



# PY32F002B-C 系列数据手册

32 位 ARM® Cortex®-M0+ 微控制器



Puya Semiconductor (Shanghai) Co., Ltd



## 产品特性

- 内核
  - 32 位 ARM® Cortex® - M0+
  - 最高 24 MHz 工作频率
- 存储器
  - 24 KB Flash 存储器
  - 3 KB SRAM
- 时钟系统
  - 内部 24/8/4 MHz RC 振荡器 (HSI)
  - 内部 32.768 kHz RC 振荡器 (LSI)
  - 32.768 kHz 低速晶体振荡器 (LSE)
  - 外部时钟输入
- 电源管理和复位
  - 工作电压: 1.7 ~ 5.5 V
  - 低功耗模式: Sleep/Stop
  - 上电/掉电复位 (POR/PDR)
  - 欠压复位 (BOR)
- 通用输入输出 (I/O)
  - 多达 18 个 I/O, 均可作为外部中断
- 1 x 12 位 ADC
  - 支持最多 8 个外部输入通道, 3 个内部通道
  - 参考源 :内置 1.5 V/2.048 V/2.5 V 参考电压, 电源电压  $V_{CC}$
- 定时器
  - 1 个 16 位高级控制定时器 (TIM1)
  - 1 个通用的 16 位定时器 (TIM14)
  - 1 个低功耗定时器 (LPTIM), 支持从 stop 模式唤醒
  - 1 个独立看门狗定时器 (IWDG)
  - 1 个 SysTick 定时器
- 通讯接口
  - 1 个串行外设接口 (SPI)
  - 1 个通用同步/异步收发器 (USART), 支持自动波特率检测
  - 1 个 I<sup>2</sup>C 接口, 支持标准模式 (100 kHz)、快速模式 (400 kHz), 支持 7 位寻址模式
- 硬件 CRC-32 模块
- 2 路比较器
- 唯一 UID
- 串行调试 (SWD)
- 工作温度 (x6 版本) : -40 ~ 85 °C
- 工作温度 (x7 版本) : -40 ~ 105 °C
- 封装: TSSOP20、SOP16、SOP8

# 目录

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>产品特性</b>               | <b>2</b>  |
| <b>1. 简介</b>              | <b>5</b>  |
| <b>2. 功能概述</b>            | <b>8</b>  |
| 2.1. Arm® Cortex®-M0+ 内核  | 8         |
| 2.2. 存储器                  | 8         |
| 2.3. Boot 模式              | 8         |
| 2.4. 时钟系统                 | 9         |
| 2.5. 电源管理                 | 10        |
| 2.5.1. 电源框图               | 10        |
| 2.5.2. 电源监控               | 10        |
| 2.5.3. 电压调节器              | 11        |
| 2.5.4. 低功耗模式              | 11        |
| 2.6. 复位                   | 11        |
| 2.6.1. 电源复位               | 11        |
| 2.6.2. 系统复位               | 12        |
| 2.7. 通用输入输出 GPIO          | 12        |
| 2.8. 中断                   | 12        |
| 2.8.1. 中断控制器 NVIC         | 12        |
| 2.8.2. 扩展中断 EXTI          | 12        |
| 2.9. 模数转换器 ADC            | 13        |
| 2.10. 比较器(COMP)           | 13        |
| 2.10.1. COMP 主要特性         | 13        |
| 2.11. 定时器                 | 13        |
| 2.11.1. 高级定时器             | 14        |
| 2.11.2. 通用定时器             | 14        |
| 2.11.3. 低功耗定时器            | 14        |
| 2.11.4. IWDG              | 14        |
| 2.11.5. SysTick 定时器       | 15        |
| 2.12. I <sup>2</sup> C 接口 | 15        |
| 2.13. 通用同步异步收发器 USART     | 16        |
| 2.14. 串行外设接口 SPI          | 17        |
| 2.15. SWD                 | 17        |
| <b>3. 引脚配置</b>            | <b>18</b> |
| 3.1. 端口 A 复用功能映射          | 21        |
| 3.2. 端口 B 复用功能映射          | 21        |
| 3.3. 端口 C 复用功能映射          | 22        |
| <b>4. 存储器映射</b>           | <b>23</b> |
| <b>5. 电气特性</b>            | <b>26</b> |

|         |                        |    |
|---------|------------------------|----|
| 5.1.    | 测试条件                   | 26 |
| 5.1.1.  | 最小值和最大值                | 26 |
| 5.1.2.  | 典型值                    | 26 |
| 5.2.    | 绝对最大额定值                | 26 |
| 5.3.    | 工作条件                   | 27 |
| 5.3.1.  | 通用工作条件                 | 27 |
| 5.3.2.  | 上下电工作条件                | 27 |
| 5.3.3.  | 内嵌复位模块特性               | 27 |
| 5.3.4.  | 工作电流特性                 | 28 |
| 5.3.5.  | 低功耗模式唤醒时间              | 29 |
| 5.3.6.  | 外部时钟源特性                | 29 |
| 5.3.7.  | 内部高频时钟源 HSI 特性         | 31 |
| 5.3.8.  | 内部低频时钟源 LSI 特性         | 32 |
| 5.3.9.  | 存储器特性                  | 32 |
| 5.3.10. | EFT 特性                 | 32 |
| 5.3.11. | ESD & LU 特性            | 32 |
| 5.3.12. | 端口特性                   | 33 |
| 5.3.13. | NRST 引脚特性              | 34 |
| 5.3.14. | ADC 特性                 | 34 |
| 5.3.15. | 比较器特性                  | 35 |
| 5.3.16. | 温度传感器特性                | 35 |
| 5.3.17. | 内置参考电压特性               | 36 |
| 5.3.18. | ADC 内置参考电压特性           | 36 |
| 5.3.19. | COMP 内置参考电压特性(4 位 DAC) | 36 |
| 5.3.20. | 定时器特性                  | 37 |
| 5.3.21. | 通讯口特性                  | 37 |
| 6.      | 封装信息                   | 41 |
| 6.1.    | TSSOP20 封装尺寸           | 41 |
| 6.2.    | SOP16 封装尺寸             | 42 |
| 6.3.    | SOP8 封装尺寸              | 43 |
| 7.      | 订购信息                   | 44 |
| 8.      | 版本历史                   | 45 |

# 1. 简介

PY32F002B-C 系列微控制器采用高性能的 32 位 ARM® Cortex®-M0+ 内核，宽电压工作范围的 MCU。嵌入 24 KB Flash 和 3 KB SRAM 存储器，最高工作频率 24 MHz。包含多种不同封装类型产品。芯片集成 I<sup>2</sup>C、SPI、USART 等通讯外设，1 路 12 位 ADC，2 个 16 位定时器，以及 2 路比较器。

PY32F002B-C 系列微控制器的工作温度范围为 -40 ~ 85 °C 或 -40 ~ 105 °C，工作电压范围 1.7 ~ 5.5 V。芯片提供 sleep/stop 低功耗工作模式，可以满足不同的低功耗应用。

PY32F002B-C 系列微控制器适用于多种应用场景，例如控制器、手持设备、PC 外设、游戏和 GPS 平台、工业应用等。

表 1-1 PY32F002B-C x6 系列产品规划及特征

| 外设                   |                  | PY32F002BF15P6-C | PY32F002BL15S6-C |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|
| Flash (KB)           |                  | 24               | 24               |
| SRAM (KB)            |                  | 3                | 3                |
| 定时器                  | 高级定时器            | 1 (16-bit)       |                  |
|                      | 通用定时器            | 1 (16-bit)       |                  |
|                      | 低功耗定时器           | 1                |                  |
|                      | SysTick          | 1                |                  |
|                      | 看门狗              | 1                |                  |
| 通讯口                  | SPI              | 1                |                  |
|                      | I <sup>2</sup> C | 1                |                  |
|                      | USART            | 1                |                  |
| 通用端口                 |                  | 18               | 6                |
| ADC 通道数<br>(外部 + 内部) |                  | 8+3              | 6+3              |
| 比较器                  |                  | 2                | 1                |
| 最高主频                 |                  | 24 MHz           |                  |
| 工作温度                 |                  | -40 ~ 85 °C      |                  |
| 工作电压                 |                  | 1.7 ~ 5.5 V      |                  |
| 封装                   |                  | TSSOP20          | SOP8             |

表 1-2 PY32F002B-C x7 系列产品规划及特征

| 外设                   |                  | PY32F002BW15S7-C |
|----------------------|------------------|------------------|
| Flash (KB)           |                  | 24               |
| SRAM (KB)            |                  | 3                |
| 定时器                  | 高级定时器            | 1 (16-bit)       |
|                      | 通用定时器            | 1 (16-bit)       |
|                      | 低功耗定时器           | 1                |
|                      | SysTick          | 1                |
|                      | 看门狗              | 1                |
| 通讯口                  | SPI              | 1                |
|                      | I <sup>2</sup> C | 1                |
|                      | USART            | 1                |
| 通用端口                 |                  | 14               |
| ADC 通道数<br>(外部 + 内部) |                  | 7+3              |
| 比较器                  |                  | 2                |
| 最高主频                 |                  | 24 MHz           |
| 工作温度                 |                  | -40 ~ 105 °C     |
| 工作电压                 |                  | 1.7 ~ 5.5 V      |
| 封装                   |                  | SOP16            |

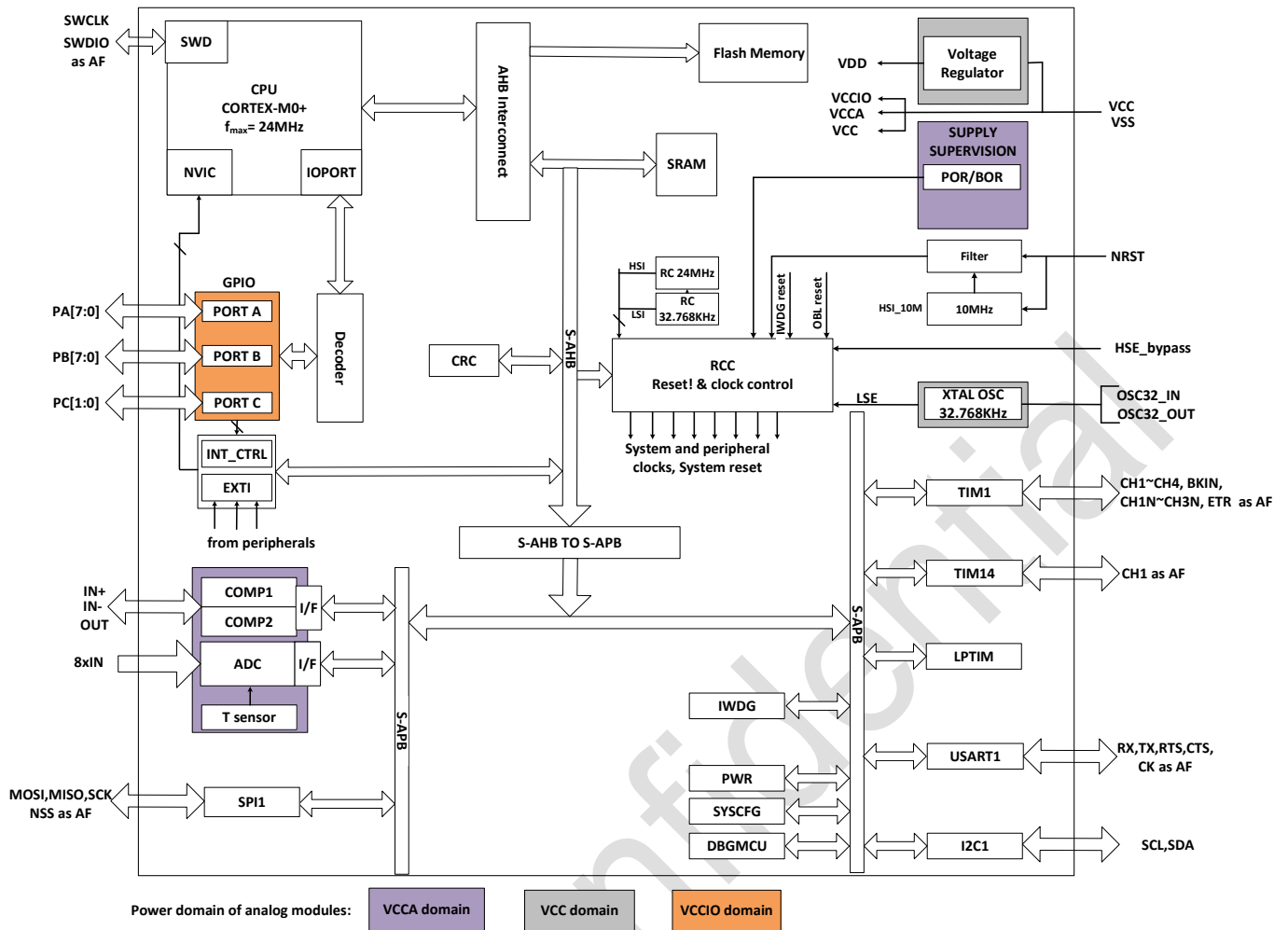


图 1-1 功能模块

## 2. 功能概述

### 2.1. Arm® Cortex®-M0+ 内核

Arm® Cortex®-M0+ 是一款为广泛的嵌入式应用设计的入门级 32 位 Arm Cortex 处理器。它为开发人员提供了显著的好处，包括：

- 结构简单，易于学习和编程
- 超低功耗，节能运行
- 精简的代码密度等

Cortex-M0+ 处理器是 32 位内核，面积和功耗优化高，为 2 级流水的冯诺伊曼架构。处理器通过精简但强大的指令集和广泛优化的设计，提供高端处理硬件，包含单周期乘法器，提供了 32 位架构计算机所期望的卓越性能，比其他 8 位和 16 位微控制器具有更高的代码密度。

Cortex-M0+ 与一个嵌套的矢量中断控制器(NVIC)紧密耦合。

### 2.2. 存储器

片内集成 SRAM。通过 byte (8 位)、half-word (16 位)或者 word (32 位)的方式可访问 SRAM。

片内集成 Flash，包含 2 个不同的物理区域组成：

- Main flash 区域，24 KB，用于存储用户程序和用户数据，另可根据客户配置可以设定最大 4 KB Load flash 作为 User bootloader 使用。
- Information 区域，768 Bytes，它包括以下部分：
  - Option bytes
  - UID bytes
  - Factory Configuration bytes
  - USER OTP memory

对 Flash main memory 的保护包括以下几种机制：

- write protection (WRP)控制，以防止不想要的写操作(由于程序存储器指针 PC 的混乱)。写保护的最小保护单位为 4 KB。
- Option byte 写保护，专门的解锁设计。

### 2.3. Boot 模式

通过配置位 nBOOT0/ nBOOT1(存放于 Option bytes 中)，可选择三种不同的启动模式，如下表所示：

表 2-1 Boot 配置

| Boot mode configuration |            | Mode                  |                       |
|-------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| nBOOT1 bit              | nBOOT0 bit | Boot memory size == 0 | Boot memory size != 0 |
| X                       | 0          | Main flash 启动         | Main flash 启动         |
| 0                       | 1          | SRAM 启动               | SRAM 启动               |
| 1                       | 1          | N/A                   | Load flash 启动         |

