



# PY32T020-B 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 48 MHz 工作频率
- 存储器
  - 32 KB Flash 存储器
  - 4 KB SRAM
- 时钟系统
  - 内部 24/48 MHz RC 振荡器 (HSI)
  - 内部 32.768 kHz RC 振荡器 (LSI)
  - 4 ~ 8 MHz 高速晶体振荡器 (HSE)
  - 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: 1.8 ~ 5.5 V
  - 低功耗模式: Sleep/Stop
  - 上电/掉电复位 (POR/PDR)
  - 欠电复位 (BOR)
- 通用输入输出 (I/O)
  - 多达 26 个 I/O, 均可作为外部中断
  - 5 个 GPIO 支持超强灌电流, 可配置为 80mA/60mA/40mA/20mA, 支持共阴极 LED 数码管
  - 8 个 GPIO 作为 LED SEG 支持恒流驱动
  - 所有 GPIO 可作为 1/2 Bias 的 LCD COM
- 低功耗触控 (Touch Key)
  - 高灵敏度设计, 可实现隔空按键触控
  - 高可靠性模式抗干扰可通过 10 V 动态 CS 测试
  - 26 通道触控按键及衍生功能
  - 低功耗触控模式, 多触控按键唤醒芯片整体功耗小于 8  $\mu$ A
- 1 x 12 位 ADC
  - 支持最多 10 个外部输入通道, 3 个内部通道
  - 参考源: 内置 0.6 V/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 个独立看门狗定时器 (IWDG)
  - 1 个 SysTick 定时器
- RTC
- 通讯接口
  - 1 个串行外设接口 (SPI)
  - 3 个通用异步收发器 (UART)
  - 1 个 I<sup>2</sup>C 接口, 支持标准模式 (100 kHz)、快速模式 (400 kHz), 快速模式增强 (1 MHz), 支持低功耗地址唤醒
- 硬件 CRC-32 模块
- 2 个比较器
- 唯一 UID
- 串行调试 (SWD)
- 工作温度: -40 ~ 105 °C
- 封装: TSSOP28、SOP28、TSSOP20、SOP20、QFN20、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>9</b>  |
| 2.1. Arm® Cortex®-M0+ 内核  | 9         |
| 2.2. 存储器                  | 9         |
| 2.3. Boot 模式              | 9         |
| 2.4. 时钟系统                 | 10        |
| 2.5. 电源管理                 | 11        |
| 2.5.1. 电源框图               | 11        |
| 2.5.2. 电源监控               | 11        |
| 2.5.3. 电压调节器              | 12        |
| 2.5.4. 低功耗模式              | 12        |
| 2.6. 复位                   | 12        |
| 2.6.1. 电源复位               | 12        |
| 2.6.2. 系统复位               | 12        |
| 2.7. 通用输入输出 GPIO          | 13        |
| 2.8. 中断                   | 13        |
| 2.8.1. 中断控制器 NVIC         | 13        |
| 2.8.2. 扩展中断 EXTI          | 13        |
| 2.9. 模数转换器 (ADC)          | 14        |
| 2.10. 高灵敏度触控 (Touch Key)  | 14        |
| 2.11. 比较器 (COMP)          | 14        |
| 2.11.1. COMP 主要特性         | 14        |
| 2.12. 定时器                 | 15        |
| 2.12.1. 高级定时器             | 15        |
| 2.12.2. 通用定时器             | 15        |
| 2.12.3. IWDG              | 15        |
| 2.12.4. SysTick 定时器       | 15        |
| 2.13. 实时时钟 RTC            | 16        |
| 2.14. I <sup>2</sup> C 接口 | 16        |
| 2.15. 通用异步收发器 UART        | 17        |
| 2.16. 串行外设接口 SPI          | 17        |
| 2.17. SWD                 | 18        |
| <b>3. 引脚配置</b>            | <b>19</b> |
| 3.1. 端口 A 复用功能映射          | 31        |
| 3.2. 端口 B 复用功能映射          | 31        |
| 3.3. 端口 F 复用功能映射          | 31        |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>4. 存储器映射</b>           | <b>32</b> |
| <b>5. 电气特性</b>            | <b>36</b> |
| 5.1. 参数条件                 | 36        |
| 5.1.1. 最小值和最大值            | 36        |
| 5.1.2. 典型值                | 36        |
| 5.1.3. 供电方案               | 36        |
| 5.2. 绝对最大额定值              | 37        |
| 5.3. 工作条件                 | 37        |
| 5.3.1. 通用工作条件             | 37        |
| 5.3.2. 上下电工作条件            | 38        |
| 5.3.3. 内嵌复位模块特性           | 38        |
| 5.3.4. 工作电流特性             | 38        |
| 5.3.5. 低功耗唤醒时间            | 39        |
| 5.3.6. 外部时钟源特性            | 40        |
| 5.3.7. 内部高频时钟源 HSI 特性     | 42        |
| 5.3.8. 内部低频时钟源 LSI 特性     | 42        |
| 5.3.9. 存储器特性              | 43        |
| 5.3.10. EFT 特性            | 43        |
| 5.3.11. ESD & LU 特性       | 43        |
| 5.3.12. 端口特性              | 43        |
| 5.3.13. LED SEG 恒流驱动特性    | 44        |
| 5.3.14. ADC 特性            | 45        |
| 5.3.15. 比较器特性             | 46        |
| 5.3.16. 温度传感器特性           | 47        |
| 5.3.17. 内置参考电压特性          | 47        |
| 5.3.18. ADC 内置参考电压特性      | 47        |
| 5.3.19. COMP 内置参考电压特性     | 48        |
| 5.3.20. 定时器特性             | 48        |
| 5.3.21. 通讯口特性             | 49        |
| <b>6. 封装信息</b>            | <b>52</b> |
| 6.1. TSSOP28 封装尺寸         | 52        |
| 6.2. SOP28 封装尺寸           | 53        |
| 6.3. TSSOP20 封装尺寸         | 54        |
| 6.4. SOP20 封装尺寸           | 55        |
| 6.5. QFN20 (3*3*0.5) 封装尺寸 | 56        |
| 6.6. SOP16 封装尺寸           | 57        |
| 6.7. SOP8 封装尺寸            | 58        |
| <b>7. 订购信息</b>            | <b>59</b> |
| <b>8. 版本历史</b>            | <b>60</b> |

## 1. 简介

PY32T020-B 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，嵌入 32 KB Flash 和 4 KB SRAM 存储器，最高工作频率 48 MHz。包含多种不同封装类型多款产品。芯片集成 I<sup>2</sup>C、SPI、UART 等通讯外设，1 路 12 位 ADC，2 个 16 位定时器，以及 2 路比较器，26 通道低功耗双模电容触控电路，触控电路可选择在 Stop 模式下运行。

PY32T020-B 系列微控制器的工作温度范围为 -40 ~ 105 °C，工作电压范围 1.8 ~ 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。

PY32T020-B 系列微控制器具有优异的抗干扰性能和性能极好的触控按键性能，适用于多种应用场景，例如大小家电、智能家居、控制器、手持设备、PC 外设、游戏、GPS 平台和工业应用等。

表 1-1 PY32T020-B 系列 TSSOP28、SOP28 产品规划及特征

| 外设                   |                  | PY32T020G16P | PY32T020G46P | PY32T020G16S | PY32T020G26S | PY32T020G25S | PY32T020G36S | PY32T020G35S | PY32T020G46S |
|----------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                      |                  | 7-B          | 7-B          | 7-B          | 7-B          | 7-B          | 7-B          | 7-B          | 7-B          |
| Flash (KB)           |                  | 32           | 32           | 32           | 32           | 20           | 32           | 20           | 32           |
| SRAM (KB)            |                  | 4            | 4            | 4            | 4            | 2            | 4            | 2            | 4            |
| 定时器                  | 高级定时器            | 1            |              |              |              |              |              |              |              |
|                      | 通用定时器            | 1            |              |              |              |              |              |              |              |
|                      | SysTick          | 1            |              |              |              |              |              |              |              |
|                      | 看门狗              | 1            |              |              |              |              |              |              |              |
| 通讯口                  | SPI              | 1            |              |              |              |              |              |              |              |
|                      | I <sup>2</sup> C | 1            |              |              |              |              |              |              |              |
|                      | UART             | 3            |              |              |              |              |              |              |              |
| RTC                  |                  | Yes          |              |              |              |              |              |              |              |
| 通用端口                 |                  | 26           | 25           | 26           | 26           | 26           | 26           | 26           | 25           |
| Touch CH             |                  | 26           | 25           | 26           | 26           | 26           | 26           | 26           | 25           |
| ADC 通道数<br>(外部 + 内部) |                  | 10+3         | 9+3          | 10+3         | 10+3         | 10+3         | 10+3         | 10+3         | 9+3          |
| LED COM              |                  | 5            |              |              |              |              |              |              |              |
| 恒流驱动 SEG             |                  | 8            |              |              |              |              |              |              |              |
| LCD COM              |                  | 26           | 25           | 26           | 26           | 26           | 26           | 26           | 25           |
| 比较器                  |                  | 2            |              |              |              |              |              |              |              |
| 最高主频 <sup>(1)</sup>  |                  | 48 MHz       | 48 MHz       | 48 MHz       | 48 MHz       | 24 MHz       | 48 MHz       | 24 MHz       | 48 MHz       |
| 工作电压                 |                  | 1.8 ~ 5.5 V  |              |              |              |              |              |              |              |
| 工作温度                 |                  | -40 ~ 105 °C |              |              |              |              |              |              |              |
| 封装                   |                  | TSSOP28      |              |              | SOP28        |              |              |              |              |

表 1-2 PY32T020-B 系列 TSSOP20、SOP20、QFN20、SOP16、SOP8 产品规划及特征

| 外设                   |                  | PY32T020F15P7-B | PY32T020F16S7-B | PY32T020F25S7-B | PY32T020F45U7-B | PY32T020W25S7-B | PY32T020L15S7-B |
|----------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Flash（KB）            |                  | 20              | 32              | 20              | 20              | 20              | 20              |
| SRAM（KB）             |                  | 2               | 4               | 2               | 2               | 2               | 2               |
| 定时器                  | 高级定时器            | 1               |                 |                 |                 |                 |                 |
|                      | 通用定时器            | 1               |                 |                 |                 |                 |                 |
|                      | SysTick          | 1               |                 |                 |                 |                 |                 |
|                      | 看门狗              | 1               |                 |                 |                 |                 |                 |
| 通讯口                  | SPI              | 1               |                 |                 |                 |                 |                 |
|                      | I <sup>2</sup> C | 1               |                 |                 |                 |                 |                 |
|                      | UART             | 3               |                 |                 |                 |                 |                 |
| RTC                  |                  | Yes             |                 |                 |                 |                 |                 |
| 通用端口                 |                  | 18              | 18              | 18              | 19              | 14              | 6               |
| Touch CH             |                  | 18              | 18              | 18              | 19              | 14              | 6               |
| ADC 通道数<br>（外部 + 内部） |                  | 6+3             | 6+3             | 10+3            | 8+3             | 6+3             | 3+3             |
| LED COM              |                  | 5               |                 |                 |                 |                 | -               |
| 恒流驱动 SEG             |                  | 5               |                 |                 |                 |                 | 1               |
| LCD COM              |                  | 18              | 18              | 18              | 19              | 14              | 6               |
| 比较器                  |                  | 2               | 2               | 2               | 2               | 2               | 1               |
| 最高主频 <sup>(1)</sup>  |                  | 24 MHz          | 48 MHz          | 24 MHz          |                 |                 |                 |
| 工作电压                 |                  | 1.8 ~ 5.5 V     |                 |                 |                 |                 |                 |
| 工作温度                 |                  | -40 ~ 105 °C    |                 |                 |                 |                 |                 |
| 封装                   |                  | TSSOP20         | SOP20           | SOP20           | QFN20           | SOP16           | SOP8            |

1. Flash 容量为 20 KB 的型号支持最高主频 24 MHz。

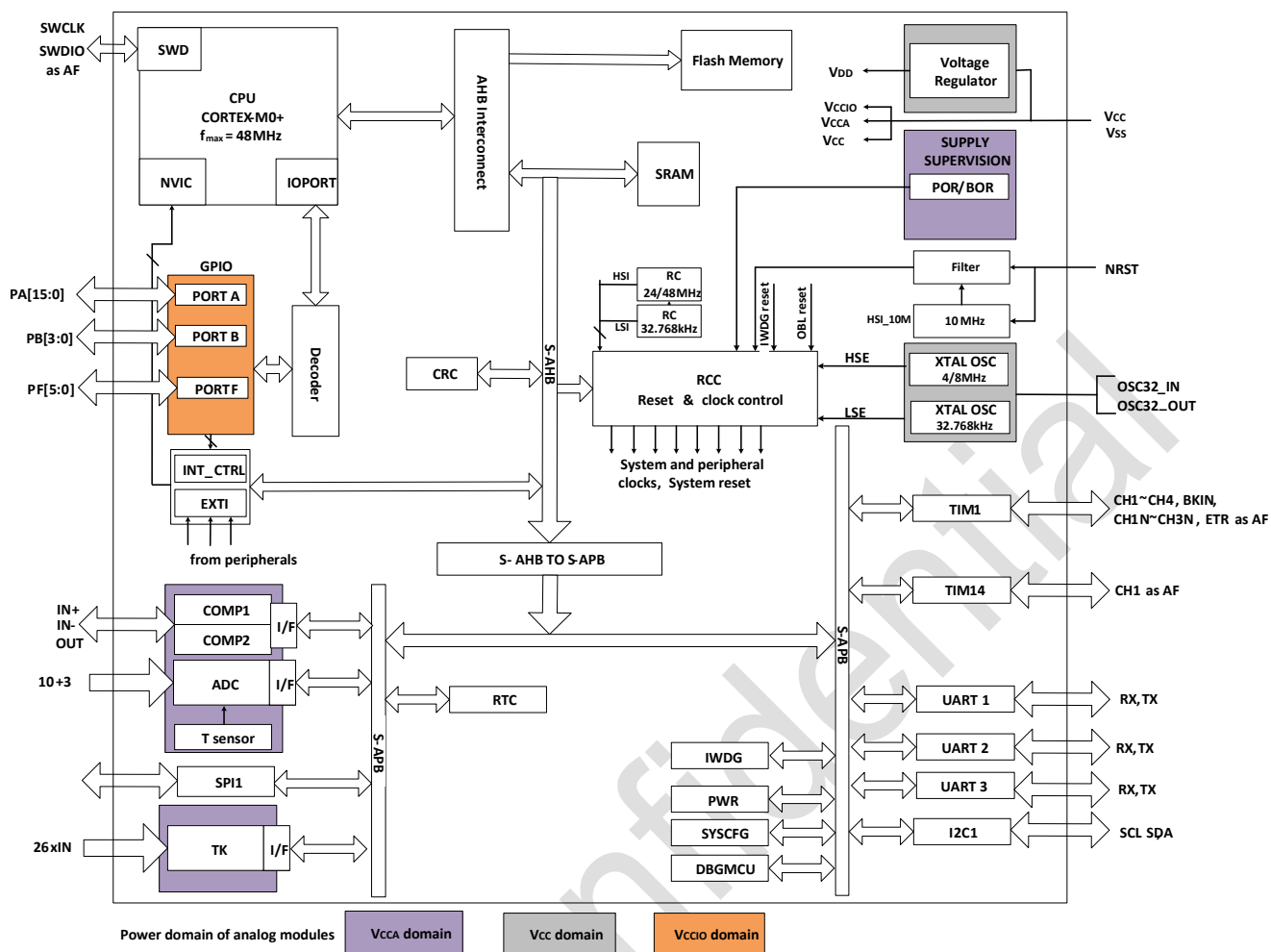


图 1-1 功能模块

## 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 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。通过字节（8 位）、半字（16 位）或者全字（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，它包含应用程序和用户数据，另外可以根据客户配置设定最大 4 KB 的区域作为 User bootloader 使用。
- Information 区域，768 Bytes，它包括以下部分：
  - 选项字节
  - UID bytes
  - Factory configuration bytes
  - USER OTP memory

对 Main flash memory 的保护包括以下几种机制：

- 读保护（RDP），防止来自外部的访问。
- 写保护（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。
- 选项字节写保护，专门的解锁设计。
- SDK 保护。

### 2.3. Boot 模式

通过配置位 nBOOT0/ nBOOT1（存放于选项字节中），可选择三种不同的启动模式，如下表所示：

表 2-1 Boot 配置

| Boot 模式配置  |            | 模式                   |                              |
|------------|------------|----------------------|------------------------------|
| 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 <sup>(1)</sup> |

1. Flash 容量为 20 KB 的型号暂不支持 Load flash 启动。



2.5. 电源管理

2.5.1. 电源框图

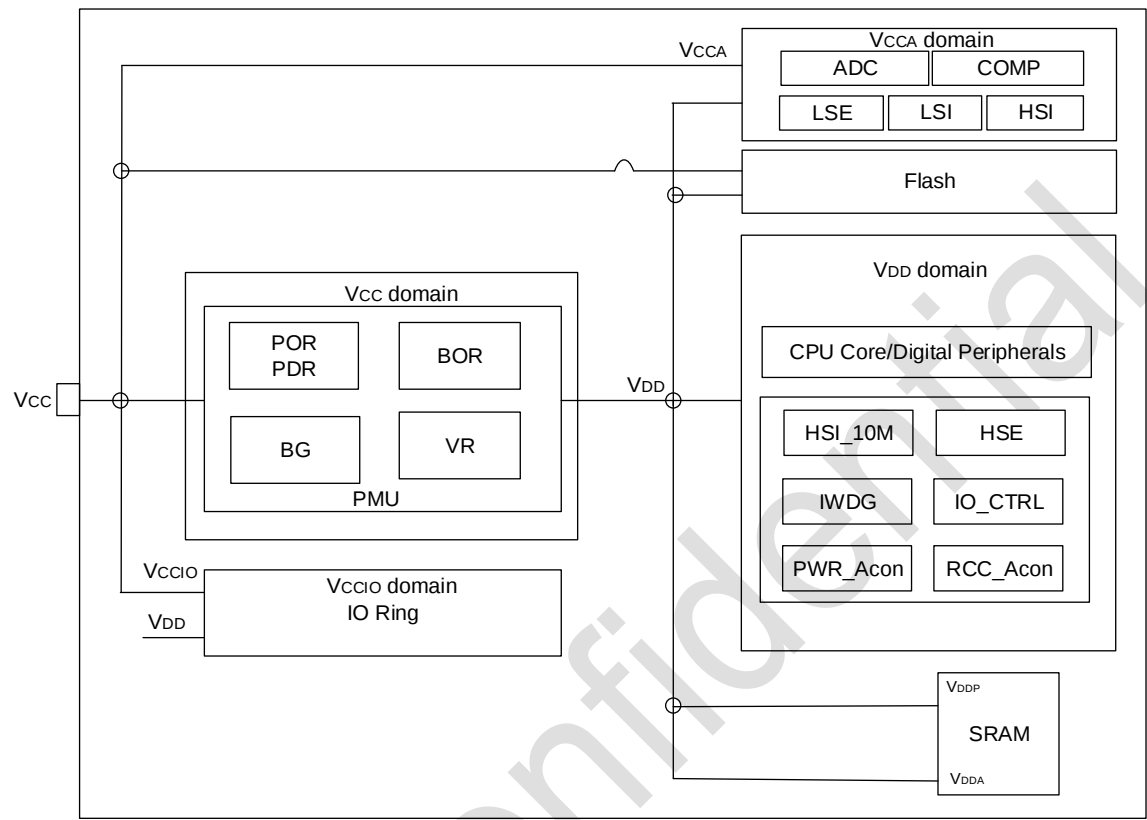


图 2-2 电源框图

表 2-2 电源框图

| 编号 | 电源                | 电源值         | 描述                                                |
|----|-------------------|-------------|---------------------------------------------------|
| 1  | V <sub>CC</sub>   | 1.8 ~ 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  | V <sub>CCA</sub>  | 1.8 ~ 5.5 V | 给大部分模拟模块供电，来自于 V <sub>CC</sub> PAD（也可设计单独电源 PAD）。 |
| 3  | V <sub>CCIO</sub> | 1.8 ~ 5.5 V | 给 IO 供电，来自于 V <sub>CC</sub> 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 仅可以通过选项字节，进行使能和关闭操作。

