

# 数据手册

## Datasheet

APM32F030x6/x8

基于 Arm<sup>®</sup> Cortex<sup>®</sup>-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

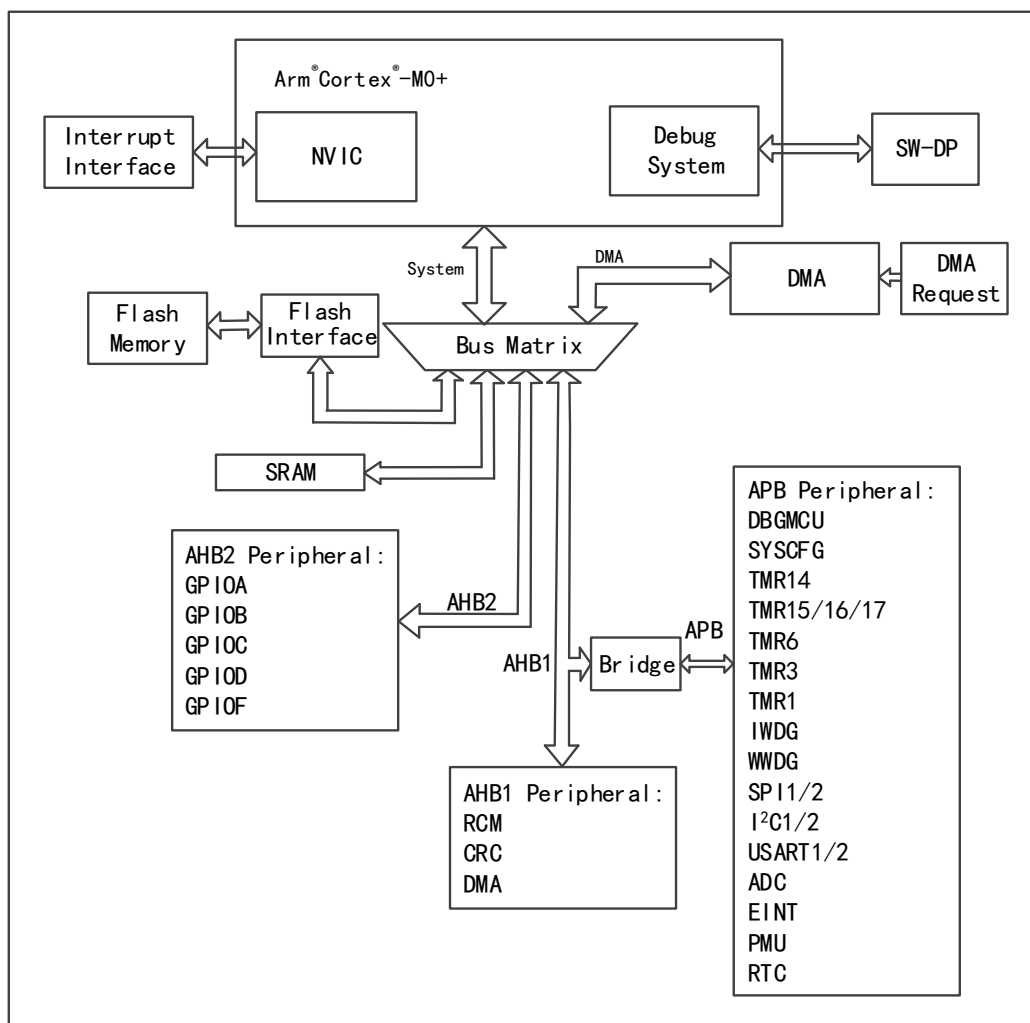
| 产品           |           | APM32F030  |                  |                  |                  |        |        |
|--------------|-----------|--|------------------|------------------|------------------|--------|--------|
| 型号           |           | K6U6   | K6T6             | K8T6             | C6T6             | 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 <sup>(1)</sup>   | 4 <sup>(1)</sup> | 4 <sup>(1)</sup> | 4 <sup>(1)</sup> | 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 <sup>(2)</sup>   | 1 <sup>(2)</sup> | 1 <sup>(2)</sup> | 1 <sup>(2)</sup> | 2      | 2      |
|              | SPI       | 1 <sup>(3)</sup>   | 1 <sup>(3)</sup> | 1 <sup>(3)</sup> | 1 <sup>(3)</sup> | 2      | 2      |
|              | I2C       | 1 <sup>(4)</sup>   | 1 <sup>(4)</sup> | 1 <sup>(4)</sup> | 1 <sup>(4)</sup> | 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<br>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

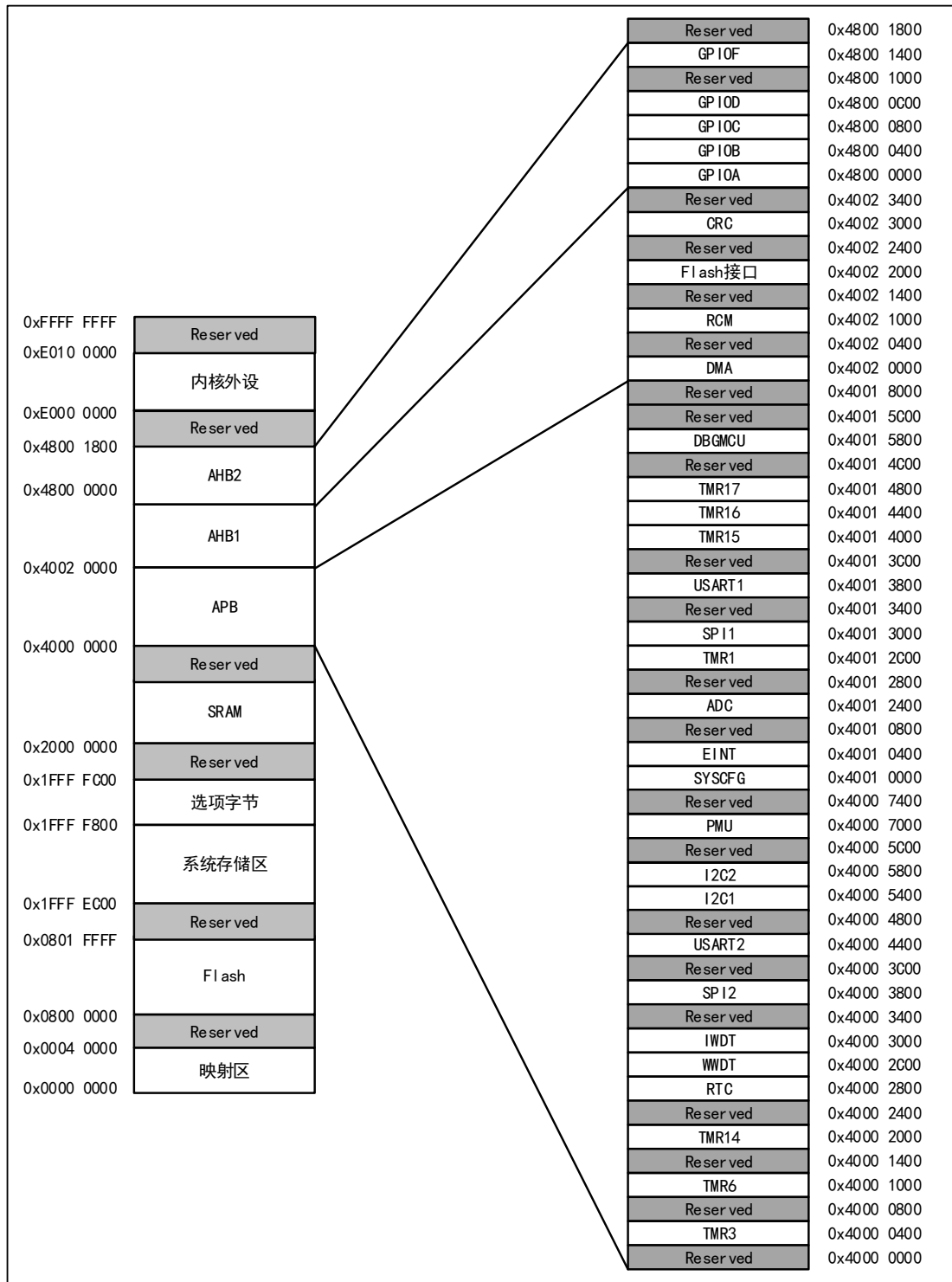
存储器详情请参见下表:

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 <sub>DD</sub>  | 2.0~3.6V              | V <sub>DD</sub> 直接给 IO 口供电，另外 V <sub>DD</sub> 经电压调压器为核心电路供电   |
| V <sub>DDA</sub> | V <sub>DD</sub> ~3.6V | V <sub>DDA</sub> 为 ADC、复位模块、RC 振荡器和 PLL 供电。V <sub>DDA</sub> 电压电平必须始终大于或等于 V <sub>DD</sub> 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<sub>POR/PDR</sub>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<sub>POR/PDR</sub>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。

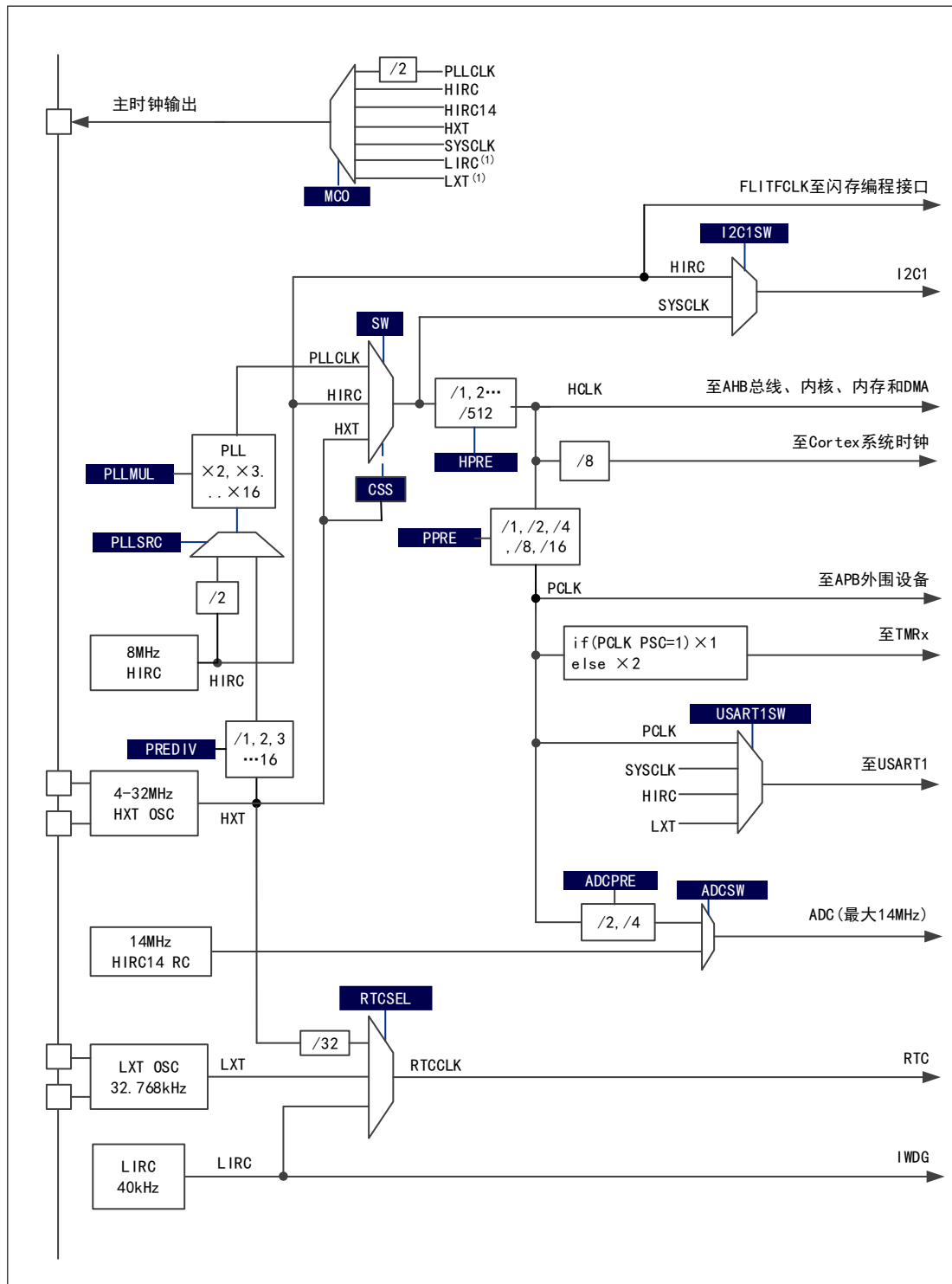
表5 低功耗模式

| 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,<br>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。<br>在发生问题时可复位整个系统。<br>可以为应用程序提供超时管理。<br>可以配置成是软件或硬件启动看门狗。<br>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。<br>在发生问题时可复位整个系统。<br>由主时钟驱动，具有早期中断警告功能。<br>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 <sup>(2)</sup> |
|---|------------------|---------------------|
| 7 位寻址模式                                 | √ <sup>(1)</sup> | √                   |
| 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 <sup>(2)</sup> |
|--------|------|---------------------|
| 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 <sup>(2)</sup> |
|------------|------------------|---------------------|
| 硬件循环冗余校验计算 | √ <sup>(1)</sup> | √                   |
| 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<br>(±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，<br>$V_{DDA}=3.3V(\pm 10mV)$ 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