## 2.4. 时钟系统

CPU 启动后默认系统时钟频率为 HSI 24 MHz，在程序运行后可以重新配置系统时钟频率和系统时钟源。可以选择的时钟有：

- 24/8/4 MHz 可配置的内部高精度 HSI 时钟。
- 一个 32.768 KHz 可配置的内部 LSI 时钟。
- 4 ~ 32 MHz 外部输入时钟
- 32.768 KHz LSE 时钟。

AHB 时钟可以基于系统时钟分频，APB 时钟可以基于 AHB 时钟分频。AHB 和 APB 时钟频率最高为 24 MHz。

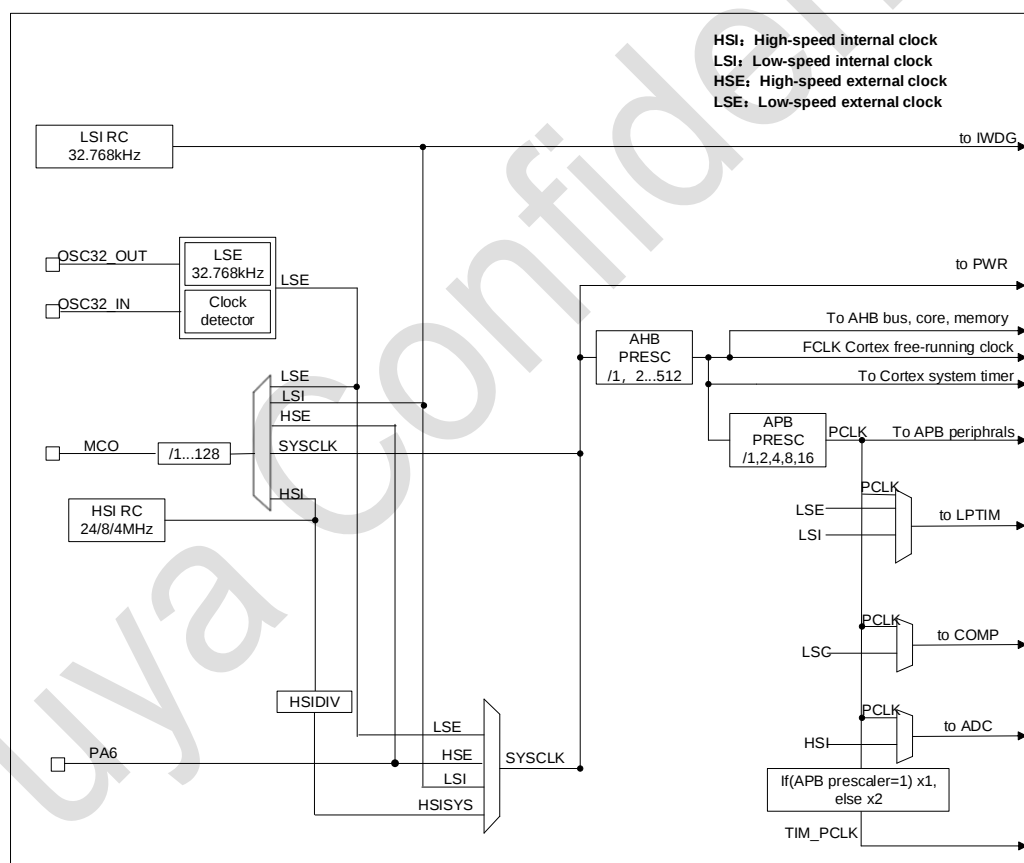


图 2-1 系统时钟结构图

2.5. 电源管理

2.5.1. 电源框图

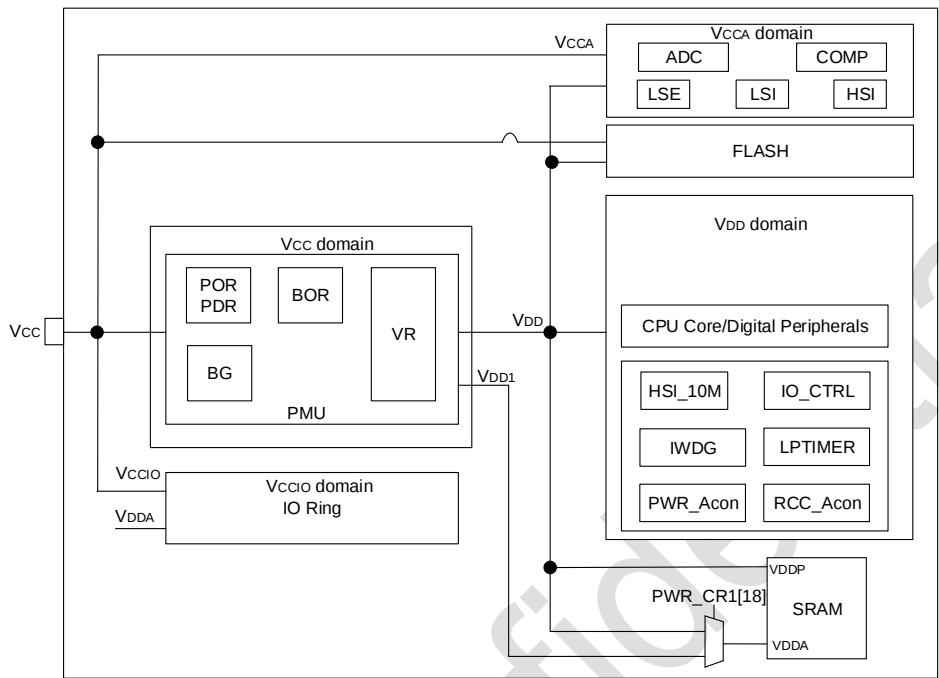


图 2-2 电源框图

表 2-2 电源框图

| 编号 | 电源    | 电源值           | 描述                                    |
|----|-------|---------------|---------------------------------------|
| 1  | VCC   | 1.7 V ~ 5.5 V | 通过电源管脚为芯片提供电源，其供电模块为：部分模拟电路。          |
| 2  | VCCA  | 1.7 V ~ 5.5 V | 给大部分模拟模块供电，来自于 VCC PAD（也可设计单独电源 PAD）。 |
| 3  | VCCIO | 1.7 V ~ 5.5 V | 给 IO 供电，来自于 VCC PAD                   |

2.5.2. 电源监控

2.5.2.1. 上下电复位(POR/PDR)

芯片内设计 Power on reset (POR)/Power down reset (PDR)模块，为芯片提供上电和下电复位。该模块在各种模式之下都保持工作。

2.5.2.2. 欠压复位(BOR)

除了 POR/PDR 外，还实现了 BOR (brown out reset)。BOR 仅可以通过 option byte 进行使能和关闭操作。

当 BOR 被打开时，BOR 的阈值可以通过 Option byte 进行选择，且上升和下降检测点都可以被单独配置。

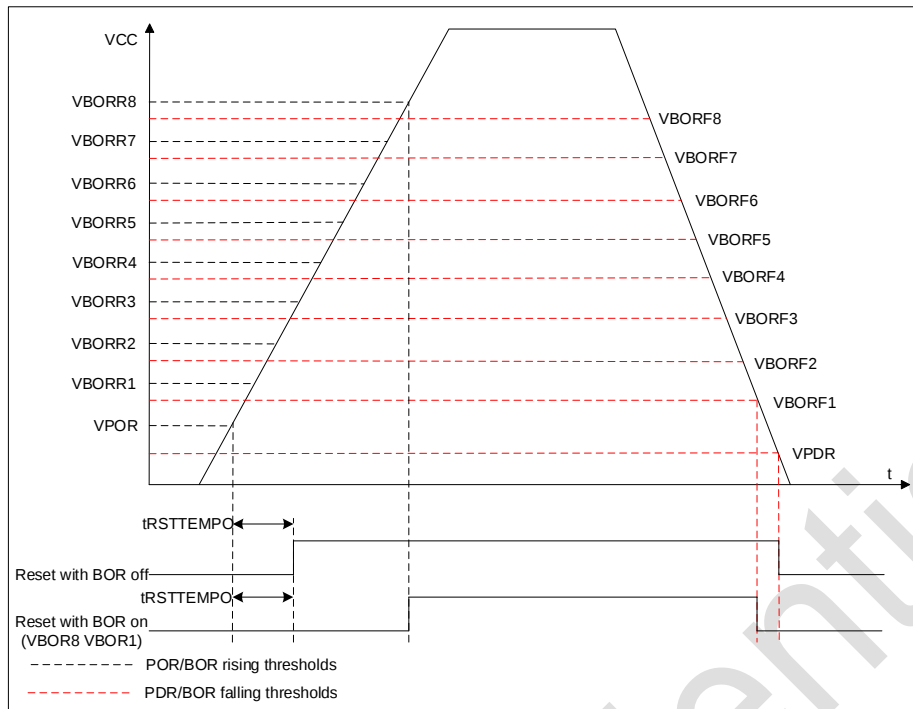


图 2-3 POR/PDR/BOR 阈值

### 2.5.3. 电压调节器

芯片设计两个电压调节器：

- MR (Main regulator)在芯片正常运行状态时保持工作。
- LPR (Low power regulator)在 stop 模式下，提供更低功耗的选择。

### 2.5.4. 低功耗模式

芯片在正常的运行模式之外，有 2 个低功耗模式：

- **Sleep mode**：CPU 时钟关闭 (NVIC, SysTick 等工作)，外设可以配置为保持工作。(建议只使能必须工作的模块，在模块工作结束后关闭该模块)
- **Stop mode**：该模式下 SRAM 和寄存器的内容保持，HSI 关闭。GPIO, IWDG, nRST, LPTIM 可以唤醒 stop 模式。

## 2.6. 复位

芯片内设计两种复位，分别是：电源复位和系统复位。

### 2.6.1. 电源复位

电源复位在以下几种情况下产生：

- 上下电复位 (POR/PDR)
- 欠压复位 (BOR)

## 2.6.2. 系统复位

当产生以下事件时，产生系统复位：

- NRST pin 的复位
- 独立看门狗复位 (IWDG)
- SYSRESETREQ 软件复位
- Option byte load 复位 (OBL)

## 2.7. 通用输入输出 GPIO

每个 GPIO 都可以由软件配置为输出 (push-pull 或者 open drain)，输入 (floating, pull-up/down, analog)，外设复用功能，锁定机制会冻结 I/O 口配置功能。

## 2.8. 中断

PY32F002B-C 通过 Cortex-M0+ 处理器内嵌的矢量中断控制器 (NVIC) 和一个扩展中断/事件控制器 (EXTI) 来处理异常。

### 2.8.1. 中断控制器 NVIC

NVIC 是 Cortex-M0+ 处理器内部紧耦合 IP。NVIC 可以处理来自处理器外部的 NMI (不可屏蔽中断)和可屏蔽外部中断，以及 Cortex-M0+ 内部异常。NVIC 提供了灵活的优先级管理。

处理器核心与 NVIC 的紧密耦合大大减少了中断事件和相应中断服务例程(ISR)启动之间的延迟。ISR 向量列在一个向量表中，存储在 NVIC 的一个基地地址。要执行的 ISR 的向量地址是由向量表基址和用作偏移量的 ISR 序号组成的。

如果高优先级的中断事件发生，而低优先级的中断事件刚好在等待响应，稍后到达的高优先级的中断事件将首先被响应。另一种优化称为尾链(tail-chaining)。当从一个高优先级的 ISR 返回时，然后启动一个挂起的低优先级的 ISR，将跳过不必要的处理器上下文的压栈和弹栈。这减少了延迟，提高了电源效率。

NVIC 特性：

- 低延时中断处理
- 4 级中断优先级
- 支持 1 个 NMI 中断
- 支持 18 个可屏蔽外部中断
- 支持 10 个 Cortex-M0+ 异常
- 高优先级中断可打断低优先级中断响应
- 支持尾链(tail-chaining)优化
- 硬件中断向量检索

### 2.8.2. 扩展中断 EXTI

EXTI 增加了处理物理线事件的灵活性，并在处理器从 stop 模式唤醒时产生唤醒事件。

EXTI 控制器有多个通道，包括最多 18 个 GPIO，2 个 COMP 输出，以及 LPTIM 唤醒信号。其中 GPIO，COMP 可以配置上升沿、下降沿或双沿触发。任何 GPIO 信号通过选择信号配置为 EXTI 0~7 通道。

每个 EXTI line 都可以通过寄存器独立屏蔽。

EXTI 控制器可以捕获比内部时钟周期短的脉冲。

EXTI 控制器中的寄存器锁存每个事件，即使是在 stop 模式下，处理器从停止模式唤醒后也能识别唤醒的来源，或者识别引起中断的 GPIO 和事件。

## 2.9. 模数转换器 ADC

芯片具有 1 个 12 位的 SAR-ADC。该模块最多支持 11 个转换通道，包括 8 个外部通道和 3 个内部通道。参考电压可选择片内电压 (1.5 V、2.048 V、2.5 V) 或  $V_{CC}$  电源。

内部通道包括：TS\_VIN, VREFINT,  $V_{CC}/3$ 。

各通道的转换模式可以设定为单次、连续、扫描、不连续模式。转换结果存储在左对齐或者右对齐的 16 位数据寄存器中。

模拟 watchdog 允许应用检测是否输入电压超出了用户定义的高或者低阈值。

ADC 实现了在低频率下运行，可获得很低的功耗。

在采样结束，转换结束，连续转换结束，模拟 watchdog 时转换电压超出阈值时产生中断请求。

## 2.10. 比较器 (COMP)

芯片内集成通用比较器 (general purpose comparators) COMP，也可以与 timer 组合在一起使用。比较器可以被如下使用：

- 被模拟信号触发，产生低功耗模式唤醒功能
- 模拟信号调节
- 当与来自 timer 的 PWM 输出连接时，Cycle by cycle 的电流控制回路

### 2.10.1. COMP 主要特性

- 每个比较器有可配置的正或者负输入，以实现灵活的电压选择
  - 多路 I/O pin
  - 电源  $V_{CC}$  和通过分压提供的 15 个分数值(1/16、2/16 ... 15/16)
  - 参考电压可选择片内电压 (1.5 V、2.048 V、2.5 V) 或  $V_{CC}$  电源，和通过分压提供的 15 个分数值(1/16、2/16 ... 15/16)
- 输出可以连接到 I/O 或者 timer 的输入作为触发
  - OCREF\_CLR 事件 (cycle by cycle 的电流控制)
  - 为快速 PWM shutdown 的刹车

## 2.11. 定时器

PY32F002B-C 不同定时器的特性如下表所示：

表 2-3 定时器特性

| 类型    | 定时器   | 位宽   | 计数方向          | 预分频       | 捕获/比较通道 | 互补输出 |
|-------|-------|------|---------------|-----------|---------|------|
| 高级定时器 | TIM1  | 16 位 | 上, 下,<br>中央对齐 | 1 ~ 65536 | 4       | 3    |
| 通用定时器 | TIM14 | 16-位 | 上             | 1 ~ 65536 | 1       | -    |

2.11.1. 高级定时器

高级定时器(TIM1)由 16 位被可编程分频器驱动自动装载计数器组成。它可以被用作各种场景，包括：输入信号(输入捕获)的脉冲长度测量，或者产生输出波形(输出比较、输出 PWM、带死区插入的互补 PWM)。

TIM1 包括 4 个独立通道，用作：

- 输入捕获
- 输出比较
- PWM 产生(边缘或者中心对齐模式)
- 单脉冲模式输出

如果 TIM1 配置为标准的 16 位计时器，则它具有与 TIMx 计时器相同的特性。如果配置为 16 位 PWM 发生器，则具有全调制能力(0 - 100%)。