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

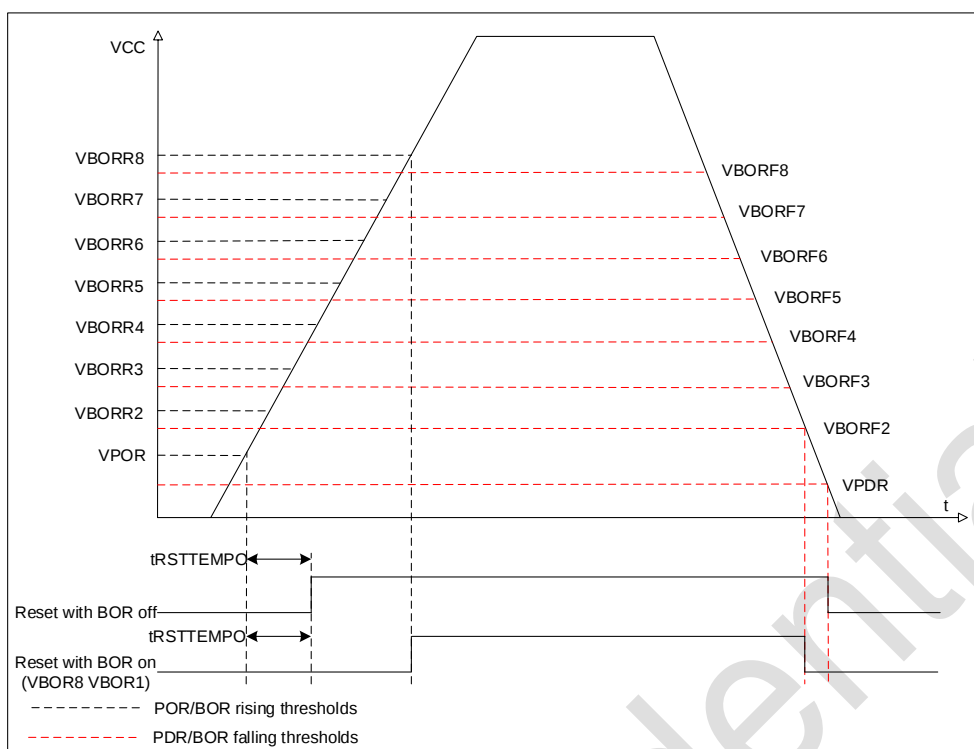


图 2-3 POR/PDR/BOR 阈值

### 2.5.3. 电压调节器

芯片设计两种电压调节模式：

- 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 HCLK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:** LDO进入低功耗模式。该模式下SRAM和寄存器的内容保持，HSI和HSE关闭，V<sub>DD</sub>域下大部分模块的时钟都被停掉。

## 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 引脚的复位
- 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, 可以配置 LCD 1/2 Bias 输出。

## 2.8. 中断

PY32T020-B 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 的一个基址地址。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
- 最多支持 16 个可屏蔽外部中断
- 支持 6 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, 并使处理器从 Stop 模式唤醒时产生唤醒事件/中断。

EXTI 控制器有多个通道, 包括最多 26 个 GPIO 通过复用的方式使用 16 个 EXTI line, 2 个 COMP 输出, 以及 RTC/I<sup>2</sup>C/TK 低功耗唤醒信号。其中 GPIO, COMP 可以配置上升沿、下降沿或双沿触发。

- 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。

## 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 13 个转换通道，包括 10 个外部通道和 3 个内部通道。参考电压可选择片内精准电压 (0.6 V、1.5 V、2.048 V、2.5 V) 或  $V_{CC}$  电源电压。

内部通道包括  $T_{S\_VIN}$ ,  $V_{REFINT}$ ,  $V_{CC}/3$ 。

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。

模拟看门狗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，模拟看门狗时转换电压超出阈值时产生中断请求。

## 2.10. 高灵敏度触控 (Touch Key)

芯片内集成一个 26 通道电容触控电路：

- CMOD 电容内置/外置可选，应用时可无需外接电容
- 高灵敏度设计，可实现隔空按键触控
- 超强抗干扰性能，可通过 CS 10 V 动态测试
- 支持跳频功能
- 支持防水补偿功能
- 支持多通道并联
- 支持低功耗模式，触摸低功耗模式下芯片整体功耗可低于 8  $\mu A$

## 2.11. 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

### 2.11.1. 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 64 个分数值 (1/64、2/64 ... 64/64)
  - 内部参考电压 0.6 V、1.5 V、2.048 V 或 2.5 V，和通过分压提供的 64 个分数值 (1/64、2/64.....64/64)
- 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)
  - 快速 PWM shutdown 的刹车
- 每个 COMP 具有中断产生能力，用作芯片从低功耗模式 (Sleep 和 Stop 模式) 的唤醒 (通过 EXTI)

## 2.12. 定时器

PY32T020-B 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 | 递增、递减、中心对齐 | 1 ~ 65536 | 4       | 3    |
| 通用定时器 | TIM14 | 16 位 | 递增         | 1 ~ 65536 | 1       | -    |

### 2.12.1. 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。

### 2.12.2. 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。

### 2.12.3. 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 Fail，也能保持工作。

IWDG 最适合需要看门狗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。

### 2.12.4. 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）

## 2.13. 实时时钟 RTC

实时时钟是一个独立的定时器。RTC 模块拥有一组连续计数的计数器，在相应软件配置下，可提供时钟日历的功能。修改计数器的值可以重新设置系统当前的时间和日期。

- RTC为预分频系数最高为  $2^{20}$  的 32 位可编程计数器
- RTC计数器时钟源可以为 LSE / LSI / HSE除以128，可以作为 Stop 唤醒源
- RTC可以产生闹钟中断，秒中断和溢出中断（可屏蔽）
- RTC支持时钟校准
- 在MCU debug 模式，RTC支持冻结计数

## 2.14. 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)、快速模式增强(Fm+)。

I<sup>2</sup>C 特性：

- 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
  - 快速模式增强 (Fm+)：高达1 MHz
- 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
- 支持广播呼叫 (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 忙标志位
- 错误标志位
  - 主机仲裁丢失
  - 地址/数据传输后的 ACK 错误
  - 起始和停止错误
  - 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
- 低功耗地址匹配唤醒

## 2.15. 通用异步收发器 UART

通用异步收发器 (UART) 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。UART 利用分数波特率发生器提供宽范围的波特率选择。

支持自动波特率检测。

UART特性:

- 支持 5/6/7/8/9 位串行数据
- 支持 1/2 位 STOP 位 (5 位数据时: 1/1.5 位 STOP)
- 支持发送地址/数据
- 支持固定奇偶校验
- 支持 break 帧
- 起始位错误检测
- 支持可编程分数波特率: 可编程串行数据波特率, 计算如下:  $\text{波特率} = (\text{串行时钟频率}) / (16 \times \text{除数})$
- 支持 SWAP 功能
- 支持大小端切换 MSBFIRST 功能

## 2.16. 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 24 M)
- 从模式频率 (最大为 24 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

## 2.17. SWD

ARM SWD 接口允许串口调试工具连接到 PY32T020-B。

Puya Confidential

### 3. 引脚配置

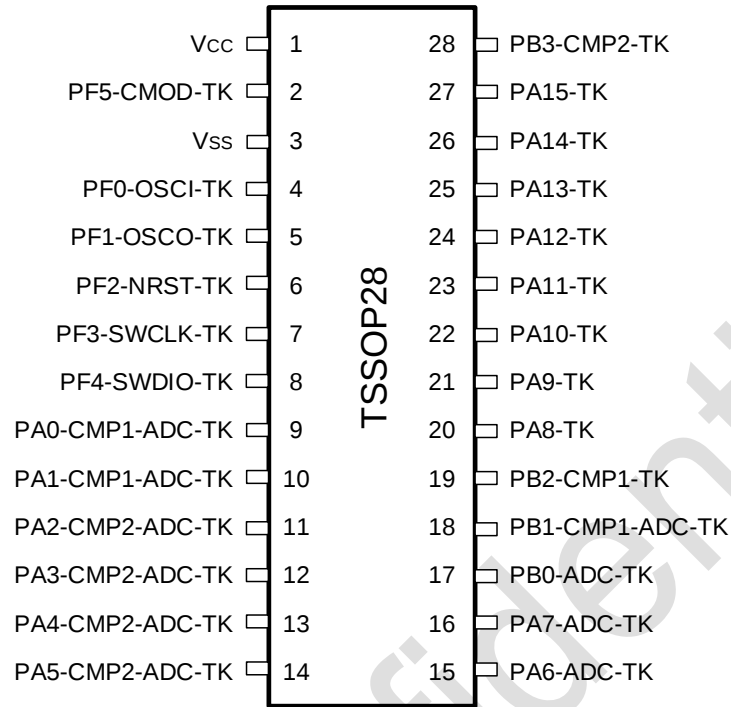


图 3-1 TSSOP28 Pinout1 PY32T020G1xP7-B (Top view)

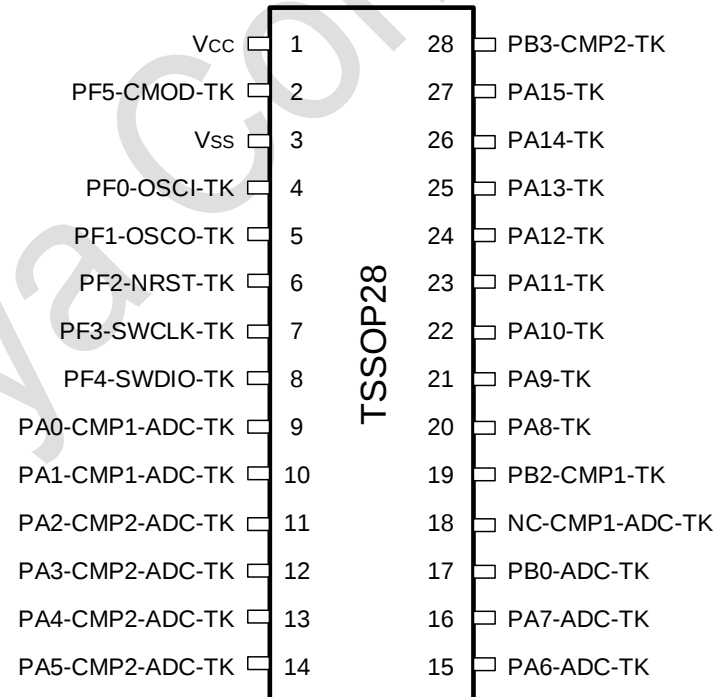


图 3-2 TSSOP28 Pinout4 PY32T020G4xP7-B (Top view)

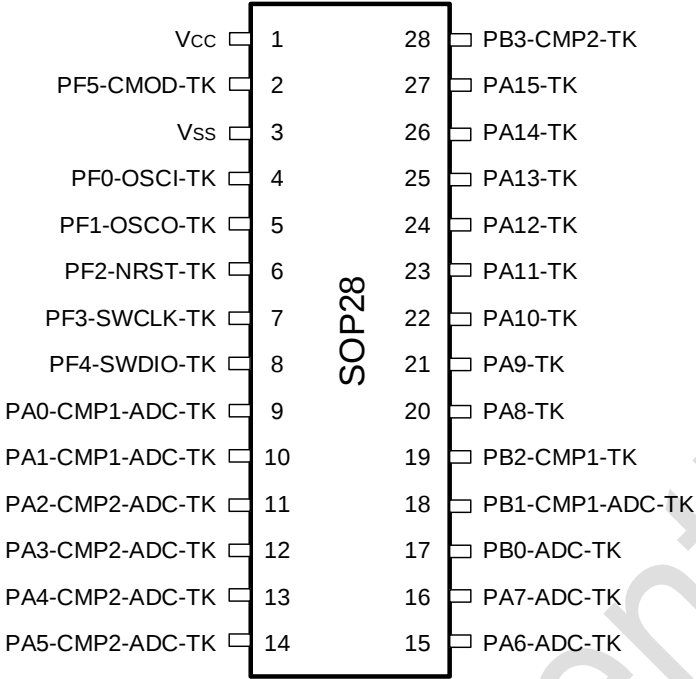


图 3-3 SOP28 Pinout1 PY32T020G1xS7-B (Top view)

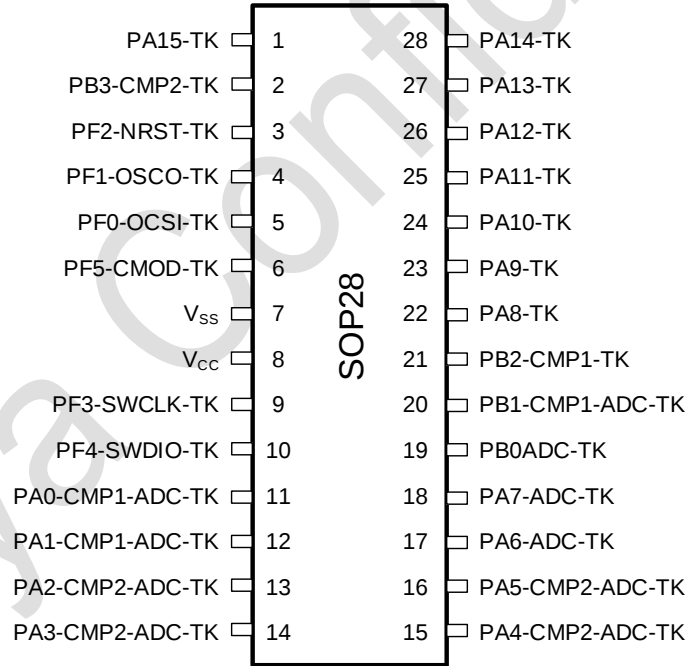


图 3-4 SOP28 Pinout2 PY32T020G2xS7-B (Top view)

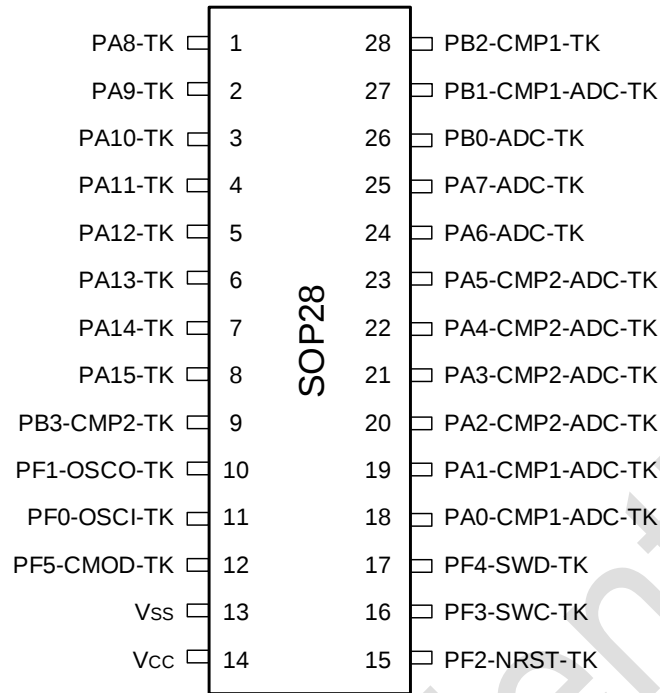


图 3-5 SOP28 Pinout3 PY32T020G3xS7-B (Top view)

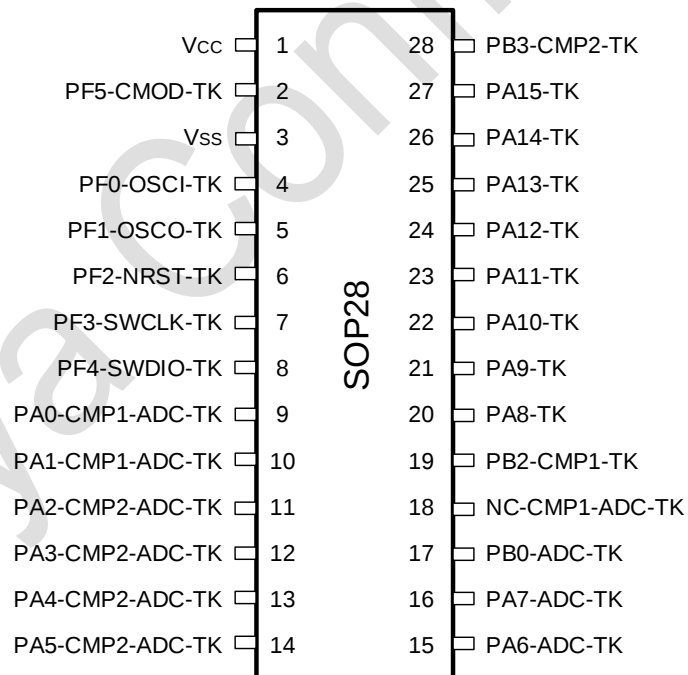


图 3-6 SOP28 Pinout4 PY32T020G4xS7-B (Top view)

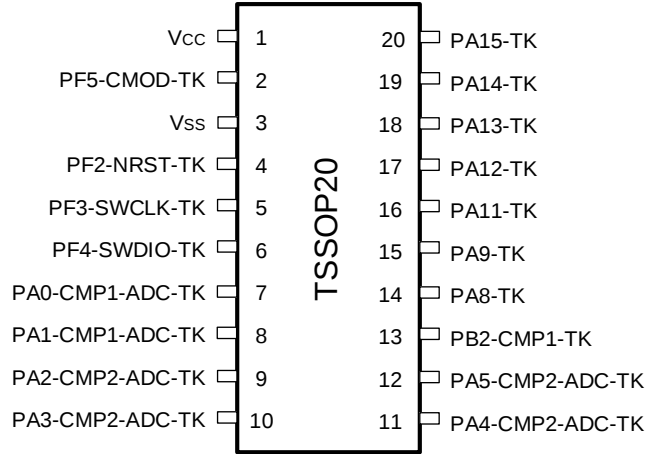


图 3-7 TSSOP20 Pinout1 PY32T020F1xP7-B (Top view)

