

# HC32L12x 系列

## 32 位 ARM<sup>®</sup> Cortex<sup>®</sup>-M0+ 微控制器

---

# 数据手册

Rev1.20  
2026 年 8 月

产品特性

支持特性

- 48MHz Cortex-M0+ 32 位 CPU 平台
- HC32L12x 系列具有灵活的功耗管理系统，超低功耗性能：
  - ▶ 0.65μA@3V 深度休眠模式：所有时钟关闭，上电复位有效，IO 状态保持，IO 中断有效，所有寄存器、RAM 和 CPU 数据保存状态时的功耗
  - ▶ 27μA/MHz@3V@48MHz 休眠模式：CPU 停止，外设关闭，主时钟运行
  - ▶ 51μA/MHz@3V@48MHz 工作模式：CPU 运行，外设关闭，从 Flash 运行程序
- 最大 128KB Flash 存储器，具有擦写保护功能，支持 ISP、ICP、IAP
- 最大 16KB RAM 存储器，附带奇偶校验，增强系统的稳定性
- 通用 I/O 管脚  
56 IO/64 PIN, 40 IO/48 PIN, 26 IO/32 PIN, 20 IO/24 PIN
- 时钟、晶振
  - ▶ 外部高速晶振 XTH：8~32MHz
  - ▶ 外部低速晶振 XTL：32.768kHz
  - ▶ 内部高速时钟 RCH：4/6/32/48MHz
    - ◆ 精度高达 0.3% @25℃
  - ▶ 内部低速时钟 RCL：32.768/38.4kHz
    - ◆ 精度高达 0.5% @25℃
  - ▶ 硬件支持内外时钟校准和监测
- 定时器/计数器
  - ▶ 3 个 1 通道互补输出通用 16 位定时器
  - ▶ 1 个 3 通道互补输出通用 16 位定时器
  - ▶ 2 个低功耗 16 位定时器，支持级联，支持 PWM 输出
  - ▶ 1 个可编程看门狗电路，内建专用 10kHz 振荡器提供 IWDT 计数
  - ▶ 1 个 7 位可编程窗口看门狗
- 通讯接口
  - ▶ 最多 2 路 USART 标准通讯接口
  - ▶ 最多 3 路 LPUART 低功耗通讯接口，深度休眠模式下可工作
  - ▶ 最多 2 路 SPI 标准通讯接口
  - ▶ 2 路 I2C 标准通讯接口
  - ▶ 1 路 I2C 高速通讯接口
- 蜂鸣器频率发生器，支持互补输出
- 硬件万年历 RTC 模块
- 硬件 CRC16/CRC32 模块
- AES-128/192/256 硬件协处理器
- TRNG 真随机数发生器
- 2 通道 DMAC
- 4\*40/6\*38/8\*36 LCD 驱动
- 全球唯一 10 字节 ID 号
- 12-bit 最高 2Msps 采样的高速 SAR ADC，内置输入跟随器，可测量高输出阻抗的信号
- 集成 2 路电压比较器，具有 6 位电阻分压和可编程比较基准
- 集成低电压检测器，可配置 16 阶比较电压，可监测端口电压以及电源电压
- SWD 调试解决方案，提供全功能调试器
- 工作条件：-40~105℃，1.8~5.5V
- 封装形式：LQFP64/48，QFN48/32/24

支持型号

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| HC32L126KATB-LQFP64  | HC32L126KATB-LQ64    |
| HC32L126JATB-LQ48    | HC32L121JAUB-ZFN48TR |
| HC32L121FAUB-QFN32TR | -                    |
| HC32L121DAUB-UFN24TR | -                    |

## 说明事项

### 版权所有©2026 小华半导体有限公司。保留所有权利

本文件及附件包含的信息有关知识产权权益全部属于小华半导体有限公司（以下简称“XHSC”）；客户对本文件及附件包含的信息只享有内部使用权，未经 XHSC 书面允许，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制、改动或以其他任何形式使用本文件的部分或全部内容，并不得以任何形式进行传播。

### 商标声明

 小华半导体有限公司  和其他商标均为 XHSC 的商标。所有其他在 XHSC 产品上显示的产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

### 注意事项

- XHSC 保留随时更改、更正、增强、修改产品和/或本文档的权利，恕不另行通知。用户可在下单前获取最新相关信息。XHSC 产品依据购销基本合同中载明的销售条款和条件进行销售。
- 客户应针对您的应用选择合适的 XHSC 产品，并设计、验证和测试您的应用，以确保您的应用满足相应标准以及任何安全、安保或其它要求。客户应对此独自承担全部责任。
- XHSC 在此确认未以明示或暗示方式授予任何知识产权许可。
- XHSC 产品的转售，若其条款与此处规定不同，XHSC 对此类产品的任何保修承诺无效。
- 重要提示：在使用本产品前，请务必查阅官方发布的最新勘误表，充分知悉产品已知修正信息，规避使用风险。
- 本通知中的信息取代并替换先前版本中的信息。

### 小华半导体有限公司

|     |                                                                                                                                                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地址： | 上海市浦东新区中科路 1867 号 A 座 4 楼                                                                                                                      |
| 网址： | <a href="https://www.xhsc.com.cn">https://www.xhsc.com.cn</a>                                                                                  |
| 邮箱： | <a href="mailto:XHSC_MCU@xhsc.com.cn">XHSC_MCU@xhsc.com.cn</a> （商务咨询）<br><a href="mailto:XHSC_FAE@xhsc.com.cn">XHSC_FAE@xhsc.com.cn</a> （技术咨询） |

## 前言

### 数据格式

- 0x 前缀表示十六进制数据
- 0b 前缀表示二进制数据
- 数字没有前缀表示十进制数据

### 安全声明

由于使用某个功能或者协议，可能会存在潜在的安全问题，需要进行声明，提醒用户慎用，规避安全风险。

# 目录

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 产品特性.....                   | ii        |
| 前言.....                     | iv        |
| <b>1 产品概述.....</b>          | <b>8</b>  |
| 1.1 产品阵容.....               | 8         |
| 1.2 功能框图.....               | 10        |
| 1.3 存储区映射图.....             | 11        |
| <b>2 功能描述.....</b>          | <b>12</b> |
| 2.1 32 位 Cortex-M0+内核.....  | 12        |
| 2.2 128KB FLASH.....        | 12        |
| 2.3 16KB RAM.....           | 12        |
| 2.4 时钟系统.....               | 12        |
| 2.5 工作模式.....               | 12        |
| 2.6 实时时钟 RTC.....           | 12        |
| 2.7 端口控制器 GPIO.....         | 13        |
| 2.8 中断控制器 NVIC.....         | 13        |
| 2.9 复位控制器 RESET.....        | 13        |
| 2.10 DMA 控制器 DMAC.....      | 13        |
| 2.11 定时器 TIM.....           | 14        |
| 2.12 看门狗 WDT.....           | 15        |
| 2.13 通用同步异步收发器 USART.....   | 15        |
| 2.14 低功耗同步异步收发器 LPUART..... | 16        |
| 2.15 串行外设接口 SPI.....        | 16        |
| 2.16 I2C 总线.....            | 16        |
| 2.17 高速集成电路总线 HSI2C.....    | 17        |
| 2.18 蜂鸣器 Buzzer.....        | 17        |
| 2.19 时钟校准 CTRIM.....        | 17        |
| 2.20 器件电子签名.....            | 17        |
| 2.21 循环冗余校验 CRC.....        | 17        |
| 2.22 高级加密标准模块 AES.....      | 18        |
| 2.23 真随机数发生器 TRNG.....      | 18        |
| 2.24 模数转换器 ADC.....         | 18        |
| 2.25 模拟电压比较器 VC.....        | 18        |
| 2.26 低电压检测器 LVD.....        | 18        |
| 2.27 液晶控制器 LCD.....         | 18        |
| 2.28 嵌入式调试系统.....           | 19        |
| 2.29 编程模式.....              | 19        |
| 2.30 高安全性.....              | 19        |
| <b>3 引脚配置及功能.....</b>       | <b>20</b> |
| 3.1 引脚配置图.....              | 20        |
| 3.1.1 LQFP64 封装.....        | 20        |
| 3.1.2 LQFP48 封装.....        | 21        |
| 3.1.3 QFN48 封装.....         | 22        |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 3.1.4 QFN32 封装.....                 | 23        |
| 3.1.5 QFN24 封装.....                 | 24        |
| 3.2 引脚功能说明.....                     | 25        |
| 3.3 模块信号说明.....                     | 30        |
| <b>4 典型应用电路图.....</b>               | <b>32</b> |
| <b>5 电气特性.....</b>                  | <b>33</b> |
| 5.1 参数条件.....                       | 33        |
| 5.1.1 最小值和最大值.....                  | 33        |
| 5.1.2 典型数值.....                     | 33        |
| 5.2 绝对最大额定值.....                    | 33        |
| 5.3 工作条件.....                       | 34        |
| 5.3.1 通用工作条件.....                   | 34        |
| 5.3.2 VCAP 外置电容.....                | 34        |
| 5.3.3 上电和掉电时的工作条件.....              | 35        |
| 5.3.4 内嵌复位和 LVD 模块特性.....           | 35        |
| 5.3.5 内置的参考电压.....                  | 37        |
| 5.3.6 供电电流特性.....                   | 37        |
| 5.3.7 从低功耗模式唤醒的时间.....              | 39        |
| 5.3.8 外部时钟源特性.....                  | 40        |
| 5.3.9 内部时钟源特性.....                  | 45        |
| 5.3.10 存储器特性.....                   | 48        |
| 5.3.11 ESD 特性.....                  | 48        |
| 5.3.12 I/O 端口特性.....                | 48        |
| 5.3.13 RESETB 引脚特性.....             | 51        |
| 5.3.14 ADC 特性.....                  | 51        |
| 5.3.15 温度传感器特性.....                 | 56        |
| 5.3.16 VC 特性.....                   | 57        |
| 5.3.17 LCD 控制器.....                 | 59        |
| 5.3.18 TIM 定时器特性.....               | 60        |
| 5.3.19 通信接口.....                    | 61        |
| <b>6 封装信息.....</b>                  | <b>65</b> |
| 6.1 封装尺寸.....                       | 65        |
| 6.1.1 LQFP64 封装.....                | 65        |
| 6.1.2 LQFP48 封装.....                | 67        |
| 6.1.3 QFN48 封装.....                 | 69        |
| 6.1.4 QFN32 封装.....                 | 71        |
| 6.1.5 QFN24 封装.....                 | 73        |
| 6.2 焊盘示意图.....                      | 75        |
| 6.2.1 LQFP64 封装 (10mm x 10mm) ..... | 75        |
| 6.2.2 LQFP64 封装 (7mm x 7mm) .....   | 76        |
| 6.2.3 LQFP48 封装 (7mm x 7mm) .....   | 77        |
| 6.2.4 QFN48 封装 (5mm x 5mm) .....    | 78        |
| 6.2.5 QFN32 封装 (4mm x 4mm) .....    | 79        |
| 6.2.6 QFN24 封装 (3mm x 3mm) .....    | 80        |
| 6.3 丝印说明.....                       | 81        |

|                 |    |
|-----------------|----|
| 6.4 封装热阻系数..... | 81 |
| 7 订购信息.....     | 83 |
| 版本记录.....       | 84 |

# 1 产品概述

## 1.1 产品阵容

产品名称

|                   | HC | 32 | L | 1 | 2 | 6 | K | A | T | B |
|-------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 小华半导体             |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| MCU家族             |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 32: 32-bit        |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 产品类型              |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| L: 超低功耗           |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| MCU平台             |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1: Cortex-M0+     |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| MCU规格档次           |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2: 低端             |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 功能配置流水号           |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1: 配置1            |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6: 配置6            |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 管脚数量              |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| K: 64 Pin         |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| J: 48 Pin         |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F: 32 Pin         |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| D: 24 Pin         |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 程序容量              |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A: 128 KB         |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 封装类型              |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| T: LQFP           |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| U: QFN            |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 温度质量范围            |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| B: -40~105 °C，工业级 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |

## 型号功能对比表

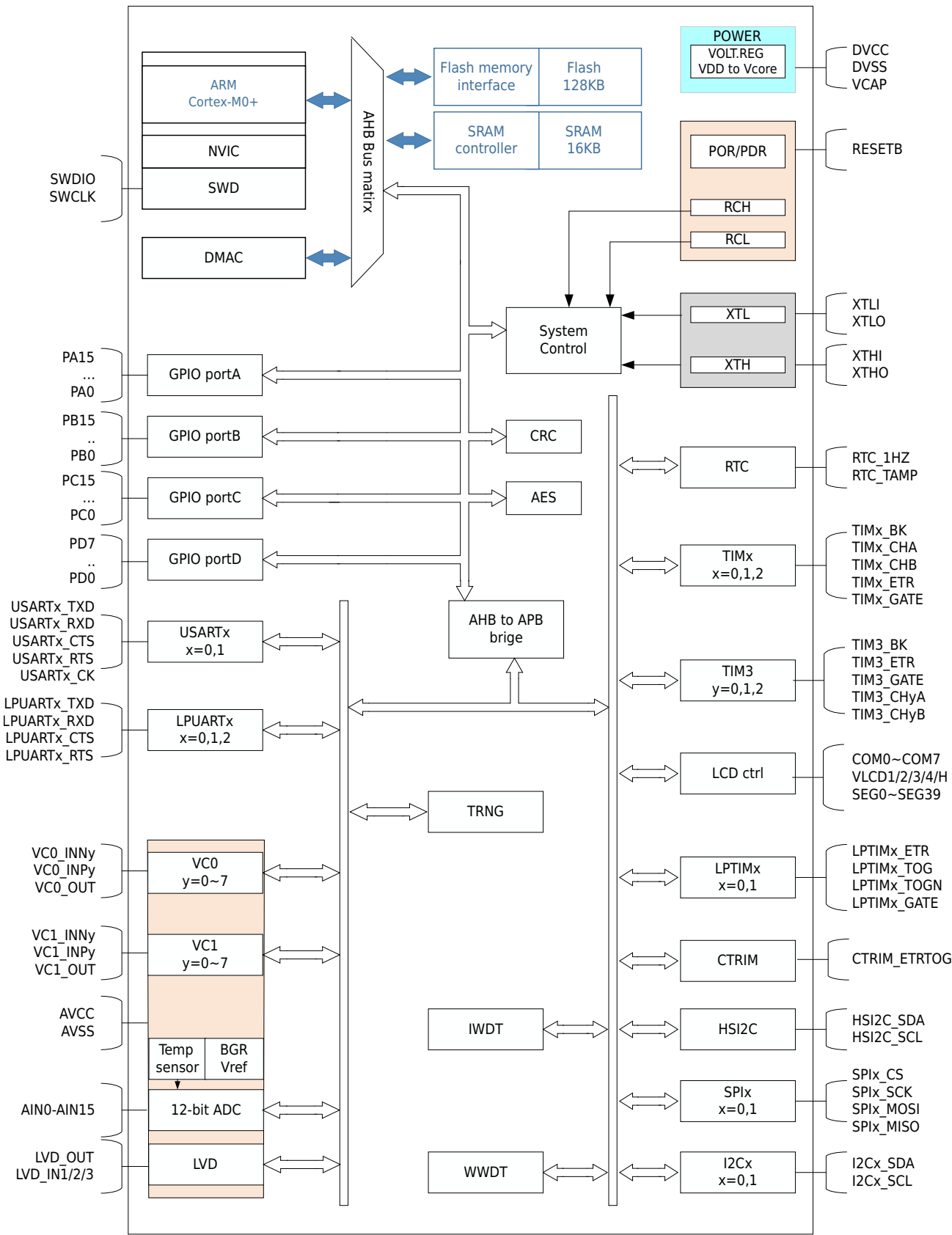
| 产品名称              |             | HC32L126KATB                 | HC32L126JATB | HC32L121JAUB             | HC32L121FAUB            | HC32L121DAUB              |
|-------------------|-------------|------------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 引脚数               |             | 64                           | 48           |                          | 32                      | 24                        |
| GPIO 数            |             | 56                           | 40           |                          | 26                      | 20                        |
| CPU               | 内核          | Cortex-M0+                   |              |                          |                         |                           |
|                   | 频率          | 48MHz                        |              |                          |                         |                           |
| 存储                | Flash       | 128KB                        |              |                          |                         |                           |
|                   | RAM         | 16KB                         |              |                          |                         |                           |
| 时钟                | 内部高速时钟      | RCH 4/6/32/48MHz             |              |                          |                         |                           |
|                   | 内部低速时钟      | RCL 32.768/38.4kHz           |              |                          |                         |                           |
|                   | 外部高速晶振      | XTH 8~32MHz                  |              |                          |                         |                           |
|                   | 外部低速晶振      | XTL 32.768kHz                |              |                          |                         |                           |
| 电源电压范围            |             | 1.8~5.5V                     |              |                          |                         |                           |
| 单/双电源             |             | 单电源                          |              |                          |                         |                           |
| 温度范围              |             | -40~105℃                     |              |                          |                         |                           |
| DMA 控制器（DMAC）     |             | 2ch                          |              |                          |                         |                           |
| 定时器               | 通用定时器       | TIM0/1/2/3                   |              |                          |                         | TIM0/1/2/3 <sup>(2)</sup> |
|                   | 低功耗定时器      | LPTIM0/1                     |              |                          |                         | LPTIM0/1 <sup>(3)</sup>   |
| 实时时钟（RTC）         |             | 1                            |              |                          |                         |                           |
| 看门狗定时器            |             | IWDT*1/WWDT*1                |              |                          |                         |                           |
| 通信接口              | USART0/1    |                              |              |                          | USART0/1 <sup>(4)</sup> |                           |
|                   | LPUART0/1/2 |                              |              | LPUART0/2 <sup>(1)</sup> |                         |                           |
|                   | I2C0/1      |                              |              |                          |                         |                           |
|                   | I2C（HS）     |                              |              |                          |                         |                           |
|                   | SPI0/1      |                              |              | SPI0                     |                         |                           |
| 模数转换器（ADC，12-bit） |             | 16ch                         | 10ch         |                          | 7ch                     | 6ch                       |
| 模拟电压比较器（VC）       |             | 2                            |              |                          |                         |                           |
| 液晶控制器（LCD）        |             | 4*40/6*38/8*36               | 4*26         | -                        |                         |                           |
| 低电压检测器（LVD）       |             | 1                            |              |                          |                         |                           |
| 时钟校准模块（CTRIM）     |             | 支持                           |              |                          |                         |                           |
| Flash 安全保护        |             | 支持                           |              |                          |                         |                           |
| RAM 奇偶校验          |             | 支持                           |              |                          |                         |                           |
| 循环冗余校验（CRC）       |             | 支持                           |              |                          |                         |                           |
| 真随机数发生器（TRNG）     |             | 支持                           |              |                          |                         |                           |
| 高级加密标准模块（AES）     |             | 支持                           |              |                          |                         |                           |
| 调试功能              |             | SWD 调试接口                     |              |                          |                         |                           |
| 唯一识别码             |             | 支持                           |              |                          |                         |                           |
| 封装类型（mm*mm）       |             | LQFP64(10*10)<br>LQFP64(7*7) | LQFP48(7*7)  | QFN48(5*5)               | QFN32(4*4)              | QFN24(3*3)                |



## 说明

1. QFN32 封装和 QFN24, LPUART2 缺少 CTS/RTS 功能引脚。
2. QFN24 封装, TIM3 缺少 CH1B 引脚。
3. QFN24 封装, LPTIM1 缺少 TOG 引脚。
4. QFN24 封装, USART1 缺少 CTS 引脚。

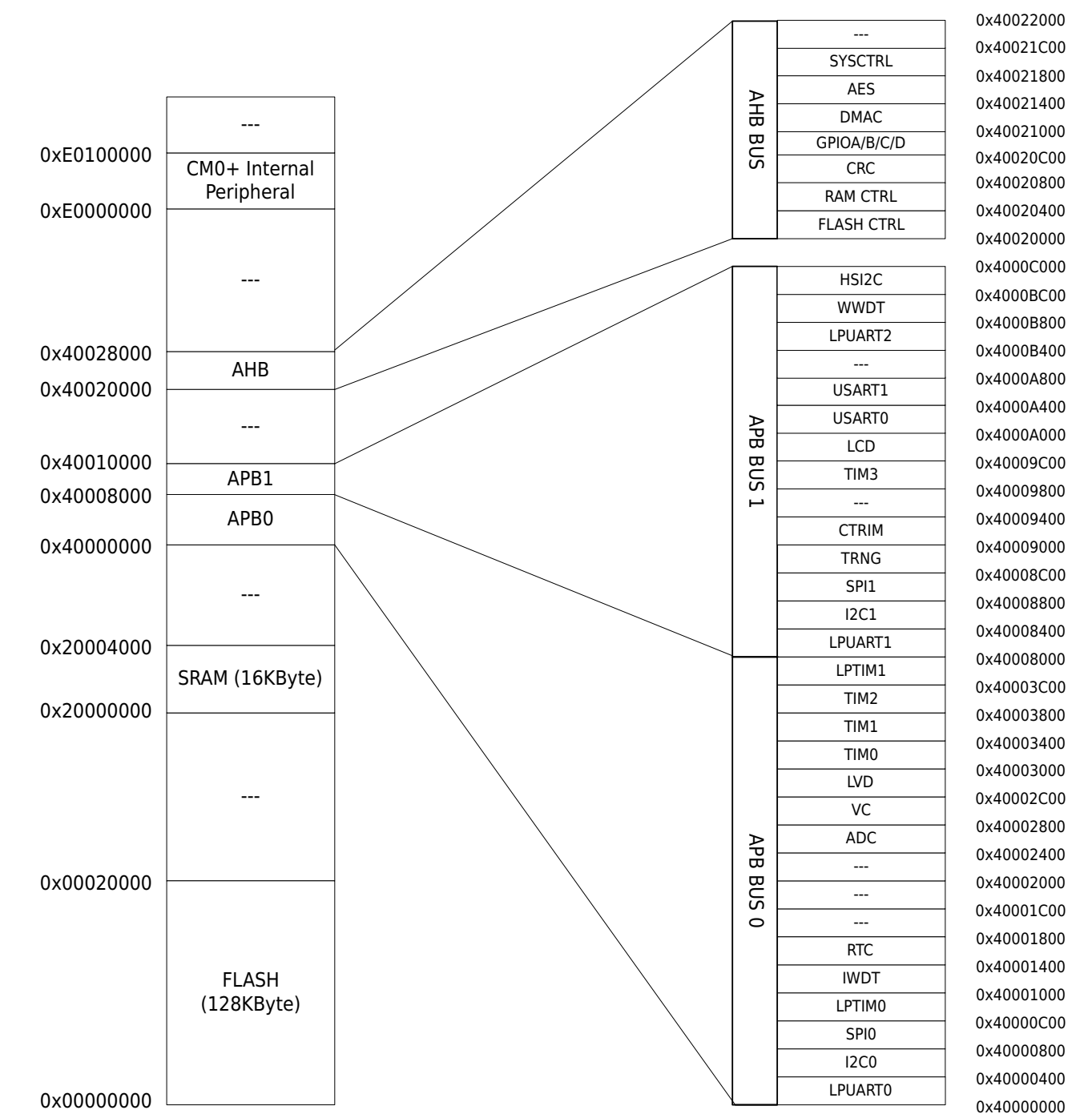
1.2 功能框图



说明

不同封装的产品支持的资源数量有差异，详细支持情况请参见[型号功能对比表](#)。

1.3 存储区映射图



## 2 功能描述

### 2.1 32 位 Cortex-M0+内核

ARM Cortex-M0+处理器源于 Cortex-M0，包含了一颗 32 位 RISC 处理器，运算能力达到 0.95 Dhrystone MIPS/MHz。同时加入了多项全新设计，改进调试和追踪能力、减少每周期指令（IPC）数量和改进 Flash 访问的两级流水线等，更纳入了节能降耗技术。Cortex-M0+处理器已全面支持 Keil&IAR 调试器。

Cortex-M0+包含了一个硬件调试电路，支持 2-pin 的 SWD 调试接口。

ARM Cortex-M0+特性：

|       |                                                               |
|-------|---------------------------------------------------------------|
| 指令集   | Thumb/Thumb-2                                                 |
| 流水线   | 2 级流水线                                                        |
| 性能效率  | 2.46 CoreMark/MHz                                             |
| 性能效率  | 0.95 DMIPS/MHz in Dhrystone                                   |
| 中断    | 32 个快速中断                                                      |
| 中断优先级 | 可配置 4 级中断优先级                                                  |
| 增强指令  | 单周期 32 位乘法器                                                   |
| 调试    | Serial-wire 调试端口，支持 4 个硬中断（break point）以及 2 个观察点（watch point） |

### 2.2 128KB FLASH

内建全集成 FLASH 控制器，无需外部高压输入，由全内置电路产生高压来编程。支持 ISP、IAP、ICP 功能。

### 2.3 16KB RAM

根据客户选择不同的超低功耗模式，RAM 数据都会被保留。自带硬件奇偶校验位，万一数据被意外破坏，在数据被读取时，硬件电路会立刻产生中断，保证系统的可靠性。

### 2.4 时钟系统

- 一个频率为 4/6/32/48MHz 可配置的高精度内部时钟 RCH。
- 一个频率为 32.768/38.4kHz 的内部时钟 RCL。
- 一个频率为 8~32MHz 的外部晶振 XTH。
- 一个频率为 32.768kHz 的外部晶振 XTL，主要提供 RTC 实时时钟。

### 2.5 工作模式

1. 运行模式（Active Mode）：CPU 运行，周边功能模块运行。
2. 休眠模式（Sleep Mode）：CPU 停止，周边功能模块运行。
3. 深度休眠模式（DeepSleep Mode）：CPU 停止，高速时钟模块停止运行。

### 2.6 实时时钟 RTC

RTC（Real Time Counter）是一个支持 BCD 数据格式的功能模块，一般采用 32.768kHz 晶振作为其时钟，能实现万年历功能，中断周期可配置为月/日/小时/分钟/秒。24/12 小时时间模式，硬件自动修正闰年。具有精确度补偿功能，支持 0.96ppm 或 0.06ppm 精度。可使用内部温度传感器或外部温度传感器进行精确度补偿，可用软件+1/-1 调整年/月/日/小时/分钟/秒，最小可调精度为 1 秒。

用于指示时间和日期的 RTC 日历记录器在 MCU 受外部因素影响而复位时不会复位寄存器。

## 2.7 端口控制器 GPIO

最多可提供 56 个 GPIO 端口，其中部分 GPIO 与模拟端口复用。每个端口由独立的控制寄存器位来控制，支持 FAST IO。支持边沿触发中断和电平触发中断，可从各种超低功耗模式下把 MCU 唤醒到工作模式。支持位置位、位清零和位置位清零操作。支持 Push-Pull CMOS 推挽输出、Open-Drain 开漏输出。内置上拉电阻、下拉电阻，带有施密特触发器输入滤波功能。输出驱动能力可配置，最大支持 16mA 的电流驱动能力。所有通用 IO 可支持外部异步中断。

部分端口具备数字输入滤波功能。

当端口复用为 HSI2C 接口时支持不同电压下电平信号通信，即低电压电平识别。

## 2.8 中断控制器 NVIC

Cortex-M0+处理器内置了嵌套向量中断控制器（NVIC），支持最多 32 个中断请求（IRQ）输入；有四个中断优先级，可处理复杂逻辑，能够进行实时控制和中断处理。

## 2.9 复位控制器 RESET

本产品具有 7 个复位信号来源，每个复位信号都可以让 CPU 重新运行，绝大多数寄存器会被重新复位，程序计数器 PC 会指向起始地址。

- 数字区域上电掉电复位 POR
- 外部 Reset PAD，低电平为复位信号
- WWDT 复位
- IWDT 复位
- LVD 低电压复位
- Cortex-M0+ SYSRESETREQ 软件复位
- Cortex-M0+ LOCKUP 硬件复位

## 2.10 DMA 控制器 DMAC

DMAC（直接内存访问控制器）功能块可以不通过 CPU 高速传输数据。使用 DMAC 能提高系统性能。

- DMAC 配有独立的总线，所以即便是在使用 CPU 总线的同时，DMAC 也可进行传输操作。
- 由 2 条通道组成，能执行 2 种相互独立的 DMA 传输。
- 可设置传输目标地址、传输源地址、传输数据大小、传输请求源以及传输模式，并能控制各通道的传输操作启动、传输的强行终止以及传输的暂停。
- 可控制所有通道批量传输的启动、强行终止及暂停。
- 多通道同时操作时，可用固定方法或循环方法选择操作通道的优先级。
- 支持使用外设中断信号的硬件 DMA 传输。
- 遵从系统总线（AHB），支持 32 位地址空间（4GB）。

2.11 定时器 TIM

| 类型     | 名称     | 位宽    | 预除频                                                          | 计数方向                 | PWM | 捕获 | 互补输出 |
|--------|--------|-------|--------------------------------------------------------------|----------------------|-----|----|------|
| 通用定时器  | TIM0   | 16/32 | 1/2/4/8/16/32/64/256                                         | 上计数/<br>下计数/<br>上下计数 | 2   | 2  | 1    |
|        | TIM1   | 16/32 | 1/2/4/8/16/32/64/256                                         | 上计数/<br>下计数/<br>上下计数 | 2   | 2  | 1    |
|        | TIM2   | 16/32 | 1/2/4/8/16/32/64/256                                         | 上计数/<br>下计数/<br>上下计数 | 2   | 2  | 1    |
|        | TIM3   | 16/32 | 1/2/4/8/16/32/64/256                                         | 上计数/<br>下计数/<br>上下计数 | 6   | 6  | 3    |
| 低功耗定时器 | LPTIM0 | 16    | 1/2/4/8/16/32/64/128/256/512/1024/2048/4096/8192/16384/32768 | 上计数                  | 1   | 无  | 无    |
|        | LPTIM1 | 16    | 1/2/4/8/16/32/64/128/256/512/1024/2048/4096/8192/16384/32768 | 上计数                  | 1   | 无  | 无    |

通用定时器包含四个定时器 TIM0/1/2/3，有如下特性：

- PWM 独立输出，互补输出
- 捕获输入
- 脉冲宽度测量
- 正交编码计数功能
- 单脉冲模式
- 外部计数功能
- DMA 触发
- 死区控制
- 刹车控制
- 逐波限流
- 边沿对齐、对称中心对齐与非对称中心对齐 PWM 输出

TIM0/1/2 功能完全相同。TIM0/1/2 是同步定时/计数器，可以作为 16 位自动重装载功能的定时/计数器，也可以作为 32 位无重载功能的定时/计数器。TIM0/1/2 每个定时器都具有 2 路捕获比较功能，可以产生 2 路 PWM 独立输出或 1 组 PWM 互补输出。具有死区控制功能。

TIM3 是多通道的通用定时器，具有 TIM0/1/2 的所有功能，可以产生 3 组 PWM 互补输出或 6 路 PWM 独立输出，最多 6 路输入捕获。具有死区控制功能。

