-------------------|-------|
| 定时器 | TMR3 | TMR14 | TMR15 | TMR16 | TMR17 |
| 计数器分辨率 | 16 位 | 16 位 | 16 位 | 16 位 | |
| 计数器类型 | 向上, 向下, 向上, 向下 | 向上 | 向上 | 向上 | |
| 预分频器 | 1 到 65536 之间的任意整数 | 1 到 65536 之间的任意整数 | 1 到 65536 之间的任意整数 | 1 到 65536 之间的任意整数 | |
| DMA 请求生成 | 有 | 无 | 有 | 有 | |
| 捕获/比较通道 | 4 | 1 | 2 | 1 | |
| 功能说明 | <p>具有 4 个独立的通道，每个通道用于输入捕获/输出比较、PWM 或单脉冲模式输出。</p> <p>在最大的封装配置中可提供最多 12 个输入捕获、输出比较或 PWM 通道。</p> <p>具有一个独立的 DMA 请求生成。</p> | <p>用于输入捕获/输出比较的单通道，PWM 或单脉冲模式输出功能。</p> | <p>具有带死区生成和独立 DMA 请求的生成互补的输出功能。</p> <p>这三个定时器可一起工作，TMR15 通过链接功能与 TMR1 一起操作，能实现同步或事件链接功能。</p> <p>TMR15 有两个独立的通道，而 TMR16 和 TMR17 同步。</p> <p>TMR15 可以与 TMR16 和 TMR17 同步。</p> | | |

表9 .独立看门狗和窗口看门狗对比

| 名称 | 计数器分辨率 | 计数器类型 | 预分频系数 | 功能说明 |
|--------------|--------|-------|---------------|---|
| 独立看门狗 (IWDT) | 12 位 | 向下 | 1~256 之间的任意整数 | 由内部独立的 40KHz 的 RC 振荡器提供时钟，与主时钟独立，所以它可运行于停机和待机模式。 在发生问题时可复位整个系统。 可以为应用程序提供超时管理。 可以配置成是软件或硬件启动看门狗。 在调试模式下，为了方便调试可暂停计数器。 |
| 窗口看门狗 (WWDT) | 7 位 | 向下 | - | 可以设置成自由运行。 在发生问题时可复位整个系统。 由主时钟驱动，具有早期中断警告功能。 在调试模式下的定时器可以被冻结。 |

3.14. 系统滴答定时器

系统滴答定时器专用于实时操作系统，是一个标准的 24 位的向下计数器，具有自动重加载功能，当计数器为 0 时能产生一个可屏蔽系统中断，并且可以编程时钟源 (HCLK 或 HCLK/8)。

3.15. 通信接口

3.15.1 I2C 总线

I2C1/2 均可工作于主模式和从模式，并支持 7 位和 10 位寻址模式。I2C1/2 均支持标准模式(最高 100kbit/s)或快速模式(最高 400kbit/s)。此外，I2C1 内置了可编程的模拟和数字噪声滤波器，还支持超快速模式(最高 1 Mbit/s)。

此外，I2C1 还为 SMBUS 2.0 和 PMBUS 1.1 提供了硬件支持：ARP 功能、主机通知协议、硬件 CRC(PEC)生成/验证、超时验证和警报协议管理。

I2C 支持 DMA 功能。

I2C1 与 I2C2 的差异见表 10。

表10 APM32F030x6/x8I2C 功能

| I2C 功能 | I2C1 | I2C2 ⁽²⁾ |
|---|------------------|---------------------|
| 7 位寻址模式 | √ ⁽¹⁾ | √ |
| 10 位寻址模式 | √ | √ |
| 标准模式(最高达 100kbit/s) | √ | √ |
| 快速模式(最高达 400kbit/s) | √ | √ |
| 超快速模式(最高达 1Mbit/s), I/O 口支持 20mA 输出电流驱动 | √ | - |

| I2C 功能 | I2C1 | I2C2 ⁽²⁾ |
|--------|------|---------------------|
| 独立时钟 | √ | - |
| SM 总线 | √ | - |
| 从停止唤醒 | - | - |

注:

- (1) √=支持
- (2) 仅在 APM32F030x8 芯片上可用。

3.15.2 通用同步/异步收发器(USART)

该芯片内置多达 2 个通用同步/异步收发器，通信速率最高可达 6Mbit/s，所有 USART 接口可以由 DMA 控制器提供，USART 接口能实现的功能如下表。

表11 APM32F0x6/8 USART 功能

| USART 模式/功能 | APM32F030x6 | APM32F030x8 | |
|-----------------|-------------|-------------|--------|
| | USART1 | USART1 | USART2 |
| 调制解调器的硬件流控制 | √ | √ | √ |
| 使用 DMA 的连续通信 | √ | √ | √ |
| 多处理器通信 | √ | √ | √ |
| 同步模式 | √ | √ | √ |
| 智能卡模式 | - | - | - |
| 单线半双工通信 | √ | √ | √ |
| IrDA SIR 编解码器模块 | - | - | - |
| LIN 模式 | - | - | - |
| 双时钟域和从停止模式唤醒 | - | - | - |
| 接收器超时中断 | √ | √ | - |
| MODBUS 通信 | - | - | - |
| 自动波特率检测 (支持的模式) | 2 | 2 | - |
| USART 数据长度 | 8 位和 9 位 | | |

注: √=支持。

3.15.3 串行外设接口(SPI)

APM32F0xx 系列内嵌 2 个 SPI 接口，支持芯片与外部设备以半/全双工的串行方式通信。该接口可配置为主模式或从模式，可以由 3 位的预分频器产生 8 种主模式频率，每帧 4~16 位，通信速率可达 18Mbit/s。

SPI1 和 SPI2 的功能相似，详情参见下表。

表12 APM32F030x6/x8 SPI 功能

| SPI 功能 | SPI | SPI2 ⁽²⁾ |
|------------|------------------|---------------------|
| 硬件循环冗余校验计算 | √ ⁽¹⁾ | √ |
| 接收/发送先进先出 | √ | √ |
| NSS 脉冲模式 | √ | √ |
| TI 模式 | √ | √ |

注：

- (1) √=支持。
 (2) 仅在 APM32F030x8 芯片上可用。

3.16. 通用输入输出接口(GPIO)

每个 GPIO 引脚都可以由软件配置成输出（推挽或开漏）、输入（带或不带上下拉）或复用的外设功能端口。多数 GPIO 引脚都能与数字或模拟的复用外设共用。

I/O 引脚的外设功能可以通过一个特定的操作顺序锁定，以避免意外的写入 I/O 寄存器。

3.17. ADC（模拟/数字转换器）

12 位模拟/数字转换器有多达 16 个外部通道和 2 个内部通道(温度传感器、电压基准)，可进行单次或扫描转换。

模拟看门狗功能可非常精准地监视多路通道，当被监视的信号出现超出阈值时，将产生中断。

ADC 支持 DMA 功能。

3.17.1 温度传感器

ADC1_IN16 连接到内置温度传感器，它可以将传感器的温度转换为数字值。该传感器具有良好的线性度，但它必须进行校准，以获得良好的整体精度的温度测量。由于温度传感器的偏移量随芯片的工艺变化而变化，未校准的内部温度传感器只适用于检测温度变化的应用。

表13 温度传感器校准值

| 校准值名称 | 描述 | 存储地址 |
|---------|--|---------------------------|
| TS_CAL1 | TS ADC 在 30°C(±5°C)，VDDA=3.3V (±10mV)下采集的原始数据 | 0x1FFF F7B8 - 0x1FFF F7B9 |

3.17.2 内部参考电压 (V_{REFINT})

内部参考电压(V_{REFINT})为 ADC 提供稳定的(带隙)电压输出。 V_{REFINT} 内部连接到 ADC_IN17 输入通道。

表14 内部参考电压校准值

| 校准值名称 | 描述 | 存储地址 |
|-------------|--|---------------------------|
| VREFINT_CAL | 在 30°C(± 5 °C)温度， $V_{DDA}=3.3V(\pm 10mV)$ 下采集的原始数据 | 0x1FFF F7BA - 0x1FFF F7BB |

3.17.3 串行线调试端口 (SW-DP)

产品提供了 ARM SW-DP 接口，可通过该接口使用串行线调试工具连接 MCU。

4. 引脚特性

4.1. 引脚定义

图4 APM32F030x6/x8 系列 LQFP64 引脚定义图

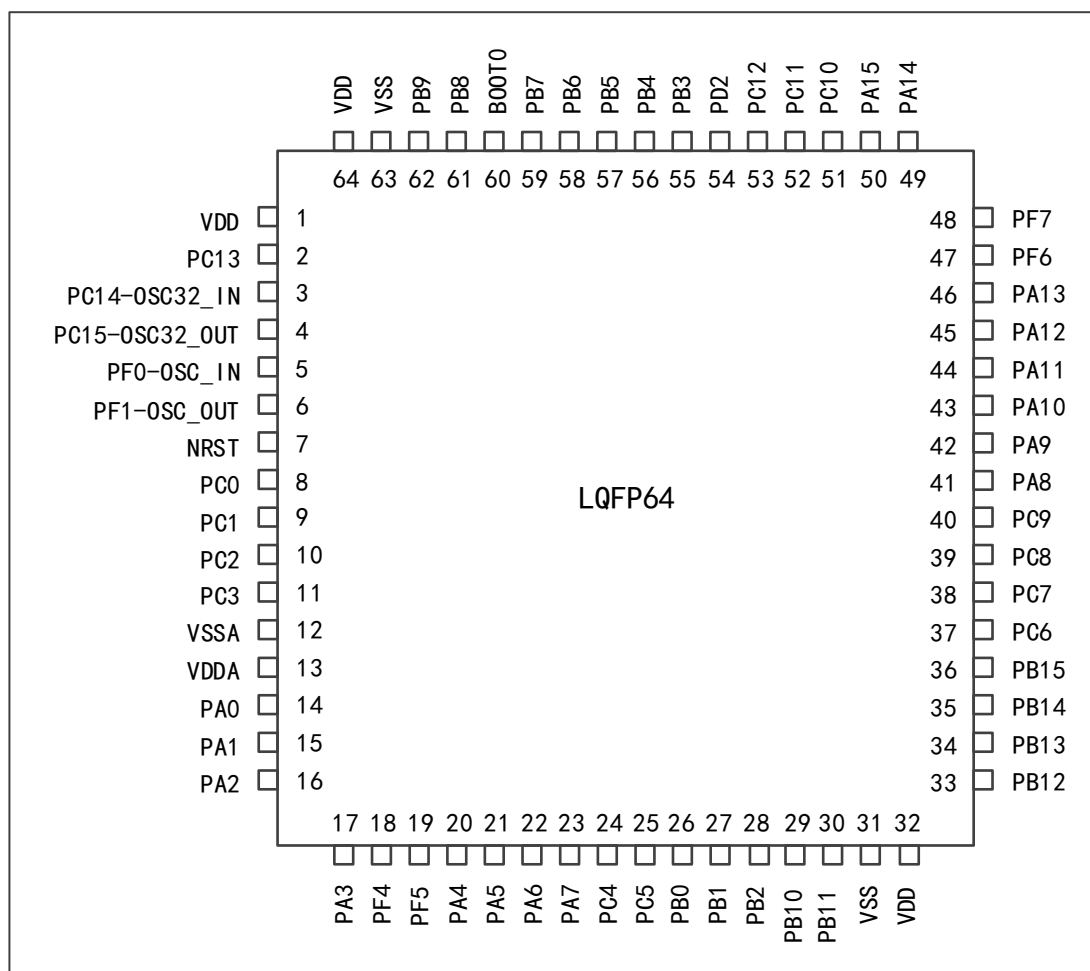


图5 APM32F030x6/x8 系列 LQFP48 引脚配置图

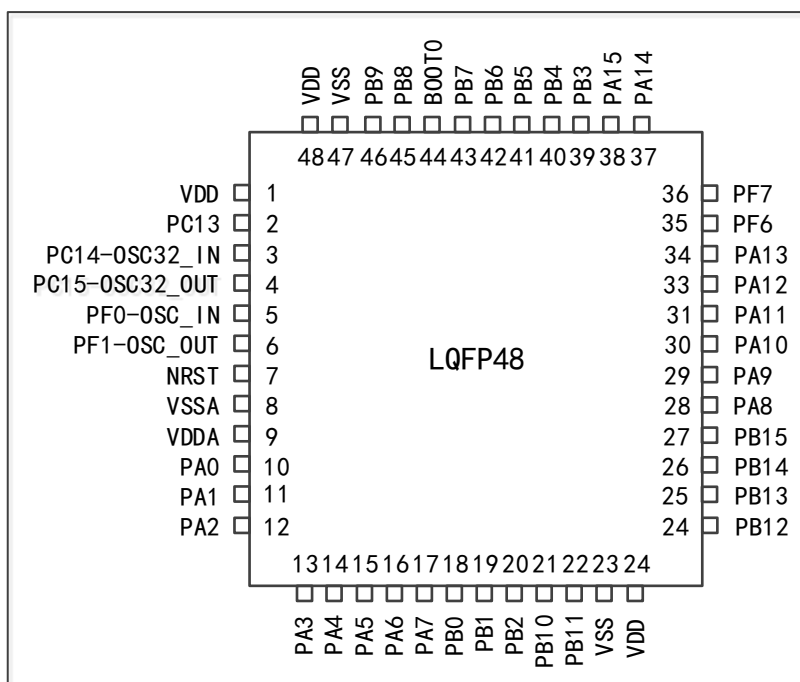


图6 APM32F030x6/x8 系列 LQFP32 引脚配置图

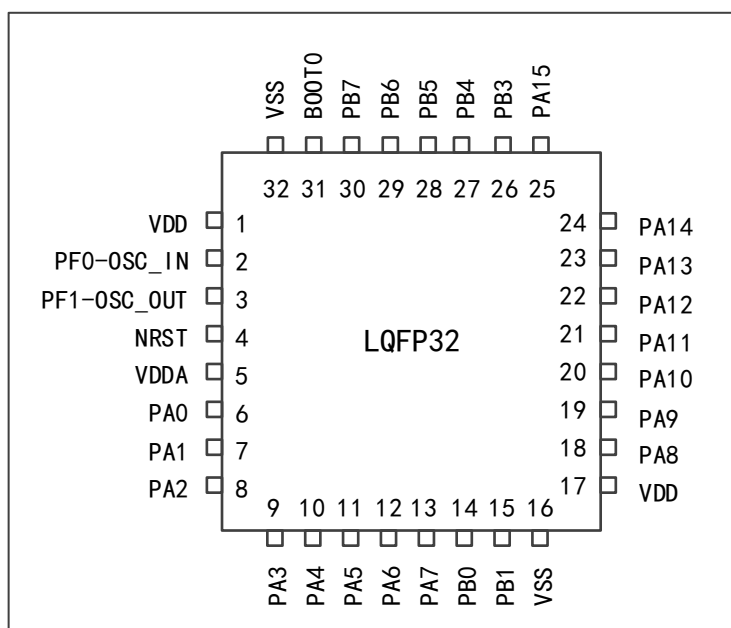
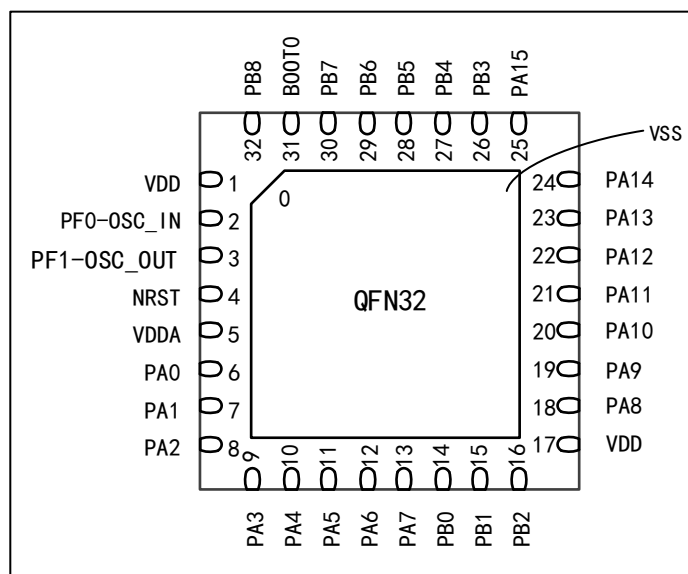