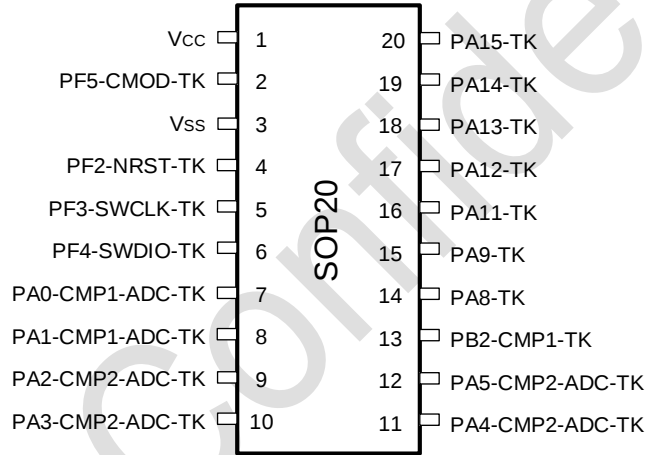


图 3-8 SOP20 Pinout1 PY32T020F1xS7-B (Top view)

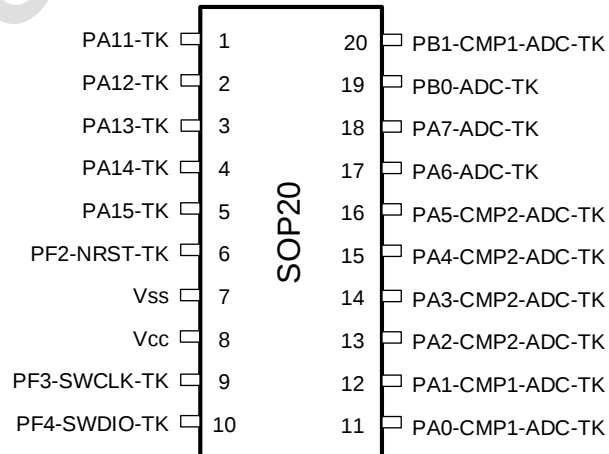


图 3-9 SOP20 Pinout2 PY32T020F2xS7-B (Top view)

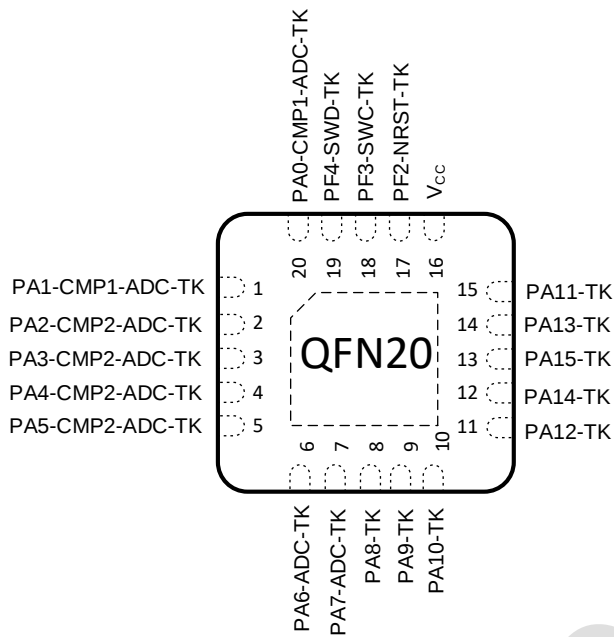


图 3-10 QFN20 Pinout4 PY32T020F4xU7-B (Top view)

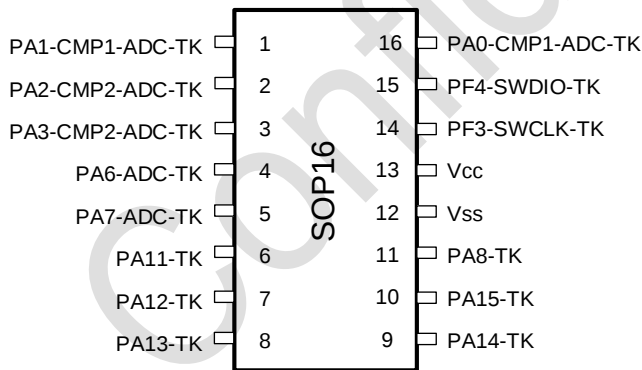


图 3-11 SOP16 Pinout2 PY32T020W2xS7-B (Top view)

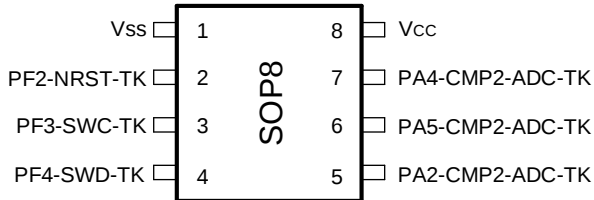


图 3-12 SOP8 Pinout1 PY32T020L1xS7-B (Top view)

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 引脚                                                                                                     |
|      |      | G   | Ground 引脚                                                                                                     |
|      |      | I/O | Input/output 引脚                                                                                               |
|      |      | NC  | 无定义                                                                                                           |
| 端口结构 |      | COM | 正常 5 V 端口，支持模拟输入输出功能                                                                                          |
|      |      | RST | 复位端口，内部带弱上拉电阻，不支持模拟输入输出功能                                                                                     |
|      |      | _L  | LED COM 端口，支持 80 mA 灌电流，支持模拟输入输出功能                                                                            |
|      |      | _C  | LED SEG 端口，支持恒流驱动，支持模拟输入输出功能                                                                                  |
|      |      | _F  | I <sup>2</sup> C SCL SDA 端口，支持模拟输入输出功能                                                                        |
|      |      | _P  | 支持 3.3 V 20 mA，5 V 30 mA 拉电流，支持模拟输入输出功能                                                                       |
| 注    |      | -   | 除非有其他说明，不然所有端口都被在复位之间和之后，作为模拟输入<br>所有 I/O 支持 Touch Key Cap sense 端口，支持模拟输入输出功能<br>所有 I/O 支持 LCD 1/2 Bias 输出功能 |
| 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<sup>(5)</sup>

| 封装类型                   |                        |          |          |                        |          |          |          |         | 复位                                | 端口类型 | 端口结构         | 端口功能 <sup>(8)</sup> |                                 |
|------------------------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|----------|----------|---------|-----------------------------------|------|--------------|---------------------|---------------------------------|
| TSSOP28 G1<br>SOP28 G1 | TSSOP28 G4<br>SOP28 G4 | SOP28 G2 | SOP28 G3 | TSSOP20 F1<br>SOP20 F1 | SOP20 F2 | QFN20 F4 | SOP16 W2 | SOP8 L1 |                                   |      |              | 复用功能 <sup>(6)</sup> | 附加功能                            |
| 1                      | 1                      | 8        | 14       | 1                      | 8        | 16       | 13       | 8       | V <sub>CC</sub>                   | S    | -            | Power Supply        |                                 |
| 2                      | 2                      | 6        | 12       | 2                      | -        | -        | -        | -       | PF5-CMOD                          | I/O  | COM          | -                   | TK_CMOD<br>TK_IN25              |
| 3                      | 3                      | 7        | 13       | 3                      | 7        | -        | 12       | 1       | V <sub>SS</sub>                   | G    | -            | Ground              |                                 |
| 4                      | 4                      | 5        | 11       | -                      | -        | -        | -        | -       | PF0-OSCI                          | I/O  | COM          | TM14_CH1            | OSCIN <sup>(9)</sup><br>TK_IN24 |
| 5                      | 5                      | 4        | 10       | -                      | -        | -        | -        | -       | PF1-OSCO                          | I/O  | COM          | TM14_CH1            | OSCO <sup>(9)</sup><br>TK_IN23  |
| 6                      | 6                      | 3        | 15       | 4                      | 6        | 17       | -        | 2       | PF2-NRST <sup>(4)</sup>           | I/O  | RST<br>COM_F | I2C_SCL             | NRST<br>TK_IN22                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | TM14_CH1            |                                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | MCO                 |                                 |
| 7                      | 7                      | 9        | 16       | 5                      | 9        | 18       | 14       | 3       | PF3-SWCLK <sup>(1)(2)(3)(7)</sup> | I/O  | COM_F        | UART1_TX            | TK_IN21                         |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | I2C_SDA             |                                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | I2C_SCL             |                                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | TM1_ETR             |                                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | TM14_CH1            |                                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | SWCLK               |                                 |
| 8                      | 8                      | 10       | 17       | 6                      | 10       | 19       | 15       | 4       | PF4-SWDIO <sup>(1)(2)(3)(7)</sup> | I/O  | COM_F        | UART1_RX            | TK_IN20                         |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | I2C_SCL             |                                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | I2C_SDA             |                                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | TM1_ETR             |                                 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                   |      |              | TM14_CH1            |                                 |

| 封装类型                   |                        |          |          |                        |          |          |          |         | 复位  | 端口类型 | 端口结构  | 端口功能 <sup>(8)</sup>                                           |                                |
|------------------------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|----------|----------|---------|-----|------|-------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| TSSOP28 G1<br>SOP28 G1 | TSSOP28 G4<br>SOP28 G4 | SOP28 G2 | SOP28 G3 | TSSOP20 F1<br>SOP20 F1 | SOP20 F2 | QFN20 F4 | SOP16 W2 | SOP8 L1 |     |      |       | 复用功能 <sup>(6)</sup>                                           | 附加功能                           |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |     |      |       | SWDIO                                                         |                                |
| 9                      | 9                      | 11       | 18       | 7                      | 11       | 20       | 16       | -       | PA0 | I/O  | COM_C | SPI_NSS<br>UART2_TX<br>TM1_CH1N<br>TM1_CH3<br>CMP1_OUT        | CMP1_INM<br>ADC_IN0<br>TK_IN19 |
| 10                     | 10                     | 12       | 19       | 8                      | 12       | 1        | 1        | -       | PA1 | I/O  | COM_C | SPI_SCK<br>UART2_RX<br>TM1_CH2N<br>TM1_CH4<br>EVENTOUT<br>MCO | CMP1_INP<br>ADC_IN1<br>TK_IN18 |
| 11                     | 11                     | 13       | 20       | 9                      | 13       | 2        | 2        | 5       | PA2 | I/O  | COM_P | SPI_MOSI<br>UART3_TX<br>TM14_CH1                              | CMP2_INM<br>ADC_IN2<br>TK_IN17 |
| 12                     | 12                     | 14       | 21       | 10                     | 14       | 3        | 3        | -       | PA3 | I/O  | COM   | SPI_MISO<br>UART3_RX<br>TM1_CH1<br>EVENTOUT                   | CMP2_INP<br>ADC_IN3<br>TK_IN16 |
| 13                     | 13                     | 15       | 22       | 11                     | 15       | 4        | -        | 7       | PA4 | I/O  | COM   | SPI_NSS<br>UART2_TX<br>TM1_CH3<br>RTC_OUT                     | CMP2_INP<br>ADC_IN4<br>TK_IN15 |
| 14                     | 14                     | 16       | 23       | 12                     | 16       | 5        | -        | 6       | PA5 | I/O  | COM_C | SPI_SCK                                                       | CMP2_INP                       |

| 封装类型                   |                        |          |          |                        |          |          |          |         | 复位  | 端口类型 | 端口结构           | 端口功能 <sup>(8)</sup>                                                  |                                |
|------------------------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|----------|----------|---------|-----|------|----------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| TSSOP28 G1<br>SOP28 G1 | TSSOP28 G4<br>SOP28 G4 | SOP28 G2 | SOP28 G3 | TSSOP20 F1<br>SOP20 F1 | SOP20 F2 | QFN20 F4 | SOP16 W2 | SOP8 L1 |     |      |                | 复用功能 <sup>(6)</sup>                                                  | 附加功能                           |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |     |      |                | UART2_RX<br>TM1_CH2<br>MCO                                           | ADC_IN5<br>TK_IN14             |
| 15                     | 15                     | 17       | 24       | -                      | 17       | 6        | 4        | -       | PA6 | I/O  | COM_C          | SPI_MISO<br>UART1_TX<br>TM1_BKIN<br>TM1_CH1<br>CMP1_OUT              | ADC_IN6<br>TK_IN13             |
| 16                     | 16                     | 18       | 25       | -                      | 18       | 7        | 5        | -       | PA7 | I/O  | COM_C<br>COM_P | SPI_MOSI<br>UART1_RX<br>TIM1_CH1N<br>RTC_OUT<br>CMP2_OUT<br>EVENTOUT | ADC_IN7<br>TK_IN12             |
| 17                     | 17                     | 19       | 26       | -                      | 19       | -        | -        | -       | PB0 | I/O  | COM            | SPI_NSS<br>UART2_TX<br>TIM1_CH2N<br>CMP1_OUT                         | ADC_IN8<br>TK_IN11             |
| 18                     | NC                     | 20       | 27       | -                      | 20       | -        | -        | -       | PB1 | I/O  | COM            | UART2_RX<br>TIM1_CH3N<br>EVENTOUT                                    | CMP1_INM<br>ADC_IN9<br>TK_IN10 |
| 19                     | 19                     | 21       | 28       | 13                     | -        | -        | -        | -       | PB2 | I/O  | COM_C          | SPI_MISO<br>UART3_RX<br>TM14_CH1                                     | CMP1_INP<br>TK_IN9             |

| 封装类型                   |                        |          |          |                        |          |          |          |         | 复位                               | 端口类型 | 端口结构           | 端口功能 <sup>(8)</sup>                                     |        |
|------------------------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|----------|----------|---------|----------------------------------|------|----------------|---------------------------------------------------------|--------|
| TSSOP28 G1<br>SOP28 G1 | TSSOP28 G4<br>SOP28 G4 | SOP28 G2 | SOP28 G3 | TSSOP20 F1<br>SOP20 F1 | SOP20 F2 | QFN20 F4 | SOP16 W2 | SOP8 L1 |                                  |      |                | 复用功能 <sup>(6)</sup>                                     | 附加功能   |
| 20                     | 20                     | 22       | 1        | 14                     | -        | 8        | 11       | -       | PA8                              | I/O  | COM_C<br>COM_F | SPI_MOSI<br>UART3_TX<br>I2C_SDA<br>TIM1_CH1<br>MCO      | TK_IN8 |
| 21                     | 21                     | 23       | 2        | 15                     | -        | 9        | -        | -       | PA9                              | I/O  | COM            | UART2_TX<br>TM1_ETR<br>TM1_BKIN<br>TM14_CH1<br>EVENTOUT | TK_IN7 |
| 22                     | 22                     | 24       | 3        | -                      | -        | 10       | -        | -       | PA10                             | I/O  | COM            | UART2_RX<br>TM1_CH3<br>TM14_CH1                         | TK_IN6 |
| 23                     | 23                     | 25       | 4        | 16                     | 1        | 15       | 6        | -       | PA11                             | I/O  | COM_F<br>COM_L | SPI_SCK<br>UART1_TX<br>I2C_SCL<br>TIM1_CH4              | TK_IN5 |
| 24                     | 24                     | 26       | 5        | 17                     | 2        | 11       | 7        | -       | PA12                             | I/O  | COM_L          | SPI_MOSI<br>UART1_RX<br>TM1_ETR<br>TM14_CH1<br>EVENTOUT | TK_IN4 |
| 25                     | 25                     | 27       | 6        | 18                     | 3        | 14       | 8        | -       | PA13(SWDIO) <sup>(1)(2)(3)</sup> | I/O  | COM_L          | SWDIO<br>UART2_TX                                       | TK_IN3 |

| 封装类型                   |                        |          |          |                        |          |          |          |         | 复位                               | 端口类型 | 端口结构  | 端口功能 <sup>(8)</sup> |                    |
|------------------------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|----------|----------|---------|----------------------------------|------|-------|---------------------|--------------------|
| TSSOP28 G1<br>SOP28 G1 | TSSOP28 G4<br>SOP28 G4 | SOP28 G2 | SOP28 G3 | TSSOP20 F1<br>SOP20 F1 | SOP20 F2 | QFN20 F4 | SOP16 W2 | SOP8 L1 |                                  |      |       | 复用功能 <sup>(6)</sup> | 附加功能               |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | TM1_CH3N            |                    |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | MCO                 |                    |
| 26                     | 26                     | 28       | 7        | 19                     | 4        | 12       | 9        | -       | PA14(SWCLK) <sup>(1)(2)(3)</sup> | I/O  | COM_L | SWCLK               | TK_IN2             |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | UART3_TX            |                    |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | TM1_CH2N            |                    |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | EVENTOUT            |                    |
| 27                     | 27                     | 1        | 8        | 20                     | 5        | 13       | 10       | -       | PA15                             | I/O  | COM_L | SPI_NSS             | TK_IN1             |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | UART3_RX            |                    |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | TM1_CH1N            |                    |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | TM1_CH4             |                    |
| 28                     | 28                     | 2        | 9        | -                      | -        | -        | -        | -       | PB3                              | I/O  | COM_C | SPI_SCK             | CMP2_INM<br>TK_IN0 |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | UART2_RX            |                    |
|                        |                        |          |          |                        |          |          |          |         |                                  |      |       | TM1_CH2             |                    |

1. PF3、PF4、PA13、PA14 可以通过 Option 配置选择 GPIO 功能还是 SWC/SWD 功能。

| option[1:0]   | PF3   | PF4   | PA13  | PA14  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| 0/0 (default) | SWCLK | SWDIO | GPIO  | GPIO  |
| 0/1           | GPIO  | GPIO  | SWDIO | SWCLK |
| 1/0           | GPIO  | SWDIO | GPIO  | SWCLK |
| 1/1           | SWCLK | GPIO  | SWDIO | GPIO  |

2. 复位后 option byte 配置 0/0 时（芯片出厂 default 状态），PF3 和 PF4 两个 pin 被配置为 SWCLK 和 SWDIO。

3. 配置为 SWDIO 时内部上拉电阻被激活、配置为 SWCLK 时内部下拉电阻被激活。

4. 选择 GPIO 还是 NRST 可以通过 option byte 进行配置。

5. 所有 IO 支持上拉，下拉同时有效，输出  $1/2 V_{CC}$  电平。
6. UART1, UART2, UART3 的 RX/TX 在 IP 内部可设置互换。
7. 作为合封 I<sup>2</sup>C EEPROM 使用时，内部可配置上拉电阻 4.7 k $\Omega$ 。
8. TK 功能和 GPIO 数字功能不能同时打开。
9. HSE\_ON 开启时晶振用于 HSE，LSE\_ON 开启时晶振用于 LSE；HSE\_ON 和 LSE\_ON 不能同时开启。

### 3.1. 端口 A 复用功能映射

表 3-3 端口 A 复用功能映射

| Port | AF0      | AF1      | AF2      | AF3      | AF4     | AF5      | AF6      | AF7      |
|------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
| PA0  | SPI_NSS  | -        | TM1_CH3  | UART2_TX | -       | TM1_CH1N | CMP1_OUT | -        |
| PA1  | SPI_SCK  | -        | TM1_CH4  | UART2_RX | -       | TM1_CH2N | MCO      | EVENTOUT |
| PA2  | SPI_MOSI | UART3_TX |          | -        | -       | TM14_CH1 | -        | -        |
| PA3  | SPI_MISO | UART3_RX | TM1_CH1  | -        | -       | -        | -        | EVENTOUT |
| PA4  | SPI_NSS  | -        | TM1_CH3  | UART2_TX | RTC_OUT | -        | -        | -        |
| PA5  | SPI_SCK  | -        | TM1_CH2  | UART2_RX | -       |          | MCO      | -        |
| PA6  | SPI_MISO | UART1_TX | TM1_CH1  | -        | -       | TM1_BKIN | CMP1_OUT | -        |
| PA7  | SPI_MOSI | UART1_RX | TM1_CH1N | -        | RTC_OUT | TM1_CH1  | CMP2_OUT | EVENTOUT |
| PA8  | SPI_MOSI | UART3_TX | TM1_CH1  | -        | I2C_SDA | -        | MCO      | -        |
| PA9  | -        | -        | TM1_ETR  | UART2_TX | -       | TM1_BKIN | TM14_CH1 | EVENTOUT |
| PA10 | -        | -        | TM1_CH3  | UART2_RX | -       | TM14_CH1 | -        | -        |
| PA11 | SPI_SCK  | UART1_TX | TM1_CH4  | -        | I2C_SCL | -        | -        | -        |
| PA12 | SPI_MOSI | UART1_RX | TM1_ETR  | -        | -       | TM14_CH1 | -        | EVENTOUT |
| PA13 | SWDIO    | -        | TM1_CH3N | UART2_TX | -       | -        | MCO      | -        |
| PA14 | SWCLK    | UART3_TX | TM1_CH2N | -        | -       | -        | -        | EVENTOUT |
| PA15 | SPI_NSS  | UART3_RX | TM1_CH1N | -        | -       | TM1_CH4  | -        | -        |