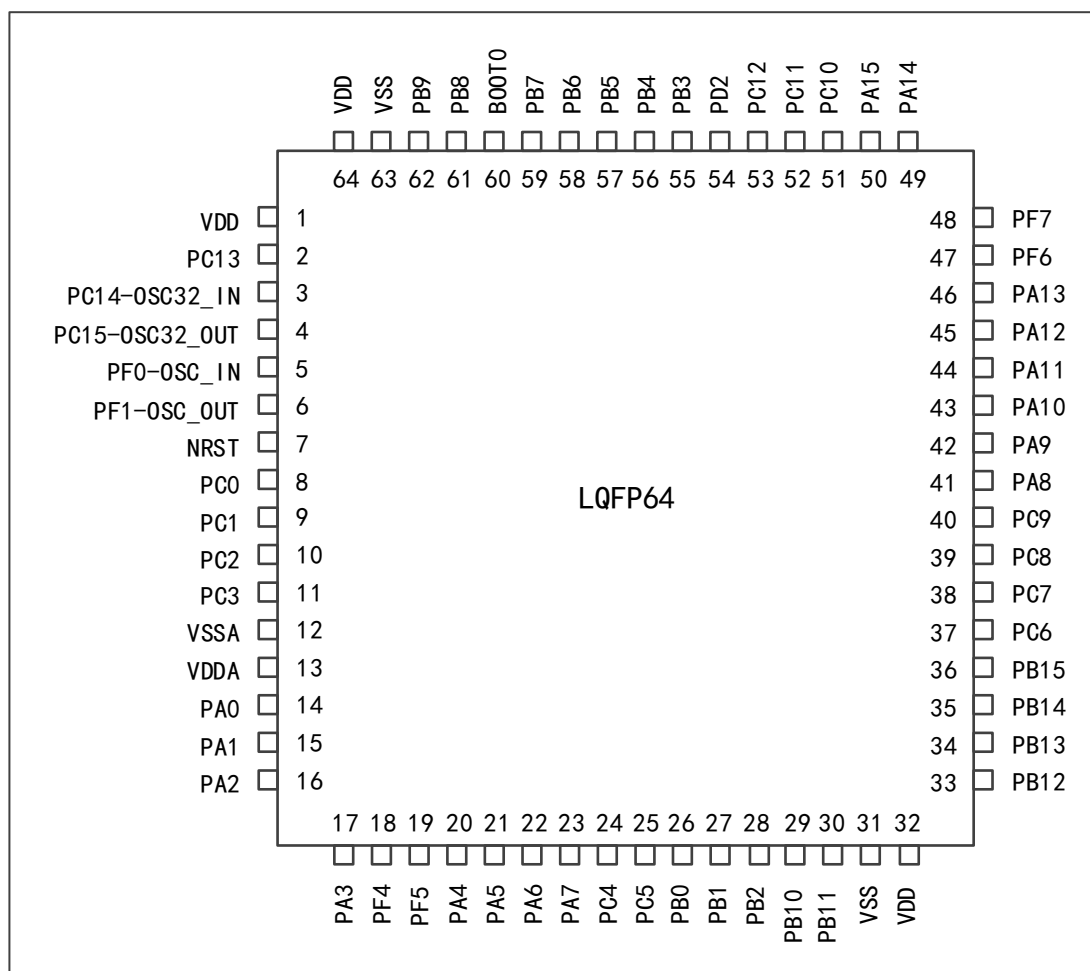


图5 APM32F030x6/x8 系列 LQFP48 引脚配置图

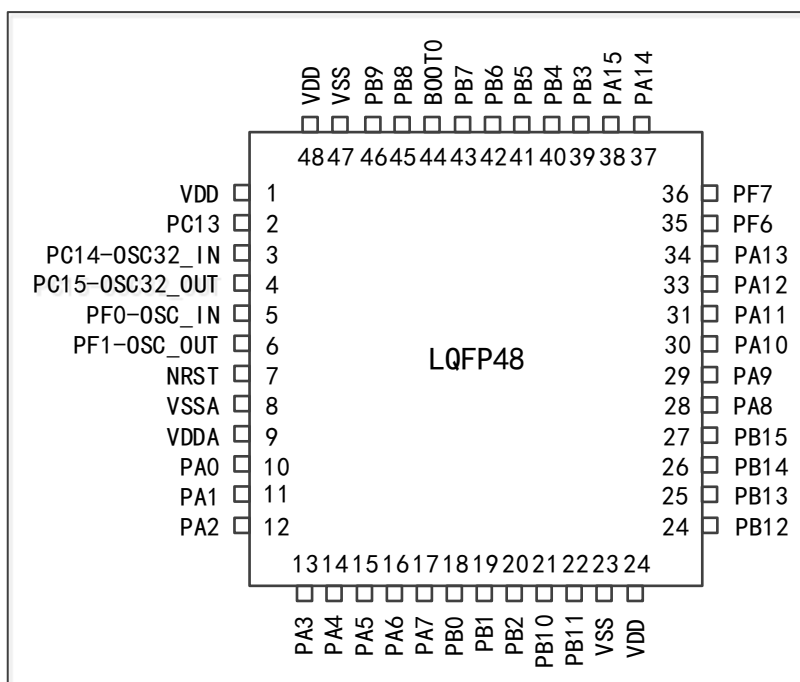


图6 APM32F030x6/x8 系列 LQFP32 引脚配置图

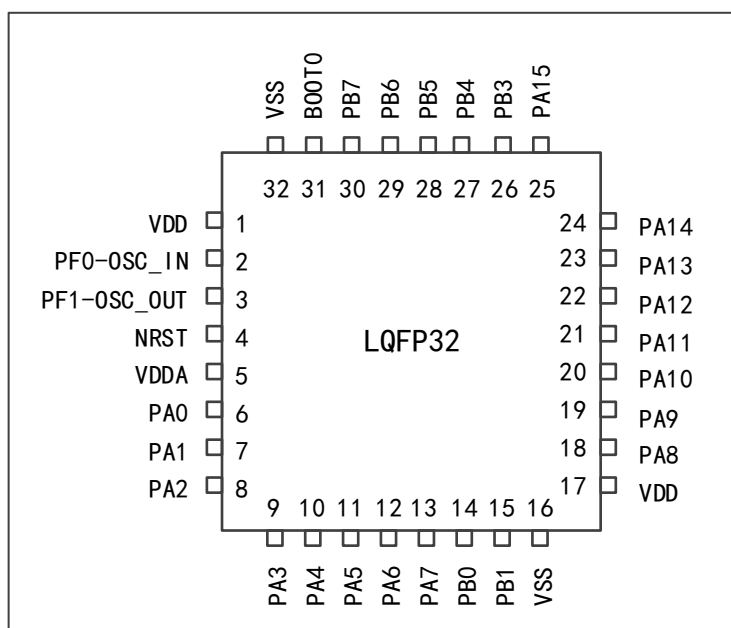
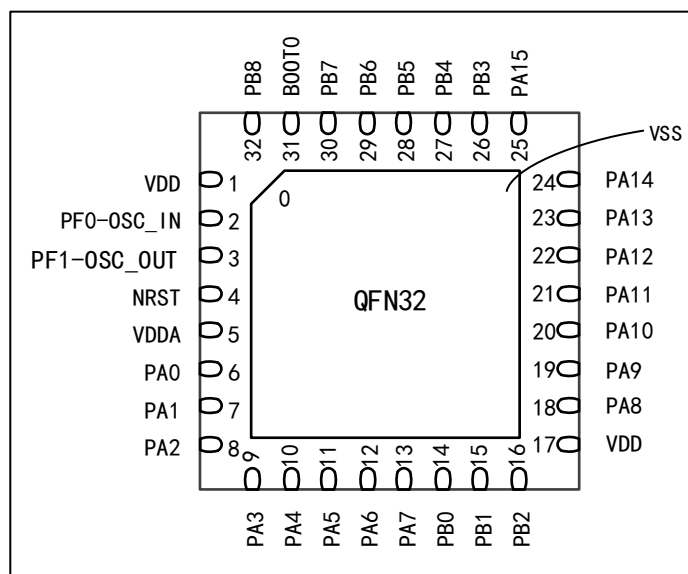


图7 APM32F030x6/x8 系列 QFN32 引脚配置图



## 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<br>(复位后的功能)         | 引脚编码       |            |            |           | 引脚<br>类型 | I/O<br>结构 | 注释  | 引脚功能                                 |  |
|--------------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----|--------------------------------------|--|
|                          | LQFP<br>64 | LQFP<br>48 | LQFP<br>32 | QFN<br>32 |          |           |     | 复用功能                                 | 附加功能                                       |
| V <sub>DD</sub>          | 1          | 1          | -          | -         | S        | -         | -   | 互补电源                                 |  |
| PC13                     | 2          | 2          | -          | -         | I/O      | TC        | (1) | -                                    | RTC_TAMP1,<br>RTC_TS,<br>RTC_OUT,<br>WKUP2 |
| PC14-OSC32_IN<br>(PC14)  | 3          | 3          | -          | -         | I/O      | TC        | (1) | -                                    | OSC32_IN                                   |
| PC15-OSC32_OUT<br>(PC15) | 4          | 4          | -          | -         | I/O      | TC        | (1) | -                                    | OSC32_OUT                                  |
| PF0-OSC_IN<br>(PF0)      | 5          | 5          | 2          | 2         | I/O      | FT        | -   | -                                    | OSC_IN                                     |
| PF1-OSC_OUT<br>(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<br>(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 <sub>SSA</sub>         | 12         | 8          | 16         | 0         | S        | -         | -   | 模拟地                                  |  |
| V <sub>DDA</sub>         | 13         | 9          | 5          | 5         | S        | -         | -   | 模拟电源                                 |  |
| PA0                      | 14         | 10         | 6          | 6         | I/O      | TTa       | -   | USART2_CTS                           | ADC_IN0,<br>RTC_TAMP2,<br>WKUP1            |
| PA1                      | 15         | 11         | 7          | 7         | I/O      | TTa       | -   | USART2_RTS,<br>EVENTOUT              | ADC_IN1                                    |
| PA2                      | 16         | 12         | 8          | 8         | I/O      | TTa       | -   | USART2_TX,<br>TMR15_CH1              | ADC_IN2                                    |
| PA3                      | 17         | 13         | 9          | 9         | I/O      | TTa       | -   | USART2_RX,<br>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,<br>USART2_CK,<br>TMR14_CH1 | ADC_IN4                                    |
| PA5                      | 21         | 15         | 11         | 11        | I/O      | TTa       | -   | SPI1_SCK                             | ADC_IN5                                    |