低功耗定时器 LPTIM 是异步 16 位定时/计数器，在系统时钟关闭后仍然可以通过内部低速 RC、外部低速晶体振荡以及 ETR 外部输入计时/计数。通过中断在低功耗模式下唤醒系统。支持 PWM 脉冲输出。

## 2.12 看门狗 WDT

IWDT (Independent Watch Dog Timer) 是一个可配置的 12 位定时器，在 MCU 异常的情况下提供复位；RC10K 内部低速时钟输入作为计数器时钟。调试模式和 DeepSleep 模式下，可选择暂停或继续运行；只有写入特定序列才能重启 IWDT。

WWDT 是一个 7 位定时器，当有外部干扰或不可预见的逻辑条件造成应用程序背离正常的运行序列时，WWDT 可监测到此类软件故障并产生中断或复位。

## 2.13 通用同步异步收发器 USART

2 路通用同步异步收发器 (Universal Synchronous Asynchronous Receiver/Transmitter)。

USART 基本功能：

- 两种波特率生成方式：整数分频、小数分频
- 内建多功能定时计数器，支持接收超时等功能
- 支持 DMA 连续通讯
- 异步串口特性
  - ▶ 异步传输数据
  - ▶ 两种帧长度：8 比特、9 比特
  - ▶ 帧校验：奇校验、偶校验、无校验
  - ▶ 两种停止位：1 比特、2 比特
  - ▶ 支持硬件流控 (CTS/RTS)
  - ▶ 支持单线半双工通信
  - ▶ 支持波特率自动检测
  - ▶ 支持多个处理器间通信
- 同步串口特性
  - ▶ 同步传输数据
  - ▶ 数据长度固定为 8 位
  - ▶ 支持硬件流控 (CTS/RTS)
  - ▶ 两种通信时钟源：内部时钟源、外部时钟源
- 智能卡接口特性
  - ▶ 通信协议：ISO/IEC7816-3
  - ▶ 8 种 ETU 长度：16~512
  - ▶ 支持硬件出错检测与重传
  - ▶ 支持主机接口
- 红外通信特性
  - ▶ 支持 3/16 无载波模式
  - ▶ 支持 38K 载波调制模式，占空比可调，调制电平可配置
- LIN 特性
  - ▶ 支持同步间隔段发送和检测
  - ▶ 支持同步段发送和波特率自动检测

## 2.14 低功耗同步异步收发器 LPUART

3 路低功耗模式下可以工作的同步异步收发器（Low Power Universal Asynchronous Receiver/Transmitter）。

LPUART 基本功能：

- 配置时钟 PCLK
- 传输时钟 SCLK（SCLK 可选择 XTL、RCL 以及 PCLK）
- 支持同步半双工、异步全双工、单线半双工传输
- 可编程串行通信功能
  - ▶ 两种字符长度：8 比特、9 比特
  - ▶ 三种校验方式：无检验、奇校验、偶校验
  - ▶ 三种停止长度：1 比特、1.5 比特、2 比特
- 支持低功耗模式下收发数据
- 16-bit 波特率计数器
- 支持硬件流控（RTS、CTS）
- 支持多机通讯、自动地址识别
- 支持通过 DMA 数据传输

## 2.15 串行外设接口 SPI

2 路同步串行接口（Serial Peripheral Interface）

SPI 基本特性：

- 可配置为主机或者从机，支持多机模式
- 主机模式最大分频系数为 PCLK/2
- 从机模式最大分频系数为 PCLK/4
- 多种通信模式：全双工、单线半双工、单工
- 两种传输顺序：先收发 MSB 或先收发 LSB
- 多种数据帧长度：4bits~16bits
- 两种 NSS 方式：硬件控制、软件控制
- 可配置的串行时钟极性和相位
- 支持 DMA
- 支持主机模式延后采样

## 2.16 I2C 总线

2 路 I2C，采用串行同步时钟，可实现设备之间以不同的速率传输数据。

I2C 基本特性：

- 支持主机发送/接收，从机发送/接收四种工作模式
- 支持标准（100kbps）/快速（400kbps）/快速增强（1Mbps）三种工作速率
- 支持 7 位寻址功能
- 支持噪声过滤功能
- 支持三个从机地址
- 支持广播地址
- 支持中断状态查询功能

## 2.17 高速集成电路总线 HSI2C

1 路增强型 I2C，支持 Master 与 Slave 模式独立工作。

HSI2C 支持：

- 支持标准、快速、快速增强、高速模式。
- 从机模式下的高速模式（Hs-mode）。
- 支持多主机，包括同步和仲裁。多主机意味着可以存在任意数量的主机。此外，主机模式和从机模式可以在传输间隙切换（在发送 STOP 后）。
- 支持 7 位和 10 位寻址。
- 支持软件复位、START 字节和设备 ID（也需要软件支持）。
- 支持 DMA 发送、接收。

HSI2C 主机支持：

- 一个字的命令/发送缓冲区（8 位发送数据+3 位命令），一个字的接收缓冲区（8 位接收数据）。
- 命令缓冲区将在启动传输之前等待空闲的 I2C 总线。
- 命令缓冲区可以初始化（重复）START 和 STOP 条件以及一个或多个主机接收传输。
- STOP 条件可以从命令缓冲区生成，也可以在发送缓冲区为空时自动生成。
- 灵活的接收数据匹配功能，可以在数据匹配时产生中断或丢弃不需要的数据。
- 标志和可选中断，用于表示重复 START 条件、STOP 条件、仲裁失败、NACK 和命令字错误。
- 支持可配置的总线空闲超时和引脚拉低超时。

HSI2C 从机支持：

- 独立的 I2C 从机寄存器，以最大限度地减少主/从机之间切换带来的软件额外开销。
- 支持 SMBus 报警地址和广播地址。
- 支持时钟延展。
- 支持发送数据寄存器中断，支持接收数据寄存器中断。
- 软件可控的 ACK 或 NACK，可配置的 ACK/NACK 位时钟延展。以避免发送缓冲区欠载和接收缓冲区溢出错误。
- 支持数据包末尾、STOP 条件或误码检测的标志和中断。
- 支持超低功耗唤醒模式。

## 2.18 蜂鸣器 Buzzer

4 个通用定时器与 2 个低功耗定时器功能复用输出为 Buzzer 提供可编程驱动频率。该蜂鸣器端口可提供 16mA 的 sink 电流，互补输出，不需要额外的三极管。

## 2.19 时钟校准 CTRIM

该模块工作于校准模式时可自动实时校准 RCH/RCL 的输出频率，使 RCH/RCL 输出频率的精度不再受环境变化影响。该模块工作于定时器模式时，具备通用定时功能且在 DeepSleep 下仍可正常工作。

## 2.20 器件电子签名

每颗芯片出厂前具备唯一的 10 字节设备标识号，包括 wafer lot 信息，以及芯片坐标信息等。

## 2.21 循环冗余校验 CRC

CRC16 符合 ISO/IEC13239 中给出的多项式： $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ 。

CRC32 符合 ISO/IEC13239 中给出的多项式： $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$ 。

支持 CRC16/CCITT，CRC16/CCITT-FALSE，CRC16/XMODE，CRC16/X25，CRC32，CRC32/MPEG-2 算法。

## 2.22 高级加密标准模块 AES

AES (The Advanced Encryption Standard) 是美国国家标准技术研究所 (NIST) 在 2001 年 11 月 26 日正式宣布的新的数据加密标准。AES 的分组长度固定为 128 位，而密钥长度支持 128/192/256 位。

## 2.23 真随机数发生器 TRNG

TRNG 是一个真随机数发生器，用来产生真随机数。

## 2.24 模数转换器 ADC

单调不失码的 12-bit 逐次逼近型模数转换器。

- 12 位转换精度
- 最大 2Msps 转换速度
- 最多 19 路输入通道，包括 16 路外部管脚输入、1 路内部温度传感器电压、1 路 1/3 AVCC 电压、1 路内置 1.2V 基准电压 VREF1P2
- 4 种参考源：AVCC 电压、EXVREF 引脚、内置 1.5V 参考电压、内置 2.5V 参考电压
- ADC 的电压输入范围：0~Vref
- 内置信号跟随器，可转换高阻信号
- 多种转换模式：单次转换、SQR 扫描转换、JQR 扫描转换
- 软件可配置 ADC 的转换速率
- 支持片内外设自动触发 ADC 转换，有效降低芯片功耗并提高转换的实时性
- ADC 转换结果连续累加
- 输入通道电压阈值监测

## 2.25 模拟电压比较器 VC

内建 2 路 VC，芯片管脚电压监测/比较电路。8 个可配置的正外部输入通道，5 个可配置的负外部输入通道；3 个内部负输入通道，包括 1 路内部温度传感器电压、1 路 VCORE 电压和 1 路 64 阶电阻分压。VC 输出可供通用定时器 TIM0/1/2/3、低功耗定时器 LPTIM 使用。可根据上升/下降边沿产生异步中断，从低功耗模式下唤醒 MCU。可配置的软件防抖功能。可配置空白窗口功能。

## 2.26 低电压检测器 LVD

对芯片电源电压或芯片管脚电压进行检测，支持以下功能：

- 4 路监测源
- 16 阶阈值电压，1.8~4.8V 可选
- 8 种触发条件，高电平、上升沿、下降沿组合
- 2 种触发结果：复位、中断
- 12 阶滤波配置，防止误触发
- 具备迟滞功能，强力抗干扰

## 2.27 液晶控制器 LCD

LCD 控制器是一款适用于单色无源液晶显示器 (LCD) 的数字控制器/驱动器，最多具有 8 个公用端子 (COM)，用以驱动 160 (4x40)、228 (6x38) 或 288 (8x36) 个 LCD 图像元素。可以选择电容分压或电阻分压，支持内部电阻分压。内部电阻分压可以调节对比度。支持 DMA 硬件数据传输。

LCD 基本特性：

- 高度灵活的帧速率控制
- 支持静态、1/2、1/3、1/4、1/6 和 1/8 占空比

- 支持 1/2、1/3、1/4 偏置
- 多达 16 个寄存器的 LCD 数据 RAM
- 可通过软件配置 LCD 的对比度
- 3 种驱动波形生成方式
  - ▶ 内部电阻分压、外部电阻分压，外部电容分压方式
  - ▶ 可通过软件配置内部电阻分压方式的功耗，从而匹配 LCD 面板所需的电容电荷
- 支持低功耗模式：LCD 控制器可在 Active、Sleep、DeepSleep 模式下进行显示
- 可配置帧中断
- 支持 LCD 闪烁功能且可配置多种闪烁频率
- 未使用的 LCD 区段和公共引脚可配置为数字或模拟功能
- 支持死区插入

## 2.28 嵌入式调试系统

嵌入式调试解决方案，提供全功能的实时调试器，配合标准成熟的 Keil/IAR 等调试开发软件。

## 2.29 编程模式

支持的编程模式：在线编程、离线编程。

支持的编程协议：ISP 协议、SWD 协议。

支持的编程接口：ISP 协议与 SWD 协议共用 SWD 端口。

- 当该型号封装具有 BOOT 引脚时：
  - ▶ 当上电或 LVD/RESET 引脚复位时 BOOT0 (PD03) 管脚为高电平，芯片工作于 ISP 编程模式，可通过 ISP 协议对 Flash 进行编程。
  - ▶ 当上电或 LVD/RESET 引脚复位时 BOOT0 (PD03) 管脚为低电平，芯片会等待数百微秒时间窗口接收是否有 ISP 编程指令，如果接收到编程指令，则工作于 ISP 编程模式，否则进入用户模式，芯片执行 Flash 内的程序代码，可通过 SWD 协议对 Flash 进行编程。
- 当该型号封装无 BOOT 引脚时：
  - ▶ 当上电或 LVD/RESET 引脚复位后，芯片在数百微秒时间窗口内收到 ISP 编程指令，芯片将工作于 ISP 编程模式，可通过 ISP 协议对 Flash 进行编程。
  - ▶ 当上电或 LVD/RESET 引脚复位后，芯片在数百微秒时间窗口内没有收到 ISP 编程指令，芯片将工作于用户模式，芯片执行 Flash 内的程序代码，可通过 SWD 协议对 Flash 进行编程。

## 2.30 高安全性

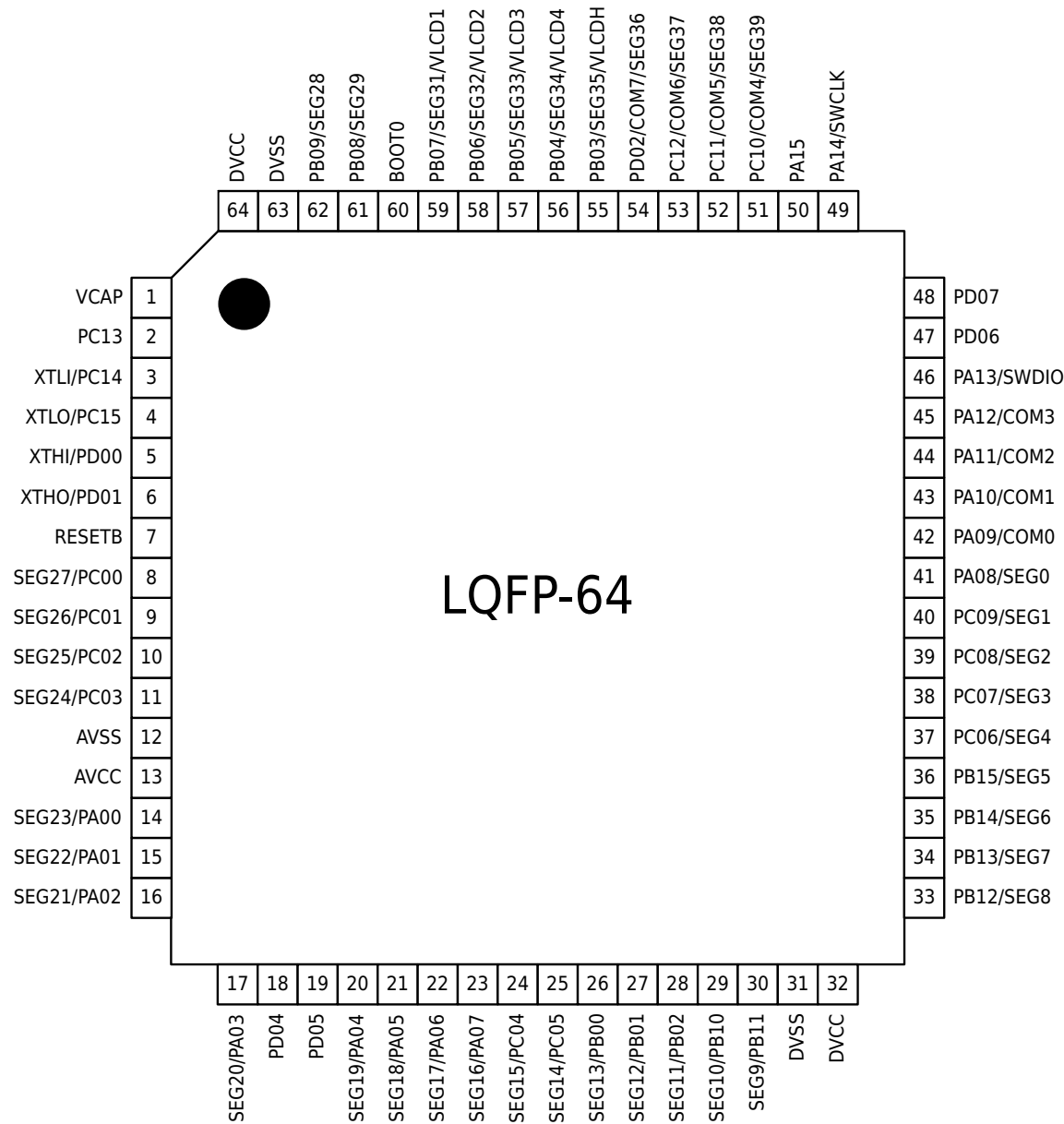
加密型嵌入式调试解决方案，提供全功能的实时调试器。

3 引脚配置及功能

3.1 引脚配置图

3.1.1 LQFP64 封装

HC32L126KATB-LQFP64、HC32L126KATB-LQ64

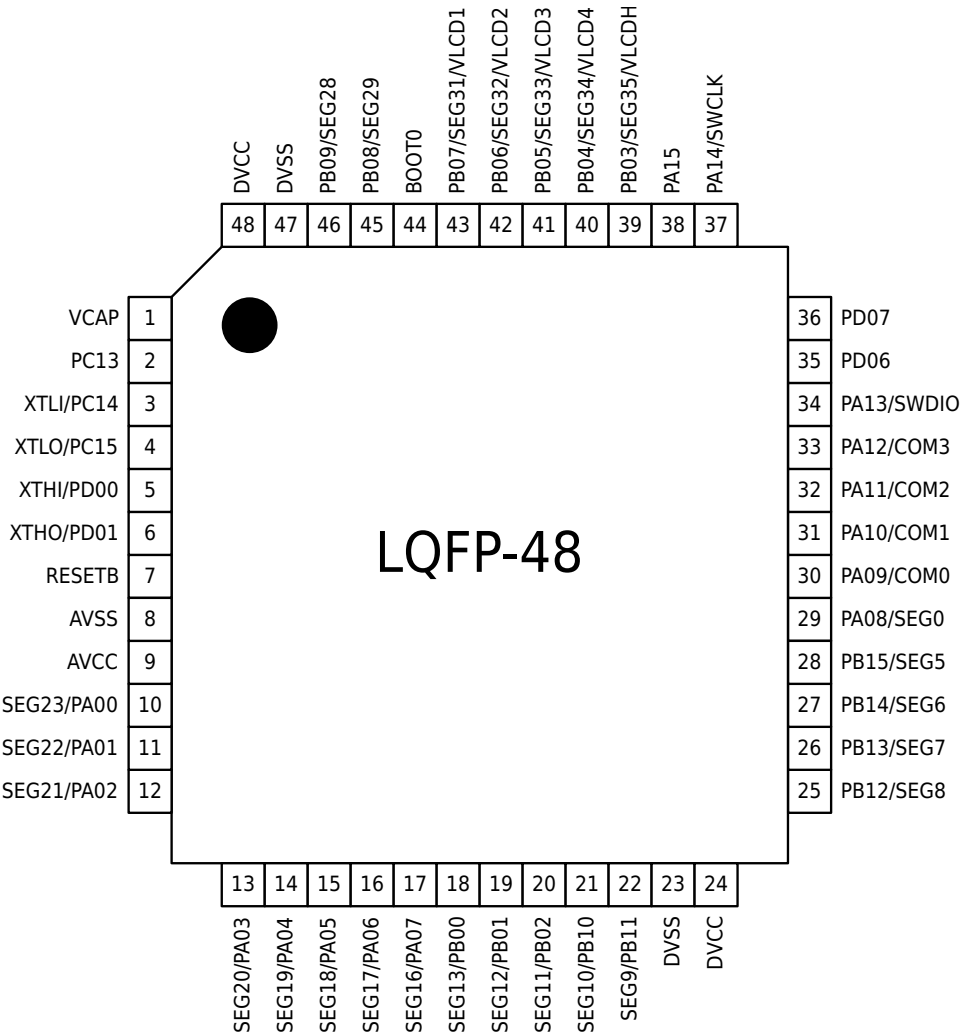


说明

- 该封装未引出的 IO 详见[引脚功能说明](#)。
- BOOT0 引脚用于控制 FLASH 编程，详见[模块信号说明](#)。

3.1.2 LQFP48 封装

HC32L126JATB-LQ48

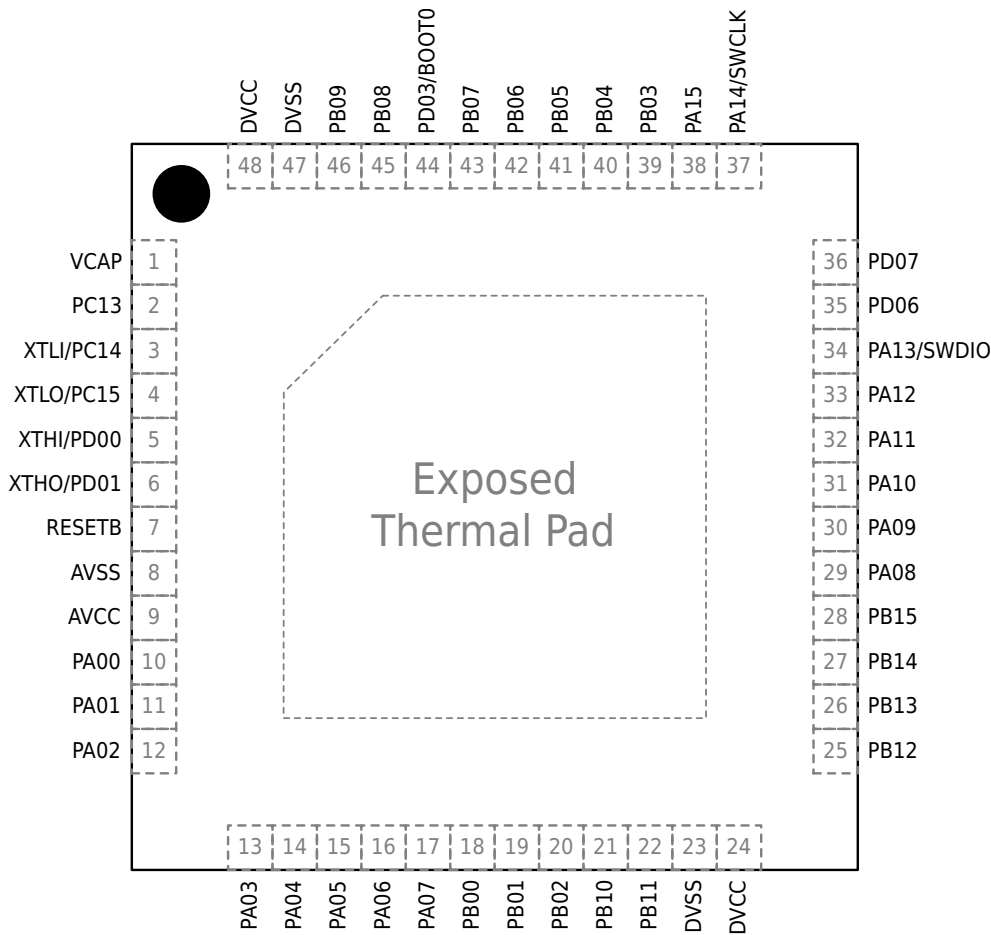


说明

- 该封装未引出的 IO 详见[引脚功能说明](#)。
- BOOT0 引脚用于控制 FLASH 编程，详见[模块信号说明](#)。

3.1.3 QFN48 封装

HC32L121JAUB-ZFN48TR

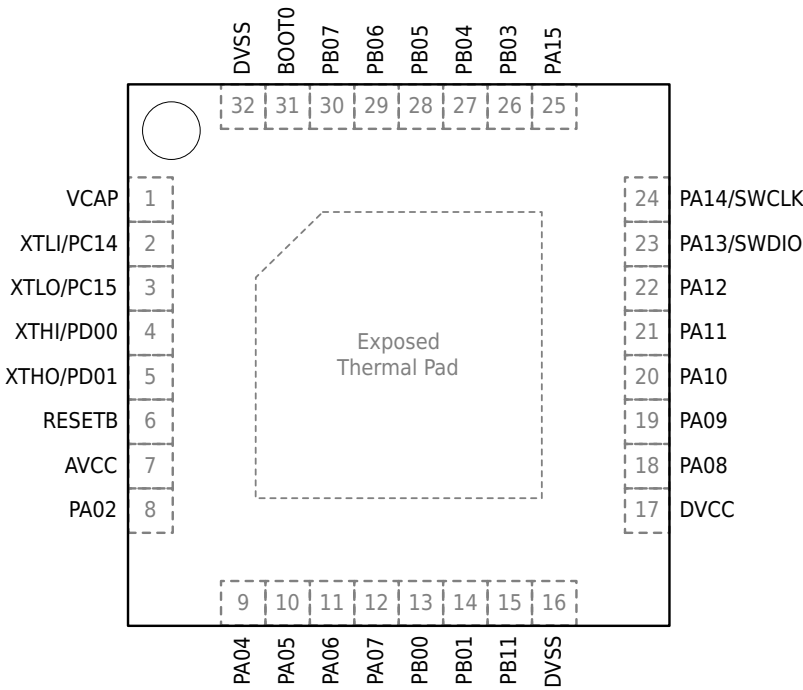


说明

- Exposed Thermal Pad 需要连接到 DVSS。
- 该封装未引出的 IO 详见[引脚功能说明](#)。
- BOOT0 引脚用于控制 FLASH 编程，详见[模块信号说明](#)。

3.1.4 QFN32 封装

HC32L121FAUB-QFN32TR

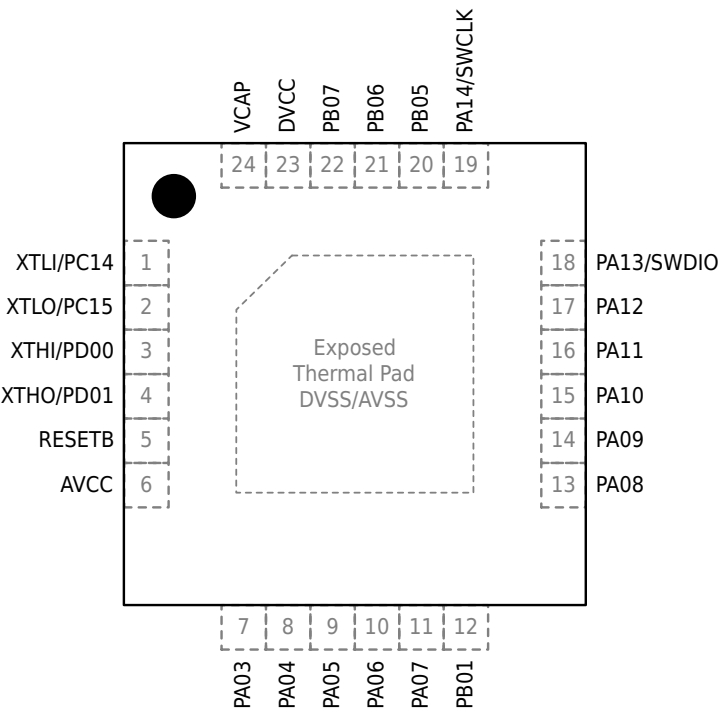


说明

- Exposed Thermal Pad 需要连接到 DVSS。
- 该封装未引出的 IO 详见[引脚功能说明](#)。
- BOOT0 引脚用于控制 FLASH 编程，详见[模块信号说明](#)。

3.1.5 QFN24 封装

HC32L121DAUB-UFN24TR



说明

- Exposed Thermal Pad 必须要连接到 DVSS/AVSS。
- 该封装未引出的 IO 详见[引脚功能说明](#)。
- 该封装无 BOOT 引脚，说明详见[编程模式](#)。

## 3.2 引脚功能说明

| LQFP64 | LQFP48 | QFN48 | QFN32 | QFN24 | Name   | Analog                                |
|--------|--------|-------|-------|-------|--------|---------------------------------------|
| 1      | 1      | 1     | 1     | 24    | VCAP   | -                                     |
| 2      | 2      | 2     |       |       | PC13   | LVD_IN1                               |
| 3      | 3      | 3     | 2     | 1     | PC14   | XTLI                                  |
| 4      | 4      | 4     | 3     | 2     | PC15   | XTLO                                  |
| 5      | 5      | 5     | 4     | 3     | PD00   | XTHI                                  |
| 6      | 6      | 6     | 5     | 4     | PD01   | XTHO                                  |
| 7      | 7      | 7     | 6     | 5     | RESETB | -                                     |
| 8      |        |       |       |       | PC00   | AIN10<br>SEG27                        |
| 9      |        |       |       |       | PC01   | AIN11<br>SEG26                        |
| 10     |        |       |       |       | PC02   | AIN12<br>SEG25                        |
| 11     |        |       |       |       | PC03   | AIN13<br>SEG24                        |
| 12     | 8      | 8     |       |       | AVSS   | -                                     |
| 13     | 9      | 9     | 7     | 6     | AVCC   | -                                     |
| 14     | 10     | 10    |       |       | PA00   | AIN0<br>VC0_INN0<br>SEG23             |
| 15     | 11     | 11    |       |       | PA01   | AIN1<br>VC0_INP0<br>VC1_INP0<br>SEG22 |
| 16     | 12     | 12    | 8     |       | PA02   | AIN2<br>VC1_INN0<br>SEG21             |
| 17     | 13     | 13    |       | 7     | PA03   | AIN3<br>VC0_INP1<br>VC1_INP1<br>SEG20 |
| 18     |        |       |       |       | PD04   | -                                     |
| 19     |        |       |       |       | PD05   | -                                     |
| 20     | 14     | 14    | 9     | 8     | PA04   | AIN4<br>VC0_INN1<br>VC1_INN1<br>SEG19 |
| 21     | 15     | 15    | 10    | 9     | PA05   | AIN5<br>VC0_INN2<br>VC2_INN2<br>SEG18 |
| 22     | 16     | 16    | 11    | 10    | PA06   | AIN6<br>VC0_INP2<br>VC1_INP2<br>SEG17 |
| 23     | 17     | 17    | 12    | 11    | PA07   | AIN7<br>VC0_INP3<br>VC1_INP3<br>SEG16 |

| LQFP64 | LQFP48 | QFN48 | QFN32 | QFN24 | Name       | Analog                              |
|--------|--------|-------|-------|-------|------------|-------------------------------------|
| 24     |        |       |       |       | PC04       | AIN14<br>SEG15                      |
| 25     |        |       |       |       | PC05       | AIN15<br>SEG14                      |
| 26     | 18     | 18    | 13    |       | PB00       | AIN8<br>SEG13                       |
| 27     | 19     | 19    | 14    | 12    | PB01       | AIN9/EXVREF<br>VC0_INN3<br>SEG12    |
| 28     | 20     | 20    |       |       | PB02       | SEG11                               |
| 29     | 21     | 21    |       |       | PB10       | SEG10                               |
| 30     | 22     | 22    | 15    |       | PB11       | SEG9                                |
| 31     | 23     | 23    | 16    |       | DVSS       | -                                   |
| 32     | 24     | 24    | 17    |       | DVCC       | -                                   |
| 33     | 25     | 25    |       |       | PB12       | SEG8                                |
| 34     | 26     | 26    |       |       | PB13       | SEG7                                |
| 35     | 27     | 27    |       |       | PB14       | SEG6                                |
| 36     | 28     | 28    |       |       | PB15       | SEG5                                |
| 37     |        |       |       |       | PC06       | SEG4                                |
| 38     |        |       |       |       | PC07       | SEG3                                |
| 39     |        |       |       |       | PC08       | SEG2                                |
| 40     |        |       |       |       | PC09       | SEG1                                |
| 41     | 29     | 29    | 18    | 13    | PA08       | SEG0                                |
| 42     | 30     | 30    | 19    | 14    | PA09       | COM0                                |
| 43     | 31     | 31    | 20    | 15    | PA10       | COM1                                |
| 44     | 32     | 32    | 21    | 16    | PA11       | COM2                                |
| 45     | 33     | 33    | 22    | 17    | PA12       | COM3                                |
| 46     | 34     | 34    | 23    | 18    | PA13/SWDIO | -                                   |
| 47     | 35     | 35    |       |       | PD06       | -                                   |
| 48     | 36     | 36    |       |       | PD07       | -                                   |
| 49     | 37     | 37    | 24    | 19    | PA14/SWCLK | -                                   |
| 50     | 38     | 38    | 25    |       | PA15       | -                                   |
| 51     |        |       |       |       | PC10       | COM4/SEG39                          |
| 52     |        |       |       |       | PC11       | COM5/SEG38                          |
| 53     |        |       |       |       | PC12       | COM6/SEG37                          |
| 54     |        |       |       |       | PD02       | COM7/SEG36                          |
| 55     | 39     | 39    | 26    |       | PB03       | VC1_INN3<br>SEG35/VLCDH             |
| 56     | 40     | 40    | 27    |       | PB04       | VC0_INP4<br>VC1_INP4<br>SEG34/VLCD4 |
| 57     | 41     | 41    | 28    | 20    | PB05       | VC0_INP5<br>VC1_INP5<br>SEG33/VLCD3 |
| 58     | 42     | 42    | 29    | 21    | PB06       | VC0_INP6<br>VC1_INP6<br>SEG32/VLCD2 |

| LQFP64 | LQFP48 | QFN48 | QFN32 | QFN24 | Name       | Analog                                         |
|--------|--------|-------|-------|-------|------------|------------------------------------------------|
| 59     | 43     | 43    | 30    | 22    | PB07       | VC0_INP7<br>VC1_INP7<br>LVD_IN3<br>SEG31/VLCD1 |
| 60     | 44     | 44    | 31    |       | BOOT0/PD03 | SEG30                                          |
| 61     | 45     | 45    |       |       | PB08       | LVD_IN2<br>SEG29                               |
| 62     | 46     | 46    |       |       | PB09       | SEG28                                          |
| 63     | 47     | 47    | 32    |       | DVSS       | -                                              |
| 64     | 48     | 48    |       | 23    | DVCC       | -                                              |