### 3.2. 端口 B 复用功能映射

表 3-4 端口 B 复用功能映射

| Port | AF0      | AF1      | AF2      | AF3      | AF4 | AF5      | AF6      | AF7      |
|------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|
| PB0  | SPI_NSS  | -        | TM1_CH2N | UART2_TX | -   | TM1_CH2  | CMP1_OUT | -        |
| PB1  | -        | -        | TM1_CH3N | UART2_RX | -   | -        | -        | EVENTOUT |
| PB2  | SPI_MISO | UART3_RX | -        | -        | -   | TM14_CH1 | -        | -        |
| PB3  | SPI_SCK  | -        | TM1_CH2  | UART2_RX | -   | -        | -        | -        |

### 3.3. 端口 F 复用功能映射

表 3-5 端口 F 复用功能映射

| Port | AF0   | AF1      | AF2     | AF3     | AF4     | AF5      | AF6 | AF7 |
|------|-------|----------|---------|---------|---------|----------|-----|-----|
| PF0  | -     | -        | -       | -       | -       | TM14_CH1 | -   | -   |
| PF1  | -     | -        | -       | -       | -       | TM14_CH1 | -   | -   |
| PF2  | -     | -        | -       | -       | I2C_SCL | TM14_CH1 | MCO | -   |
| PF3  | SWCLK | UART1_TX | TM1_ETR | I2C_SCL | I2C_SDA | TM14_CH1 | -   | -   |
| PF4  | SWDIO | UART1_RX | TM1_ETR | I2C_SCL | I2C_SDA | TM14_CH1 | -   | -   |
| PF5  | -     | -        | -       | -       | -       | -        | -   | -   |

4. 存储器映射

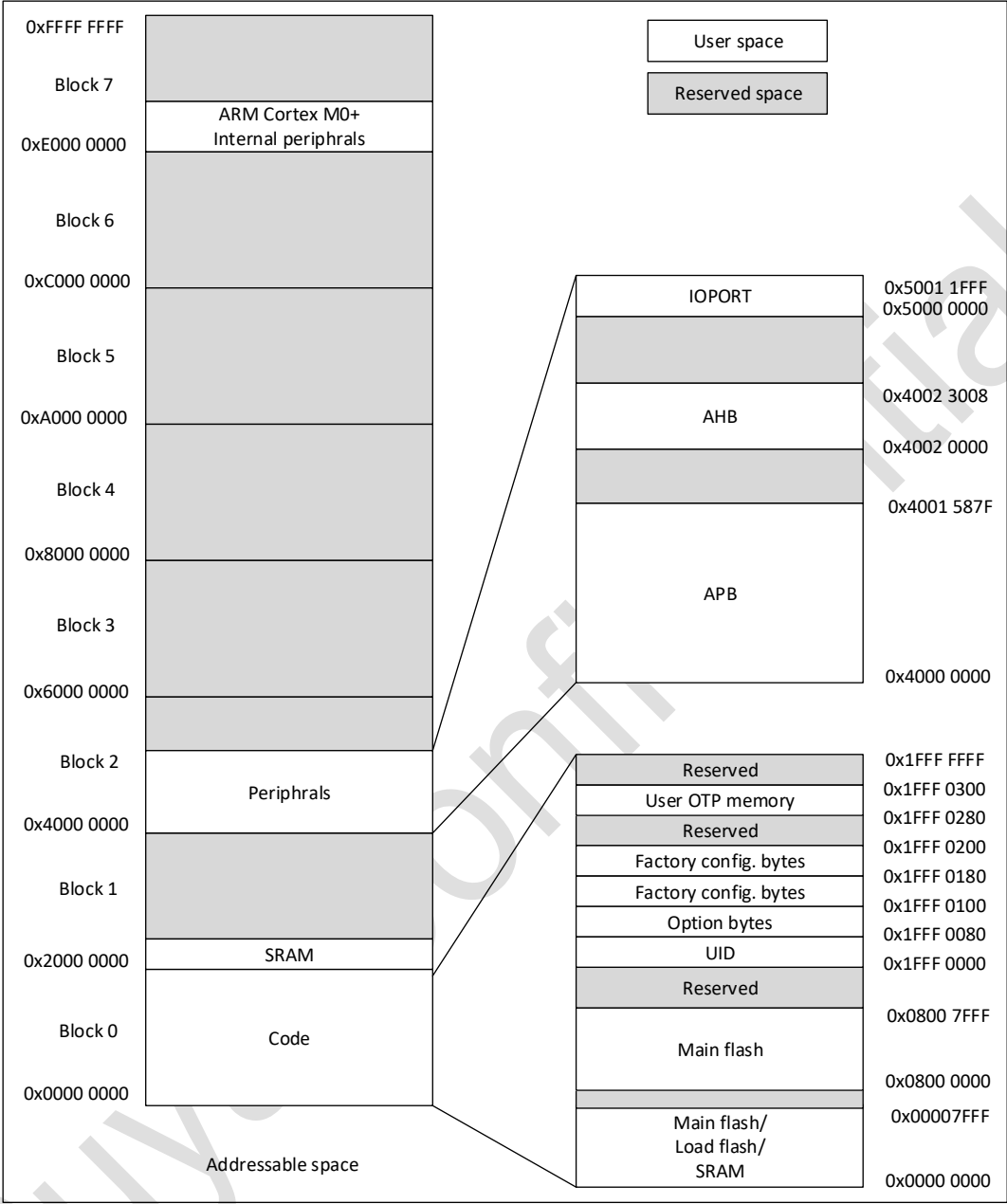


图 4-1 存储器映射

表 4-1 存储器地址

| Type | Boundary Address        | Size      | Memory Area <sup>(1)</sup>                                        |
|------|-------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| SRAM | 0x2000 1000-0x3FFF FFFF | -         | Reserved <sup>(1)</sup>                                           |
|      | 0x2000 0000-0x2000 0FFF | 4 KB      | SRAM                                                              |
| Code | 0x1FFF 0300-0x1FFF FFFF | -         | Reserved                                                          |
|      | 0x1FFF 0280-0x1FFF 02FF | 128 Bytes | USER OTP memory                                                   |
|      | 0x1FFF 0180-0x1FFF 01FF | 128 Bytes | Factory config. bytes                                             |
|      | 0x1FFF 0100-0x1FFF 017F | 128 Bytes | Factory config. bytes                                             |
|      | 0x1FFF 0080-0x1FFF 00FF | 128 Bytes | Option bytes                                                      |
|      | 0x1FFF 0000-0x1FFF 007F | 128 Bytes | UID                                                               |
|      | 0x0800 8000-0x1FFE FFFF | -         | Reserved                                                          |
|      | 0x0800 0000-0x0800 7FFF | 32 KB     | Main flash memory                                                 |
|      | 0x0000 8000-0x07FF FFFF | -         | Reserved                                                          |
|      | 0x0000 0000-0x0000 7FFF | 32 KB     | 根据 Boot 配置选择:<br>1. Main flash memory<br>2. Load flash<br>3. SRAM |

1. 上述空间注为 Reserved 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

| Bus    | Boundary Address        | Size | Peripheral <sup>(1)</sup> |
|--------|-------------------------|------|---------------------------|
|        | 0xE000 0000-0xE00F FFFF | 1 MB | M0+                       |
| IOPORT | 0x5000 1800-0x5FFF FFFF | -    | Reserved <sup>(1)</sup>   |
|        | 0x5000 1400-0x5000 17FF | 1 KB | GPIOF                     |
|        | 0x5000 0800-0x5000 13FF | -    | Reserved <sup>(1)</sup>   |
|        | 0x5000 0400-0x5000 07FF | 1 KB | GPIOB                     |
|        | 0x5000 0000-0x5000 03FF | 1 KB | GPIOA                     |
| AHB    | 0x4002 3400-0x4FFF FFFF | -    | Reserved                  |
|        | 0x4002 3010-0x4002 33FF | 1 KB | Reserved                  |
|        | 0x4002 3000-0x4002 300F |      | CRC                       |
|        | 0x4002 2400-0x4002 2FFF | -    | Reserved                  |
|        | 0x4002 2000-0x4002 23FF | 1 KB | Flash FMC                 |
|        | 0x4002 1C00-0x4002 1FFF | -    | Reserved                  |
|        | 0x4002 1900-0x4002 1BFF | 1 KB | Reserved                  |
|        | 0x4002 1800-0x4002 18FF |      | EXTI <sup>(2)</sup>       |
|        | 0x4002 1400-0x4002 17FF | -    | Reserved                  |
|        | 0x4002 1080-0x4002 13FF | 1 KB | Reserved                  |
|        | 0x4002 1000-0x4002 107F |      | RCC <sup>(2)</sup>        |
|        | 0x4002 0000-0x4002 0FFF | -    | Reserved                  |
| APB    | 0x4001 5C00-0x4001 FFFF | -    | Reserved                  |
|        | 0x4001 5880-0x4001 5BFF | 1 KB | Reserved                  |

| Bus | Boundary Address        | Size | Peripheral <sup>(1)</sup> |
|-----|-------------------------|------|---------------------------|
|     | 0x4001 5800-0x4001 587F |      | DBG                       |
|     | 0x4001 4800-0x4001 57FF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4001 4480-0x4001 47FF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4001 4400-0x4001 447F |      | UART2                     |
|     | 0x4001 3C00-0x4001 43FF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4001 3880-0x4001 3BFF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4001 3800-0x4001 387F |      | UART3                     |
|     | 0x4001 3400-0x4001 37FF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4001 3080-0x4001 33FF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4001 3000-0x4001 307F |      | SPI                       |
|     | 0x4001 2C80-0x4001 2FFF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4001 2C00-0x4001 2C7F |      | TIM1                      |
|     | 0x4001 2800-0x4001 2BFF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4001 2400-0x4001 27FF | 1 KB | ADC                       |
|     | 0x4001 0400-0x4001 23FF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4001 0220-0x4001 03FF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4001 0200-0x4001 021F |      | CMP1/2                    |
|     | 0x4001 0000-0x4001 01FF |      | SYSCFG                    |
|     | 0x4000 7400-0x4000 FFFF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4000 7080-0x4000 73FF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4000 7000-0x4000 707F |      | PWR <sup>(3)</sup>        |
|     | 0x4000 5800-0x4000 6FFF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4000 5480-0x4000 57FF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4000 5400-0x4000 547F |      | I <sup>2</sup> C          |
|     | 0x4000 4800-0x4000 53FF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4000 4480-0x4000 47FF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4000 4400-0x4000 447F |      | UART1                     |
|     | 0x4000 3C00-0x4000 43FF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4000 3880-0x4000 3BFF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4000 3800-0x4000 387F |      | TK                        |
|     | 0x4000 3400-0x4000 37FF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4000 3080-0x4000 33FF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4000 3000-0x4000 307F |      | IWDG                      |
|     | 0x4000 2C00-0x4000 2FFF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4000 2880-0x4000 2BFF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4000 2800-0x4000 287F |      | RTC                       |
|     | 0x4000 2400-0x4000 27FF | -    | Reserved                  |
|     | 0x4000 2080-0x4000 23FF | 1 KB | Reserved                  |
|     | 0x4000 2000-0x4000 207F |      | TIM14                     |

| Bus | Boundary Address        | Size | Peripheral <sup>(1)</sup> |
|-----|-------------------------|------|---------------------------|
|     | 0x4000 0000-0x4000 1FFF | -    | Reserved                  |

1. 上表标注为Reserved的地址空间，无法写操作，读回为0，且产生hardfault。
2. 不仅支持32位word访问，还支持half-word和Bytes访问。
3. 不仅支持32位word访问，还支持half-word访问。

## 5. 电气特性

### 5.1. 参数条件

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。

#### 5.1.3. 供电方案

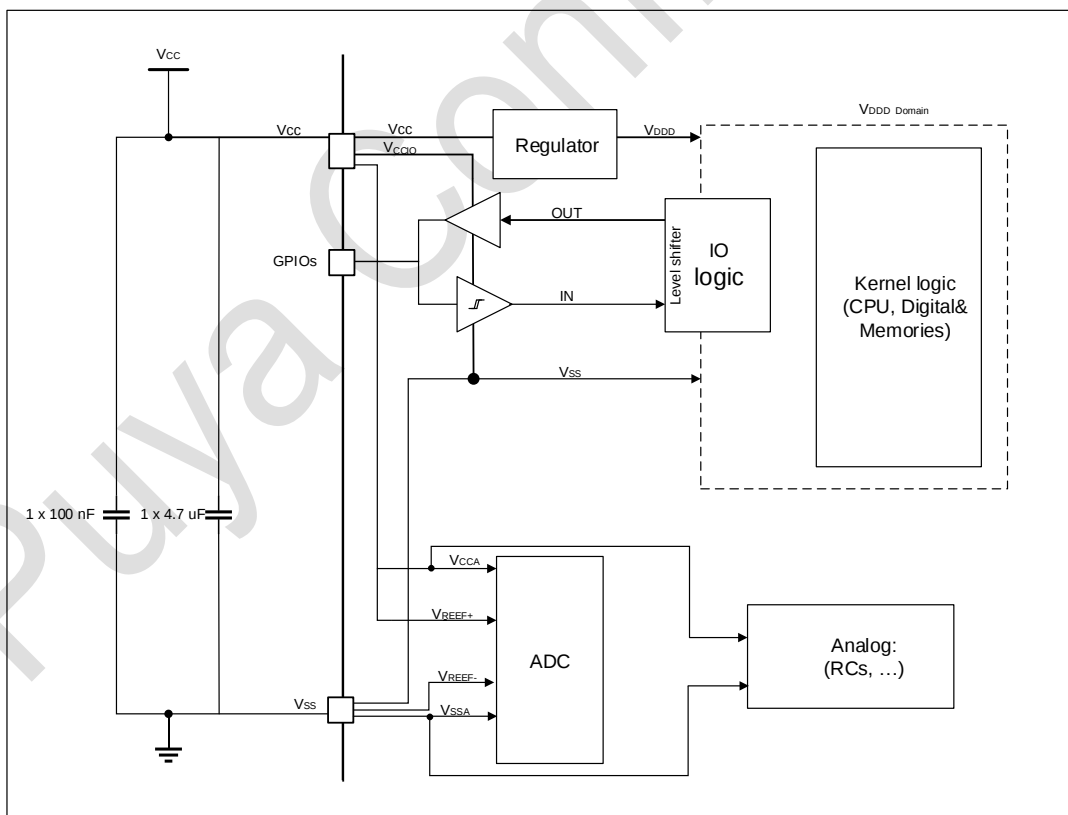


图 5-1 供电方案图

## 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 |
|-----------------|-----------------------|----------------|----------------|----|
| $V_{CC}-V_{SS}$ | 外部供电电压 <sup>(1)</sup> | -0.3           | 6.25           | V  |
| $V_{IN}^{(2)}$  | 引脚输入电压                | $V_{SS} - 0.3$ | $V_{CC} + 0.3$ |    |

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。
2.  $V_{IN}$  的最大值必须始终遵循允许的最大注入电流值,具体见下表。

表 5-2 电流特性

| 符号                         | 描述                                      | 最大值  | 单位 |
|----------------------------|-----------------------------------------|------|----|
| $\Sigma I_{VCC}$           | 流进 $V_{CC}$ 引脚的总电流(供应电流) <sup>(1)</sup> | 170  | mA |
| $\Sigma I_{VSS}$           | 流出 $V_{SS}$ 引脚的总电流(流出电流) <sup>(1)</sup> | -170 | mA |
| $I_{IO(PIN)}^{(2)}$        | 任意 IO 和控制引脚的输出灌电流 (除 COM_L IO)          | 80   | mA |
|                            | 任意 COM_L IO 的输出灌电流                      | 100  |    |
|                            | 任意 IO 和控制引脚的拉电流 (除 COM_P IO)            | -25  |    |
|                            | 任意 COM_P IO 的拉电流                        | -40  |    |
| $\Sigma I_{IO(PIN)}^{(2)}$ | 所有 IO 和控制引脚的总输出灌电流                      | 160  | mA |
|                            | 所有 IO 和控制引脚的总拉电流                        | -150 |    |

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。
2. IO 类型可参考引脚定义的术语和符号。

表 5-3 温度特性

| 符号        | 描述     | 数值         | 单位 |
|-----------|--------|------------|----|
| $T_{STG}$ | 存储温度范围 | -65 ~ +150 | °C |
| $T_O$     | 工作温度范围 | -40 ~ +105 | °C |

## 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      | -  | 1.8  | 5.5          | V   |
| $V_{IN}$   | IO 输入电压     | -  | -0.3 | $V_{CC}+0.3$ | V   |
| $T_A$      | 环境温度        | -  | -40  | 105          | °C  |
| $T_J$      | 结温          | -  | -40  | 110          | °C  |

### 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 <sub>VCC</sub> | V <sub>CC</sub> 上升速率 | -  | 0   | ∞   | μs/V |
|                  | V <sub>CC</sub> 下降速率 | -  | 20  | ∞   |      |

### 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 |
|------------------------------------------|--------------|-----|---------------------|------|---------------------|----|
| trSTTEMPO <sup>(1)</sup>                 | 复位重置时间       | -   | -                   | 4.00 | 7.50                | ms |
| V <sub>POR/PDR</sub>                     | POR/PDR 复位阈值 | 上升沿 | 1.60 <sup>(2)</sup> | 1.70 | 1.80                | V  |
|                                          |              | 下降沿 | 1.57                | 1.67 | 1.77 <sup>(2)</sup> |    |
| V <sub>BOR2</sub>                        | BOR 阈值 2     | 上升沿 | 1.89 <sup>(2)</sup> | 1.99 | 2.09                | V  |
|                                          |              | 下降沿 | 1.78                | 1.88 | 1.98 <sup>(2)</sup> |    |
| V <sub>BOR3</sub>                        | BOR 阈值 3     | 上升沿 | 2.09 <sup>(2)</sup> | 2.19 | 2.29                | V  |
|                                          |              | 下降沿 | 2.00                | 2.10 | 2.20 <sup>(2)</sup> |    |
| V <sub>BOR4</sub>                        | BOR 阈值 4     | 上升沿 | 2.29 <sup>(2)</sup> | 2.39 | 2.49                | V  |
|                                          |              | 下降沿 | 2.20                | 2.30 | 2.40 <sup>(2)</sup> |    |
| V <sub>BOR5</sub>                        | BOR 阈值 5     | 上升沿 | 2.66 <sup>(2)</sup> | 2.78 | 2.89                | V  |
|                                          |              | 下降沿 | 2.58                | 2.69 | 2.79 <sup>(2)</sup> |    |
| V <sub>BOR6</sub>                        | BOR 阈值 6     | 上升沿 | 2.94 <sup>(2)</sup> | 3.08 | 3.18                | V  |
|                                          |              | 下降沿 | 2.88                | 2.99 | 3.11 <sup>(2)</sup> |    |
| V <sub>BOR7</sub>                        | BOR 阈值 7     | 上升沿 | 3.53 <sup>(2)</sup> | 3.68 | 3.83                | V  |
|                                          |              | 下降沿 | 3.44                | 3.58 | 3.72 <sup>(2)</sup> |    |
| V <sub>BOR8</sub>                        | BOR 阈值 8     | 上升沿 | 4.03 <sup>(2)</sup> | 4.20 | 4.36                | V  |
|                                          |              | 下降沿 | 3.91                | 4.08 | 4.24 <sup>(2)</sup> |    |
| V <sub>POR_PDR_hyst</sub> <sup>(1)</sup> | POR/PDR 迟滞电压 | -   | -                   | 30   | -                   | mV |
| V <sub>BOR_hyst</sub> <sup>(1)</sup>     | BOR 迟滞电压     | -   | -                   | 100  | -                   | mV |
| I <sub>CC(BOR)</sub>                     | BOR 功耗       | -   | -                   | 0.6  | -                   | μA |