在 MCU debug 模式，TIM1 可以冻结计数。

具有相同架构的 timer 特性共享，因此 TIM1 可以通过计时器链接功能与其他计时器一起工作，以实现同步或事件链接。

2.11.2. 通用定时器

- 通用定时器 TIM14 由可编程预分频器驱动的 16 位自动装载计数器构成。
- TIM14 具有 1 个独立通道用于输入捕获/输出比较，PWM 或者单脉冲模式输出。
- 在 MCU debug 模式，TIM14 可以冻结计数。

2.11.3. 低功耗定时器

- LPTIM 为 16 位向上计数器，包含 3 位预分频器。只支持单次计数。
- LPTIM 可以配置为 stop 模式唤醒源。
- 在 MCU debug 模式，LPTIM 可以冻结计数值。

2.11.4. IWDG

芯片内集成了一个独立看门狗定时器(简称 IWDG)，该模块具有高安全级别、时序精确及灵活使用的特点。IWDG 发现并解决由于软件失效造成的功能混乱，并在计数器达到指定的 timeout 值时触发系统复位。

- IWDG 由 LSI 提供时钟，这样即使主时钟失效，也能保持工作。

- IWDG 最适合需要 watchdog 作为主应用之外的独立过程，并且无很高的时序准确度限制的应用。
- 通过 option byte 的控制，可以使能 IWDG 硬件模式。
- IWDG 是 stop 模式的唤醒源，以复位的方式唤醒 stop 模式。
- 在 MCU debug 模式，IWDG 可以冻结计数值。

### 2.11.5. SysTick 定时器

SysTick 计数器专门用于实时操作系统(RTOS)，但也可以用作标准的向下计数器。

SysTick 特性：

- 24 位向下计数
- 自装载能力
- 计数器记到 0 时可产生中断(可屏蔽)

### 2.12. I<sup>2</sup>C 接口

I<sup>2</sup>C(inter-integrated circuit)总线接口连接微控制器和串行 I<sup>2</sup>C 总线。它提供多主机功能，控制所有 I<sup>2</sup>C 总线特定的顺序、协议、仲裁和时序。支持标准(Sm)、快速(Fm)。

I<sup>2</sup>C 特性：

- Slave 和 master 模式
- 多主机功能：可以做 master，也可以做 slave
- 支持不同通讯速度
  - 标准模式(Sm)：高达 100 kHz
  - 快速模式(Fm)：高达 400 kHz
- 作为 master
  - 产生 Clock
  - Start 和 Stop 的产生
- 作为 slave
  - 可编程的 I<sup>2</sup>C 地址检测
  - Stop 位的发现
- 7 位寻址模式
- 通用广播(General call)
- 状态标志位
  - 发送/接收模式标志位
  - 字节传输完成标志位
  - I<sup>2</sup>C busy 标志位
- 错误标志位
  - 主机仲裁丢失
  - 地址/数据传输后的 ACK 失效
  - Start/Stop 错误

- 过载 (overrun) / 欠载 (underrun) (时钟拉长功能禁止)
- 可选的时钟拉长功能
- 软件复位
- 模拟噪声滤波功能

## 2.13. 通用同步异步收发器 USART

通用同步异步收发器(USART)提供了一种灵活的方法与使用工业标准NRZ异步串行数据格式的外部设备之间进行全双工数据交换。USART利用分数波特率发生器提供宽范围的波特率选择。

它支持同步单向通信和半双工单线通信，它还允许多处理器通信。

支持自动波特率检测。

USART特性：

- 全双工异步通信
- NRZ 标准格式
- 可配置 16 倍或者 8 倍过采样，增加在速度和时钟容忍度的灵活性
- 发送和接收共用的可编程波特率，最高达 4.5 Mbit/s
- 自动波特率检测
- 可编程的数据长度 8 位或者 9 位
- 可配置的停止位(1 或者 2 位)
- 同步模式和为同步通讯的时钟输出功能
- 单线半双工通讯
- 独立的发送和接收使能位
- 硬件流控制
- 检测标志
  - 接收 buffer 满
  - 发送 buffer 空
  - 传输结束
- 奇偶校验控制
  - 发送校验位
  - 对接收数据进行校验
- 带标志的中断源
  - CTS 改变
  - 发送寄存器空
  - 发送完成
  - 接收数据寄存器满
  - 检测到总线空闲
  - 溢出错误
  - 帧错误
  - 噪音操作
  - 检测错误

- 多处理器通信
  - 如果地址不匹配, 则进入静默模式
- 从静默模式唤醒: 通过空闲检测和地址标志检测

## 2.14. 串行外设接口 SPI

串行外设接口(SPI)允许芯片与外部设备以半双工、全双工、单工同步的串行方式通信。此接口可以被配置成主模式, 并为外部从设备提供通信时钟(SCK)。接口还能以多主配置方式工作。

SPI特性如下:

- Master 或者 slave 模式
- 3 线全双工同步传输
- 2 线半双工同步传输(有双向数据线)
- 2 线单工同步传输(无双向数据线)
- 8 位或者 16 位传输帧选择
- 支持多主模式
- 8 个主模式波特率预分频系数(最大为 12 M)
- 从模式频率(最大为 3 M)
- 主模式和从模式下均可以由软件或硬件进行 NSS 管理: 主/从操作模式的动态改变
- 可编程的时钟极性和相位
- 可编程的数据顺序, MSB 在前或 LSB 在前
- 可触发中断的专用发送和接收标志
- SPI 总线忙状态标志
- Motorola 模式
- 可引起中断的主模式故障、过载
- 2 个 32 位 Rx 和 Tx FIFOs

## 2.15. SWD

ARM SWD接口允许串口调试工具连接到 PY32F002B-C。

### 3. 引脚配置

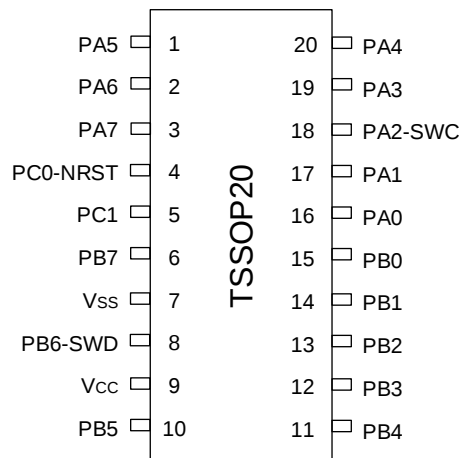


图 3-1 TSSOP20 Pinout1 PY32F002BF15P6-C (Top view)

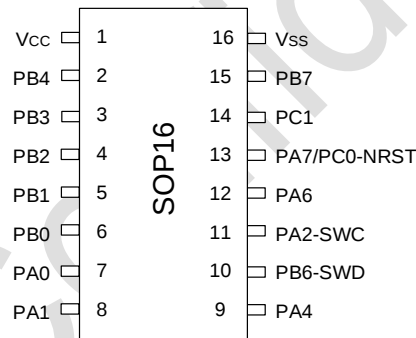


图 3-2 SOP16 Pinout1 PY32F002BW15S7-C (Top view)



图 3-3 SOP8 Pinout1 PY32F002BL15S6-C (Top view)

表 3-1 引脚定义的术语和符号

| 类型   | 符号  | 定义               |
|------|-----|------------------|
| 端口类型 | S   | Supply pin       |
|      | G   | Ground pin       |
|      | I/O | Input/output pin |
|      | NC  | 无定义              |

| 类型   |      | 符号  | 定义                              |
|------|------|-----|---------------------------------|
| 端口结构 |      | COM | 正常 5 V 端口，支持模拟输入输出功能            |
|      |      | RST | -                               |
| 注意   |      | -   | 除非有其他说明，不然所有端口都被在复位之前和之后，作为模拟输入 |
| 端口功能 | 复用功能 | -   | 通过 GPIOx_AFR 寄存器选择的功能           |
|      | 附加功能 | -   | 通过外设寄存器直接选择或使能的功能               |

表 3-2 引脚定义

|    | 封装类型       |          | 复位                              | 引脚口 | 引脚口 | 端口功能                                                  |                              |
|----|------------|----------|---------------------------------|-----|-----|-------------------------------------------------------|------------------------------|
|    | TSSOP20 F1 | SOP16 W1 |                                 |     |     | 复用功能                                                  | 附加功能                         |
| 1  | -          | -        | PA5                             | I/O | COM | USART_CK<br>TIM1_CH1<br>TIM14_CH1                     |                              |
| 2  | 12         | 6        | PA6                             | I/O | COM | SPI_NSS<br>USART_TX<br>EVENTOUT                       | ADC_IN3<br>External_clock_in |
| 3  | 13         | 7        | PA7 <sup>(4)</sup>              | I/O | COM | SPI_MOSI<br>USART_TX<br>USART_RX<br>TIM1_CH4<br>MCO   | ADC_IN4                      |
| 4  | 13         | 6        | PC0-NRST <sup>(1) (3) (4)</sup> | I/O | RST | SWDIO<br>TIM1_CH1N<br>EVENTOUT                        | NRST<br>ADC_IN5              |
| 5  | 14         | 7        | PC1                             | I/O | COM | SPI_MISO                                              | OSC32IN                      |
| 6  | 15         | -        | PB7                             | I/O | COM | SPI_MOSI<br>TIM14_CH1                                 | OSC32OUT                     |
| 7  | 16         | 8        | V <sub>SS</sub>                 | S   |     | Ground                                                |                              |
| 8  | 10         | 5        | PB6(SWDIO) <sup>(2)</sup>       | I/O | COM | SPI_MISO<br>USART_TX<br>I <sup>2</sup> C_SDA<br>SWDIO | ADC_IN6                      |
| 9  | 1          | 1        | V <sub>CC</sub>                 | S   |     | Digital power supply                                  |                              |
| 10 | -          | -        | PB5                             | I/O | COM | SPI_NSS<br>USART_RX                                   |                              |

| TSSOP20 F1 | 封装类型     |         | 复位                                       | 端口类型 | 端口结构 | 端口功能                 |          |
|------------|----------|---------|------------------------------------------|------|------|----------------------|----------|
|            | SOP16 W1 | SOP8 L1 |                                          |      |      | 复用功能                 | 附加功能     |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH3             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM14_CH1            |          |
| 11         | 2        | -       | PB4                                      | I/O  | COM  | USART_TX             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | I <sup>2</sup> C_SDA |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_BKIN            |          |
| 12         | 3        | -       | PB3                                      | I/O  | COM  | USART_CK             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | I <sup>2</sup> C_SCL |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_ETR             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | CMP1_OUT             |          |
| 13         | 4        | -       | PB2                                      | I/O  | COM  | SPI_SCK              |          |
|            |          |         |                                          |      |      | USART_CTS            |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH1N            |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH3             |          |
| 14         | 5        | 2       | PB1                                      | I/O  | COM  | USART_RTS            | ADC_IN0  |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH2N            | CMP1_INP |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH4             | CMP1_INM |
|            |          |         |                                          |      |      | MCO                  |          |
| 15         | 6        | 3       | PB0                                      | I/O  | COM  | SPI_SCK              | ADC_IN7  |
|            |          |         |                                          |      |      | USART_CK             | CMP1_INM |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH2             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH3N            |          |
| 16         | 7        | -       | PA0                                      | I/O  | COM  | SPI_MOSI             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH1             |          |
| 17         | 8        | -       | PA1                                      | I/O  | COM  | SPI_MISO             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH2             |          |
| 18         | 11       | 4       | PA2(SWCLK) <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> | I/O  | COM  | USART_RX             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | I <sup>2</sup> C_SCL |          |
|            |          |         |                                          |      |      | SWCLK                |          |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH4             |          |
|            |          |         |                                          |      |      | CMP2_OUT             |          |
| 19         | -        | -       | PA3                                      | I/O  | COM  | USART_TX             | ADC_IN1  |
|            |          |         |                                          |      |      | TIM1_CH2             | CMP2_INP |
|            |          |         |                                          |      |      |                      | CMP2_INM |
| 20         | 9        | -       | PA4                                      | I/O  | COM  | USART_RX             | ADC_IN2  |

| 封装类型       |          |         | 复位 | 引脚<br>口 | 引脚<br>口 | 端口功能                  |          |
|------------|----------|---------|----|---------|---------|-----------------------|----------|
| TSSOP20 F1 | SOP16 W1 | SOP8 L1 |    |         |         | 复用功能                  | 附加功能     |
|            |          |         |    |         |         | TIM1_CH3<br>TIM14_CH1 | CMP2_INM |

1. 选择 PC0 或者 NRST/SWDIO 是通过 option bytes 进行配置。
2. 复位后(option byte 配置 0/0,0/1,1/0 时), PB6 和 PA2 两个 pin 被配置为 SWDIO 和 SWCLK AF 功能, 前者内部上拉电阻、后者内部下拉电阻被激活。
3. 复位后(option byte 配置为 1/1 时), PC0 和 PA2 两个 pin 被配置为 SWDIO 和 SWCLK AF 功能, 前者内部上拉电阻、后者内部下拉电阻被激活。
4. 两个 IO 端口引出在同一个 pin 脚, 同一时间只能使用其中任意一个 IO 端口, 且另外一个 IO 必须配置为模拟模式 (MODEy[1:0] 为 0B11) 。

### 3.1. 端口 A 复用功能映射

表 3-3 端口 A 复用功能映射

| 端口  | AF0      | AF1      | AF2      | AF3      | AF4      | AF5       | AF6                  | AF7      |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------------------|----------|
| PA0 | SPI_MOSI | -        | TIM1_CH1 | -        | -        | -         | -                    | -        |
| PA1 | SPI_MISO | -        | TIM1_CH2 | -        | -        | -         | -                    | -        |
| PA2 | SWC      | USART_RX | TIM1_CH4 | -        | CMP2_OUT | -         | I <sup>2</sup> C_SCL | -        |
| PA3 | -        | USART_TX | TIM1_CH2 | -        | -        | -         | -                    | -        |
| PA4 | -        | USART_RX | TIM1_CH3 | -        | -        | TIM14_CH1 | -                    | -        |
| PA5 | -        | USART_CK | TIM1_CH1 | -        | -        | TIM14_CH1 | -                    | -        |
| PA6 | SPI_NSS  | USART_TX | -        | -        | -        | -         | -                    | EVENTOUT |
| PA7 | SPI_MOSI | USART_TX | TIM1_CH4 | USART_RX | MCO      | -         | -                    |          |

### 3.2. 端口 B 复用功能映射

表 3-4 端口 B 复用功能映射

| 端口  | AF0     | AF1       | AF2       | AF3       | AF4      | AF5 | AF6                  | AF7 |
|-----|---------|-----------|-----------|-----------|----------|-----|----------------------|-----|
| PB0 | SPI_SCK | USART_CK  | TIM1_CH2  | TIM1_CH3N | -        | -   | -                    | -   |
| PB1 | -       | USART_RTS | TIM1_CH2N | TIM1_CH4  | MCO      | -   | -                    | -   |
| PB2 | SPI_SCK | USART_CTS | TIM1_CH1N | TIM1_CH3  | -        | -   | -                    | -   |
| PB3 | -       | USART_CK  | TIM1_ETR  | -         | CMP1_OUT | -   | I <sup>2</sup> C_SCL | -   |

|     |          |          |           |   |   |           |                      |   |
|-----|----------|----------|-----------|---|---|-----------|----------------------|---|
| PB4 | -        | USART_TX | TIM1_BKIN | - | - | -         | I <sup>2</sup> C_SDA | - |
| PB5 | SPI_NSS  | USART_RX | TIM1_CH3  | - | - | TIM14_CH1 | -                    | - |
| PB6 | SWD      | USART_TX | SPI_MISO  | - | - | -         | I <sup>2</sup> C_SDA | - |
| PB7 | SPI_MOSI | -        | -         | - | - | TIM14_CH1 | -                    | - |