每个引脚的数字功能由 PSEL 位域进行控制，详见下表。

表 3-2 端口复用表

| AF0  | AF1        | AF2         | AF3         | AF4         | AF5         | AF6         | AF7         |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PA00 | USART1_CTS | LPUART1_TXD | TIM0_ETR    | VC0_OUT     | TIM1_CHA    | TIM3_ETR    | TIM0_CHA    |
| PA01 | USART1_RTS | LPUART1_RXD | TIM0_CHB    | TIM1_ETR    | TIM1_CHB    | HCLK_OUT    | SPI1_MOSI   |
| PA02 | USART1_TXD | TIM0_CHA    | VC1_OUT     | TIM1_CHA    | TIM2_CHA    | PCLK_OUT    | SPI1_MISO   |
| PA03 | USART1_RXD | TIM0_GATE   | TIM1_CHB    | TIM2_CHB    | SPI1_CS     | TIM3_CH1A   | -           |
| PA04 | SPI0_CS    | USART1_TXD  | LPUART1_RTS | TIM2_ETR    | -           | LVD_OUT     | TIM3_CH2B   |
| PA05 | SPI0_SCK   | TIM0_ETR    | LPUART1_CTS | TIM0_CHA    | USART1_RTS  | XTL_OUT     | XTH_OUT     |
| PA06 | SPI0_MISO  | LPTIM0_TOG  | TIM3_BK     | TIM1_CHA    | VC0_OUT     | TIM3_GATE   | LPUART0_CTS |
| PA07 | SPI0_MOSI  | LPTIM0_TOGN | HCLK_OUT    | TIM3_CH0B   | TIM2_CHA    | VC1_OUT     | LPUART0_RXD |
| PA08 | USART0_TXD | TIM3_CH0A   | CTRM_ETRTOG | LPTIM1_ETR  | TIM1_GATE   | -           | TIM3_BK     |
| PA09 | USART0_TXD | TIM3_CH1A   | TIM0_BK     | I2C0_SCL    | LPUART0_TXD | HCLK_OUT    | TIM3_CH0A   |
| PA10 | USART0_RXD | TIM3_CH2A   | TIM2_BK     | I2C0_SDA    | TIM2_GATE   | PCLK_OUT    | TIM0_CHB    |
| PA11 | USART0_CTS | TIM3_GATE   | I2C1_SCL    | HSI2C_SCL   | VC0_OUT     | SPI0_MISO   | CTRM_ETRTOG |
| PA12 | USART0_RTS | TIM3_ETR    | I2C1_SDA    | HSI2C_SDA   | VC1_OUT     | SPI0_MOSI   | -           |
| PA13 | IR_OUT     | USART0_RXD  | LVD_OUT     | TIM3_ETR    | RTC_1HZ     | I2C1_SDA    | USART1_SCK  |
| PA14 | USART1_TXD | USART0_TXD  | TIM3_CH2A   | LVD_OUT     | RCH_OUT     | RCL_OUT     | I2C1_SCL    |
| PA15 | SPI0_CS    | USART1_RXD  | LPUART1_RTS | TIM0_ETR    | TIM0_CHA    | TIM3_CH1A   | USART0_SCK  |
| PB00 | -          | TIM3_CH1B   | LPUART0_TXD | LPTIM1_TOG  | RCH_OUT     | RCL_OUT     | -           |
| PB01 | -          | PCLK_OUT    | TIM3_CH2B   | -           | LPUART0_RTS | LPTIM1_ETR  | TCLK_OUT    |
| PB02 | LPTIM0_TOG | -           | LPUART1_TXD | -           | TIM1_BK     | TIM0_BK     | TIM2_BK     |
| PB03 | SPI0_SCK   | TIM0_CHB    | TIM1_GATE   | TIM3_CH0A   | LPTIM0_GATE | XTL_OUT     | XTH_OUT     |
| PB04 | SPI0_MISO  | -           | TIM2_BK     | USART0_CTS  | TIM2_GATE   | TIM3_CH0B   | LPTIM0_ETR  |
| PB05 | SPI0_MOSI  | HSI2C_SCL   | TIM1_BK     | -           | LPTIM0_GATE | -           | USART0_RTS  |
| PB06 | I2C0_SCL   | USART0_TXD  | TIM1_CHB    | TIM0_CHA    | LPTIM0_ETR  | TIM3_CH0A   | LPTIM0_TOG  |
| PB07 | I2C0_SDA   | USART0_RXD  | TIM2_CHB    | LPUART1_CTS | TIM0_CHB    | LPTIM0_TOGN | -           |
| PB08 | I2C0_SCL   | TIM1_CHA    | USART1_SCK  | TIM2_CHA    | TIM0_GATE   | TIM3_CH2A   | USART0_TXD  |
| PB09 | I2C0_SDA   | IR_OUT      | SPI1_CS     | TIM2_CHA    | HSI2C_SDA   | TIM2_CHB    | USART0_RXD  |
| PB10 | I2C1_SCL   | SPI1_SCK    | TIM1_CHA    | LPUART0_TXD | TIM3_CH1A   | LPUART1_RTS | USART1_RTS  |
| PB11 | I2C1_SDA   | TIM1_CHB    | LPUART0_RXD | TIM2_GATE   | -           | LPUART1_CTS | USART1_CTS  |
| PB12 | SPI1_CS    | TIM3_BK     | LPUART0_TXD | TIM0_BK     | USART0_SCK  | LPUART0_RTS | -           |

| AF0  | AF1         | AF2         | AF3         | AF4         | AF5      | AF6         | AF7         |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|
| PB13 | SPI1_SCK    | I2C1_SCL    | TIM3_CH0B   | LPUART0_CTS | TIM1_CHA | TIM1_GATE   | -           |
| PB14 | SPI1_MISO   | I2C1_SDA    | TIM3_CH1B   | TIM0_CHA    | RTC_1HZ  | LPUART0_RTS | TIM1_BK     |
| PB15 | SPI1_MOSI   | TIM3_CH2B   | TIM0_CHB    | TIM0_GATE   | -        | -           | LPUART1_RXD |
| PC00 | LPTIM0_GATE | -           | USART1_CTS  | HSI2C_SCL   | -        | -           | -           |
| PC01 | LPTIM0_TOG  | -           | USART1_RTS  | HSI2C_SDA   | -        | -           | -           |
| PC02 | SPI1_MISO   | LPTIM0_TOGN | -           | -           | -        | -           | -           |
| PC03 | SPI1_MOSI   | LPTIM0_ETR  | LPTIM0_TOGN | -           | -        | -           | -           |
| PC04 | LPUART0_TXD | TIM2_ETR    | IR_OUT      | -           | -        | -           | -           |
| PC05 | LPUART0_RXD | -           | -           | -           | -        | -           | -           |
| PC06 | -           | -           | TIM2_CHA    | LPTIM1_GATE | -        | LPUART2_RXD | -           |
| PC07 | -           | -           | TIM2_CHB    | LPTIM1_ETR  | -        | LPUART2_TXD | -           |
| PC08 | -           | -           | TIM2_ETR    | LPTIM1_TOG  | -        | LPUART2_CTS | -           |
| PC09 | -           | -           | TIM1_ETR    | LPTIM1_TOGN | -        | LPUART2_RTS | -           |
| PC10 | LPUART1_TXD | LPUART0_TXD | -           | -           | -        | -           | -           |
| PC11 | LPUART1_RXD | LPUART0_RXD | -           | -           | -        | -           | -           |
| PC12 | LPUART0_TXD | LPUART1_TXD | -           | -           | -        | -           | -           |
| PC13 | RTC_TAMP    | RTC_1HZ     | TIM3_CH1B   | -           | -        | -           | -           |
| PC14 | -           | USART0_SCK  | -           | LPTIM1_TOGN | -        | -           | -           |
| PC15 | -           | USART1_SCK  | -           | LPTIM1_GATE | -        | -           | -           |
| PD00 | I2C0_SDA    | CTRM_ETRTOG | USART1_TXD  | -           | -        | LPUART2_RXD | -           |
| PD01 | I2C0_SCL    | -           | USART1_RXD  | -           | -        | LPUART2_TXD | -           |
| PD02 | -           | LPUART0_RTS | TIM1_ETR    | HSI2C_SCL   | -        | -           | -           |
| PD03 | -           | -           | -           | -           | -        | -           | -           |
| PD04 | -           | -           | LPTIM1_TOGN | -           | -        | -           | -           |
| PD05 | USART0_SCK  | -           | LPTIM1_TOG  | HSI2C_SDA   | -        | -           | -           |
| PD06 | I2C1_SCL    | LPUART1_CTS | USART0_CTS  | LPTIM1_GATE | -        | LPUART2_CTS | -           |
| PD07 | I2C1_SDA    | LPUART1_RTS | USART0_RTS  | LPTIM1_TOGN | -        | LPUART2_RTS | -           |

### 3.3 模块信号说明

表 3-3 模块信号说明

| 模块     | 引脚名称                  | 描述                                                                                                                                                                                             |
|--------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电源     | DVCC                  | 数字电源                                                                                                                                                                                           |
|        | AVCC                  | 模拟电源                                                                                                                                                                                           |
|        | DVSS                  | 数字地                                                                                                                                                                                            |
|        | AVSS                  | 模拟地                                                                                                                                                                                            |
|        | VCAP                  | LDO 内核供电输出（仅限内部电路使用，需外接稳压电容）                                                                                                                                                                   |
| ISP    | BOOT0                 | 当复位时 BOOT0（PD03）管脚为高电平，芯片工作于 ISP 编程模式，可通过 ISP 协议对 Flash 进行编程。<br>当复位时 BOOT0（PD03）管脚为低电平，芯片会等待数百微秒时间窗口接收是否有 ISP 编程指令，如果接收到编程指令，则工作于 ISP 编程模式，否则进入用户模式，芯片执行 Flash 内的程序代码，可通过 SWD 协议对 Flash 进行编程。 |
| ADC    | AINx(x=0~15)          | ADC 输入通道                                                                                                                                                                                       |
|        | EXVREF                | ADC 外部参考电压                                                                                                                                                                                     |
| VC     | VCx_INNy(x=0~1 y=0~7) | VC0/1 负端输入                                                                                                                                                                                     |
|        | VCx_INPy(x=0~1 y=0~7) | VC0/1 正端输入                                                                                                                                                                                     |
|        | VCx_OUT(x=0~1)        | VC0/1 比较输出                                                                                                                                                                                     |
| LVD    | LVD_INx(x=1~3)        | 电压侦测输入                                                                                                                                                                                         |
|        | LVD_OUT               | 电压侦测输出                                                                                                                                                                                         |
| LCD    | COMx(x=0~7)           | LCD 公共端输出                                                                                                                                                                                      |
|        | SEgy(y=0~39)          | LCD 区段端输出                                                                                                                                                                                      |
|        | VLCDx(x=1~4,H)        | 外部电阻模式，外部电容模式使用管脚                                                                                                                                                                              |
| USART  | USARTx_TXD(x=0~1)     | USART 数据发送端                                                                                                                                                                                    |
|        | USARTx_RXD(x=0~1)     | USART 数据接收端                                                                                                                                                                                    |
|        | USARTx_CTS(x=0~1)     | USART 发送硬件流控                                                                                                                                                                                   |
|        | USARTx_RTS(x=0~1)     | USART 接收硬件流控                                                                                                                                                                                   |
|        | USARTx_SCK(x=0~1)     | USART 时钟输入输出                                                                                                                                                                                   |
| LPUART | LPUARTx_TXD(x=0~2)    | LPUART 数据发送端                                                                                                                                                                                   |
|        | LPUARTx_RXD(x=0~2)    | LPUART 数据接收端                                                                                                                                                                                   |
|        | LPUARTx_CTS(x=0~2)    | LPUART 发送硬件流控                                                                                                                                                                                  |

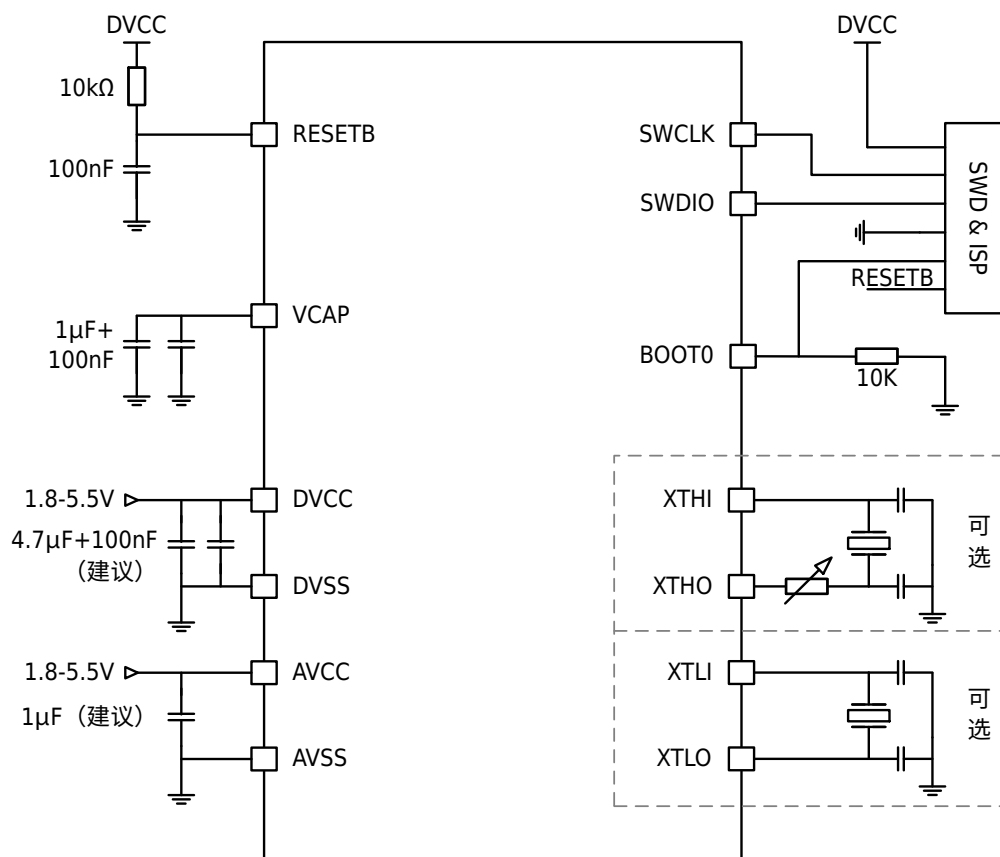
| 模块              | 引脚名称               | 描述                     |
|-----------------|--------------------|------------------------|
|                 | LPUARTx_RTS(x=0~2) | LPUART 接收硬件流控          |
| CTRIM           | CTRIM_ETRTOG       | CTRIM 外部同步信号/翻转输出信号    |
| SPI             | SPIx_MISO(x=0~1)   | SPI 模块主机输入从机输出数据信号     |
|                 | SPIx_MOSI(x=0~1)   | SPI 模块主机输出从机输入数据信号     |
|                 | SPIx_SCK(x=0~1)    | SPI 模块时钟信号             |
|                 | SPIx_CS(x=0~1)     | SPI 片选                 |
| I2C             | I2Cx_SDA(x=0~1)    | I2C 模块数据信号             |
|                 | I2Cx_SCL(x=0~1)    | I2C 模块时钟信号             |
| HSI2C           | HSI2C_SDA          | HSI2C 模块数据信号           |
|                 | HSI2C_SCL          | HSI2C 模块时钟信号           |
| RTC             | RTC_1HZ            | RTC 1Hz 输出             |
|                 | RTC_TAMP           | RTC 时间戳输入              |
| 通用定时器<br>TIM0~2 | TIMx_CHA(x=0~2)    | Timer 的捕获输入比较输出 A      |
|                 | TIMx_CHB(x=0~2)    | Timer 的捕获输入比较输出 B      |
|                 | TIMx_ETR(x=0~2)    | Timer 的外部计数输入信号        |
|                 | TIMx_GATE(x=0~2)   | Timer 的门控信号            |
|                 | TIMx_BK(x=0~2)     | Timer 的端口刹车输入信号        |
| 通用定时器<br>TIM3   | TIM3_CHyA(y=0~2)   | Timer 的捕获输入比较输出 A      |
|                 | TIM3_CHyB(y=0~2)   | Timer 的捕获输入比较输出 B      |
|                 | TIM3_ETR           | Timer 的外部计数输入信号        |
|                 | TIM3_GATE          | Timer 的门控信号            |
|                 | TIM3_BK            | Timer 的端口刹车输入信号        |
| 低功耗定时器<br>LPTIM | LPTIMx_TOG(x=0~1)  | LPTimer 的翻转/PWM 输出信号   |
|                 | LPTIMx_TOGN(x=0~1) | LPTimer 的翻转/PWM 输出反向信号 |
|                 | LPTIMx_ETR(x=0~1)  | LPTimer 的外部计数输入信号      |
|                 | LPTIMx_GATE(x=0~1) | LPTimer 的门控信号          |



## 说明

IO 端口复位为输入高阻状态，休眠模式和深度休眠模式保持之前的端口状态。

## 4 典型应用电路图



### 注意

- AVCC 与 DVCC 电压必须相同。
- 每组电源需要外接去耦电容，为了更好的抗干扰能力，电源/地走线最好先经过去耦电容，再连到芯片。
- 晶体和负载电容应尽可能靠近芯片的振荡器引脚。
- VCAP 的稳压电容应尽可能靠近芯片端，并应尽可能远离晶体负载电容。
- 如果为无 BOOT 脚封装，忽略 BOOT0 的线路示意。

## 5 电气特性

### 5.1 参数条件

若无另行说明，所有电压的都以 VSS 为基准。

#### 5.1.1 最小值和最大值

所有最小值和最大值在最坏的条件下测得。

在每个表格下方的注解中说明为通过设计保证、综合评估得出的数据，不会在生产线上进行测试。

#### 5.1.2 典型数值

除非另有说明，典型数据是基于  $T_A=25^{\circ}\text{C}$  和  $V_{CC}=3.3\text{V}$  给出的。这些数据仅用于设计指导，并未经过测试。

### 5.2 绝对最大额定值

加在器件上的载荷如果超过“绝对最大额定值”列表中给出的值，可能会导致器件永久性地损坏。这里只是给出能承受的最大载荷，并不意味着在此条件下器件的功能性操作无误。器件长期工作在最大值条件下会影响器件的可靠性。

表 5-1 电压电流特性

| 符号                          | 描述                                        | 最小值     | 最大值      | 单位 |
|-----------------------------|-------------------------------------------|---------|----------|----|
| VCC-VSS                     | 外部主供电电压（包含 AVCC 和 DVCC） <sup>(1)</sup>    | -0.3    | 6.0      | V  |
| $V_{IN}$                    | 在其它引脚上的输入电压 <sup>(2)(5)</sup>             | VSS-0.3 | VCC+0.3  | V  |
| $ \Delta V_{CCx} $          | 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       | mV |
| $I_{VCC}$                   | 经过 DVCC/AVCC 电源线的总电流（供应电流） <sup>(1)</sup> | -       | 100      | mA |
| $I_{VSS}$                   | 经过 DVSS/AVSS 地线的总电流（流出电流） <sup>(1)</sup>  | -       | 100      | mA |
| $I_{IO}$                    | 任意 I/O 和控制引脚上的输出灌电流                       | -       | 25       | mA |
|                             | 任意 I/O 和控制引脚上的输出电流                        | -       | -25      | mA |
| $I_{INJ(PIN)}^{(2)(3)}$     | RESETB 引脚的注入电流                            | -       | $\pm 5$  | mA |
|                             | XTH 的 XTHI 引脚和 XTL 的 XTLI 引脚的注入电流         | -       | $\pm 5$  | mA |
|                             | 其他引脚的注入电流 <sup>(4)</sup>                  | -       | $\pm 5$  | mA |
| $\Sigma I_{INJ(PIN)}^{(2)}$ | 所有 I/O 和控制引脚上的总注入电流 <sup>(4)</sup>        | -       | $\pm 25$ | mA |



#### 说明

- 所有的电源（DVCC，AVCC）和地（DVSS，AVSS）引脚必须始终连接到外部允许范围内的供电系统上。
- $I_{INJ(PIN)}$  绝对不可以超过它的极限，即保证  $V_{IN}$  不超过其最大值。如果不能保证  $V_{IN}$  不超过其最大值，也要保证在外部限制  $I_{INJ(PIN)}$  不超过其最大值。当  $V_{IN} > V_{CC}$  时，有一个正向注入电流；当  $V_{IN} < V_{SS}$  时，有一个反向注入电流。
- 反向注入电流会干扰器件的模拟性能。
- 当几个 I/O 口同时有注入电流时， $\Sigma I_{INJ(PIN)}$  的最大值为正向注入电流与反向注入电流的即时绝对值之和。该结果基于在器件 4 个 I/O 端口上  $\Sigma I_{INJ(PIN)}$  最大值的特性。
- 具有 ADC 模拟输入通道的 IO 输入电压要在 VSS~VCC 之间，否则会影响 ADC 转换精度。

表 5-2 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>Jmax</sub> | 最大结温度  | 125      | °C |

5.3 工作条件

5.3.1 通用工作条件

表 5-3 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>PCLK0</sub>  | 内部 APB0 时钟频率 | -                          | 0   | 48  | MHz |
| f <sub>PCLK1</sub>  | 内部 APB1 时钟频率 | -                          | 0   | 48  | MHz |
| DVCC                | 数字部分工作电压     | -                          | 1.8 | 5.5 | V   |
| AVCC <sup>(1)</sup> | 模拟部分工作电压     | 必须与 DVCC <sup>(2)</sup> 相同 | 1.8 | 5.5 | V   |
| T <sub>A</sub>      | 环境温度         | -                          | -40 | 105 | °C  |
| T <sub>J</sub>      | 结温度范围        | -                          | -40 | 125 | °C  |

 **说明**

1. 当使用 ADC 时，参见 ADC 电气参数。

2. 建议使用相同的电源为 DVCC 和 AVCC 供电，在上电和正常操作期间，DVCC 和 AVCC 之间最多允许有 300mV 的差别。

5.3.2 VCAP 外置电容

通过将外部电容器 C<sub>EXT</sub> 连接到 VCAP 引脚来实现主稳压器的稳定性。C<sub>EXT</sub> 的指定值详见下表。

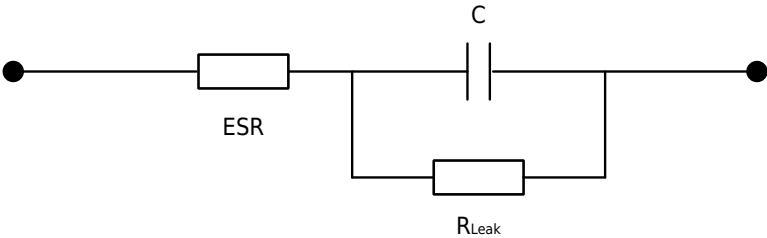


图 5-1 外部电容器 C<sub>EXT</sub>

 **说明**

ESR 为等效串联电阻。

表 5-4 VCAP 工作条件

| 符号                              | 参数       | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------------------|----------|----|-----|-----|-----|----|
| C <sub>EXT</sub> <sup>(1)</sup> | 外置电容容值   | -  | 1   | -   | 4.7 | μF |
| ESR <sup>(2)</sup>              | 外置电容 ESR | -  | -   | -   | 100 | mΩ |

| 符号                  | 参数       | 条件 | 最小值  | 典型值 | 最大值  | 单位 |
|---------------------|----------|----|------|-----|------|----|
| VCAP <sup>(1)</sup> | LDO 供电电压 | -  | 1.42 | 1.5 | 1.58 | V  |

说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

2. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.3 上电和掉电时的工作条件

表 5-5 上电和掉电的工作条件<sup>(1)</sup>

| 符号                 | 参数       | 条件 | 最小值 | 最大值  | 单位   |
|--------------------|----------|----|-----|------|------|
| S <sub>VCC_r</sub> | VCC 上升速率 | -  | 0   | 1    | V/μs |
| S <sub>VCC_f</sub> | VCC 下降速率 | -  | 0   | 0.05 | V/μs |

说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

5.3.4 内嵌复位和 LVD 模块特性

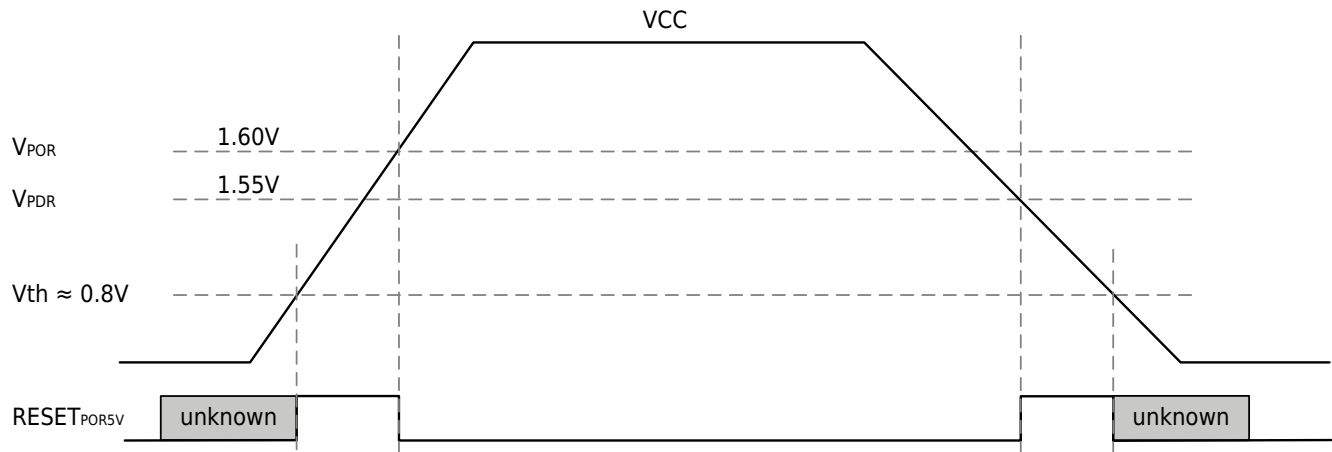


图 5-2 POR/PDR 示意图

表 5-6 POR/PDR

| 符号               | 参数             | 条件 | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位 |
|------------------|----------------|----|------|------|------|----|
| V <sub>POR</sub> | POR 释放电压（上电过程） | -  | 1.50 | 1.60 | 1.70 | V  |
| V <sub>PDR</sub> | PDR 检测电压（掉电过程） | -  | 1.40 | 1.55 | 1.65 | V  |

表 5-7 LVD 模块特性

| 符号                 | 参数       | 条件                                | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位 |
|--------------------|----------|-----------------------------------|------|------|------|----|
| V <sub>ex</sub>    | 外部输入电压范围 | -                                 | 0    | -    | VCC  | V  |
| V <sub>level</sub> | 检测阈值     | LVD_CR.VTDS=0b0000                | 1.70 | 1.80 | 1.90 | V  |
|                    |          | LVD_CR.VTDS=0b0001 <sup>(1)</sup> | 1.90 | 2.00 | 2.10 | V  |

| 符号             | 参数   | 条件                                                                                                                                            | 最小值  | 典型值              | 最大值  | 单位 |
|----------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------|------|----|
| $V_{level}$    | 检测阈值 | LVD_CR.VTDS=0b0010 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 2.10 | 2.20             | 2.30 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b0011 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 2.30 | 2.40             | 2.50 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b0100 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 2.50 | 2.60             | 2.70 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b0101 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 2.70 | 2.80             | 2.90 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b0110 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 2.90 | 3.00             | 3.10 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b0111 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 3.10 | 3.20             | 3.30 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b1000                                                                                                                            | 3.30 | 3.40             | 3.50 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b1001 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 3.45 | 3.60             | 3.75 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b1010 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 3.65 | 3.80             | 3.95 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b1011 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 3.85 | 4.00             | 4.15 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b1100 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 4.05 | 4.20             | 4.35 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b1101 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 4.25 | 4.40             | 4.55 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b1110 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 4.45 | 4.60             | 4.75 | V  |
|                |      | LVD_CR.VTDS=0b1111                                                                                                                            | 4.65 | 4.80             | 4.95 | V  |
| $I_{comp}$     | 功耗   | -                                                                                                                                             | -    | 0.20             | -    | μA |
| $T_{response}$ | 响应时间 | 选择检测 GPIO 管脚电压，<br>VCC=3.3V，<br>LVD_CR.VTDS=0b1000，检测电压<br>由( $V_{level}+100mV$ )变为<br>( $V_{level}-100mV$ )，变化斜率为<br>$2 \times 10^5 V/\mu s$ | -    | 90               | -    | μs |
| $T_{setup}$    | 建立时间 | 选择检测 GPIO 管脚电压，<br>VCC=3.3V，<br>LVD_CR.VTDS=0b1000，检测电压<br>低于 $V_{level} 100mV$                                                               | -    | 400              | 600  | μs |
| $V_{hys}$      | 迟滞电压 | -                                                                                                                                             | -    | 60               | -    | mV |
| $T_{filter}$   | 滤波时间 | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b0000                                                                                                                   | -    | 0                | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b0001                                                                                                                   | -    | $2 * T_{LVD}$    | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b0010                                                                                                                   | -    | $4 * T_{LVD}$    | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b0011                                                                                                                   | -    | $8 * T_{LVD}$    | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b0100                                                                                                                   | -    | $16 * T_{LVD}$   | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b0101                                                                                                                   | -    | $32 * T_{LVD}$   | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b0110                                                                                                                   | -    | $64 * T_{LVD}$   | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b0111                                                                                                                   | -    | $128 * T_{LVD}$  | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b1000                                                                                                                   | -    | $256 * T_{LVD}$  | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b1001                                                                                                                   | -    | $512 * T_{LVD}$  | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b1010                                                                                                                   | -    | $1024 * T_{LVD}$ | -    | μs |
|                |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b1011                                                                                                                   | -    | $2048 * T_{LVD}$ | -    | μs |

| 符号                  | 参数   | 条件                          | 最小值 | 典型值                   | 最大值 | 单位 |
|---------------------|------|-----------------------------|-----|-----------------------|-----|----|
| T <sub>filter</sub> | 滤波时间 | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b1100 | -   | 4096*T <sub>LVD</sub> | -   | μs |
|                     |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b1101 | -   | 4096*T <sub>LVD</sub> | -   | μs |
|                     |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b1110 | -   | 4096*T <sub>LVD</sub> | -   | μs |
|                     |      | LVD_CR.DEBOUNCE_TIME=0b1111 | -   | 4096*T <sub>LVD</sub> | -   | μs |