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 <sup>(1)</sup> | 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  | 48 MHz     | While(1) | Flash | ON   | DISABLE     | 2.6                | -   | mA |
|                       |      |            |          |       | OFF  | DISABLE     | 1.9                | -   |    |
|                       |      | 24 MHz     |          |       | ON   | DISABLE     | 1.7                | -   |    |
|                       |      |            |          |       | OFF  | DISABLE     | 1.4                | -   |    |
|                       | LSI  | 32.768 kHz |          |       | ON   | DISABLE     | 165                | -   | μA |

| 符号 | 条件   |            |    |    |      |             | 典型值 <sup>(1)</sup> | 最大值 | 单位 |
|----|------|------------|----|----|------|-------------|--------------------|-----|----|
|    | 系统时钟 | 频率         | 代码 | 运行 | 外设时钟 | Flash sleep |                    |     |    |
|    |      | 32.768 kHz |    |    | OFF  | DISABLE     | 164                | -   |    |
|    |      |            |    |    | ON   | ENABLE      | 92                 | -   |    |
|    |      |            |    |    | OFF  | ENABLE      | 91.5               | -   |    |

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</sub> (Sleep) | HSI  | 48 MHz     | ON   | DISABLE     | 1.7                | -   | mA |
|                         |      |            | OFF  | DISABLE     | 0.9                | -   |    |
|                         |      | 24 MHz     | ON   | DISABLE     | 1.0                | -   |    |
|                         |      |            | OFF  | DISABLE     | 0.6                | -   |    |
|                         | LSI  | 32.768 kHz | ON   | DISABLE     | 161                | -   | μA |
|                         |      |            | OFF  | DISABLE     | 160                | -   |    |
|                         |      | 32.768 kHz | ON   | ENABLE      | 81.3               | -   |    |
|                         |      |            | OFF  | ENABLE      | 81.0               | -   |    |

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> | LDO 模式 | LSI | 外设时钟     |                    |     |    |
| I <sub>cc</sub> (Stop) | 1.8 ~ 5.5 V     | MR     | -   | -        | 75.2               | -   | μA |
|                        |                 | LPR    | ON  | IWDG+RTC | 3.9                | -   |    |
|                        |                 |        |     | IWDG     | 3.9                | -   |    |
|                        |                 |        |     | RTC      | 3.9                | -   |    |
|                        |                 |        | OFF | -        | 3.5                | -   |    |

1. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

### 5.3.5. 低功耗唤醒时间

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 模式唤醒时间      |       | -                                                         | 10                 | -   | CPU Cycles |
| t <sub>WUSTOP</sub>  | Stop 模式唤醒时间       | MR 供电 | Flash 中执行程序, HSI(24 MHz) 作为系统时钟<br>FLS_SLPTIME [1:0] = 00 | 6.6                | -   | μs         |
|                      |                   |       | Flash 中执行程序, HSI(48 MHz) 作为系统时钟<br>FLS_SLPTIME [1:0] = 00 | 6.1                |     |            |

| 符号 | 参数 <sup>(1)</sup> |        | 条件                                                           | 典型值 <sup>(2)</sup> | 最大值 | 单位            |
|----|-------------------|--------|--------------------------------------------------------------|--------------------|-----|---------------|
|    |                   | LPR 供电 | Flash 中执行程序, HSI(24 MHz)<br>作为系统时钟<br>FLS_SLPTIME [1:0] = 00 | 10.2               | -   | $\mu\text{s}$ |
|    |                   |        | Flash 中执行程序, HSI(48 MHz)<br>作为系统时钟<br>FLS_SLPTIME [1:0] = 00 | 9.8                |     |               |

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 HSEON 置位), 相应的 IO 作为外部时钟输入端口。

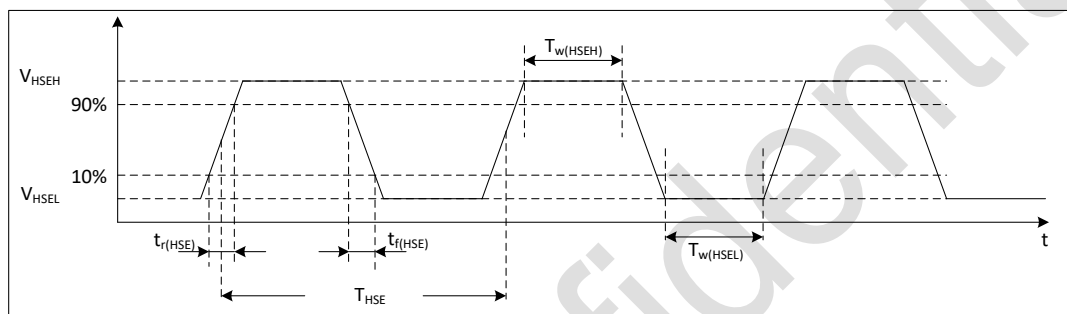


图 5-2 外部高速时钟时序图

表 5-11 外部高速时钟特性

| 符号                                                         | 参数         | 最小值                       | 典型值 | 最大值                       | 单位  |
|------------------------------------------------------------|------------|---------------------------|-----|---------------------------|-----|
| $f_{\text{HSE\_ext}}$                                      | 用户外部时钟频率   | 1                         | 8   | 32                        | MHz |
| $V_{\text{HSEH}}$                                          | 输入引脚高电平电压  | $0.7 \cdot V_{\text{CC}}$ | -   | $V_{\text{CC}}$           | V   |
| $V_{\text{HSEL}}$                                          | 输入引脚低电平电压  | $V_{\text{SS}}$           | -   | $0.3 \cdot V_{\text{CC}}$ | V   |
| $t_{\text{W}}(\text{HSEH})$<br>$t_{\text{W}}(\text{HSEL})$ | 输入高或低的时间   | 15 <sup>(1)</sup>         | -   | -                         | ns  |
| $t_{\text{r}}(\text{HSE})$<br>$t_{\text{f}}(\text{HSE})$   | 输入上升/下降的时间 | -                         | -   | 20 <sup>(1)</sup>         | 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。

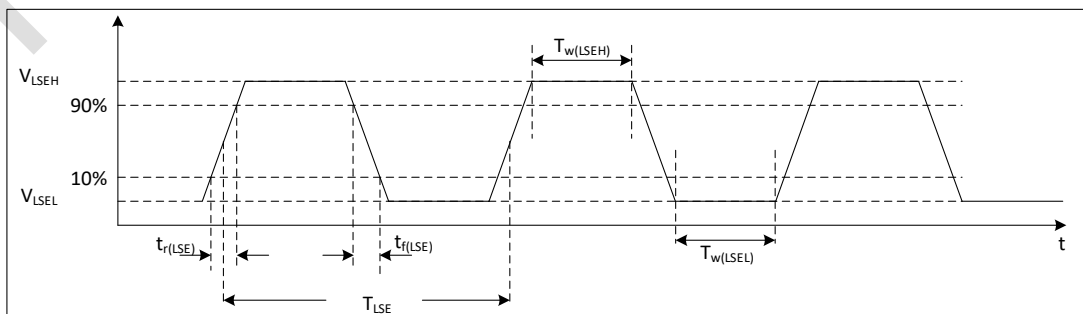


图 5-3 外部低速时钟时序图

表 5-12 外部低速时钟特性

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

1. 由设计保证，不在生产中测试。

### 5.3.6.3. 外部高速晶体

可以通过外接 4 ~ 8 MHz 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 外部高速晶体特性 <sup>(1)</sup>

| 符号                      | 参数     | 条件                                                                                                                             | 最小值 <sup>(2)</sup> | 典型值 | 最大值 <sup>(2)</sup> | 单位  |
|-------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|
| $f_{OSC\_IN}$           | 振荡频率   | -                                                                                                                              | 4                  | -   | 8                  | MHz |
| $I_{CC}^{(4)}$          | HSE 功耗 | 启动期间                                                                                                                           | -                  | -   | 5.5                | mA  |
|                         |        | $V_{CC}=3\text{ V}$ , $R_m=35\ \Omega$ ,<br>$C_L=15\text{ pF}@8\text{ MHz}$<br>$HSE\_DRV = 1$                                  | -                  | 0.7 | -                  |     |
|                         |        | $V_{CC}=3\text{ V}$ , $R_m=35\ \Omega$ ,<br>$C_L=15\text{ pF}@4\text{ MHz}$<br>$HSE\_DRV = 0$                                  | -                  | 0.6 | -                  |     |
| $t_{SU(HSE)}^{(3) (4)}$ | 启动时间   | $f_{OSC\_IN}=8\text{ MHz}$<br>$R_m=35\ \Omega$ , $C_L=15\text{ pF}@8\text{ MHz}$<br>$HSE\_STARTUP[1:0] = 00$<br>$HSE\_DRV = 1$ | -                  | 2.5 | -                  | ms  |
|                         |        | $f_{OSC\_IN}=4\text{ MHz}$<br>$R_m=35\ \Omega$ , $C_L=15\text{ pF}@4\text{ MHz}$<br>$HSE\_STARTUP[1:0] = 00$<br>$HSE\_DRV = 1$ | -                  | 4.0 | -                  |     |
|                         |        | $f_{OSC\_IN}=4\text{ MHz}$<br>$R_m=35\ \Omega$ , $C_L=15\text{ pF}@4\text{ MHz}$<br>$HSE\_STARTUP[1:0] = 00$<br>$HSE\_DRV = 0$ | -                  | 5.0 | -                  |     |

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.  $t_{SU(HSE)}$ 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。

### 5.3.6.4. 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 5-14 外部低速晶体特性<sup>(1)</sup>

| 符号                     | 参数     | 条件                                                                                                       | 最小值 | 典型值  | 最大值 | 单位      |
|------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|-----|---------|
| $I_{CC}^{(3)}$         | LSE 功耗 | LSE_DRIVER [1:0] = 00                                                                                    | -   | 0.4  | -   | $\mu A$ |
|                        |        | LSE_DRIVER [1:0] = 01                                                                                    | -   | 0.5  | -   |         |
|                        |        | LSE_DRIVER [1:0] = 10                                                                                    | -   | 0.7  | -   |         |
|                        |        | LSE_DRIVER [1:0] = 11                                                                                    | -   | 1.2  | -   |         |
| $t_{SU(LSE)}^{(2)(3)}$ | 启动时间   | $f_{OSC\_IN} = 32.768\text{ kHz}, C_L = 6\text{ pF}$<br>LSE_STARTUP [1:0] = 00<br>LSE_DRIVER [1:0] = 00  | -   | 2.60 | -   | s       |
|                        |        | $f_{OSC\_IN} = 32.768\text{ kHz}, C_L = 6\text{ pF}$<br>LSE_STARTUP [1:0] = 00<br>LSE_DRIVER [1:0] = 01  | -   | 1.20 | -   |         |
|                        |        | $f_{OSC\_IN} = 32.768\text{ kHz}, C_L = 12\text{ pF}$<br>LSE_STARTUP [1:0] = 00<br>LSE_DRIVER [1:0] = 10 | -   | 0.85 | -   |         |
|                        |        | $f_{OSC\_IN} = 32.768\text{ kHz}, C_L = 12\text{ pF}$<br>LSE_STARTUP [1:0] = 00<br>LSE_DRIVER [1:0] = 11 | -   | 0.50 | -   |         |

1. 晶体/陶瓷谐振器特性基于制造商给出的数据手册。
2.  $t_{SU(LSE)}$  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。
3. 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 5-15 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   | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}, V_{CC} = 3.3\text{ V}$                        | 23.83 <sup>(2)</sup> | 24  | 24.17 <sup>(2)</sup> | MHz     |
|                     |          |                                                                                  | 47.66 <sup>(2)</sup> | 48  | 48.34 <sup>(2)</sup> |         |
| $ACC_{(HSI)}$       | HSI 频率精度 | $V_{CC} = 2.0 \sim 5.5\text{ V}$<br>$T_A = -40 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ | -2 <sup>(2)</sup>    | -   | 2 <sup>(2)</sup>     | %       |
|                     |          | $V_{CC} = 1.8 \sim 2.0\text{ V}$<br>$T_A = -40 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ | -2 <sup>(2)</sup>    | -   | 2 <sup>(2)</sup>     |         |
|                     |          | $V_{CC} = 1.8 \sim 2.0\text{ V}$<br>$T_A = -40 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ | -3 <sup>(2)</sup>    | -   | 3 <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>     | $\mu s$ |
| $I_{CC(HSI)}^{(2)}$ | HSI 功耗   | 48 MHz                                                                           | -                    | 300 | -                    | $\mu A$ |
|                     |          | 24 MHz                                                                           | -                    | 220 | -                    |         |

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 5-16 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 | 32.768 | 33.6 | kHz |

| 符号                                    | 参数       | 条件                                                             | 最小值                | 典型值 | 最大值               | 单位 |
|---------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------|--------------------|-----|-------------------|----|
| ACC <sub>(LSI)</sub>                  | LSI 频率精度 | V <sub>CC</sub> = 1.8 ~ 5.5 V<br>T <sub>A</sub> = 0 ~ 105 °C   | -8 <sup>(2)</sup>  | -   | 8 <sup>(2)</sup>  | %  |
|                                       |          | V <sub>CC</sub> = 1.8 ~ 5.5 V<br>T <sub>A</sub> = -40 ~ 105 °C | -10 <sup>(2)</sup> | -   | 10 <sup>(2)</sup> |    |
| f <sub>TRIM</sub> <sup>(1)</sup>      | LSI 微调精度 | -                                                              | -                  | 0.2 | -                 | %  |
| t <sub>Stab(LSI)</sub> <sup>(1)</sup> | LSI 稳定时间 | -                                                              | -                  | 150 | -                 | μs |
| I <sub>CC(LSI)</sub> <sup>(1)</sup>   | 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 5-17 存储器特性

| 符号                 | 参数         | 条件 | 典型值 | 最大值 <sup>(1)</sup> | 单位 |
|--------------------|------------|----|-----|--------------------|----|
| t <sub>prog</sub>  | 页编程时间      | -  | 1.5 | 2.0                | ms |
| t <sub>ERASE</sub> | 页/扇区/块擦除时间 | -  | 3.5 | 4.5                | ms |
| I <sub>CC</sub>    | 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 5-18 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 <sub>END</sub> | 擦写次数   | T <sub>A</sub> = -40 ~ 85 °C     | 100                | kcycle |
|                  |        | T <sub>A</sub> = 85 ~ 105 °C     | 10                 |        |
| t <sub>RET</sub> | 数据保持期限 | 10 kcycle T <sub>A</sub> = 55 °C | 20                 | Year   |

1. 数据基于考核结果, 不在生产中测试。

### 5.3.10. EFT 特性

表 5-19 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 5-20 ESD &amp; LU 特性

| 符号                    | 参数             | 条件                     | 典型值 | 单位 |
|-----------------------|----------------|------------------------|-----|----|
| V <sub>ESD(HBM)</sub> | 静态放电电压(人体模型)   | ESDA/JEDEC JS-001-2017 | 8   | kV |
| V <sub>ESD(CDM)</sub> | 静态放电电压(充电设备模型) | ESDA/JEDEC JS-002-2018 | 2   | kV |
| LU                    | 静态 Latch-Up    | JESD78E                | 200 | mA |

### 5.3.12. 端口特性

表 5-21 端口静态特性

| 符号              | 参数      | 条件                            | 最小值                 | 典型值 | 最大值                 | 单位 |
|-----------------|---------|-------------------------------|---------------------|-----|---------------------|----|
| V <sub>IH</sub> | 输入高电平电压 | V <sub>CC</sub> = 1.8 ~ 5.5 V | 0.7*V <sub>CC</sub> | -   | -                   | V  |
| V <sub>IL</sub> | 输入低电平电压 | V <sub>CC</sub> = 1.8 ~ 5.5 V | -                   | -   | 0.3*V <sub>CC</sub> | V  |

| 符号                   | 参数                    | 条件                              | 最小值 | 典型值 | 最大值  | 单位         |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------|-----|-----|------|------------|
| $V_{hys}^{(1)}$      | 斯密特迟滞电压               | -                               | -   | 150 | -    | mV         |
| $I_{lkg}$            | 输入漏电流                 | -                               | -   | -   | 1    | $\mu A$    |
| $R_{PU}$             | 上拉电阻                  | $V_{IN} = V_{SS}, IORP[1:0]=11$ | 24  | 40  | 56   | k $\Omega$ |
|                      |                       | $V_{IN} = V_{SS}, IORP[1:0]=10$ | 12  | 20  | 28   |            |
|                      |                       | $V_{IN} = V_{SS}, IORP[1:0]=01$ | 6.6 | 11  | 15.4 |            |
|                      |                       | $V_{IN} = V_{SS}, IORP[1:0]=00$ | -   | 断开  | -    |            |
| $R_{PD}$             | 下拉电阻                  | $V_{IN} = V_{CC}, IORP[1:0]=11$ | 24  | 40  | 56   | k $\Omega$ |
|                      |                       | $V_{IN} = V_{CC}, IORP[1:0]=10$ | 12  | 20  | 28   |            |
|                      |                       | $V_{IN} = V_{CC}, IORP[1:0]=01$ | 6.6 | 11  | 15.4 |            |
|                      |                       | $V_{IN} = V_{CC}, IORP[1:0]=00$ | -   | 断开  | -    |            |
| $R_{PUIIC}$          | I <sup>2</sup> C 上拉电阻 | PUPDy[1:0]=01, PF_PU_IIC=1      | 3.4 | 4.7 | 6.0  | k $\Omega$ |
| $C_{IO}^{(1)}$       | 引脚电容                  | -                               | -   | 5   | -    | pF         |
| $t_{ns(EXTI)}^{(1)}$ | 输入滤波宽度                | ENI=1, ENS=1                    | 3   | 5   | 10   | ns         |