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

| 引脚名称<br>(复位后的功能) | 引脚编码       |            |            |           | 引脚<br>类型 | I/O<br>结构 | 注释  | 引脚功能  |      |
|------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----|---|------|
|                  | LQFP<br>64 | LQFP<br>48 | LQFP<br>32 | QFN<br>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,<br>TMR1_CH1,<br>EVENTOUT,<br>MCO         | -    |
| PA9              | 42         | 30         | 19         | 19        | I/O      | FT        | -   | USART1_TX,<br>TMR1_CH2,<br>TMR15_BKIN               | -    |
| PA10             | 43         | 31         | 20         | 20        | I/O      | FT        | -   | USART1_RX,<br>TMR1_CH3,<br>TMR17_BKIN               | -    |
| PA11             | 44         | 32         | 21         | 21        | I/O      | FT        | -   | USART1_CTS,<br>TMR1_CH4,<br>EVENTOUT                | -    |
| PA12             | 45         | 33         | 22         | 22        | I/O      | FT        | -   | USART1_RTS,<br>TMR1_ETR,<br>EVENTOUT                | -    |
| PA13<br>(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<br>(SWCLK)  | 49         | 37         | 24         | 24        | I/O      | FT        | (2) | USART2_TX,<br>SWCLK                                 | -    |
| PA15             | 50         | 38         | 25         | 25        | I/O      | FT        | -   | SPI1_NSS,<br>USART2_RX,<br>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,<br>EVENTOUT                               | -    |
| PB4              | 56         | 40         | 27         | 27        | I/O      | FT        | -   | SPI1_MISO,<br>TMR3_CH1,<br>EVENTOUT                 | -    |
| PB5              | 57         | 41         | 28         | 28        | I/O      | FT        | -   | SPI1_MOSI,<br>I2C1_SMBA,<br>TMR16_BKIN,<br>TMR3_CH2 | -    |

| 引脚名称<br>(复位后的功能) | 引脚编码       |            |            |           | 引脚<br>类型 | I/O<br>结构 | 注释 | 引脚功能   |      |
|------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|----|--|------|
|                  | LQFP<br>64 | LQFP<br>48 | LQFP<br>32 | QFN<br>32 |          |           |    | 复用功能   | 附加功能 |
| PB6              | 58         | 42         | 29         | 29        | I/O      | FT        | -  | I2C1_SCL,<br>USART1_TX,<br>TMR16_CH1N          | -    |
| PB7              | 59         | 43         | 30         | 30        | I/O      | FT        | -  | I2C1_SDA,<br>USART1_RX,<br>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,<br>TMR16_CH1                         | -    |
| PB9              | 62         | 46         | -          | -         | I/O      | FTf       | -  | I2C1_SDA,<br>IR_OUT,<br>TMR17_CH1,<br>EVENTOUT | -    |
| V <sub>SS</sub>  | 63         | 47         | 32         | 0         | S        | -         | -  | 地  |      |
| V <sub>DD</sub>  | 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

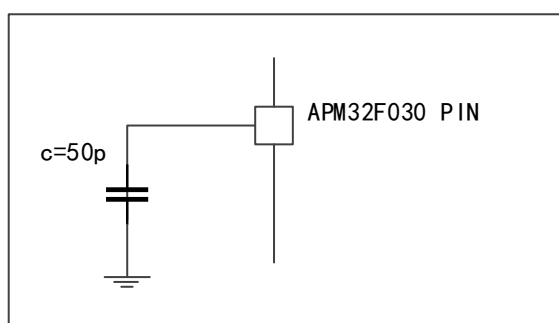


图9 引脚输入电压测量方案

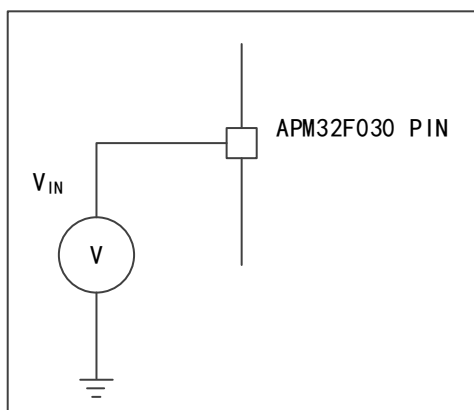
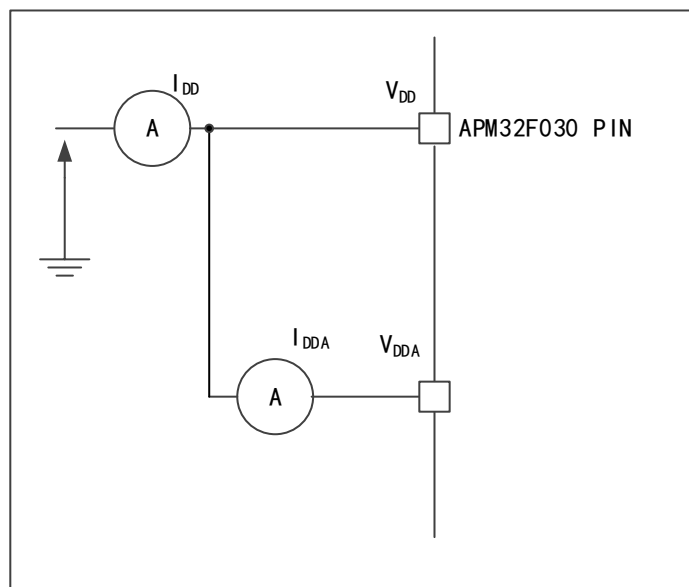


图10 电流消耗测量方案



## 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( $V_{DD}$ ) <sup>(1)</sup> | -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 <sup>(2)</sup>   | $V_{SS}-0.3$ | $V_{DD}+4.0$ |    |
|                    | TTa 引脚上的输入电压 <sup>(2)</sup>        | $V_{SS}-0.3$ | 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 <sub>STG</sub> | 储存温度范围 | -65~+150 | °C |
| T <sub>J</sub>   | 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 <sub>HCLK</sub> | 内部 AHB 时钟频率 | -                                     | 0    | 48                    | MHz |
| f <sub>PCLK</sub> | 内部 APB 时钟频率 | -                                     | 0    | 48                    |     |
| V <sub>DD</sub>   | 标准工作电压      | -                                     | 2    | 3.6                   | V   |
| V <sub>DDA</sub>  | 模拟部分工作电压    | V <sub>DDA</sub> 不得小于 V <sub>DD</sub> | 2.4  | 3.6                   | V   |
| V <sub>IN</sub>   | I/O 输入电压    | T <sub>C</sub> 和 RSTI/O               | -0.3 | V <sub>DD</sub> +0.3  | V   |
|                   |             | TTa I/O                               | -0.3 | V <sub>DDA</sub> +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 <sub>POR/PDR</sub> <sup>(1)</sup>  | 上电/掉电复位阈值 | 下降沿 <sup>(2)</sup> | -    | 1.87 | -    | V  |
|                                      |           | 上升沿                | -    | 1.92 | -    | V  |
| V <sub>PDRhyst</sub> <sup>(3)</sup>  | PDR 迟滞    | -                  | -    | 50   | -    | mV |
| T <sub>RSTTEMPO</sub> <sup>(3)</sup> | 复位持续时间    | -                  | 1.70 | 2.51 | 3.32 | ms |

注：

- (1) PDR 检测器监控 V<sub>DD</sub> 和 V<sub>DDA</sub>(如果在选项字节中保持启用), POR 检测器仅监控 V<sub>DD</sub>。
- (2) 产品特性由设计保证至最小 V<sub>POR/PDR</sub> 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 <sub>REFINT</sub>    | 内置参照电压                | -40°C < T <sub>A</sub> < +105°C | 1.19 | 1.20 | 1.23 | V  |
| t <sub>START</sub>     | ADC_IN17 缓冲器启动时间      | -                               | -    | -    | 10   | μs |
| T <sub>S_vrefint</sub> | 当读出内部参照电压时, ADC 的采样时间 | -                               | 4    | -    | -    | μs |
| ΔV <sub>REFINT</sub>   | 内置参考电压扩展到温度范围         | V <sub>DDA</sub> =3.3V          | -    | -    | 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<sub>DD</sub> 或 V<sub>SS</sub>(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<sub>HCMU</sub> 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<sub>PCLK</sub>=f<sub>HCLK</sub>。

表29 程序在 Flash 执行, 运行模式功耗

| 参数   | 条件                           | f <sub>HCMU</sub> | 典型值 <sup>(1)</sup>                          |                      | 最大值 <sup>(1)</sup>                           |                      |
|------|------------------------------|-------------------|---|----------------------|--|----------------------|
|      |                              |                   | T <sub>A</sub> =25°C, V <sub>DD</sub> =3.3V |                      | T <sub>A</sub> =105°C, V <sub>DD</sub> =3.6V |                      |
|      |                              |                   | I <sub>DDA</sub> (μA)                       | I <sub>DD</sub> (mA) | I <sub>DDA</sub> (μA)                        | I <sub>DD</sub> (mA) |
| 运行模式 | 外部时钟 <sup>(2)</sup> , 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 <sup>(2)</sup> , 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 <sub>HCMU</sub> | 典型值 <sup>(1)</sup>                          |                      | 最大值 <sup>(1)</sup>                           |                      |
|----|----|-------------------|---|----------------------|--|----------------------|
|    |    |                   | T <sub>A</sub> =25°C, V <sub>DD</sub> =3.3V |                      | T <sub>A</sub> =105°C, V <sub>DD</sub> =3.6V |                      |
|    |    |                   | I <sub>DDA</sub> (μA)                       | I <sub>DD</sub> (mA) | I <sub>DDA</sub> (μA)                        | I <sub>DD</sub> (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<sub>HCMU</sub>>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 <sub>HCMU</sub> | 典型值 <sup>(1)</sup>                          |                      | 最大值 <sup>(1)</sup>                           |                      |
|------|------------------------------|-------------------|---|----------------------|--|----------------------|
|      |                              |                   | T <sub>A</sub> =25°C, V <sub>DD</sub> =3.3V |                      | T <sub>A</sub> =105°C, V <sub>DD</sub> =3.6V |                      |
|      |                              |                   | I <sub>DDA</sub> (μA)                       | I <sub>DD</sub> (mA) | I <sub>DDA</sub> (μA)                        | I <sub>DD</sub> (mA) |
| 运行模式 | 外部时钟 <sup>(2)</sup> , 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 <sup>(2)</sup> , 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<sub>HCMU</sub>>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 <sub>HCMU</sub> | 典型值 <sup>(1)</sup>                          |                      | 最大值 <sup>(1)</sup>                           |                      |
|------|------------------------------|-------------------|---|----------------------|--|----------------------|
|      |                              |                   | T <sub>A</sub> =25°C, V <sub>DD</sub> =3.3V |                      | T <sub>A</sub> =105°C, V <sub>DD</sub> =3.6V |                      |
|      |                              |                   | I <sub>DDA</sub> (μA)                       | I <sub>DD</sub> (mA) | I <sub>DDA</sub> (μA)                        | I <sub>DD</sub> (mA) |
| 睡眠模式 | 外部时钟 <sup>(2)</sup> , 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 <sup>(2)</sup> , 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 <sub>HCMU</sub> | 典型值 <sup>(1)</sup>                             |                      | 最大值 <sup>(1)</sup>                              |                      |
|--------------|----|-------------------|--|----------------------|---|----------------------|
|              |    |                   | T <sub>A</sub> =25°C,<br>V <sub>DD</sub> =3.3V |                      | T <sub>A</sub> =105°C,<br>V <sub>DD</sub> =3.6V |                      |
|              |    |                   | I <sub>DDA</sub> (μA)                          | I <sub>DD</sub> (mA) | I <sub>DDA</sub> (μA)                           | I <sub>DD</sub> (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<sub>HCMU</sub>>8MHz 时, 开启 PLL。

表32 停机、待机模式功耗

| 参数   | 条件                                    |  | 典型值<br>(T <sub>A</sub> =25°C) |                         |                          |                         | 最大值 <sup>(1)</sup><br>(T <sub>A</sub> =105°C) |                         |
|------|---------------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---|-------------------------|
|      |                                       |  | V <sub>DD</sub> =2.4 V        |                         | V <sub>DD</sub> = 3.3V   |                         | V <sub>DD</sub> =3.6 V                        |                         |
|      |                                       |  | I <sub>DDA</sub><br>(μA)      | I <sub>DD</sub><br>(μA) | I <sub>DDA</sub><br>(μA) | I <sub>DD</sub><br>(μA) | I <sub>DDA</sub><br>(μA)                      | I <sub>DD</sub><br>(μA) |
| 停机模式 | V <sub>DDA</sub><br>monitoring<br>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 <sub>DDA</sub><br>monitoring<br>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<sup>(1)</sup>

| 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 $\Omega$ |
| $I_{DD}$      | HXT 电流消耗 | $V_{DD} = 3.3V$ ,<br>$R_m = 45 \Omega$ ,<br>$C_L = 10 pF @ 8 MHz$ | -   | 660 | -   | $\mu A$    |
| $t_{SU(HXT)}$ | 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( $f_{LXT}=32.768KHz$ )<sup>(1)</sup>

| 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 |     | $\mu A$ |
| $t_{SU(LXT)}^{(2)}$ | 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<br>厂<br>校<br>准<br>$V_{DD}=3.3V$ $T_A=-25^{\circ}C$ | -1  | -   | 1   | %       |
|                 |              | $V_{DD}=2-3.6V$<br>$T_A=-40\sim 105^{\circ}C$        | -5  | -   | 5   | %       |
| $t_{SU(HIRC)}$  | HIRC 振荡器启动时间 | $V_{DD}=3.3V$<br>$T_A=-40\sim 105^{\circ}C$          | -   | -   | 2   | $\mu s$ |
| $I_{DDA(HIRC)}$ | HIRC 振荡器功耗   | -  | -   | 60  | -   | $\mu A$ |

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<br>厂<br>校<br>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   | $\mu s$ |   |
| $I_{DDA(HIRC14)}$ | HIRC14 振荡器功耗   | -  | -  | 72  | -   | $\mu A$ |   |

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<br>( $V_{DD}=3.3V$ , $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ ) | -   | 30  | -   | $\mu s$ |
| $I_{DD(LIRC)}$ | LIRC 振荡器功耗   | -   | 0.5 | -   | $\mu A$ |

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 | $\mu s$ |
| $t_{WUSTOP0}$  | 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 <sup>(1)</sup> |     |     | 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<br>( $V_{DD}=3.3V$ , $T_A=-40\sim 105^{\circ}C$ ) | 16                | -   | 48  | MHz     |
| $t_{LOCK}$     | PLL 锁相时间   | -                 | -   | 90  | $\mu s$ |

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       | $T_A=-40\sim 105^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=2.0\sim 3.6\text{V}$ | -   | 17.9 | -   | $\mu\text{s}$ |
| $t_{ERASE}$ | 页(1Kbytes)擦除时间 | $T_A=-40\sim 105^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=2.0\sim 3.6\text{V}$ | -   | 1.56 | -   | ms            |
| $t_{ME}$    | 整片擦除时间         | $T_A=25^{\circ}\text{C}$<br>$V_{DD}=3.3\text{V}$                  | -   | 6.4  | -   | ms            |
| $V_{prog}$  | 编程电压           | $T_A=-40\sim 105^{\circ}\text{C}$                                 | 2.0 | 3.3  | 3.6 | V             |
| $t_{RET}$   | 数据保存时间         | $T_A=55^{\circ}\text{C}$  | 20  | -    | -   | years         |
| $N_{RW}$    | 擦写周期           | $T_A=25^{\circ}\text{C}$  | 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( $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}, V_{DD}=2\sim 3.6\text{V}$ )

| 符号        | 参数       | 条件  | 最小值                     | 典型值 | 最大值               | 单位            |
|-----------|----------|---|-------------------------|-----|-------------------|---------------|
| $V_{IL}$  | 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  | $0.447V_{DD}+0.40$<br>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<br>TTa<br>$V_{SS}\leq V_{IN}\leq V_{DDIOx}$  | -                       | -   | $\pm 0.1$         | $\mu\text{A}$ |
|           |          | 数字模式下 TTa<br>$V_{DDIOx}\leq V_{IN}\leq V_{DDA}$                     | -                       | -   | 1                 |               |
|           |          | 模拟模式下 TTa<br>$V_{SS}\leq V_{IN}\leq V_{DDA}$                        | -                       | -   | $\pm 0.1$         |               |
|           |          | FT 和 FTf I/O <sup>(1)</sup><br>$V_{DDIOx}\leq V_{IN}\leq 5\text{V}$ | -                       | -   | 10                |               |

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

表42 交流特性(T<sub>A</sub>=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 <sub>max(I/O)out</sub> | 最大频率                | C <sub>L</sub> =50 pF,<br>V <sub>DD</sub> =2.4~3.6V      | -   | 2   | MHz |
|               | t <sub>f(I/O)out</sub>   | 输出高至低电平的下降时间        | C <sub>L</sub> =50 pF,<br>V <sub>DD</sub> =2.4~3.6V      | -   | 125 | ns  |
|               | t <sub>r(I/O)out</sub>   | 输出低至高电平的上升时间        |  | -   | 125 |     |
| 01 (10MHz)    | f <sub>max(I/O)out</sub> | 最大频率                | C <sub>L</sub> =50 pF,<br>V <sub>DD</sub> =2.4~3.6V      | -   | 10  | MHz |
|               | t <sub>f(I/O)out</sub>   | 输出高至低电平的下降时间        | C <sub>L</sub> =50 pF,<br>V <sub>DD</sub> =2.4~3.6V      | -   | 25  | ns  |
|               | t <sub>r(I/O)out</sub>   | 输出低至高电平的上升时间        |  | -   | 25  |     |
| 11 (50MHz)    | f <sub>max(I/O)out</sub> | 最大频率                | C <sub>L</sub> =30 pF,<br>V <sub>DD</sub> =2.7~3.6V      | -   | 50  | MHz |
|               | t <sub>f(I/O)out</sub>   | 输出高至低电平的下降时间        | C <sub>L</sub> =30 pF,<br>V <sub>DD</sub> =2.7~3.6V      | -   | 5   | ns  |
|               | t <sub>r(I/O)out</sub>   | 输出低至高电平的上升时间        |  | -   | 5   |     |
| FM+ 配置        | f <sub>max(I/O)out</sub> | 最大频率 <sup>(3)</sup> | C <sub>L</sub> =50pF,<br>V <sub>DDIOx</sub><br>=2.4~3.6V | -   | 2   | MHz |
|               | t <sub>f(I/O)out</sub>   | 输出下降时间              |  | -   | 34  | ns  |
|               | t <sub>r(I/O)out</sub>   | 输出上升时间              |  | -   | 34  |     |

图11 输入输出交流特性定义

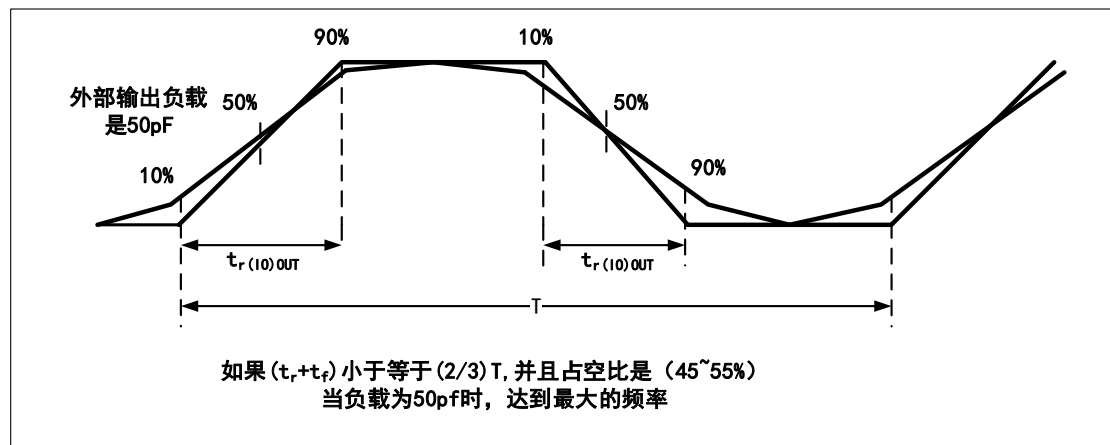




表43 输出驱动电流特性( $T_A=25^{\circ}\text{C}$ )

| 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}$<br>$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}$<br>$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 $\Omega$ |

### 5.3.11 通信接口

#### I2C 接口特性

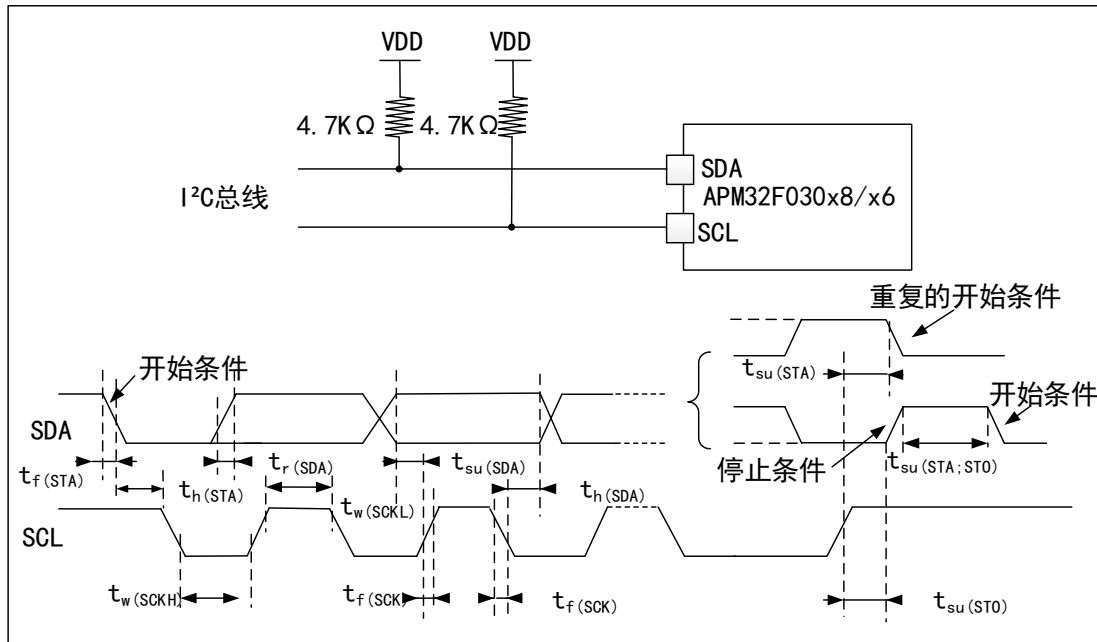
- 标准模式 (Sm)：比特率高达 100kbit/s
- 快速模式 (Fm)：比特率高达 400 kbit/s
- 超快速模式 (Fm+)：比特率高达 1Mbit/s

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    | -   | $\mu\text{s}$ |
| $t_{w(SCLH)}$            | 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 |               |
| $t_r(SDA)$<br>$t_r(SCL)$ | SDA 和 SCL 上升时间 | -      | 500  | -      | 300  | -       | 120 |               |
| $t_f(SDA)$<br>$t_f(SCL)$ | 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    | -   | $\mu\text{s}$ |
| $t_{su(STA)}$            | 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    | -   | $\mu\text{s}$ |

| 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<br>(总线空闲) | 4.67   | -   | 1.37   | -   | 0.77    | -   | $\mu\text{s}$ |