说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。
2. T<sub>LVD</sub> 表示滤波时钟周期，滤波时钟约 256kHz。

5.3.5 内置的参考电压

表 5-8 内置的参考电压

| 符号                                         | 参数                       | 条件                                                     | 最小值                  | 典型值 | 最大值                  | 单位     |
|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|-----|----------------------|--------|
| V <sub>REF25</sub> <sup>(2)</sup>          | 内部 2.5V 参考电压             | V <sub>CC</sub> =3.3V<br>T <sub>A</sub> =25°C          | 2.480                | 2.5 | 2.520                | V      |
|                                            |                          | V <sub>CC</sub> =2.8~5.5V<br>T <sub>A</sub> =-40~105°C | 2.455 <sup>(1)</sup> | 2.5 | 2.545 <sup>(1)</sup> | V      |
| V <sub>REF15</sub>                         | 内部 1.5V 参考电压             | V <sub>CC</sub> =3.3V<br>T <sub>A</sub> =25°C          | 1.488                | 1.5 | 1.512                | V      |
|                                            |                          | V <sub>CC</sub> =1.8~5.5V<br>T <sub>A</sub> =-40~105°C | 1.473 <sup>(1)</sup> | 1.5 | 1.527 <sup>(1)</sup> | V      |
| T <sub>Coeff</sub> <sup>(3)</sup>          | 内部 1.5/2.5V 参考电压<br>温度系数 | T <sub>A</sub> =-40~105°C                              | -                    | -   | 120                  | ppm/°C |
| T <sub>stable(BGR)</sub> <sup>(3)</sup>    | BGR 电压稳定时间               | -                                                      | -                    | 30  | -                    | μs     |
| T <sub>stable(REFBUF)</sub> <sup>(3)</sup> | 内部参考电压缓冲器稳定时间            | -                                                      | -                    | -   | 1                    | μs     |
| I <sub>REFBUF</sub> <sup>(3)</sup>         | 内部参考电压缓冲器电流消耗            | -                                                      | -                    | 460 | -                    | μA     |



说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。
2. 只能在电源电压超过 2.8V 时才能选择 2.5V 档位，否则可能会引起系统工作不正常。
3. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.6 供电电流特性

电流消耗是多种参数和因素的综合指标，这些参数和因素包括工作电压、环境温度、I/O 引脚的负载、产品的软件配置、工作频率、I/O 脚的翻转速率、程序在存储器中的位置以及执行的代码等。

微控制器处于下列条件：

- 所有的 I/O 引脚都处于输入模式，并连接到一个静态电平上——VCC 或 VSS（无负载）。
- 所有的外设都处于关闭状态，除非特别说明。

- 闪存存储器的访问时间调整到  $f_{HCLK}$  的频率（0~24MHz 时为 0 个等待周期，24~48MHz 时为 1 个等待周期）。
- 当开启外设时： $f_{PCLK0}=f_{HCLK}$ ， $f_{PCLK1}=f_{HCLK}$ 。

表 5-9 工作电流特性<sup>(3)</sup>

| 符号                      | 参数                                               | 条件               |                  | 典型值 <sup>(1)</sup> | 最大值 <sup>(2)</sup> | 单位 |
|-------------------------|--------------------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|----|
|                         |                                                  |                  |                  | 25°C               | 105°C              |    |
| $I_{DD}$ (Run in RAM)   | All peripherals clock ON, Run while(1) in RAM    | RCH clock source | 4M               | 865.6              | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 6M               | 1209.1             | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 32M              | 3604.5             | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 48M              | 5246.3             | -                  | μA |
|                         |                                                  | XTH clock source | 24M              | 3290.1             | -                  | μA |
|                         | All peripherals clock OFF, Run while(1) in RAM   | RCH clock source | 4M               | 638.9              | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 6M               | 868.8              | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 32M              | 1783.9             | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 48M              | 2519.8             | -                  | μA |
|                         |                                                  | XTH clock source | 24M              | 1924.3             | -                  | μA |
| $I_{DD}$ (Run CoreMark) | All peripherals clock OFF, Run CoreMark in Flash | RCH clock source | 4M               | 805.2              | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 6M               | 1085.6             | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 32M              | 2335.9             | -                  | μA |
|                         |                                                  |                  | 48M              | 3336.9             | -                  | μA |
|                         |                                                  | XTH clock source | 24M              | 2529.6             | -                  | μA |
| $I_{DD}$ (Run mode)     | All peripherals clock ON, Run while(1) in Flash  | RCH clock source | 4M               | 863.0              | 1129.4             | μA |
|                         |                                                  |                  | 6M               | 1204.9             | 1584.2             | μA |
|                         |                                                  |                  | 32M              | 3545.4             | 4354.2             | μA |
|                         |                                                  |                  | 48M              | 5157.8             | 6314.5             | μA |
|                         |                                                  | XTH clock source | 24M              | 3230.5             | 4297.3             | μA |
|                         | All peripherals clock OFF, Run while(1) in Flash | RCH clock source | 4M               | 636.4              | 857.9              | μA |
|                         |                                                  |                  | 6M               | 864.7              | 1174.6             | μA |
|                         |                                                  |                  | 32M              | 1725.7             | 2155.4             | μA |
|                         |                                                  |                  | 48M              | 2432.9             | 3017.9             | μA |
|                         |                                                  | XTH clock source | 24M              | 1866.0             | 2655.1             | μA |
| $I_{DD}$ (Sleep mode)   | All peripherals clock ON                         | RCH clock source | 4M               | 473.1              | 612.1              | μA |
|                         |                                                  |                  | 6M               | 633.0              | 806.5              | μA |
|                         |                                                  |                  | 32M              | 2748.8             | 3379.1             | μA |
|                         |                                                  |                  | 48M              | 4024.9             | 4931.8             | μA |
|                         |                                                  | XTH clock source | 24M              | 2455.2             | 3343.7             | μA |
|                         | All peripherals clock OFF                        | RCH clock source | 4M               | 245.6              | 335.9              | μA |
|                         |                                                  |                  | 6M               | 291.8              | 391.8              | μA |
|                         |                                                  |                  | 32M              | 924.0              | 1165.3             | μA |
|                         |                                                  |                  | 48M              | 1291.6             | 1612.7             | μA |
|                         |                                                  | XTH clock source | 24M              | 1087.0             | 1681.9             | μA |
| $I_{DD}$ (LP Run)       | All peripherals clock ON, Run while(1) in Flash  | 32K clock source | RCL32K           | 95.8               | 136.2              | μA |
|                         |                                                  |                  | XTL32K, Driver=2 | 96.3               | 136.2              | μA |
|                         | All peripherals clock OFF, Run while(1) in Flash | 32K clock source | RCL32K           | 93.9               | 133.8              | μA |
|                         |                                                  |                  | XTL32K, Driver=2 | 94.5               | 134.8              | μA |

| 符号                          | 参数                          | 条件                  |                  | 典型值 <sup>(1)</sup> | 最大值 <sup>(2)</sup> | 单位 |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------|--------------------|--------------------|----|
|                             |                             |                     |                  | 25℃                | 105℃               |    |
| I <sub>DD</sub> (LP Sleep)  | All peripherals clock ON,   | 32K clock source    | RCL32K           | 84.0               | 119.8              | μA |
|                             |                             |                     | XTL32K, Driver=2 | 84.5               | 119.0              | μA |
|                             | All peripherals clock OFF,  | 32K clock source    | RCL32K           | 82.1               | 117.5              | μA |
|                             |                             |                     | XTL32K, Driver=2 | 82.6               | 116.8              | μA |
| I <sub>DD</sub> (DeepSleep) | All peripherals clock OFF   | NO CLK              |                  | 0.65               | 8.4                | μA |
|                             |                             | RCL32K              |                  | 0.95               | 8.7                | μA |
|                             |                             | XTL32K              |                  | 1.50               | 9.5                | μA |
|                             | Other peripherals clock OFF | NO CLK+IWDT         |                  | 0.70               | 8.4                | μA |
|                             |                             | RCL32K+RTC          |                  | 0.95               | 8.8                | μA |
|                             |                             | RCL32K+LPUART       |                  | 1.00               | 8.9                | μA |
|                             |                             | RCL32K+LPTimer      |                  | 1.00               | 8.8                | μA |
|                             |                             | XTL32K+RTC          |                  | 1.50               | 9.5                | μA |
|                             |                             | XTL32K+LPUART       |                  | 1.51               | 9.6                | μA |
|                             |                             | XTL32K+LPTimer      |                  | 1.50               | 9.5                | μA |
|                             |                             | XTL32K+RTC+IWDT+LVD |                  | 1.81               | 10.2               | μA |
|                             |                             |                     |                  |                    |                    |    |
|                             |                             |                     |                  |                    |                    |    |

说明

1. 若没有其他指定条件，典型值是在 V<sub>CC</sub> 为 3.3V、V<sub>CAP</sub> 为 1.5V 测得。

2. 若没有其他指定条件，最大值是在 V<sub>CC</sub> 为全工作电压范围、V<sub>CAP</sub> 为 1.5V 测得。

3. 由综合评估得出，不在生产中测试。

5.3.7 从低功耗模式唤醒的时间

唤醒时间是在 RCH 振荡器的唤醒阶段测量得到。唤醒时使用的时钟源依当前的操作模式而定：

- 休眠模式：时钟源是 RCH 振荡器
- 深度休眠模式：时钟源是 RCH 振荡器

表 5-10 唤醒时间特性

| 符号                             | 参数       | 条件                      | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------------------|----------|-------------------------|-----|-----|-----|----|
| T <sub>wu</sub> <sup>(1)</sup> | 休眠模式唤醒时间 | -                       | -   | 1.8 | -   | μs |
|                                | 深度休眠唤醒时间 | F <sub>RCH</sub> =4MHz  | -   | 13  | -   | μs |
|                                |          | F <sub>RCH</sub> =6MHz  | -   | 13  | -   | μs |
|                                |          | F <sub>RCH</sub> =32MHz | -   | 7   | -   | μs |
|                                |          | F <sub>RCH</sub> =48MHz | -   | 7   | -   | μs |

说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

2. 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。

### 5.3.8 外部时钟源特性

#### 5.3.8.1 外部输入高速时钟

表 5-11 外部输入高速时钟特性<sup>(1)</sup>

| 符号             | 参数        | 条件 | 最小值    | 典型值 | 最大值    | 单位  |
|----------------|-----------|----|--------|-----|--------|-----|
| $f_{EXTH}$     | 用户外部时钟频率  | -  | -      | 8   | 32     | MHz |
| $V_{EXTHH}$    | 输入引脚高电平电压 | -  | 0.7VCC | -   | VCC    | V   |
| $V_{EXTHL}$    | 输入引脚低电平电压 | -  | VSS    | -   | 0.3VCC | V   |
| $T_{r(EXTH)}$  | 上升的时间     | -  | -      | -   | 20     | ns  |
| $T_{f(EXTH)}$  | 下降的时间     | -  | -      | -   | 20     | ns  |
| $T_{w(EXTH)}$  | 输入高或低的时间  | -  | 16     | -   | -      | ns  |
| $C_{in(EXTH)}$ | 输入容抗      | -  | -      | 5   | -      | pF  |
| Duty           | 占空比       | -  | 40     | -   | 60     | %   |
| $I_L$          | 输入漏电流     | -  | -      | -   | ±1     | μA  |



#### 说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

#### 5.3.8.2 外部输入低速时钟

表 5-12 外部输入低速时钟特性<sup>(1)</sup>

| 符号             | 参数        | 条件 | 最小值    | 典型值    | 最大值    | 单位  |
|----------------|-----------|----|--------|--------|--------|-----|
| $f_{EXTL}$     | 用户外部时钟频率  | -  | -      | 32.768 | 1000   | kHz |
| $V_{EXTLH}$    | 输入引脚高电平电压 | -  | 0.7VCC | -      | VCC    | V   |
| $V_{EXTLL}$    | 输入引脚低电平电压 | -  | VSS    | -      | 0.3VCC | V   |
| $T_{r(EXTL)}$  | 上升的时间     | -  | -      | -      | 50     | ns  |
| $T_{f(EXTL)}$  | 下降的时间     | -  | -      | -      | 50     | ns  |
| $T_{w(EXTL)}$  | 输入高或低的时间  | -  | 450    | -      | -      | ns  |
| $C_{in(EXTL)}$ | 输入容抗      | -  | -      | 5      | -      | pF  |
| Duty           | 占空比       | -  | 30     | -      | 70     | %   |
| $I_L$          | 输入漏电流     | -  | -      | -      | ±1     | μA  |



#### 说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

#### 5.3.8.3 外部高速晶振 XTH

外部高速晶振 XTH 可以使用一个 8~32MHz 的晶体/陶瓷谐振器构成的振荡器产生。本节中所给出的信息是基于使用下表中列出的典型外部元器件，通过综合特性评估得到的结果。在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器的引脚，以减小输出失真和启动时的稳定时间。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 5-13 外部高速晶振 XTH 特性<sup>(1)(2)</sup>

| 符号                | 参数              | 条件                                           | 最小值 | 典型值  | 最大值 | 单位       |
|-------------------|-----------------|----------------------------------------------|-----|------|-----|----------|
| $F_{CLK}$         | 振荡频率            | -                                            | 8   | -    | 32  | MHz      |
| $ESR_{CLK}$       | 支持的晶振<br>ESR 范围 | 32MHz                                        | -   | -    | 60  | $\Omega$ |
|                   |                 | 24MHz                                        | -   | -    | 90  |          |
|                   |                 | 16MHz                                        | -   | -    | 120 |          |
|                   |                 | 8MHz                                         | -   | -    | 150 |          |
| $C_{Lx}^{(3)}$    | 匹配电容            | 按晶体制造商要求进行配置                                 | 4   | 12   | 20  | pF       |
| Duty              | 占空比             | -                                            | 40  | 50   | 60  | %        |
| $I_{dd}^{(4)}$    | 电流              | XTH_CR[3:0]=0b1111                           | -   | 1630 | -   | $\mu A$  |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1110                           | -   | 1020 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1010                           | -   | 650  | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0110                           | -   | 500  | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0010                           | -   | 280  | -   |          |
| $g_m$             | 跨导              | XTH_CR[3:0]=0b1111                           | -   | 11.3 | -   | mA/<br>V |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1110 (32MHz,<br>24MHz 推荐值)     | -   | 6.35 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1101                           | -   | 4.44 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1100                           | -   | 3.42 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1011                           | -   | 7.12 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1010 (16MHz 推荐<br>值)           | -   | 4.00 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1001                           | -   | 2.79 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b1000                           | -   | 2.15 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0111                           | -   | 5.44 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0110 (12MHz 推荐<br>值)           | -   | 3.06 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0101                           | -   | 2.14 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0100                           | -   | 1.65 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0011                           | -   | 2.51 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0010 (8MHz 推荐<br>值)            | -   | 1.41 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0001                           | -   | 1.00 | -   |          |
|                   |                 | XTH_CR[3:0]=0b0000                           | -   | 0.76 | -   |          |
| $T_{start}^{(5)}$ | 启动时间            | 32MHz, $C_{Lx}=16pF$<br>@ XTH_CR[3:0]=0b1110 | -   | 500  | -   | $\mu s$  |
|                   |                 | 8MHz, $C_{Lx}=16pF$<br>@ XTH_CR[3:0]=0b0010  | -   | 1.5  | -   | ms       |



## 说明

1. 谐振器的特性参数由晶体/陶瓷谐振器制造商给出。
2. 由综合评估得出，不在生产中测试。
3.  $C_{Lx}$  指晶体两个管脚的匹配电容  $C_{L1}$  和  $C_{L2}$ ，建议使用高质量陶瓷电容，并挑选符合要求的晶体或谐振器。通常  $C_{L1}$  和  $C_{L2}$  具有相同参数。在选择  $C_{Lx}$  时，应该根据晶振的频率和 ESR 等参数，并且将 PCB 和 MCU 引脚的总对地寄生电容  $C_p$  考虑在内。

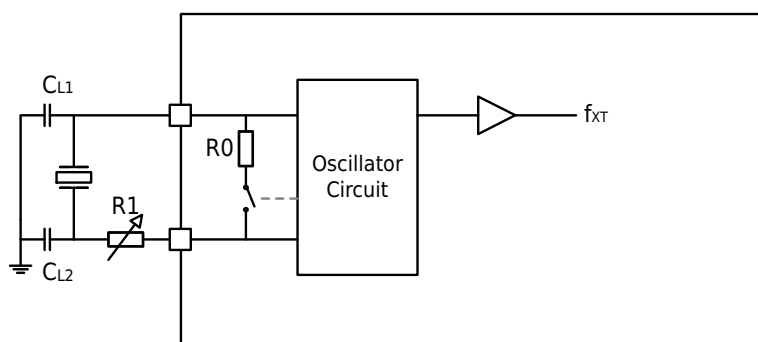
匹配电容  $C_{Lx}$  建议按照晶体制造商的技术手册的要求进行配置：

- 如果晶体制造商给出了负载电容的容值 ( $C_L$ )，则  $C_{Lx} = 2 \times C_L - C_p$
- 如果晶体制造商给出了匹配电容的容值，则  $C_{Lx} = \text{匹配电容容值} - C_p$

实际使用中，如果选择的  $C_{Lx}$  较大，建议选用合适的电流档位设置。

例：

- 晶体制造商给出晶体的负载电容为 8pF 时，考虑 PCB 与 MCU 引脚之间的分布电容，建议选择容值为 12pF 的匹配电容。
  - 晶体制造商给出晶体的匹配电容为 12pF 时，考虑 PCB 与 MCU 引脚之间的分布电容，建议选择容值为 10pF 或 8pF 的匹配电容。
4. 电流跟随频率和驱动能力的选择而变化。频率越高，驱动能力越强，电流消耗就越大。
  5.  $T_{start}$  是启动时间，是从软件使能 XTH 开始测量，直至得到稳定的输出时钟信号为止的间隔时间。这个数值是在  $XTH\_CR[5:4]=0b10$  设置下，使用一个标准的晶体谐振器上测量得到，它可能因晶体制造商和型号的不同而变化较大。



## 说明

- 芯片内已集成反馈电阻  $R0$ 。
- 阻尼电阻  $R1$  可选，阻值的取值取决于晶体特性，默认为  $0\Omega$ 。

### 5.3.8.4 外部低速晶振 XTL

外部低速晶振 XTL 可以使用一个 32.768kHz 的晶体/陶瓷谐振器构成的振荡器产生。本节中所给出的信息是基于典型外部元器件，通过综合特性评估得到的结果。在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器的引脚，以减小输出失真和启动时的稳定时间。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。

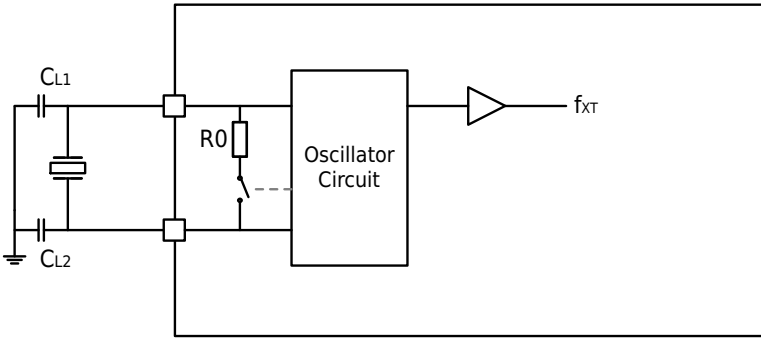
表 5-14 外部低速晶振 XTL 特性<sup>(1)</sup>

| 符号             | 参数           | 条件                       | 最小值 | 典型值    | 最大值 | 单位         |
|----------------|--------------|--------------------------|-----|--------|-----|------------|
| $F_{CLK}$      | 振荡频率         | -                        | -   | 32.768 | -   | kHz        |
| $ESR_{CLK}$    | 支持的晶振 ESR 范围 | -                        | -   | -      | 60  | k $\Omega$ |
| $C_{Lx}^{(2)}$ | 匹配电容         | 按晶体制造商要求进行配置             | 4   | 12     | 20  | pF         |
| $DC_{ACLK}$    | 占空比          | -                        | 30  | 50     | 70  | %          |
| $I_{dd}^{(3)}$ | 电流           | XTL_CR[3:0]=0b1111       | -   | 1330   | -   | nA         |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1011       | -   | 1230   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0111       | -   | 1140   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0011       | -   | 1050   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1110       | -   | 630    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1010       | -   | 580    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0110       | -   | 530    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0010       | -   | 490    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1101       | -   | 400    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1001 (推荐值) | -   | 370    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0101       | -   | 350    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0001       | -   | 310    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1100       | -   | 290    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1000       | -   | 270    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0100       | -   | 250    | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0000       | -   | 230    | -   |            |
| $g_m$          | 跨导           | XTL_CR[3:0]=0b1111       | -   | 14.64  | -   | $\mu A/V$  |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1011       | -   | 13.17  | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0111       | -   | 11.67  | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0011       | -   | 10.15  | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1110       | -   | 7.37   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1010       | -   | 6.62   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0110       | -   | 5.87   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0010       | -   | 5.10   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1101       | -   | 4.94   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1001 (推荐值) | -   | 4.44   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0101       | -   | 3.93   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b0001       | -   | 3.41   | -   |            |
|                |              | XTL_CR[3:0]=0b1100       | -   | 3.72   | -   |            |

| 符号                                | 参数   | 条件                                                      | 最小值 | 典型值  | 最大值 | 单位   |
|-----------------------------------|------|---------------------------------------------------------|-----|------|-----|------|
| g <sub>m</sub>                    | 跨导   | XTL_CR[3:0]=0b1000                                      | -   | 3.34 | -   | μA/V |
|                                   |      | XTL_CR[3:0]=0b0100                                      | -   | 2.95 | -   |      |
|                                   |      | XTL_CR[3:0]=0b0000                                      | -   | 2.57 | -   |      |
| T <sub>start</sub> <sup>(4)</sup> | 启动时间 | ESR=30kΩ<br>C <sub>Lx</sub> =12pF<br>XTL_CR[3:0]=0b1001 | -   | 2000 | -   | ms   |

 说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。
2. C<sub>Lx</sub> 指晶体两个管脚的匹配电容 C<sub>L1</sub> 和 C<sub>L2</sub>，建议使用高质量陶瓷电容，并挑选符合要求的晶体或谐振器。通常 C<sub>L1</sub> 和 C<sub>L2</sub> 具有相同参数。在选择 C<sub>Lx</sub> 时，应该根据晶振的频率和 ESR 等参数，并且将 PCB 和 MCU 引脚的总对地寄生电容 C<sub>p</sub> 考虑在内。  
  
匹配电容 C<sub>Lx</sub> 建议按照晶体制造商的技术手册的要求进行配置：
  - 如果晶体制造商给出了负载电容的容值（C<sub>L</sub>），则 C<sub>Lx</sub>= 2 × C<sub>L</sub> - C<sub>p</sub>
  - 如果晶体制造商给出了匹配电容的容值，则 C<sub>Lx</sub>= 匹配电容容值 - C<sub>p</sub>实际使用中，如果选择的 C<sub>Lx</sub> 较大，建议选用合适的电流档位设置。
3. 选择具有较小 ESR 值的高质量振荡器，可以通过调节 XTL\_CR[3:0]设置值以优化电流消耗。电流消耗与电路提供的跨导（g<sub>m</sub>）成正比。
4. T<sub>start</sub> 是启动时间，是从软件使能 XTL 开始测量，直至得到稳定的输出时钟信号为止的间隔时间。这个数值是在 XTL\_CR[3:0]=0b1001 和 XTL\_CR[5:4]=0b11 设置下，使用一个标准的晶体谐振器上测量得到，它可能因晶体制造商和型号的不同而变化较大。



 说明

- 芯片内已集成反馈电阻 R0。

5.3.9 内部时钟源特性

5.3.9.1 内部高速时钟 RCH

表 5-15 内部高速时钟 RCH 振荡器特性

| 符号                  | 参数                 | 条件                                             | 最小值  | 典型值                        | 最大值  | 单位      |
|---------------------|--------------------|------------------------------------------------|------|----------------------------|------|---------|
| $F_{CLK}$           | 振荡频率               | -                                              | 4.0  | 4.0<br>6.0<br>32.0<br>48.0 | 48.0 | MHz     |
| TRIM <sup>(1)</sup> | 用户调节频率的步进          | -                                              | -    | 0.12                       | -    | %       |
| Dev <sup>(1)</sup>  | 不同温度和 VCC 下的振荡频率范围 | $V_{CC}=1.8\sim5.5V$<br>$T_A=-40-105^{\circ}C$ | -1.5 | -                          | 1.5  | %       |
|                     |                    | $V_{CC}=1.8\sim5.5V$<br>$T_A=-20-75^{\circ}C$  | -1.0 | -                          | 1.0  | %       |
|                     |                    | $V_{CC}=3.3V$<br>$T_A=25^{\circ}C$             | -0.3 | -                          | 0.3  | %       |
| $I_{CLK}^{(2)}$     | 功耗                 | $F_{CLK}=4MHz$                                 | -    | 60                         | -    | $\mu A$ |
|                     |                    | $F_{CLK}=6MHz$                                 | -    | 66                         | -    | $\mu A$ |
|                     |                    | $F_{CLK}=32MHz$                                | -    | 177                        | -    | $\mu A$ |
|                     |                    | $F_{CLK}=48MHz$                                | -    | 222                        | -    | $\mu A$ |
| $DC_{CLK}^{(2)}$    | 占空比                | -                                              | 45   | 50                         | 55   | %       |
| $t_{su}^{(2)}$      | 启动时间（从使能到开始输出时钟）   | $F_{CLK}=4MHz$                                 | -    | 8.8                        | 20.1 | $\mu s$ |
|                     |                    | $F_{CLK}=6MHz$                                 | -    | 8.5                        | 19.8 | $\mu s$ |
|                     |                    | $F_{CLK}=32MHz$                                | -    | 4.7                        | 12.9 | $\mu s$ |
|                     |                    | $F_{CLK}=48MHz$                                | -    | 4.7                        | 12.8 | $\mu s$ |

说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

2. 由设计保证，不在生产中测试。

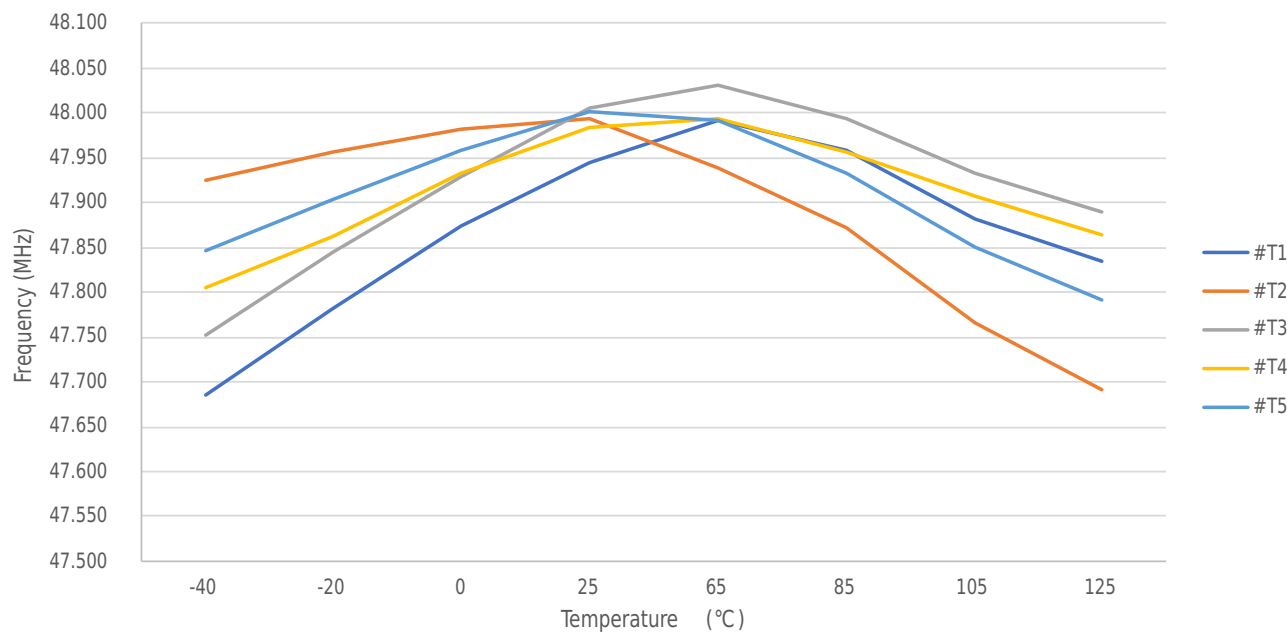


图 5-5 RCH 时钟频率变化曲线 (F<sub>CLK</sub>=48MHz, V<sub>CC</sub>=3.3V)

5.3.9.2 内部低速时钟 RCL

表 5-16 内部低速时钟 RCL 振荡器特性

| 符号                               | 参数            | 条件                                            | 最小值  | 典型值            | 最大值 | 单位  |
|----------------------------------|---------------|-----------------------------------------------|------|----------------|-----|-----|
| F <sub>CLK</sub> <sup>(1)</sup>  | 振荡频率          | V <sub>CC</sub> =3.3V<br>T <sub>A</sub> =25°C | -    | 38.4<br>32.768 | -   | kHz |
| TRIM <sup>(2)</sup>              | 用户调节频率的步进     | -                                             | -    | 0.5            | -   | %   |
| Dev <sup>(2)(3)</sup>            | RCL 振荡器精度@HPM | V <sub>CC</sub> =1.8~5.5V                     | -2.5 | -              | 2.5 | %   |
|                                  | RCL 振荡器精度@LPM | T <sub>A</sub> =-40-105°C                     | -10  | -              | 10  | %   |
| T <sub>CLK</sub> <sup>(2)</sup>  | 启动时间          | -                                             | -    | 150            | -   | μs  |
| DC <sub>CLK</sub> <sup>(2)</sup> | 占空比           | -                                             | 25   | -              | 75  | %   |