3.3. 端口 C 复用功能映射

表 3-5 端口 C 复用功能映射

| 端口  | AF0      | AF1 | AF2       | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7      |
|-----|----------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|----------|
| PC0 | SWD      | -   | TIM1_CH1N | -   | -   | -   | -   | EVENTOUT |
| PC1 | SPI_MISO | -   | -         | -   | -   | -   | -   | -        |

## 4. 存储器映射

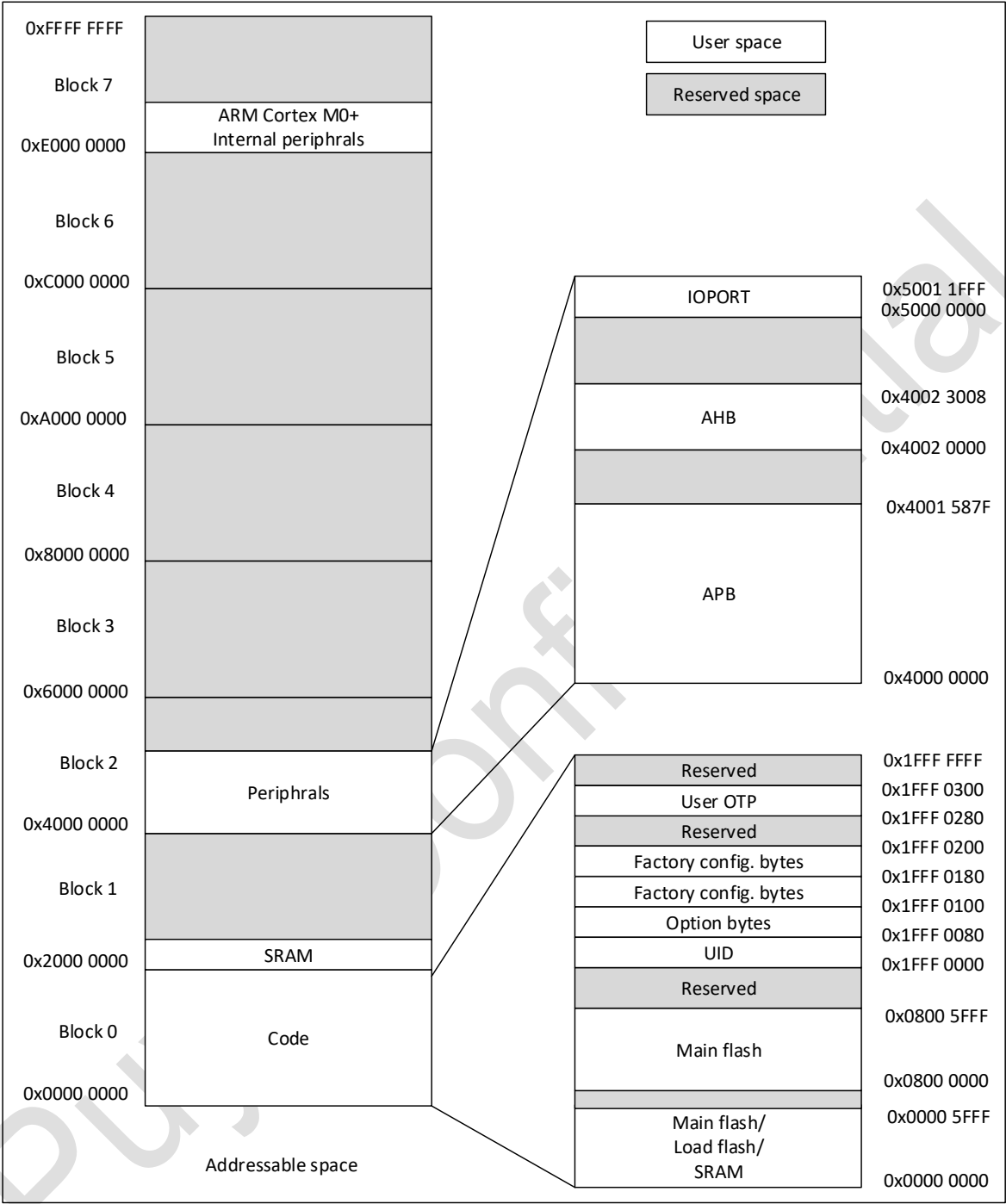


图 4-1 存储器映射

表 4-1 存储器地址

| Type | Boundary Address        | Size      | Memory Area                                                    | Description                              |
|------|-------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| SRAM | 0x2000 C000-0x3FFF FFFF | -         | 保留                                                             | -                                        |
|      | 0x2000 0000-0x2000 0BFF | 3 KB      | SRAM                                                           | -                                        |
| Code | 0x1FFF 0300-0x1FFF FFFF | -         | 保留                                                             | -                                        |
|      | 0x1FFF 0280-0x1FFF 02FF | 128 Bytes | USER OTP memory                                                | 存放用户数据                                   |
|      | 0x1FFF 0180-0x1FFF 01FF | 128 Bytes | Factory Configuration bytes                                    | 存放 trimming 数据(含 HSI trimming 数据)、上电读校验码 |
|      | 0x1FFF 0100-0x1FFF 017F | 128 Bytes | Factory Configuration bytes                                    | 存放用户用到的 HSI trimming 数据、Flash 擦写时间配置参数   |
|      | 0x1FFF 0080-0x1FFF 00FF | 128 Bytes | Option bytes                                                   | 芯片软硬件 option bytes 信息                    |
|      | 0x1FFF 0000-0x1FFF 007F | 128 Bytes | UID                                                            | Unique ID                                |
|      | 0x0800 6000-0x1FFE FFFF | -         | 保留                                                             | -                                        |
|      | 0x0800 0000-0x0800 5FFF | 24 KB     | Main flash memory                                              | -                                        |
|      | 0x0000 6000-0x07FF FFFF | -         | 保留                                                             | -                                        |
|      | 0x0000 0000-0x0000 5FFF | 24 KB     | 根据 Boot 配置选择:<br>1.Main flash memory<br>2.Load flash<br>3.SRAM | -                                        |

注：标注为**保留**的空间，无法进行写操作，读为 0，且产生 response error。

表 4-2 外设寄存器地址

| 总线     | 边界地址                    | 大小   | 外设    |
|--------|-------------------------|------|-------|
|        | 0xE000 0000-0xE00F FFFF | -    | M0+   |
| IOPORT | 0x5000 0C00-0x5FFF FFFF | -    | 保留    |
|        | 0x5000 0800-0x5000 0BFF | 1 KB | GPIOC |
|        | 0x5000 0400-0x5000 07FF | 1 KB | GPIOB |
|        | 0x5000 0000-0x5000 03FF | 1 KB | GPIOA |
| AHB    | 0x4002 3400-0x4FFF FFFF | -    | 保留    |
|        | 0x4002 300C-0x4002 33FF | 1 KB | 保留    |
|        | 0x4002 3000-0x4002 3008 |      | CRC   |
|        | 0x4002 2400-0x4002 2FFF | -    | 保留    |
|        | 0x4002 2000-0x4002 23FF | 1 KB | Flash |
|        | 0x4002 1C00-0x4002 1FFF | -    | 保留    |
|        | 0x4002 1900-0x4002 1BFF | 1 KB | 保留    |
|        | 0x4002 1800-0x4002 18FF |      | EXTI  |
|        | 0x4002 1400-0x4002 17FF | -    | 保留    |
|        | 0x4002 1080-0x4002 13FF | 1 KB | 保留    |

| 总线  | 边界地址                    | 大小   | 外设               |
|-----|-------------------------|------|------------------|
|     | 0x4002 1000-0x4002 107F |      | RCC              |
|     | 0x4002 0000-0x4002 0FFF | -    | 保留               |
| APB | 0x4001 5C00-0x4001 FFFF | -    | 保留               |
|     | 0x4001 5880-0x4001 5BFF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4001 5800-0x4001 587F |      | DBG              |
|     | 0x4001 3C00-0x4001 57FF | -    | 保留               |
|     | 0x4001 381C-0x4001 3BFF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4001 3800-0x4001 3018 |      | USART1           |
|     | 0x4001 3400-0x4001 37FF | -    | 保留               |
|     | 0x4001 3010-0x4001 33FF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4001 3000-0x4001 300C |      | SPI1             |
|     | 0x4001 2C50-0x4001 2FFF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4001 2C00-0x4001 2C4C |      | TIM1             |
|     | 0x4001 2800-0x4001 2BFF | -    | 保留               |
|     | 0x4001 270C-0x4001 27FF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4001 2400-0x4001 2708 |      | ADC              |
|     | 0x4001 0400-0x4001 23FF | -    | 保留               |
|     | 0x4001 0220-0x4001 03FF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4001 0200-0x4001 021F |      | COMP1/2          |
|     | 0x4001 0000-0x4001 01FF |      | SYSCFG           |
|     | 0x4000 8000-0x4000 FFFF | -    | 保留               |
|     | 0x4000 7C28-0x4000 7FFF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4000 7C00-0x4000 7C24 |      | LPTIM            |
|     | 0x4000 7400-0x4000 7BFF | -    | 保留               |
|     | 0x4000 7018-0x4000 73FF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4000 7000-0x4000 7014 |      | PWR              |
|     | 0x4000 5800-0x4000 6FFF | -    | 保留               |
|     | 0x4000 5434-0x4000 57FF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4000 5400-0x4000 5430 |      | I <sup>2</sup> C |
|     | 0x4000 3400-0x4000 53FF | -    | 保留               |
|     | 0x4000 3014-0x4000 33FF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4000 3000-0x4000 0010 |      | IWDG             |
|     | 0x4000 2400-0x4000 2FFF | -    | 保留               |
|     | 0x4000 2054-0x4000 23FF | 1 KB | 保留               |
|     | 0x4000 2000-0x4000 0050 |      | TIM14            |
|     | 0x4000 0000-0x4000 1FFF | -    | 保留               |

## 5. 电气特性

### 5.1. 测试条件

除非特殊说明，所有的电压都以  $V_{SS}$  为基准。

#### 5.1.1. 最小值和最大值

除非特殊说明，通过在环境温度  $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $T_A = T_{A(max)}$  下进行的芯片量产测试筛选，保证在最坏的环境温度、供电电压和时钟频率条件下达到最小值和最大值。

基于表格下方注解的电特性结果、设计仿真和/或工艺参数的数据，未在生产中进行测试。最小和最大数值参考了样品测试，取平均值再加或者减三倍的标准偏差。

#### 5.1.2. 典型值

除非特殊说明，典型数据是基于  $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $V_{CC} = 3.3\text{ V}$ 。这些数据仅用于设计指导未经过测试。

典型的 ADC 精度数值是通过对一个标准批次的采样，在所有温度范围下测试得到，95%的芯片误差小于等于给出的数值。

### 5.2. 绝对最大额定值

如果加在芯片上超过以下表格给出的绝对最大值，可能会导致芯片永久性的损坏。这里只是列出了所能承受的强度分等，并不意味着在此条件下器件的功能操作无误。长时间工作在最大值条件下可能影响芯片的可靠性。

表 5-1 电压特性<sup>(1)</sup>

| 符号       | 描述           | 最小值  | 最大值            | 单位 |
|----------|--------------|------|----------------|----|
| $V_{CC}$ | 外部主供电电源      | -0.3 | 6.25           | V  |
| $V_{IN}$ | 其他 Pin 的输入电压 | -0.3 | $V_{CC} + 0.3$ | V  |

1. 电源  $V_{CC}$  和地  $V_{SS}$  引脚必须始终连接到外部允许范围内的供电系统上。

表 5-2 电流特性

| 符号            | 描述                                        | 最大值 | 单位 |
|---------------|-------------------------------------------|-----|----|
| $I_{VCC}$     | 流进 $V_{CC}$ pin 的总电流(供应电流) <sup>(1)</sup> | 120 | mA |
| $I_{VSS}$     | 流出 $V_{SS}$ pin 的总电流(流出电流) <sup>(1)</sup> | 120 | mA |
| $I_{IO(PIN)}$ | 任意 IO 的输出灌电流                              | 80  | mA |
|               | 任意 IO 的拉电流                                | 20  |    |

1. 电源  $V_{CC}$  和地  $V_{SS}$  引脚必须始终连接到外部允许范围内的供电系统上。

表 5-3 温度特性

| 符号        | 描述     | 条件    | 数值         | 单位                 |
|-----------|--------|-------|------------|--------------------|
| $T_{STG}$ | 存储温度范围 | -     | -65 ~ +150 | $^{\circ}\text{C}$ |
| $T_O$     | 工作温度范围 | x6 版本 | -40 ~ +85  |                    |
|           |        | X7 版本 | -40 ~ +105 |                    |

## 5.3. 工作条件

### 5.3.1. 通用工作条件

表 5-4 通用工作条件

| 符号         | 参数          | 条件    | 最小值  | 最大值          | 单位  |
|------------|-------------|-------|------|--------------|-----|
| $f_{HCLK}$ | 内部 AHB 时钟频率 | -     | 0    | 48           | MHz |
| $f_{PCLK}$ | 内部 APB 时钟频率 | -     | 0    | 48           | MHz |
| $V_{CC}$   | 标准工作电压      | -     | 1.7  | 5.5          | V   |
| $V_{IN}$   | IO 输入电压     | -     | -0.3 | $V_{CC}+0.3$ | V   |
| $T_A$      | 环境温度        | x6 版本 | -40  | 85           | °C  |
|            |             | X7 版本 | -40  | 105          |     |
| $T_J$      | 结温          | x6 版本 | -40  | 90           | °C  |
|            |             | X7 版本 | -40  | 110          |     |

### 5.3.2. 上下电工作条件

表 5-5 上电和掉电工作条件

| 符号        | 参数            | 条件 | 最小值 | 最大值      | 单位        |
|-----------|---------------|----|-----|----------|-----------|
| $t_{VCC}$ | $V_{CC}$ 上升速率 | -  | 0   | $\infty$ | $\mu s/V$ |
|           | $V_{CC}$ 下降速率 | -  | 20  | $\infty$ |           |

### 5.3.3. 内嵌复位模块特性

表 5-6 内嵌复位模块特性

| 符号                   | 参数        | 条件                     | 最小值                | 典型值  | 最大值                 | 单位 |
|----------------------|-----------|------------------------|--------------------|------|---------------------|----|
| $t_{RSTTEMPO}^{(1)}$ | 复位重置时间    | -                      | -                  | 4.0  | 7.5                 | ms |
| $V_{POR/PDR}$        | 上电/下电复位阈值 | 上升沿                    | 1.5 <sup>(2)</sup> | 1.6  | 1.7                 | V  |
|                      |           | 下降沿                    | 1.45               | 1.55 | 1.65 <sup>(2)</sup> | V  |
| $V_{PDRhyst}^{(1)}$  | PDR 迟滞    | -                      | -                  | 50   | -                   | mV |
| $V_{BOR}$            | BOR 阈值电压  | BOR_LEV[2:0]=000 (上升沿) | 1.7 <sup>(2)</sup> | 1.8  | 1.9                 | V  |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=000 (下降沿) | 1.6                | 1.7  | 1.8 <sup>(2)</sup>  |    |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=001 (上升沿) | 1.9 <sup>(2)</sup> | 2    | 2.1                 |    |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=001 (下降沿) | 1.8                | 1.9  | 2 <sup>(2)</sup>    |    |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=010 (上升沿) | 2.1 <sup>(2)</sup> | 2.2  | 2.3                 |    |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=010 (下降沿) | 2                  | 2.1  | 2.2 <sup>(2)</sup>  |    |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=011 (上升沿) | 2.3 <sup>(2)</sup> | 2.4  | 2.5                 |    |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=011 (下降沿) | 2.2                | 2.3  | 2.4 <sup>(2)</sup>  |    |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=100 (上升沿) | 2.5 <sup>(2)</sup> | 2.6  | 2.7                 |    |
|                      |           | BOR_LEV[2:0]=100 (下降沿) | 2.4                | 2.5  | 2.6 <sup>(2)</sup>  |    |

| 符号         | 参数     | 条件                     | 最小值                | 典型值 | 最大值                | 单位 |
|------------|--------|------------------------|--------------------|-----|--------------------|----|
|            |        | BOR_LEV[2:0]=101 (上升沿) | 2.7 <sup>(2)</sup> | 2.8 | 2.9                |    |
|            |        | BOR_LEV[2:0]=101 (下降沿) | 2.6                | 2.7 | 2.8 <sup>(2)</sup> |    |
|            |        | BOR_LEV[2:0]=110 (上升沿) | 2.9 <sup>(2)</sup> | 3   | 3.1                |    |
|            |        | BOR_LEV[2:0]=110 (下降沿) | 2.8                | 2.9 | 3 <sup>(2)</sup>   |    |
|            |        | BOR_LEV[2:0]=111 (上升沿) | 3.1 <sup>(2)</sup> | 3.2 | 3.3                |    |
|            |        | BOR_LEV[2:0]=111 (下降沿) | 3                  | 3.1 | 3.2 <sup>(2)</sup> |    |
| V_BOR_hyst | BOR 迟滞 | -                      | -                  | 100 | -                  | mV |

1. 由设计保证，不在生产中测试。
2. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

#### 5.3.4. 工作电流特性

表 5-7 运行模式电流

| 符号                    | 条件   |            |          |       |      |             | 典型值<br>(1) | 最大值 | 单位 |
|-----------------------|------|------------|----------|-------|------|-------------|------------|-----|----|
|                       | 系统时钟 | 频率         | 代码       | 运行    | 外设时钟 | Flash sleep |            |     |    |
| I <sub>cc</sub> (run) | HSI  | 24 MHz     | While(1) | Flash | ON   | DISABLE     | 1.10       | -   | mA |
|                       |      |            |          |       | OFF  | DISABLE     | 0.90       | -   |    |
|                       |      | 8 MHz      |          |       | ON   | DISABLE     | 0.70       | -   |    |
|                       |      |            |          |       | OFF  | DISABLE     | 0.50       | -   |    |
|                       |      | 4 MHz      |          |       | ON   | DISABLE     | 0.45       | -   |    |
|                       |      |            |          |       | OFF  | DISABLE     | 0.35       | -   |    |
|                       | LSI  | 32.768 kHz |          |       | ON   | DISABLE     | 160        | -   | μA |
|                       |      |            |          |       | OFF  | DISABLE     | 160        | -   |    |
|                       |      | 32.768 kHz |          |       | ON   | ENABLE      | 108        | -   |    |
|                       |      |            |          |       | OFF  | ENABLE      | 108        | -   |    |

1. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

表 5-8 sleep 模式电流

| 符号                     | 条件   |            |      |             | 典型值 <sup>(1)</sup> | 最大值 | 单位 |
|------------------------|------|------------|------|-------------|--------------------|-----|----|
|                        | 系统时钟 | 频率         | 外设时钟 | Flash sleep |                    |     |    |
| I <sub>cc(sleep)</sub> | HSI  | 24 MHz     | ON   | DISABLE     | 0.80               | -   | mA |
|                        |      |            | OFF  | DISABLE     | 0.50               | -   |    |
|                        |      | 8 MHz      | ON   | DISABLE     | 0.45               | -   |    |
|                        |      |            | OFF  | DISABLE     | 0.35               | -   |    |
|                        |      | 4 MHz      | ON   | DISABLE     | 0.35               | -   |    |
|                        |      |            | OFF  | DISABLE     | 0.30               | -   |    |
|                        | LSI  | 32.768 kHz | ON   | DISABLE     | 159                | -   | μA |
|                        |      |            | OFF  | DISABLE     | 159                | -   |    |
|                        |      | 32.768 kHz | ON   | ENABLE      | 85.3               | -   |    |

| 符号 | 条件   |    |      |             | 典型值 <sup>(1)</sup> | 最大值 | 单位 |
|----|------|----|------|-------------|--------------------|-----|----|
|    | 系统时钟 | 频率 | 外设时钟 | Flash sleep |                    |     |    |
|    |      |    | OFF  | ENABLE      | 84.8               | -   |    |

1. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

表 5-9 stop 模式电流

| 符号                     | 条件              |        |     |            | 典型值 <sup>(1)</sup> | 最大值 | 单位 |
|------------------------|-----------------|--------|-----|------------|--------------------|-----|----|
|                        | V <sub>CC</sub> | MR/LPR | LSI | 外设时钟       |                    |     |    |
| I <sub>CC</sub> (stop) | 1.7 ~ 5.5 V     | MR     | -   | -          | 75.3               | -   | μA |
|                        |                 | LPR    | ON  | IWDG+LPTIM | 1.70               | -   |    |
|                        |                 |        |     | IWDG       | 1.70               | -   |    |
|                        |                 |        |     | LPTIM      | 1.70               | -   |    |
|                        |                 |        | OFF | No         | 1.50               | -   |    |

1. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

5.3.5. 低功耗模式唤醒时间

表 5-10 低功耗模式唤醒时间

| 符号                   | 参数 <sup>(1)</sup> |        | 条件                             | 典型值 <sup>(2)</sup> | 最大值 | 单位 |
|----------------------|-------------------|--------|--------------------------------|--------------------|-----|----|
| t <sub>WUSLEEP</sub> | Sleep 的唤醒时间       |        | -                              | 0.6                | -   | μs |
| t <sub>WUSTOP</sub>  | Stop 的唤醒时间        | MR 供电  | Flash 中执行程序, HSI(24 MHz)作为系统时钟 | 6.4                | -   |    |
|                      |                   | LPR 供电 | Flash 中执行程序, HSI(24 MHz)作为系统时钟 | 10.6               | -   |    |

- 1. 唤醒时间的测量是从唤醒时间开始至用户程序读取第一条指令。
- 2. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

5.3.6. 外部时钟源特性

5.3.6.1. 外部高速时钟

在 HSE 的 bypass 模式(RCC\_CR 的 HSEEN 置位), 相应的 IO 作为外部时钟输入端口。

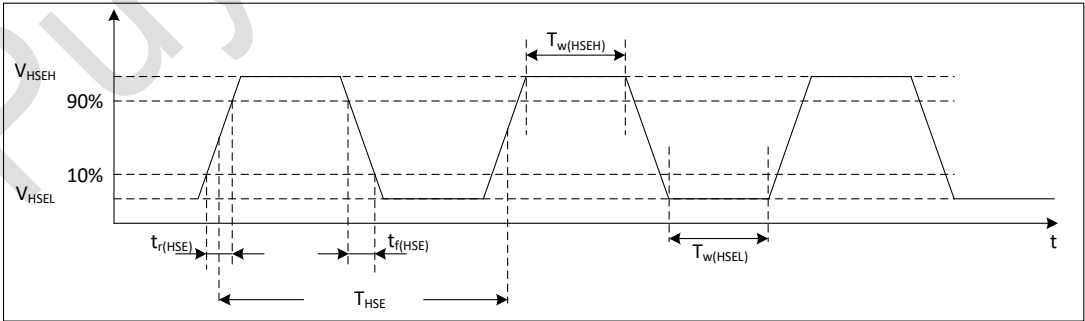


图 5-1 外部高速时钟时序图

表 5-11 外部高速时钟特性

| 符号                                             | 参数 <sup>(1)</sup> | 最小值                 | 典型值 | 最大值                 | 单位  |
|------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----|---------------------|-----|
| f <sub>HSE_ext</sub>                           | 用户外部时钟频率          | 1                   | 8   | 32                  | MHz |
| V <sub>HSEH</sub>                              | 输入引脚高电平电压         | 0.7*V <sub>CC</sub> | -   | V <sub>CC</sub>     | V   |
| V <sub>HSEL</sub>                              | 输入引脚低电平电压         | V <sub>SS</sub>     | -   | 0.3*V <sub>CC</sub> | V   |
| t <sub>w</sub> (HSEH)<br>t <sub>w</sub> (HSEL) | 输入高或低的时间          | 15                  | -   | -                   | ns  |
| t <sub>r</sub> (HSE)<br>t <sub>f</sub> (HSE)   | 输入上升/下降的时间        | -                   | -   | 20                  | ns  |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.6.2. 外部低速时钟

在 LSE 的 bypass 模式(RCC\_BDCR 的 LSEBYP 置位)，芯片内的低速起振电路停止工作，相应的 IO 作为标准的 GPIO 使用。

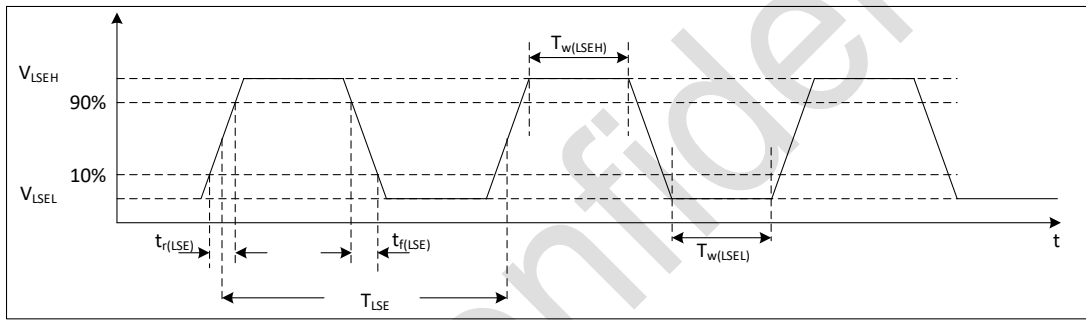


图 5-2 外部低速时钟时序图

表 5-12 外部低速时钟特性

| 符号                                             | 参数 <sup>(1)</sup> | 最小值                 | 典型值    | 最大值                 | 单位  |
|------------------------------------------------|-------------------|---------------------|--------|---------------------|-----|
| f <sub>LSE_ext</sub>                           | 用户外部时钟频率          | -                   | 32.768 | 1000                | kHz |
| V <sub>LSEH</sub>                              | 输入引脚高电平电压         | 0.7*V <sub>CC</sub> | -      | -                   | V   |
| V <sub>LSEL</sub>                              | 输入引脚低电平电压         | -                   | -      | 0.3*V <sub>CC</sub> | V   |
| t <sub>w</sub> (LSEH)<br>t <sub>w</sub> (LSEL) | 输入高或低的时间          | 450                 | -      | -                   | ns  |
| t <sub>r</sub> (LSE)<br>t <sub>f</sub> (LSE)   | 输入上升/下降的时间        | -                   | -      | 50                  | ns  |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.6.3. 外部低速晶体

可以通过外接 32.768 kHz 的晶体/陶瓷谐振器。在应用中，晶体和负载电容应该尽可能靠近管脚，这样可以使输出变形和启动稳定时间最小化。

表 5-13 外部低速晶体特性

| 符号                             | 参数     | 条件 <sup>(1)</sup>     | 最小值 | 典型值 <sup>(2)</sup> | 最大值 | 单位 |
|--------------------------------|--------|-----------------------|-----|--------------------|-----|----|
| I <sub>CC</sub> <sup>(4)</sup> | LSE 功耗 | LSE_DRIVER [1:0] = 00 | -   | 100                | -   | nA |

| 符号                     | 参数   | 条件 <sup>(1)</sup>     | 最小值 | 典型值 <sup>(2)</sup> | 最大值 | 单位 |
|------------------------|------|-----------------------|-----|--------------------|-----|----|
|                        |      | LSE_DRIVER [1:0] = 01 | -   | 700                | -   |    |
|                        |      | LSE_DRIVER [1:0] = 10 | -   | 1200               | -   |    |
|                        |      | LSE_DRIVER [1:0] = 11 | -   | 1600               | -   |    |
| $t_{SU(LSE)}^{(3)(4)}$ | 启动时间 | -                     | -   | 3                  | -   | s  |

1. 晶体/陶瓷谐振器特性基于制造商给出的数据手册。
2. 由设计保证，不在生产中测试。
3.  $t_{SU(LSE)}$ 是从启用(通过软件)到时钟振荡达到稳定的启动时间，针对标准晶体/谐振器测量的，不同晶体/谐振器可能会有很大差异。
4. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

### 5.3.7. 内部高频时钟源 HSI 特性

表 5-14 内部高频时钟源特性

| 符号                   | 参数                   | 条件                                                                       | 最小值                  | 典型值 | 最大值                  | 单位            |
|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----|----------------------|---------------|
| $f_{HSI}$            | HSI 频率               | $T_A = 25^{\circ}\text{C}, V_{CC} = 3.3\text{ V}$                        | 23.83 <sup>(2)</sup> | 24  | 24.17 <sup>(2)</sup> | MHz           |
| $\Delta_{Temp(HSI)}$ | HSI 频率温度漂移<br>24 MHz | $V_{CC} = 2.0 \sim 5.5\text{ V}$<br>$T_A = -40 \sim 85^{\circ}\text{C}$  | -2 <sup>(2)</sup>    | -   | 2 <sup>(2)</sup>     | %             |
|                      |                      | $V_{CC} = 1.7 \sim 5.5\text{ V}$<br>$T_A = 0 \sim 85^{\circ}\text{C}$    | -2 <sup>(2)</sup>    | -   | 2 <sup>(2)</sup>     |               |
|                      |                      | $V_{CC} = 1.7 \sim 5.5\text{ V}$<br>$T_A = -40 \sim 85^{\circ}\text{C}$  | -4 <sup>(2)</sup>    | -   | 2 <sup>(2)</sup>     |               |
|                      |                      | $V_{CC} = 2.0 \sim 5.5\text{ V}$<br>$T_A = -40 \sim 105^{\circ}\text{C}$ | -2 <sup>(2)</sup>    | -   | 2.5 <sup>(2)</sup>   |               |
|                      |                      | $V_{CC} = 1.7 \sim 5.5\text{ V}$<br>$T_A = 0 \sim 105^{\circ}\text{C}$   | -2 <sup>(2)</sup>    | -   | 2.5 <sup>(2)</sup>   |               |
|                      |                      | $V_{CC} = 1.7 \sim 5.5\text{ V}$<br>$T_A = -40 \sim 105^{\circ}\text{C}$ | -4 <sup>(2)</sup>    | -   | 2.5 <sup>(2)</sup>   |               |
| $f_{TRIM}^{(1)}$     | HSI 微调精度             | -                                                                        | -                    | 0.1 | -                    | %             |
| $D_{HSI}^{(1)}$      | 占空比                  | -                                                                        | 45                   | -   | 55                   | %             |
| $t_{stab(HSI)}$      | HSI 稳定时间             | -                                                                        | -                    | 2   | 4 <sup>(1)</sup>     | $\mu\text{s}$ |
| $I_{CC(HSI)}^{(2)}$  | HSI 功耗               | 24 MHz                                                                   | -                    | 193 | -                    | $\mu\text{A}$ |
|                      |                      | 8 MHz                                                                    | -                    | 110 | -                    |               |
|                      |                      | 4 MHz                                                                    | -                    | 100 | -                    |               |

1. 由设计保证，不在生产中测试。
2. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

### 5.3.8. 内部低频时钟源 LSI 特性

表 5-15 内部低频时钟特性

| 符号                    | 参数         | 条件                                                        | 最小值                | 典型值 | 最大值               | 单位            |
|-----------------------|------------|-----------------------------------------------------------|--------------------|-----|-------------------|---------------|
| $f_{LSI}$             | LSI 频率     | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}, V_{CC} = 3.3\text{ V}$ | 31.6               | -   | 33.6              | kHz           |
| $\Delta_{Temp}(LSI)$  | LSI 频率温度漂移 | $T_A = 0 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$                | -10 <sup>(2)</sup> | -   | 10 <sup>(2)</sup> | %             |
|                       |            | $T_A = -40 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$              | -20 <sup>(2)</sup> | -   | 20 <sup>(2)</sup> |               |
| $f_{TRIM}^{(1)}$      | LSI 微调精度   | -                                                         | -                  | 0.2 | -                 | %             |
| $t_{stab}(LSI)^{(1)}$ | LSI 稳定时间   | -                                                         | -                  | 150 | -                 | $\mu\text{s}$ |
| $I_{CC}(LSI)^{(1)}$   | LSI 功耗     | -                                                         | -                  | 210 | -                 | nA            |

1. 由设计保证，不在生产中测试。
2. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

### 5.3.9. 存储器特性

表 5-16 存储器特性

| 符号          | 参数         | 条件 | 典型值 | 最大值 <sup>(1)</sup> | 单位 |
|-------------|------------|----|-----|--------------------|----|
| $t_{prog}$  | 页编程时间      | -  | 1.0 | 1.5                | ms |
| $t_{ERASE}$ | 页/扇区/块擦除时间 | -  | 3.5 | 5.0                | ms |
| $I_{CC}$    | 页编程功耗      | -  | 2.1 | 2.9                | mA |
|             | 页/扇区/片擦除功耗 | -  | 2.1 | 2.9                |    |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

表 5-17 存储器擦写次数和数据保持

| 符号        | 参数     | 条件                                                                                 | 最小值 <sup>(1)</sup> | 单位     |
|-----------|--------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|
| $N_{END}$ | 擦写次数   | $T_A = -40 \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$                                        | 100                | kcycle |
|           |        | $T_A = 85 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$                                        | 10                 |        |
| $t_{RET}$ | 数据保持期限 | 10 kcycle $T_A = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$                                       | 20                 | Year   |
|           |        | 1 kcycle $T_A = 55\text{ }^{\circ}\text{C} (-40 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C})$ |                    |        |

1. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

### 5.3.10. EFT 特性

表 5-18 EFT 特性

| 符号           | 参数 | 条件           | 等级 |
|--------------|----|--------------|----|
| EFT to Power | -  | IEC61000-4-4 | 4A |

### 5.3.11. ESD & LU 特性

表 5-19 ESD &amp; LU 特性

| 符号             | 参数           | 条件                     | 典型值 | 单位 |
|----------------|--------------|------------------------|-----|----|
| $V_{ESD}(HBM)$ | 静态放电电压(人体模型) | ESDA/JEDEC JS-001-2017 | 6   | kV |

| 符号             | 参数             | 条件                     | 典型值 | 单位 |
|----------------|----------------|------------------------|-----|----|
| $V_{ESD(CDM)}$ | 静态放电电压(充电设备模型) | ESDA/JEDEC JS-002-2018 | 1   | kV |
| LU             | 静态 Latch-Up    | JESD78E                | 200 | mA |

### 5.3.12. 端口特性

表 5-20 IO 静态特性

| 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 | $V_{CC} = 1.7 \sim 5.5 V$ | $0.7 \cdot V_{CC}$ | -   | -                  | V         |
| $V_{IL}$        | 输入低电平电压 | $V_{CC} = 1.7 \sim 5.5 V$ | -                  | -   | $0.3 \cdot V_{CC}$ | V         |
| $V_{hys}^{(1)}$ | 斯密特迟滞电压 | -                         | -                  | 200 | -                  | mV        |
| $I_{lkg}$       | 输入漏电流   | -                         | -                  | -   | 1                  | $\mu A$   |
| $R_{PU}$        | 上拉电阻    | -                         | 30                 | 50  | 70                 | $k\Omega$ |
| $R_{PD}$        | 下拉电阻    | -                         | 30                 | 50  | 70                 | $k\Omega$ |
| $C_{IO}^{(1)}$  | 引脚电容    | -                         | -                  | 5   | -                  | pF        |

1. 由设计保证, 不在生产中测试。

表 5-21 输出电压特性

| 符号             | 参数 <sup>(1)</sup> | 条件                                                      | 最小值          | 最大值 | 单位 |
|----------------|-------------------|---------------------------------------------------------|--------------|-----|----|
| $V_{OL}^{(2)}$ | COM IO 输出低电平      | GPIOx_OSPEEDR=11<br>$I_{OL} = 70 mA, V_{CC} \geq 5.0 V$ | -            | 0.6 | V  |
|                |                   | $I_{OL} = 50 mA, V_{CC} \geq 3.0 V$                     | -            | 0.5 |    |
|                |                   | GPIOx_OSPEEDR=01<br>$I_{OL} = 8 mA, V_{CC} \geq 2.7 V$  | -            | 0.4 |    |
|                |                   | $I_{OL} = 4 mA, V_{CC} = 1.8 V$                         | -            | 0.4 |    |
|                |                   | GPIOx_OSPEEDR=00<br>$I_{OL} = 4 mA, V_{CC} \geq 2.7 V$  | -            | 0.4 |    |
|                |                   | $I_{OL} = 2 mA, V_{CC} = 1.8 V$                         | -            | 0.4 |    |
| $V_{OH}^{(2)}$ | COM IO 输出高电平      | GPIOx_OSPEEDR=11<br>$I_{OH} = 18 mA, V_{CC} \geq 5.0 V$ | $V_{CC}-0.6$ | -   | V  |
|                |                   | $I_{OH} = 8 mA, V_{CC} > 2.7 V$                         | $V_{CC}-0.4$ | -   |    |
|                |                   | $I_{OH} = 4 mA, V_{CC} = 2.7 V$                         | $V_{CC}-0.4$ | -   |    |
|                |                   | $I_{OH} = 2 mA, V_{CC} = 1.8 V$                         | $V_{CC}-0.4$ | -   |    |
|                |                   | GPIOx_OSPEEDR=10<br>$I_{OH} = 12 mA, V_{CC} \geq 5.0 V$ | $V_{CC}-0.6$ | -   |    |
|                |                   | $I_{OH} = 4 mA, V_{CC} > 2.7 V$                         | $V_{CC}-0.4$ | -   |    |
|                |                   | $I_{OH} = 2 mA, V_{CC} = 1.8 V$                         | $V_{CC}-0.4$ | -   |    |

1. IO 类型可参考引脚定义的术语和符号。

2. 数据基于考核结果, 不在生产中测试。

表 5-22 I<sup>2</sup>C 输出低电平(开漏模式)特性

| 符号             | 参数 <sup>(1)</sup>                 | 条件                                                      | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|-----|-----|----|
| $V_{OL}^{(2)}$ | COM IO_OD 输出低电平(I <sup>2</sup> C) | GPIOx_OSPEEDR=11<br>$I_{OL} = 40 mA, V_{CC} \geq 5.0 V$ | -   | 0.6 | V  |
|                |                                   | $I_{OL} = 30 mA, V_{CC} \geq 3.0 V$                     | -   | 0.5 |    |
|                |                                   | GPIOx_OSPEEDR=01<br>$I_{OL} = 8 mA, V_{CC} \geq 2.7 V$  | -   | 0.4 |    |

| 符号 | 参数 <sup>(1)</sup> | 条件                                                 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|----|-------------------|----------------------------------------------------|-----|-----|----|
|    |                   | $I_{OL} = 4 \text{ mA}, V_{CC} = 1.8 \text{ V}$    | -   | 0.4 |    |
|    |                   | $I_{OL} = 4 \text{ mA}, V_{CC} \geq 2.7 \text{ V}$ | -   | 0.4 |    |
|    | GPIOx_OSPEEDR=00  | $I_{OL} = 2 \text{ mA}, V_{CC} = 1.8 \text{ V}$    | -   | 0.4 |    |

- IO 类型可参考引脚定义的术语和符号。
- 数据基于考核结果，不在生产中测试。

### 5.3.13. NRST 引脚特性

表 5-23 NRST 管脚特性

| 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 | $V_{CC} = 1.7 \sim 5.5 \text{ V}$ | $0.7 \cdot V_{CC}$ | -   | -                  | V             |
| $V_{IL}$        | 输入低电平电压 | $V_{CC} = 1.7 \sim 5.5 \text{ V}$ | -                  | -   | $0.2 \cdot V_{CC}$ | V             |
| $V_{hys}^{(1)}$ | 斯密特迟滞电压 | -                                 | -                  | 300 | -                  | mV            |
| $I_{lkg}$       | 输入漏电流   | -                                 | -                  | -   | 1                  | $\mu\text{A}$ |
| $R_{PU}^{(1)}$  | 上拉电阻    | -                                 | 30                 | 50  | 70                 | $k\Omega$     |
| $R_{PD}^{(1)}$  | 下拉电阻    | -                                 | 30                 | 50  | 70                 | $k\Omega$     |
| $C_{IO}$        | 引脚电容    | -                                 | -                  | 5   | -                  | pF            |

- 由设计保证，不在生产中测试。

### 5.3.14. ADC 特性

表 5-24 ADC 特性

| 符号                     | 参数                  | 条件                                                            | 最小值   | 典型值 | 最大值        | 单位            |
|------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|-------|-----|------------|---------------|
| VCC                    | ADC 供电电压            | -                                                             | 1.7   | -   | 5.5        | V             |
| I <sub>CC</sub>        | 功耗                  | $f_s = 0.75 \text{ Msps}$                                     | -     | 300 | -          | $\mu\text{A}$ |
| $C_{IN}^{(1)}$         | 内部采样和保持电容           | -                                                             | -     | 5   | -          | pF            |
| $f_{ADC}$              | 转换时钟频率              | $V_{REF+} = V_{CC} = 1.8 \sim 2.0 \text{ V}$                  | 0.8   | 3   | $6^{(2)}$  | MHz           |
|                        |                     | $V_{REF+} = V_{CC} = 2.0 \sim 5.5 \text{ V}$                  | 0.8   | 6   | $12^{(2)}$ |               |
|                        |                     | $V_{REF+} = V_{REFBUF}$                                       | 0.375 | -   | 0.75       |               |
| $t_{smp}^{(1)}$        | 采样时间                | $f_{ADC}=8 \text{ MHz}$<br>$V_{CC} = 1.8 \sim 2.0 \text{ V}$  | 0.438 | -   | 29.94      | $\mu\text{s}$ |
|                        |                     |                                                               | 3.5   | -   | 239.5      | $1/f_{ADC}$   |
|                        |                     | $f_{ADC}=12 \text{ MHz}$<br>$V_{CC} = 2.0 \sim 5.5 \text{ V}$ | 0.292 | -   | 19.96      | $\mu\text{s}$ |
|                        |                     |                                                               | 3.5   | -   | 239.5      | $1/f_{ADC}$   |
| $t_{smp\_setup}^{(1)}$ | $V_{REFINT}$ 采样建立时间 | $V_{REF+} = V_{CC} = 2.3 \sim 5.5 \text{ V}$                  | 15    | -   | -          | $\mu\text{s}$ |
|                        | $V_{CC}/3$ 采样建立时间   |                                                               | 15    | -   | -          |               |
| $t_{conv}^{(1)}$       | 总转换时间               | -                                                             | -     | 12  | -          | $1/f_{ADC}$   |

| 符号              | 参数     | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位          |
|-----------------|--------|----|-----|-----|-----|-------------|
| $t_{eoc}^{(1)}$ | 转换结束时间 | -  | -   | 0.5 | -   | $1/f_{ADC}$ |

- 1. 由设计保证，不在生产中测试。
- 2. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

表 5-25 ADC 精度<sup>(1)</sup>

| 符号   | 参数      | 条件                                                                            | 最小值 | 典型值     | 最大值 | 单位  |
|------|---------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|---------|-----|-----|
| EO   | 失调误差    | $V_{REF+}=V_{CC}=2.3 \sim 5.5\text{ V}$ ,<br>$f_{ADC}=0.8 \sim 12\text{ MHz}$ | -   | $\pm 5$ | -   | LSB |
| EG   | 增益误差    | $V_{REF+}=V_{CC}=2.3 \sim 5.5\text{ V}$ ,<br>$f_{ADC}=0.8 \sim 12\text{ MHz}$ | -   | $\pm 6$ | -   | LSB |
| ED   | 差分非线性误差 | $V_{REF+}=V_{CC}=2.3 \sim 5.5\text{ V}$ ,<br>$f_{ADC}=0.8 \sim 12\text{ MHz}$ | -   | $\pm 2$ | -   | LSB |
| EL   | 积分非线性误差 | $V_{REF+}=V_{CC}=2.3 \sim 5.5\text{ V}$ ,<br>$f_{ADC}=0.8 \sim 12\text{ MHz}$ | -   | $\pm 5$ | -   | LSB |
| ENOB | 有效位数    | $V_{REF+}=V_{CC}=2.3 \sim 5.5\text{ V}$ ,<br>$f_{ADC}=0.8 \sim 12\text{ MHz}$ | -   | 9.1     | -   | bit |

- 1. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.15. 比较器特性

表 5-26 比较器特性<sup>(1)</sup>

| 符号           | 参数     | 条件       | 最小值 | 典型值     | 最大值          | 单位      |
|--------------|--------|----------|-----|---------|--------------|---------|
| $V_{IN}$     | 输入电压范围 | -        | 0   | -       | $V_{CC}-1.5$ | V       |
| $t_{START}$  | 启动时间   | -        | -   | -       | 5            | $\mu s$ |
| $t_D$        | 翻转延时   | 输出从低翻转到高 | -   | -       | 200          | ns      |
|              |        | 输出从高翻转到低 | -   | -       | 150          |         |
| $V_{offset}$ | 失调电压   | -        | -   | $\pm 5$ | -            | mV      |
| $V_{hys}$    | 迟滞电压   | 无迟滞功能    | -   | 0       | -            | mV      |
| $I_{CC}$     | 工作电流   | -        | -   | 70      | -            | $\mu A$ |

- 1. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.16. 温度传感器特性

表 5-27 温度传感器特性<sup>(1)</sup>

| 符号                 | 参数                                              | 最小值  | 典型值     | 最大值     | 单位             |
|--------------------|-------------------------------------------------|------|---------|---------|----------------|
| $T_L^{(1)}$        | $V_{TS}$ 相对于温度的线性度                              | -    | $\pm 1$ | $\pm 2$ | $^{\circ}C$    |
| $Avg\_Slope^{(1)}$ | 平均斜率                                            | 2.3  | 2.5     | 2.7     | $mV/^{\circ}C$ |
| $V_{25}$           | 25 $^{\circ}C$ ( $\pm 5\text{ }^{\circ}C$ )时的电压 | 0.74 | 0.76    | 0.78    | V              |

| 符号                   | 参数               | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位      |
|----------------------|------------------|-----|-----|-----|---------|
| $t_{START}^{(1)}$    | 进入连续运行模式的启动时间    | -   | 70  | 120 | $\mu s$ |
| $t_{S\_setup}^{(1)}$ | 当读取温度时的 ADC 采样时间 | 15  | -   | -   | $\mu s$ |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

### 5.3.17. 内置参考电压特性

表 5-28 内置参考电压特性 ( $V_{REFINT}$ ) <sup>(1)</sup>

| 符号                   | 参数                 | 最小值  | 典型值 | 最大值                | 单位      |
|----------------------|--------------------|------|-----|--------------------|---------|
| $V_{REFINT}$         | 内置参考电压             | 1.17 | 1.2 | 1.23               | V       |
| $t_{start\_VREFINT}$ | $V_{REFINT}$ 的启动时间 | -    | 10  | 15                 | $\mu s$ |
| $T_{coeff\_VREFINT}$ | $V_{REFINT}$ 温度系数  | -    | -   | 100 <sup>(1)</sup> | ppm/°C  |
| $I_{VCC}$            | $V_{CC}$ 产生的电流损耗   | -    | 12  | 20                 | $\mu A$ |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

### 5.3.18. ADC 内置参考电压特性

表 5-29 内置参考电压特性 ( $V_{REFBUF}$ ) <sup>(1)</sup>

| 符号                   | 参数                 | 条件                                                        | 最小值   | 典型值                  | 最大值                | 单位      |
|----------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------|-------|----------------------|--------------------|---------|
| $V_{REF25}$          | 2.5 V 内置参考电压       | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}, V_{CC} = 3.3\text{ V}$ | 2.425 | 2.5 <sup>(2)</sup>   | 2.575              | V       |
| $V_{REF20}$          | 2.048 V 内置参考电压     | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}, V_{CC} = 3.3\text{ V}$ | 1.988 | 2.048 <sup>(2)</sup> | 2.108              | V       |
| $V_{REF15}$          | 1.5 V 内置参考电压       | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}, V_{CC} = 3.3\text{ V}$ | 1.485 | 1.5 <sup>(2)</sup>   | 1.515              | V       |
| $T_{coeff\_VREFBUF}$ | $V_{REFBUF}$ 温度系数  | $T_A = -40 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$              | -     | -                    | 120 <sup>(1)</sup> | ppm/°C  |
| $t_{start\_VREFBUF}$ | $V_{REFBUF}$ 的启动时间 | -                                                         | -     | 10                   | 15                 | $\mu s$ |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

2. 1.5V 内置参考电压精准值存放地址：0x1FFF002E；

2.048V 内置参考电压精准值存放地址：0x1FFF0032；

2.5V 内置参考电压精准值存放地址：0x1FFF0036；

例如：从地址 0x1FFF002E 读取 16 bits 的值是 0x1501，则表示参考电压精准值为 1.501 V。

### 5.3.19. COMP 内置参考电压特性(4 位 DAC)

表 5-28 内置参考电压特性 ( $V_{REFCMP}$ ) <sup>(1)</sup>

| 符号                   | 参数                 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值       | 单位      |
|----------------------|--------------------|----|-----|-----|-----------|---------|
| $\Delta V_{abs}$     | 绝对偏差               | -  | -   | -   | $\pm 0.5$ | LSB     |
| $t_{start\_VREFCMP}$ | $V_{REFCMP}$ 的启动时间 | -  | -   | 10  | 15        | $\mu s$ |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

### 5.3.20. 定时器特性

表 5-30 定时器特性

| 符号             | 参数                  | 条件                            | 最小值      | 最大值             | 单位            |
|----------------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------------|---------------|
| $t_{res(TIM)}$ | 定时器分辨时间             | -                             | 1        | -               | $t_{TIMxCLK}$ |
|                |                     | $f_{TIMxCLK} = 24\text{ MHz}$ | 41.667   | -               | ns            |
| $f_{EXT}$      | CH1~ CH4 的定时器外部时钟频率 | -                             | -        | $f_{TIMxCLK}/2$ | MHz           |
|                |                     | $f_{TIMxCLK} = 24\text{ MHz}$ | -        | 12              |               |
| $Re_{TIM}$     | 定时器分辨率              | TIM1/14                       | -        | 16              | bit           |
| $t_{COUNTER}$  | 选择内部时钟时 16 位计数器时钟周期 | -                             | 1        | 65536           | $t_{TIMxCLK}$ |
|                |                     | $f_{TIMxCLK} = 24\text{ MHz}$ | 0.041667 | 2730            | $\mu s$       |

表 5-31 LPTIM 特性(时钟选择 LSI)

| 预分频  | PRESC[2:0] | 最小溢出值  | 最大溢出值       | 单位 |
|------|------------|--------|-------------|----|
| /1   | 0          | 0.0305 | 1998.848    | ms |
| /2   | 1          | 0.0610 | 3997.696    |    |
| /4   | 2          | 0.1221 | 8001.9456   |    |
| /8   | 3          | 0.2441 | 15997.3376  |    |
| /16  | 4          | 0.4883 | 32001.2288  |    |
| /32  | 5          | 0.9766 | 64002.4576  |    |
| /64  | 6          | 1.9531 | 127998.3616 |    |
| /128 | 7          | 3.9063 | 256003.2768 |    |

表 5-32 IWDG 特性(时钟选择 LSI)

| 预分频  | PR[2:0] | 最小溢出值 | 最大溢出值     | 单位 |
|------|---------|-------|-----------|----|
| /4   | 0       | 0.122 | 499.712   | ms |
| /8   | 1       | 0.244 | 999.424   |    |
| /16  | 2       | 0.488 | 1998.848  |    |
| /32  | 3       | 0.976 | 3997.696  |    |
| /64  | 4       | 1.952 | 7995.392  |    |
| /128 | 5       | 3.904 | 15990.784 |    |
| /256 | 6 or 7  | 7.808 | 31981.568 |    |

### 5.3.21. 通讯口特性

#### 5.3.21.1. I<sup>2</sup>C 总线接口特性

I<sup>2</sup>C 接口满足 I<sup>2</sup>C-bus specification and user manual 的要求:

- 标准模式 (Sm): 100 Kbit/s
- 快速模式 (Fm): 400 Kbit/s

时序由设计保证，前提是 I<sup>2</sup>C 外设被正确的配置，并且 I<sup>2</sup>C CLK 频率大于下表要求的最小值。

表 5-33 最小 I<sup>2</sup>C CLK 频率

| 符号                       | 参数                      | 条件   | 最小值 | 单位  |
|--------------------------|-------------------------|------|-----|-----|
| f <sub>I2CCLK(min)</sub> | I <sup>2</sup> C 最小时钟频率 | 标准模式 | 4   | MHz |
|                          |                         | 快速模式 | 8   |     |

I<sup>2</sup>C SDA 和 SCL 管脚具有模拟滤波功能，参见下表。

表 5-34 I<sup>2</sup>C 滤波器特性

| 符号              | 参数                             | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|--------------------------------|-----|-----|----|
| t <sub>AF</sub> | 限制过滤器抑制的尖峰持续时间（短于限制持续时间的尖峰被抑制） | 50  | 260 | ns |

### 5.3.21.2. 串行外设接口 SPI 特性

表 5-35 SPI 特性

| 符号                                           | 参数            | 条件              | 最小值       | 最大值               | 单位  |
|----------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------|-------------------|-----|
| f <sub>SCK</sub>                             | SPI 时钟频率      | 主机模式            | -         | 12 <sup>(1)</sup> | MHz |
| 1/t <sub>c(SCK)</sub>                        |               | 从机模式            | -         | 3 <sup>(2)</sup>  |     |
| t <sub>r(SCK)</sub><br>t <sub>f(SCK)</sub>   | SPI 时钟上升和下降时间 | 负载电容: C = 15 pF | -         | 6                 | ns  |
| t <sub>su(NSS)</sub>                         | NSS 建立时间      | 从机模式, presc = 2 | 2Tpclk    | -                 | ns  |
| t <sub>h(NSS)</sub>                          | NSS 保持时间      | 从机模式            | 2Tpclk    | -                 | ns  |
| t <sub>w(SCKH)</sub><br>t <sub>w(SCKL)</sub> | SCK 的高低电频时间   | 主机模式            | Tpclk - 2 | Tpclk + 1         | ns  |
| t <sub>su(MI)</sub><br>t <sub>su(SI)</sub>   | 数据输入建立时间      | 主机模式            | 1         | -                 | ns  |
|                                              |               | 从机模式            | 3         | -                 |     |
| t <sub>h(MI)</sub><br>t <sub>h(SI)</sub>     | 数据输入保持时间      | 主机模式            | 5         | -                 | ns  |
|                                              |               | 从机模式            | 2         | -                 |     |
| t <sub>a(SO)</sub>                           | 数据输出访问时间      | 从机模式            | 0         | 3Tpclk            | ns  |
| t <sub>dis(SO)</sub>                         | 数据输出结束时间      | 从机模式            | 2Tpclk    | -                 | ns  |
| t <sub>v(SO)</sub>                           | 数据输出有效时间      | 从机模式(使能有效沿之后)   | 0         | 20                | ns  |
| t <sub>v(MO)</sub>                           | 数据输出有效时间      | 主机模式(使能有效沿之后)   | -         | 5                 | ns  |
| t <sub>h(SO)</sub><br>t <sub>h(MO)</sub>     | 数据输出保持时间      | 从机模式(使能有效沿之后)   | 2         | -                 | ns  |
|                                              |               | 主机模式(使能有效沿之后)   | 1         | -                 |     |
| DuCy(SCK)                                    | SPI 从机输入时钟占空比 | 从机模式            | 45        | 55                | %   |

1. 该参数测试条件为全双工模式。
2. 该参数测试条件为单线模式，全双工模式下最大为 0.75 MHz。

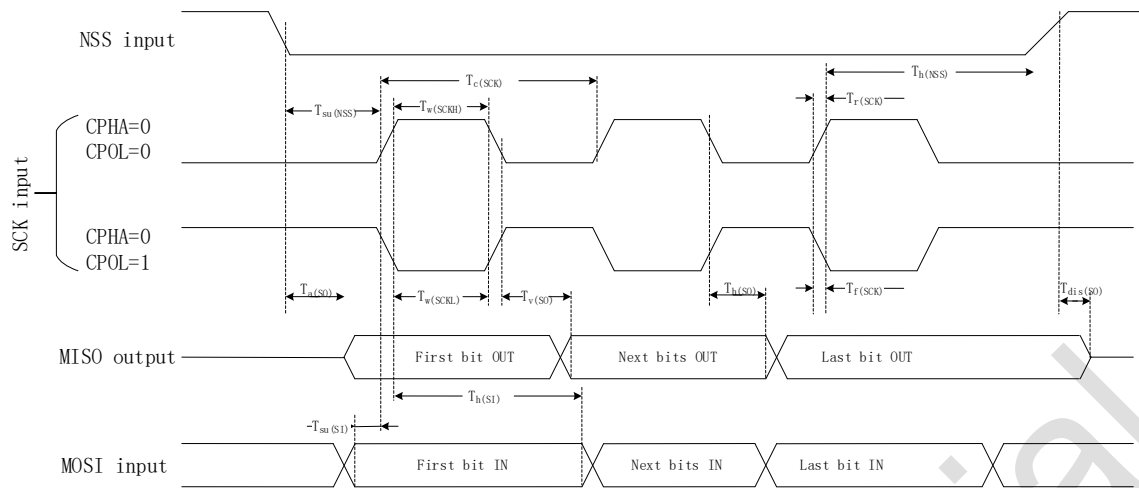


图 5-3 SPI 时序图-slave mode and CPHA=0

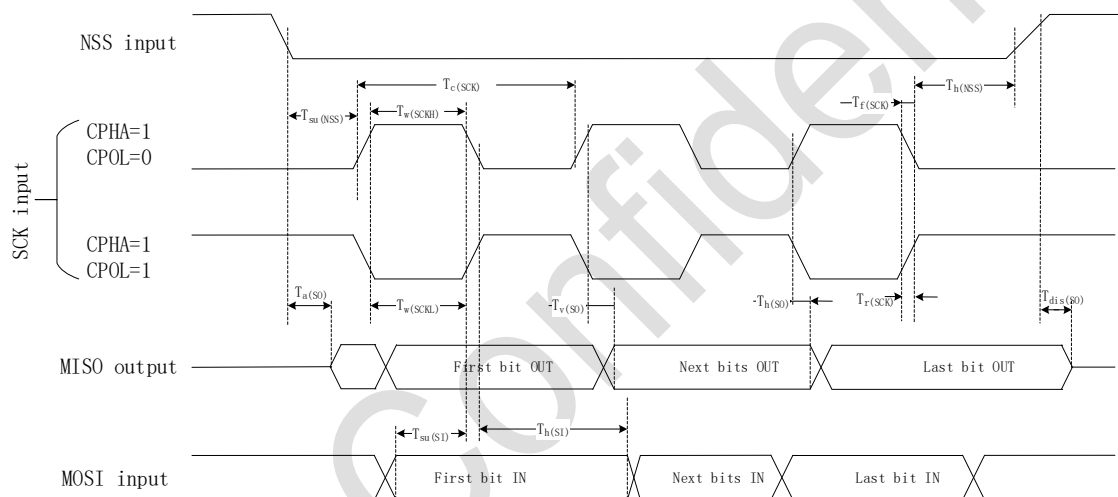


图 5-4 SPI 时序图-slave mode and CPHA=1

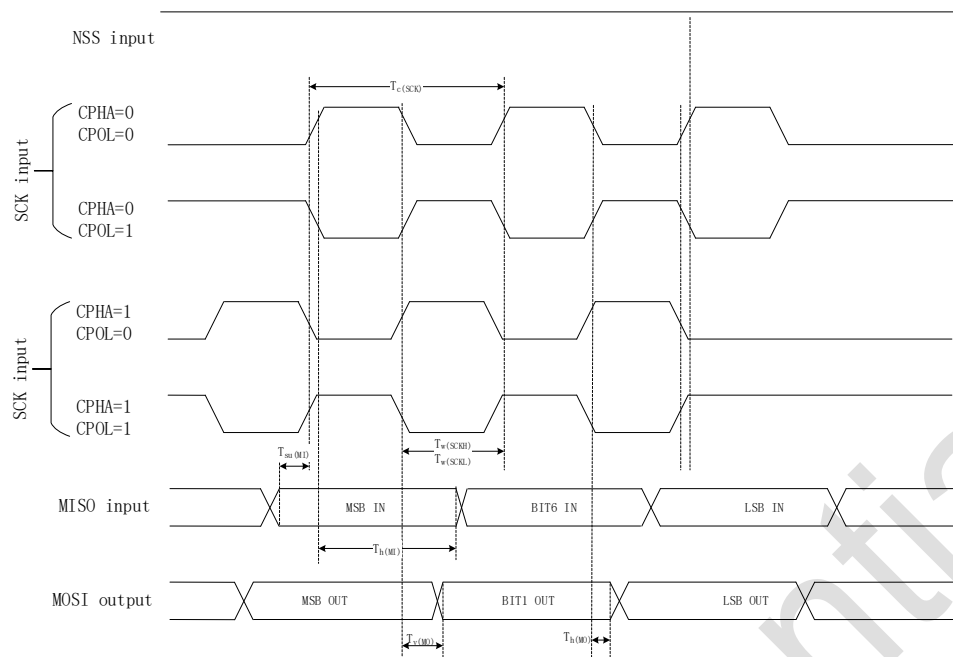
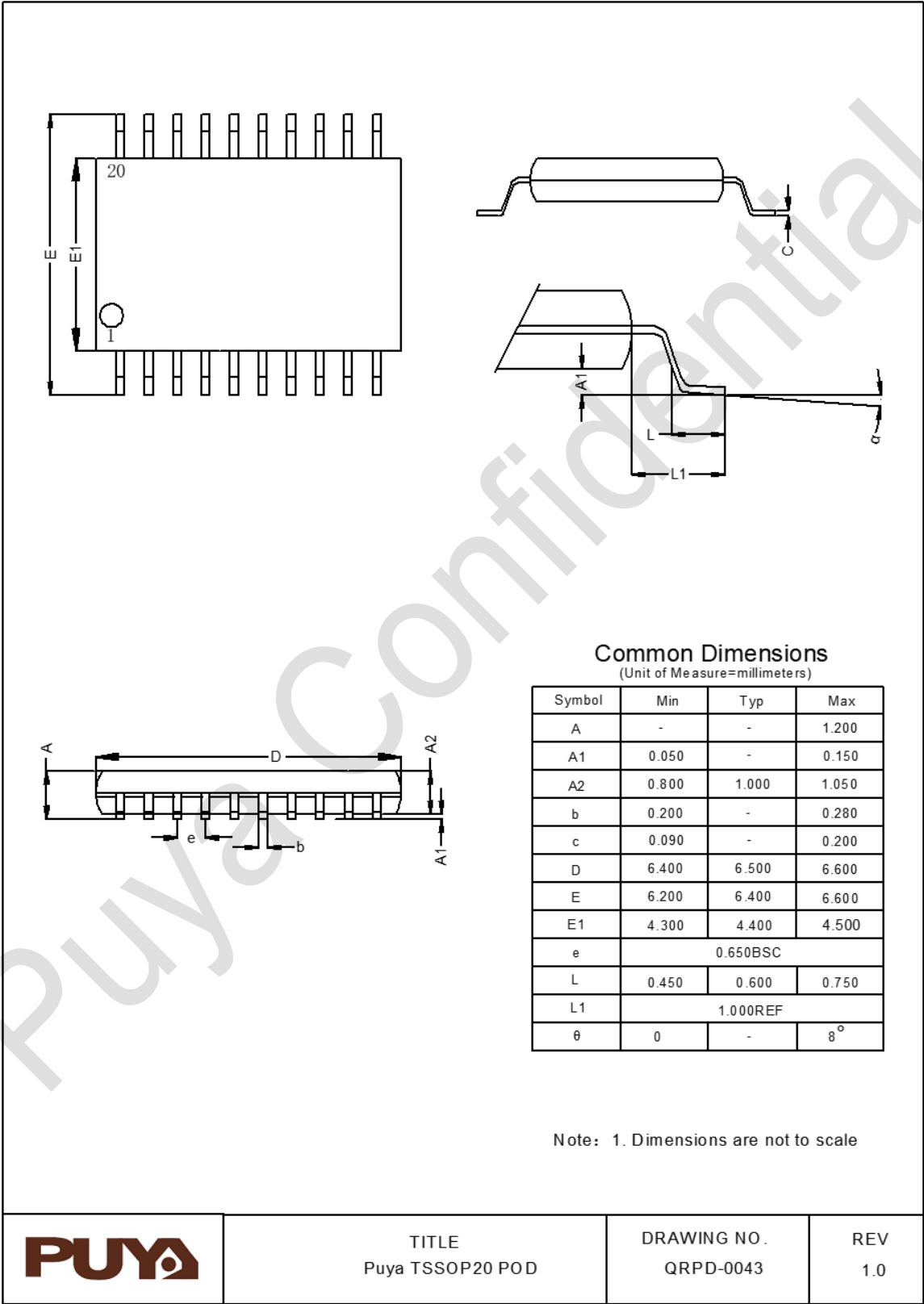


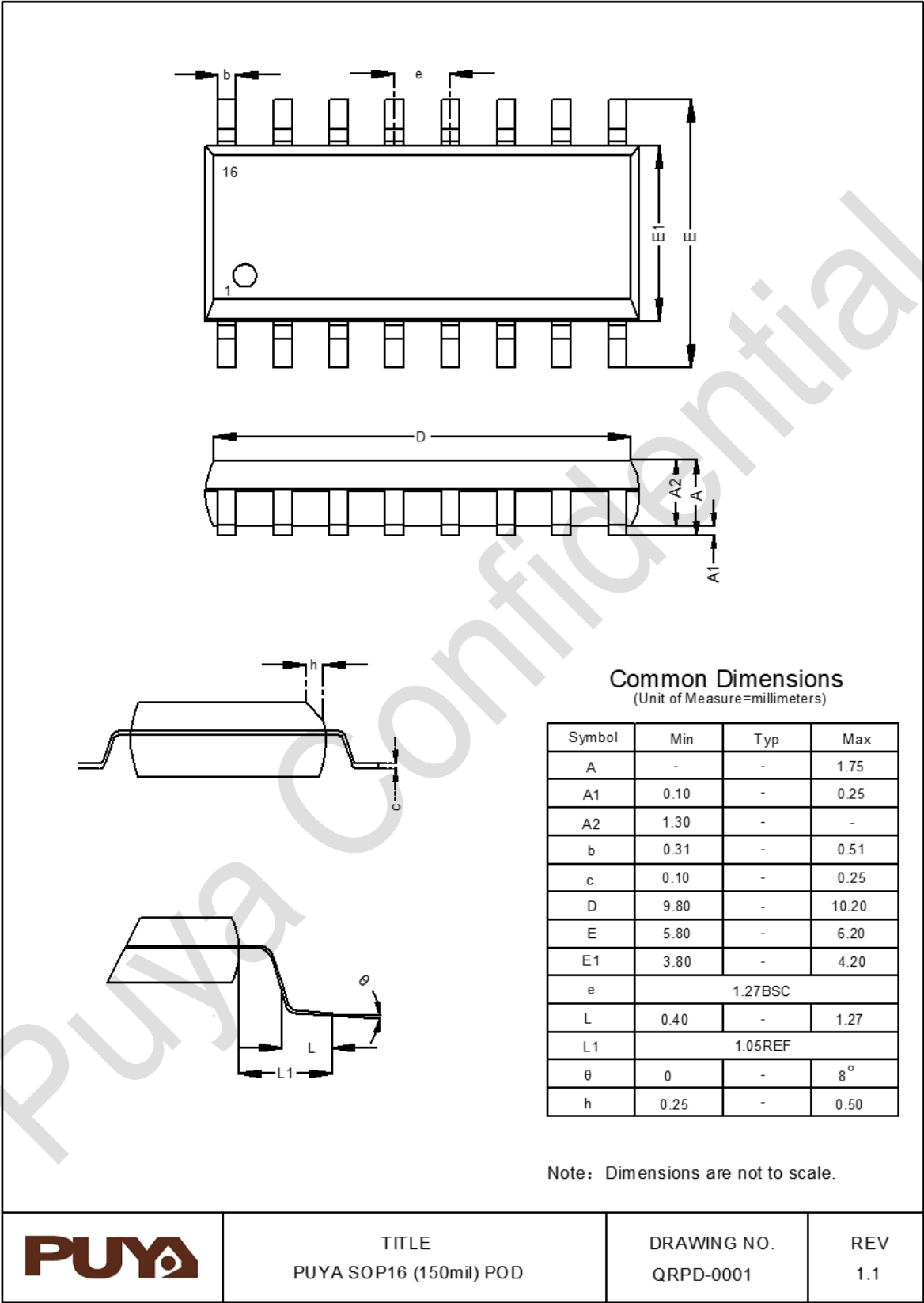
图 5-5 SPI 时序图-master mode

6. 封装信息

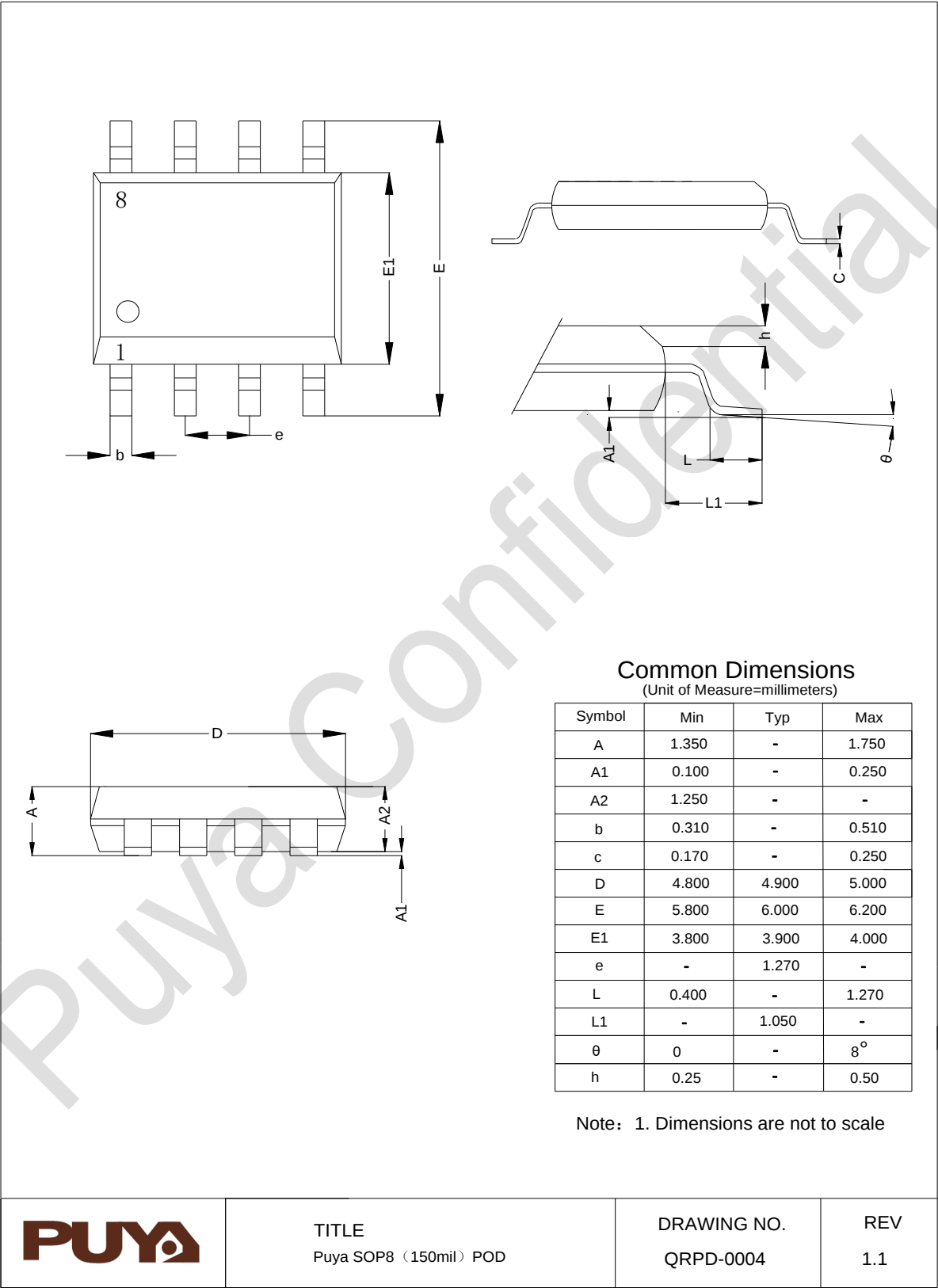
6.1. TSSOP20 封装尺寸



6.2. SOP16 封装尺寸



6.3. SOP8 封装尺寸



## 7. 订购信息

|                                                          |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------------------------------|----|----|---|------|----|---|---|---|---|---|---|
| Example:                                                 | PY | 32 | F | 002B | F1 | 5 | P | 6 | x | - | X |
| Company                                                  |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Product family                                           |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| ARM <sup>®</sup> based 32-bit microcontroller            |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Product type                                             |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| F = General purpose                                      |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Sub-family                                               |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| 002B = PY32F002Bxx                                       |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Pin count                                                |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| F1 = 20 pins Pinout1                                     |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| W1 = 16 pins Pinout1                                     |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| L1 = 8 pins Pinout1                                      |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| User code memory size                                    |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| 5 =24 KB                                                 |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Package                                                  |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| P = TSSOP                                                |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| S = SOP                                                  |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Temperature range                                        |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| 6 = -40 ℃ to + 85 ℃                                      |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| 7 = -40 ℃ to + 105 ℃                                     |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Options                                                  |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| xxx = code ID of programmed parts(includes packing type) |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| TR = tape and reel packing                               |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| TU = Tube Packing                                        |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| blank = tray packing                                     |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Delimiter character                                      |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| Version                                                  |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |
| X = Version C                                            |    |    |   |      |    |   |   |   |   |   |   |

8. 版本历史

| 版本    | 日期         | 更新记录                                                    |
|-------|------------|---------------------------------------------------------|
| V0.5  | 2024.05.31 | 初版                                                      |
| V0.6  | 2024.07.04 | 1. 更新实际测试数据，涉及表 5-20 输出电压特性 / 5-23 ADC 特性 / 5-34 SPI 特性 |
| V0.7  | 2024.07.18 | 1. 开放 8 / 4 MHz 频率的内部时钟                                 |
| V0.8  | 2024.08.07 | 1. 更新表 5-7 运行模式电流                                       |
| V0.9  | 2024.08.13 | 1. 更新表 5-14 内部高频时钟源特性                                   |
| V0.10 | 2024.11.29 | 1. 新增 SOP8 封装                                           |
| V0.11 | 2024.12.06 | 1. 新增 SOP16 封装 (x7 版本：工作温度-40 ~ 105 °C)                 |



Puya Semiconductor Co., Ltd.

声 明

普冉半导体(上海)股份有限公司（以下简称：“Puya”）保留更改、纠正、增强、修改 Puya 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产品的最新相关信息。

Puya 产品是依据订单时的销售条款和条件进行销售的。

用户对 Puya 产品的选择和使用承担全责，同时若用于其自己或指定第三方产品上的，Puya 不提供服务支持且不对此类产品承担任何责任。

Puya 在此不授予任何知识产权的明示或暗示方式许可。

Puya 产品的转售，若其条款与此处规定不一致，Puya 对此类产品的任何保修承诺无效。

任何带有 Puya 或 Puya 标识的图形或字样是普冉的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代并替换先前版本中的信息。

普冉半导体(上海)股份有限公司 - 保留所有权利