图7 APM32F030x6/x8 系列 QFN32 引脚配置图



4.2. 引脚功能描述

表15 输出引脚表中使用的图例/缩写

| 名称 | 缩写 | 定义 |
|--------|------|---|
| 引脚名称 | | 除非引脚名称下方的括号中另有规定，否则复位期间和复位后的引脚功能与实际引脚名称相同 |
| 引脚类型 | S | 电源引脚 |
| | I | 仅输入引脚 |
| | I/O | I/O 引脚 |
| I/O 结构 | FT | 5V 容限 I/O |
| | FTf | 5V 容限 I/O, FM+功能 |
| | TTa | 3.3V 容限 I/O 直接连接到 ADC |
| | TC | 标准 3.3V I/O |
| | B | 专用 BOOT0 引脚 |
| | RST | 内置弱上拉电阻的双向复位引脚 |
| 注意 | | 除非注释另有规定，否则复位期间和复位后，所有 I/O 都设置为浮动输入 |
| 引脚功能 | 复用功能 | 通过 GPIOx_AFR 寄存器选择的功能 |
| | 附加功能 | 通过外设寄存器直接选择/启用的功能 |

表16 APM32F030x6/x8 引脚功能描述

| 引脚名称 (复位后的功能) | 引脚编码 | | | | 引脚 类型 | I/O 结构 | 注释 | 引脚功能 | |
|--------------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----|--------------------------------------|--|
| | LQFP 64 | LQFP 48 | LQFP 32 | QFN 32 | | | | 复用功能 | 附加功能 |
| V _{DD} | 1 | 1 | - | - | S | - | - | 互补电源 | |
| PC13 | 2 | 2 | - | - | I/O | TC | (1) | - | RTC_TAMP1, RTC_TS, RTC_OUT, WKUP2 |
| PC14-OSC32_IN (PC14) | 3 | 3 | - | - | I/O | TC | (1) | - | OSC32_IN |
| PC15-OSC32_OUT (PC15) | 4 | 4 | - | - | I/O | TC | (1) | - | OSC32_OUT |
| PF0-OSC_IN (PF0) | 5 | 5 | 2 | 2 | I/O | FT | - | - | OSC_IN |
| PF1-OSC_OUT (PF1) | 6 | 6 | 3 | 3 | I/O | FT | - | - | OSC_OUT |
| NRST | 7 | 7 | 4 | 4 | I/O | RST | - | 芯片复位输入/内部复位输出 (低电平有效) | |
| PC0 | 8 | - | - | - | I/O | TTa | - | EVENTOUT | ADC_IN10 |
| PC1 | 9 | - | - | - | I/O | TTa | - | EVENTOUT, | ADC_IN11 |
| PC2 | 10 | - | - | - | I/O | TTa | - | EVENTOUT | ADC_IN12 |
| PC3 | 11 | - | - | - | I/O | TTa | - | EVENTOUT | ADC_IN13 |
| V _{SSA} | 12 | 8 | 16 | 0 | S | - | - | 模拟地 | |
| V _{DDA} | 13 | 9 | 5 | 5 | S | - | - | 模拟电源 | |
| PA0 | 14 | 10 | 6 | 6 | I/O | TTa | - | USART2_CTS | ADC_IN0, RTC_TAMP2, WKUP1 |
| PA1 | 15 | 11 | 7 | 7 | I/O | TTa | - | USART2_RTS, EVENTOUT | ADC_IN1 |
| PA2 | 16 | 12 | 8 | 8 | I/O | TTa | - | USART2_TX, TMR15_CH1 | ADC_IN2 |
| PA3 | 17 | 13 | 9 | 9 | I/O | TTa | - | USART2_RX, TMR15_CH2 | ADC_IN3 |
| PF4 | 18 | - | - | - | I/O | FT | - | EVENTOUT | - |
| PF5 | 19 | - | - | - | I/O | FT | - | EVENTOUT | - |
| PA4 | 20 | 14 | 10 | 10 | I/O | TTa | - | SPI1_NSS, USART2_CK, TMR14_CH1 | ADC_IN4 |
| PA5 | 21 | 15 | 11 | 11 | I/O | TTa | - | SPI1_SCK | ADC_IN5 |

| 引脚名称 (复位后的功能) | 引脚编码 | | | | 引脚 类型 | I/O 结构 | 注释 | 引脚功能 | |
|------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|----|---|-----------|
| | LQFP 64 | LQFP 48 | LQFP 32 | QFN 32 | | | | 复用功能 | 附加功能 |
| PA6 | 22 | 16 | 12 | 12 | I/O | TTa | - | SPI1_MISO, TMR3_CH1, TMR1_BKIN, TMR16_CH1, EVENTOUT | ADC_IN6 |
| PA7 | 23 | 17 | 13 | 13 | I/O | TTa | - | SPI1_MOSI, TMR3_CH2, TMR14_CH1, TMR1_CH1N, TMR17_CH1, EVENTOUT | ADC_IN7 |
| PC4 | 24 | - | - | - | I/O | TTa | - | EVENTOUT | ADC_IN14 |
| PC5 | 25 | - | - | - | I/O | TTa | - | - | ADC_IN15 |
| PB0 | 26 | 18 | 14 | 14 | I/O | TTa | - | TMR3_CH3, TMR1_CH2N, EVENTOUT | ADC_IN8 |
| PB1 | 27 | 19 | 15 | 15 | I/O | TTa | - | TMR3_CH4, TMR14_CH1, TMR1_CH3N | ADC_IN9 |
| PB2 | 28 | 20 | - | 16 | I/O | FT | - | - | - |
| PB10 | 29 | 21 | - | - | I/O | FT | - | I2C2_SCL TMR2_CH3 | - |
| PB11 | 30 | 22 | - | - | I/O | FT | - | I2C2_SDA, TMR2_CH4 EVENTOUT | - |
| V _{SS} | 31 | 23 | 16 | 0 | S | - | - | 地 | |
| V _{DD} | 32 | 24 | 17 | 17 | S | - | - | 数字电源 | |
| PB12 | 33 | 25 | - | - | I/O | FT | - | SPI2_NSS, TMR1_BKIN, EVENTOUT | - |
| PB13 | 34 | 26 | - | - | I/O | FT | - | SPI2_SCK, TMR1_CH1N | - |
| PB14 | 35 | 27 | - | - | I/O | FT | - | SPI2_MISO, TMR1_CH2N, TMR15_CH1 | - |
| PB15 | 36 | 28 | - | - | I/O | FT | - | SPI2_MOSI, TMR1_CH3N, TMR15_CH1N, TMR15_CH2 | RTC_REFIN |
| PC6 | 37 | - | - | - | I/O | FT | - | TMR3_CH1 | - |
| PC7 | 38 | - | - | - | I/O | FT | - | TMR3_CH2 | - |

| 引脚名称 (复位后的功能) | 引脚编码 | | | | 引脚 类型 | I/O 结构 | 注释 | 引脚功能 | |
|------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----|---|------|
| | LQFP 64 | LQFP 48 | LQFP 32 | QFN 32 | | | | 复用功能 | 附加功能 |
| PC8 | 39 | - | - | - | I/O | FT | - | TMR3_CH3 | - |
| PC9 | 40 | - | - | - | I/O | FT | - | TMR3_CH4 | - |
| PA8 | 41 | 29 | 18 | 18 | I/O | FT | - | USART1_CK, TMR1_CH1, EVENTOUT, MCO | - |
| PA9 | 42 | 30 | 19 | 19 | I/O | FT | - | USART1_TX, TMR1_CH2, TMR15_BKIN | - |
| PA10 | 43 | 31 | 20 | 20 | I/O | FT | - | USART1_RX, TMR1_CH3, TMR17_BKIN | - |
| PA11 | 44 | 32 | 21 | 21 | I/O | FT | - | USART1_CTS, TMR1_CH4, EVENTOUT | - |
| PA12 | 45 | 33 | 22 | 22 | I/O | FT | - | USART1_RTS, TMR1_ETR, EVENTOUT | - |
| PA13 (SWDIO) | 46 | 34 | 23 | 23 | I/O | FT | (2) | IR_OUT,SWDIO | - |
| PF6 | 47 | 35 | - | - | I/O | FT | | I2C2_SCL | - |
| PF7 | 48 | 36 | - | - | I/O | FT | | I2C2_SDA | - |
| PA14 (SWCLK) | 49 | 37 | 24 | 24 | I/O | FT | (2) | USART2_TX, SWCLK | - |
| PA15 | 50 | 38 | 25 | 25 | I/O | FT | - | SPI1_NSS, USART2_RX, EVENTOUT | - |
| PC10 | 51 | - | - | - | I/O | FT | - | | - |
| PC11 | 52 | - | - | - | I/O | FT | - | | - |
| PC12 | 53 | - | - | - | I/O | FT | - | | - |
| PD2 | 54 | - | - | - | I/O | FT | - | TMR3_ETR | - |
| PB3 | 55 | 39 | 26 | 26 | I/O | FT | - | SPI1_SCK, EVENTOUT | - |
| PB4 | 56 | 40 | 27 | 27 | I/O | FT | - | SPI1_MISO, TMR3_CH1, EVENTOUT | - |
| PB5 | 57 | 41 | 28 | 28 | I/O | FT | - | SPI1_MOSI, I2C1_SMBA, TMR16_BKIN, TMR3_CH2 | - |

| 引脚名称 (复位后的功能) | 引脚编码 | | | | 引脚 类型 | I/O 结构 | 注释 | 引脚功能 | |
|------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|----|--|------|
| | LQFP 64 | LQFP 48 | LQFP 32 | QFN 32 | | | | 复用功能 | 附加功能 |
| PB6 | 58 | 42 | 29 | 29 | I/O | FT | - | I2C1_SCL, USART1_TX, TMR16_CH1N | - |
| PB7 | 59 | 43 | 30 | 30 | I/O | FT | - | I2C1_SDA, USART1_RX, TMR17_CH1N | - |
| BOOT0 | 60 | 44 | 31 | 31 | I | B | - | 存储器启动选择 | |
| PB8 | 61 | 45 | - | 32 | I/O | FTf | - | I2C1_SCL, TMR16_CH1 | - |
| PB9 | 62 | 46 | - | - | I/O | FTf | - | I2C1_SDA, IR_OUT, TMR17_CH1, EVENTOUT | - |
| V _{SS} | 63 | 47 | 32 | 0 | S | - | - | 地 | |
| V _{DD} | 64 | 48 | 1 | 1 | S | - | - | 数字电源 | |

注:

- (1) PC13、PC14 和 PC15 通过电源开关供电。由于开关仅吸收有限的电流(3 毫安)，因此在输出模式下 GPIO 的 PC13 至 PC15 的使用受到限制：大负载为 30 pF 时，速度不应超过 2MHz；不用作电流源 (例如驱动发光二极管)。
- (2) 复位后，这些引脚配置为 SWDIO 和 SWCLK 复用功能，SWDIO 引脚的内部上拉和 SWCLK 引脚的内部下拉被激活。

表17 通过 GPIOA_AFR 寄存器为端口 A 选择复用功能

| 引脚名称 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 |
|------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| PA0 | - | USART2_CTS | - | - | | - | - |
| PA1 | EVENTOUT | USART2_RTS | - | - | | | - |
| PA2 | TMR15_CH1 | USART2_TX | - | - | - | - | - |
| PA3 | TMR15_CH2 | USART2_RX | - | - | - | - | - |
| PA4 | SPI1_NSS | USART2_CK | - | - | TMR14_CH1 | | - |
| PA5 | SPI1_SCK | - | - | - | - | | - |
| PA6 | SPI1_MISO | TMR3_CH1 | TMR1_BKIN | - | | TMR16_CH1 | EVENTOUT |
| PA7 | SPI1_MOSI | TMR3_CH2 | TMR1_CH1N | - | TMR14_CH1 | TMR17_CH1 | EVENTOUT |
| PA8 | MCO | USART1_CK | TMR1_CH1 | EVENTOUT | - | - | - |
| PA9 | TMR15_BKIN | USART1_TX | TMR1_CH2 | - | | | - |
| PA10 | TMR17_BKIN | USART1_RX | TMR1_CH3 | - | | - | - |
| PA11 | EVENTOUT | USART1_CTS | TMR1_CH4 | - | - | SCL | - |
| PA12 | EVENTOUT | USART1_RTS | TMR1_ETR | - | - | SDA | - |
| PA13 | SWDIO | IR_OUT | - | - | - | - | - |
| PA14 | SWCLK | USART2_TX | - | - | - | - | - |
| PA15 | SPI1_NSS | USART2_RX | - | EVENTOUT | | - | - |

表18 通过 GPIOB_AFR 寄存器为端口 B 选择复用功能

| 引脚名称 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 |
|------|-----------|-----------|------------|------------|-----|------------|
| PB0 | EVENTOUT | TMR3_CH3 | TMR1_CH2N | - | | - |
| PB1 | TMR14_CH1 | TMR3_CH4 | TMR1_CH3N | - | | - |
| PB2 | - | - | - | - | - | - |
| PB3 | SPI1_SCK | EVENTOUT | - | - | | - |
| PB4 | SPI1_MISO | TMR3_CH1 | EVENTOUT | - | | TMR17_BKIN |
| PB5 | SPI1_MOSI | TMR3_CH2 | TMR16_BKIN | - | | - |
| PB6 | USART1_TX | I2C1_SCL | TMR16_CH1N | - | - | - |
| PB7 | USART1_RX | I2C1_SDA | TMR17_CH1N | - | | - |
| PB8 | - | I2C1_SCL | TMR16_CH1 | - | - | - |
| PB9 | IR_OUT | I2C1_SDA | TMR17_CH1 | EVENTOUT | - | - |
| PB10 | - | I2C2_SCL | - | - | | - |
| PB11 | EVENTOUT | I2C2_SDA | - | - | | - |
| PB12 | SPI2_NSS | EVENTOUT | TMR1_BKIN | - | | - |
| PB13 | SPI2_SCK | - | TMR1_CH1N | - | | - |
| PB14 | SPI2_MISO | TMR15_CH1 | TMR1_CH2N | - | | - |
| PB15 | SPI2_MOSI | TMR15_CH2 | TMR1_CH3N | TMR15_CH1N | - | - |