说明

- 1. RCL 有两个频点：38.4kHz、32.768kHz。
- 2. 由综合评估得出，不在生产中测试。
- 3. 可以通过寄存器配置选择 HPM 或 LPM 模式，详细信息请参见《参考手册》的“系统控制器（SYSCTRL）- RCL 控制寄存器（RCL\_CR）”章节。

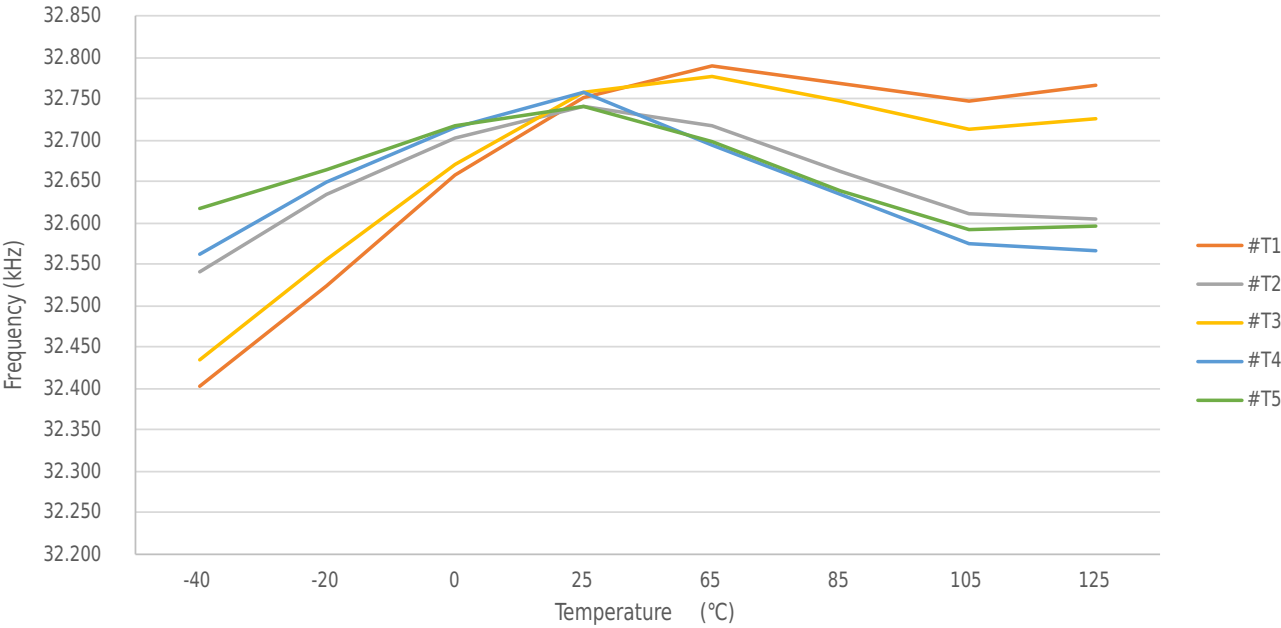


图 5-6 RCL@HPM Mode 时钟频率变化曲线 (F<sub>CLK</sub>=32.768kHz, V<sub>CC</sub>=3.3V)

5.3.9.3 内部低速时钟 RC10K

表 5-17 内部低速时钟 RC10K 特性

| 符号                 | 参数    | 条件                                                    | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|--------------------|-------|-------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Dev <sup>(1)</sup> | 振荡器精度 | V <sub>CC</sub> =1.8~5.5V<br>T <sub>A</sub> =-20~50°C | -50 | -   | 80  | %   |
| F <sub>CLK</sub>   | 振荡频率  | V <sub>CC</sub> =3.3V<br>T <sub>A</sub> =25°C         | -   | 10  | -   | kHz |



说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

5.3.9.4 内部低速时钟 RC256K

表 5-18 内部低速时钟 RC256K 特性

| 符号                               | 参数    | 条件                                                     | 最小值  | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|----------------------------------|-------|--------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|
| F <sub>CLK</sub>                 | 振荡频率  | V <sub>CC</sub> =3.3V<br>T <sub>A</sub> =25°C          | -    | 256 | -   | kHz |
| Dev <sup>(1)</sup>               | 振荡器精度 | V <sub>CC</sub> =1.8~5.5V<br>T <sub>A</sub> =-40~105°C | -5.5 | -   | 5.5 | %   |
| DC <sub>CLK</sub> <sup>(1)</sup> | 占空比   | -                                                      | 40   | -   | 60  | %   |



说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

5.3.10 存储器特性

表 5-19 存储器特性

| 符号                   | 参数                             | 条件                            |                                                               | 最小值   | 典型值    | 最大值 | 单位 |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------|--------|-----|----|
| EC <sub>FLASH</sub>  | 编程、页擦除<br>(Sector Erase)<br>次数 | T <sub>A</sub> =-40℃~<br>105℃ | 数据保存期限<br>RET <sub>FLASH</sub> :<br>10 年, T <sub>A</sub> =85℃ | -     | 100000 | -   | 次  |
|                      |                                |                               | 数据保存期限<br>RET <sub>FLASH</sub> :<br>20 年, T <sub>A</sub> =85℃ | 20000 | -      | -   | 次  |
| T <sub>b_prog</sub>  | 编程时间 (字<br>节)                  | -                             |                                                               | 22    | -      | 30  | μs |
| T <sub>w_prog</sub>  | 编程时间 (字)                       | -                             |                                                               | 40    | -      | 52  | μs |
| T <sub>p_erase</sub> | 页擦除时间                          | -                             |                                                               | 2     | -      | 3   | ms |
| T <sub>m_erase</sub> | 整片擦除时间                         | -                             |                                                               | 30    | -      | 40  | ms |

5.3.11 ESD 特性

使用特定的测量方法，对芯片进行强度测试以决定它的电气敏感性方面的性能。

表 5-20 ESD 特性<sup>(1)</sup>

| 符号                   | 参数           | 条件                                             | 最小值  | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|--------------|------------------------------------------------|------|-----|-----|----|
| VESD <sub>HBM</sub>  | ESD@人体放电模型   | T <sub>A</sub> =25℃, 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 | -6   | -   | 6   | kV |
| VESD <sub>CDM</sub>  | ESD@充电器件放电模型 | T <sub>A</sub> =25℃, 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 | -1.5 | -   | 1.5 | kV |
| I <sub>latchup</sub> | 门锁电流         | T <sub>A</sub> =105℃, 符合 JESD78                | -200 | -   | 200 | mA |



说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

5.3.12 I/O 端口特性

5.3.12.1 输出特性-端口

表 5-21 端口输出特性<sup>(1)</sup>

| 符号               | 参数               | 条件                              | 最小值     | 最大值     | 单位 |
|------------------|------------------|---------------------------------|---------|---------|----|
| V <sub>OH</sub>  | IO 引脚输出高电平 (低驱动) | I <sub>IO</sub> =3mA, VCC=3.3V  | VCC-0.3 | -       | V  |
|                  |                  | I <sub>IO</sub> =6mA, VCC=3.3V  | VCC-0.7 | -       | V  |
| V <sub>OL</sub>  | IO 引脚输出低电平 (低驱动) | I <sub>IO</sub> =4mA, VCC=3.3V  | -       | VSS+0.3 | V  |
|                  |                  | I <sub>IO</sub> =8mA, VCC=3.3V  | -       | VSS+0.7 | V  |
| V <sub>OHD</sub> | IO 引脚输出高电平 (强驱动) | I <sub>IO</sub> =6mA, VCC=3.3V  | VCC-0.3 | -       | V  |
|                  |                  | I <sub>IO</sub> =12mA, VCC=3.3V | VCC-0.7 | -       | V  |

| 符号        | 参数              | 条件                                          | 最小值 | 最大值          | 单位 |
|-----------|-----------------|---------------------------------------------|-----|--------------|----|
| $V_{OLD}$ | IO 引脚输出低电平（强驱动） | $I_{IO}=8\text{mA}$ , $V_{CC}=3.3\text{V}$  | -   | $V_{SS}+0.3$ | V  |
|           |                 | $I_{IO}=16\text{mA}$ , $V_{CC}=3.3\text{V}$ | -   | $V_{SS}+0.7$ | V  |

 **说明**

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

2. 器件的  $I_{IO}$  电流必须始终遵循 [电流特性](#) 所列的绝对最大额定值， $I_{IO}$ （I/O 端口的  $I_{OH}$  和  $I_{OL}$ ）的总和不得超过  $I_{VCCO}$

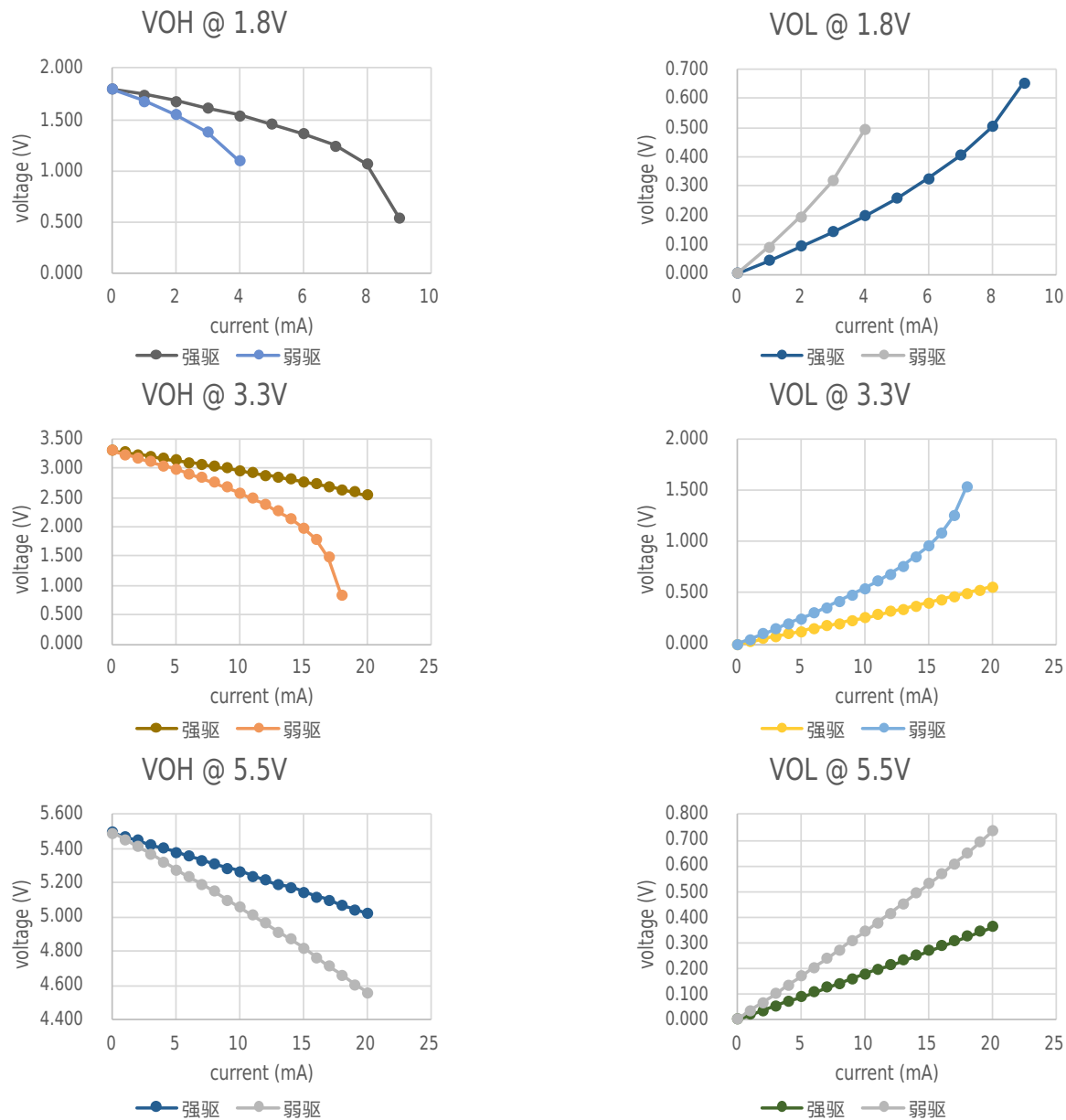


图 5-7 输出端口 VOH/VOL 实测曲线（典型值）

## 5.3.12.2 输入特性-端口 PA/PB/PC/PD

表 5-22 端口输入特性<sup>(1)</sup>

| 符号             | 参数                               | 条件                | 最小值    | 典型值 | 最大值    | 单位 |
|----------------|----------------------------------|-------------------|--------|-----|--------|----|
| $V_{IH}$       | 输入高电平电压                          | -                 | 0.7VCC | -   | -      | V  |
| $V_{IL}$       | 输入低电平电压                          | -                 | -      | -   | 0.3VCC | V  |
| $V_{hys}$      | 施密特输入电压迟滞<br>( $V_{IH}-V_{IL}$ ) | VCC=1.8V          | -      | 0.3 | -      | V  |
|                |                                  | VCC=3.3V          | -      | 0.4 | -      | V  |
|                |                                  | VCC=5.5V          | -      | 0.6 | -      | V  |
| $R_{pullhigh}$ | 弱上拉等效电阻                          | 弱上拉使能<br>VCC=3.3V | -      | 60  | -      | kΩ |
| $R_{pulllow}$  | 弱下拉等效电阻                          | 弱下拉使能<br>VCC=3.3V | -      | 60  | -      | kΩ |
| $C_{input}$    | 输入等效电容                           | -                 | -      | 5   | -      | pF |



## 说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

表 5-23 PA12/PA11/PB09/PB05/PC01/PC00/PD05/PD02 低电压电平识别特性<sup>(1)</sup>

| 符号       | 参数                        | 条件 | 最小值     | 典型值 | 最大值     | 单位 |
|----------|---------------------------|----|---------|-----|---------|----|
| $V_{IH}$ | IO 输入高电平电压 <sup>(2)</sup> | -  | 0.7VCAP | -   | -       | V  |
| $V_{IL}$ | IO 输入低电平电压 <sup>(2)</sup> | -  | -       | -   | 0.3VCAP | V  |



## 说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。
2. 该电平识别特性仅用于 I2C 通信，与 GPIO 端口输入特性无关。

## 5.3.12.3 端口外部输入采样要求-Timer Gate/Timer Clock

表 5-24 端口外部输入采样要求

| 符号                | 参数                                   | 条件                                                   | 最小值 | 典型值 | 最大值    | 单位  |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|-----|--------|-----|
| $t_{(cap)}$       | Timer capture timing                 | Timer capture pulse width                            | -   | 0.5 | -      | μs  |
| $t_{(clk)}^{(1)}$ | Timer clock frequency applied to pin | Timer external clock input<br>$f_{HCLK}=4\text{MHz}$ | -   | -   | PCLK/2 | MHz |



## 说明

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。

## 5.3.12.4 端口漏电特性-端口 PA/PB/PC/PD

表 5-25 端口漏电特性<sup>(1)(2)</sup>

| 符号              | 参数              | 条件           | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|-----------------|--------------|-----|-----|-----|----|
| $I_{lkg}(Px.y)$ | Leakage current | $V_{(Px.y)}$ | -   | ±50 | -   | nA |

**说明**

1. 端口漏电基于相应端口连接到 VSS 或 VCC。
2. 端口必须设置为输入端口。

### 5.3.13 RESETB 引脚特性

RESETB 引脚输入驱动使用 CMOS 工艺，它连接了一个不能断开的上拉电阻。

表 5-26 RESETB 引脚特性<sup>(1)</sup>

| 符号                       | 参数         | 条件              | 最小值    | 典型值    | 最大值     | 单位 |
|--------------------------|------------|-----------------|--------|--------|---------|----|
| $V_{IL}(\text{RESETB})$  | 输入低电平电压    | -               | -0.3   | -      | 0.3VCC  | V  |
| $V_{IH}(\text{RESETB})$  | 输入高电平电压    | -               | 0.7VCC | -      | VCC+0.3 | V  |
| $V_{hys}(\text{RESETB})$ | 施密特触发器电压迟滞 | -               | -      | 0.1VCC | -       | mV |
| $R_{PU}$                 | 弱上拉等效电阻    | $V_{IN}=V_{SS}$ | -      | 60     | -       | kΩ |
| $T_F(\text{RESETB})$     | 输入滤波脉冲     | -               | -      | -      | 1       | μs |
| $T_{NF}(\text{RESETB})$  | 输入非滤波脉冲    | -               | 5      | -      | -       | μs |

**说明**

1. 由设计保证，不在生产中测试。

### 5.3.14 ADC 特性

表 5-27 ADC 特性

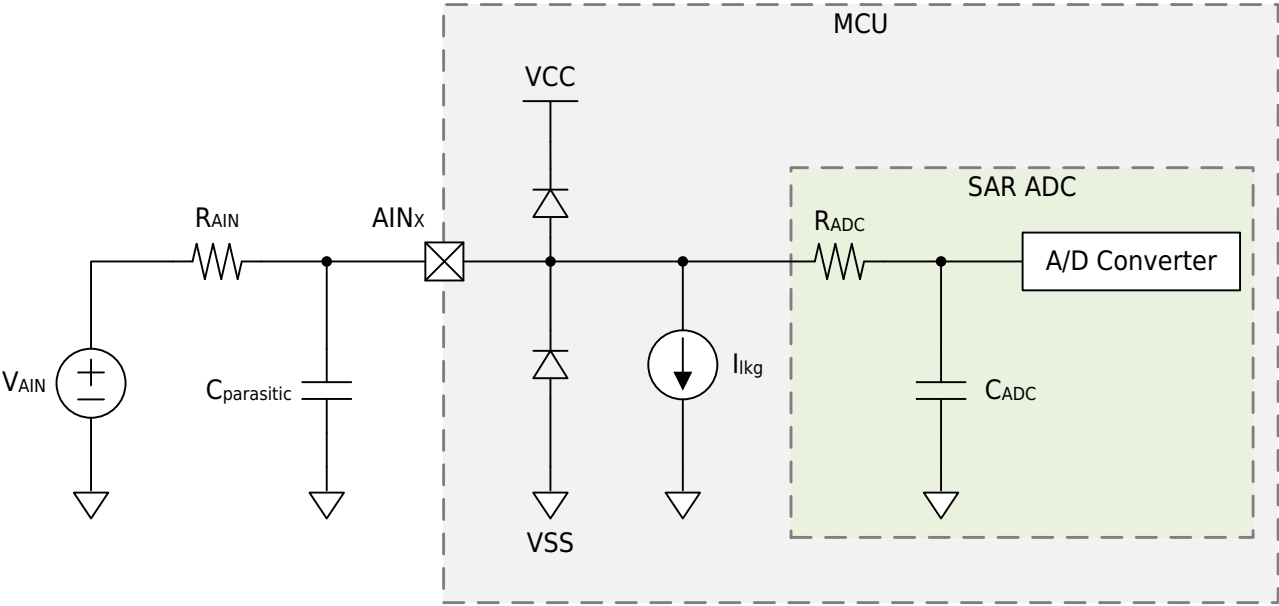
| 符号                   | 参数                          | 条件                                           | 最小值  | 典型值  | 最大值        | 单位 |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------|------|------------|----|
| AVCC                 | 模拟电源电压                      | -                                            | 1.8  | 3.3  | 5.5        | V  |
| $V_{AIN}$            | ADC 输入电压范围                  | 单端输入模式                                       | 0    | -    | $V_{REF+}$ | V  |
| $V_{REF+}^{(1)}$     | 正参考电压                       | -                                            | 1.5  | -    | AVCC       | V  |
| $V_{REF-}$           | 负参考电压                       | -                                            | -    | AVSS | -          | V  |
| $DEV_{AVCC/3}^{(2)}$ | AVCC/3 精度                   | -                                            | -3.5 | ±2   | 3.5        | %  |
| $V_{BUF}^{(1)}$      | 使输入缓冲器和 ADC 均能保证精度的外部输入电压范围 | $(AVCC-0.2V) < V_{REF+}$                     | 0.2  | -    | $AVCC-0.2$ | V  |
|                      |                             | $(AVCC-0.2V) \geq V_{REF+}$                  | 0.2  | -    | $V_{REF+}$ | V  |
| $V_{OSBUF}^{(2)}$    | 输入缓冲器的输入等效失调电压              | 输入电压在 $V_{BUF}$ 给定的范围内                       | -12  | -    | 12         | mV |
| $I_{ADC}^{(1)}$      | 工作电流消耗                      | $V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>$f_s=1\text{Msps}$ | -    | 0.24 | -          | mA |
|                      |                             | $V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>$f_s=2\text{Msps}$ | -    | 0.40 | -          | mA |
| $I_{BUF}^{(1)}$      | 输入缓冲器电流消耗                   | -                                            | -    | 0.49 | -          | mA |
| $C_{ADC}^{(1)}$      | ADC 内部采样电容                  | -                                            | -    | 5    | -          | pF |
| $C_{BUF}^{(1)}$      | 电压跟随器输入电容                   | -                                            | -    | 1    | -          | pF |

| 符号                 | 参数         | 条件                                                                                               | 最小值  | 典型值 | 最大值  | 单位         |
|--------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|------|------------|
| $R_{ADC}^{(1)}$    | ADC 内部采样电阻 | 不使用输入电压跟随器                                                                                       | -    | 1.5 | -    | k $\Omega$ |
|                    |            | 使用输入电压跟随器                                                                                        | -    | 4.5 | -    | k $\Omega$ |
| $R_{AIN}^{(1)(5)}$ | ADC 外部输入阻抗 | 不使用输入电压跟随器<br>$T_J=125^{\circ}\text{C}$                                                          | -    | -   | 1.5  | k $\Omega$ |
|                    |            | 使用输入电压跟随器<br>$T_J=125^{\circ}\text{C}$                                                           | -    | -   | 10   | k $\Omega$ |
| $f_{ADCCLK}^{(1)}$ | ADC 时钟频率   | $2.7\text{V}\leq AVCC\leq 5.5\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$                                 | 0.3  | -   | 32   | MHz        |
|                    |            | $2.4\text{V}\leq AVCC<2.7\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$                                     | 0.3  | -   | 8    |            |
|                    |            | $1.8\text{V}\leq AVCC<2.4\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$                                     | 0.3  | -   | 4    |            |
|                    |            | $V_{REF+}$ =内置 1.5V/2.5V                                                                         | 0.3  | -   | 4    |            |
| $f_S^{(1)}$        | 采样率        | $2.7\text{V}\leq AVCC\leq 5.5\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>采样通道选择 AIN0<br>不使用输入电压跟随器    | 0.02 | -   | 2    | MSPS       |
|                    |            | $2.7\text{V}\leq AVCC\leq 5.5\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>采样通道选择 AIN0 以外<br>不使用输入电压跟随器 | 0.02 | -   | 1    |            |
|                    |            | $2.4\text{V}\leq AVCC<2.7\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>不使用输入电压跟随器                       | 0.02 | -   | 0.5  |            |
|                    |            | $1.8\text{V}\leq AVCC<2.4\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>不使用输入电压跟随器                       | 0.02 | -   | 0.25 |            |
|                    |            | $2.8\text{V}\leq AVCC\leq 5.5\text{V}$<br>$V_{REF+}$ =内置 2.5V<br>不使用输入电压跟随器                      | 0.02 | -   | 0.25 |            |
|                    |            | $1.8\text{V}\leq AVCC\leq 5.5\text{V}$<br>$V_{REF+}$ =内置 1.5V<br>不使用输入电压跟随器                      | 0.02 | -   | 0.25 |            |
|                    |            | $2.7\text{V}\leq AVCC\leq 5.5\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>使用输入电压跟随器                    | 0.02 | -   | 0.57 |            |
|                    |            | $2.4\text{V}\leq AVCC<2.7\text{V}$<br>$V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>使用输入电压跟随器                        | 0.02 | -   | 0.40 |            |
|                    |            |                                                                                                  |      |     |      |            |

| 符号                   | 参数            | 条件                                                               | 最小值   | 典型值        | 最大值  | 单位             |
|----------------------|---------------|------------------------------------------------------------------|-------|------------|------|----------------|
| $f_s^{(1)}$          | 采样率           | $1.8V \leq AVCC < 2.4V$<br>$V_{REF+} = AVCC/EXVREF$<br>使用输入电压跟随器 | 0.02  | -          | 0.25 | MSPS           |
|                      |               | $2.8V \leq AVCC \leq 5.5V$<br>$V_{REF+} =$ 内置 2.5V<br>使用输入电压跟随器  | 0.02  | -          | 0.25 |                |
|                      |               | $1.8V \leq AVCC \leq 5.5V$<br>$V_{REF+} =$ 内置 1.5V<br>使用输入电压跟随器  | 0.02  | -          | 0.25 |                |
| $T_{ADCSTART}^{(1)}$ | 启动时间          | -                                                                | -     | -          | 10   | $\mu s$        |
| $T_s^{(3)(4)}$       | 采样时间          | -                                                                | 2     | 4          | 127  | $1/f_{ADCCLK}$ |
| $T_{ADCCONV}$        | 总转换时间（包括采样时间） | -                                                                | -     | $T_s + 12$ | -    | $\mu s$        |
| $T_{SETBUF}^{(1)}$   | 电压缓冲器输出电压建立时间 | 输入信号为内部信号                                                        | 2.0   | -          | -    | $\mu s$        |
|                      |               | 输入信号为外部信号                                                        | 1.0   | -          | -    | $\mu s$        |
| ENOB <sup>(2)</sup>  | 有效位数          | $V_{REF+} = AVCC/EXVREF$<br>$f_s = 2MSPS$                        | 10.5  | 11.1       | -    | bits           |
|                      |               | $V_{REF+} = AVCC/EXVREF$<br>$f_s = 1MSPS$                        | 10.6  | 11.2       | -    |                |
|                      |               | $V_{REF+} =$ 内置 1.5V/2.5V<br>$f_s = 250kSPS$                     | 9.5   | 10.0       | -    |                |
| SNR <sup>(2)</sup>   | 信噪比           | $V_{REF+} = AVCC/EXVREF$<br>$f_s = 2MSPS$                        | 67.5  | 69.7       | -    | dB             |
|                      |               | $V_{REF+} = AVCC/EXVREF$<br>$f_s = 1MSPS$                        | 67.6  | 70.2       | -    |                |
|                      |               | $V_{REF+} =$ 内置 1.5V/2.5V<br>$f_s = 250kSPS$                     | 59.5  | 62.1       | -    |                |
| THD <sup>(2)</sup>   | 总谐波失真         | $V_{REF+} = AVCC/EXVREF$<br>$f_s = 2MSPS$                        | -75.0 | -76.2      | -    | dB             |
|                      |               | $V_{REF+} = AVCC/EXVREF$<br>$f_s = 1MSPS$                        | -75.0 | -76.0      | -    |                |
|                      |               | $V_{REF+} =$ 内置 1.5V/2.5V<br>$f_s = 250kSPS$                     | -75.0 | -76.4      | -    |                |

| 符号          | 参数      | 条件                                    | 最小值  | 典型值       | 最大值 | 单位  |
|-------------|---------|---------------------------------------|------|-----------|-----|-----|
| $E_D^{(2)}$ | 差分非线性误差 | $V_{REF+}=AVCC/EXVREF$<br>$f_S=1Msps$ | -0.9 | $\pm 0.5$ | 1.5 | LSB |
| $E_L^{(2)}$ | 积分非线性误差 |                                       | -2.5 | $\pm 1.5$ | 2.5 |     |
| $E_O^{(2)}$ | 失调误差    |                                       | -    | $\pm 2.5$ | -   |     |
| $E_G^{(2)}$ | 增益误差    |                                       | -    | $\pm 1.5$ | -   |     |
| $E_T^{(2)}$ | 总不可调整误差 |                                       | -    | $\pm 3.3$ | -   |     |

- 1. 由设计保证，不在生产中测试。
- 2. 由综合评估得出，不在生产中测试。
- 3. 不使用输入电压跟随器时，ADC 的典型应用如下图所示：



图中  $I_{lkg}$  为 I/O 端口漏电电流，具体参数请参考“[端口漏电特性-端口 PA/PB/PC/PD](#)”。

对于 0.5LSB 采样误差精度要求的条件，所需的采样时间计算公式如下：

$$T_S = \frac{M}{f_{ADCCLK}} \geq (R_{AIN} + R_{ADC}) \times C_{ADC} \times (N + 1) \times \ln(2)$$

其中 N 为 ADC 位数 12， $f_{ADCCLK}$  为 ADC 时钟频率（ $f_{PCLK}$  除以寄存器 ADC\_CR0.CLKDIV 所设置的分频比），M 为采样周期个数（采样时间占 M 个 ADC 时钟周期，具体值请参见寄存器 ADC\_CR0.SAM）。下表为典型工作条件下，ADC 最短采样时间  $T_S$  和外部电阻  $R_{AIN}$  的关系（采样误差 0.5LSB 的条件下）。对于其它特殊的外部输入阻抗值，亦可以通过前面给出的采样时间计算公式计算出对应的最短采样时间的要求。