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<sub>DD</sub> 和 0.7V<sub>DD</sub>。

### SPI 接口特性

表46 SPI 特性(T<sub>A</sub>=25°C, V<sub>DD</sub>=3.3V)

| 符号                           | 参数            | 条件  | 最小值 | 最大值 | 单位  |
|------------------------------|---------------|---|-----|-----|-----|
| $f_{SCK}$<br>$1/t_{c(SCK)}$  | SPI 时钟频率      | 主模式   | -   | 18  | MHz |
|                              |               | 从模式   | -   | 18  |     |
| $t_r(SCK)$<br>$t_f(SCK)$     | 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  |
| $t_w(SCKH)$<br>$t_w(SCKL)$   | SCK 高和低的时间    | 主模式, $f_{PCMU} = 36\text{MHz}$ ,<br>预分频系数=4 | 54  | 57  | ns  |
| $t_{su(MI)}$<br>$t_{su(SI)}$ | 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

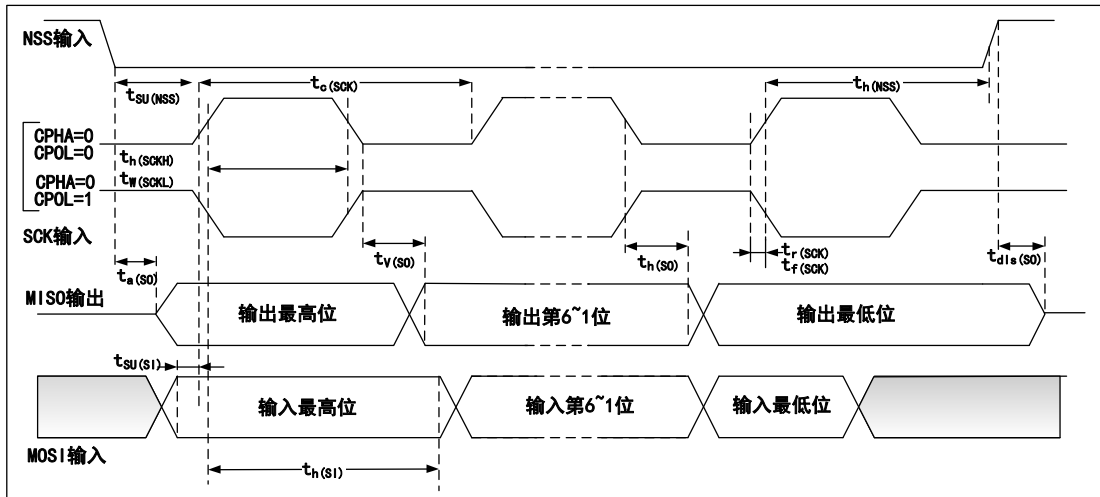
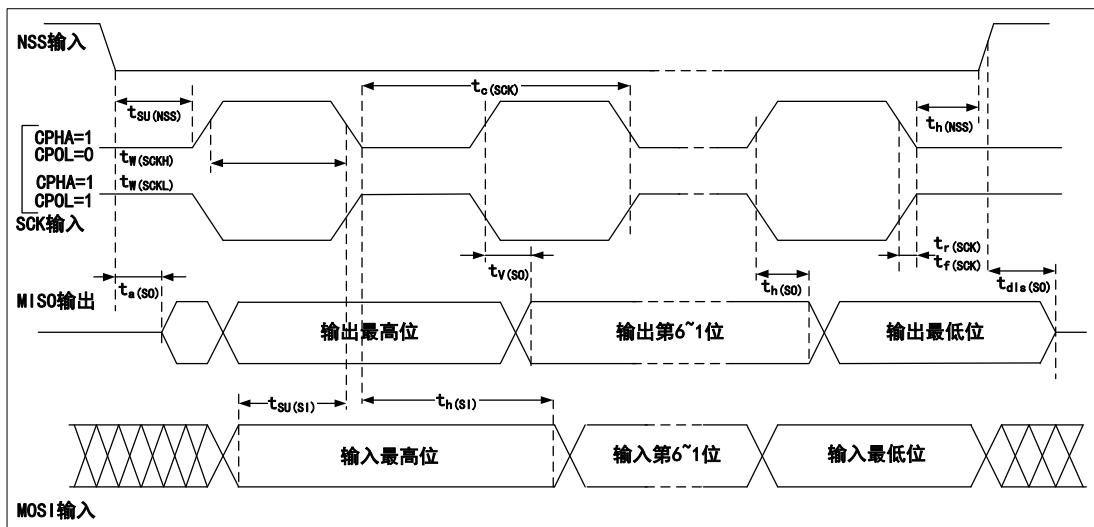
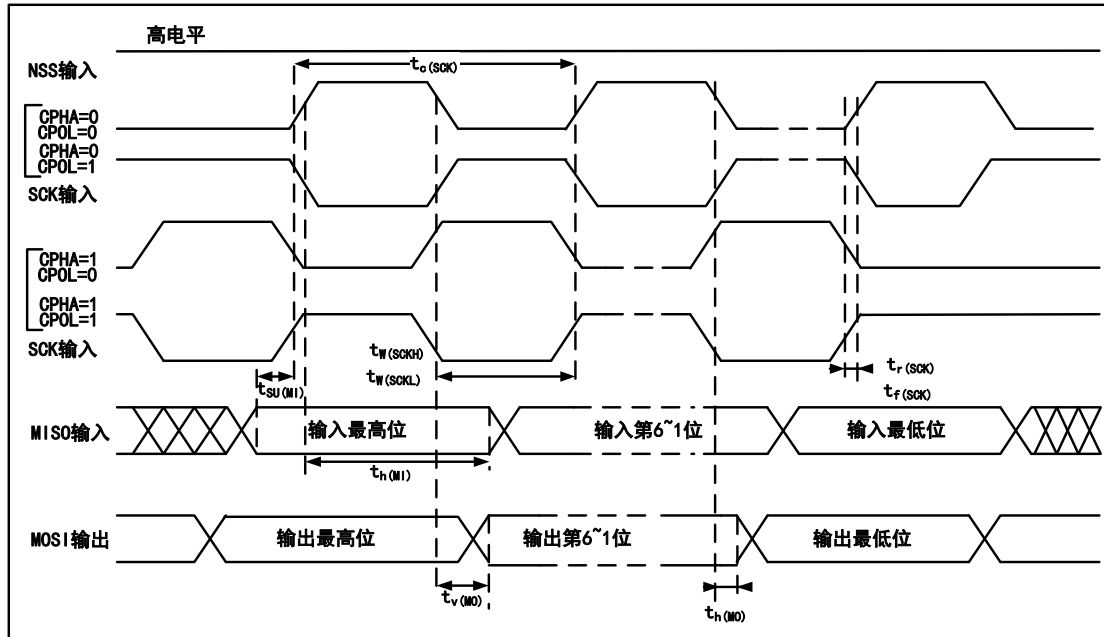


图14 SPI 时序图 — 从模式和 CPHA=1



注：测量点设置于 CMOS 电平：0.3V<sub>DD</sub> 和 0.7V<sub>DD</sub>。

图15 SPI 时序图 — 主模式



注：测量点设置于 CMOS 电平：0.3V<sub>DD</sub> 和 0.7V<sub>DD</sub>。

### 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 <sub>DDA</sub>  | 供电电压      | -                                    | 2.4   | -   | 3.6  | V   |
| f <sub>ADC</sub>  | ADC 频率    | -                                    | 0.6   | -   | 14   | MHz |
| C <sub>ADC</sub>  | 内部采样和保持电容 | -                                    | -     | 8   | -    | pF  |
| R <sub>ADC</sub>  | 采样电阻      | -                                    | -     | -   | 1000 | Ω   |
| t <sub>s</sub>    | 采样时间      | f <sub>ADC</sub> = 14 MHz            | 0.107 | -   | 17.1 | μs  |
| T <sub>CONV</sub> | 采样和转换时间   | f <sub>ADC</sub> = 14 MHz, 12-bit 转换 | 1     | -   | 18   | μs  |

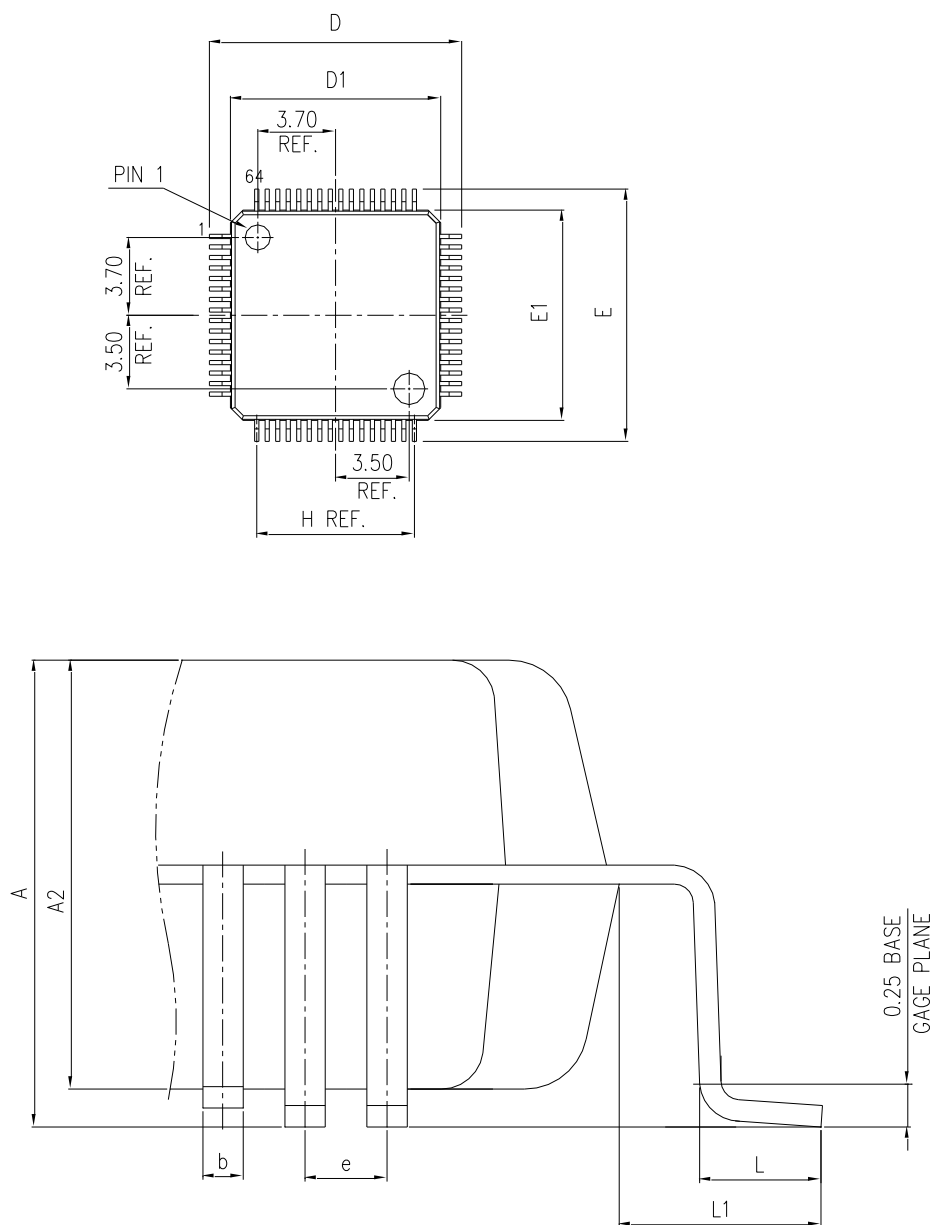
表48 12-bit ADC 精度

| 符号             | 参数     | 条件  | 典型值  | 最大值  | 单位  |
|----------------|--------|---|------|------|-----|
| E <sub>T</sub> | 综合误差   | f <sub>PCLK</sub> =48M,<br>f <sub>ADC</sub> =14M,<br>V <sub>DDA</sub> =2.4V-3.6V<br>T <sub>A</sub> =-40°C~105°C | 3.4  | 4.0  | LSB |
| E <sub>O</sub> | 偏移误差   |   | 2.1  | 3    |     |
| E <sub>G</sub> | 增益误差   |   | 0.6  | 1.3  |     |
| E <sub>D</sub> | 微分线性误差 |   | 0.65 | 1.3  |     |
| E <sub>L</sub> | 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



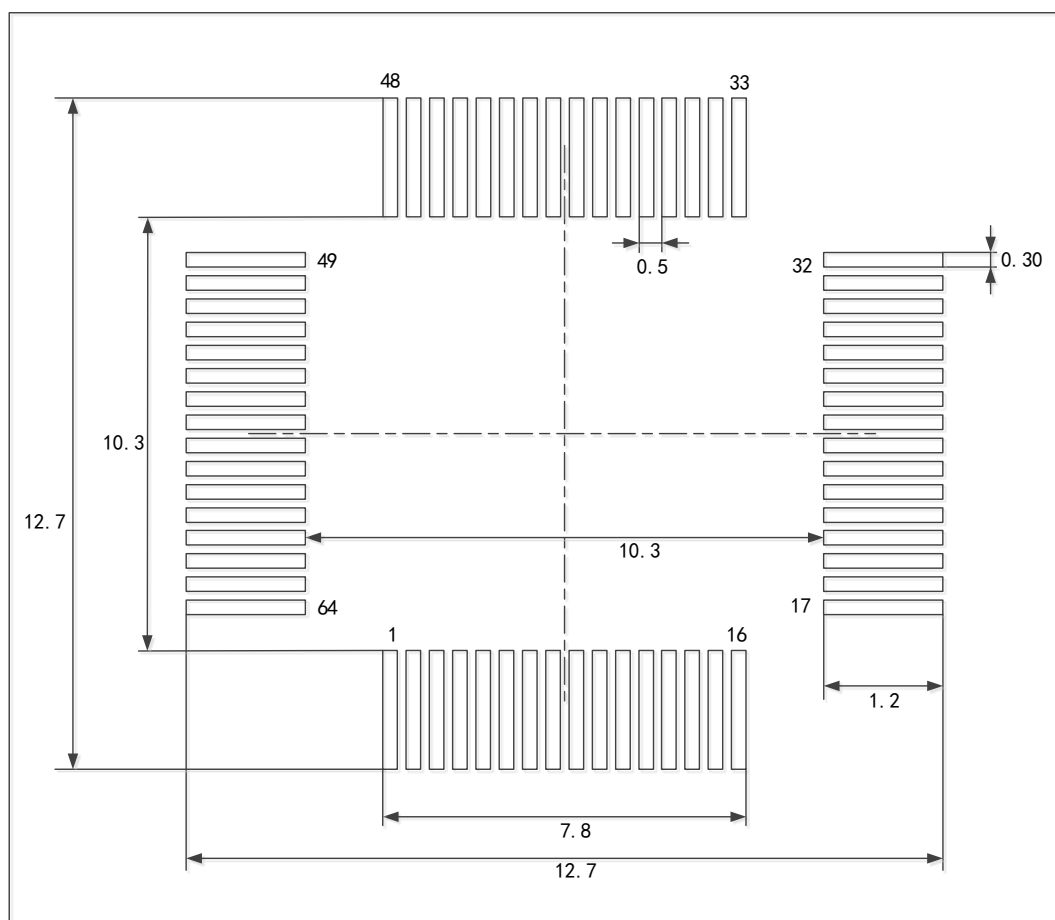
注：图不是按比例绘制。

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



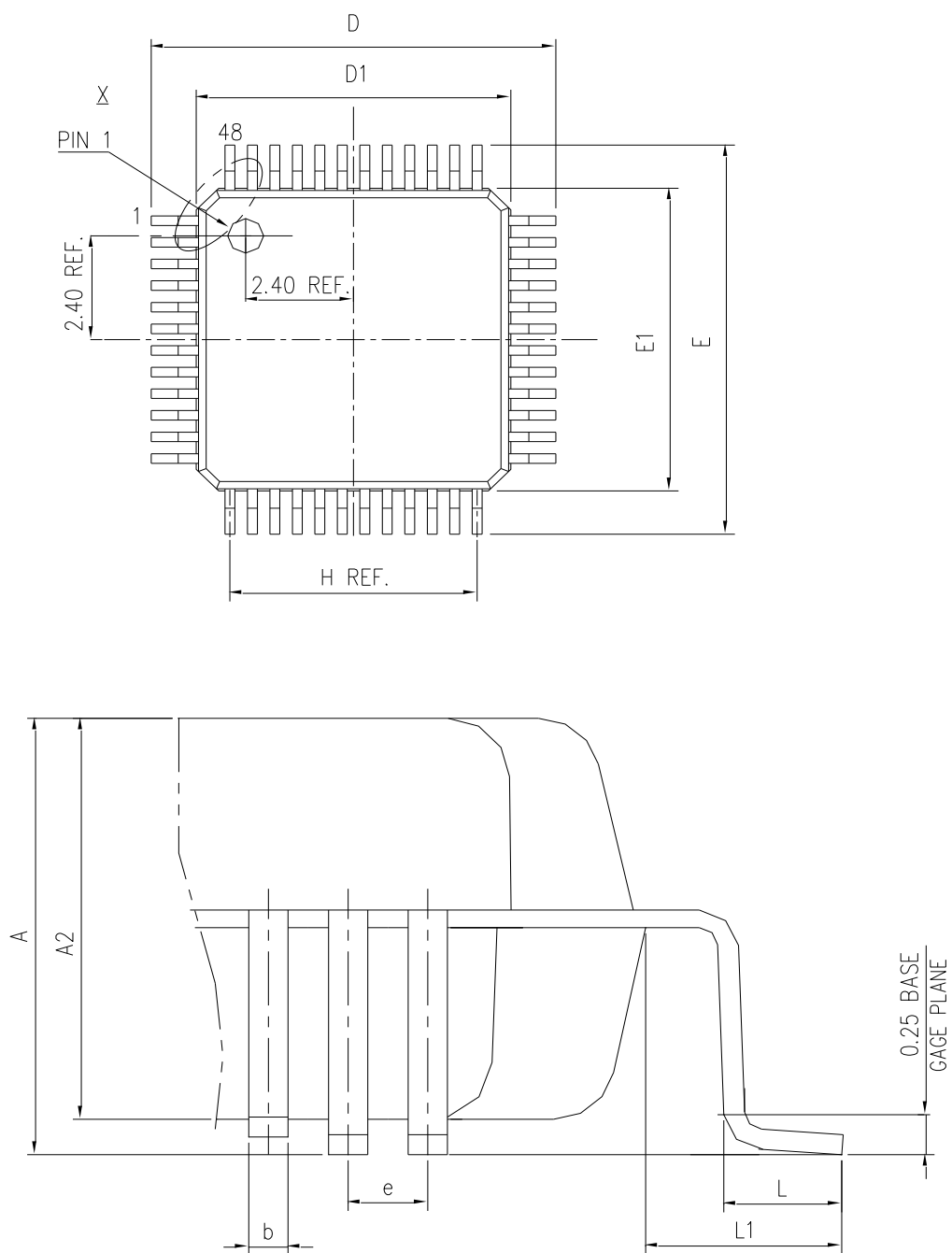
注：尺寸单位为毫米。

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。

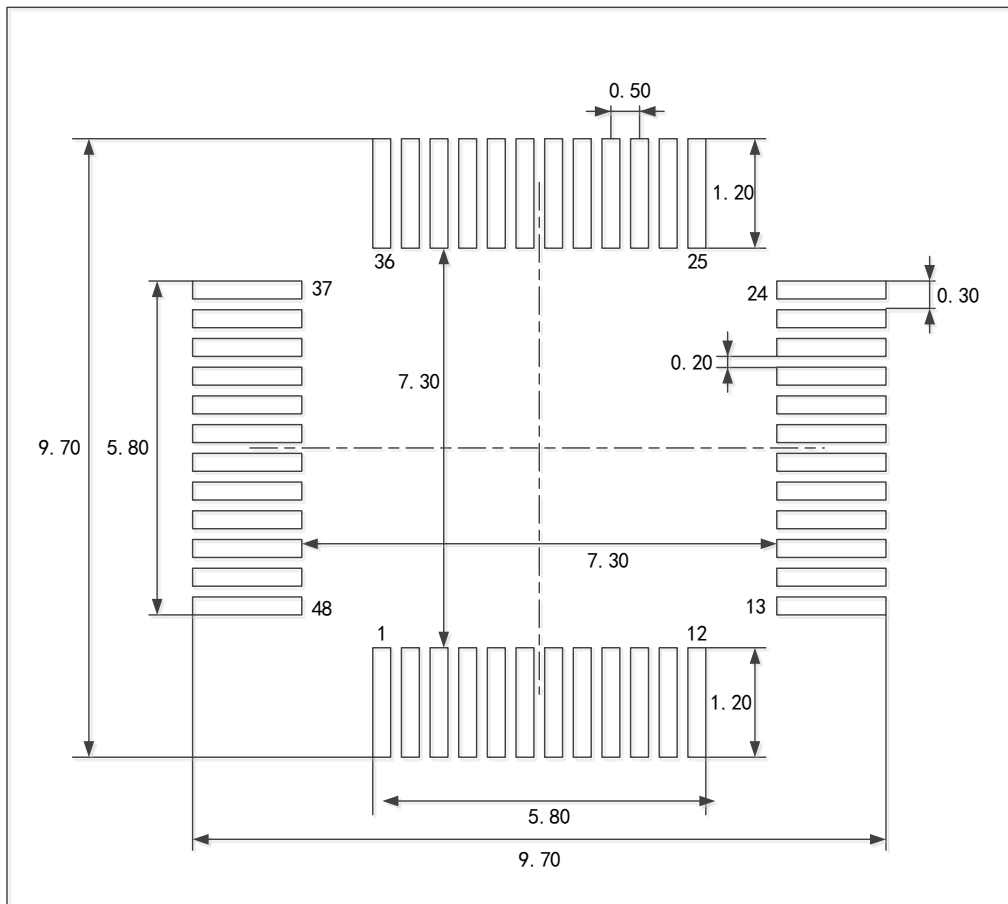


表50 LQFP48 封装数据

| 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      |

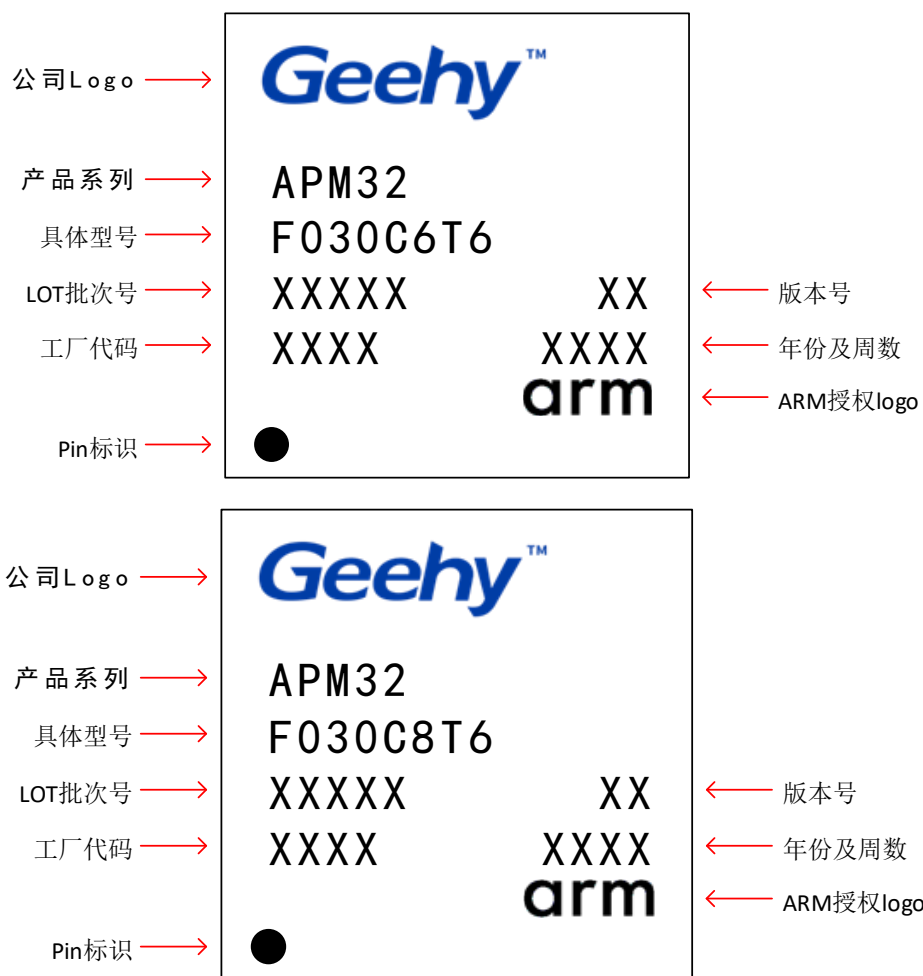
注：以英寸为单位的值从 mm 转换为 4 位小数。

图20 LQFP48 焊接 Layout 建议



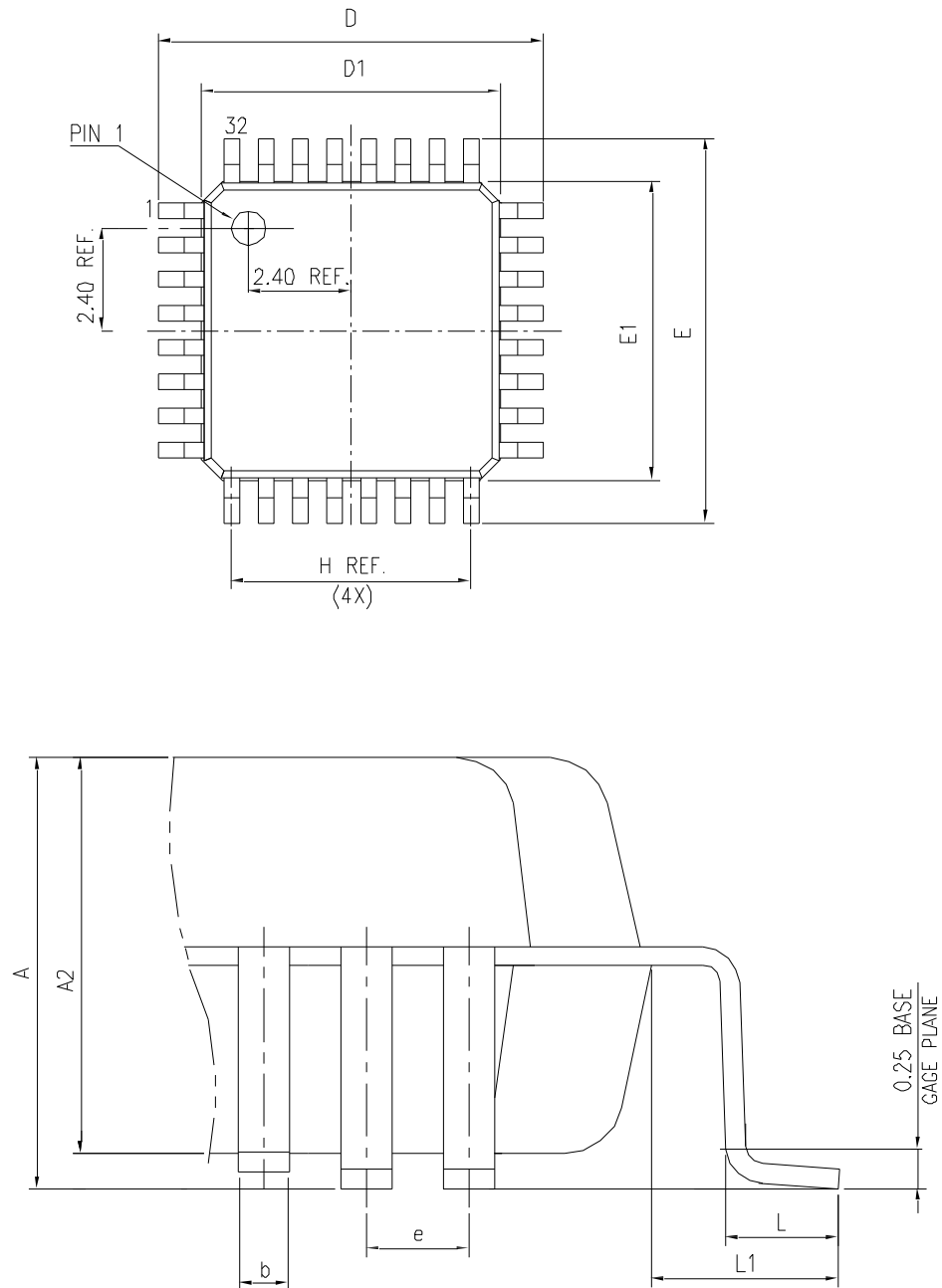
注：尺寸单位为毫米。

图21 LQFP48 打码规范



### 6.3. LQFP32 封装信息

图22 LQFP32 封装图



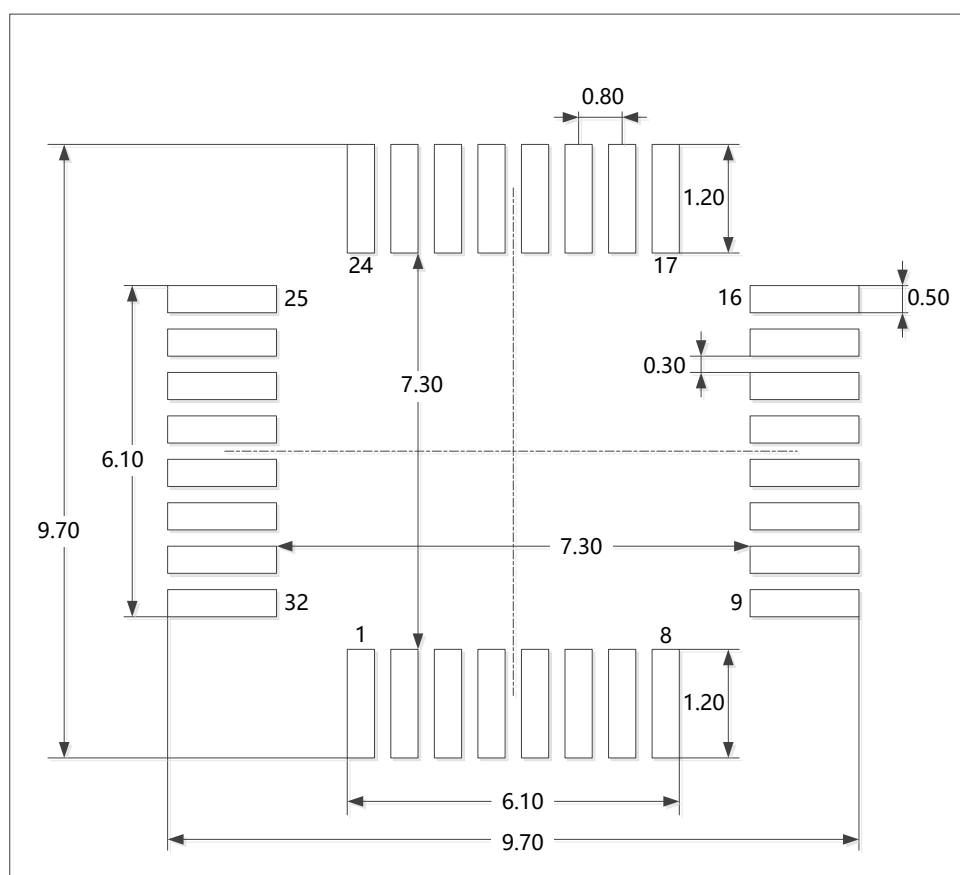
注：图不是按比例绘制。

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

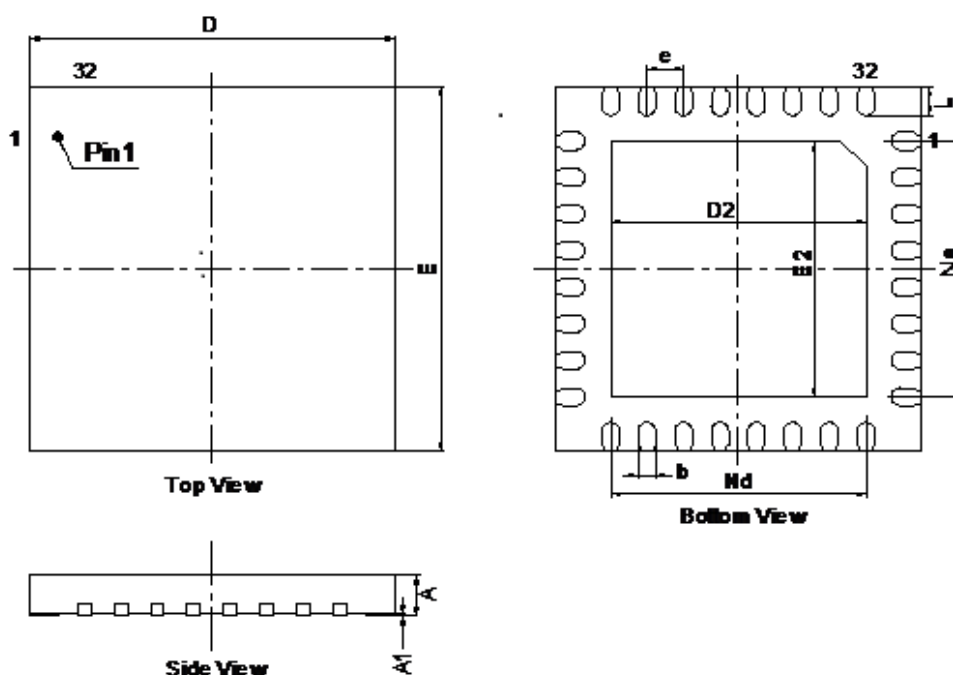


表52 QFN32 封装数据

| 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

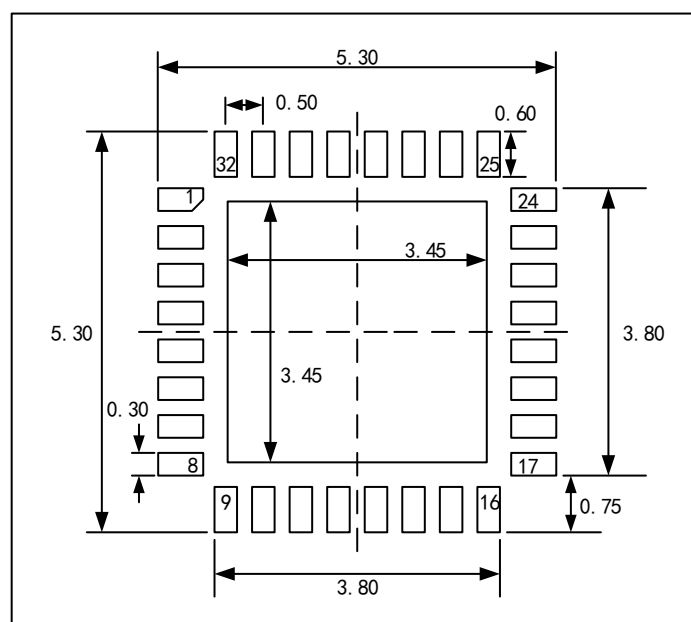


图27 QFN32 打码规范



## 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;
- $\Theta_{JA}$  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  $I_{\text{DD}}$  和  $V_{\text{DD}}$  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:

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

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

表53 封装热特性

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

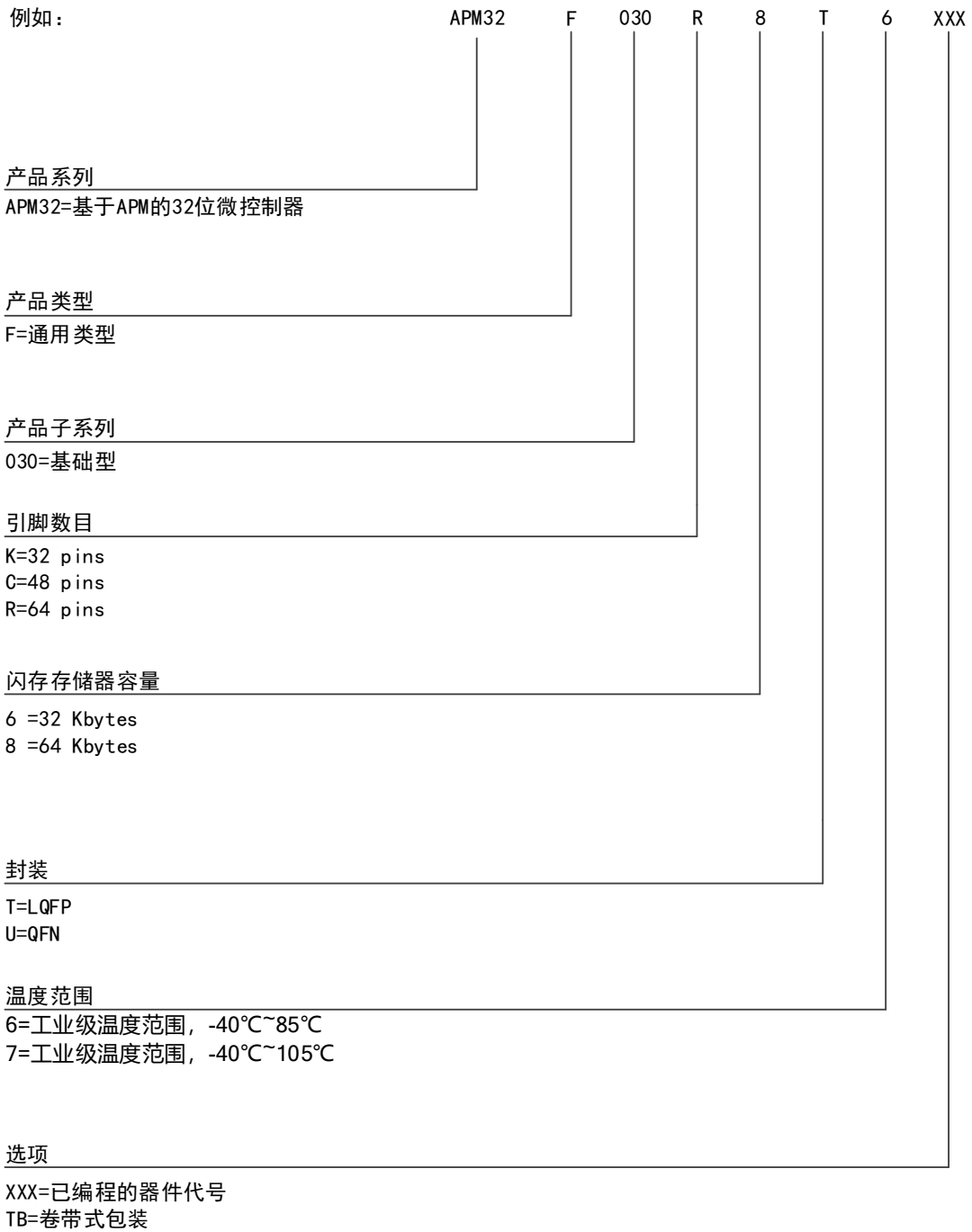


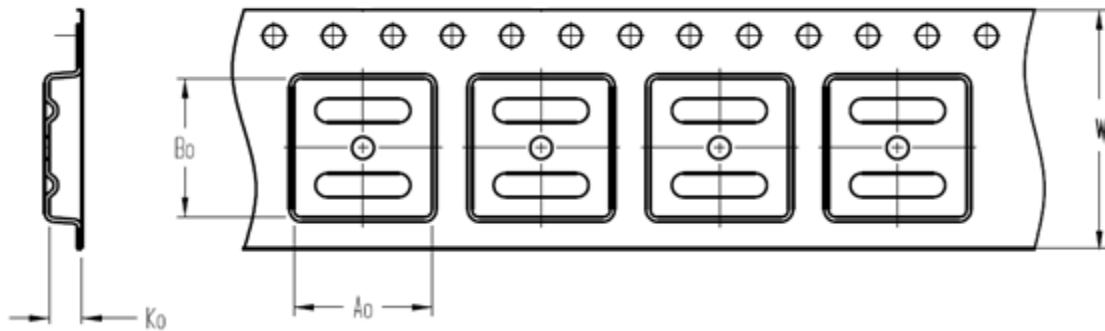
表54 订货信息列表

| 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

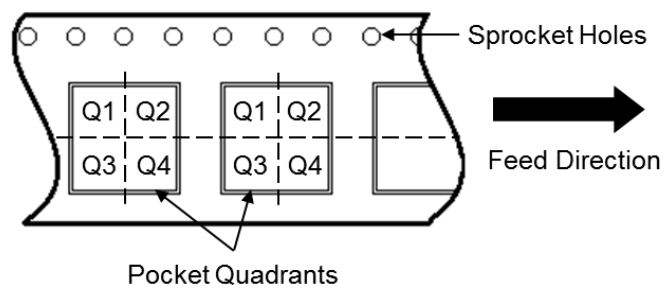
### 8.1. 带装包装

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



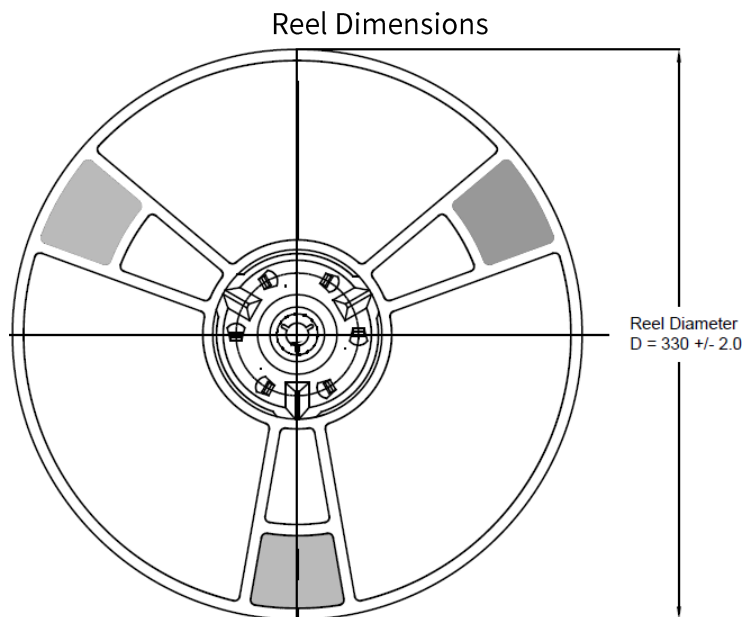
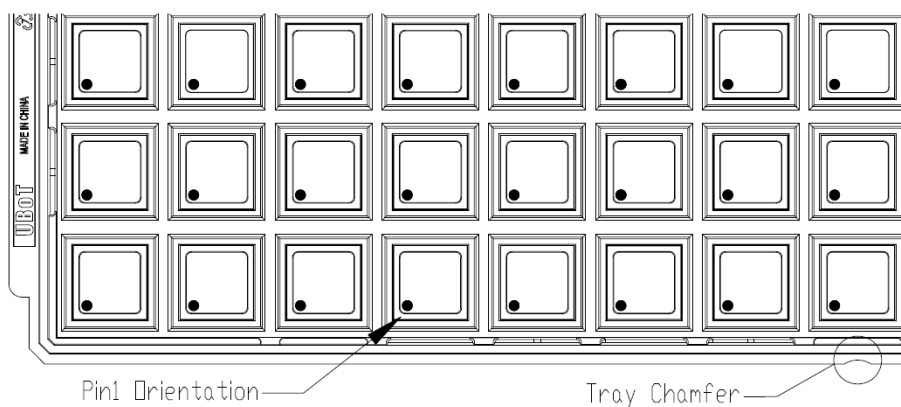


表55 带状包装参数规格表

| 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

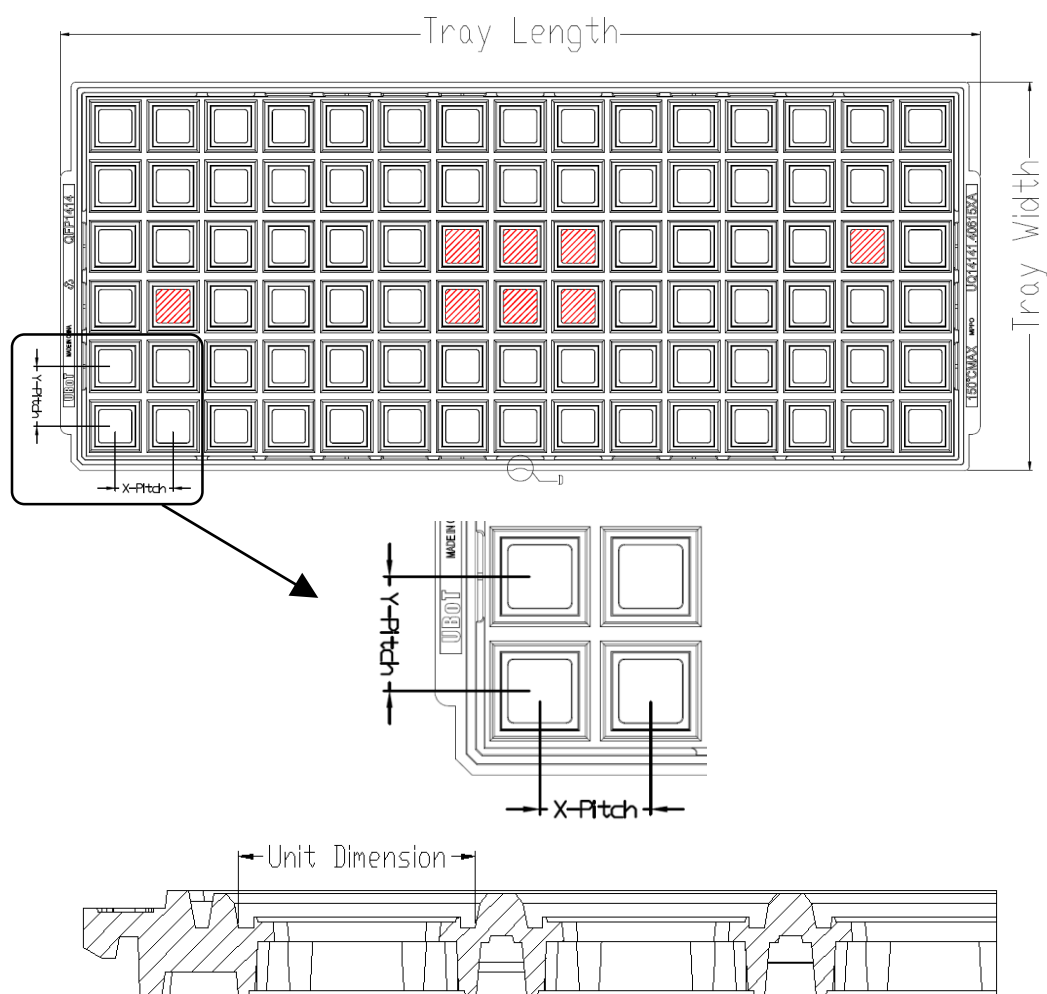


表56 托盘包装参数规格表

| 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 |
|            |        |              |
|            |        |              |