表19 通过 GPIOC_AFR 寄存器为端口 C 选择复用功能

| 引脚名称 | AF0 |
|------|----------|
| PC0 | EVENTOUT |
| PC1 | EVENTOUT |
| PC2 | EVENTOUT |
| PC3 | EVENTOUT |
| PC4 | EVENTOUT |
| PC5 | - |
| PC6 | TMR3_CH1 |
| PC7 | TMR3_CH2 |
| PC8 | TMR3_CH3 |
| PC9 | TMR3_CH4 |
| PC10 | |
| PC11 | |
| PC12 | |
| PC13 | - |
| PC14 | - |
| PC15 | - |

表20 通过 GPIOD_AFR 寄存器为端口 D 选择复用功能

| 引脚名称 | AF0 |
|------|----------|
| PD2 | TMR3_ETR |

表21 通过 GPIOF_AFR 寄存器为端口 F 选择复用功能

| 引脚名称 | AF0 |
|------|-----|
| PF0 | - |
| PF1 | - |

5. 电气特性

5.1. 测试条件

所有电压参数(特殊说明外)都以 V_{SS} 为参照。

5.1.1 最大值和最小值

除非特别说明,所有产品是在 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 下在生产线上进行测试的。其最大和最小值可支持所定最恶劣的环境温度、供电电压和时钟频率。

在每个表格下方的注解中说明是通过综合评估、设计仿真或工艺特性得到的数据,没有在生产线上进行测试;在综合评估的基础上,通过样本测试后,取其平均值再加减三倍的标准差(平均 $\pm 3\sigma$)得到最大和最小数值。

5.1.2 典型值

除非特别说明,典型数据是基于 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{DD}=V_{DDA}=3.3\text{V}$; 这些数据仅用于设计指导。

5.1.3 典型曲线

除非特别说明,典型曲线不会在生产线上进行测试,仅用于设计指导。

5.1.4 负载电容

图8 测量引脚参数时的负载条件

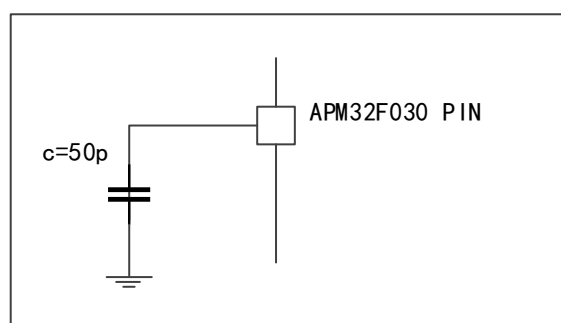


图9 引脚输入电压测量方案

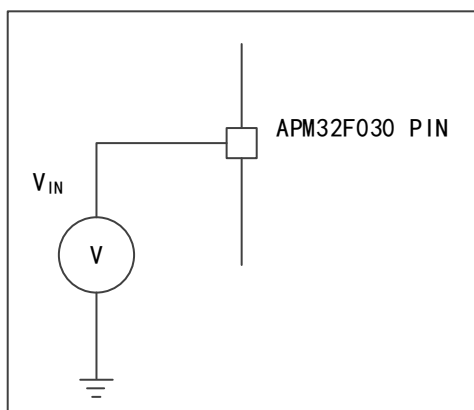
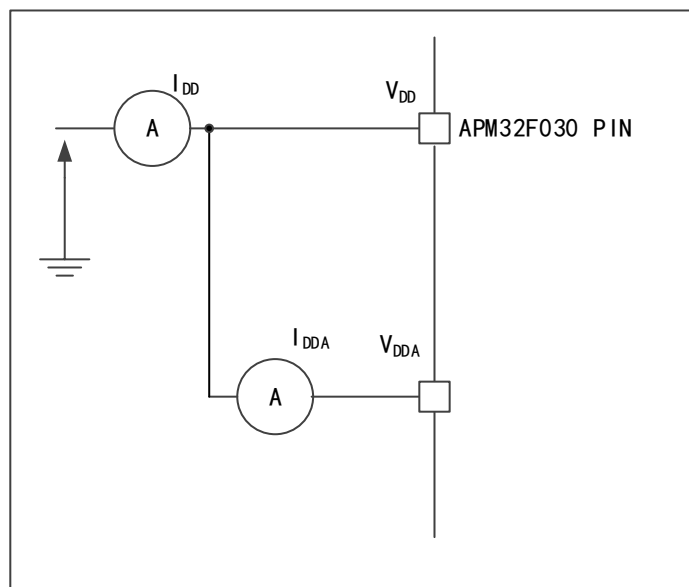


图10 电流消耗测量方案



5.2. 绝对最大额定值

器件上的载荷如果超过绝对最大额定值，可能会导致器件永久性的损坏。这里只是给出能承受的最大载荷，不保证在此条件下器件的功能运行正常。

5.2.1 最大额定电压特性

表22 最大额定电压特性

| 符号 | 描述 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------|------------------------------------|--------------|--------------|----|
| $V_{DD}-V_{SS}$ | 外部主供电电压(V_{DD}) ⁽¹⁾ | -0.3 | 4.0 | V |
| | 外部模拟电源电压 (V_{DDA}) | -0.3 | 4.0 | |
| $V_{DD}-V_{DDA}$ | $V_{DD}>V_{DDA}$ 允许的电压差 | - | 0.4 | |
| $V_{IN}^{(2)}$ | FT 和 FTf 引脚上的输入电压 ⁽²⁾ | $V_{SS}-0.3$ | $V_{DD}+4.0$ | |
| | TTa 引脚上的输入电压 ⁽²⁾ | $V_{SS}-0.3$ | 4.0 | |
| | BOOT0 | 0 | $V_{DD}+4.0$ | |
| | 任何其他引脚上的输入电压 | $V_{SS}-0.3$ | 4.0 | |
| $ \Delta V_{DDx} $ | 不同供电引脚之间的电压差 | - | 50 | mV |
| $ V_{SSx}-V_{SS} $ | 不同接地引脚之间的电压差 | - | 50 | |

注：

- (1) 所有的电源(V_{DD}, V_{DDA})和地(V_{SS}, V_{SSA})引脚必须始终连接到外部限定范围内的供电电源上。
- (2) 如果 V_{IN} 在最大值范围内， $I_{INJ}(PIN)$ 不会超过它的极限。如果 V_{IN} 超过最大值，必须通过外部限制 $I_{INJ}(PIN)$ 的值，确保不超过其最大值。正向注入电流在当 V_{IN} 大于 V_{DD} 时出现，而反向注入电流在 V_{IN} 小于 V_{SS} 时出现。

5.2.2 最大静电特性

表23 静电放电 (ESD)

| 符号 | 参数 | 条件 | 最大值 | 单位 |
|----------------|----------------|--------------------|------|----|
| $V_{ESD}(HBM)$ | 静电放电电压(人体模型) | $T_A=+25^{\circ}C$ | 4500 | V |
| $V_{ESD}(CDM)$ | 静电放电电压(充电设备模型) | $T_A=+25^{\circ}C$ | 2000 | |

注：样品由第三方测试机构测得，不在生产中测试。

5.2.3 静态栓锁

表24 静态栓锁

| 符号 | 参数 | 条件 | 类型 |
|----|-------|---------------------------------|------------|
| LU | 静态栓锁类 | $T_A=+25^{\circ}C/105^{\circ}C$ | class II A |

5.2.4 最大温度特性

表25 温度特性

| 符号 | 描述 | 数值 | 单位 |
|------------------|--------|----------|----|
| T _{STG} | 储存温度范围 | -65~+150 | °C |
| T _J | 最大结温度 | 150 | °C |

5.3. 通用工作条件下的测试

表26 通用工作条件

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------|-------------|---------------------------------------|------|-----------------------|-----|
| F _{HCLK} | 内部 AHB 时钟频率 | - | 0 | 48 | MHz |
| f _{PCLK} | 内部 APB 时钟频率 | - | 0 | 48 | |
| V _{DD} | 标准工作电压 | - | 2 | 3.6 | V |
| V _{DDA} | 模拟部分工作电压 | V _{DDA} 不得小于 V _{DD} | 2.4 | 3.6 | V |
| V _{IN} | I/O 输入电压 | T _C 和 RSTI/O | -0.3 | V _{DD} +0.3 | V |
| | | TTa I/O | -0.3 | V _{DDA} +0.3 | |
| | | FT 和 FTf I/O | -0.3 | 5.5 | |
| | | BOOT0 | 0 | 5.5 | |

5.3.1 内嵌复位和电源控制模块特性测试

表 27 中给出的参数来自于表 26 通用工作条件总结的环境温度和电源电压条件下的测试结果。

表27 内嵌复位和电源控制模块特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------------------------|-----------|--------------------|------|------|------|----|
| V _{POR/PDR} ⁽¹⁾ | 上电/掉电复位阈值 | 下降沿 ⁽²⁾ | - | 1.87 | - | V |
| | | 上升沿 | - | 1.92 | - | V |
| V _{PDRhyst} ⁽³⁾ | PDR 迟滞 | - | - | 50 | - | mV |
| T _{RSTTEMPO} ⁽³⁾ | 复位持续时间 | - | 1.70 | 2.51 | 3.32 | ms |

注：

- (1) PDR 检测器监控 V_{DD} 和 V_{DDA}(如果在选项字节中保持启用), POR 检测器仅监控 V_{DD}。
- (2) 产品特性由设计保证至最小 V_{POR/PDR} 值
- (3) 由设计保证, 不在生产中测试。

5.3.2 内置参考电压特性测试

表 28 中给出的参数来自于表 26 通用工作条件总结的环境温度和电源电压条件下的测试结果。

表28 内置的参照电压

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|-----------------------|--|------|------|------|---------------|
| V_{REFINT} | 内置参考电压 | $-40^{\circ}\text{C} < T_A < +105^{\circ}\text{C}$ | 1.19 | 1.20 | 1.23 | V |
| t_{START} | ADC_IN17 缓冲器启动时间 | - | - | - | 10 | μs |
| $T_{S_vrefint}$ | 当读出内部参考电压时, ADC 的采样时间 | - | 4 | - | - | μs |
| ΔV_{REFINT} | 内置参考电压扩展到温度范围 | $V_{DDA}=3.3\text{V}$ | - | - | 10 | mV |

5.3.3 功耗

功耗测试环境:

- (1) 执行 Dhrystone2.1, 编译环境为 KeilV5 以及编译优化等级为 L0 条件下测试。
- (2) 所有的 I/O 引脚配配置成模拟输入, 都连接到一个静态电平上 V_{DD} 或 V_{SS} (无负载)。
- (3) 除非特别说明, 所有的外设都关闭。
- (4) Flash 等待周期的设置和 f_{HCMU} 的关系: 0~24MHz—0 个等待周期, 24~48MHz—1 个等待周期。
- (5) 大于 24MHz 时指令预取功能开启(提示: 这位的设置必须在时钟设置和总线分频之前进行)。
- (6) 当外设开启时: $f_{PCLK}=f_{HCLK}$

表29 程序在 Flash 执行, 运行模式功耗

| 参数 | 条件 | f_{HCMU} | 典型值 ⁽¹⁾ | | 最大值 ⁽¹⁾ | |
|------|------------------------------|------------|--|---------------------|---|---------------------|
| | | | $T_A=25^{\circ}\text{C}, V_{DD}=3.3\text{V}$ | | $T_A=105^{\circ}\text{C}, V_{DD}=3.6\text{V}$ | |
| | | | $I_{DDA}(\mu\text{A})$ | $I_{DD}(\text{mA})$ | $I_{DDA}(\mu\text{A})$ | $I_{DD}(\text{mA})$ |
| 运行模式 | 外部时钟 ⁽²⁾ , 使能所有外设 | 48MHz | 105.69 | 10.0 | 125.76 | 10.39 |
| | | 24MHz | 59.64 | 5.67 | 74.78 | 5.88 |
| | | 8MHz | 1.44 | 2.31 | 7.7 | 2.43 |
| | 外部时钟 ⁽²⁾ , 关闭所有外设 | 48MHz | 105.73 | 6.94 | 125.99 | 7.18 |
| | | 24MHz | 59.7 | 4.17 | 75.09 | 4.29 |
| | | 8MHz | 1.45 | 1.80 | 7.15 | 1.90 |
| | 内部时钟, 使能所有外设 | 48MHz | 161.22 | 9.6 | 187.84 | 10.04 |
| | | 24MHz | 115.39 | 5.24 | 137.09 | 5.45 |
| | | 8MHz | 57.97 | 1.88 | 72.8 | 1.97 |
| | 内部时钟, 关闭所有外设 | 48MHz | 161.54 | 6.51 | 187.58 | 6.82 |

| 参数 | 条件 | f _{HCMU} | 典型值 ⁽¹⁾ | | 最大值 ⁽¹⁾ | |
|----|----|-------------------|---|----------------------|--|----------------------|
| | | | T _A =25°C, V _{DD} =3.3V | | T _A =105°C, V _{DD} =3.6V | |
| | | | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (mA) | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (mA) |
| | | 24MHz | 115.50 | 3.66 | 136.98 | 3.85 |
| | | 8MHz | 58.0 | 1.33 | 72.45 | 1.40 |

注:

- (1) 基于综合评估的数据, 除非另有说明, 否则不在生产中测试。
- (2) 外部时钟为 8MHz, 当 f_{HCMU}>8MHz 时, 开启 PLL。

表30 程序在 SRAM 中执行, 运行模式功耗

| 参数 | 条件 | f _{HCMU} | 典型值 ⁽¹⁾ | | 最大值 ⁽¹⁾ | |
|------|------------------------------|-------------------|---|----------------------|--|----------------------|
| | | | T _A =25°C, V _{DD} =3.3V | | T _A =105°C, V _{DD} =3.6V | |
| | | | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (mA) | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (mA) |
| 运行模式 | 外部时钟 ⁽²⁾ , 使能所有外设 | 48MHz | 105.73 | 7.48 | 125.63 | 7.75 |
| | | 24MHz | 59.67 | 4.08 | 74.76 | 4.30 |
| | | 8MHz | 1.44 | 1.8 | 7.20 | 1.88 |
| | 外部时钟 ⁽²⁾ , 关闭所有外设 | 48MHz | 105.78 | 4.40 | 125.98 | 4.60 |
| | | 24MHz | 59.71 | 2.54 | 74.96 | 2.69 |
| | | 8MHz | 1.45 | 1.27 | 7.11 | 1.35 |
| | 内部时钟, 使能所有外设 | 48MHz | 161.43 | 7.06 | 187.25 | 7.39 |
| | | 24MHz | 115.40 | 3.65 | 136.83 | 3.85 |
| | | 8MHz | 57.99 | 1.37 | 72.45 | 1.43 |
| | 内部时钟, 关闭所有外设 | 48MHz | 161.62 | 3.94 | 187.61 | 4.14 |
| | | 24MHz | 115.49 | 2.07 | 137.02 | 2.23 |
| | | 8MHz | 58.04 | 0.79 | 72.4 | 0.86 |

注:

- (1) 由综合评估得出, 不在生产中测试。
- (2) 外部时钟为 8MHz, 当 f_{HCMU}>8MHz 时, 开启 PLL。

表31 程序在 SRAM 或 Flash 中执行, 睡眠模式下功耗

| 参数 | 条件 | f _{HCMU} | 典型值 ⁽¹⁾ | | 最大值 ⁽¹⁾ | |
|------|------------------------------|-------------------|---|----------------------|--|----------------------|
| | | | T _A =25°C, V _{DD} =3.3V | | T _A =105°C, V _{DD} =3.6V | |
| | | | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (mA) | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (mA) |
| 睡眠模式 | 外部时钟 ⁽²⁾ , 使能所有外设 | 48MHz | 105.77 | 5.41 | 125.88 | 5.54 |
| | | 24MHz | 59.70 | 3.03 | 74.91 | 3.16 |
| | | 8MHz | 1.45 | 1.42 | 7.12 | 1.50 |
| | 外部时钟 ⁽²⁾ , 关闭所有外设 | 48MHz | 105.86 | 2.0 | 125.9 | 2.13 |
| | | 24MHz | 59.8 | 1.35 | 75.08 | 1.47 |
| | | 8MHz | 1.44 | 0.84 | 7.14 | 0.94 |

| 参数 | 条件 | f _{HCMU} | 典型值 ⁽¹⁾ | | 最大值 ⁽¹⁾ | |
|--------------|----|-------------------|--|----------------------|---|----------------------|
| | | | T _A =25°C, V _{DD} =3.3V | | T _A =105°C, V _{DD} =3.6V | |
| | | | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (mA) | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (mA) |
| 内部时钟, 使能所有外设 | | 48MHz | 161.55 | 4.93 | 187.25 | 5.14 |
| | | 24MHz | 115.48 | 2.60 | 136.87 | 2.72 |
| | | 8MHz | 58.0 | 0.99 | 72.41 | 1.05 |
| 内部时钟, 关闭所有外设 | | 48MHz | 161.71 | 1.52 | 187.85 | 1.69 |
| | | 24MHz | 115.54 | 0.86 | 137.13 | 0.99 |
| | | 8MHz | 58.0 | 0.37 | 72.35 | 0.46 |

注:

- (1) 由综合评估得出, 不在生产中测试。
- (2) 外部时钟为 8MHz, 当 f_{HCMU}>8MHz 时, 开启 PLL。

表32 停机、待机模式功耗

| 参数 | 条件 | | 典型值 (T _A =25°C) | | | | 最大值 ⁽¹⁾ (T _A =105°C) | |
|------|---------------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---|-------------------------|
| | | | V _{DD} =2.4 V | | V _{DD} = 3.3V | | V _{DD} =3.6 V | |
| | | | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (μA) | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (μA) | I _{DDA} (μA) | I _{DD} (μA) |
| 停机模式 | V _{DDA} monitoring ON | 调压器处于运行模式, 低速和高速内部 RC 振荡器和高速振荡器处于关闭状态 | 2.43 | 21.1 | 2.98 | 21.9 | 7.0 | 62.6 |
| | | 调压器处于低功耗模式, 低速和高速内部 RC 振荡器和高速振荡器处于关闭状态 | 2.43 | 6.47 | 2.98 | 7.42 | 7.0 | 44.9 |
| 待机模式 | | 低速内部 RC 振荡器和独立看门狗处于开启状态 | 2.62 | 2.42 | 3.33 | 3.72 | 6.63 | 22.2 |
| | | 低速内部 RC 振荡器和独立看门狗处于关闭状态 | 2.28 | 1.96 | 2.83 | 3.08 | 6.11 | 21.5 |
| 停机模式 | V _{DDA} monitoring OFF | 调压器处于低功耗模式, 低速和高速内部 RC 振荡器和高速振荡器处于关闭状态 | 1.25 | 6.33 | 1.45 | 7.38 | 5.13 | 44.9 |
| 待机模式 | | 低速内部 RC 振荡器和独立看门狗处于开启状态 | 1.45 | 2.36 | 1.80 | 3.7 | 4.98 | 22.2 |
| | | 低速内部 RC 振荡器和独立看门狗处于关闭状态 | 1.10 | 1.93 | 1.31 | 3.05 | 4.44 | 21.5 |

注: 由综合评估得出, 不在生产中测试。

5.3.4 外部时钟源特性

晶体谐振器产生的高速外部时钟(HXT osc)

有关晶体谐振器的详细参数(频率、封装、精度等), 请咨询相应的生产厂商。

表33 HXT 4~32MHz 振荡器特性⁽¹⁾

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------|----------|---|-----|-----|-----|------------|
| f_{OSC_IN} | 振荡器频率 | - | 4 | 8 | 32 | MHz |
| R_F | 反馈电阻 | - | - | 200 | - | k Ω |
| I_{DD} | HXT 电流消耗 | $V_{DD} = 3.3V$, $R_m = 45 \Omega$, $C_L = 10 pF @ 8 MHz$ | - | 660 | - | μA |
| $t_{SU(HXT)}$ | 启动时间 | V_{DD} 是稳定的 | - | 1.7 | - | ms |

注: 由设计保证, 未经生产测试。

晶体谐振器产生的高速外部时钟(LXT osc)

有关晶体谐振器的详细参数(频率、封装、精度等), 请咨询相应的生产厂商。

表34 LXT 振荡器特性($f_{LXT}=32.768KHz$)⁽¹⁾

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|----------|----------------|-----|-----|-----|---------|
| I_{DD} | LXT 电流消耗 | 高驱动能力 | - | 1.5 | - | μA |
| $t_{SU(LXT)}^{(2)}$ | 启动时间 | V_{DDIOx} 稳定 | - | 2 | - | s |

注:

- (1) 由设计保证, 不在生产中测试。
- (2) $t_{SU(HXT)}$ 是启动时间, 是从软件使能 LXT 开始测量, 直至得到稳定的 32.768KHz 振荡这段时间。这个数值是使用一个标准的晶体谐振器测量得到的, 它可能因晶体制造商的不同而变化较大。

5.3.5 内部时钟源特性

高速内部 (HIRC) RC 振荡器测试

表35 HIRC 振荡器特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|--------------|--|-----|-----|-----|---------|
| f_{HIRC} | 频率 | - | - | 8 | - | MHz |
| AC_{CHIRC} | HIRC 振荡器的精度 | 工 厂 校 准 $V_{DD}=3.3V$ $T_A=-25^{\circ}C$ | -1 | - | 1 | % |
| | | $V_{DD}=2-3.6V$ $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ | -5 | - | 5 | % |
| $t_{SU(HIRC)}$ | HIRC 振荡器启动时间 | $V_{DD}=3.3V$ $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ | - | - | 2 | μs |
| $I_{DDA(HIRC)}$ | HIRC 振荡器功耗 | - | - | 60 | - | μA |

注: 由综合评估得出, 不在生产中测试。

表36 HIRC14 振荡器特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | |
|-------------------|----------------|--|--|-----|-----|---------|---|
| f_{HIRC14} | 频率 | - | - | 14 | - | MHz | |
| $ACCHIRC14$ | HIRC14 振荡器的精度 | 工 厂 校 准 | $V_{DD}=3.3V$ $T_A=-25^{\circ}C$ | -1 | - | 1 | % |
| | | | $V_{DD}=2-3.6V$ $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ | -5 | - | 5 | % |
| $t_{SU(HIRC14)}$ | HIRC14 振荡器启动时间 | $V_{DD}=3.3V$ $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ | - | - | 2 | μs | |
| $I_{DDA(HIRC14)}$ | HIRC14 振荡器功耗 | - | - | 72 | - | μA | |

注：由综合评估得出，不在生产中测试。

低速内部 (LIRC) RC 振荡器测试

表37 LIRC 振荡器特性

| 符号 | 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|--|-----|-----|-----|---------|
| f_{LIRC} | 频率 ($V_{DD}=2-3.6V$, $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$) | 30 | 40 | 50 | KHz |
| $t_{SU(LIRC)}$ | LIRC 振荡器启动时间 ($V_{DD}=3.3V$, $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$) | - | 30 | - | μs |
| $I_{DD(LIRC)}$ | LIRC 振荡器功耗 | - | 0.5 | - | μA |

注：由综合评估得出，不在生产中测试。

5.3.6 低功耗模式唤醒时间

表38 唤醒时钟源参数

| 符号 | 参数 | 典型值 | 单位 |
|----------------|---------|-----------------|---------|
| $t_{WUSLEEP0}$ | 从睡眠模式唤醒 | 4 SYSCLK cycles | μs |
| $t_{WUSTOP0}$ | 从停机模式唤醒 | 3.1 | |
| $t_{WUSTDBY0}$ | 从待机模式唤醒 | 40 | |

注：唤醒时间的测量是从唤醒事件开始至用户程序读取第一条指令。

5.3.7 PLL 特性

表39 PLL 特性

| 符号 | 参数 | 数值 ⁽¹⁾ | | | 单位 |
|----------------|--|-------------------|-----|-----|---------|
| | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| f_{PLL_IN} | PLL 输入时钟 | 1 | 8 | 24 | MHz |
| | PLL 输入时钟占空比 | 40 | - | 60 | % |
| f_{PLL_OUT} | PLL 倍频输出时钟 ($V_{DD}=3.3V$, $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$) | 16 | - | 48 | MHz |
| t_{LOCK} | PLL 锁相时间 | - | - | 90 | μs |

注：由综合评估得出，不在生产中测试。

5.3.8 存储器特性

FLASH 存储器

表40 FLASH 存储器特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------------|----------------|---|-----|------|-----|---------|
| t_{prog} | 16 位编程时间 | $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ $V_{DD}=2.0\sim 3.6V$ | - | 17.9 | - | μs |
| t_{ERASE} | 页(1Kbytes)擦除时间 | $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ $V_{DD}=2.0\sim 3.6V$ | - | 1.56 | - | ms |
| t_{ME} | 整片擦除时间 | $T_A=25^{\circ}C$ $V_{DD}=3.3V$ | - | 6.4 | - | ms |
| V_{prog} | 编程电压 | $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ | 2.0 | 3.3 | 3.6 | V |
| t_{RET} | 数据保存时间 | $T_A=55^{\circ}C$ | 20 | - | - | years |
| N_{RW} | 擦写周期 | $T_A=25^{\circ}C$ | 10K | - | - | cycles |

注：由综合评估得出，不在生产中测试。

5.3.9 I/O 端口特性

表41 直流特性($T_A=-40^{\circ}C-105^{\circ}C, V_{DD}=2\sim 3.6V$)

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|----------|--|-------------------------|-----|-------------------|---------|
| V_{IL} | 输入低电平电压 | TC 和 TTa I/O | - | - | $0.3V_{DD}+0.1$ | V |
| | | FT 和 FTf I/O | - | - | $0.476V_{DD}-0.4$ | |
| | | 除 BOOT0 引脚外的所有 I/O 引脚 | - | - | $0.3V_{DD}$ | |
| V_{IH} | 输入高电平电压 | TC 和 TTa I/O | $0.447V_{DD}+0.40$ 2 | - | - | V |
| | | FT 和 FTf I/O | $0.5V_{DD}+0.2$ | - | - | |
| | | 除 BOOT0 引脚外的所有 I/O 引脚 | $0.7V_{DD}$ | - | - | |
| V_{hys} | 施密特触发器迟滞 | TC 和 TTa I/O | | 200 | | mV |
| | | FT 和 FTf I/O | | 300 | | |
| I_{lkg} | 输入漏电流 | 数字模式下 TC, FT 和 FTf I/O TTa $V_{SS}\leq V_{IN}\leq V_{DDIOx}$ | - | - | ± 0.1 | μA |
| | | 数字模式下 TTa $V_{DDIOx}\leq V_{IN}\leq V_{DDA}$ | - | - | 1 | |
| | | 模拟模式下 TTa $V_{SS}\leq V_{IN}\leq V_{DDA}$ | - | - | ± 0.1 | |
| | | FT 和 FTf I/O ⁽¹⁾ $V_{DDIOx}\leq V_{IN}\leq 5V$ | - | - | 10 | |

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|---------|-------------------------------------|-----|-----|-----|----|
| R _{PU} | 弱上拉等效电阻 | V _{IN} =V _{SS} | 30 | 40 | 50 | kΩ |
| R _{PD} | 弱下拉等效电阻 | V _{IN} =V _{DDIOx} | 30 | 40 | 50 | kΩ |

表42 交流特性(T_A=25°C)

| MODEx[1:0]的配置 | 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---------------|--------------------------|---------------------|--|-----|-----|-----|
| 10 (2MHz) | f _{max(I/O)out} | 最大频率 | C _L =50 pF, V _{DD} =2.4~3.6V | - | 2 | MHz |
| | t _{f(I/O)out} | 输出高至低电平的下降时间 | C _L =50 pF, V _{DD} =2.4~3.6V | - | 125 | ns |
| | t _{r(I/O)out} | 输出低至高电平的上升时间 | | - | 125 | |
| 01 (10MHz) | f _{max(I/O)out} | 最大频率 | C _L =50 pF, V _{DD} =2.4~3.6V | - | 10 | MHz |
| | t _{f(I/O)out} | 输出高至低电平的下降时间 | C _L =50 pF, V _{DD} =2.4~3.6V | - | 25 | ns |
| | t _{r(I/O)out} | 输出低至高电平的上升时间 | | - | 25 | |
| 11 (50MHz) | f _{max(I/O)out} | 最大频率 | C _L =30 pF, V _{DD} =2.7~3.6V | - | 50 | MHz |
| | t _{f(I/O)out} | 输出高至低电平的下降时间 | C _L =30 pF, V _{DD} =2.7~3.6V | - | 5 | ns |
| | t _{r(I/O)out} | 输出低至高电平的上升时间 | | - | 5 | |
| FM+ 配置 | f _{max(I/O)out} | 最大频率 ⁽³⁾ | C _L =50pF, V _{DDIOx} =2.4~3.6V | - | 2 | MHz |
| | t _{f(I/O)out} | 输出下降时间 | | - | 34 | ns |
| | t _{r(I/O)out} | 输出上升时间 | | - | 34 | |

图11 输入输出交流特性定义

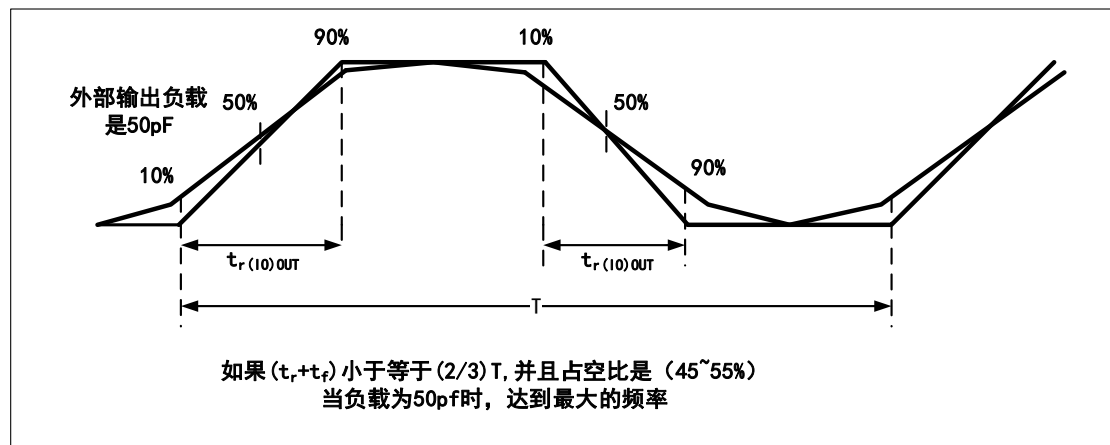


表43 输出驱动电流特性($T_A=25^{\circ}\text{C}$)

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|----------|---------------|--|-----------------|-----|----|
| V_{OL} | I/O 引脚输出低电平电压 | $ I_{IO} =8\text{ mA}$ $V_{DDIOX}\geq 2.7\text{V}$ | - | 0.4 | V |
| V_{OH} | I/O 引脚输出高电平电压 | | $V_{DDIOX}-0.4$ | - | |
| V_{OL} | I/O 引脚输出低电平电压 | $ I_{IO} =20\text{ mA}$ $V_{DDIOX}\geq 2.7\text{V}$ | - | 1.3 | V |
| V_{OH} | I/O 引脚输出高电平电压 | | $V_{DDIOX}-1.3$ | - | |

5.3.10 NRST 引脚特性

NRST 引脚输入驱动采用 CMOS 工艺，它连接了一个永久性上拉电阻 R_{PU} 。

表44 NRST 引脚特性 ($T_A=-40\sim 105^{\circ}\text{C}, V_{CC}=2\sim 3.6\text{V}$)

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----|--------------------|------------|
| $V_{IL(NRST)}$ | NRST 输入低电平电压 | - | - | - | $0.31V_{DD}+0.065$ | V |
| $V_{IH(NRST)}$ | NRST 输入高电平电压 | - | $0.446V_{DD}+0.405$ | | | |
| $V_{hys(NRST)}$ | NRST 施密特触发器电压迟滞 | - | - | 300 | - | mV |
| R_{PU} | 弱上拉等效电阻 | $V_{IN}=V_{SS}$ | 30 | 40 | 50 | k Ω |

5.3.11 通信接口

I2C 接口特性

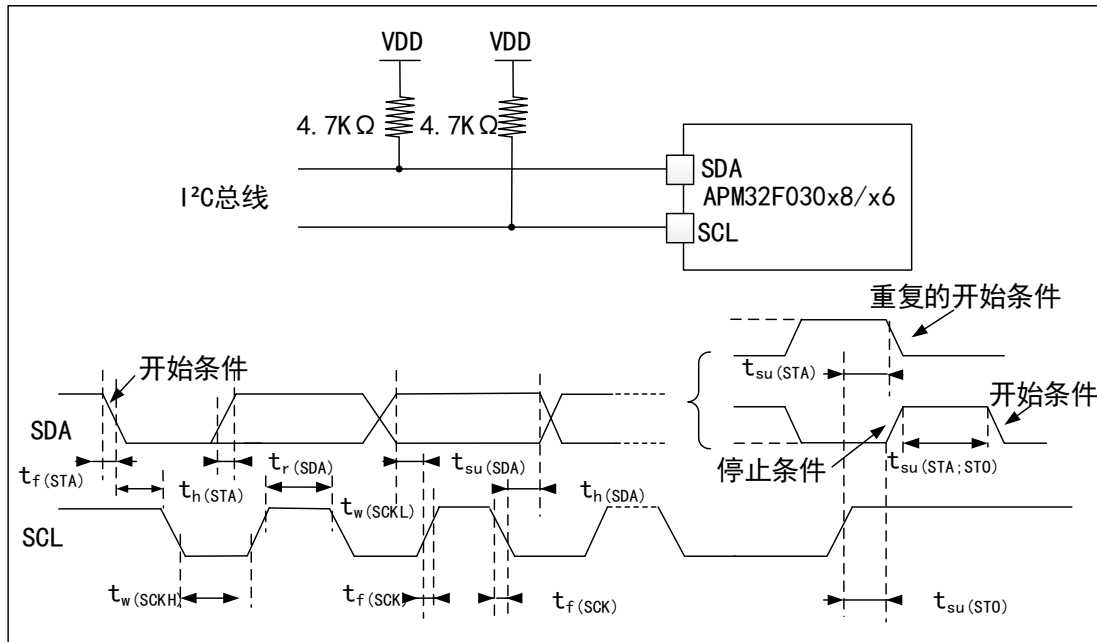
- 标准模式 (Sm)：比特率高达 100kbit/s
- 快速模式 (Fm)：比特率高达 400 kbit/s
- 超快速模式 (Fm+)：比特率高达 1Mbit/s

表45 I2C 接口特性($T_A=25^{\circ}\text{C}, V_{DD}=3.3\text{V}$)

| 符号 | 参数 | 标准 I2C | | 快速 I2C | | 超快速 I2C | | 单位 |
|--------------------------|----------------|--------|------|--------|------|---------|-----|---------------|
| | | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | |
| $t_{w(SCLL)}$ | SCL 时钟低时间 | 4.84 | - | 1.21 | - | 0.52 | - | μs |
| $t_{w(SCLH)}$ | SCL 时钟高时间 | 5.09 | - | 1.14 | - | 0.46 | - | |
| $t_{su(SDA)}$ | SDA 建立时间 | 4460 | - | 860 | - | 321 | - | ns |
| $t_h(SDA)$ | SDA 数据保持时间 | 103 | 181 | 0 | 252 | 0 | 145 | |
| $t_r(SDA)$ $t_r(SCL)$ | SDA 和 SCL 上升时间 | - | 500 | - | 300 | - | 120 | |
| $t_f(SDA)$ $t_f(SCL)$ | SDA 和 SCL 下降时间 | - | 9.86 | - | 8.12 | - | 4 | |
| $t_h(STA)$ | 开始条件保持时间 | 4.96 | - | 1 | | 0.33 | - | μs |
| $t_{su(STA)}$ | 重复的开始条件建立时间 | 5.16 | - | 1.21 | - | 0.64 | - | |
| $t_{su(STO)}$ | 停止条件建立时间 | 4.50 | - | 1.21 | - | 0.54 | - | μs |

| 符号 | 参数 | 标准 I2C | | 快速 I2C | | 超快速 I2C | | 单位 |
|------------------|------------------------|--------|-----|--------|-----|---------|-----|---------------|
| | | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | |
| $t_{w(STO:STA)}$ | 停止条件至开始条件的时间 (总线空闲) | 4.67 | - | 1.37 | - | 0.77 | - | μs |

图12 总线交流波形和测量电路



注：测量点设置于 CMOS 电平：0.3V_{DD} 和 0.7V_{DD}。

SPI 接口特性

表46 SPI 特性(T_A=25°C, V_{DD}=3.3V)

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------------|---------------|---|-----|-----|-----|
| f_{SCK} $1/t_{c(SCK)}$ | SPI 时钟频率 | 主模式 | - | 18 | MHz |
| | | 从模式 | - | 18 | |
| $t_r(SCK)$ $t_f(SCK)$ | SPI 时钟上升和下降时间 | 负载电容: C = 15pF | - | 6 | ns |
| $t_{su(NSS)}$ | NSS 建立时间 | 从模式 | 223 | | ns |
| $t_h(NSS)$ | NSS 保持时间 | 从模式 | 65 | | ns |
| $t_w(SCKH)$ $t_w(SCKL)$ | SCK 高和低的时间 | 主模式, $f_{PCMU} = 36\text{MHz}$, 预分频系数=4 | 54 | 57 | ns |
| $t_{su(MI)}$ $t_{su(SI)}$ | 数据输入建立时间 | 主模式 | 12 | | ns |
| | | 从模式 | 20 | | |
| $t_h(MI)$ | 数据输入保持时间 | 主模式 | 34 | | ns |

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---------------|----------|------------------------|------|-----|----|
| $t_{h(SI)}$ | | 从模式 | 22 | | |
| $t_{a(SO)}$ | 数据输出访问时间 | 从模式, $f_{CLK} = 20MHz$ | | 17 | ns |
| $t_{dis(SO)}$ | 数据输出禁止时间 | 从模式 | | 18 | ns |
| $t_{v(SO)}$ | 数据输出有效时间 | 从模式(使能边沿之后) | | 16 | ns |
| $t_{v(MO)}$ | 数据输出有效时间 | 主模式(使能边沿之后) | | 6 | ns |
| $t_{h(SO)}$ | 数据输出保持时间 | 从模式(使能边沿之后) | 11.5 | | ns |
| $t_{h(MO)}$ | | 主模式(使能边沿之后) | 2 | | |

图13 SPI 时序图 — 从模式和 CPHA=0

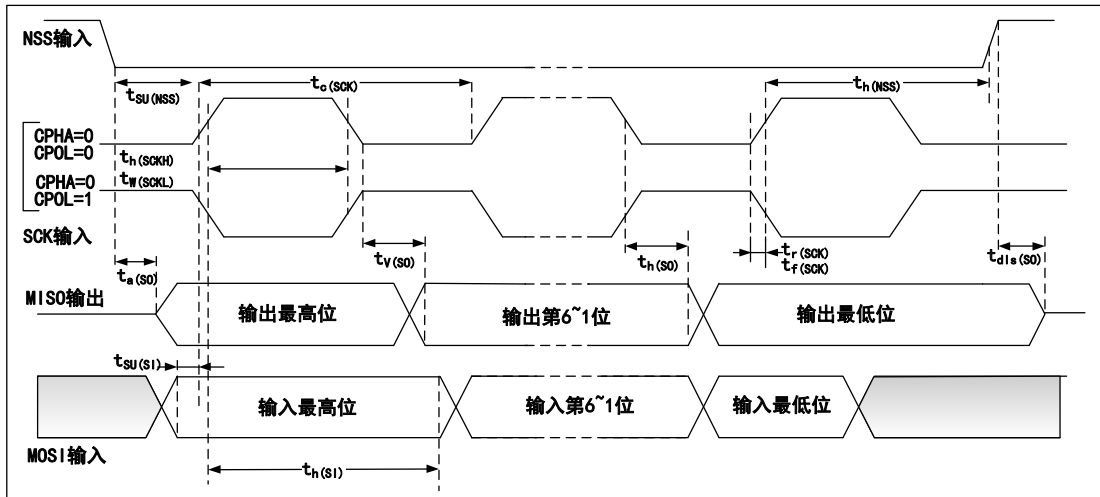
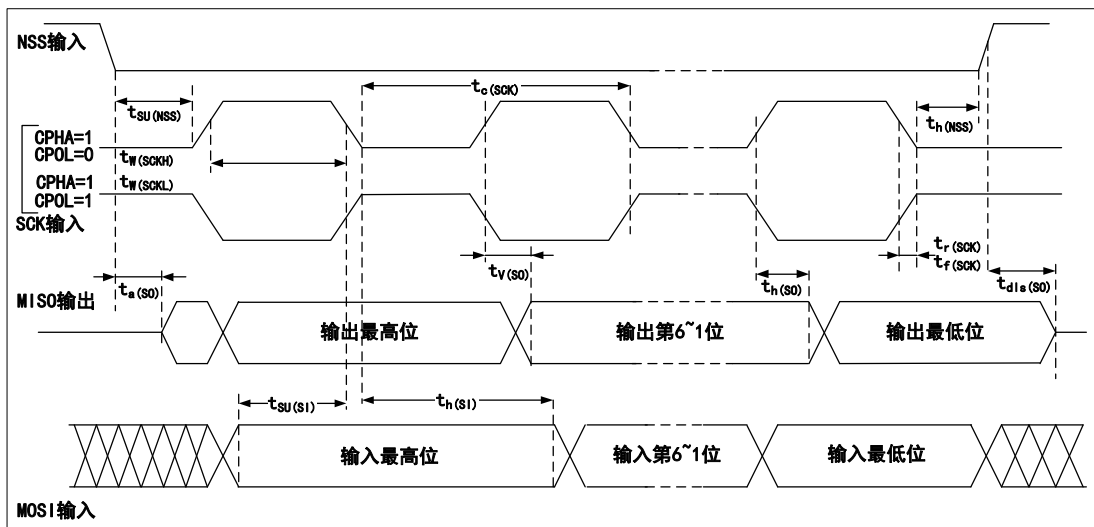
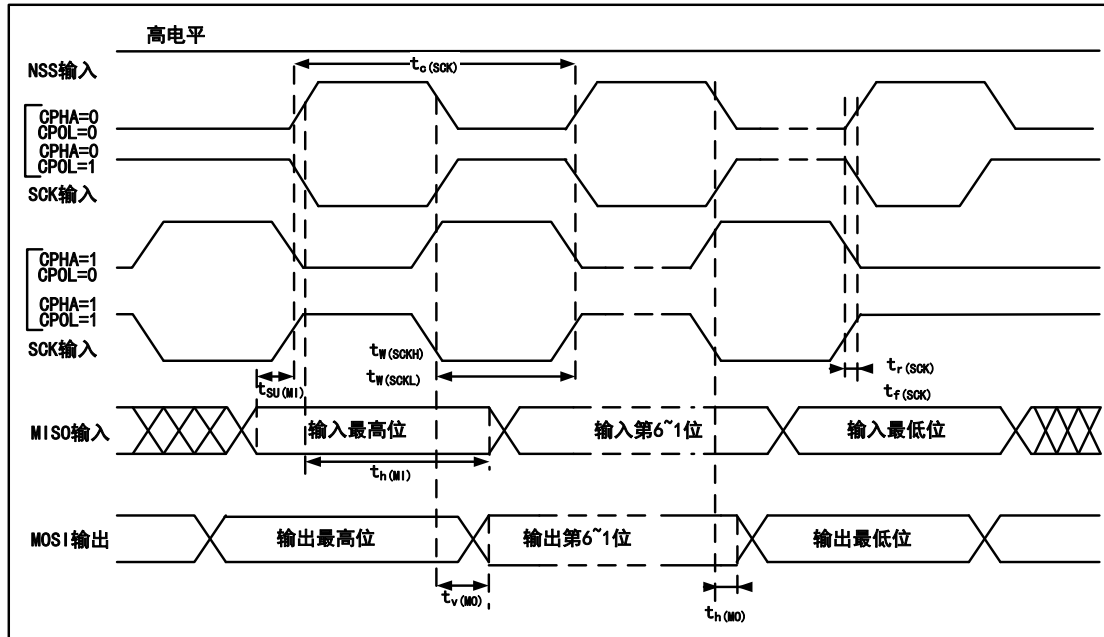


图14 SPI 时序图 — 从模式和 CPHA=1



注：测量点设置于 CMOS 电平：0.3V_{DD} 和 0.7V_{DD}。

图15 SPI 时序图 — 主模式



注：测量点设置于 CMOS 电平：0.3V_{DD} 和 0.7V_{DD}。

5.3.12 12 位 ADC 特性

表47 12-bit ADC 特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------|-----------|--------------------------------------|-------|-----|------|-----|
| V _{DDA} | 供电电压 | - | 2.4 | - | 3.6 | V |
| f _{ADC} | ADC 频率 | - | 0.6 | - | 14 | MHz |
| C _{ADC} | 内部采样和保持电容 | - | - | 8 | - | pF |
| R _{ADC} | 采样电阻 | - | - | - | 1000 | Ω |
| t _s | 采样时间 | f _{ADC} = 14 MHz | 0.107 | - | 17.1 | μs |
| T _{CONV} | 采样和转换时间 | f _{ADC} = 14 MHz, 12-bit 转换 | 1 | - | 18 | μs |

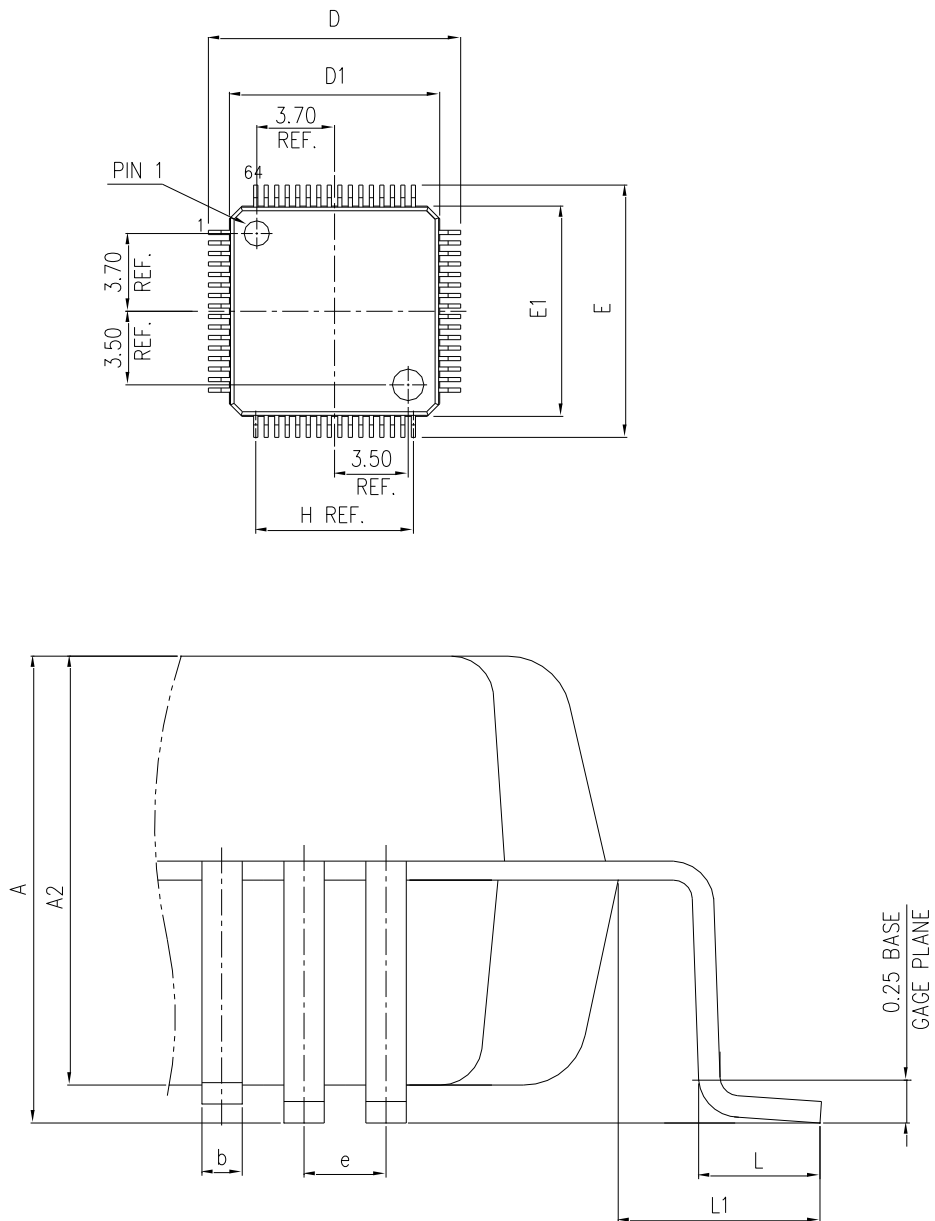
表48 12-bit ADC 精度

| 符号 | 参数 | 条件 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|--------|---|------|------|-----|
| E _T | 综合误差 | f _{PCLK} =48M, f _{ADC} =14M, V _{DDA} =2.4V-3.6V T _A =-40°C~105°C | 3.4 | 4.0 | LSB |
| E _O | 偏移误差 | | 2.1 | 3 | |
| E _G | 增益误差 | | 0.6 | 1.3 | |
| E _D | 微分线性误差 | | 0.65 | 1.3 | |
| E _L | 积分线性误差 | | 1.32 | 1.65 | |

6. 封装信息

6.1. LQFP64 封装信息

图16 LQFP64 封装图



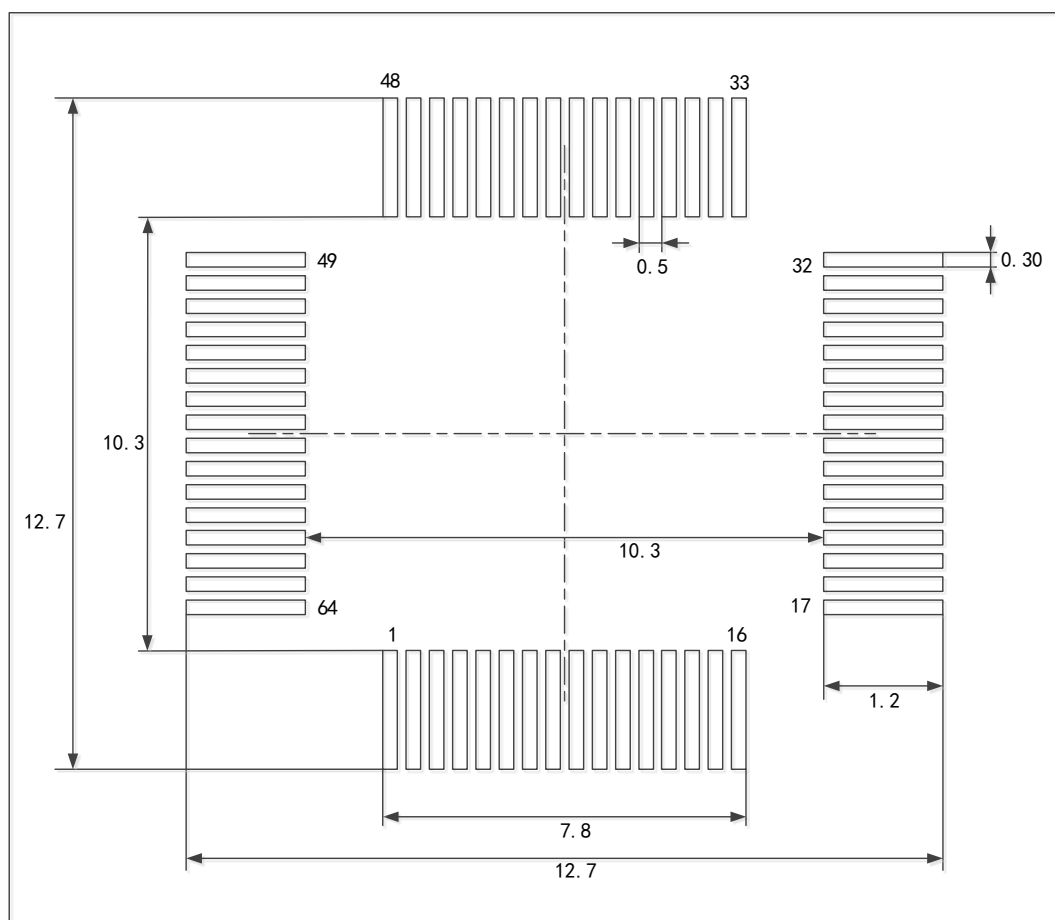
注：图不是按比例绘制。

表49 LQFP64 封装数据

| S/N | SYM | DIMENSIONS | REMARKS |
|-----|---------|--------------|-----------------|
| 1 | A | MAX.1.600 | OVERALL HEIGHT |
| 2 | A2 | 1.400±0.050 | PKG THICKNESS |
| 3 | D | 12.000±0.200 | LEAD TIP TO TIP |
| 4 | D1 | 10.000±0.100 | PKG LENGTH |
| 5 | E | 12.000±0.200 | LEAD TIP TO TIP |
| 6 | E1 | 10.000±0.100 | PKG WIDTH |
| 7 | L | 0.600±0.150 | FOOT LENGTH |
| 8 | L1 | 1.000 REF. | LEAD LENGTH |
| 9 | e | 0.500 BASE | LEAD PITCH |
| 10 | H(REF.) | (7.500) | GUM.LEAD PITCH |
| 11 | b | 0.220±0.050 | LEAD WIDTH |

注：以英寸为单位的值从 mm 转换为 4 位小数。

图17 LQFP64 焊接 Layout 建议



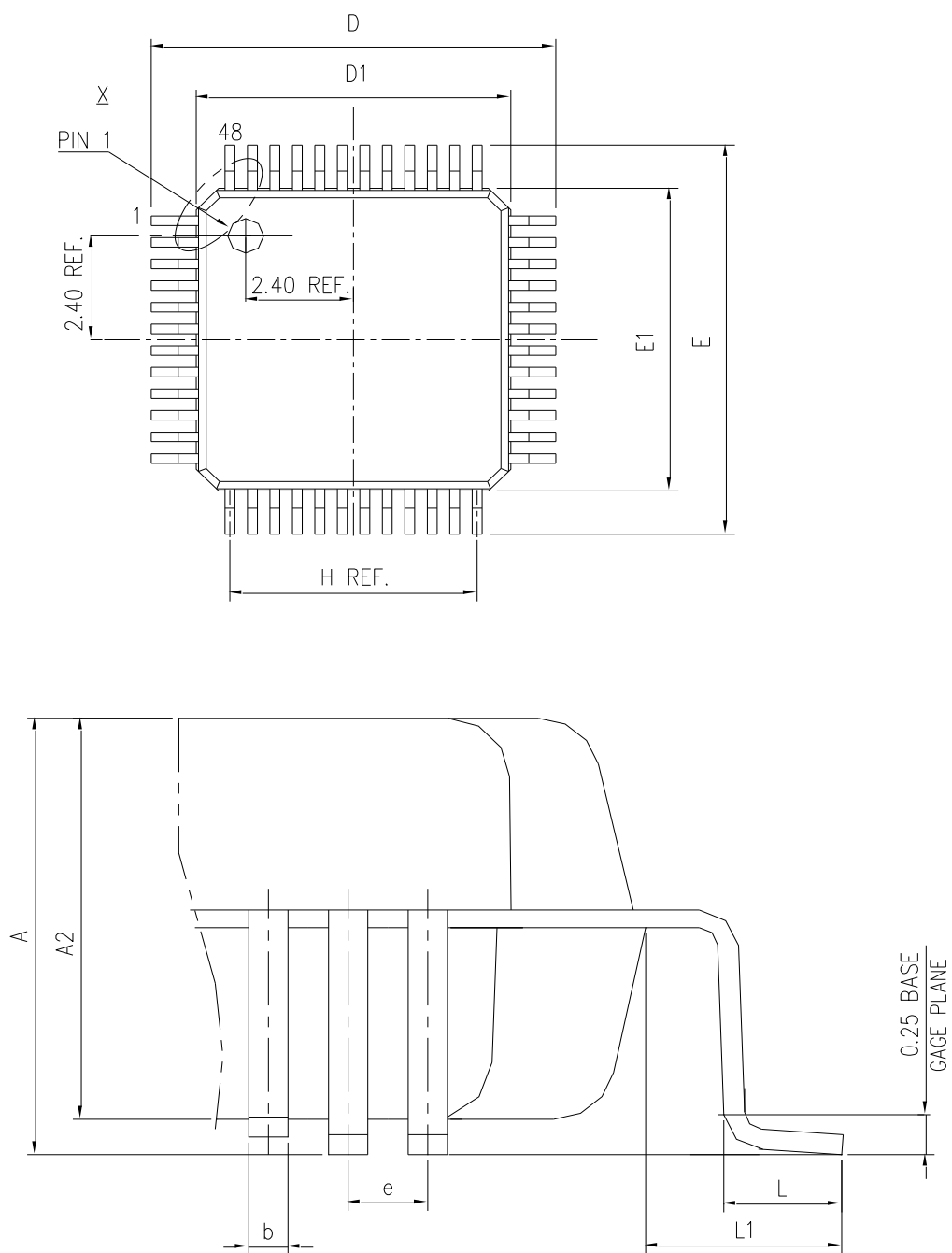
注：尺寸单位为毫米。

图18 LQFP64 打码规范



6.2. LQFP48 封装信息

图19 LQFP48 封装图



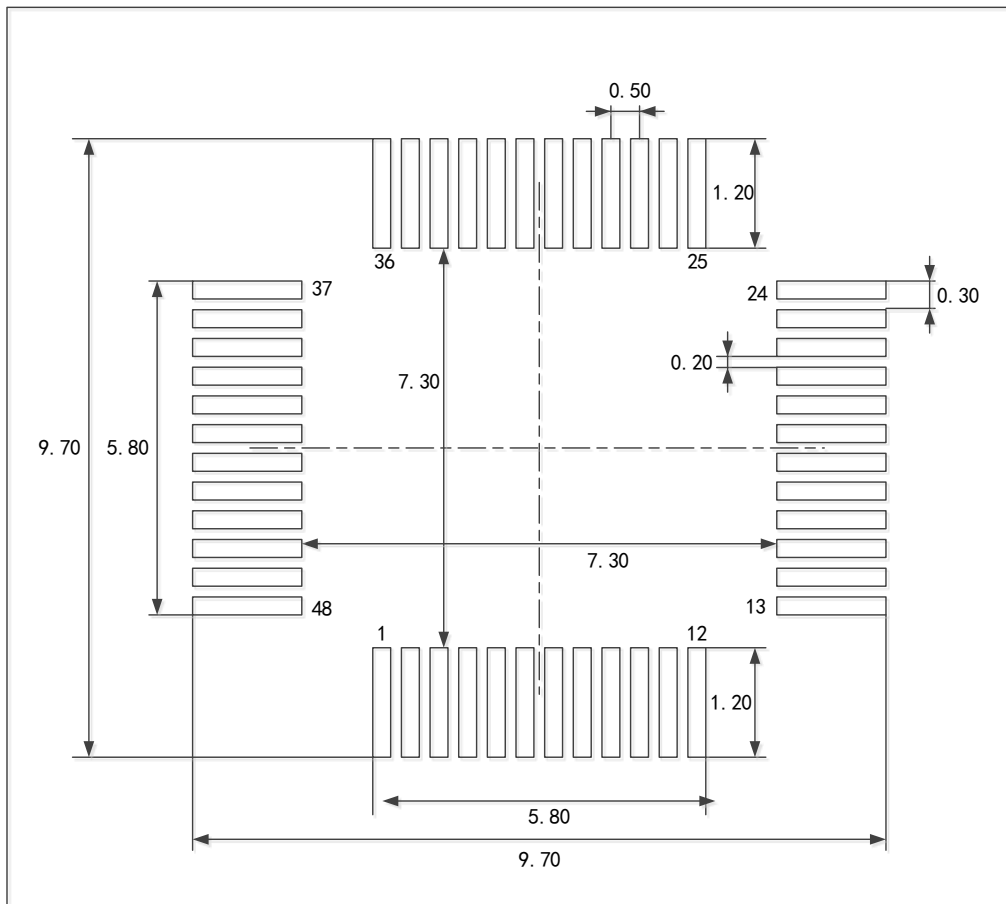
注：图不是按比例绘制。

表50 LQFP48 封装数据

| S/N | SYM | DIMENSIONS | REMARKS |
|-----|---------|------------|-----------------|
| 1 | A | MAX.1.60 | OVERALL HEIGHT |
| 2 | A2 | 1.40±0.05 | PKG THICKNESS |
| 3 | D | 9.00±0.20 | LEAD TIP TO TIP |
| 4 | D1 | 7.00±0.10 | PKG LENGTH |
| 5 | E | 9.00±0.20 | LEAD TIP TO TIP |
| 6 | E1 | 7.00±0.10 | PKG WIDTH |
| 7 | L | 0.60±0.15 | FOOT LENGTH |
| 8 | L1 | 1.00 REF. | LEAD LENGTH |
| 9 | e | 0.50 BASE | LEAD PITCH |
| 10 | H(REF.) | (5.50) | GUM.LEAD PITCH |
| 11 | b | 0.22±0.050 | LEAD WIDTH |

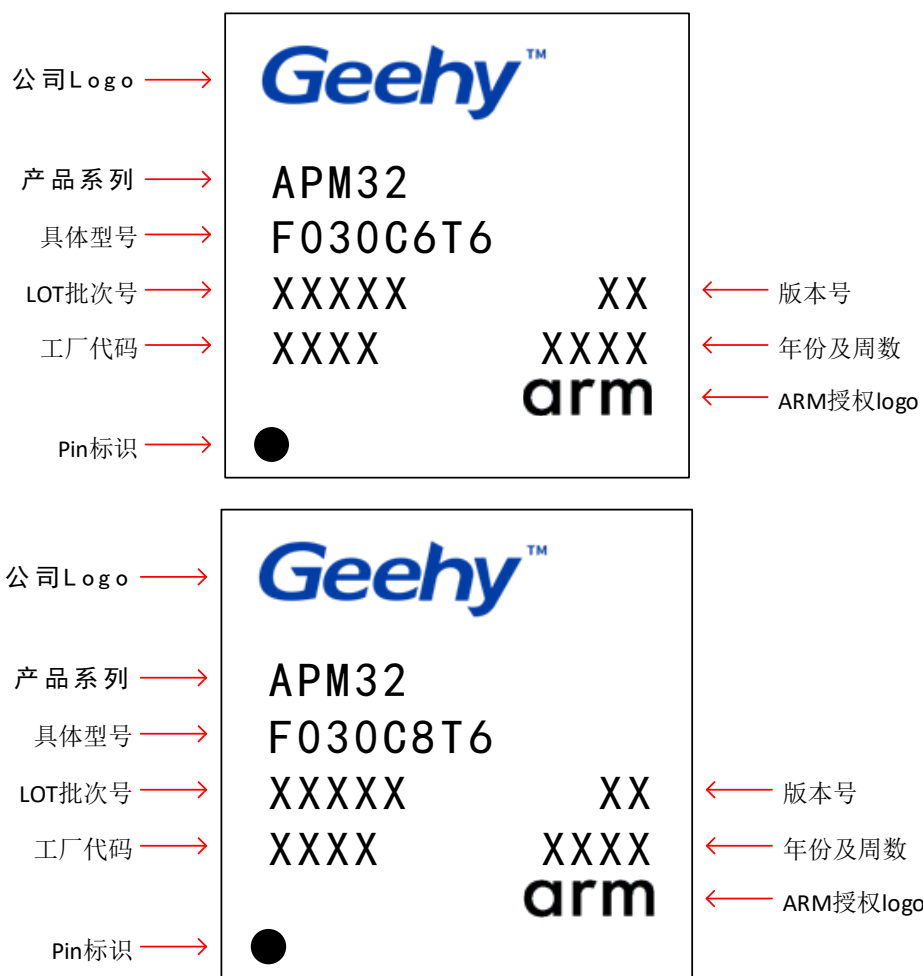
注：以英寸为单位的值从 mm 转换为 4 位小数。

图20 LQFP48 焊接 Layout 建议



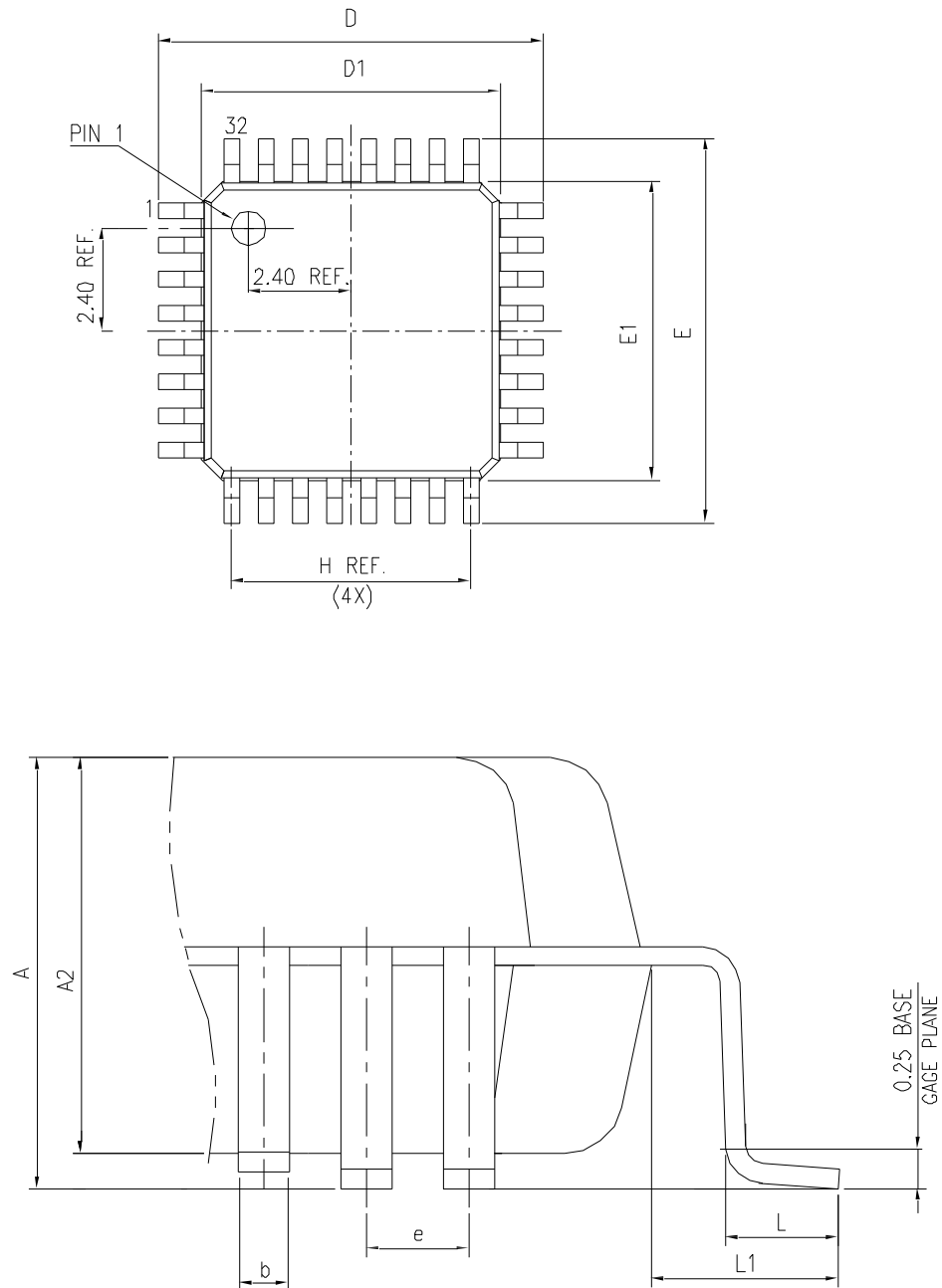
注：尺寸单位为毫米。

图21 LQFP48 打码规范



6.3. LQFP32 封装信息

图22 LQFP32 封装图



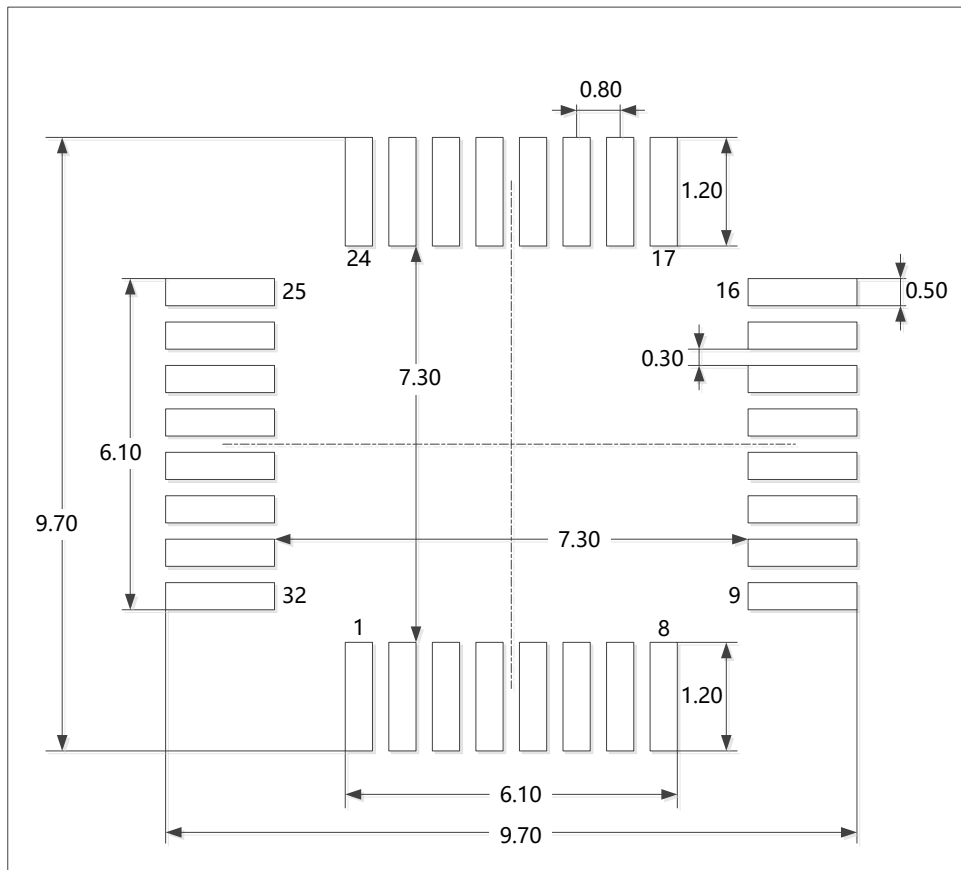
注：图不是按比例绘制。

表51 LQFP32 封装数据

| S/N | SYM | DIMENSIONS | REMARKS |
|-----|---------|-------------------|-----------------|
| 1 | A | MAX.1.6 | OVERALL HEIGHT |
| 2 | A2 | 1.40±0.05 | PKG THICKNESS |
| 3 | D | 9.00±0.20 | LEAD TIP TO TIP |
| 4 | D1 | 7.00±0.10 | PKG LENGTH |
| 5 | E | 9.00±0.20 | LEAD TIP TO TIP |
| 6 | E1 | 7.00±0.10 | PKG WIDTH |
| 7 | L | 0.60±0.15 | FOOT LENGTH |
| 8 | L1 | 1.00 REF. | LEAD LENGTH |
| 9 | e | 0.80 BASE | LEAD PITCH |
| 10 | H(REF.) | (5.60) | GUM.LEAD PITCH |
| 11 | b | 0.370±0.080/0.070 | LEAD WIDTH |

注：以英寸为单位的值从 mm 转换为 4 位小数。

图23 LQFP32 焊接 Layout 建议



注：尺寸单位为毫米。

图24 LQFP32 打码规范



6.4. QFN32 封装信息

图25 QFN32 封装图

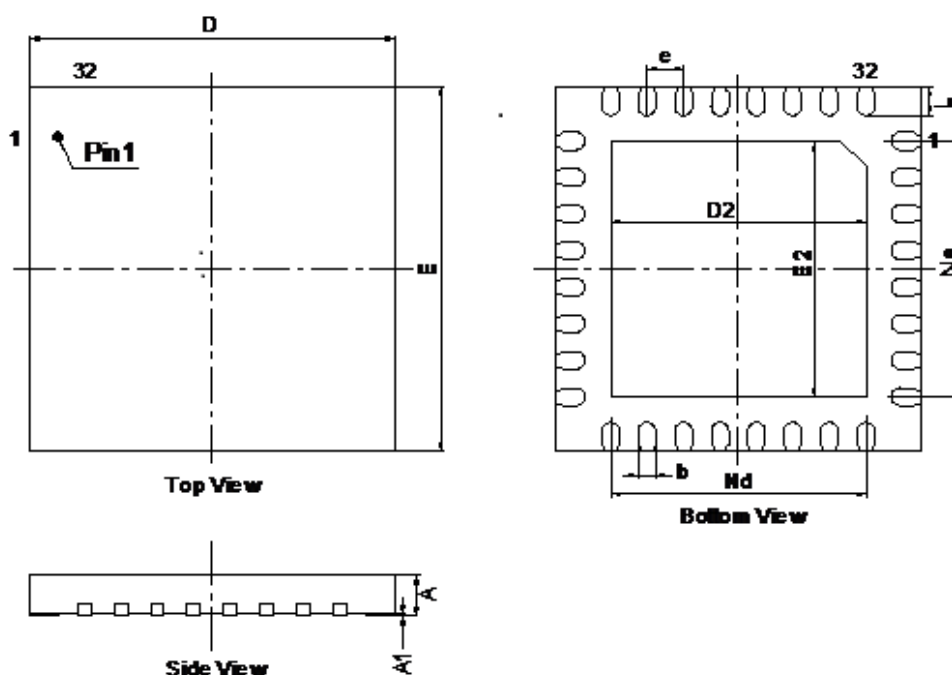


表52 QFN32 封装数据

| SYMBOL | MILLIMETER | | |
|--------|------------|------|-----|
| | MIN | NOM | MAX |
| A | 0.5 | 0.55 | 0.6 |

| SYMBOL | MILLIMETER | | |
|--------|------------|------|------|
| | A1 | 0 | 0.02 |
| b | 0.19 | 0.24 | 0.29 |
| D | 4.9 | 5 | 5.1 |
| D2 | 3.4 | 3.5 | 3.6 |
| e | 0.50BSC | | |
| Nd | 3.50BSC | | |
| E | 4.9 | 5 | 5.1 |
| E2 | 3.4 | 3.5 | 3.6 |
| Ne | 3.50BSC | | |
| L | 0.35 | 0.4 | 0.45 |

图26 LQFP32 焊接 Layout 建议

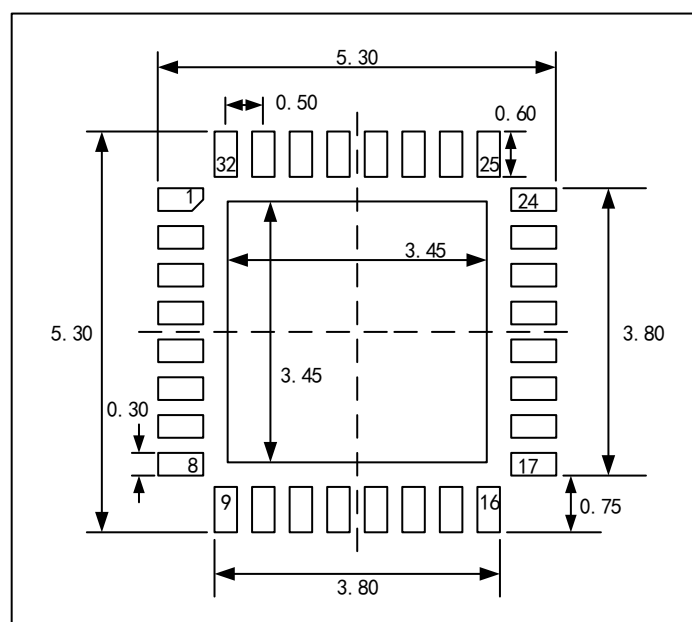


图27 QFN32 打码规范



6.5. 封装热特性

芯片最大结温(T_J 最大值)绝对不能超过表 53 中给出的值。

芯片最大结温, T_J 最大值(单位: $^{\circ}\text{C}$)可由下式计算:

$$T_{J\max} = T_{A\max} + (P_{D\max} \times \Theta_{JA})$$

其中:

- $T_{A\max}$ 是最大的环境温度, 用 $^{\circ}\text{C}$ 表示;
- Θ_{JA} 是封装中结到环境的热阻抗, 用 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 标示;
- $P_{D\max}$ 是 $P_{\text{INT}\max}$ 和 $P_{\text{I/O}\max}$ 的和($P_{D\max} = P_{\text{INT}\max} + P_{\text{I/O}\max}$);
- $P_{\text{INT}\max}$ 是 I_{DD} 和 V_{DD} 的乘积, 用瓦特(Watt)表示, 是芯片的最大内部功耗。

$P_{\text{I/O}\max}$ 是所有输出引脚的最大功率消耗:

$$P_{\text{I/O}\max} = \Sigma(V_{OL} \times I_{OL}) + \Sigma((V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH})$$

考虑在应用中 I/O 上低电平和高电平的实际的 V_{OL}/I_{OL} 和 V_{OH}/I_{OH} 。

表53 封装热特性

| 符号 | 参数 | 值 | 单位 |
|------------|-------------------------------|----|-----------------------------|
| Θ_J | 热阻结环境 LQFP64-10 毫米 x 10 毫米 | 44 | $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ |
| | 热阻结环境 LQFP48-7 毫米 x 7 毫米 | 55 | |
| | 热阻结环境 LQFP32-7 毫米 x 7 毫米 | 56 | |

6.5.1 参考文档

JESD51-2 集成电路热测量环境条件 – 自然对流(空气静止)。

7. 订货信息

| 例如: | APM32 | F | 030 | R | 8 | T | 6 | XXX |
|--|-------|---|-----|---|---|---|---|-----|
| <u>产品系列</u> APM32=基于APM的32位微控制器 | | | | | | | | |
| <u>产品类型</u> F=通用类型 | | | | | | | | |
| <u>产品子系列</u> 030=基础型 | | | | | | | | |
| <u>引脚数目</u> K=32 pins C=48 pins R=64 pins | | | | | | | | |
| <u>闪存存储器容量</u> 6 =32 Kbytes 8 =64 Kbytes | | | | | | | | |
| <u>封装</u> T=LQFP U=QFN | | | | | | | | |
| <u>温度范围</u> 6=工业级温度范围, -40°C~85°C 7=工业级温度范围, -40°C~105°C | | | | | | | | |
| <u>选项</u> XXX=已编程的器件代号 TB=卷带式包装 | | | | | | | | |

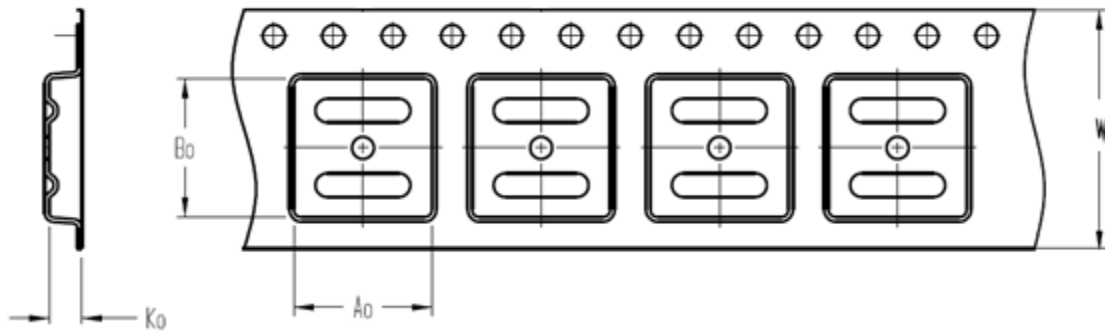
表54 订货信息列表

| 订货信息列表 | | | | |
|---------------|-----------|----------|--------|----------------|
| 订货编码 | FLASH(KB) | SRAM(KB) | 封装 | 温度范围 |
| APM32F030K6U6 | 32 | 4 | QFN32 | 工业级 -40°C~85°C |
| APM32F030K6T6 | 32 | 4 | LQFP32 | 工业级 -40°C~85°C |
| APM32F030K8T6 | 64 | 8 | LQFP32 | 工业级 -40°C~85°C |
| APM32F030C6T6 | 32 | 4 | LQFP48 | 工业级 -40°C~85°C |
| APM32F030C8T6 | 64 | 8 | LQFP48 | 工业级 -40°C~85°C |
| APM32F030R8T6 | 64 | 8 | LQFP64 | 工业级 -40°C~85°C |

8. 包装信息

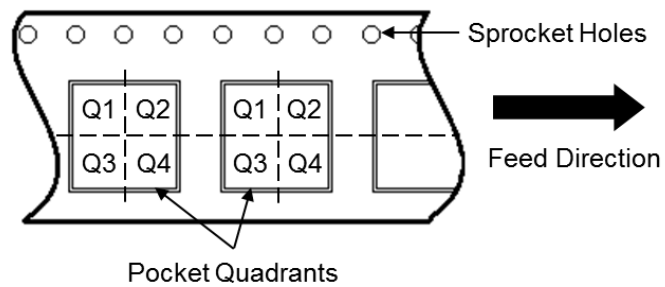
8.1. 带装包装

图28 带状包装规格图



| | |
|----|---|
| A0 | Dimension designed to accommodate the component width |
| B0 | Dimension designed to accommodate the component length |
| K0 | Dimension designed to accommodate the component thickness |
| W | Overall width of the carrier tape |

Quadrant Assignments for PIN1 Orientation in Tape



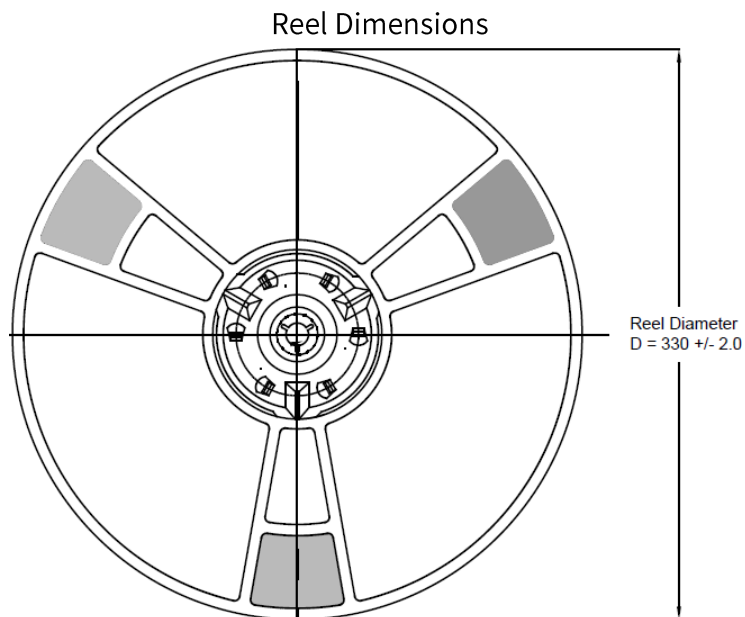
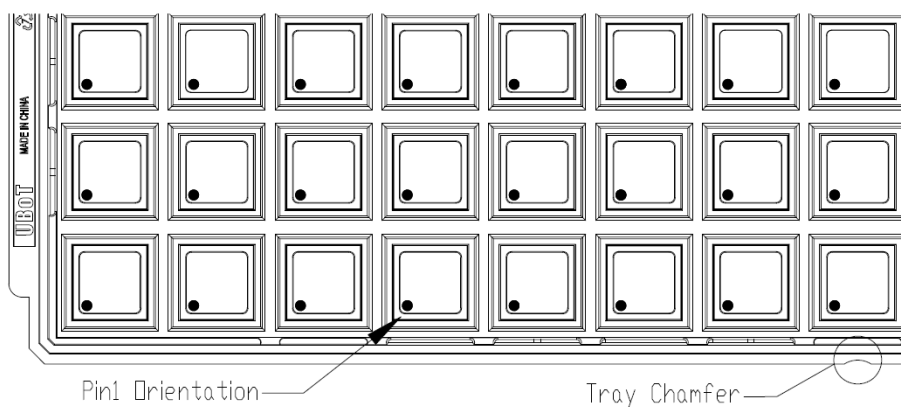


表55 带状包装参数规格表

| Package Type | Pins | SPQ | Reel Diameter (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|--------------|------|------|--------------------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| LQFP | 64 | 1000 | 330 | 12.35 | 12.35 | 2.2 | 24 | Q1 |
| LQFP | 48 | 2000 | 330 | 9.3 | 9.3 | 2.2 | 16 | Q1 |
| LQFP | 32 | 2000 | 330 | 9.3 | 9.3 | 2.2 | 16 | Q1 |
| QFN | 32 | 5000 | 330 | 5.3 | 5.3 | 0.8 | 12 | Q1 |

8.2. 托盘包装

图29 托盘包装示意图



Tray Dimensions

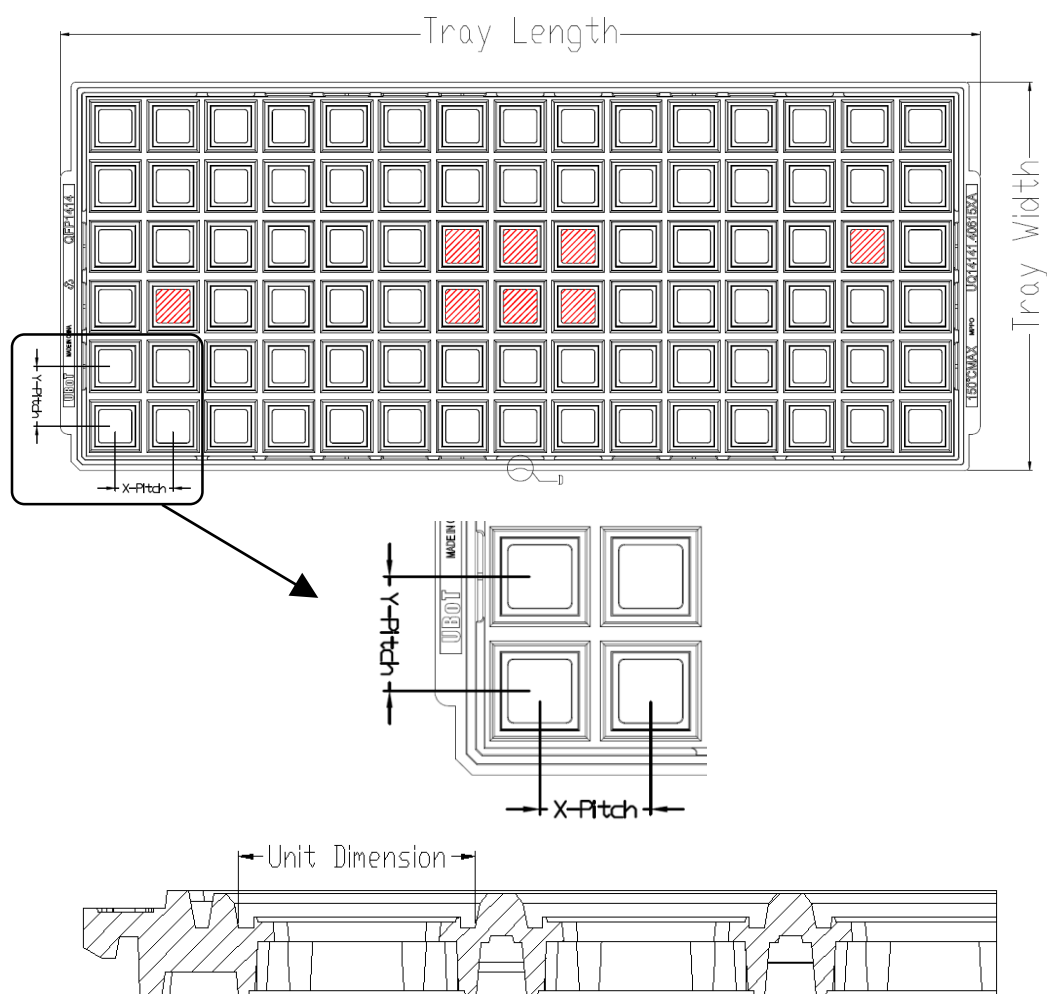


表56 托盘包装参数规格表

| Package Type | Pins | SPQ | X-Dimension (mm) | Y-Dimension (mm) | X-Pitch (mm) | Y-Pitch (mm) | Tray Length (mm) | Tray Width (mm) |
|--------------|------|------|------------------|------------------|--------------|--------------|------------------|-----------------|
| LQFP | 64 | 1600 | 12.3 | 12.3 | 15.2 | 15.7 | 322.6 | 135.9 |
| LQFP | 48 | 2500 | 9.7 | 9.7 | 12.2 | 12.6 | 322.6 | 135.9 |
| LQFP | 32 | 2500 | 9.7 | 9.7 | 12.2 | 12.6 | 322.6 | 135.9 |
| QFN | 32 | 4900 | 5.2 | 5.2 | 8.7 | 9.0 | 322.6 | 135.9 |

9. 常用功能模块命名

表57 常用功能模块命名

| 常用功能模块命名 | |
|-----------|--------|
| 中文描述 | 简称 |
| 复位管理单元 | RMU |
| 时钟管理单元 | CMU |
| 复位和时钟管理单元 | RCM |
| 外部中断 | EINT |
| 通用 IO | GPIO |
| 复用 IO | AFIO |
| 唤醒控制器 | WAKEUP |
| 蜂鸣器 | BUZZER |
| 独立看门狗定时器 | IWDT |
| 窗口看门狗定时器 | WWDT |
| 定时器 | TMR |
| CRC 控制器 | CRC |
| 电源管理单元 | PMU |
| DMA 控制器 | DMA |
| 模拟数字转换器 | ADC |
| 实时时钟 | RTC |
| 外部存储控制器 | EMMC |
| 控制器局域网络 | CAN |
| I2C 接口 | I2C |
| 串行外设接口 | SPI |
| 通用异步收发器 | UART |
| 通用异步同步收发器 | USART |
| 闪存接口控制单元 | FMC |

10. 修订历史

表59 文件修订历史

| 日期 | 修订 | 变化 |
|------------|--------|--------------|
| 2020.07.1 | V1.0.0 | 新建 |
| 2020.07.06 | V1.0.1 | 修改了封面格式，目录格式 |
| | | |
| | | |

X-ON Electronics

Largest Supplier of Electrical and Electronic Components

Click to view similar products for [apexmic](#) manufacturer:

Other Similar products are found below :

[APM32PROG](#) [APM32F103RBT6](#)