表 5-28 ADC 最短采样时间  $T_S$  和外部输入阻抗  $R_{AIN}$  的关系（不使用输入电压跟随器）

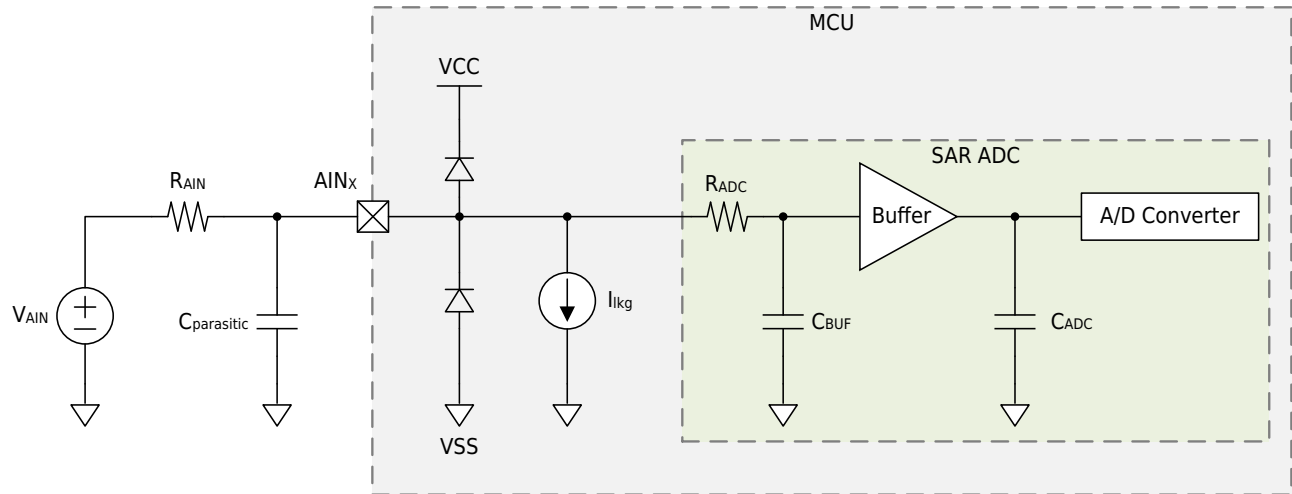
| $R_{AIN}$ ( $\Omega$ ) | 最短采样时间 $T_S$ (ns) | $R_{AIN}$ ( $\Omega$ ) | 最短采样时间 $T_S$ (ns) |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 10                     | 68                | 2200                   | 167               |
| 47                     | 70                | 3300                   | 216               |
| 68                     | 71                | 4700                   | 279               |
| 100                    | 72                | 6800                   | 374               |

| $R_{AIN}$ ( $\Omega$ ) | 最短采样时间 $T_S$ (ns) | $R_{AIN}$ ( $\Omega$ ) | 最短采样时间 $T_S$ (ns) |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 150                    | 74                | 10000                  | 518               |
| 220                    | 77                | 15000                  | 743               |
| 330                    | 82                | 22000                  | 1059              |
| 470                    | 89                | 47000                  | 2185              |
| 680                    | 98                | 68000                  | 3131              |
| 1000                   | 113               | 100000                 | 4573              |
| 1500                   | 135               |                        |                   |

对于上述典型应用，应注意：

- 尽量减小 ADC 输入端口  $AIN_x$  的寄生电容  $C_{parasitic}$ ，以保证  $C_{parasitic} \ll (1 + R_{ADC}/R_{AIN}) * C_{ADC}$ 。否则可能导致 ADC 输入电压建立不充分，并产生转换误差。
- 除了考虑  $R_{AIN}$  值外，如果信号源  $V_{AIN}$  的内阻较大时，也需要加入考虑。

4. 使用输入电压跟随器时，ADC 的典型应用如下图所示：



图中  $I_{lkg}$  为 I/O 端口漏电电流，具体参数请参考“[端口漏电特性-端口 PA/PB/PC/PD](#)”。

对于 0.5LSB 采样误差精度要求的条件，所需的采样时间计算公式如下：

$$T_S = \frac{M}{f_{ADCCLK}} \geq (R_{AIN} + R_{ADC}) \times C_{BUF} \times (N + 1) \times \ln(2) + T_{SETBUF}$$

其中 N 为 ADC 位数 12， $f_{ADCCLK}$  为 ADC 时钟频率（ $f_{PCLK}$  除以寄存器 ADC\_CR0.CLKDIV 所设置的分频比），M 为采样周期个数（采样时间占 M 个 ADC 时钟周期，具体值请参见寄存器 ADC\_CR0.SAM）。此情况下，需要同时考虑输入电压缓冲器输入端和输出端的电压稳定时间。

下表为典型工作条件下，ADC 最短采样时间  $T_S$  和外部电阻  $R_{AIN}$  的关系（采样误差 0.5LSB 的条件下）。对于其它特殊的外部输入阻抗值，亦可以通过前面给出的采样时间计算公式计算出对应的最短采样时间的要求。

表 5-29 ADC 最短采样时间  $T_S$  和外部输入阻抗  $R_{AIN}$  的关系（使用输入电压跟随器）

| $R_{AIN}$ ( $\Omega$ ) | 最短采样时间 $T_S$ (ns) | $R_{AIN}$ ( $\Omega$ ) | 最短采样时间 $T_S$ (ns) |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 10                     | 1014              | 2200                   | 1033              |

| R <sub>AIN</sub> (Ω) | 最短采样时间 T <sub>s</sub> (ns) | R <sub>AIN</sub> (Ω) | 最短采样时间 T <sub>s</sub> (ns) |
|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|
| 47                   | 1014                       | 3300                 | 1043                       |
| 68                   | 1014                       | 4700                 | 1056                       |
| 100                  | 1014                       | 6800                 | 1075                       |
| 150                  | 1015                       | 10000                | 1104                       |
| 220                  | 1015                       | 15000                | 1149                       |
| 330                  | 1016                       | 22000                | 1212                       |
| 470                  | 1018                       | 47000                | 1437                       |
| 680                  | 1020                       | 68000                | 1626                       |
| 1000                 | 1023                       | 100000               | 1915                       |
| 1500                 | 1027                       |                      |                            |

对于上述典型应用，应注意：

- 尽量减小 ADC 输入端口 AIN<sub>x</sub> 的寄生电容 C<sub>parasitic</sub>，以保证 C<sub>parasitic</sub>≪(1+R<sub>ADC</sub>/R<sub>AIN</sub>)\*C<sub>BUF0</sub>。否则可能导致 ADC 输入电压建立不充分，并产生转换误差。
- 除了考虑 R<sub>AIN</sub> 值外，如果信号源 V<sub>AIN</sub> 的内阻较大时，也需要加入考虑。

5. 基于 T<sub>J</sub>=125℃评估，以漏电造成的误差不超过±2LSB 为限定依据。对于较低的温度，该限制可放宽。实际应用中，确定可用的最大外部输入阻抗需要综合考虑漏电以及采样时间（参考上述两条描述）。

5.3.15 温度传感器特性

当 ADC 的测量通道选择温度传感器的输出电压时，可以通过 ADC 的输出结果以及存储在 Flash 存储器中的校准值计算出当前芯片温度（结温度 T<sub>J</sub>）。

表 5-30 温度传感器参数

| 符号                                     | 参数              | 条件                       | 最小值 | 典型值    | 最大值 | 单位  |
|----------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----|--------|-----|-----|
| Temp Range                             | 温度传感器的可工作结温温度范围 | -                        | -40 | -      | 125 | ℃   |
| ΔT <sub>linearity</sub> <sup>(1)</sup> | 线性度误差           | -                        | -   | ±3     | -   | ℃   |
| K <sup>(1)</sup>                       | 输出曲线斜率平均值       | -                        | -   | 0.0798 | -   | ℃/V |
| ΔT <sub>error</sub> <sup>(1)(2)</sup>  | 温度检测误差          | T <sub>A</sub> =-40~105℃ | -   | ±6     | -   | ℃   |
| T <sub>start</sub> <sup>(1)</sup>      | 温度传感器输出稳定时间     | -                        | -   | 18     | -   | μs  |

说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

2. 通过常温校准值和输出曲线斜率平均值计算（计算方法详见《参考手册》）得到的温度与实际结温度之间的偏差。

## 5.3.16 VC 特性

表 5-31 VC 特性

| 符号                             | 参数                                    | 条件                                                                               |                   | 最小值                        | 典型值 | 最大值     | 单位 |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----|---------|----|
| V <sub>in</sub>                | 正/负通道单端输入电压范围                         | -                                                                                |                   | 0                          | -   | 5.5     | V  |
| V <sub>com</sub>               | 正/负通道共模电压范围                           | -                                                                                |                   | 0.1                        | -   | VCC-0.1 | V  |
| V <sub>offset</sub>            | 失调电压（Load offset trimcode from flash） | AVCC=3.3 V, T <sub>A</sub> =25℃                                                  | VCx_CR0.BIAS=0b00 | -                          | ±15 | -       | mV |
|                                |                                       |                                                                                  | VCx_CR0.BIAS=0b01 | -                          | ±15 | -       | mV |
|                                |                                       |                                                                                  | VCx_CR0.BIAS=0b10 | -                          | ±10 | -       | mV |
|                                |                                       |                                                                                  | VCx_CR0.BIAS=0b11 | -                          | ±5  | -       | mV |
|                                |                                       | AVCC=1.8 ~5.5V, T <sub>A</sub> =-40~105℃                                         | VCx_CR0.BIAS=0b00 | -                          | ±20 | -       | mV |
|                                |                                       |                                                                                  | VCx_CR0.BIAS=0b01 | -                          | ±20 | -       | mV |
|                                |                                       |                                                                                  | VCx_CR0.BIAS=0b10 | -                          | ±15 | -       | mV |
|                                |                                       |                                                                                  | VCx_CR0.BIAS=0b11 | -                          | ±10 | -       | mV |
| I <sub>comp</sub>              | 电流消耗                                  | VCx_CR0.BIAS=0b00<br>VCx_CR0.BIAS=0b01<br>VCx_CR0.BIAS=0b10<br>VCx_CR0.BIAS=0b11 | -                 | 0.3<br>1.2<br>10<br>20     | -   | μA      |    |
| T <sub>response</sub>          | 响应时间（从正/负输入电压相对关系发生变化到输出有效结果）         | VCx_CR0.BIAS=0b00<br>VCx_CR0.BIAS=0b01<br>VCx_CR0.BIAS=0b10<br>VCx_CR0.BIAS=0b11 | -                 | 2500<br>1000<br>400<br>200 | -   | ns      |    |
| T <sub>setup</sub>             | 启动时间（从使能到输出有效结果）                      | VCx_CR0.BIAS=0b00<br>VCx_CR0.BIAS=0b01<br>VCx_CR0.BIAS=0b10<br>VCx_CR0.BIAS=0b11 | -                 | 10<br>2.5<br>0.7<br>0.35   | -   | μs      |    |
| V <sub>hysteresis</sub>        | 迟滞电压                                  | VCx_CR0.HYS=0b00<br>VCx_CR0.HYS=0b01<br>VCx_CR0.HYS=0b10<br>VCx_CR0.HYS=0b11     | -                 | 0<br>10<br>20<br>30        | -   | mV      |    |
| R <sub>in</sub> <sup>(1)</sup> | 可支持的输入信号内阻范围                          | -                                                                                | -                 | -                          | 100 | kΩ      |    |
| V <sub>VDAC_off</sub>          | 内置 DAC 的电压误差                          | -                                                                                | -                 | ±25                        | -   | mV      |    |
| T <sub>VDAC_setup</sub>        | 比较器中内置 DAC 在开启后输出分压电压的稳定时间            | -                                                                                | -                 | 5                          | -   | μs      |    |
| T <sub>filter</sub>            | 比较结果数字滤波时间                            | VCx_CR1.FLTTIME=0b0000                                                           | -                 | 0                          | -   | μs      |    |

| 符号                  | 参数         | 条件                     | 最小值 | 典型值                   | 最大值 | 单位 |
|---------------------|------------|------------------------|-----|-----------------------|-----|----|
| T <sub>filter</sub> | 比较结果数字滤波时间 | VCx_CR1.FLTTIME=0b0001 | -   | 2*T <sub>VCx</sub>    | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b0010 | -   | 4*T <sub>VCx</sub>    | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b0011 | -   | 8*T <sub>VCx</sub>    | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b0100 | -   | 16*T <sub>VCx</sub>   | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b0101 | -   | 32*T <sub>VCx</sub>   | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b0110 | -   | 64*T <sub>VCx</sub>   | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b0111 | -   | 128*T <sub>VCx</sub>  | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b1000 | -   | 256*T <sub>VCx</sub>  | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b1001 | -   | 512*T <sub>VCx</sub>  | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b1010 | -   | 1024*T <sub>VCx</sub> | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b1011 | -   | 2048*T <sub>VCx</sub> | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b1100 | -   | 4096*T <sub>VCx</sub> | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b1101 | -   | 4096*T <sub>VCx</sub> | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b1110 | -   | 4096*T <sub>VCx</sub> | -   | μs |
|                     |            | VCx_CR1.FLTTIME=0b1111 | -   | 4096*T <sub>VCx</sub> | -   | μs |



说明

- 1. 由设计保证，不在生产中测试。
- 2. T<sub>VCx</sub> 表示滤波时钟周期，通过 VCx\_CR1.FLTCLK 选择内置 RC 振荡器（约 256kHz）或者 PCLK 作为滤波时钟。

### 5.3.17 LCD 控制器

表 5-32 LCD 控制器特性

| 符号              | 参数         | 条件                                                                     | 最小值 | 典型值            | 最大值 | 单位      |
|-----------------|------------|------------------------------------------------------------------------|-----|----------------|-----|---------|
| $I_{LCD}^{(1)}$ | 工作电流       | VCC=3.3V, 内部电阻模式 (高功耗档位)                                               | -   | 10             | -   | $\mu A$ |
|                 |            | VCC=3.3V, 内部电阻模式 (中功耗档位)                                               | -   | 9.2            | -   | $\mu A$ |
|                 |            | VCC=3.3V, 内部电阻模式 (低功耗档位)                                               | -   | 0.55           | -   | $\mu A$ |
|                 |            | VCC=3.3V, 内部电阻模式 (低功耗档位), 1/2Bias, buffer 开启, 加速脉冲关闭                   | -   | 0.7            | -   | $\mu A$ |
|                 |            | VCC=3.3V, 内部电阻模式 (低功耗档位), 1/3Bias, buffer 开启, 加速脉冲关闭                   | -   | 0.85           | -   | $\mu A$ |
|                 |            | VCC=3.3V, 内部电阻模式 (低功耗档位), 1/4Bias, buffer 开启, 加速脉冲关闭                   | -   | 1              | -   | $\mu A$ |
|                 |            | VCC=3.3V, 内部电阻模式 (高功耗档位), 1/3Bias, buffer 关闭, 加速脉冲开启时间 $4/f_{in\_clk}$ | -   | 17             | -   | $\mu A$ |
|                 |            | VCC=3.3V, 外部电容模式, 1/3Bias, buffer 关闭, 加速脉冲关闭                           | -   | <1             | -   | $\mu A$ |
|                 |            | VCC=3.3V, 外部电阻模式, 1/3Bias, buffer 关闭, 加速脉冲关闭                           | -   | 由外部电阻决定        | -   | $\mu A$ |
| $V_{LCDH}$      | LCD 可调最高电压 | -                                                                      | -   | VCC            | -   | V       |
| $V_{LCD34}$     | LCD 3/4 电压 | -                                                                      | -   | $3/4 V_{LCDH}$ | -   | V       |
| $V_{LCD23}$     | LCD 2/3 电压 | -                                                                      | -   | $2/3 V_{LCDH}$ | -   | V       |
| $V_{LCD12}$     | LCD 1/2 电压 | -                                                                      | -   | $1/2 V_{LCDH}$ | -   | V       |
| $V_{LCD13}$     | LCD 1/3 电压 | -                                                                      | -   | $1/3 V_{LCDH}$ | -   | V       |
| $V_{LCD14}$     | LCD 1/4 电压 | -                                                                      | -   | $1/4 V_{LCDH}$ | -   | V       |
| $V_{LCD0}$      | LCD 最低电压   | -                                                                      | -   | 0              | -   | V       |
| $\Delta V_{XX}$ | LCD 电压偏差   | $T_A = -40 \sim 105^\circ C$                                           | -   | $\pm 35$       | -   | mV      |



#### 说明

1. 功耗数据在不带 LCD 屏幕的情况下测试得到, 仅包含 LCD 驱动电路本身的功耗, 不包括 GPIO 等部分的功耗。

5.3.18 TIM 定时器特性

有关输入输出复用功能引脚（输出比较、输入捕获、外部时钟、PWM 输出）的特性详情，参见下表。

表 5-33 通用定时器特性<sup>(1)</sup>

| 符号                   | 参数                  | 条件                         | 最小值    | 最大值                    | 单位                  |
|----------------------|---------------------|----------------------------|--------|------------------------|---------------------|
| t <sub>res</sub>     | 定时器分辨时间             | -                          | 1      | -                      | t <sub>TIMCLK</sub> |
|                      |                     | f <sub>TIMCLK</sub> =48MHz | 0.0208 | -                      | μs                  |
| f <sub>ext</sub>     | 外部时钟频率              | -                          | 0      | f <sub>TIMCLK</sub> /2 | MHz                 |
|                      |                     | f <sub>TIMCLK</sub> =48MHz | 0      | 24                     | MHz                 |
| Res <sub>Tim</sub>   | 定时器分辨率              | -                          | -      | 16                     | 位                   |
|                      |                     | 模式 0 自由计数                  | -      | 32                     | 位                   |
| T <sub>counter</sub> | 选择内部时钟时，16 位计数器时钟周期 | -                          | 1      | 65536                  | t <sub>TIMCLK</sub> |
|                      |                     | f <sub>TIMCLK</sub> =48MHz | 0.0208 | -                      | μs                  |



说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

表 5-34 低功耗定时器特性<sup>(1)</sup>

| 符号                   | 参数                  | 条件                         | 最小值    | 最大值                    | 单位                  |
|----------------------|---------------------|----------------------------|--------|------------------------|---------------------|
| t <sub>res</sub>     | 定时器分辨时间             | -                          | 1      | -                      | t <sub>TIMCLK</sub> |
|                      |                     | f <sub>TIMCLK</sub> =48MHz | 0.0208 | -                      | μs                  |
| f <sub>ext</sub>     | 外部时钟频率              | -                          | 0      | f <sub>TIMCLK</sub> /2 | MHz                 |
|                      |                     | f <sub>TIMCLK</sub> =48MHz | 0      | 24                     | MHz                 |
| Res <sub>Tim</sub>   | 定时器分辨率              | -                          | -      | 16                     | 位                   |
| T <sub>counter</sub> | 选择内部时钟时，16 位计数器时钟周期 | -                          | 1      | 65536                  | t <sub>TIMCLK</sub> |
|                      |                     | f <sub>TIMCLK</sub> =48MHz | 0.0208 | 1363                   | μs                  |



说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

表 5-35 IWDG 特性<sup>(1)</sup>

| 符号               | 参数        | 条件                          | 最小值 | 最大值      | 单位 |
|------------------|-----------|-----------------------------|-----|----------|----|
| t <sub>res</sub> | IWDG 溢出时间 | f <sub>WDTCCLK</sub> =10kHz | 0.4 | 209715.2 | ms |



说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.19 通信接口

5.3.19.1 HSI2C/I2C 特性

HSI2C/I2C 接口特性如下表：

表 5-36 HSI2C/I2C 接口特性<sup>(1)</sup>

| 符号                  | 参数                      | 标准模式（100k） |     | 快速模式（400k） |     | 快速增强模式（1M） |     | 单位 |
|---------------------|-------------------------|------------|-----|------------|-----|------------|-----|----|
|                     |                         | 最小值        | 最大值 | 最小值        | 最大值 | 最小值        | 最大值 |    |
| t <sub>LOW</sub>    | SCL 时钟低时间               | 4.7        | -   | 1.25       | -   | 0.5        | -   | μs |
| t <sub>HIGH</sub>   | SCL 时钟高时间               | 4.0        | -   | 0.6        | -   | 0.26       | -   | μs |
| t <sub>SU.DAT</sub> | 数据建立时间                  | 250        | -   | 100        | -   | 50         | -   | ns |
| t <sub>HD.DAT</sub> | 数据保持时间                  | 0          | -   | 0          | -   | 0          | -   | μs |
| t <sub>HD.STA</sub> | （重复）START 条件保持时间        | 2.5        | -   | 0.625      | -   | 0.25       | -   | μs |
| t <sub>SU.STA</sub> | 重复 START 条件建立时间         | 2.5        | -   | 0.6        | -   | 0.25       | -   | μs |
| t <sub>SU.STO</sub> | STOP 条件建立时间             | 0.25       | -   | 0.25       | -   | 0.25       | -   | μs |
| t <sub>BUF</sub>    | 总线空闲（STOP 条件至 START 条件） | 4.7        | -   | 1.3        | -   | 0.5        | -   | μs |

说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

表 5-37 HSI2C 特性-HS mode<sup>(1)</sup>

| 符号                  | 参数                      | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|-------------------------|----|-----|-----|----|
| t <sub>LOW</sub>    | SCL 时钟低时间               | -  | 160 | -   | ns |
| t <sub>HIGH</sub>   | SCL 时钟高时间               | -  | 60  | -   | ns |
| t <sub>SU.DAT</sub> | 数据建立时间                  | -  | 10  | -   | ns |
| t <sub>HD.DAT</sub> | 数据保持时间                  | -  | 0   | 70  | ns |
| t <sub>HD.STA</sub> | （重复）START 条件保持时间        | -  | 160 | -   | ns |
| t <sub>SU.STA</sub> | 重复 START 条件建立时间         | -  | 160 | -   | ns |
| t <sub>SU.STO</sub> | STOP 条件建立时间             | -  | 160 | -   | ns |
| t <sub>BUF</sub>    | 总线空闲（STOP 条件至 START 条件） | -  | 0.5 | -   | μs |

说明

1. 由设计保证，不在生产中测试。

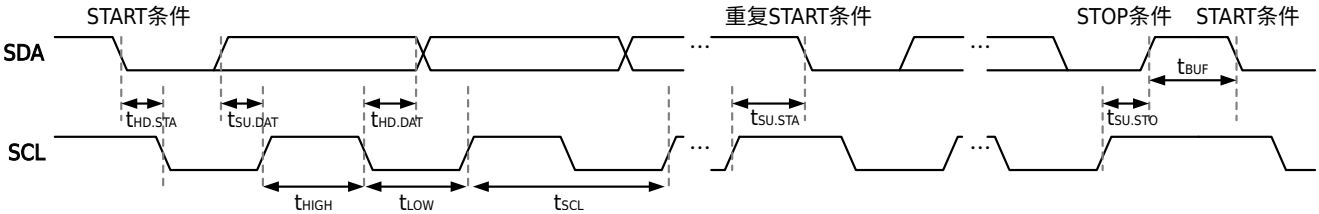


图 5-10 HSI2C/I2C 接口时序

5.3.19.2 SPI 特性

表 5-38 SPI 接口特性<sup>(1)(2)</sup>

| 符号            | 参数                     | 条件                                   | 最小值                        | 最大值                        | 单位 |
|---------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----|
| $t_{c(SCK)}$  | 串行时钟的周期 <sup>(3)</sup> | 主机发送模式<br>$f_{PCLK}=48MHz$           | 41.6                       | -                          | ns |
|               |                        | 主机接收模式（关闭主机延时采样）<br>$f_{PCLK}=48MHz$ | 166                        | -                          | ns |
|               |                        | 主机接收模式（开启主机延时采样）<br>$f_{PCLK}=48MHz$ | 83.3                       | -                          | ns |
|               |                        | 从机发送模式（关闭主机延时采样）<br>$f_{PCLK}=48MHz$ | 166                        | -                          | ns |
|               |                        | 从机发送模式（开启主机延时采样）<br>$f_{PCLK}=48MHz$ | 83.3                       | -                          | ns |
|               |                        | 从机接收模式<br>$f_{PCLK}=48MHz$           | 83.3                       | -                          | ns |
| $t_{w(SCKH)}$ | 串行时钟的高电平时间             | 主机模式                                 | $0.45 \times t_{c(SCK)}$   | -                          | ns |
|               |                        | 从机模式                                 | $0.45 \times t_{c(SCK)}$   | -                          | ns |
| $t_{w(SCKL)}$ | 串行时钟的低电平时间             | 主机模式                                 | $0.45 \times t_{c(SCK)}$   | -                          | ns |
|               |                        | 从机模式                                 | $0.45 \times t_{c(SCK)}$   | -                          | ns |
| $t_{su(SSN)}$ | 从机选择的建立时间              | 从机模式                                 | $0.45 \times t_{c(SCK)}$   | -                          | ns |
| $t_h(SSN)$    | 从机选择的保持时间              | 从机模式                                 | $0.45 \times t_{c(SCK)}$   | -                          | ns |
| $t_{v(MO)}$   | 主机数据输出的生效时间            | -                                    | -                          | 3                          | ns |
| $t_h(MO)$     | 主机数据输出的保持时间            | -                                    | 0                          | -                          | ns |
| $t_{v(SO)}$   | 从机数据输出的生效时间            | -                                    | -                          | $20 + 1.5 \times T_{PCLK}$ | ns |
| $t_h(SO)$     | 从机数据输出的保持时间            | -                                    | $14 + 0.5 \times T_{PCLK}$ | -                          | ns |
| $t_{su(MI)}$  | 主机数据输入的建立时间            | -                                    | 20                         | -                          | ns |
| $t_h(MI)$     | 主机数据输入的保持时间            | -                                    | 2                          | -                          | ns |
| $t_{su(SI)}$  | 从机数据输入的建立时间            | -                                    | 0                          | -                          | ns |

| 符号          | 参数          | 条件 | 最小值                    | 最大值 | 单位 |
|-------------|-------------|----|------------------------|-----|----|
| $t_{h(SI)}$ | 从机数据输入的保持时间 | -  | $2+1.5\times T_{PCLK}$ | -   | ns |



说明

- 1. 由设计保证，不在生产中测试。
- 2. 数据基于  $V_{CC}=3.0V$  条件给出。
- 3. 主机模式最大分频系数为  $PCLK/2$ ，从机模式最大分频系数为  $PCLK/4$ 。