1. 由设计保证, 不在生产中测试。

表 5-22 输出电压特性<sup>(1)(4)</sup>

| 符号             | 参数                      | 条件 <sup>(3)</sup>                                   | 最小值          | 最大值 | 单位 |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|-----|----|
| $V_{OL}^{(2)}$ | 任意 IO 输出低电平(除 COM_L IO) | $I_{OL} = 70 \text{ mA}, V_{CC} \geq 5.0 \text{ V}$ | -            | 0.5 | V  |
|                |                         | $I_{OL} = 50 \text{ mA}, V_{CC} \geq 3 \text{ V}$   | -            | 0.5 |    |
|                |                         | $I_{OL} = 4 \text{ mA}, V_{CC} = 1.8 \text{ V}$     | -            | 0.5 |    |
|                | 任意 COM_L IO 输出低电平       | $I_{OL} = 80 \text{ mA}, V_{CC} \geq 3.3 \text{ V}$ | -            | 0.6 | V  |
|                |                         | $I_{OL} = 60 \text{ mA}, V_{CC} \geq 2.7 \text{ V}$ | -            | 0.6 |    |
|                |                         | $I_{OL} = 40 \text{ mA}, V_{CC} \geq 1.8 \text{ V}$ | -            | 0.6 |    |
| $V_{OH}^{(2)}$ | 任意 IO 输出高电平(除 COM_P IO) | $I_{OH} = 16 \text{ mA}, V_{CC} \geq 5.0 \text{ V}$ | $V_{CC}-0.5$ | -   | V  |
|                |                         | $I_{OH} = 8 \text{ mA}, V_{CC} \geq 2.7 \text{ V}$  | $V_{CC}-0.5$ | -   |    |
|                |                         | $I_{OH} = 4 \text{ mA}, V_{CC} = 1.8 \text{ V}$     | $V_{CC}-0.5$ | -   |    |
|                | 任意 COM_P IO 输出高电平       | $I_{OH} = 30 \text{ mA}, V_{CC} \geq 5.0 \text{ V}$ | $V_{CC}-0.5$ | -   |    |
|                |                         | $I_{OH} = 20 \text{ mA}, V_{CC} \geq 3.3 \text{ V}$ | $V_{CC}-0.5$ | -   |    |
|                |                         | $I_{OH} = 16 \text{ mA}, V_{CC} \geq 2.7 \text{ V}$ | $V_{CC}-0.5$ | -   |    |
|                |                         | $I_{OH} = 4 \text{ mA}, V_{CC} = 1.8 \text{ V}$     | $V_{CC}-0.5$ | -   |    |

- 对于所有输出的组合, 最大总电流 (包括 $V_{OL}$ 或 $V_{OH}$ 产生的电流总和) 不应超过表 5-2 电流特性中的最大额定值参数  $\Sigma I_{IO(PIN)}$ 。
- IO类型可参考引脚定义的术语和符号。
- 所有IO驱动测试条件皆为 GPIOx\_OSPEEDR=11。
- 数据基于考核结果, 不在生产中测试。

### 5.3.13. LED SEG 恒流驱动特性

表 5-23 LED SEG 恒流驱动特性<sup>(1)(2)</sup>

| 符号       | 参数          | 条件                                              | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|-------------|-------------------------------------------------|-----|-----|-----|----|
| $V_{CC}$ | 供电电压        | -                                               | 3.3 | -   | 5.5 | V  |
| $I_{OH}$ | 恒流模式 1 输出电流 | $V_{CC} = 3.3 \text{ V}$<br>$V_{OH} = V_{CC}/3$ | -   | 9.7 | -   | mA |

| 符号       | 参数          | 条件                                                                                                     | 最小值 | 典型值 | 最大值      | 单位 |
|----------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----------|----|
| $I_{OH}$ | 恒流模式 2 输出电流 | $V_{CC} = 3.3\text{ V}$<br>$V_{OH} = V_{CC}/3$                                                         | -   | 7.4 | -        | mA |
| $I_{OH}$ | 恒流模式 3 输出电流 | $V_{CC} = 3.3\text{ V}$<br>$V_{OH} = V_{CC}/3$                                                         | -   | 5   | -        | mA |
| $I_{OH}$ | 恒流模式 4 输出电流 | $V_{CC} = 3.3\text{ V}$<br>$V_{OH} = V_{CC}/3$                                                         | -   | 2.5 | -        | mA |
| $ ΔI /I$ | 电流精度 (统一校准) | 恒流源输出 10 mA 电流:<br>( $I-10$ ) /10<br>( $V_{CC} = 3.3\text{ V}$ , $T_A = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) | -   | -   | $\pm 15$ | %  |

1. 数据基于考核结果, 不在生产中测试。
2. 当PB2作为LED SEG恒流驱动, PA0必须先使能为LED SEG; 当PB3作为LED SEG恒流驱动, PA1必须先使能为LED SEG。

### 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            |
|------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------|-----|-------------|---------------|
| $V_{CC}$               | ADC 供电电压                                     | -                                                          | 1.8  | -   | 5.5         | V             |
| $I_{CC}^{(1)}$         | 功耗                                           | $f_s = 0.75\text{ Msps}$                                   | -    | 1   | -           | mA            |
| $C_{IN}^{(1)}$         | 内部采样和保持电容                                    | -                                                          | -    | 5   | -           | pF            |
| $f_{ADC}$              | 转换时钟频率                                       | $V_{REF+} = V_{CC} = 1.8 \sim 2.3\text{ V}$                | 0.8  | 4   | $8^{(2)}$   | MHz           |
|                        |                                              | $V_{REF+} = V_{CC} = 2.3 \sim 5.5\text{ V}$                | 0.8  | 8   | $12^{(2)}$  |               |
|                        |                                              | $V_{REF+} = V_{REFBUF}$ , $V_{CC} = 1.8 \sim 2.3\text{ V}$ | 0.16 | 0.8 | $1.6^{(2)}$ |               |
|                        |                                              | $V_{REF+} = V_{REFBUF}$ , $V_{CC} = 2.3 \sim 5.5\text{ V}$ | 0.16 | 1.6 | $2.4^{(2)}$ |               |
| $t_{smp}^{(1)}$        | 采样时间                                         | $V_{CC} = 1.8 \sim 5.5\text{ V}$                           | 3.5  | -   | 239.5       | $1/f_{ADC}$   |
| $t_{smp\_setup}^{(1)}$ | 内部通道采样建立时间<br>( $V_{REFINT+}$ , $V_{CC}/3$ ) | -                                                          | 20   | -   | -           | $\mu\text{s}$ |
| $t_{conv}^{(1)}$       | 总转换时间                                        | -                                                          | -    | 12  | -           | $1/f_{ADC}$   |
| $t_{eoc}^{(1)}$        | 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( $V_{REF+} = V_{CC}$ )

| 符号   | 参数     | 条件                                                                                                                   | 最小值 | 典型值        | 最大值        | 单位  |
|------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------|------------|-----|
| ET   | 综合误差   | $V_{CC} = 3.3\text{ V}$ , $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$f_{ADC} = 12\text{ MHz}$ , $f_s = 0.75\text{ Msps}$ | -   | $\pm 4$    | $\pm 7$    | LSB |
| EO   | 失调误差   |                                                                                                                      | -   | -2.5       | -          |     |
| EG   | 增益误差   |                                                                                                                      | -   | 8.5        | 11.5       |     |
| ED   | 差分线性误差 |                                                                                                                      | -   | +3<br>-0.9 | +4<br>-1   |     |
| EL   | 积分线性误差 |                                                                                                                      | -   | $\pm 3.5$  | $\pm 4.5$  |     |
| ENOB | 有效位数   |                                                                                                                      | 8.9 | 9.5        | -          | bit |
| ET   | 综合误差   | $1.8\text{ V} \leq V_{CC} \leq 5.5\text{ V}$<br>$f_{ADC} \leq 12\text{ MHz}$ , $f_s \leq 0.75\text{ Msps}$           | -   | $\pm 4$    | $\pm 10.5$ | LSB |
| EO   | 失调误差   |                                                                                                                      | -   | -2.5       | -          |     |
| EG   | 增益误差   |                                                                                                                      | -   | 8.5        | 13         |     |
| ED   | 差分线性误差 |                                                                                                                      | -   | +3<br>-0.9 | +5<br>-1   |     |
| EL   | 积分线性误差 |                                                                                                                      | -   | $\pm 3.5$  | $\pm 6$    |     |

| 符号   | 参数   | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|------|------|----|-----|-----|-----|-----|
| ENOB | 有效位数 |    | 8.8 | 9.5 | -   | bit |

表 5-26 ADC 精度( $V_{REF+} = V_{REFBUF}$ )

| 符号   | 参数     | 条件                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 最小值   | 典型值          | 最大值           | 单位  |
|------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|---------------|-----|
| ET   | 未调整总误差 | $V_{REFBUF}=1.5\text{ V}/2.048\text{ V}/2.5\text{ V}$<br>$V_{CC} = 3.3\text{ V}$ , $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$f_{ADC} = 12\text{ MHz}$ , $f_s = 0.15\text{ Msps}$                                                                                                                           | -     | $\pm 6$      | $\pm 9$       | LSB |
| EO   | 失调误差   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -7    | -4           | -             |     |
| EG   | 增益误差   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | 8            | 11.5          |     |
| ED   | 差分线性误差 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | +3.5<br>-0.9 | +4.5<br>-0.95 |     |
| EL   | 积分线性误差 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | $\pm 4.5$    | $\pm 5$       |     |
| ENOB | 有效位数   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 8.5   | 8.8          | -             | bit |
| ET   | 未调整总误差 | $V_{REFBUF}=1.5\text{ V}/2.048\text{ V}/2.5\text{ V}$<br>$V_{CC} = 3.3\text{ V}$ , $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$<br>$f_{ADC} = 12\text{ MHz}$ , $f_s = 0.15\text{ Msps}$                                                                                                                           | -     | $\pm 16.5$   | $\pm 24.5$    | LSB |
| EO   | 失调误差   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -16   | -11          | -             |     |
| EG   | 增益误差   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | 13           | 18            |     |
| ED   | 差分线性误差 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | +5.5<br>-0.9 | +9<br>-0.95   |     |
| EL   | 积分线性误差 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | $\pm 14$     | $\pm 16$      |     |
| ENOB | 有效位数   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 7.2   | 7.3          | -             | bit |
| ET   | 未调整总误差 | $V_{REFBUF} = 1.5\text{ V}$ , $1.8\text{ V} \leq V_{CC} \leq 5.5\text{ V}$<br>$V_{REFBUF} = 2.048\text{ V}$ , $2.4\text{ V} \leq V_{CC} \leq 5.5\text{ V}$<br>$V_{REFBUF} = 2.5\text{ V}$ , $2.8\text{ V} \leq V_{CC} \leq 5.5\text{ V}$<br>$f_{ADC} \leq 2.4\text{ MHz}$ , $f_s \leq 0.15\text{ Msps}$ | -     | $\pm 6$      | $\pm 13$      | LSB |
| EO   | 失调误差   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -11   | -4           | -             |     |
| EG   | 增益误差   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | 8            | -             |     |
| ED   | 差分线性误差 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | +3.5<br>-0.9 | +6.5<br>-1    |     |
| EL   | 积分线性误差 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | $\pm 4.5$    | $\pm 7.5$     |     |
| ENOB | 有效位数   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 8.5   | 8.8          | -             | bit |
| ET   | 未调整总误差 | $V_{REFBUF} = 0.6\text{ V}$ , $1.8\text{ V} \leq V_{CC} \leq 5.5\text{ V}$<br>$f_{ADC} = 12\text{ MHz}$ , $f_s \leq 0.15\text{ Msps}$                                                                                                                                                                   | -     | $\pm 16.5$   | $\pm 30$      | LSB |
| EO   | 失调误差   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -20.5 | -11          | -             |     |
| EG   | 增益误差   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | 13           | -             |     |
| ED   | 差分线性误差 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | +5.5<br>-0.9 | +11.5<br>-1   |     |
| EL   | 积分线性误差 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | $\pm 14$     | $\pm 17$      |     |
| ENOB | 有效位数   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 7.2   | 7.3          | -             | bit |

### 5.3.15. 比较器特性

表 5-27 比较器特性

| 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             |
| $t_{START}^{(1)}$ | 启动时间   | 高速模式 | -            | -   | 5            | $\mu\text{s}$ |
|                   |        | 中速模式 | -            | -   | 15           |               |
| $t_D^{(1)}$       | 比较延时   | 高速模式 | 200 mV 阶跃    |     | -            | $\mu\text{s}$ |
|                   |        | 中速模式 | 100 mV 过驱动电压 |     | 1.2          |               |
|                   |        | 高速模式 | >200 mV 阶跃   |     | -            |               |
|                   |        | 中速模式 | 100 mV 过驱动电压 |     | 1.2          |               |

| 符号                        | 参数                   | 条件   | 最小值                                 | 典型值     | 最大值 | 单位            |
|---------------------------|----------------------|------|-------------------------------------|---------|-----|---------------|
| $V_{\text{offset}}^{(1)}$ | 失调电压                 | -    | -                                   | $\pm 5$ | -   | mV            |
| $I_{\text{CC}}^{(1)}$     | $V_{\text{CC}}$ 工作电流 | 高速模式 | 静态功耗                                |         | -   | $\mu\text{A}$ |
|                           |                      |      | 动态功耗, 输入信号为过驱动电压 100 mV, 50 kHz 的方波 |         | -   |               |
|                           |                      | 中速模式 | 静态功耗                                |         | 6   |               |
|                           |                      |      | 动态功耗, 输入信号为过驱动电压 100 mV, 50 kHz 的方波 |         | 5   |               |
| $I_{\text{sleep}}^{(1)}$  | 关机电流                 | -    | -                                   | 1       | -   | nA            |

1. 由设计保证, 不在生产中测试。

### 5.3.16. 温度传感器特性

表 5-28 温度传感器特性

| 符号                             | 参数                                                       | 最小值 | 典型值     | 最大值     | 单位                           |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------|-----|---------|---------|------------------------------|
| $T_L^{(1)}$                    | $V_{\text{TS}}$ 相对于温度的线性度                                | -   | $\pm 1$ | $\pm 2$ | $^{\circ}\text{C}$           |
| $\text{Avg\_Slope}^{(1)}$      | 平均斜率                                                     | 2   | 2.6     | 3.2     | $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ |
| $V_{30}$                       | 30 $^{\circ}\text{C}$ ( $\pm 5$ $^{\circ}\text{C}$ )时的电压 | 742 | 760     | 785     | mV                           |
| $t_{\text{samp\_setup}}^{(1)}$ | 当读取温度时的 ADC 采样时间                                         | 20  | -       | -       | $\mu\text{s}$                |

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 5-29 内置参考电压 ( $V_{\text{REFINT}}$ ) 特性

| 符号                                | 参数                        | 最小值  | 典型值  | 最大值                | 单位                            |
|-----------------------------------|---------------------------|------|------|--------------------|-------------------------------|
| $V_{\text{REFINT}}$               | 内置参考电压                    | 1.17 | 1.20 | 1.23               | V                             |
| $t_{\text{start\_VREFINT}}$       | $V_{\text{REFINT}}$ 的启动时间 | -    | 10   | 15                 | $\mu\text{s}$                 |
| $T_{\text{coeff\_VREFINT}}^{(1)}$ | $V_{\text{REFINT}}$ 温度系数  | -    | -    | 100 <sup>(1)</sup> | $\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ |
| $I_{\text{VCC}}^{(1)}$            | $V_{\text{CC}}$ 产生的电流损耗   | -    | 12   | 20                 | $\mu\text{A}$                 |

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 5-30 内置参考电压 ( $V_{\text{REFBUF}}$ ) 特性

| 符号                                | 参数                        | 条件                                                      | 最小值   | 典型值   | 最大值                | 单位                            |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|-------|-------|--------------------|-------------------------------|
| $V_{\text{REF25}}$                | 2.5 V 内置参考电压              | $T_A = 25$ $^{\circ}\text{C}$ , $V_{\text{CC}} = 3.3$ V | 2.475 | 2.5   | 2.525              | V                             |
| $V_{\text{REF20}}$                | 2.048 V 内置参考电压            | $T_A = 25$ $^{\circ}\text{C}$ , $V_{\text{CC}} = 3.3$ V | 2.028 | 2.048 | 2.068              | V                             |
| $V_{\text{REF15}}$                | 1.5 V 内置参考电压              | $T_A = 25$ $^{\circ}\text{C}$ , $V_{\text{CC}} = 3.3$ V | 1.485 | 1.5   | 1.515              | V                             |
| $V_{\text{REF06}}$                | 0.6 V 内置参考电压              | $T_A = 25$ $^{\circ}\text{C}$ , $V_{\text{CC}} = 3.3$ V | 0.594 | 0.6   | 0.606              | V                             |
| $T_{\text{coeff\_VREFBUF}}^{(1)}$ | $V_{\text{REFBUF}}$ 温度系数  | $T_A = -40 \sim 105$ $^{\circ}\text{C}$                 | -     | -     | 120                | $\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ |
|                                   |                           |                                                         | -     | -     | 300 <sup>(2)</sup> |                               |
| $t_{\text{start\_VREFBUF}}$       | $V_{\text{REFBUF}}$ 的启动时间 | -                                                       | -     | 10    | 15                 | $\mu\text{s}$                 |

1. 由设计保证, 不在生产中测试。

2.  $V_{\text{REFBUF}} = 0.6$  V。

### 5.3.19. COMP 内置参考电压特性

表 5-31 内置参考电压 (V<sub>REFCMP</sub>) 特性

| 符号                     | 参数                        | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值  | 单位  |
|------------------------|---------------------------|----|-----|-----|------|-----|
| $\Delta V_{abs}^{(1)}$ | 绝对偏差                      | -  | -   | -   | ±0.5 | LSB |
| $t_{start\_VREFCMP}$   | V <sub>REFCMP</sub> 的启动时间 | -  | -   | 10  | 15   | μs  |

1. 由设计保证, 不在生产中测试。

### 5.3.20. 定时器特性

表 5-32 定时器特性

| 符号             | 参数                  | 条件                            | 最小值      | 最大值             | 单位            |
|----------------|---------------------|-------------------------------|----------|-----------------|---------------|
| $t_{res(TIM)}$ | 定时器分辨率时间            | -                             | 1        | -               | $t_{TIMxCLK}$ |
|                |                     | $f_{TIMxCLK} = 48\text{ MHz}$ | 20.833   | -               | ns            |
| $f_{EXT}$      | 外部时钟频率 (CH1 to CH4) | -                             | -        | $f_{TIMxCLK}/2$ | MHz           |
|                |                     | $f_{TIMxCLK} = 48\text{ MHz}$ | -        | 24              |               |
| $Re_{TIM}$     | 定时器分辨率              | TIM1/14                       | -        | 16              | bit           |
| $t_{COUNTER}$  | 16 位计数器时钟周期         | -                             | 1        | 65536           | $t_{TIMxCLK}$ |
|                |                     | $f_{TIMxCLK} = 48\text{ MHz}$ | 0.020833 | 1365            | μs            |

表 5-33 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 总线 规格和用户手册的要求：

- 标准模式 (100 kHz)
- 快速模式 (400 kHz)
- 快速增强模式 (1 MHz)

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 |
|----------|---------------------------------|-----|-----|----|
| $t_{AF}$ | 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  |
|--------------------------------|---------------|-----------------|----------------|-------------------|-----|
| $f_{SCK}$<br>$1/t_c(SCK)$      | SPI 时钟频率      | 主机模式            | -              | 24 <sup>(1)</sup> | MHz |
|                                |               | 从机模式            | -              | 24 <sup>(2)</sup> |     |
| $t_{r(SCK)}$<br>$t_{f(SCK)}$   | SPI 时钟上升和下降时间 | 负载电容: C = 15 pF | -              | 6                 | ns  |
| $t_{su(NSS)}$                  | NSS 建立时间      | 从机模式            | $2 T_{pclk}$   | -                 | ns  |
| $t_h(NSS)$                     | NSS 保持时间      | 从机模式            | $2 T_{pclk}$   | -                 | ns  |
| $t_{w(SCKH)}$<br>$t_{w(SCKL)}$ | SCK 的高低电频时间   | 主机模式, presc = 2 | $T_{pclk} - 2$ | $T_{pclk} + 1$    | ns  |
| $t_{su(MI)}$<br>$t_{su(SI)}$   | 数据输入建立时间      | 主机模式            | 1              | -                 | ns  |
|                                |               | 从机模式            | 3              | -                 |     |
| $t_h(MI)$<br>$t_h(SI)$         | 数据输入保持时间      | 主机模式            | 5              | -                 | ns  |
|                                |               | 从机模式            | 2              | -                 |     |
| $t_a(SO)$                      | 数据输出访问时间      | 从机模式            | 0              | $3 T_{pclk}$      | ns  |
| $t_{dis(SO)}$                  | 数据输出结束时间      | 从机模式            | $2 T_{pclk}$   | -                 | ns  |
| $t_v(SO)$                      | 数据输出有效时间      | 从机模式 (使能有效沿之后)  | 0              | 20                | ns  |
| $t_v(MO)$                      | 数据输出有效时间      | 主机模式 (使能有效沿之后)  | -              | 5                 | ns  |
| $t_h(SO)$<br>$t_h(MO)$         | 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 (只收) 模式，全双工模式下最大为 6 MHz，单线 (只发) 模式下最大为 12 MHz。

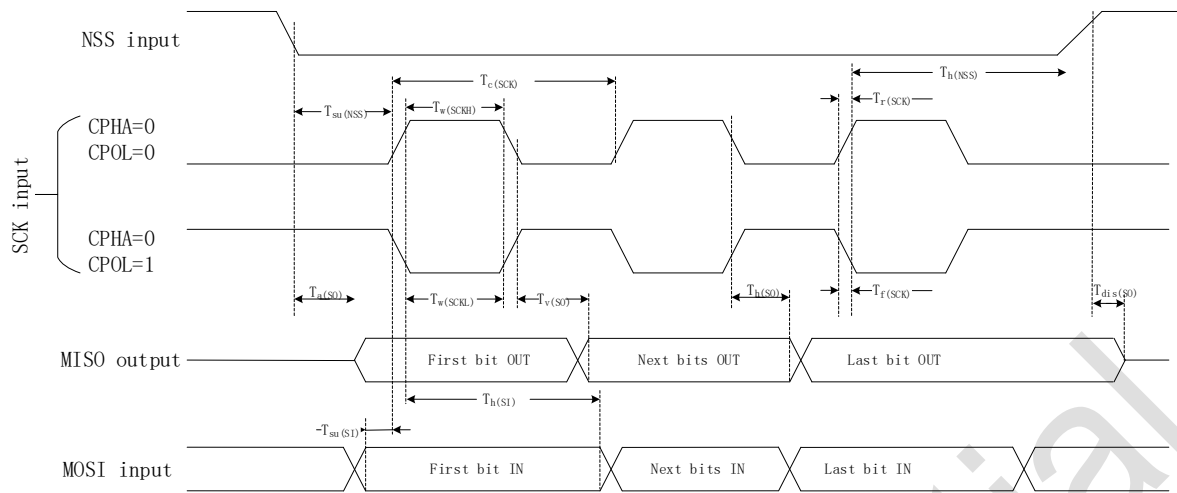


图 5-4 SPI 时序图-从机模式和 CPHA=0

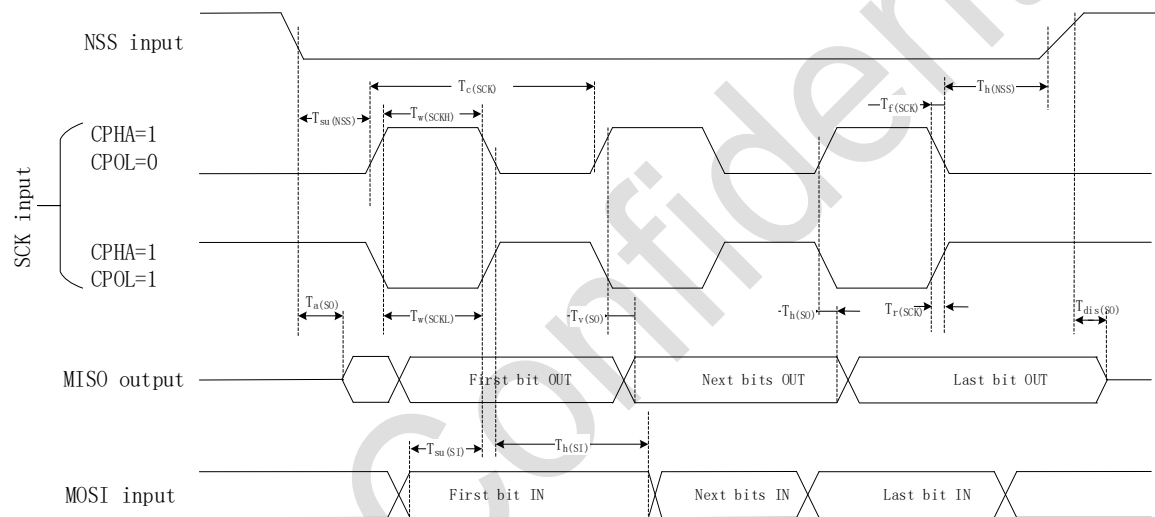


图 5-5 SPI 时序图-从机模式和 CPHA=1

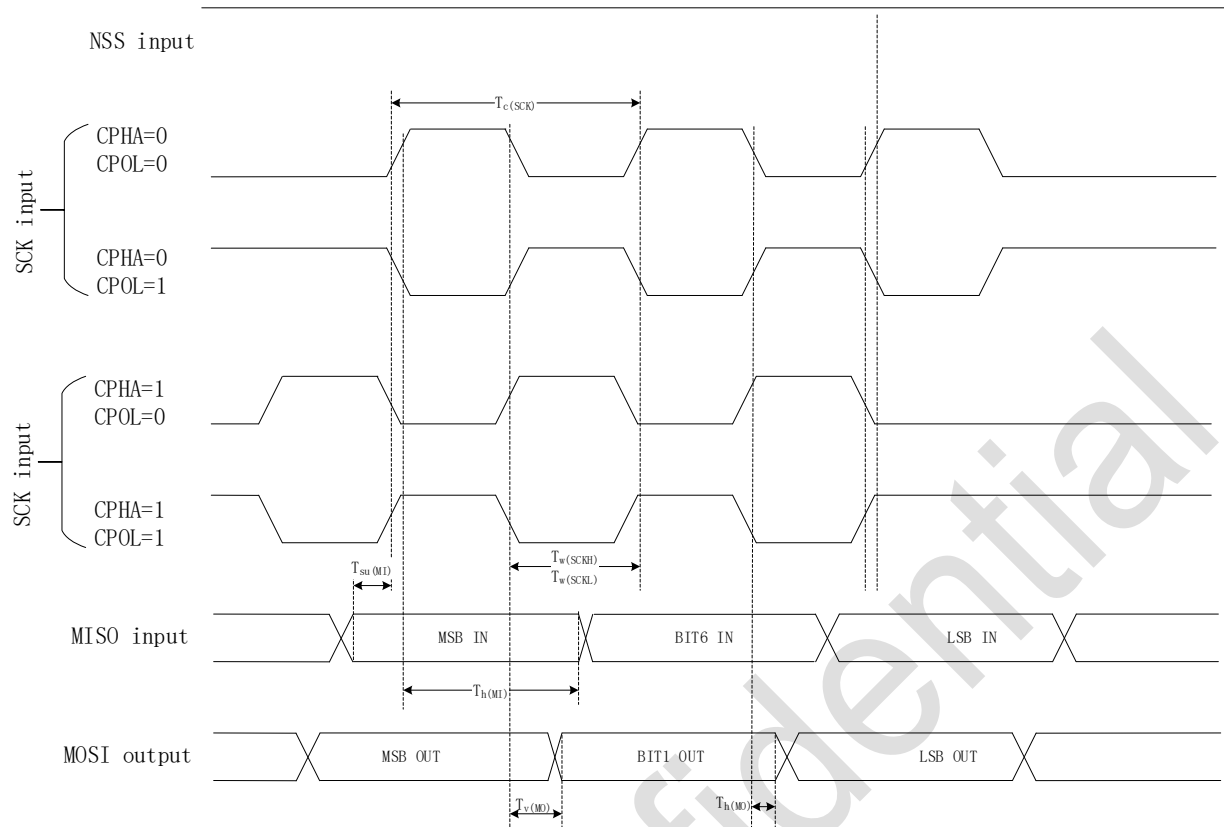
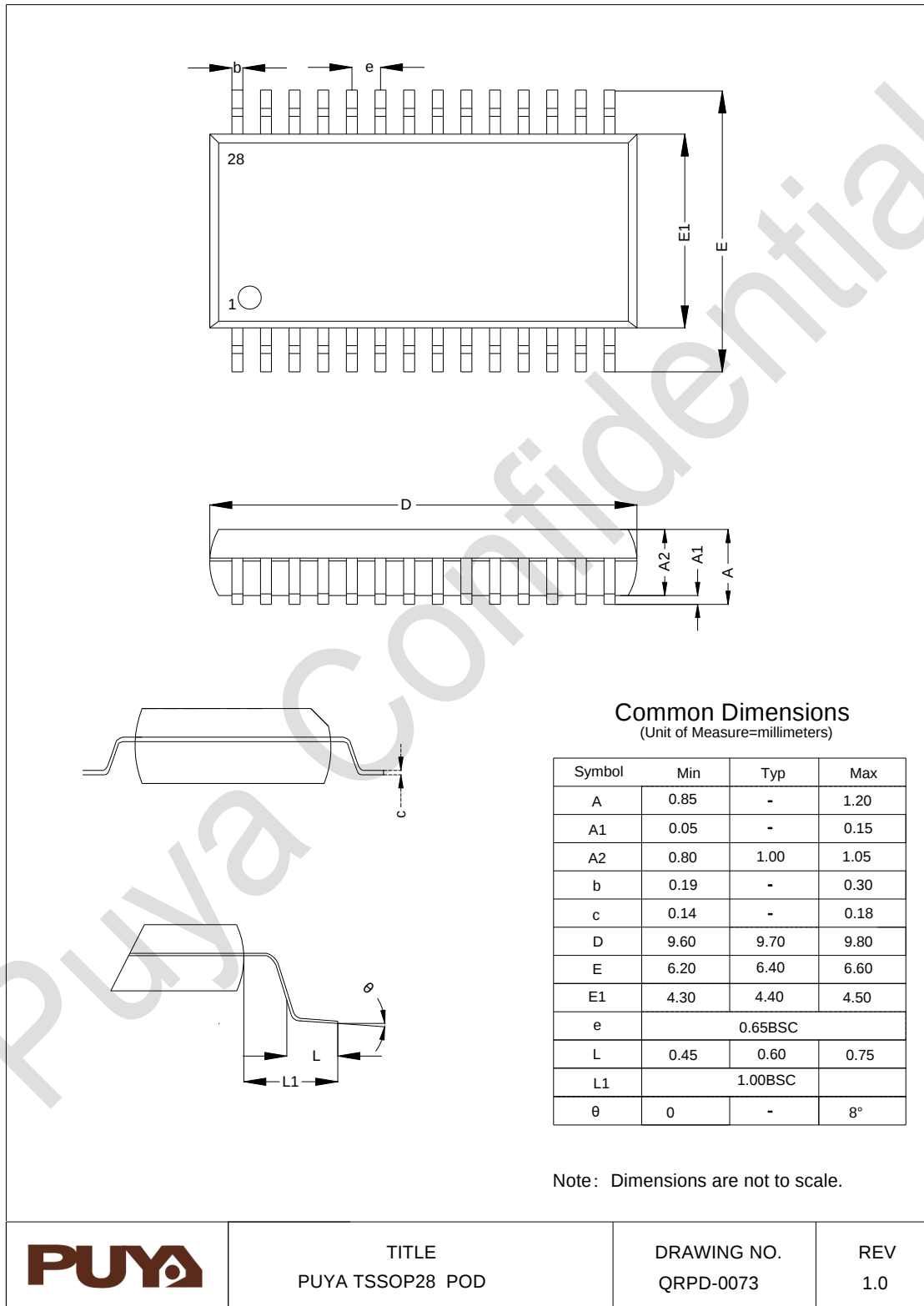


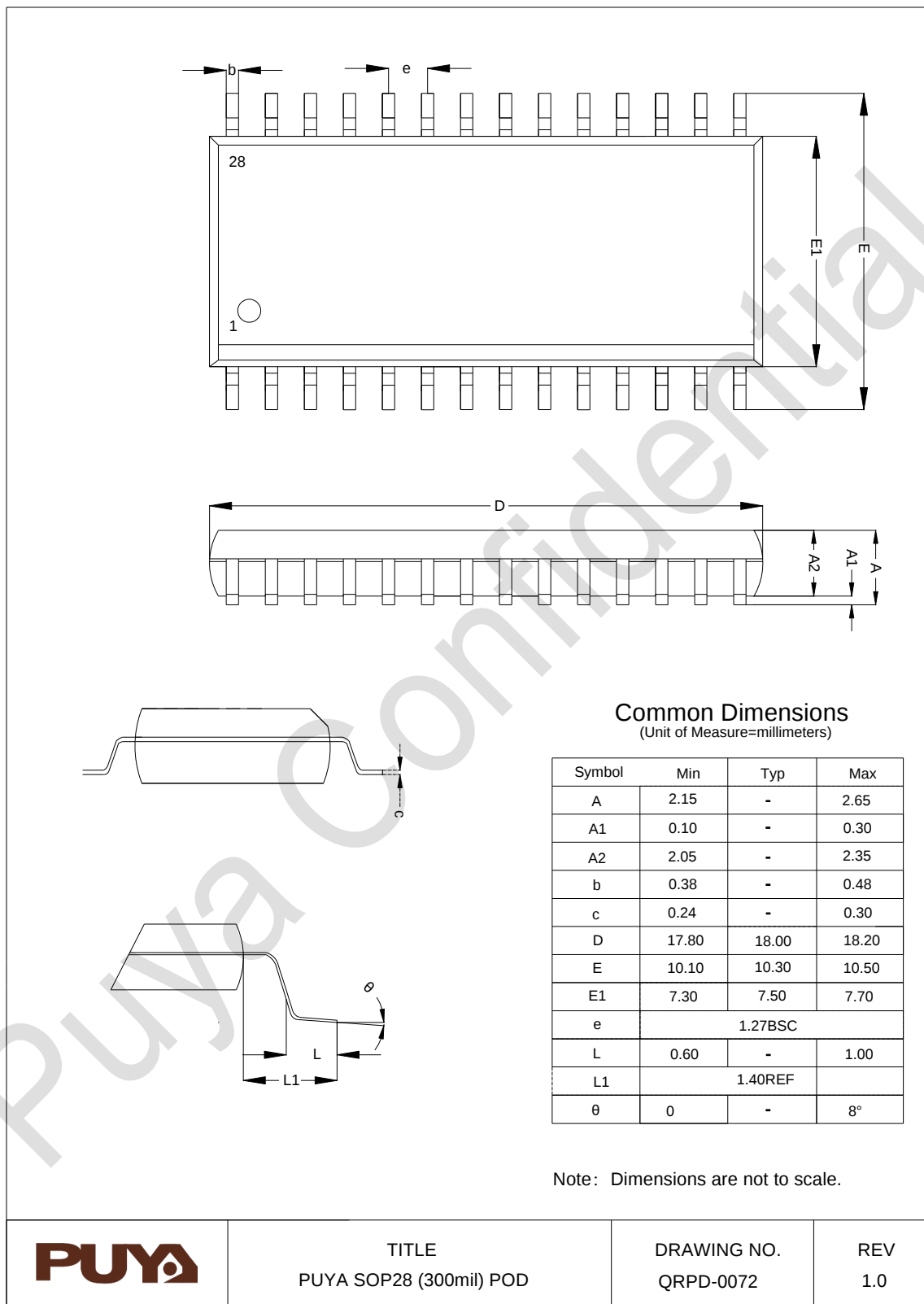
图 5-6 SPI 时序图-主机模式

## 6. 封装信息

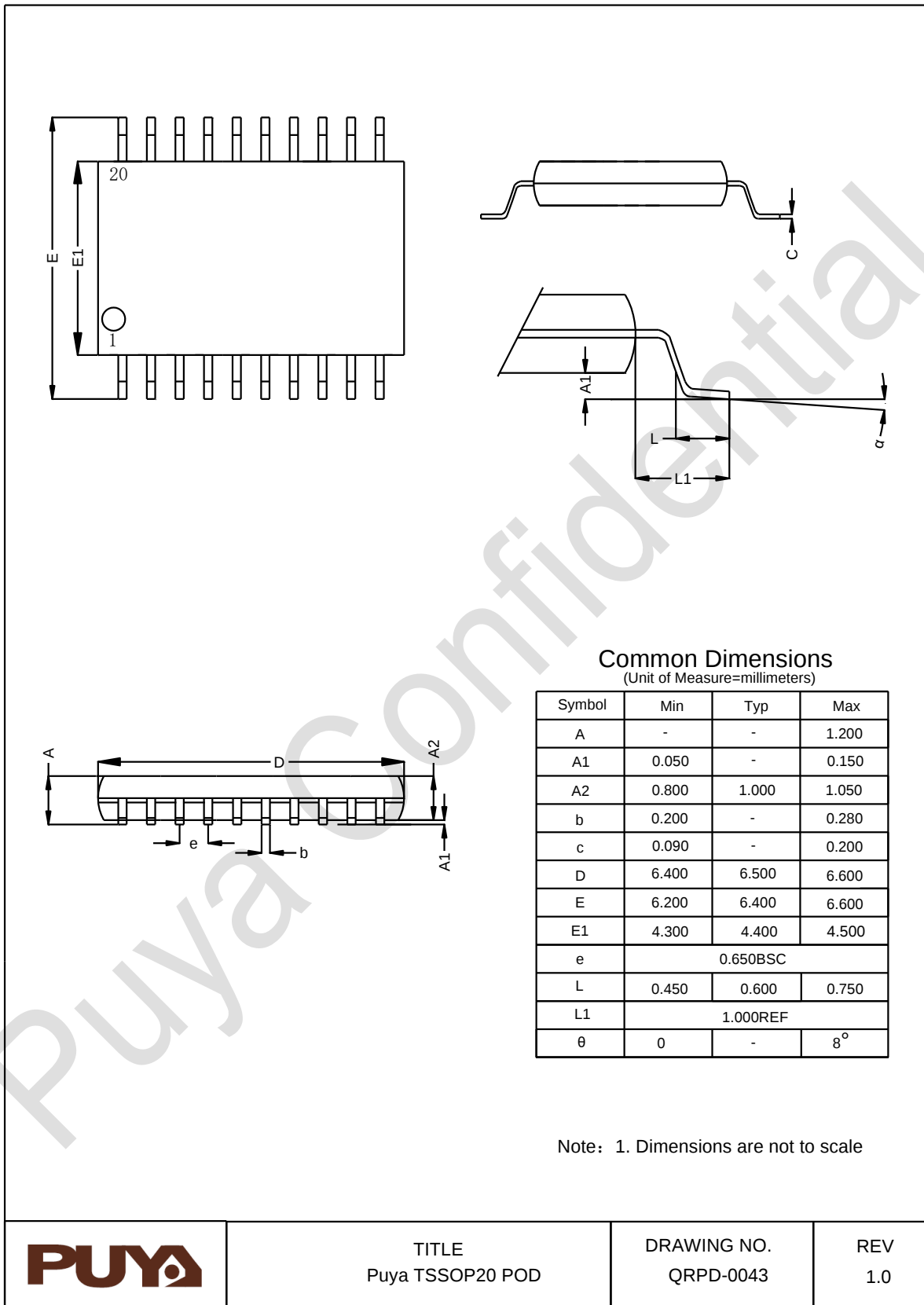
### 6.1. TSSOP28 封装尺寸



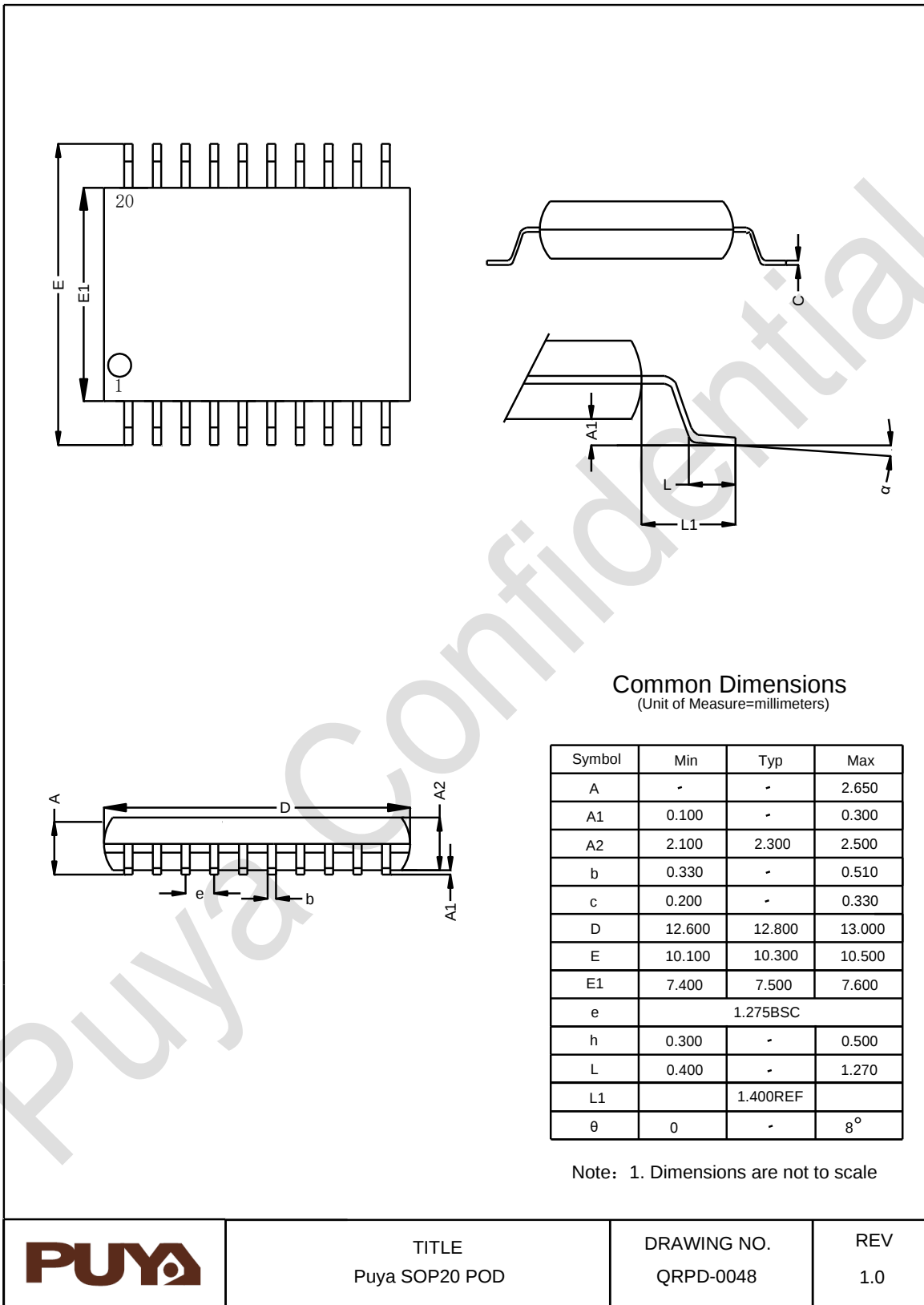
## 6.2. SOP28 封装尺寸



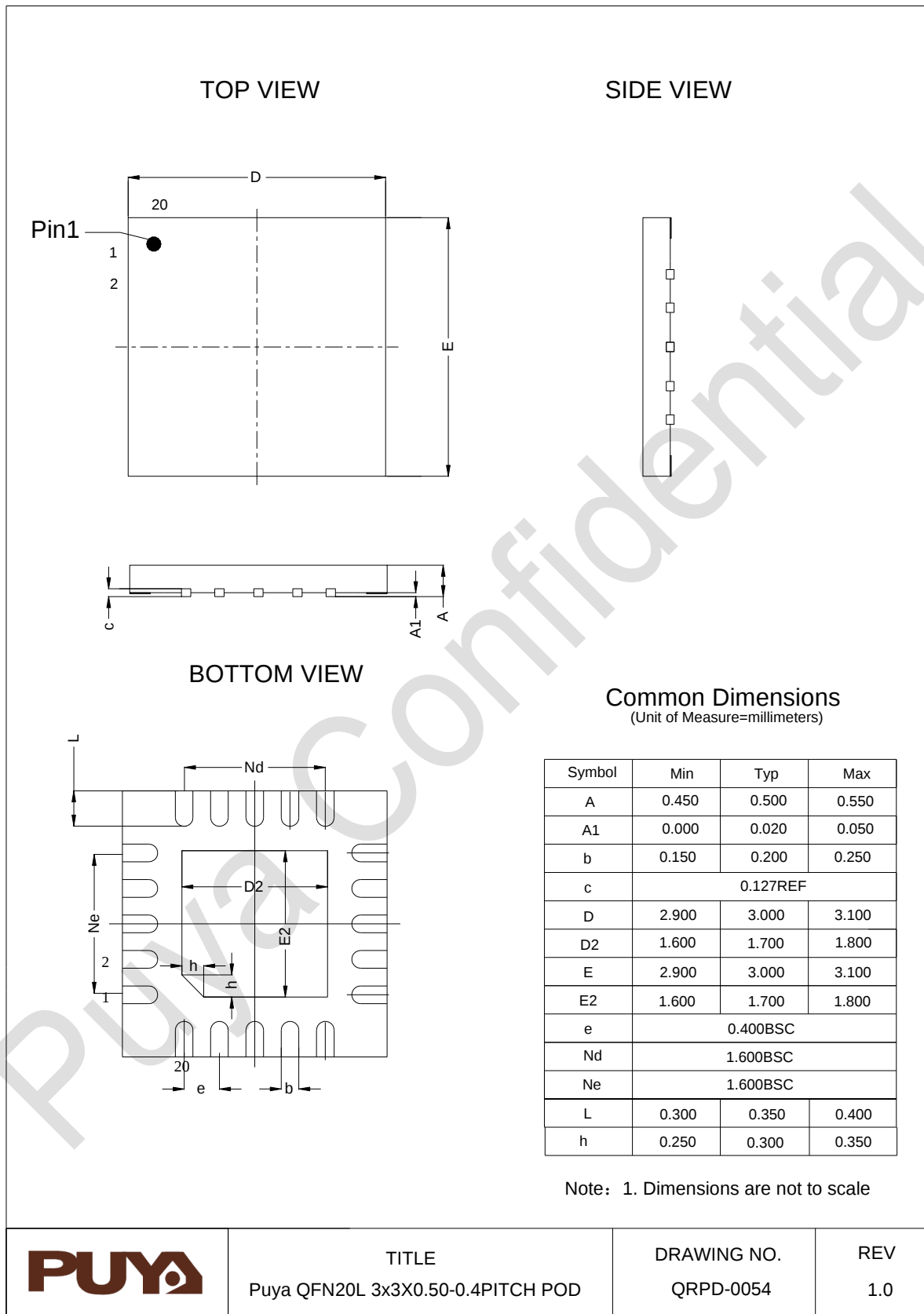
### 6.3. TSSOP20 封装尺寸



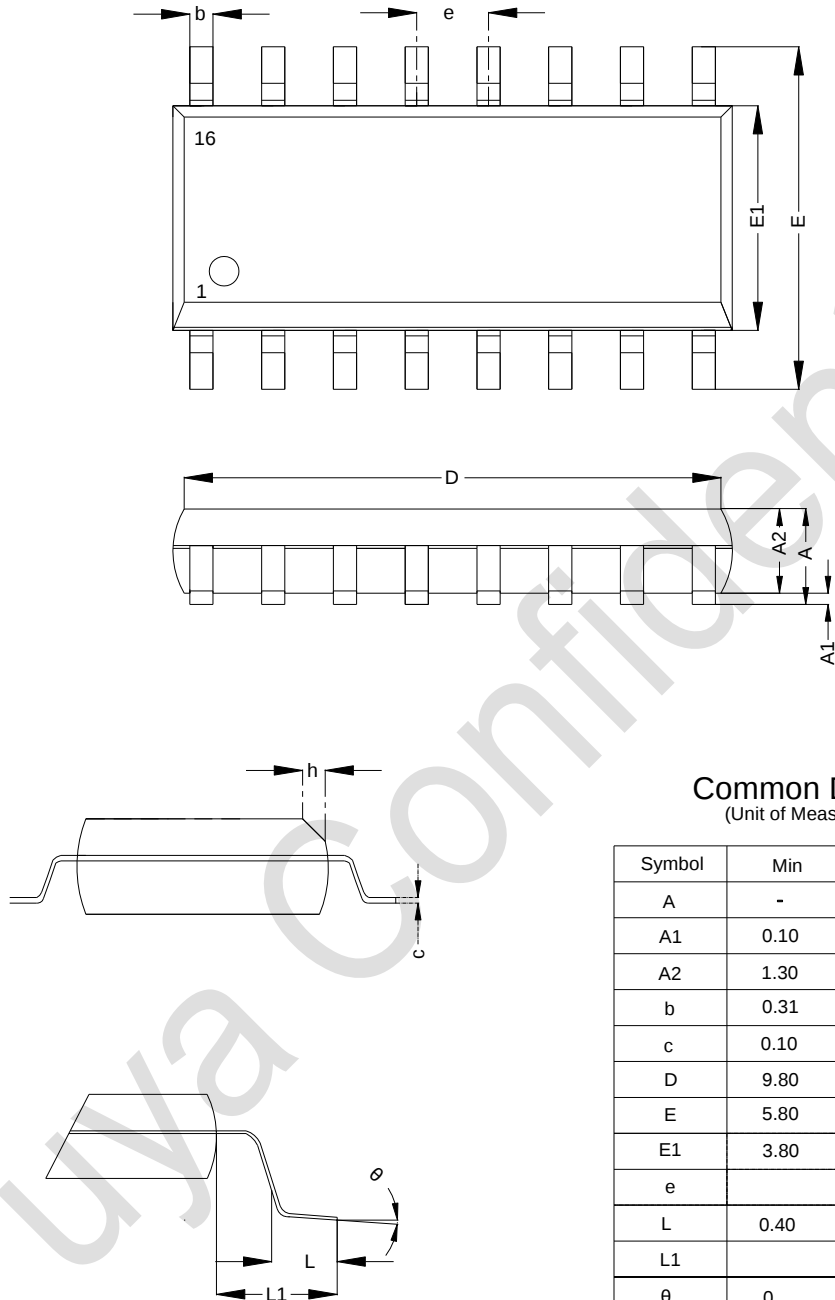
## 6.4. SOP20 封装尺寸



## 6.5. QFN20 (3\*3\*0.5) 封装尺寸



## 6.6. SOP16 封装尺寸



**Common Dimensions**  
(Unit of Measure=millimeters)

| Symbol   | Min     | Typ | Max   |
|----------|---------|-----|-------|
| A        | -       | -   | 1.75  |
| A1       | 0.10    | -   | 0.25  |
| A2       | 1.30    | -   | -     |
| b        | 0.31    | -   | 0.51  |
| c        | 0.10    | -   | 0.25  |
| D        | 9.80    | -   | 10.20 |
| E        | 5.80    | -   | 6.20  |
| E1       | 3.80    | -   | 4.20  |
| e        | 1.27BSC |     |       |
| L        | 0.40    | -   | 1.27  |
| L1       | 1.05REF |     |       |
| $\theta$ | 0       | -   | 8°    |
| h        | 0.25    | -   | 0.50  |

Note: Dimensions are not to scale.

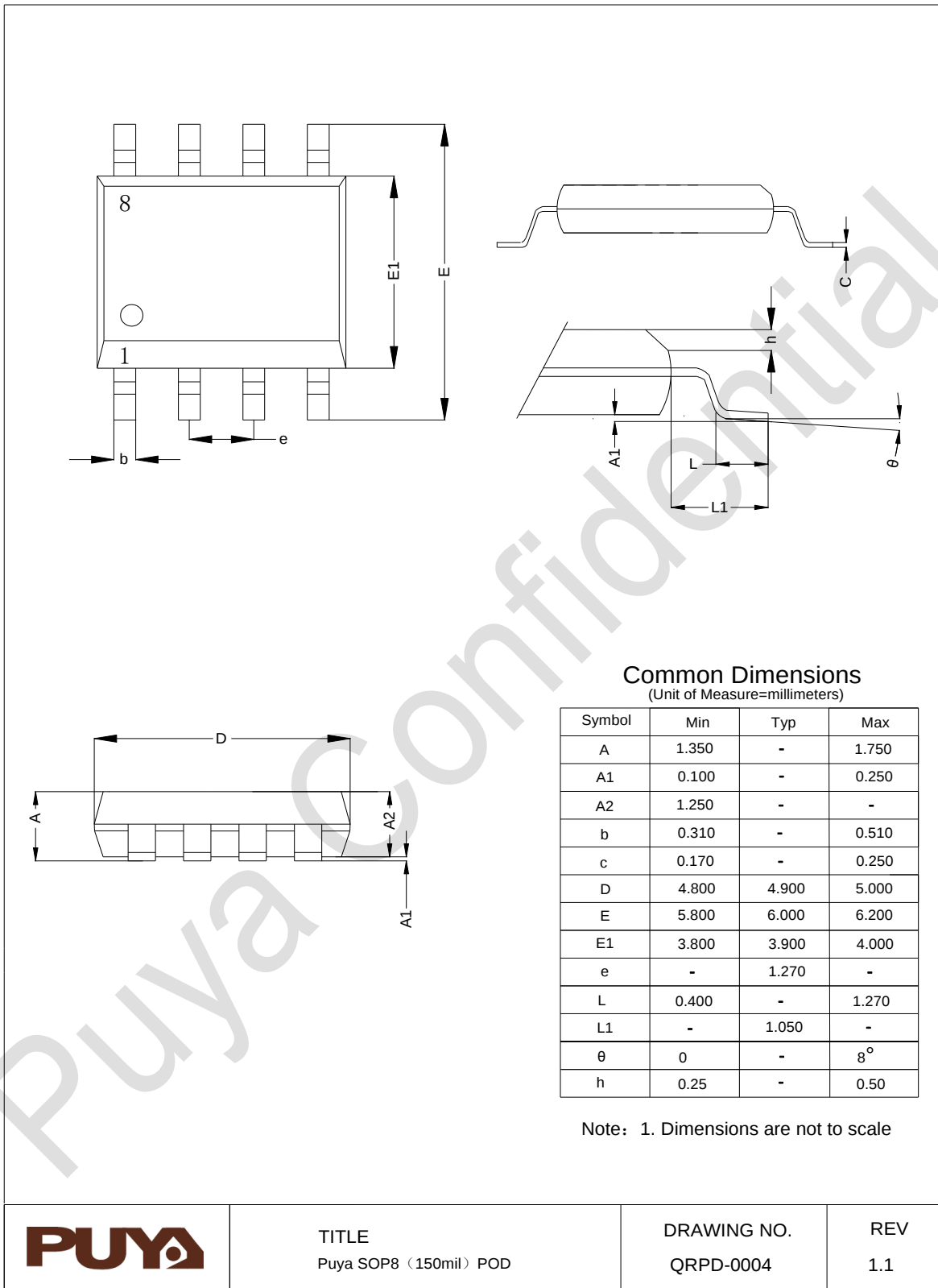


TITLE  
PUYA SOP16 (150mil) POD

DRAWING NO.  
QRPD-0001

REV  
1.1

## 6.7. SOP8 封装尺寸



## 7. 订购信息

Example:

|                                                           | PY | 32 | T | 020 | G1 | 6 | S | 7 | x | - | B |
|-----------------------------------------------------------|----|----|---|-----|----|---|---|---|---|---|---|
| Company                                                   |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Product family                                            |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| ARM <sup>®</sup> based 32-bit microcontroller             |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Product type                                              |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| T = Touch key family                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Sub-family                                                |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| 020 = PY32T020xx                                          |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Pin count                                                 |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| G1 = 28 pins pinout1                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| G2 = 28 pins pinout2                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| G3 = 28 pins pinout3                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| G4 = 28 pins pinout4                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| F1 = 20 pins pinout1                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| F2 = 20 pins pinout2                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| F4 = 20 pins pinout4                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| W2 = 16 pins pinout2                                      |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| L1 = 8 pins pinout1                                       |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| User code memory size                                     |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| 6 = 32 KB                                                 |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| 5 = 20 KB                                                 |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Package                                                   |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| P = TSSOP                                                 |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| S = SOP                                                   |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| U = QFN                                                   |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Temperature range                                         |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| 7 = -40 ~ +105 °C                                         |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Options                                                   |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| xxx = Code ID of programmed parts (includes packing type) |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| TU = Tube Packing                                         |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| TR = Tape and reel packing                                |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Delimiter character                                       |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| Version                                                   |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |
| B = Wafer Version is B                                    |    |    |   |     |    |   |   |   |   |   |   |

8. 版本历史

| 版本   | 日期         | 更新记录                                                   |
|------|------------|--------------------------------------------------------|
| V1.0 | 2024.08.30 | 初版                                                     |
| V1.1 | 2024.09.19 | 新增 SOP8 封装                                             |
| V1.2 | 2025.02.10 | 新增产品 PY32T020F25S7-B 和 PY32T020W25S7-B                 |
| V1.3 | 2025.02.13 | 新增产品 PY32T020G16S7-B 和 PY32T020G26S7-B                 |
| V1.4 | 2025.03.25 | 新增产品 PY32T020G25S7-B、PY32T020G35S7-B 和 PY32T020F15P7-B |
| V1.5 | 2025.04.08 | 新增产品 PY32T020F45U7-B                                   |
| V1.6 | 2025.04.27 | 新增表5-23 LED SEG恒流驱动特性                                  |
| V1.7 | 2025.05.06 | 新增产品 PY32T020G36S7-B                                   |



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