SPI 接口信号的波形和时序参数如下：

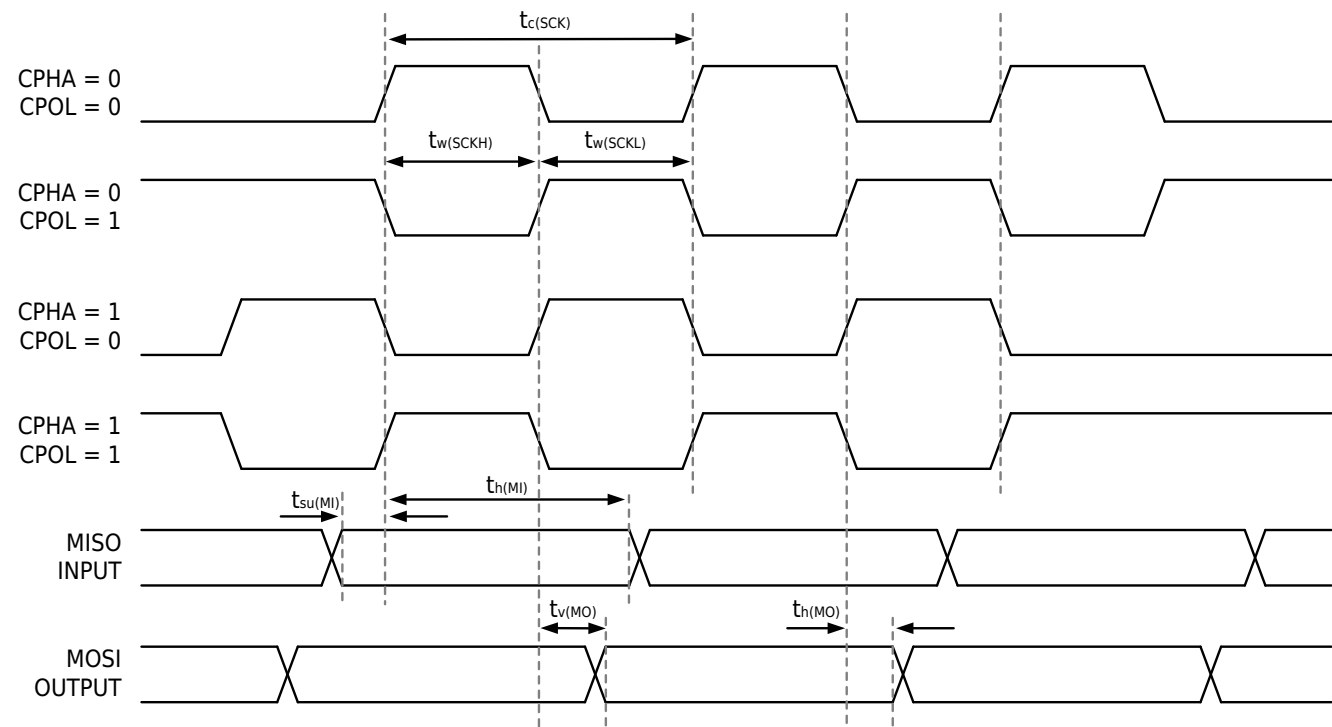


图 5-11 SPI 时序图（主机模式）

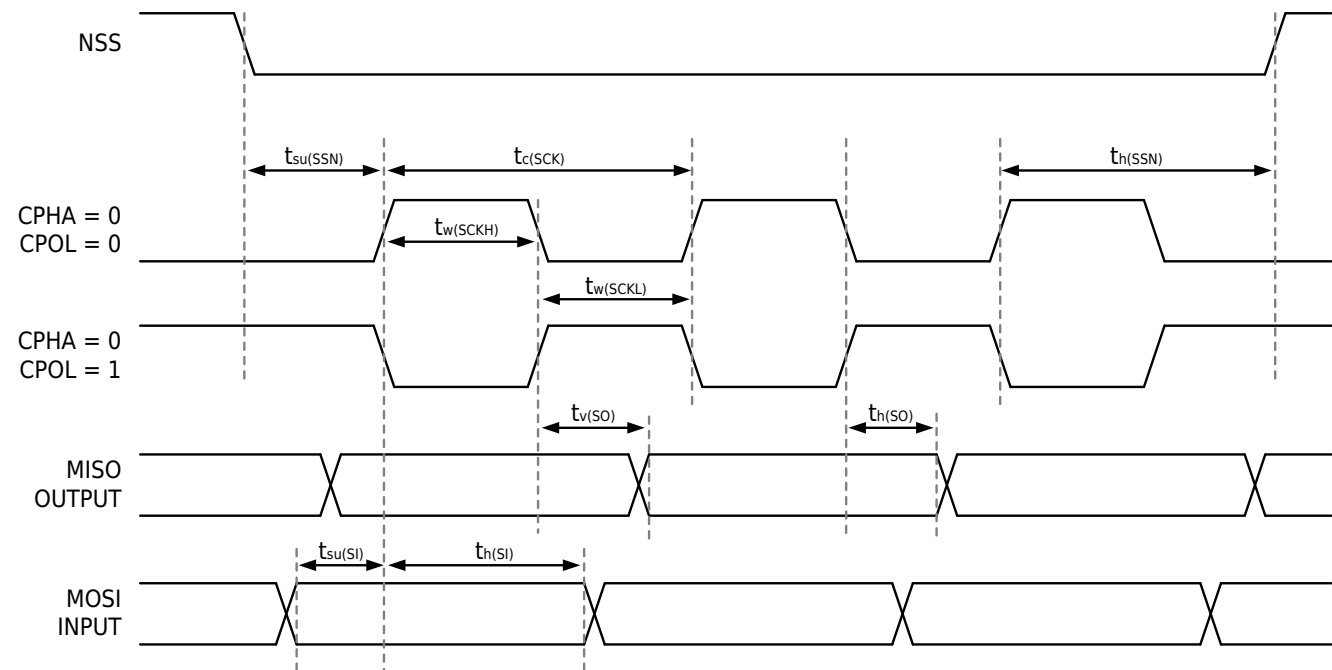


图 5-12 SPI 时序图（从机模式 CPHA=0）

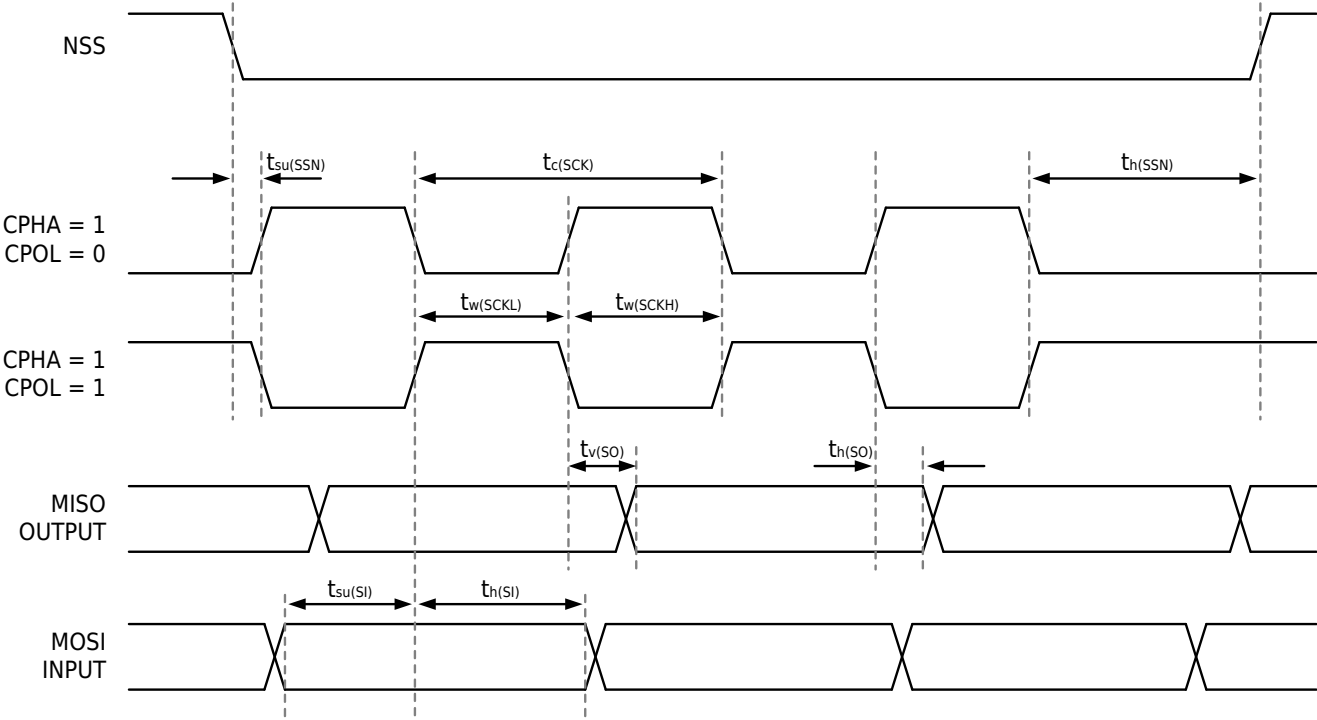
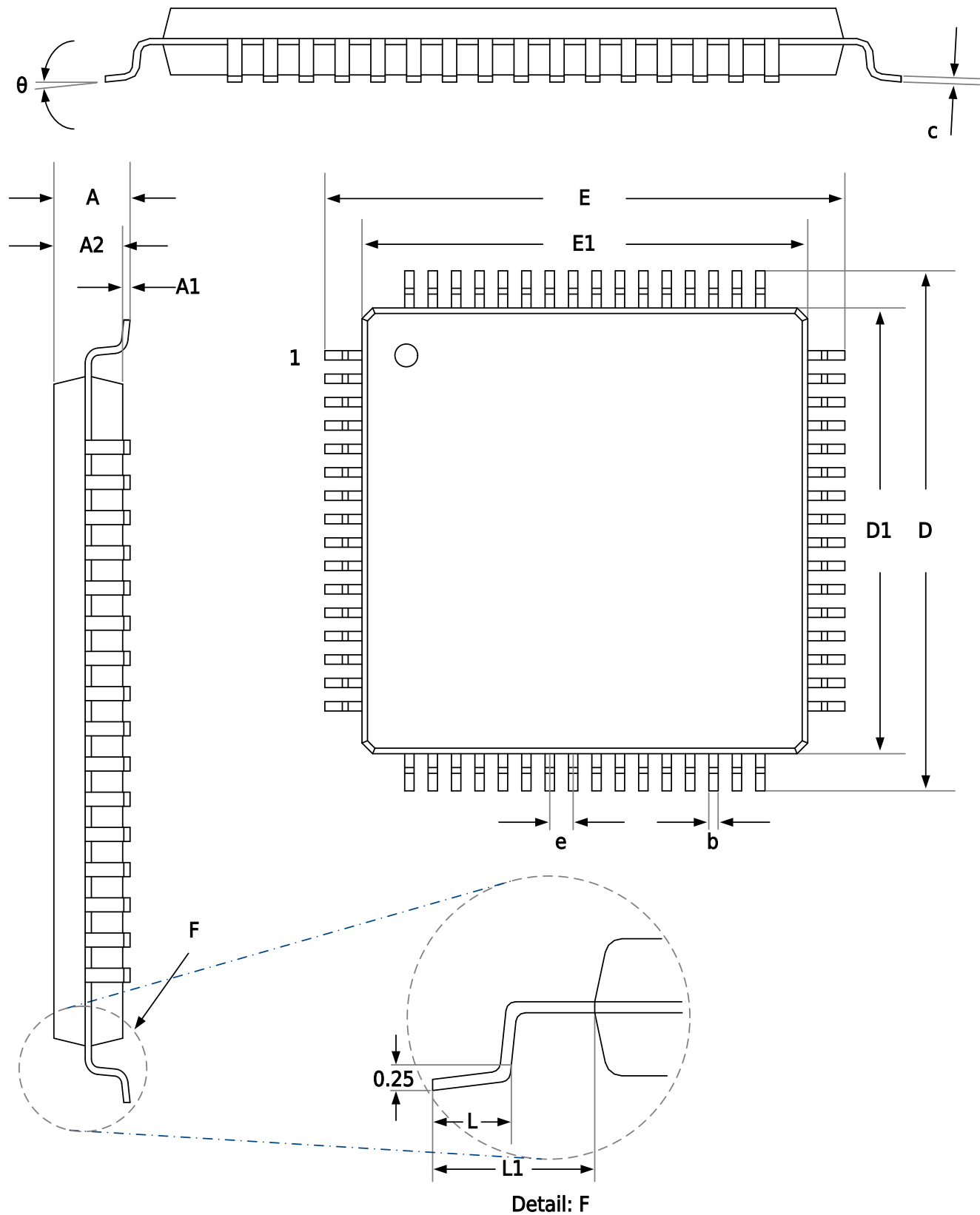


图 5-13 SPI 时序图（从机模式 CPHA=1）

6 封装信息

6.1 封装尺寸

6.1.1 LQFP64 封装



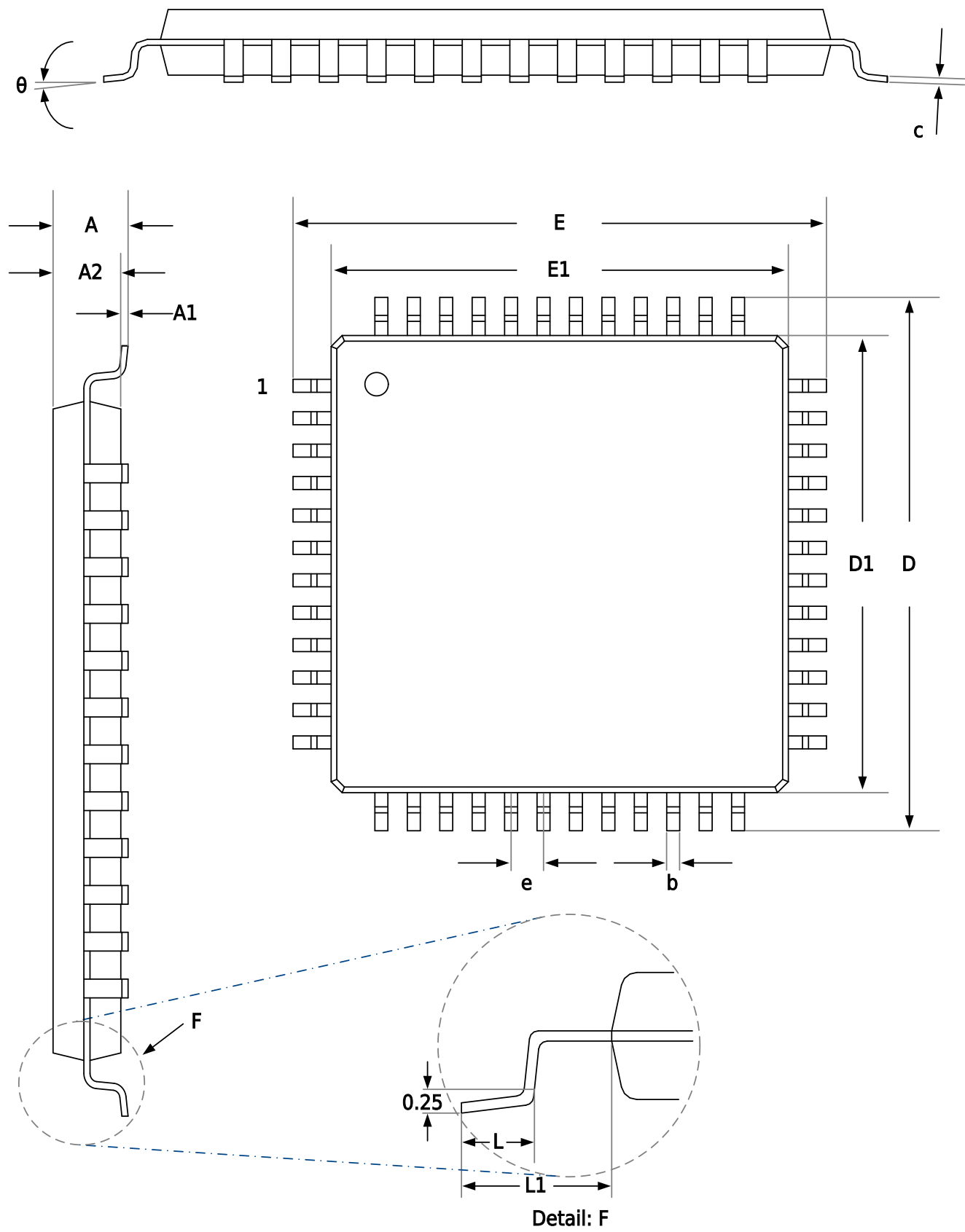
| Symbol | 10 x 10 Millimeter |       |       | 7 x 7 Millimeter |      |      |
|--------|--------------------|-------|-------|------------------|------|------|
|        | Min                | Nom   | Max   | Min              | Nom  | Max  |
| A      | --                 | --    | 1.60  | --               | --   | 1.60 |
| A1     | 0.05               | --    | 0.15  | 0.05             | --   | 0.15 |
| A2     | 1.35               | 1.40  | 1.45  | 1.35             | 1.40 | 1.45 |
| b      | 0.17               | 0.22  | 0.27  | 0.16             | 0.20 | 0.25 |
| c      | 0.09               | --    | 0.20  | 0.09             | --   | 0.20 |
| D      | 11.80              | 12.00 | 12.20 | 8.80             | 9.00 | 9.20 |
| D1     | 9.90               | 10.00 | 10.10 | 6.90             | 7.00 | 7.10 |
| E      | 11.80              | 12.00 | 12.20 | 8.80             | 9.00 | 9.20 |
| E1     | 9.90               | 10.00 | 10.10 | 6.90             | 7.00 | 7.10 |
| e      | 0.50BSC            |       |       | 0.40BSC          |      |      |
| L      | 0.45               | --    | 0.75  | 0.45             | --   | 0.75 |
| L1     | 1.00REF            |       |       | 1.00REF          |      |      |
| θ      | 0°                 | --    | 7°    | 0°               | --   | 7°   |



说明

D1 和 E1 尺寸不包含模具注塑产生的溢料。

6.1.2 LQFP48 封装



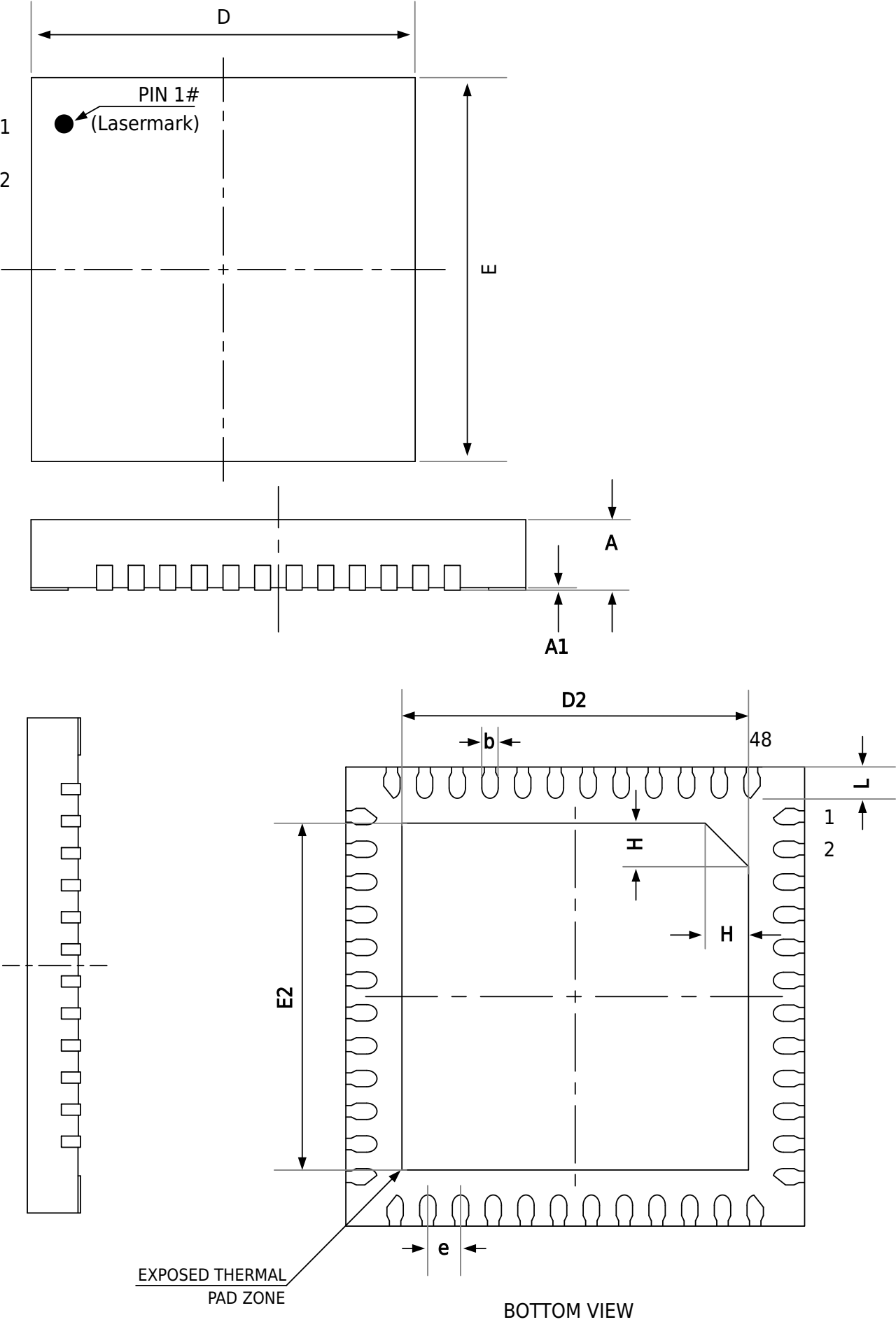
| Symbol | 7 x 7 Millimeter |      |      |
|--------|------------------|------|------|
|        | Min              | Nom  | Max  |
| A      | --               | --   | 1.60 |
| A1     | 0.05             | --   | 0.15 |
| A2     | 1.35             | 1.40 | 1.45 |
| b      | 0.17             | 0.22 | 0.27 |
| c      | 0.09             | --   | 0.20 |
| D      | 8.80             | 9.00 | 9.20 |
| D1     | 6.90             | 7.00 | 7.10 |
| E      | 8.80             | 9.00 | 9.20 |
| E1     | 6.90             | 7.00 | 7.10 |
| e      | 0.50BSC          |      |      |
| L      | 0.45             | --   | 0.75 |
| L1     | 1.00REF          |      |      |
| θ      | 0                | --   | 7°   |



说明

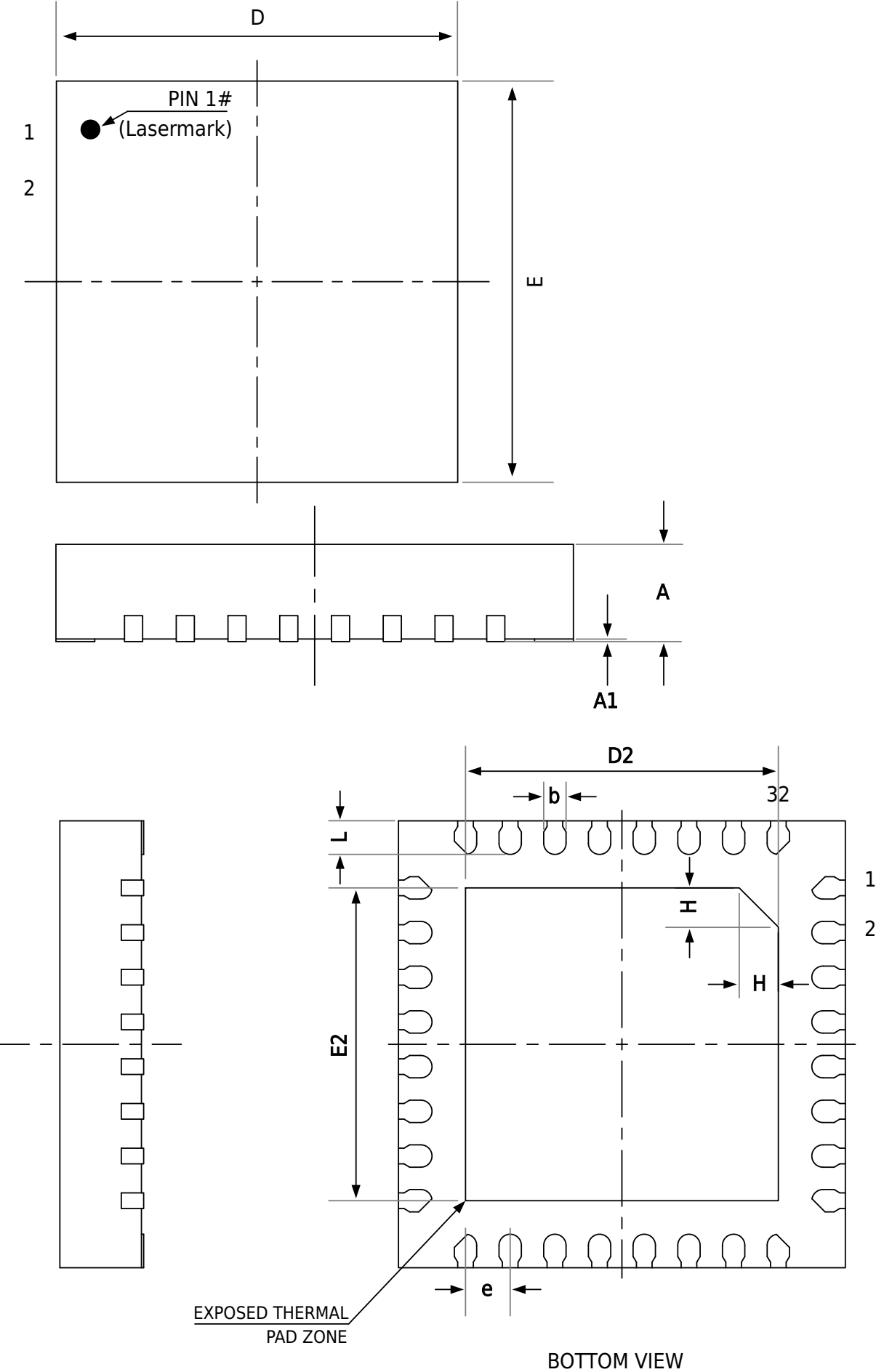
D1 和 E1 尺寸不包含模具注塑产生的溢料。

6.1.3 QFN48 封装



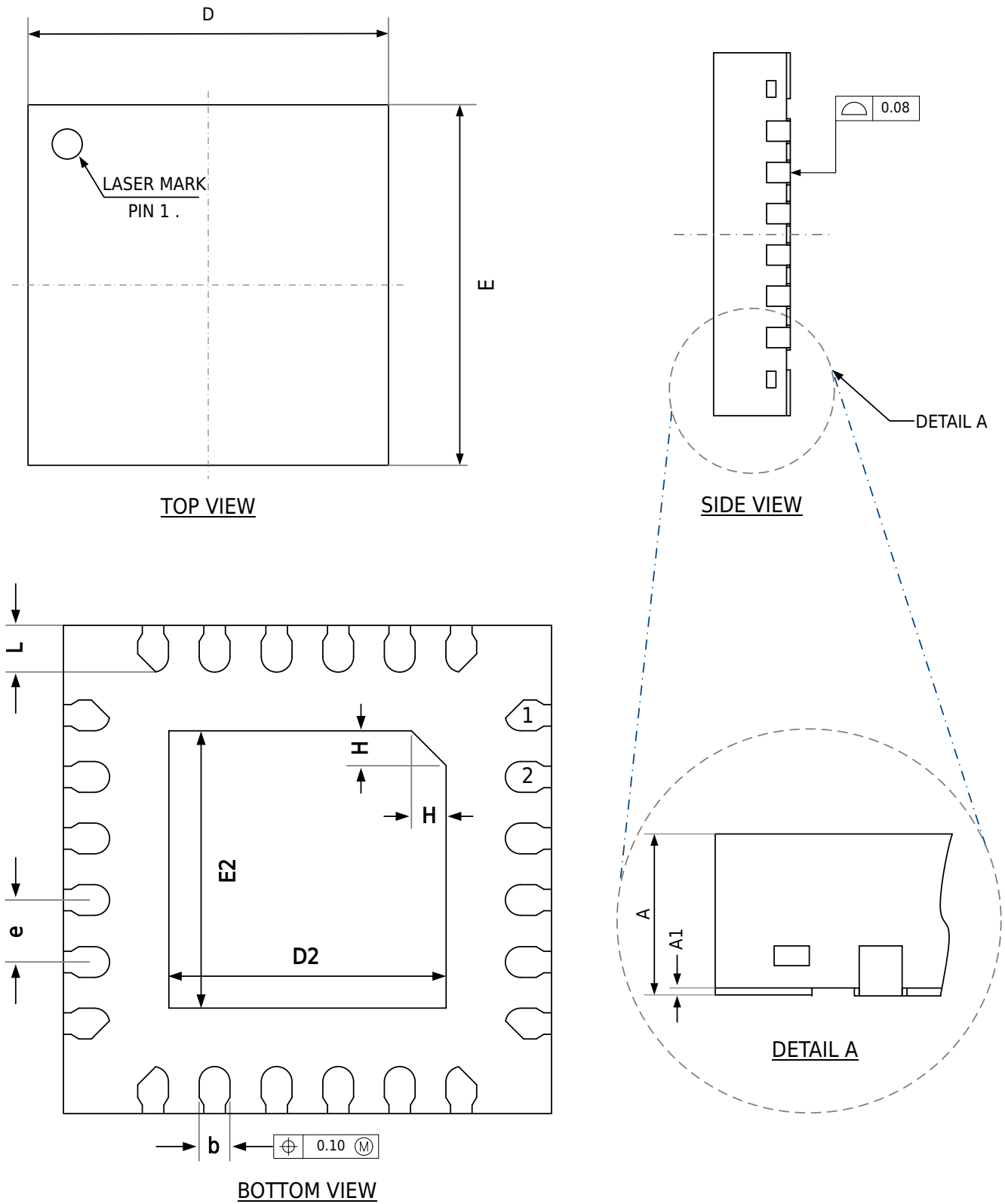
| Symbol | 5 x 5 Millimeter |      |      |
|--------|------------------|------|------|
|        | Min              | Nom  | Max  |
| A      | 0.50             | 0.55 | 0.60 |
| A1     | 0.00             | 0.02 | 0.05 |
| b      | 0.13             | 0.18 | 0.23 |
| D      | 4.90             | 5.00 | 5.10 |
| D2     | 3.60             | 3.70 | 3.80 |
| E      | 4.90             | 5.00 | 5.10 |
| E2     | 3.60             | 3.70 | 3.80 |
| e      | 0.35BSC          |      |      |
| L      | 0.30             | 0.35 | 0.40 |
| H      | 0.30REF          |      |      |

6.1.4 QFN32 封装



| Symbol | 4 x 4 Millimeter |      |      |
|--------|------------------|------|------|
|        | Min              | Nom  | Max  |
| A      | 0.70             | 0.75 | 0.80 |
| A1     | 0.00             | 0.02 | 0.05 |
| b      | 0.15             | 0.20 | 0.25 |
| D      | 3.90             | 4.00 | 4.10 |
| D2     | 2.60             | 2.70 | 2.80 |
| e      | 0.40BSC          |      |      |
| E      | 3.90             | 4.00 | 4.10 |
| E2     | 2.60             | 2.70 | 2.80 |
| L      | 0.30             | 0.40 | 0.50 |
| H      | 0.30REF          |      |      |

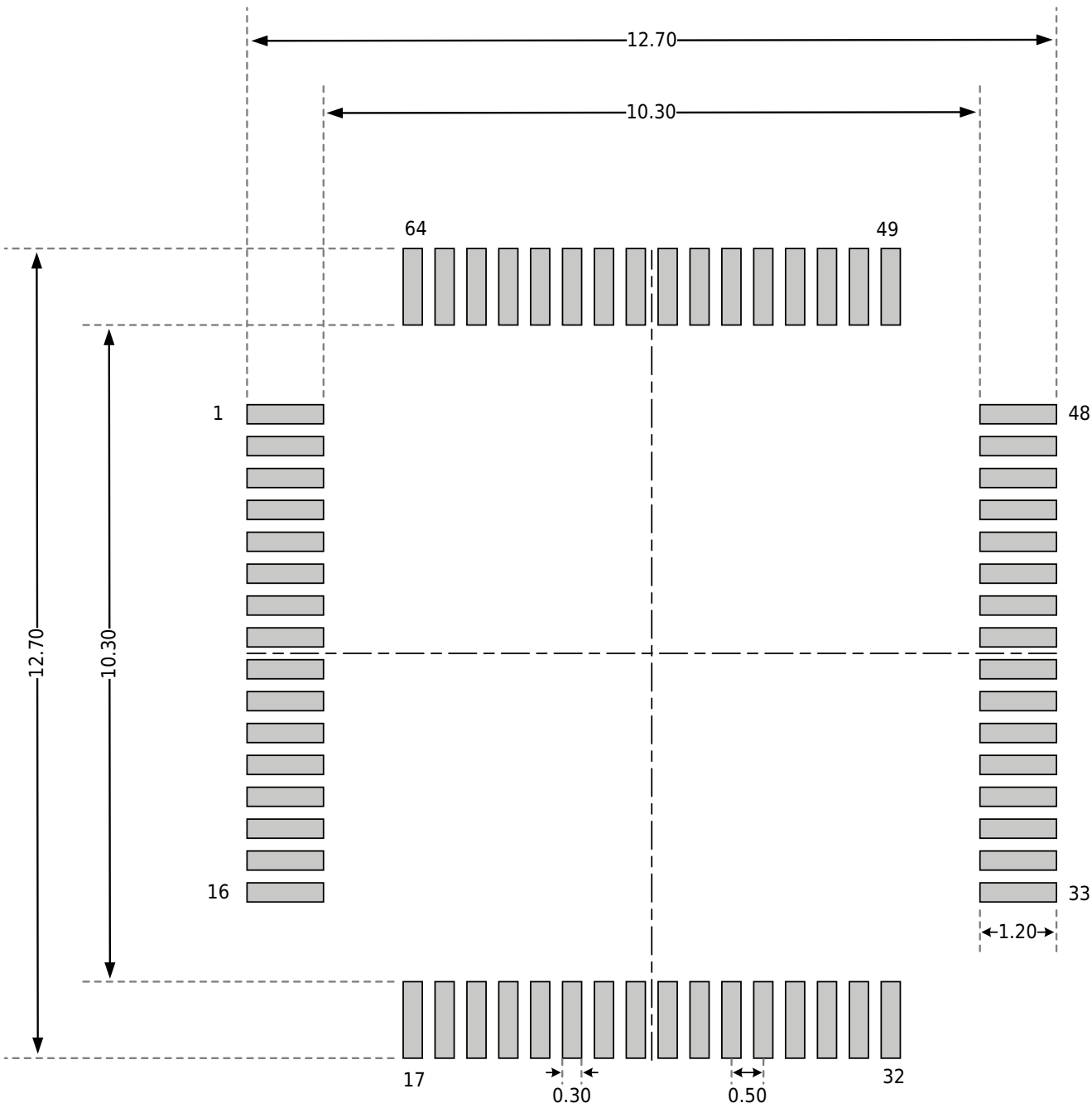
6.1.5 QFN24 封装



| Symbol | 3 x 3 Millimeter |      |      |
|--------|------------------|------|------|
|        | Min              | Nom  | Max  |
| A      | 0.50             | 0.55 | 0.60 |
| A1     | 0.00             | 0.02 | 0.05 |
| b      | 0.10             | 0.15 | 0.20 |
| D      | 2.90             | 3.00 | 3.10 |
| D2     | 1.90             | 2.05 | 2.23 |
| E      | 2.90             | 3.00 | 3.10 |
| E2     | 1.90             | 2.05 | 2.23 |
| e      | 0.30             | 0.35 | 0.40 |
| L      | 0.15             | 0.21 | 0.27 |
| H      | 0.25REF          |      |      |

6.2 焊盘示意图

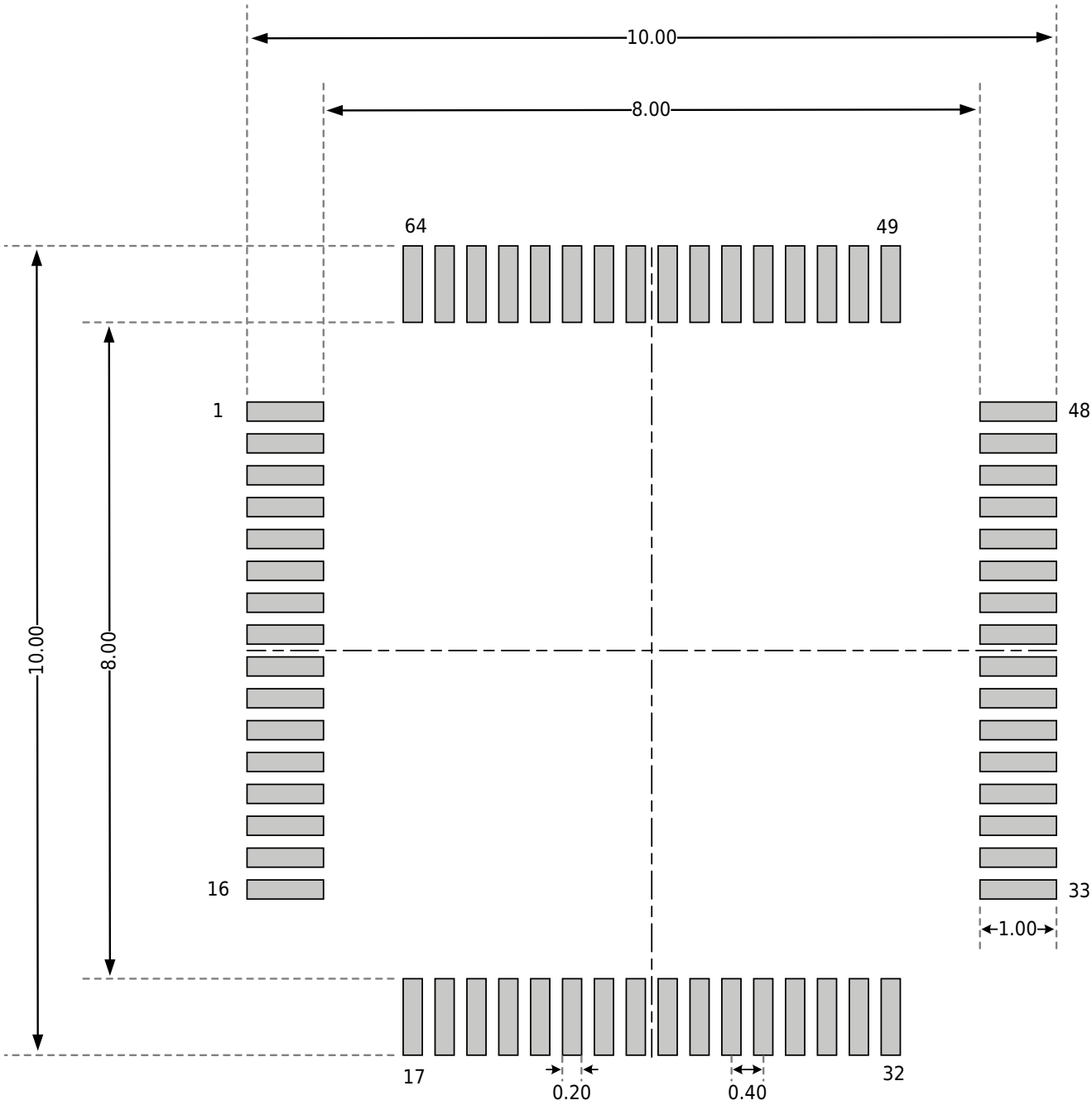
6.2.1 LQFP64 封装 (10mm x 10mm)



说明

- 尺寸单位是毫米。
- 尺寸仅做参考。

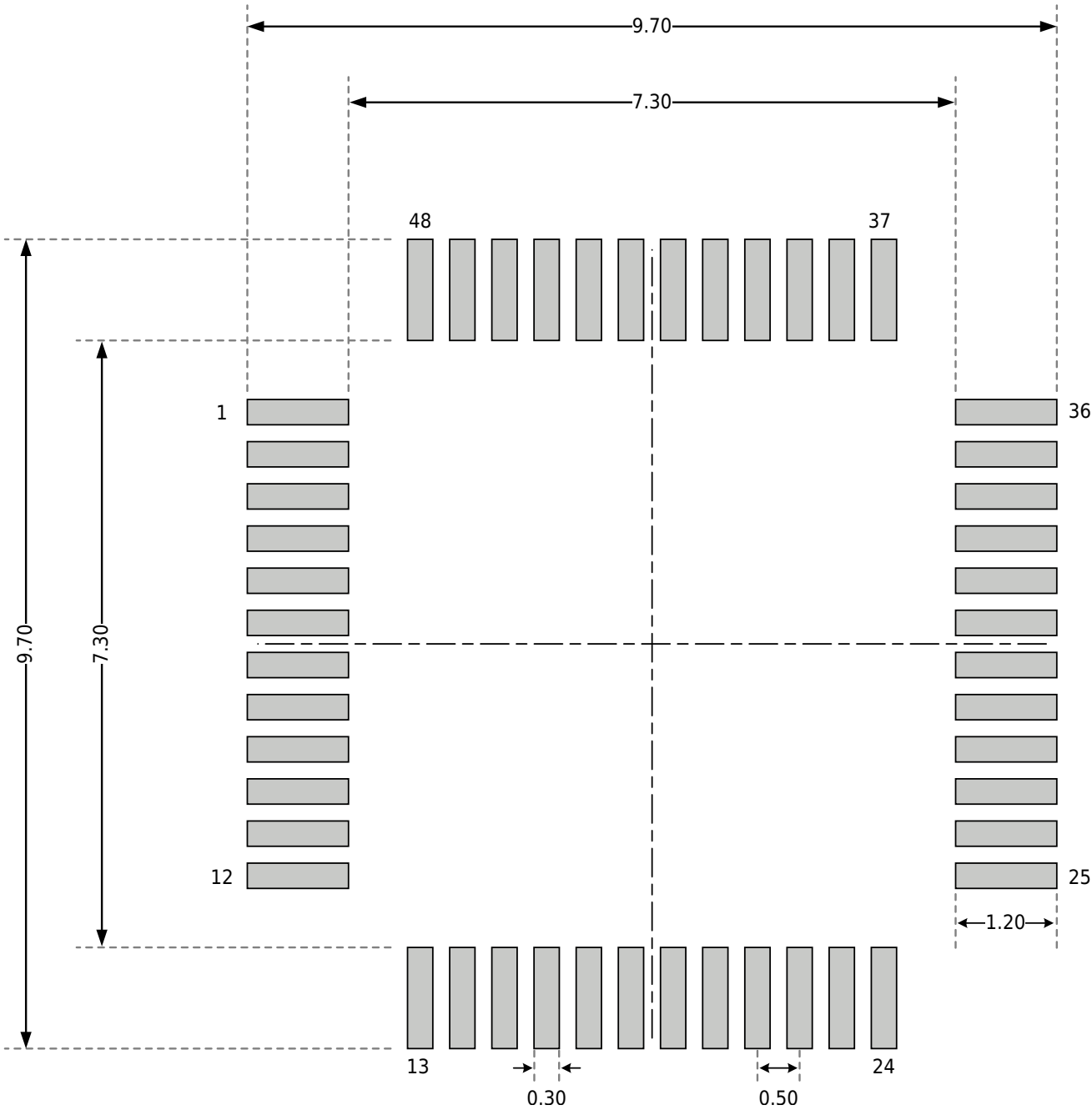
6.2.2 LQFP64 封装 (7mm x 7mm)



说明

- 尺寸单位是毫米。
- 尺寸仅做参考。

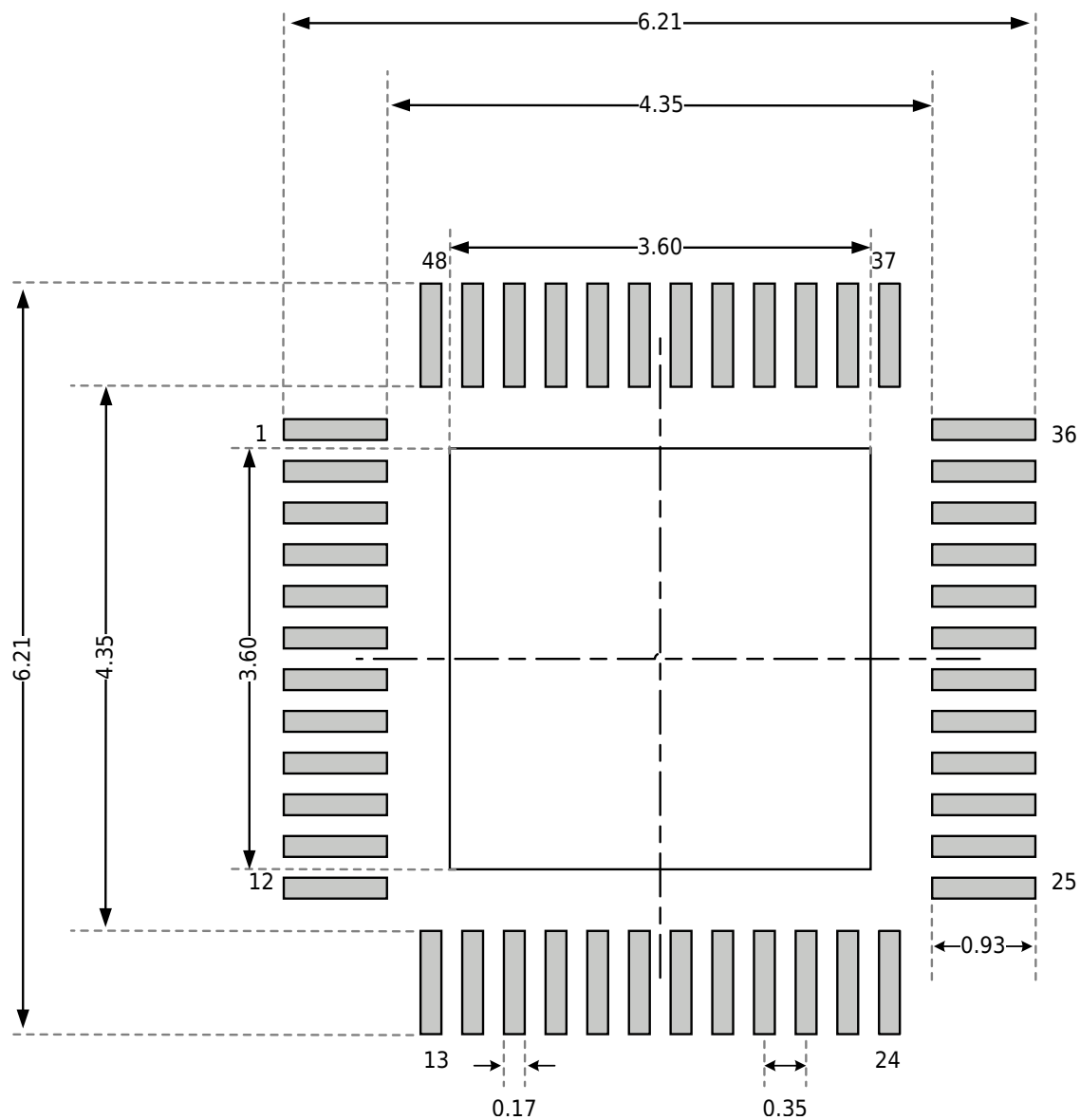
6.2.3 LQFP48 封装 (7mm x 7mm)



说明

- 尺寸单位是毫米。
- 尺寸仅做参考。

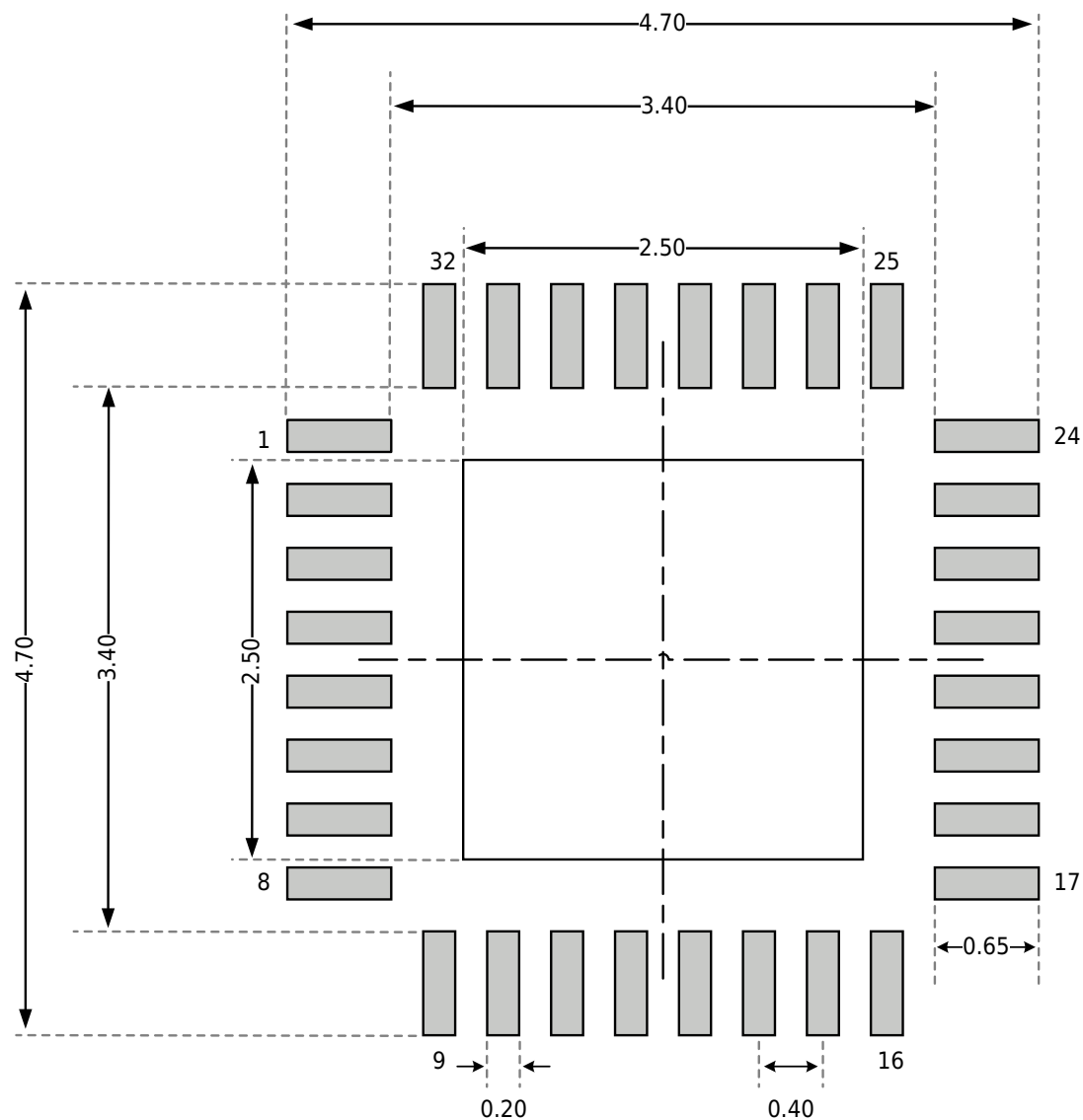
## 6.2.4 QFN48 封装 (5mm x 5mm)



## 说明

- 尺寸单位是毫米。
- 尺寸仅做参考。

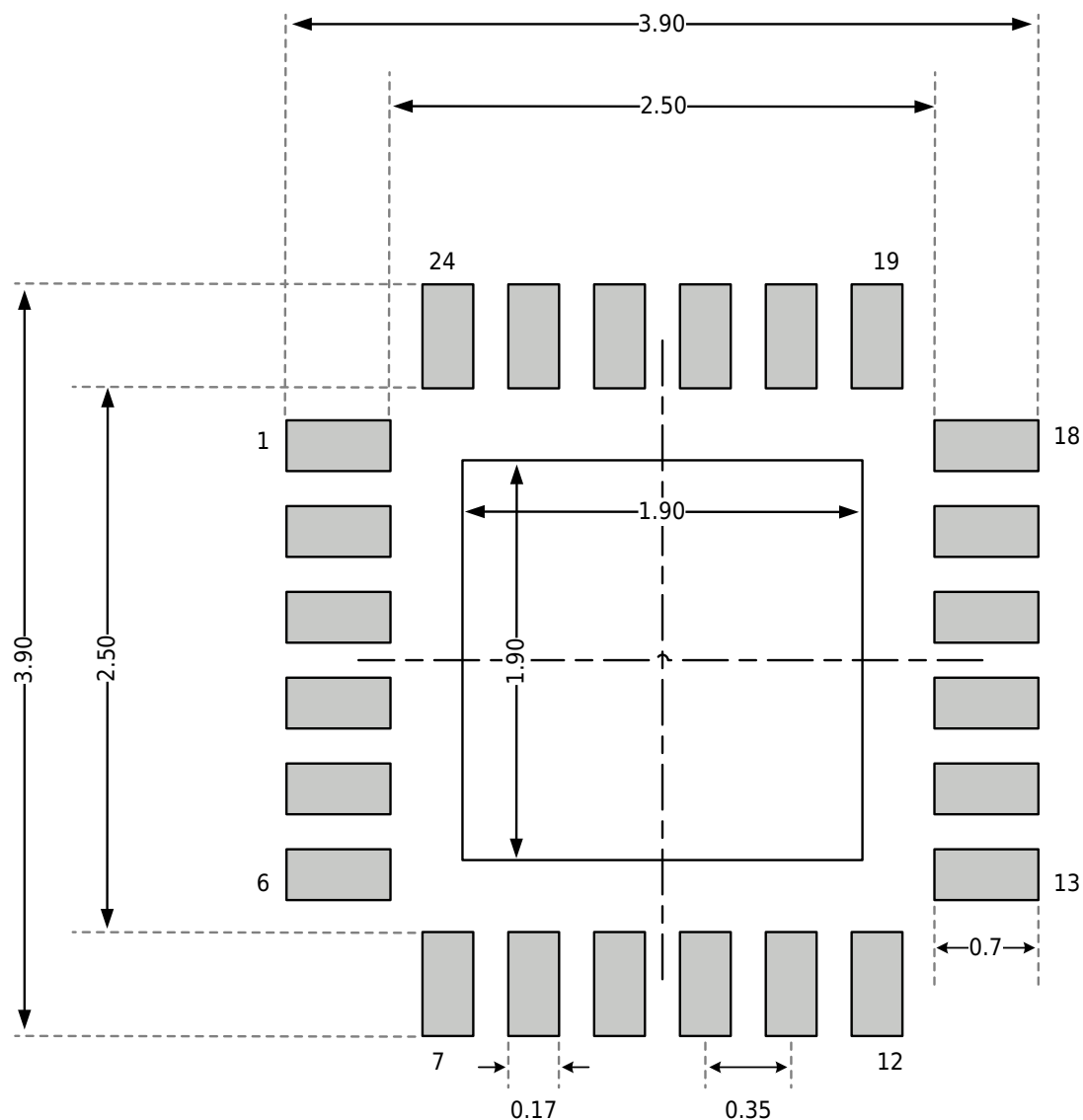
## 6.2.5 QFN32 封装 (4mm x 4mm)



## 说明

- 尺寸单位是毫米。
- 尺寸仅做参考。

### 6.2.6 QFN24 封装 (3mm x 3mm)

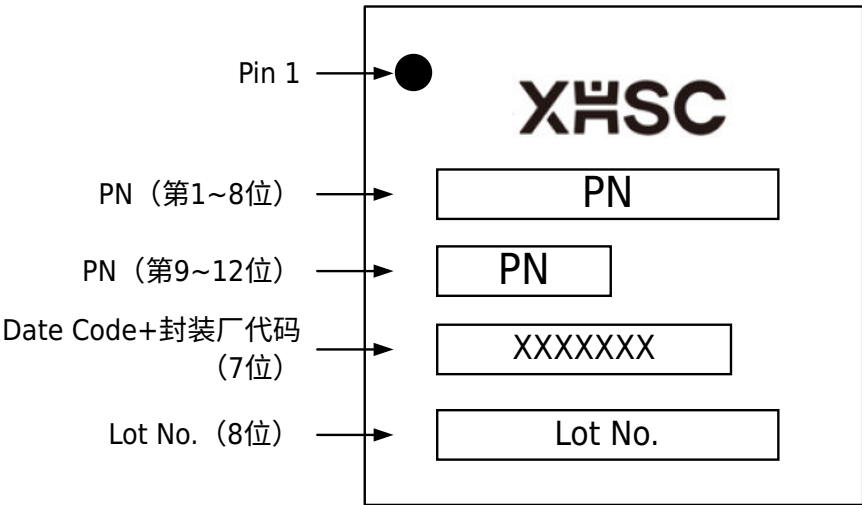


### 说明

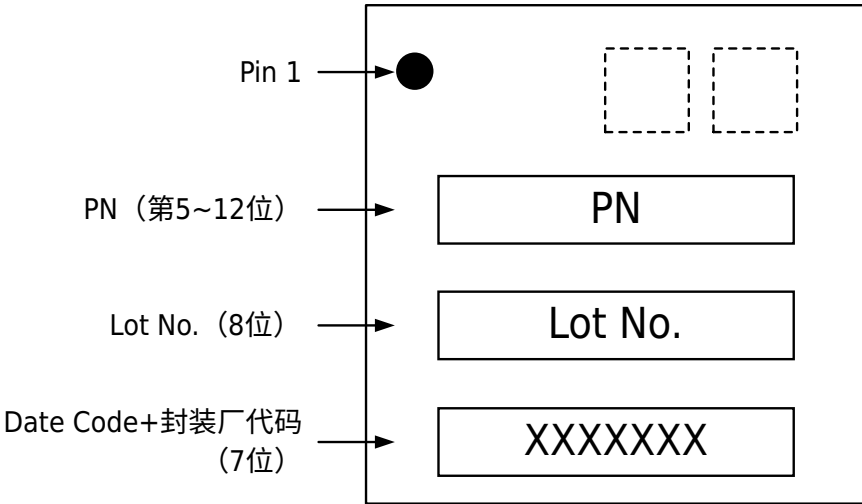
- 尺寸单位是毫米。
- 尺寸仅做参考。

6.3 丝印说明

以下给出各封装正面丝印的 Pin1 位置和信息说明。  
LQFP64 封装（10mm x 10mm） /LQFP64 封装（7mm x 7mm）  
LQFP48 封装（7mm x 7mm）



QFN48 封装（5mm x 5mm） /QFN32 封装（4mm x 4mm） /QFN24 封装（3mm x 3mm）



 **说明**

上图空白框表示与生产相关的可选标记，本节不作说明。

6.4 封装热阻系数

封装芯片在指定工作环境温度下工作时，芯片表面的结温  $T_j$ （℃）可以按照下面的公式计算：

$T_j = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$

- $T_A$  是指封装芯片工作时的环境温度，单位是℃；
- $\theta_{JA}$  是指封装对工作环境的热阻系数，单位是℃/W；
- $P_D$  等于芯片的内部功耗（ $P_{INT}$ ）和芯片工作时 I/O 引脚产生的功耗（ $P_{IO}$ ）之和，单位是 W。

$P_D = P_{INT} + P_{IO}$

- ▶  $P_{INT}$  是芯片的内部功耗，产品的  $I_{VCC}$  与  $V_{CC}$  的乘积。
- ▶  $P_{IO}$  是芯片所有输出 IO 的功耗，计算公式为： $P_{IO} = \Sigma(V_{OL} * I_{OL}) + \Sigma((V_{CC} - V_{OH}) * I_{OH})$

芯片在指定工作环境温度下工作时芯片表面的结温  $T_j$ ，不可以超出芯片可容许的最大结温度  $T_{jmax}$ 。

表 6-6 各封装热阻系数参考表

| 封装类型及尺寸                        | 热阻系数 ( $\theta_{JA}$ ) | 单位                   |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|
| LQFP64 10mm x 10mm/0.5mm pitch | $65 \pm 10\%$          | $^{\circ}\text{C/W}$ |
| LQFP64 7mm x 7mm/0.4mm pitch   | $75 \pm 10\%$          | $^{\circ}\text{C/W}$ |
| LQFP48 7mm x 7mm/0.5mm pitch   | $75 \pm 10\%$          | $^{\circ}\text{C/W}$ |
| QFN48 5mm x 5mm/0.35mm pitch   | $42 \pm 10\%$          | $^{\circ}\text{C/W}$ |
| QFN32 4mm x 4mm/0.4mm pitch    | $53 \pm 10\%$          | $^{\circ}\text{C/W}$ |
| QFN24 3mm x 3mm/0.35mm pitch   | $70 \pm 10\%$          | $^{\circ}\text{C/W}$ |

## 7 订购信息

| 商业代码            | HC32L126KATB-LQFP64 | HC32L126KATB-LQ64 | HC32L126JATB-LQ48 | HC32L121JAUB-ZFN48TR | HC32L121FAUB-QFN32TR | HC32L121DAUB-UFN24TR |
|-----------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| GPIO            | 56                  | 56                | 40                | 40                   | 26                   | 20                   |
| 内核              | Cortex-M0+          | Cortex-M0+        | Cortex-M0+        | Cortex-M0+           | Cortex-M0+           | Cortex-M0+           |
| 主频              | 48MHz               | 48MHz             | 48MHz             | 48MHz                | 48MHz                | 48MHz                |
| Flash           | 128KB               | 128KB             | 128KB             | 128KB                | 128KB                | 128KB                |
| RAM             | 16KB                | 16KB              | 16KB              | 16KB                 | 16KB                 | 16KB                 |
| 工作电压            | 1.8~5.5V            | 1.8~5.5V          | 1.8~5.5V          | 1.8~5.5V             | 1.8~5.5V             | 1.8~5.5V             |
| 工作温度            | -40~105℃            | -40~105℃          | -40~105℃          | -40~105℃             | -40~105℃             | -40~105℃             |
| DMA             | 1*2ch               | 1*2ch             | 1*2ch             | 1*2ch                | 1*2ch                | 1*2ch                |
| 低功耗定时器          | 2                   | 2                 | 2                 | 2                    | 2                    | 2                    |
| 通用定时器           | 4                   | 4                 | 4                 | 4                    | 4                    | 4                    |
| 实时时钟定时器         | 1                   | 1                 | 1                 | 1                    | 1                    | 1                    |
| IWDT            | 1                   | 1                 | 1                 | 1                    | 1                    | 1                    |
| WWDT            | 1                   | 1                 | 1                 | 1                    | 1                    | 1                    |
| LPUART          | 3                   | 3                 | 3                 | 3                    | 1                    | 1                    |
| USART           | 2                   | 2                 | 2                 | 2                    | 2                    | 1                    |
| LIN             | √                   | √                 | √                 | √                    | √                    | √                    |
| ISO7816         | √                   | √                 | √                 | √                    | √                    | √                    |
| I2C             | 3                   | 3                 | 3                 | 3                    | 3                    | 3                    |
| SPI             | 2                   | 2                 | 2                 | 2                    | 1                    | 1                    |
| 12-bit ADC      | 1*16ch              | 1*16ch            | 1*10ch            | 1*10ch               | 1*7ch                | 1*6ch                |
| VC              | 2                   | 2                 | 2                 | 2                    | 2                    | 2                    |
| 段码 LCD          | 4*40/6*38/8*36      | 4*40/6*38/8*36    | 4*26              | -                    | -                    | -                    |
| LVD             | 1                   | 1                 | 1                 | 1                    | 1                    | 1                    |
| CRC             | 1                   | 1                 | 1                 | 1                    | 1                    | 1                    |
| AES             | 1                   | 1                 | 1                 | 1                    | 1                    | 1                    |
| TRNG            | 1                   | 1                 | 1                 | 1                    | 1                    | 1                    |
| 封装形式<br>(mm*mm) | LQFP64(10*10)       | LQFP64(7*7)       | LQFP48(7*7)       | QFN48(5*5)           | QFN32(4*4)           | QFN24(3*3)           |
| 包装方式            | Tray                | Tray              | Tray              | Tray                 | Tape & Reel          | Tape & Reel          |
| 脚间距             | 0.5mm               | 0.4mm             | 0.5mm             | 0.35mm               | 0.4mm                | 0.35mm               |
| 产品厚度            | 1.4mm               | 1.4mm             | 1.4mm             | 0.55mm               | 0.75mm               | 0.55mm               |

订购前，请联系销售窗口咨询最新量产信息。

版本记录

| 文档版本日期                | 修改说明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rev1.20<br>2026/08/28 | <div>1. 典型应用电路图：去耦电容描述优化；</div> <div>2. 电气特性：“绝对最大额定值”章节，电压电流表合一；“I/O 端口特性-输入特性”章节，新增低电压电平识别特性表格；“ADC 特性”章节补充支持 Buffer 后的数据；</div> <div>3. 封装信息：“焊盘示意图”章节删除冗余数据；</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Rev1.10<br>2026/02/12 | <div>1. 新增 QFN24 产品：HC32L121DAUB-UFN24TR，相关章节修改产品支持情况描述。</div> <div>2. 功能描述：“编程模式”章节优化 BOOT 引脚相关编程描述；</div> <div>3. 引脚配置及功能：“模块信号说明”章节新增 TIMx_BK 信号；</div> <div>4. 典型应用电路图：新增 BOOT 引脚相关说明；</div> <div>5. 电气特性：“通用工作条件”章节删除功率耗散相关说明，<math>T_A</math> 角标以及相关注释说明移除；“上电和掉电时的工作条件”章节 VCC 下降速率最大值由“1”修改为“0.05”；新增章节“从低功耗模式唤醒的时间”；“外部高速晶振 XTH”章节 <math>I_{dd}</math> 数据刷新，<math>T_{start}</math> 参数典型值由“2”修改为“1.5”；“内部高速时钟 RCH”章节 Dev 数据条件移除频率信息；“外部低速晶振 XTL”章节 <math>C_{Lx}</math> 最小值修改为 4pF，注释描述优化；“内部低速时钟 RCL”章节 TRIM 参数典型值由“0.35”修改为“0.5”，Dev 参数@HPM 最大最小值由“2、-3.5”修改为“2.5、-2.5”，<math>T_{CLK}</math> 参数典型值由“120”修改为“150”，<math>DC_{CLK}</math> 参数最大最小值由“70、30”修改为“75、25”；“存储器特性”章节 <math>EC_{FLASH}</math> 参数根据新条件优化；“ADC 特性”章节 <math>E_D</math> 参数最大值由“0.9”修改为“1.5”，<math>E_L</math> 参数最大值由“1.5”修改为“2.5”；“温度传感器特性”章节 <math>\Delta T_{linearity}</math> 参数典型值由“<math>\pm 5</math>”修改为“<math>\pm 3</math>”，新增 <math>\Delta T_{error}</math> 参数；“LCD 控制器”章节 <math>I_{LCD}</math> 参数的内部电阻模式高低功耗数据修正、新增三组条件数据，<math>\Delta V_{xx}</math> 参数典型值由“<math>\pm 25</math>”修改为“<math>\pm 35</math>”；</div> <div>6. 封装信息：“封装尺寸”章节 QFN 封装删除 A2、A3、c 标识；“QFN48 封装”章节 H 值（原 h）修改为“0.30REF”；“QFN32 封装”章节 L 最小值修改为“0.30”，D2/E2 最大、最小值修改为“2.80、2.60”，H 值（原 h）修改为“0.30REF”；</div> |
| Rev1.01<br>2025/09/12 | <div>1. 功能描述：“模数转换器 ADC”章节描述由“最多 18 路输入通道”修改为“最多 19 路输入通道”，新增“1 路内部温度传感器电压”；</div> <div>2. 电气特性：新增章节“温度传感器特性”；</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Rev1.00<br>2025/09/09 | 第一次正式发布。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |