



PY32F002A 数据手册

32 位 ARM[®] Cortex[®]-M0+ 微控制器



Puya Semiconductor (Shanghai) Co., Ltd



产品特性

- 内核
 - 32 位 ARM® Cortex® - M0+
 - 最高 24 MHz 工作频率
- 存储器
 - 最大 20 Kbytes flash 存储器
 - 最大 3 Kbytes SRAM
- 时钟系统
 - 内部 8/24 MHz RC 振荡器(HSI)
 - 内部 32.768 KHz RC 振荡器(LSI)
 - 4~24 MHz 晶体振荡器(HSE)
- 电源管理和复位
 - 工作电压: 1.7 V ~ 5.5 V
 - 低功耗模式: Sleep 和 Stop
 - 上电/掉电复位 (POR/PDR)
 - 掉电检测复位 (BOR)
- 通用输入输出(I/O)
 - 多达 18 个 I/O, 均可作为外部中断
 - 驱动电流 8 mA
- 1 x 12 位 ADC
 - 支持最多 9 个外部输入通道
 - 输入电压转换范围: 0~V_{CC}
- 定时器
 - 1 个 16 位高级控制定时器 (TIM1)
 - 1 个基本定时器 (TIM16)
 - 1 个低功耗定时器(LPTIM), 支持从 stop 模式唤醒
 - 1 个独立看门狗定时器 (IWDG)
 - 1 个 SysTick timer
- 通讯接口
 - 1 个串行外设接口(SPI)
 - 1 个通用同步/异步收发器(USART), 支持自动波特率检测
 - 1 个 I²C 接口, 支持标准模式 (100 kHz)、快速模式 (400 kHz), 支持 7 位寻址模式
- 硬件 CRC-32 模块
- 2 个比较器
- 唯一 UID
- 串行单线调试 (SWD)
- 工作温度: -40~105°C
- 封装
 - SOP8, SOP16,
 - ESSOP10,TSSOP20,QFN16,QFN20,MSOP10

目录

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 产品特性 | 2 |
| 1. 简介 | 5 |
| 2. 功能概述 | 7 |
| 2.1. Arm® Cortex®-M0+ 内核..... | 7 |
| 2.2. 存储器..... | 7 |
| 2.3. Boot 模式..... | 7 |
| 2.4. 时钟系统..... | 8 |
| 2.5. 电源管理..... | 9 |
| 2.5.1. 电源框图..... | 9 |
| 2.5.2. 电源监控..... | 10 |
| 2.5.3. 电压调节器..... | 10 |
| 2.5.4. 低功耗模式..... | 10 |
| 2.6. 复位..... | 11 |
| 2.6.1. 电源复位..... | 11 |
| 2.6.2. 系统复位..... | 11 |
| 2.7. 通用输入输出 GPIO..... | 11 |
| 2.8. 中断..... | 11 |
| 2.8.1. 中断控制器 NVIC..... | 11 |
| 2.8.2. 扩展中断 EXTI..... | 12 |
| 2.9. 模数转换器 ADC..... | 12 |
| 2.10. 比较器(COMP)..... | 12 |
| 2.10.1. COMP 主要特性..... | 13 |
| 2.11. 定时器..... | 13 |
| 2.11.1. 高级定时器..... | 13 |
| 2.11.2. 基本定时器..... | 14 |
| 2.11.3. 低功耗定时器..... | 14 |
| 2.11.4. IWDG..... | 14 |
| 2.11.5. SysTick timer..... | 14 |
| 2.12. I ² C 接口..... | 14 |
| 2.13. 通用同步异步收发器 USART..... | 15 |
| 2.14. 串行外设接口 SPI..... | 16 |
| 2.15. SWD..... | 17 |
| 3. 引脚配置 | 18 |
| 3.1. 端口 A 复用功能映射..... | 23 |
| 3.2. 端口 B 复用功能映射..... | 24 |
| 3.3. 端口 F 复用功能映射..... | 24 |
| 4. 存储器映射 | 25 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 5. 电气特性 | 28 |
| 5.1. 测试条件 | 28 |
| 5.1.1. 最小值和最大值 | 28 |
| 5.1.2. 典型值 | 28 |
| 5.2. 绝对最大额定值 | 28 |
| 5.3. 工作条件 | 29 |
| 5.3.1. 通用工作条件 | 29 |
| 5.3.2. 上下电工作条件 | 29 |
| 5.3.3. 内嵌复位模块特性 | 29 |
| 5.3.4. 工作电流特性 | 30 |
| 5.3.5. 低功耗模式唤醒时间 | 31 |
| 5.3.6. 外部时钟源特性 | 31 |
| 5.3.7. 内部高频时钟源 HSI 特性 | 33 |
| 5.3.8. 内部低频时钟源 LSI 特性 | 33 |
| 5.3.9. 存储器特性 | 34 |
| 5.3.10. EFT 特性 | 34 |
| 5.3.11. ESD & LU 特性 | 34 |
| 5.3.12. 端口特性 | 34 |
| 5.3.13. NRST 引脚特性 | 35 |
| 5.3.14. ADC 特性 | 35 |
| 5.3.15. 比较器特性 | 36 |
| 5.3.16. 温度传感器特性 | 37 |
| 5.3.17. 内置参考电压特性 | 37 |
| 5.3.18. 定时器特性 | 37 |
| 5.3.19. 通讯口特性 | 38 |
| 6. 封装信息 | 42 |
| 6.1. SOP8 封装尺寸 | 42 |
| 6.2. SOP16 封装尺寸 | 43 |
| 6.3. ESSOP10 封装尺寸 | 44 |
| 6.4. MSOP10 封装尺寸 | 45 |
| 6.5. TSSOP20 封装尺寸 | 46 |
| 6.6. QFN16 封装尺寸 | 47 |
| 6.7. QFN20 封装尺寸 | 48 |
| 7. 订购信息 | 49 |
| 8. 版本历史 | 50 |

1. 简介

PY32F002A 系列微控制器采用高性能的 32 位 ARM® Cortex®-M0+ 内核，宽电压工作范围的 MCU。嵌入高达 20 Kbytes flash 和 3 Kbytes SRAM 存储器，最高工作频率 24 MHz。包含多种不同封装类型多款产品。芯片集成多路 I²C、SPI、USART 等通讯外设，1 路 12 位 ADC，多个定时器。

PY32F002A 系列微控制器的工作温度范围为-40°C ~ 105°C，工作电压范围 1.7 V ~ 5.5 V。芯片提供 sleep 和 stop 低功耗工作模式，可以满足不同的低功耗应用。

PY32F002A 系列微控制器适用于多种应用场景，例如控制器、手持设备、PC 外设、游戏和 GPS 平台、工业应用等。

表 1-1 PY32F002A 系列产品规划及特征

| 外设 | PY32F002 AL15S | PY32F002 AW15S | PY32F002 AA15M | PY32F002 AA15N | PY32F002 AF15P | PY32F002 AW15U | PY32F002 AF15U |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Flash memory (Kbyte) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| SRAM (Kbyte) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 定时器 | 高级定时器 | 1 (16-bit) | | | | | |
| | 基本定时器 | 1 (16-bit) | | | | | |
| | 低功耗定时器 | 1 | | | | | |
| | Sys-Tick | 1 | | | | | |
| | Watchdog | 1 | | | | | |
| 通讯口 | SPI | 1 | | | | | |
| | I ² C | 1 | | | | | |
| | USART | 1 | | | | | |
| 通用端口 | 6 | 14 | 8 | 8 | 18 | 15 | 18 |
| ADC 通道数 | 4+2 | 7+2 | 5+2 | 4+2 | 8+2 | 9+2 | 9+2 |
| (外部 + 内部) | | | | | | | |

| 外设 | PY32F002 AL15S | PY32F002 AW15S | PY32F002 AA15M | PY32F002 AA15N | PY32F002 AF15P | PY32F002 AW15U | PY32F002 AF15U |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 最高主频 | 24 MHz | | | | | | |
| 工作电压 | 1.7 ~ 5.5 V | | | | | | |
| 工作温度 | -40°C ~ 105°C | | | | | | |
| 封装 | SOP8 | SOP16 | ESSOP10 | MSOP10 | TSSOP20 | QFN16 | QFN20 |

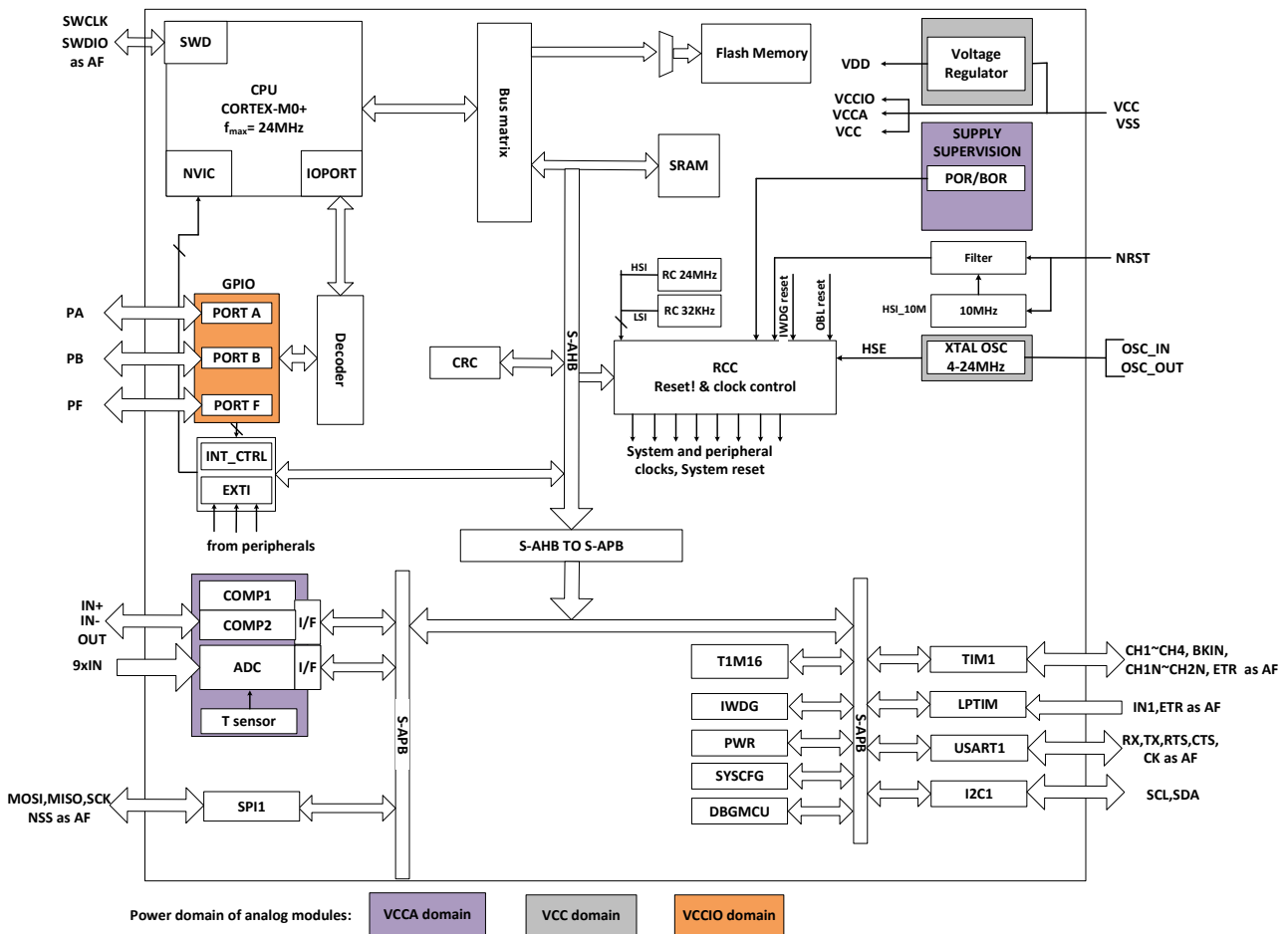


图 1-1 功能模块

2. 功能概述

2.1. Arm® Cortex®-M0+ 内核

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

- 结构简单，易于学习和编程
- 超低功耗，节能运行
- 精简的代码密度等

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

Cortex-M0+ 与一个嵌套的矢量中断控制器(NVIC)紧密耦合。

2.2. 存储器

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

片内集成 Flash，包含两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
- Information 区域，2.7 KBytes，它包括以下部分：
 - Option bytes
 - UID bytes
 - System memory

对 Flash main memory 的保护包括以下几种机制：

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

2.3. Boot 模式

通过 BOOT0 pin 和 boot 配置位 nBOOT1（存放于 Option bytes 中），可选择三种不同的启动模式，如下表所示：

表 2-1 Boot 配置

| Boot mode configuration | | Mode |
|-------------------------|-----------|------------------------|
| nBOOT1 bit | BOOT0 pin | |
| X | 0 | 选择 Main flash 作为启动区 |
| 1 | 1 | 选择 System memory 作为启动区 |
| 0 | 1 | 选择 SRAM 作为启动区 |

Boot loader 程序存储在 System memory，用于通过 USART 接口下载 Flash 程序。

2.4. 时钟系统

CPU 启动后默认系统时钟频率为 HSI 8 MHz，在程序运行后可以重新配置系统时钟频率和系统时钟源。可以选择的高频时钟有：

- 一个 8/24 MHz 可配置的内部高精度 HSI 时钟。
- 一个 32.768 KHz 可配置的内部 LSI 时钟。
- 4 ~ 24 MHz HSE 时钟，并且可以使能 CSS 功能检测 HSE。如果 CSS fail，硬件会自动转换系统时钟为 HSI，HSI 频率由软件配置。同时 CPU NMI 中断产生。

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

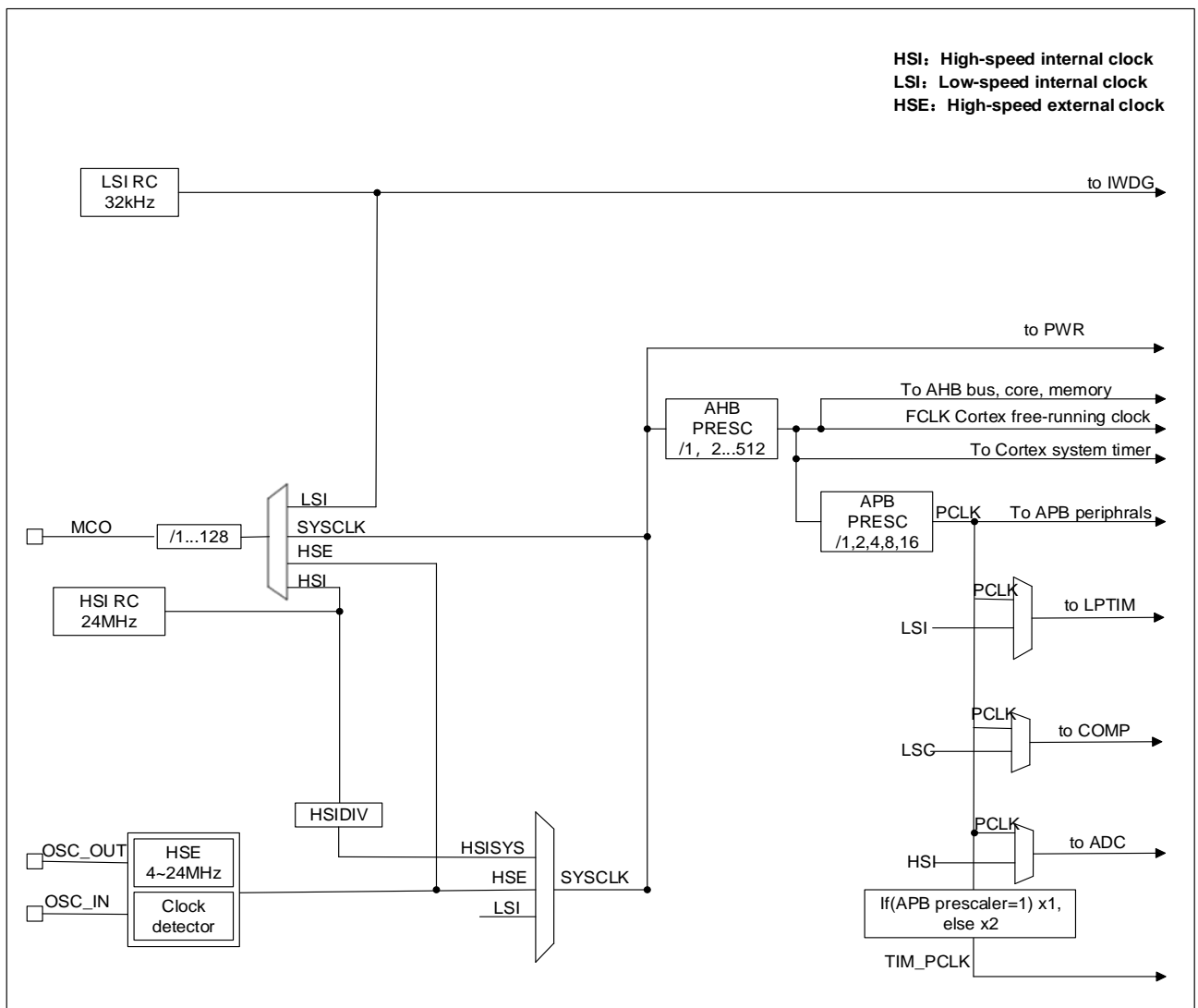


图 2-1 时钟系统

2.5. 电源管理

2.5.1. 电源框图

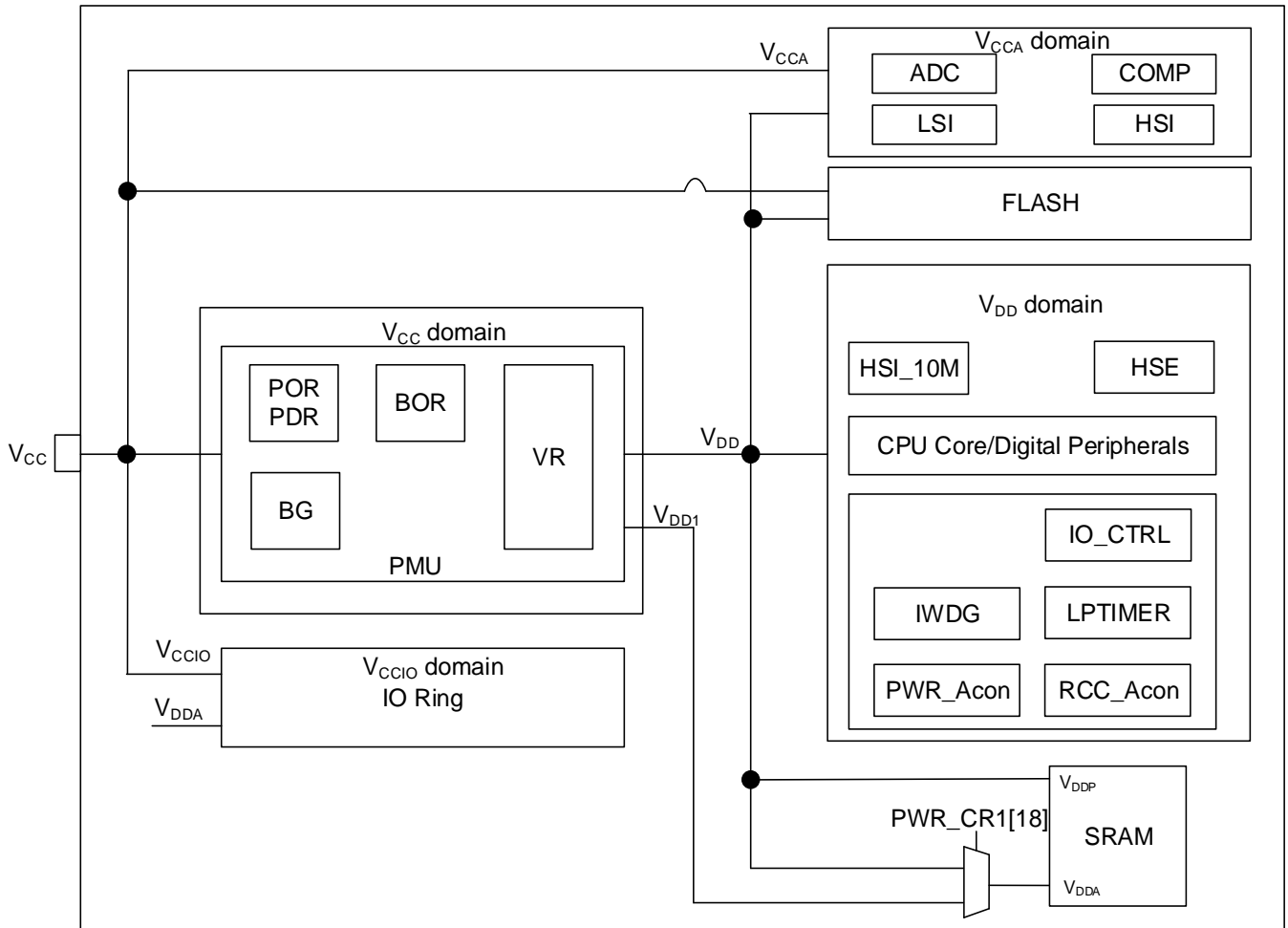


图 2-2 电源框图

表 2-2 电源框图

| 编号 | 电源 | 电源值 | 描述 |
|----|-------------------|------------------|--|
| 1 | V _{CC} | 1.7 V ~ 5.5 V | 通过电源管脚为芯片提供电源，其供电模块为：部分模拟电路。 |
| 2 | V _{CCA} | 1.7 V ~ 5.5 V | 给大部分模拟模块供电，来自于 V _{CC} PAD（也可设计单独电源 PAD）。 |
| 3 | V _{CCIO} | 1.7 V ~ 5.5 V | 给 IO 供电，来自于 V _{CC} PAD |
| 4 | V _{DD} | 1.2 V/1.0 V ±10% | 来自于 VR 的输出，为芯片内部主要逻辑电路、SRAM 供电。当 MR 供电时，输出 1.2 V。当进入 stop 模式时，根据 |

| 编号 | 电源 | 电源值 | 描述 |
|----|----|-----|---|
| | | | 软件配置，可以由 MR 或者 LPR 供电，并根据软件配置决定 LPR 输出是 1.2 V 或者 1.0 V。 |

2.5.2. 电源监控

2.5.2.1. 上下电复位 (POR/PDR)

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

2.5.2.2. 欠压复位 (BOR)

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

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

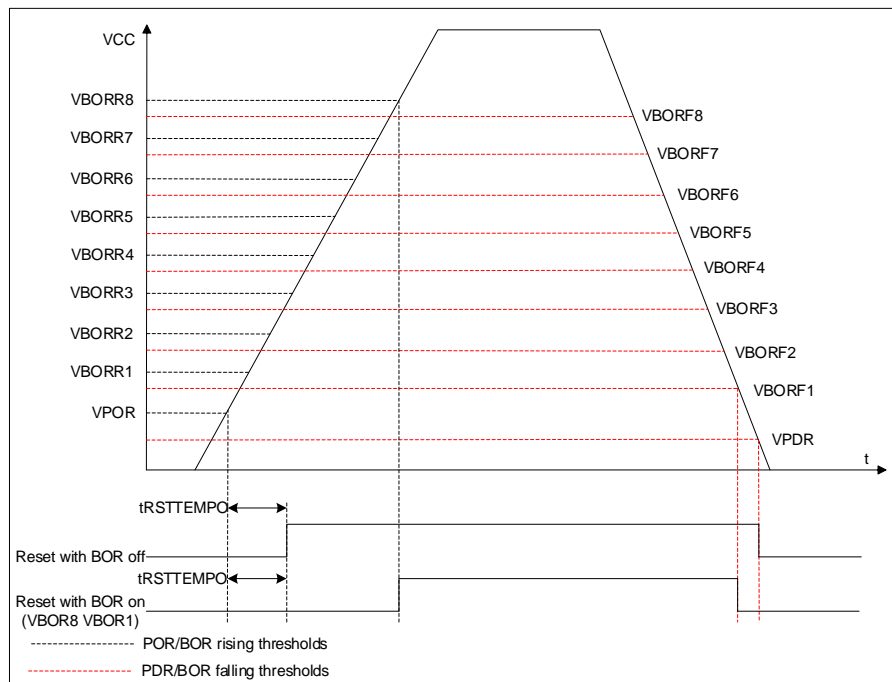


图 2-3 POR/PDR/BOR 阈值

2.5.3. 电压调节器

芯片设计两个电压调节器：

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

2.5.4. 低功耗模式

芯片在正常的运行模式之外，有 2 个低功耗模式：

- **Sleep mode:** CPU 时钟关闭 (NVIC, SysTick 等工作), 外设可以配置为保持工作。(建议只使能必须工作的模块, 在模块工作结束后关闭该模块)
- **Stop mode:** 该模式下 SRAM 和寄存器的内容保持, HSI 和 HSE 关闭, VDD 域下大部分模块的时钟都被停掉。GPIO, COMP output, LPTIM 可以唤醒 stop 模式。

2.6. 复位

芯片内设计两种复位, 分别是: 电源复位和系统复位。

2.6.1. 电源复位

电源复位在以下几种情况下产生:

- 上下电复位 (POR/PDR)
- 欠压复位 (BOR)

2.6.2. 系统复位

当产生以下事件时, 产生系统复位:

- NRST pin 的复位
- 独立看门狗复位(IWDG)
- SYSRESETREQ 软件复位
- option byte load 复位 (OBL)
- 电源复位 (POR/PDR、BOR)

2.7. 通用输入输出 GPIO

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

2.8. 中断

PY32F002A 通过 Cortex-M0+ 处理器内嵌的矢量中断控制器(NVIC)和一个扩展中断/事件控制器(EXTI)来处理异常。

2.8.1. 中断控制器 NVIC

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

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

如果高优先级的中断事件发生, 而低优先级的中断事件刚好在等待响应, 稍后到达的高优先级的中断事件将首先被响应。另一种优化称为尾链 (tail-chaining)。当从一个高优先级的 ISR 返回时, 然后启

动一个挂起的低优先级的 ISR，将跳过不必要的处理器上下文的压栈和弹栈。这减少了延迟，提高了电源效率。

NVIC 特性:

- 低延时中断处理
- 4 级中断优先级
- 支持 1 个 NMI 中断
- 支持 32 个可屏蔽外部中断
- 支持 10 个 Cortex-M0+ 异常
- 高优先级中断可打断低优先级中断响应
- 支持尾链(tail-chaining)优化
- 硬件中断向量检索

2.8.2. 扩展中断 EXTI

- EXTI 增加了处理物理线事件的灵活性，并在处理器从 stop 模式唤醒时产生唤醒事件。
- EXTI 控制器有多个通道，包括最多 16 个 GPIO 和 2 个 COMP 输出，其中 GPIO，COMP 可以配置上升沿、下降沿或双沿触发。任何 GPIO 信号通过选择信号配置为 EXTI0 ~ 15 通道。
- 每个 EXTI line 都可以通过寄存器独立屏蔽。
- EXTI 控制器可以捕获比内部时钟周期短的脉冲。
- EXTI 控制器中的寄存器锁存每个事件，即使是在 stop 模式下，处理器从停止模式唤醒后也能识别唤醒的来源，或者识别引起中断的 GPIO 和事件。

2.9. 模数转换器 ADC

- 芯片具有 1 个 12 位的 SARADC。该模块共有最多 11 个要被测量的通道，包括 9 个外部通道和 2 个内部通道。
- 各通道的转换模式可以设定为单次、连续、扫描、不连续模式。转换结果存储在左对齐或者右对齐的 16 位数据寄存器中。
- 模拟 watchdog 允许应用检测是否输入电压超出了用户定义的高或者低阈值。
- ADC 实现了在低频率下运行，可获得很低的功耗。
- 在采样结束，转换结束，连续转换结束，模拟 watchdog 时转换电压超出阈值时产生中断请求。

2.10. 比较器(COMP)

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

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

2.10.1. COMP 主要特性

- 每个比较器有可配置的正或者负输入，以实现灵活的电压选择
 - 多路 I/O pin
 - 电源 V_{CC}
 - 温度传感器的输出
 - 内部参考电压和通过分压提供的 3 个分数值 (1/4、1/2、3/4)
- 迟滞功能可配置
- 可编程的速度和功耗
- 输出可以被连接到 I/O 或者 timer 的输入作为触发
 - OCREF_CLR 事件 (cycle by cycle 的电流控制)
 - 为快速 PWM shutdown 的刹车

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)

2.11. 定时器

PY32F002A 不同定时器的特性如下表所示：

表 2-3 定时器特性

| 类型 | Timer | 位宽 | 计数方向 | 预分频 | 捕获/比较通道 | 互补输出 |
|-------|-------|------|------------------|-----------|---------|------|
| 高级定时器 | TIM1 | 16 位 | 上, 下, 中央对齐 | 1 ~ 65536 | 4 | 3 |
| 基本定时器 | TIM16 | 16-位 | 上 | 1 ~ 65536 | - | - |

2.11.1. 高级定时器

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

TIM1 包括 4 个独立通道，用作：

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

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

在 MCU debug 模式，TIM1 可以冻结计数。

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

2.11.2. 基本定时器

- TIM16 由可编程预分频器驱动的 16 位自动装载计数器构成。
- 在 MCU debug 模式，TIM16 可以冻结计数。

2.11.3. 低功耗定时器

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

2.11.4. IWDG

- 芯片内集成了一个 Independent watchdog（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 watchdog 作为主应用之外的独立过程，并且无很高的时序准确度限制的应用。
- 通过 option byte 的控制，可以使能 IWDG 硬件模式。
- IWDG 是 stop 模式的唤醒源，以复位的方式唤醒 stop 模式。
- 在 MCU debug 模式，IWDG 可以冻结计数值。

2.11.5. SysTick timer

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

SysTick 特性：

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

2.12. I²C 接口

I²C(inter-integrated circuit)总线接口连接微控制器和串行 I²C 总线。它提供多主机功能，控制所有 I²C 总线特定的顺序、协议、仲裁和时序。支持标准（Sm）、快速（Fm）。

I²C 特性：

- Slave 和 master 模式
- 多主机功能：可以做 master，也可以做 slave
- 支持不同通讯速度
 - 标准模式（Sm）：高达 100 kHz

- 快速模式 (Fm) : 高达 400 kHz
- 作为 Master
 - 产生 Clock
 - Start 和 Stop 的产生
- 作为 slave
 - 可编程的 I²C 地址检测
 - Stop 位的发现
- 7 位寻址模式
- 通用广播 (General call)
- 状态标志位
 - 发送/接收模式标志位
 - 字节传输完成标志位
 - I²C busy 标志位
- 错误标志位
 - Master arbitration loss
 - 地址/数据传输后的 ACK failure
 - Start/Stop 错误
 - Overrun/Underrun(时钟拉长功能 disable)
- 可选的时钟拉长功能
- 软件复位
- 模拟噪声滤波功能

2.13. 通用同步异步收发器 USART

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

它支持同步单向通信和半双工单线通信，它还允许多处理器通信。

支持自动波特率检测。

USART特性：

- 全双工异步通信
- NRZ 标准格式
- 可配置 16 倍或者 8 倍过采样，增加在速度和时钟容忍度的灵活性
- 发送和接收共用的可编程波特率，最高达 4.5 Mbit/s
- 自动波特率检测
- 可编程的数据长度 8 位或者 9 位
- 可配置的停止位 (1 或者 2 位)
- 同步模式和为同步通讯的时钟输出功能
- 单线半双工通讯
- 独立的发送和接收使能位
- 硬件流控制

- 检测标志
 - 接收 buffer 满
 - 发送 buffer 空
 - 传输结束
- 奇偶校验控制
 - 发送校验位
 - 对接收数据进行校验
- 带标志的中断源
 - CTS 改变
 - 发送寄存器空
 - 发送完成
 - 接收数据寄存器满
 - 检测到总线空闲
 - 溢出错误
 - 帧错误
 - 噪音操作
 - 检测错误
- 多处理器通信
 - 如果地址不匹配, 则进入静默模式
- 从静默模式唤醒: 通过空闲检测和地址标志检测

2.14. 串行外设接口 SPI

PY32F002A包含1个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 $f_{PCLK}/4$)
- 从模式频率 (最大为 $f_{PCLK}/4$)
- 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

2.15. SWD

ARM SWD接口允许串口调试工具连接到PY32F002A。

3. 引脚配置

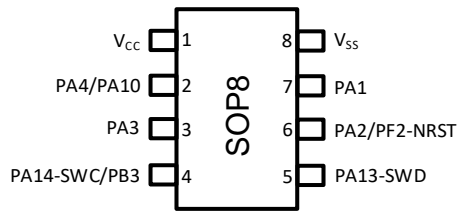


图 3-1 SOP8 Pinout1 PY32F002AL15S

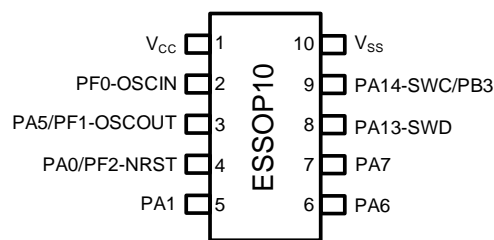


图 3-2 ESSOP10 Pinout1 PY32F002AA15M

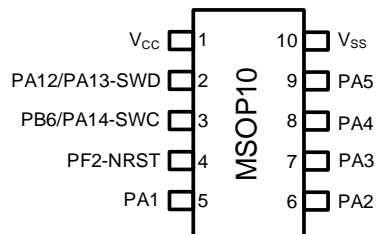


图 3-3 MSOP10 Pinout1 PY32F002AA15N

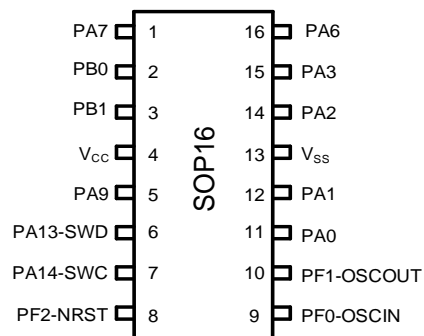


图 3-4 SOP16 Pinout1 PY32F002AW15S

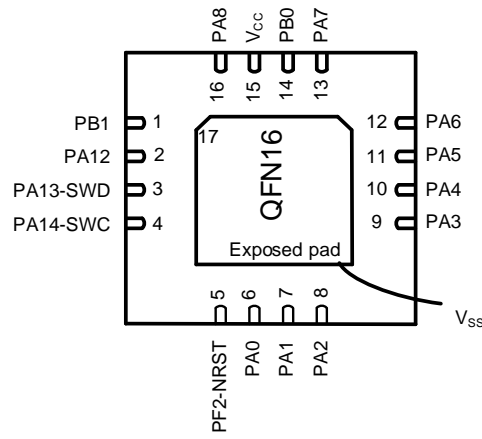


图 3-5 QFN16 Pinout1 PY32F002AW15U

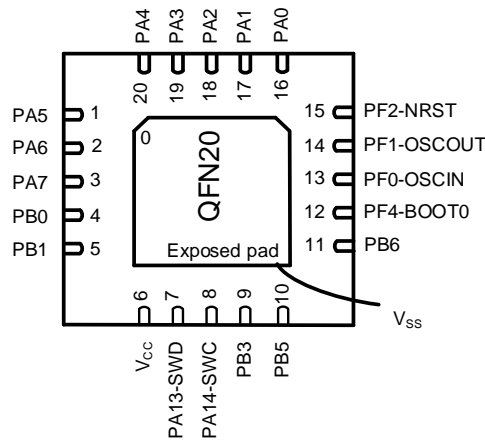


图 3-6 QFN20 Pinout1 PY32F002AF15U

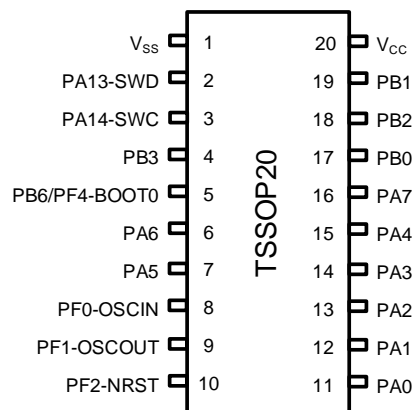


图 3-7 TSSOP20 Pinout1 PY32F002AF15P

表 3-1 引脚定义的术语和符号

| 类型 | | 符号 | 定义 |
|-------|------|-----|----------------------------------|
| 端口类型 | | S | Supply pin |
| | | G | Ground pin |
| | | I/O | Input/output pin |
| | | NC | 无定义 |
| 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 |
| Notes | | - | 除非有其他说明，不然所有端口都被在复位之间和之后，作为浮空的输入 |
| 端口功能 | 复用功能 | - | 通过 GPIOx_AFR 寄存器选择的功能 |
| | 附加功能 | - | 通过外设寄存器直接选择或使能的功能 |

表 3-2 引脚定义

| 封装类型 | | | | | | | 复位 | 端口类型 | 端口结构 | Notes | 端口功能 | |
|---------|----------|------------|----------|------------|----------|----------|-------------------|------|------|-------|---|---------|
| SOP8 L1 | SOP16 W1 | ESSOP10 A1 | MSOP10N1 | TSSOP20 F1 | QFN16 W1 | QFN20 F1 | | | | | 复用功能 | 附加功能 |
| - | 9 | 2 | - | 8 | - | 13 | PF0-OSC_IN-(PF0) | I/O | COM | | USART1_RX I ² C_SDA | OSC_IN |
| - | 10 | 3 | - | 9 | - | 14 | PF1-OSC_OUT-(PF1) | I/O | COM | | USART1_TX I ² C_SCL SPI1_NSS | OSC_OUT |
| 6 | 8 | 4 | 4 | 10 | 5 | 15 | PF2-NRST | I/O | RST | (1) | MCO | NRST |
| - | 11 | 4 | - | 11 | 6 | 16 | PA0 | I/O | COM | | USART1_CTS TIM1_CH3 TIM1_CH1N SPI1_MISO | ADC_IN0 |
| 7 | 12 | 5 | 5 | 12 | 7 | 17 | PA1 | I/O | COM | | SPI1_SCK USART1_RTS EVENTOUT SPI1_MOSI TIM1_CH4 TIM1_CH2N MCO | ADC_IN1 |
| 6 | 14 | - | 6 | 13 | 8 | 18 | PA2 | I/O | COM | | SPI1_MOSI USART1_TX SPI1_SCK I ² C_SDA | ADC_IN2 |
| 3 | 15 | - | 7 | 14 | 9 | 19 | PA3 | I/O | COM | | USART1_RX EVENTOUT | ADC_IN3 |

| 封装类型 | | | | | | | 复位 | 端口类型 | 端口结构 | Notes | 端口功能 | |
|---------|----------|------------|----------|------------|----------|----------|-----------------|------|------|-------|----------------------|---------|
| SOP8 L1 | SOP16 W1 | ESSOP10 A1 | MSOP10N1 | TSSOP20 F1 | QFN16 W1 | QFN20 F1 | | | | | 复用功能 | 附加功能 |
| | | | | | | | | | | | SPI1_MOSI | |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH1 | |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SCL | |
| 2 | - | - | 8 | 15 | 10 | 20 | PA4 | I/O | COM | | SPI1_NSS | ADC_IN4 |
| | | | | | | | | | | | USART1_CK | |
| | | | | | | | | | | | ENENTOUT | |
| - | - | 3 | 9 | 7 | 11 | 1 | PA5 | I/O | COM | | SPI1_SCK | ADC_IN5 |
| | | | | | | | | | | | LPTIM_ETR | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| | | | | | | | | | | | MCO | |
| - | 16 | 6 | - | 6 | 12 | 2 | PA6 | I/O | COM | | SPI1_MISO | ADC_IN6 |
| | | | | | | | | | | | TIM1_BKIN | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| | | | | | | | | | | | USART1_CK | |
| - | 1 | 7 | - | 16 | 13 | 3 | PA7 | I/O | COM | | SPI1_MOSI | ADC_IN7 |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH1N | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| | | | | | | | | | | | USART1_TX | |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SDA | |
| | | | | | | | | | | | SPI1_MISO | |
| - | 2 | - | - | 17 | 14 | 4 | PB0 | I/O | COM | | SPI1_NSS | - |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH2N | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| - | 3 | - | - | 19 | 1 | 5 | PB1 | I/O | COM | | TIM1_CH3N | ADC_IN9 |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| 8 | 13 | 10 | 10 | 1 | 17 | - | V _{SS} | S | | | Ground | |
| - | | | - | 18 | - | - | PB2 | I/O | COM | | USART1_RX | - |
| 1 | 4 | 1 | 1 | 20 | 15 | 6 | V _{CC} | S | | | Digital power supply | |
| - | - | - | - | - | 16 | - | PA8 | I/O | COM | | USART1_CK | - |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH1 | |
| | | | | | | | | | | | MCO | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| | | | | | | | | | | | USART1_RX | |
| | | | | | | | | | | | SPI1_MOSI | |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SCL | |
| - | 5 | - | - | - | - | - | PA9 | I/O | COM | | USART1_TX | - |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH2 | |
| | | | | | | | | | | | MCO | |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SCL | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SDA | |

| 封装类型 | | | | | | | 复位 | 端口类型 | 端口结构 | Notes | 端口功能 | |
|---------|----------|------------|----------|------------|----------|----------|-------------|------|------|-------|----------------------|-------|
| SOP8 L1 | SOP16 W1 | ESSOP10 A1 | MSOP10N1 | TSSOP20 F1 | QFN16 W1 | QFN20 F1 | | | | | 复用功能 | 附加功能 |
| | | | | | | | | | | | TIM1_BK | |
| | | | | | | | | | | | SPI1_SCK | |
| | | | | | | | | | | | USART1_RX | |
| 2 | - | - | - | - | - | - | PA10 | I/O | COM | | USART1_RX | |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH3 | |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SDA | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | - |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SCL | |
| | | | | | | | | | | | SPI1_NSS | |
| | | | | | | | | | | | USART1_TX | |
| - | - | - | 2 | - | 2 | - | PA12 | I/O | COM | | SPI1_MOSI | |
| | | | | | | | | | | | USART1_RTS | |
| | | | | | | | | | | | TIM1_ETR | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SDA | |
| 5 | 6 | 8 | 2 | 2 | 3 | 7 | PA13(SWDIO) | I/O | COM | (2) | SWDIO | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| | | | | | | | | | | | SPI1_MISO | |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH2 | |
| | | | | | | | | | | | USART1_RX | |
| | | | | | | | | | | | MCO | |
| 4 | 7 | 9 | 3 | 3 | 4 | 8 | PA14(SWCLK) | I/O | COM | (2) | SWCLK | |
| | | | | | | | | | | | USART1_TX | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| | | | | | | | | | | | MCO | |
| 4 | - | - | - | 4 | - | 9 | PB3 | I/O | COM | | SPI1_SCK | |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH2 | |
| | | | | | | | | | | | USART1_RTS | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| - | - | - | - | - | - | 10 | PB5 | I/O | COM | | SPI1_MOSI | |
| | | | | | | | | | | | USART1_CK | |
| | | | | | | | | | | | LPTIM_IN1 | |
| | | | | | | | | | | | COMP1_OUT | |
| - | - | - | 3 | 5 | - | 11 | PB6 | I/O | COM | | USART1_TX | |
| | | | | | | | | | | | TIM1_CH3 | |
| | | | | | | | | | | | I ² C_SCL | |
| | | | | | | | | | | | LPTIM_ETR | |
| | | | | | | | | | | | EVENTOUT | |
| - | - | - | - | 5 | - | 12 | PF4-BOOT0 | I/O | COM | (3) | - | BOOT0 |

1. 选择 PF2 或者 NRST 是通过 option bytes 进行配置。

2. 复位后, PA13和PA14两个 pin 被配置为 SWDIO 和 SWCLK AF 功能, 前者内部上拉电阻、后者内部下拉电阻被激活。
3. PF4-BOOT0 默认数字输入模式, 且下拉使能。
4. 两个 IO 端口引出在同一个 pin 脚, 同一时间只能使用其中任意一个 IO 端口, 且另外一个 IO 必须配置为模拟模式 (MODEy[1:0] 为 0B11) 。

3.1. 端口 A 复用功能映射

表 3-3 端口 A 复用功能映射

| 端口 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
|------|------------|------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| PA0 | - | USART1_CTS | - | - | - | - | - | COMP1_OUT |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| | - | | SPI1_MISO | - | - | TIM1_CH3 | TIM1_CH1N | |
| PA1 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SPI1_SCK | USART1_RTS | - | - | - | - | - | EVENTOUT |
| | - | | SPI1_MOSI | - | - | TIM1_CH4 | TIM1_CH2N | MCO |
| PA2 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SPI1_MOSI | USART1_TX | - | - | - | - | - | COMP2_OUT |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| PA3 | - | - | SPI1_SCK | - | I ² C_SDA | - | - | - |
| | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | - | USART1_RX | - | - | - | - | - | EVENTOUT |
| PA4 | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| | - | - | SPI1_MOSI | - | I ² C_SCL | TIM1_CH1 | - | - |
| | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| PA5 | SPI1_NSS | USART1_CK | - | - | - | - | - | EVENTOUT |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PA6 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SPI1_SCK | - | - | - | - | LPTIM1_ETR | - | EVENTOUT |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| PA7 | - | - | - | - | - | - | - | MCO |
| | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SPI1_MISO | - | TIM1_BKIN | - | - | - | - | COMP1_OUT |
| PA8 | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| | USART1_CK | - | - | - | - | - | - | - |
| | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| PA9 | SPI1_MOSI | - | TIM1_CH1N | - | - | - | EVENTOUT | COMP2_OUT |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| | USART1_TX | - | SPI1_MISO | - | I ² C_SDA | - | - | - |
| PA10 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | - | USART1_CK | TIM1_CH1 | - | - | MCO | - | EVENTOUT |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| PA11 | USART1_RX | - | SPI1_MOSI | - | I ² C_SCL | - | - | - |
| | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | - | USART1_TX | TIM1_CH2 | - | - | MCO | I ² C_SCL | EVENTOUT |
| PA12 | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| | USART1_RX | - | SPI1_SCK | - | I ² C_SDA | TIM1_BKIN | - | - |
| | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| PA13 | - | USART1_RX | TIM1_CH3 | - | - | - | I ² C_SDA | EVENTOUT |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| | USART1_TX | - | SPI1_NSS | - | I ² C_SCL | - | - | - |
| PA12 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SPI1_MOSI | USART1_RTS | TIM1_ETR | - | - | EVENTOUT | I ² C_SDA | COMP2_OUT |
| PA13 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SWDIO | - | - | - | - | - | - | EVENTOUT |

| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
|------|-----------|-----------|-----------|------|------|----------|------|----------|
| PA14 | USART1_RX | - | SPI1_MISO | - | - | TIM1_CH2 | - | MCO |
| | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SWCLK | USART1_TX | - | - | - | - | - | EVENTOUT |
| | - | - | - | - | - | - | - | MCO |

3.2. 端口 B 复用功能映射

表 3-4 端口 B 复用功能映射

| 端口 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
|-----|-----------|----------|-----------|------------|-----|-----------|----------------------|-----------|
| PB0 | SPI1_NSS | - | TIM1_CH2N | - | - | EVENTOUT | - | COMP1_OUT |
| PB1 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | - | - | TIM1_CH3N | - | - | - | - | EVENTOUT |
| PB2 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | USART1_RX | - | - | - | - | - | - | - |
| PB3 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SPI1_SCK | TIM1_CH2 | - | USART1_RTS | - | - | - | - |
| PB5 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | SPI1_MOSI | - | - | USART1_CK | - | LPTIM_IN1 | - | COMP1_OUT |
| PB6 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | USART1_TX | TIM1_CH3 | - | - | - | LPTIM_ETR | I ² C_SCL | EVENTOUT |
| PB7 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | USART1_RX | - | - | - | - | - | I ² C_SDA | EVENTOUT |

3.3. 端口 F 复用功能映射

表 3-5 端口 F 复用功能映射

| 端口 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
|-------------|-----------|----------|------|----------------------|----------------------|------|------|------|
| PF0-OSC_IN | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| | USART1_RX | - | - | - | I ² C_SDA | - | - | - |
| PF1-OSC_OUT | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF13 | AF14 | AF15 |
| USART1_TX | - | SPI1_NSS | - | I ² C_SCL | - | - | - | |
| PF2-NRST | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | - | - | - | - | - | - | MCO | - |
| PF4-BOOT0 | AF0 | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - |

4. 存储器映射

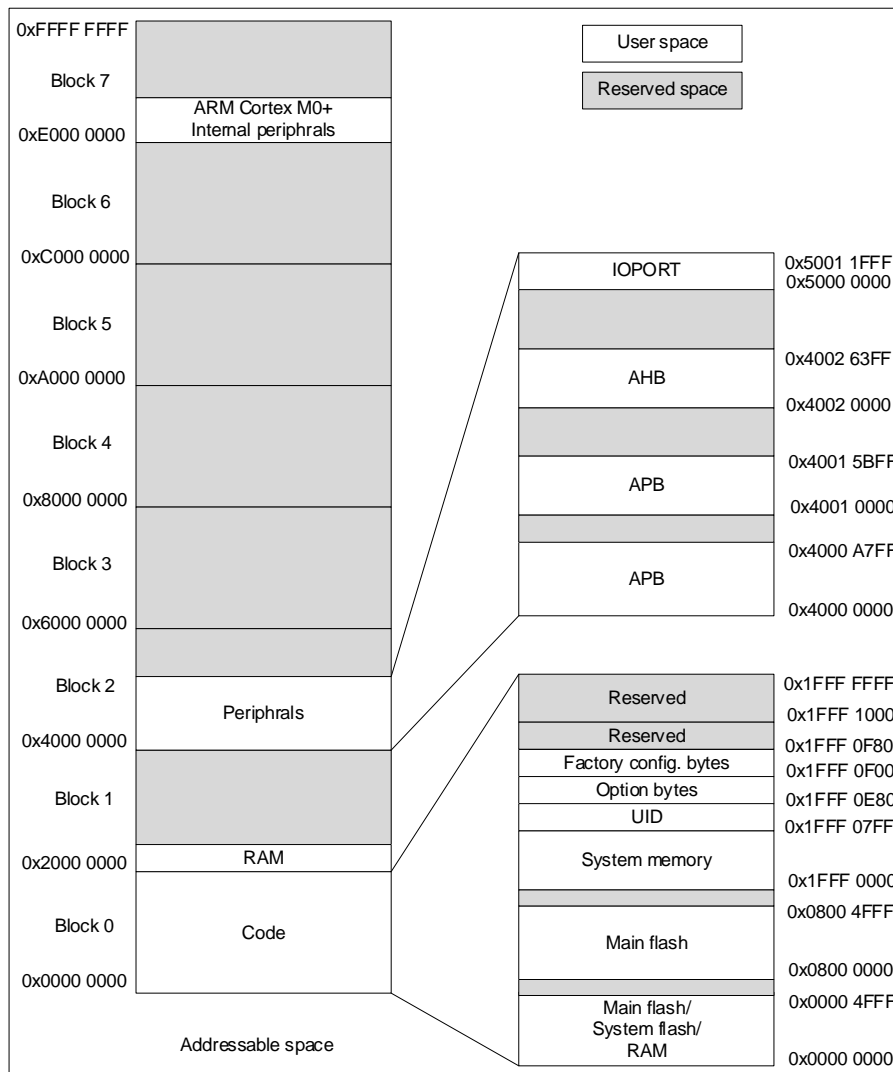


图 4-1 存储器映射

表 4-1 存储器地址

| Type | Boundary Address | Size | Memory Area | Description |
|------|-------------------------|------------|----------------|-----------------------------------|
| SRAM | 0x2000 0C00-0x3FFF FFFF | 512 MBytes | Reserved | - |
| | 0x2000 0000-0x2000 0BFF | 3 KBytes | SRAM | 根据硬件不同, SRAM 最大为 3 kBytes |
| Code | 0x1FFF 1000-0x1FFF FFFF | 4 KBytes | Reserved | - |
| | 0x1FFF 0F80-0x1FFF 0FFF | 128 Bytes | Reserved | - |
| | 0x1FFF 0F00-0x1FFF 0F7F | 128 Bytes | Factory config | 存放 HSI trimming 数据、flash 擦写时间配置参数 |
| | 0x1FFF 0E80-0x1FFF 0EFF | 128 Bytes | Option bytes | option bytes |
| | 0x1FFF 0E00-0x1FFF 0E7F | 128 Bytes | UID | Unique ID |

| Type | Boundary Address | Size | Memory Area | Description |
|------|-------------------------|------------|--|----------------|
| | 0x1FFF 0000-0x1FFF 07FF | 2 KBytes | System memory | 存放 boot loader |
| | 0x0800 8000-0x1FFE FFFF | 384 MBytes | Reserved | - |
| | 0x0800 0000-0x0800 4FFF | 20 KBytes | Main flash memory | - |
| | 0x0000 5000-0x07FF FFFF | 8 MBytes | Reserved | - |
| | 0x0000 0000-0x0000 4FFF | 20 KBytes | 根据 Boot 配置选择: 1) Main flash memory 2) System memory 3) SRAM | - |

1. 上述空间除 0x1FFF 0E00-0x1FFF 0E7F 外, 其余标注为 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 |
|-------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|
| | 0xE000 0000-0xE00F FFFF | 1 Mbytes | M0+ |
| IOPORT | 0x5000 1800-0x5FFF FFFF | 256 MBytes | Reserved ⁽¹⁾ |
| | 0x5000 1400-0x5000 17FF | 1 KBytes | GPIOF |
| | 0x5000 1000-0x5000 13FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x5000 0C00-0x5000 0FFF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x5000 0800-0x5000 0BFF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x5000 0400-0x5000 07FF | 1 Kbytes | GPIOB |
| | 0x5000 0000-0x5000 03FF | 1 Kbytes | GPIOA |
| AHB | 0x4002 3400-0x4FFF FFFF | - | Reserved |
| | 0x4002 300C-0x4002 33FF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4002 3000-0x4002 3008 | | CRC |
| | 0x4002 2400-0x4002 2FFF | - | Reserved |
| | 0x4002 2124-0x4002 23FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4002 2000-0x4002 2120 | | Flash |
| | 0x4002 1C00-0x4002 1FFF | 3 KBytes | Reserved |
| | 0x4002 1888-0x4002 1BFF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4002 1800-0x4002 1884 | | EXTI ⁽²⁾ |
| | 0x4002 1400-0x4002 17FF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4002 1064-0x4002 13FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4002 1000-0x4002 1060 | | RCC ⁽²⁾ |
| | 0x4002 0C00-0x4002 0FFF | 1 KBytes | Reserved |
| 0x4002 0000-0x4002 03FF | 1 KBytes | Reserved | |
| APB | 0x4001 5C00-0x4001 FFFF | 32 KBytes | Reserved |
| | 0x4001 5880-0x4001 5BFF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4001 5800-0x4001 587F | | DBG |
| | 0x4001 4C00-0x4001 57FF | 3 KBytes | Reserved |
| | 0x4001 4800-0x4001 4BFF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4001 4450-0x4001 47FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4001 4400-0x4001 404C | | TIM16 |
| | 0x4001 3C00-0x4001 43FF | 2 KBytes | Reserved |
| | 0x4001 381C-0x4001 3BFF | 1 KBytes | Reserved |

| Bus | Boundary Address | Size | Peripheral |
|-----|-------------------------|-----------|--------------------|
| | 0x4001 3800-0x4001 3018 | | USART1 |
| | 0x4001 3400-0x4001 37FF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4001 3010-0x4001 33FF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4001 3000-0x4001 300C | | SPI1 |
| | 0x4001 2C50-0x4001 2FFF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4001 2C00-0x4001 2C4C | | TIM1 |
| | 0x4001 2800-0x4001 2BFF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4001 270C-0x4001 27FF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4001 2400-0x4001 2708 | | ADC |
| | 0x4001 0400-0x4001 23FF | 8 Kbytes | Reserved |
| | 0x4001 0220-0x4001 03FF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4001 0200-0x4001 021F | | COMP1 and COMP2 |
| | 0x4001 0000-0x4001 01FF | | SYSCFG |
| | 0x4000 B400-0x4000 FFFF | 19 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 B000-0x4000 B3FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 8400-0x4000 AFFF | 11 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 8000-0x4000 83FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 7C28-0x4000 7FFF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 7C00-0x4000 7C24 | | LPTIM |
| | 0x4000 7400-0x4000 7BFF | 2 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 7018-0x4000 73FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 7000-0x4000 7014 | | PWR ⁽³⁾ |
| | 0x4000 5800-0x4000 6FFF | 6 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 5434-0x4000 57FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 5400-0x4000 5430 | | I ² C |
| | 0x4000 4800-0x4000 53FF | 3 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 4400-0x4000 47FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 3C00-0x4000 43FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 3800-0x4000 3BFF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 3400-0x4000 37FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 3014-0x4000 33FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 3000-0x4000 0010 | | IWDG |
| | 0x4000 2C00-0x4000 2FFF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 2800-0x4000 2BFF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 2400-0x4000 27FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 2000-0x4000 23FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 1800-0x4000 1FFF | 2 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 1400-0x4000 17FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 1000-0x4000 13FF | 1 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 0800-0x4000 0FFF | 2 KBytes | Reserved |
| | 0x4000 0400-0x4000 07FF | 1 Kbytes | Reserved |
| | 0x4000 0000-0x4000 03FF | 1 KBytes | Reserved |

1. 上表 AHB 标注为 Reserved 的地址空间，无法写操作，读回为 0，且产生 hardfault；APB 标注为 Reserved 的地址空间，无法写操作，读回为 0，不会产生 hardfault。
2. 不仅支持 32 位字访问，还支持半字和字节访问。
3. 不仅支持 32 位字访问，还支持半字访问。

5. 电气特性

5.1. 测试条件

除非特殊说明，所有的电压都以 V_{SS} 为基准。

5.1.1. 最小值和最大值

除非特殊说明，通过在环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 和 $T_A=T_{A(\text{max})}$ 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 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC}=3.3\text{ V}$ 。这些数据仅用于设计指导未经过测试。

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

5.2. 绝对最大额定值

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

表 5-1 电压特性⁽¹⁾

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

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

表 5-2 电流特性

| 符号 | 描述 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|---|-----|----|
| I_{VCC} | 流进 V_{CC} pin 的总电流(供应电流) ⁽¹⁾ | 100 | mA |
| I_{VSS} | 流出 V_{SS} pin 的总电流(流出电流) ⁽¹⁾ | 100 | |
| $I_{IO(\text{PIN})}$ | COM IO 的输出灌电流 | 20 | |
| | 所有 IO 的拉电流 | -20 | |

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

表 5-3 温度特性

| 符号 | 描述 | 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 | 24 | MHz |
| f _{PCLK} | 内部 APB 时钟频率 | - | 0 | 24 | MHz |
| V _{CC} | 标准工作电压 | - | 1.7 | 5.5 | V |
| V _{IN} | IO 输入电压 | - | -0.3 | V _{CC} +0.3 | V |
| T _A | 环境温度 | - | -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 _{VCC} | V _{CC} 上升速率 | - | 0 | ∞ | us/V |
| | V _{CC} 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 |
|--------------------------------------|--------------|-----|---------------------|------|---------------------|----|
| t _{RSTTEMPO} ⁽¹⁾ | 复位重置时间 | - | - | 4.0 | 7.5 | ms |
| V _{POR/PDR} | POR/PDR 复位阈值 | 上升沿 | 1.50 ⁽²⁾ | 1.60 | 1.70 | V |
| | | 下降沿 | 1.45 ⁽¹⁾ | 1.55 | 1.65 ⁽²⁾ | V |
| V _{BOR1} | BOR 阈值 1 | 上升沿 | 1.70 ⁽²⁾ | 1.80 | 1.90 | V |
| | | 下降沿 | 1.60 | 1.70 | 1.80 ⁽²⁾ | V |
| V _{BOR2} | BOR 阈值 2 | 上升沿 | 1.90 ⁽²⁾ | 2.00 | 2.10 | V |
| | | 下降沿 | 1.80 | 1.90 | 2.00 ⁽²⁾ | V |
| V _{BOR3} | BOR 阈值 3 | 上升沿 | 2.10 ⁽²⁾ | 2.20 | 2.30 | V |

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--|--------------|-----|---------------------|------|---------------------|----|
| | | 下降沿 | 2.00 | 2.10 | 2.20 ⁽²⁾ | V |
| V _{BOR4} | BOR 阈值 4 | 上升沿 | 2.30 ⁽²⁾ | 2.40 | 2.50 | V |
| | | 下降沿 | 2.20 | 2.30 | 2.40 ⁽²⁾ | V |
| V _{BOR5} | BOR 阈值 5 | 上升沿 | 2.50 ⁽²⁾ | 2.60 | 2.70 | V |
| | | 下降沿 | 2.40 | 2.50 | 2.60 ⁽²⁾ | V |
| V _{BOR6} | BOR 阈值 6 | 上升沿 | 2.70 ⁽²⁾ | 2.80 | 2.90 | V |
| | | 下降沿 | 2.60 | 2.70 | 2.80 ⁽²⁾ | V |
| V _{BOR7} | BOR 阈值 7 | 上升沿 | 2.90 ⁽²⁾ | 3.00 | 3.10 | V |
| | | 下降沿 | 2.80 | 2.90 | 3.00 ⁽²⁾ | V |
| V _{BOR8} | BOR 阈值 8 | 上升沿 | 3.10 ⁽²⁾ | 3.20 | 3.30 | V |
| | | 下降沿 | 3.00 | 3.10 | 3.20 ⁽²⁾ | V |
| V _{POR_PDR_hyst} ⁽¹⁾ | POR/PDR 迟滞电压 | - | - | 50 | - | mV |
| I _{dd} (BOR) | BOR 功耗 | - | - | 0.6 | - | uA |

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 ⁽¹⁾ | 最大值 | 单位 |
|-----------------------|------|------------|----------|-------|---------|-------------|--------------------|-----|----|
| | 系统时钟 | 频率 | 代码 | 运行 | 外设时钟 | FLASH sleep | | | |
| I _{DD} (run) | HSI | 24 MHz | While(1) | Flash | ON | DISABLE | 1.5 | - | mA |
| | | | | | OFF | DISABLE | 0.9 | - | |
| | | ON | | | DISABLE | 0.7 | - | | |
| | | OFF | | | DISABLE | 0.5 | - | | |
| | LSI | 32.768 kHz | | | ON | DISABLE | 170 | - | uA |
| | | | | | OFF | DISABLE | 170 | - | |
| | LSI | 32.768 kHz | | | ON | ENABLE | 95 | - | uA |
| | | | | | OFF | ENABLE | 95 | - | |

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 ⁽¹⁾ | 最大值 | 单位 |
|-------------------------|------|--------|------|-------------|--------------------|-----|----|
| | 系统时钟 | 频率 | 外设时钟 | FLASH sleep | | | |
| I _{DD} (sleep) | HSI | 24 MHz | ON | DISABLE | 1 | - | mA |

| 符号 | 条件 | | | | 典型值 ⁽¹⁾ | 最大值 | 单位 |
|-----|------|------------|--------|-------------|--------------------|-----|----|
| | 系统时钟 | 频率 | 外设时钟 | FLASH sleep | | | |
| | | 8 MHz | OFF | DISABLE | 0.6 | - | mA |
| | | | ON | DISABLE | 0.5 | - | mA |
| | | | OFF | DISABLE | 0.35 | - | mA |
| | LSI | 32.768 kHz | ON | DISABLE | 170 | - | uA |
| | | | OFF | DISABLE | 170 | - | uA |
| | LSI | 32.768 kHz | ON | ENABLE | 95 | - | uA |
| OFF | | | ENABLE | 96 | - | uA | |

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 ⁽¹⁾ | 最大值 | 单位 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|--------|-----|------------|--------------------|-----|----|
| | V _{CC} | V _{DD} | MR/LPR | LSI | 外设时钟 | | | |
| I _{DD(stop)} | 1.7 ~ 5.5 V | 1.2 V | MR | - | - | 70 | - | uA |
| | | 1.2 V | LPR | ON | IWDG+LPTIM | 6 | - | |
| | | | | | IWDG | 6 | - | |
| | | | | OFF | No | 6 | - | |
| | | | | | 1.0 V | LPR | ON | |
| | | IWDG | 4.5 | - | | | | |
| | | OFF | LPTIM | 4.5 | | | - | |
| | | | No | 4.5 | | | - | |

1. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

5.3.5. 低功耗模式唤醒时间

表 5-10 低功耗模式唤醒时间

| 符号 | 参数 ⁽¹⁾ | | 条件 | 典型值 ⁽²⁾ | 最大值 | 单位 | |
|----------------------|-------------------|--------|--------------------------------|------------------------|-----|----|----|
| T _{WUSLEEP} | Sleep 的唤醒时间 | | - | 1.65 | | us | |
| T _{WUSTOP} | Stop 的唤醒时间 | MR 供电 | Flash 中执行程序, HSI(24 Mhz)作为系统时钟 | 3.5 | | us | |
| | | LPR 供电 | Flash 中执行程序, HSI 作为系统时钟 | V _{DD} =1.2 V | 6 | | us |
| | | | | V _{DD} =1.0 V | 6 | | |

1. 唤醒时间的测量是从唤醒时间开始至用户程序读取第一条指令。

2. 数据基于考核结果，不在生产中测试。

5.3.6. 外部时钟源特性

5.3.6.1. 外部高速时钟

在 HSE 的 bypass 模式(RCC_CR 的 HSEBYP 置位), 芯片内的高速起振电路停止工作, 相应的 IO 作为标准的 GPIO 使用。

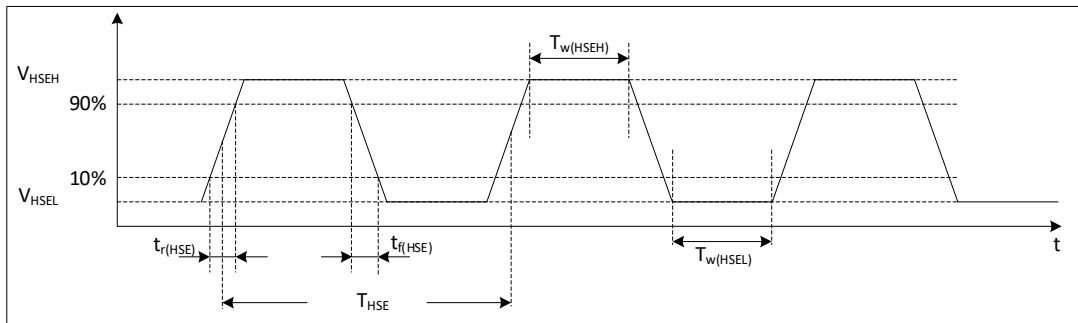


图 5-1 外部高速时钟时序图

表 5-11 外部高速时钟特性

| 符号 | 参数 ⁽¹⁾ | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------------------------|-------------------|-------------|-----|-------------|-----|
| f_{HSE_ext} | 用户外部时钟频率 | 0 | 8 | 24 | MHz |
| V_{HSEH} | 输入引脚高电平电压 | $0.7V_{CC}$ | - | V_{CC} | V |
| V_{HSEL} | 输入引脚低电平电压 | V_{SS} | - | $0.3V_{CC}$ | |
| $t_{w(HSEH)}$ $t_{w(HSEL)}$ | 输入高或低的时间 | 15 | - | - | ns |
| $t_r(HSE)$ $t_f(HSE)$ | 输入上升/下降的时间 | - | - | 20 | ns |

1. 由设计保证, 不在生产中测试。

5.3.6.2. 外部高速晶体

可以通过外接 4~32 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 5-12 外部高速晶体特性

| 符号 | 参数 | 条件 ⁽¹⁾ | 最小值 ⁽²⁾ | 典型值 | 最大值 ⁽²⁾ | 单位 |
|----------------|--------|--|--------------------|------|--------------------|-----|
| f_{OSC_IN} | 振荡频率 | - | 4 | - | 24 | MHz |
| $I_{DD}^{(4)}$ | HSE 功耗 | During startup | - | - | 5.5 | mA |
| | | $V_{CC}=3V, R_m=30\Omega,$ $C_L=10pF@8MHz$ | - | 0.58 | - | |
| | | $V_{CC}=3V, R_m=45\Omega,$ $C_L=10pF@8MHz$ | - | 0.59 | - | |
| | | $V_{CC}=3V, R_m=30\Omega,$ $C_L=5pF@24MHz$ | - | 0.89 | - | |
| | | $V_{CC}=3V, R_m=30\Omega,$ $C_L=10pF@24MHz$ | - | 1.10 | - | |
| | | $V_{CC}=3V, R_m=30\Omega,$ | - | 1.90 | - | |

| 符号 | 参数 | 条件 ⁽¹⁾ | 最小值 ⁽²⁾ | 典型值 | 最大值 ⁽²⁾ | 单位 |
|------------------------|------|----------------------------------|--------------------|-----|--------------------|----|
| | | $C_L=20\text{ pF}@24\text{ MHz}$ | | | | |
| $t_{SU(HSE)}^{(3)(4)}$ | 启动时间 | $f_{OSC_IN}=24\text{ MHz}$ | - | 3 | - | ms |
| | | $f_{OSC_IN}=8\text{ MHz}$ | - | 15 | - | ms |

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。

5.3.7. 内部高频时钟源 HSI 特性

表 5-13 内部高频时钟源特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|------------|--|----------------------|-----|----------------------|-----|
| f_{HSI} | HSI 频率 | $T_A=25^\circ\text{C}, V_{CC}=3.3\text{ V}$ | 23.83 ⁽²⁾ | 24 | 24.17 ⁽²⁾ | MHz |
| | | | 7.94 ⁽²⁾ | 8 | 8.06 ⁽²⁾ | MHz |
| $\Delta_{Temp(HSI)}$ | HSI 频率温度漂移 | $V_{CC}=1.7\text{ V} \sim 5.5\text{ V}, T_J=0\sim 85^\circ\text{C}$ | -2 ⁽²⁾ | - | 2 ⁽²⁾ | % |
| | | $V_{CC}=1.7\text{ V} \sim 5.5\text{ V}, T_J=-40\sim 105^\circ\text{C}$ | -4 ⁽²⁾ | - | 2.5 ⁽²⁾ | % |
| $f_{TRIM}^{(1)}$ | HSI 微调精度 | - | - | 0.1 | - | % |
| $D_{HSI}^{(1)}$ | 占空比 | - | 45 ⁽¹⁾ | - | 55 ⁽¹⁾ | % |
| $t_{Stab(HSI)}$ | HSI 稳定时间 | - | - | 2 | 4 ⁽¹⁾ | us |
| $I_{DD(HSI)}^{(2)}$ | HSI 功耗 | 8 MHz | - | 105 | - | uA |
| | | 24 MHz | - | 180 | - | uA |

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 5-14 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 | $T_A=25^\circ\text{C}, V_{CC}=3.3\text{ V}$ | -1 | - | +1 | % |
| $\Delta_{Temp(LSI)}$ | LSI 频率温度漂移 | $V_{CC}=1.6\text{ V} \sim 5.5\text{ V}, T_J=0\sim 70^\circ\text{C}$ | -10 ⁽²⁾ | - | 10 ⁽²⁾ | % |
| | | $V_{CC}=1.6\text{ V} \sim 5.5\text{ V}, T_J=-40\sim 105^\circ\text{C}$ | -20 ⁽²⁾ | - | 20 ⁽²⁾ | % |
| $f_{TRIM}^{(1)}$ | LSI 微调精度 | - | - | 0.2 | - | % |
| $t_{Stab(LSI)}^{(1)}$ | LSI 稳定时间 | - | - | 150 | - | us |
| $I_{DD(LSI)}^{(1)}$ | LSI 功耗 | - | - | 210 | - | nA |

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

5.3.9. 存储器特性

表 5-15 存储器特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 典型值 | 最大值 ⁽¹⁾ | 单位 |
|-------------|------------------------|----|-----|--------------------|----|
| t_{prog} | Page program | - | 1.0 | 1.5 | ms |
| t_{ERASE} | Page/sector/mass erase | - | 3.0 | 4.5 | ms |
| I_{DD} | Page programe | - | 2.1 | 2.9 | mA |
| | Page/sector/mass erase | - | 2.1 | 2.9 | mA |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

表 5-16 存储器擦写次数和数据保持

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 ⁽¹⁾ | 单位 |
|-----------|--------|------------------------------------|--------------------|--------|
| N_{END} | 擦写次数 | $T_A = -40 \sim 105^\circ\text{C}$ | 100 | kcycle |
| t_{RET} | 数据保持期限 | 10 kcycle $T_A = 55^\circ\text{C}$ | 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 5-17 EFT 特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 等级 | 典型值 | 单位 |
|--------------|----|--------------|----|-----|----|
| EFT to IO | - | IEC61000-4-4 | B | 2 | KV |
| EFT to Power | - | IEC61000-4-4 | B | 4 | KV |

5.3.11. ESD & LU 特性

表 5-18 ESD & LU 特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 典型值 | 单位 |
|----------------|----------------|------------------------|-----|----|
| $V_{ESD(HBM)}$ | 静态放电电压(人体模型) | ESDA/JEDEC JS-001-2017 | 6 | KV |
| $V_{ESD(CDM)}$ | 静态放电电压(充电设备模型) | ESDA/JEDEC JS-002-2018 | 1 | KV |
| $V_{ESD(MM)}$ | 静态放电电压(机器模型) | JESD22-A115C | 200 | V |
| LU | 静态 Latch-Up | JESD78E | 200 | mA |

5.3.12. 端口特性

表 5-19 IO 静态特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|---------|---|-------------|-----|-----|----|
| V_{IH} | 输入高电平电压 | $V_{CC}=1.7\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ | $0.7V_{CC}$ | - | - | V |

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|---------|---|-----|-----|-------------|---------------|
| V_{IL} | 输入低电平电压 | $V_{CC}=1.7\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ | - | - | $0.3V_{CC}$ | V |
| $V_{hys}^{(1)}$ | 斯密特迟滞电压 | - | - | 200 | - | mV |
| I_{lkg} | 输入漏电流 | - | - | - | 1 | μA |
| R_{PU} | 上拉电阻 | - | 30 | 50 | 70 | $k\Omega$ |
| R_{PD} | 下拉电阻 | - | 30 | 50 | 70 | $k\Omega$ |
| $C_{IO}^{(1)}$ | 引脚电容 | - | - | 5 | - | pF |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

表 5-20 输出电压特性

| 符号 | 参数 ⁽¹⁾ | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|----------|-------------------|--|--------------|-----|----|
| V_{OL} | COM IO 输出低电平 | $I_{OL} = 8\text{ mA}, V_{CC} \geq 2.7\text{ V}$ | - | 0.4 | V |
| V_{OL} | | $I_{OL} = 4\text{ mA}, V_{CC} = 1.8\text{ V}$ | - | 0.5 | V |
| V_{OH} | COM IO 输出高电平 | $I_{OH} = 8\text{ mA}, V_{CC} \geq 2.7\text{ V}$ | $V_{CC}-0.4$ | - | V |
| V_{OH} | | $I_{OH} = 4\text{ mA}, V_{CC} = 1.8\text{ V}$ | $V_{CC}-0.5$ | - | V |

1. IO 类型可参考引脚定义的术语和符号。

5.3.13. NRST 引脚特性

表 5-21 NRST 管脚特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|---------|---|-------------|-----|-------------|---------------|
| V_{IH} | 输入高电平电压 | $V_{CC}=1.7\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ | $0.7V_{CC}$ | - | - | V |
| V_{IL} | 输入低电平电压 | $V_{CC}=1.7\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$ | - | - | $0.2V_{CC}$ | V |
| $V_{hys}^{(1)}$ | 斯密特迟滞电压 | - | - | 300 | - | mV |
| I_{lkg} | 输入漏电流 | - | - | - | 1 | μA |
| $R_{PU}^{(1)}$ | 上拉电阻 | - | 30 | 50 | 70 | $k\Omega$ |
| $R_{PD}^{(1)}$ | 下拉电阻 | - | 30 | 50 | 70 | $k\Omega$ |
| C_{IO} | 引脚电容 | - | - | 5 | - | pF |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.14. ADC 特性

表 5-22 ADC 特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------------------|-----------|------------------------------|-----|----------|-------------------|-----|
| I _{DD} | 功耗 | @0.75 MSPS | - | 1.0 | - | mA |
| C _{IN} ⁽¹⁾ | 内部采样和保持电容 | - | - | 5 | - | pF |
| F _{ADC} | 转换时钟频率 | V _{CC} =1.7 ~ 2.3 V | 1 | 4 | 6 ⁽²⁾ | MHz |
| | | V _{CC} =2.3 ~ 5.5 V | 1 | 8 | 12 ⁽²⁾ | MHz |
| T _{samp} ⁽¹⁾ | - | V _{CC} =1.7 ~ 2.3 V | 0.2 | - | - | us |
| | | V _{CC} =2.3 ~ 5.5 V | 0.1 | - | - | us |
| T _{conv} ⁽¹⁾ | - | - | - | 12*Tclk | - | - |
| T _{eoc} ⁽¹⁾ | - | - | - | 0.5*Tclk | - | - |
| DNL ⁽²⁾ | - | - | - | ±2 | - | LSB |
| INL ⁽²⁾ | - | - | - | ±3 | - | LSB |
| Offset ⁽²⁾ | - | - | - | ±2 | - | LSB |

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。

5.3.15. 比较器特性

表 5-23 比较器特性⁽¹⁾

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | |
|---------------------------|---|----------------------------------|---------------------|-----|-----------------|-----|----|
| V _{IN} | Input voltage range | - | 0 | - | V _{CC} | V | |
| V _{BG} | Scale input voltage | - | V _{REFINT} | | | V | |
| V _{SC} | Scaler offset voltage | - | - | ±5 | ±10 | mV | |
| I _{DD(SCALER)} | Scaler static consumption | - | - | 0.8 | 1 | uA | |
| t _{START_SCALER} | Scaler startup time | - | - | 100 | 200 | us | |
| t _{START} | Startup time to reach propagation delay specification | High-speed mode | - | - | 5 | us | |
| | | Medium-speed mode | - | - | 15 | | |
| t _D | Propagation delay | 200 mV step; 100 mV overdrive | High-speed mode | - | 40 | 70 | ns |
| | | | Medium-speed mode | - | 0.9 | 2.3 | us |
| | | >200 mV step; 100 mV overdrive | High-speed mode | - | - | 85 | ns |
| | | | Medium-speed mode | - | - | 3.4 | us |
| V _{offset} | Offset error | - | - | ±5 | - | mV | |
| V _{hys} | hysteresis | No hysteresis | - | 0 | - | mV | |
| | | With hysteresis | - | 20 | - | | |
| I _{DD} | consumption | Static | - | 5 | - | uA | |
| | | Medium-speed mode; No deglitcher | - | 6 | - | uA | |

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | |
|----|----|------------------------------------|--|-----|-----|----|----|
| | | Medium-speed mode; With deglitcher | Static | - | 7 | - | uA |
| | | | With 50 kHz and ± 100 mv overdrive square signal | - | 8 | - | uA |
| | | High-speed mode; No deglitcher | Static | - | 250 | - | uA |
| | | | With 50 kHz and ± 100 mv overdrive square signal | - | 250 | - | uA |

1. 由设计保证，不在生产中测试。

5.3.16. 温度传感器特性

表 5-24 温度传感器特性

| 符号 | 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------------|--|-------|---------|---------|------------------------|
| $T_L^{(1)}$ | VTS linearity with temperature | - | ± 1 | ± 2 | $^{\circ}\text{C}$ |
| Avg_Slope ⁽¹⁾ | Average slope | 2.3 | 2.5 | 2.7 | mV/ $^{\circ}\text{C}$ |
| V_{30} | Voltage at 30 $^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) | 0.742 | 0.76 | 0.785 | V |
| $t_{\text{START}}^{(1)}$ | Start-up time entering in continuous mode | - | 70 | 120 | us |
| $t_{\text{S_temp}}^{(1)}$ | ADC sampling time when reading the temperature | 9 | - | - | us |

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。

5.3.17. 内置参考电压特性

表 5-25 内置参考电压特性

| 符号 | 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------------|--|------|-----|--------------------|-------------------------|
| V_{REFINT} | Internal reference voltage | 1.17 | 1.2 | 1.23 | V |
| $T_{\text{start_vrefint}}$ | Start time of internal reference voltage | - | 10 | 15 | us |
| T_{coeff} | Temperature coefficient | - | - | 100 ⁽¹⁾ | ppm/ $^{\circ}\text{C}$ |
| I_{VCC} | Current consumption from V_{CC} | - | 12 | 20 | uA |

1. 由设计保证，不在生产中测试

5.3.18. 定时器特性

表 5-26 LPTIM 特性(时钟选择 LSI)

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

表 5-27 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 | |

5.3.19. 通讯口特性

5.3.19.1. I²C 总线接口特性

I²C 接口满足 I²C-bus specification and user manual 的要求:

- Standard-mode(Sm): 100 kbit/s
- Fast-mode(Fm): 400 kbit/s

时序由设计保证, 前提是 I²C 外设被正确的配置, 并且 I²C CLK 频率大于下表要求的最小值。

表 5-28 最小 I²C CLK 频率

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 单位 |
|--------------------------|--|---------------|-----|-----|
| f _{I2CCLK(min)} | Minimum I ² C CLK frequency | Standard-mode | 2 | MHz |
| | | Fast-mode | 9 | |

I²C SDA 和 SCL 管脚具有模拟滤波功能, 参见下表。

表 5-29 I²C 滤波器特性

| 符号 | 参数 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|--|-----|-----|----|
| t _{AF} | Limiting duration of spikes suppressed by the filter (Spikers shorter than the limiting duration are suppressed) | 50 | 260 | ns |

5.3.19.2. 串行外设接口 SPI 特性

表 5-30 SPI 特性

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------------|----------------------------------|---|------------------------|-------------------------|-----|
| f_{SCK} $1/t_c(SCK)$ | SPI clock frequency | Master mode | - | 6 | MHz |
| | | Slave mode | - | 6 | |
| $t_r(SCK)$ $t_f(SCK)$ | SPI clock rise and fall time | Capacitive load: C = 15 pF | - | 6 | ns |
| $t_{su}(NSS)$ | NSS setup time | Slave mode | 4Tpclk | - | ns |
| $t_h(NSS)$ | NSS hold time | Slave mode | 2Tpclk + 10 | - | ns |
| $t_w(SCKH)$ $t_w(SCKL)$ | SCK high and low time | Master mode, $f_{PCLK} = 36$ MHz, $presc = 4$ | Tpclk*2 - 2 | Tpclk*2 + 1 | ns |
| $t_{su}(MI)$ $t_{su}(SI)$ | Data input setup time | Master mode, $f_{PCLK} = 48$ MHz, $presc = 4$ | Tpclk+5 ⁽¹⁾ | - | ns |
| | | Slave mode, $f_{PCLK} = 48$ MHz, $presc = 4$ | 5 | - | |
| $t_h(MI)$ $t_h(SI)$ | Data input hold time | Master mode | 5 | - | ns |
| | | Slave mode | Tpclk+5 | - | |
| $t_a(SO)$ | Data output access time | Slave mode, $presc = 4$ | 0 | 3Tpclk | ns |
| $t_{dis}(SO)$ | Data output disable time | Slave mode | 2Tpclk+5 | 4Tpclk+5 | ns |
| $t_v(SO)$ | Data output valid ime | Slave mode (after enable edge), $presc = 4$ | 0 | 1.5Tpclk ⁽²⁾ | ns |
| $t_v(MO)$ | Data output valid ime | Master mode (after enable edge) | - | 6 | ns |
| $t_h(SO)$ $t_h(MO)$ | Data output hold time | Slave mode, $presc = 4$ | 0 ⁽³⁾ | - | ns |
| | | Master mode | 2 | - | |
| DuCy(SCK) | SPI slave input clock duty cycle | Slave mode | 45 | 55 | % |

1. Master 在接收沿的前产生 1 pclk 接收控制信号。
2. Slave 基于 SCK 发送沿最大有 1 PCLK delay, 考虑 IO 延时等, 定义 1.5 PCLK。
3. 在 Master 发送的 SCK 占空比接收沿和发送沿之间宽的情况下, Slave 在发送沿之前就更新数据。

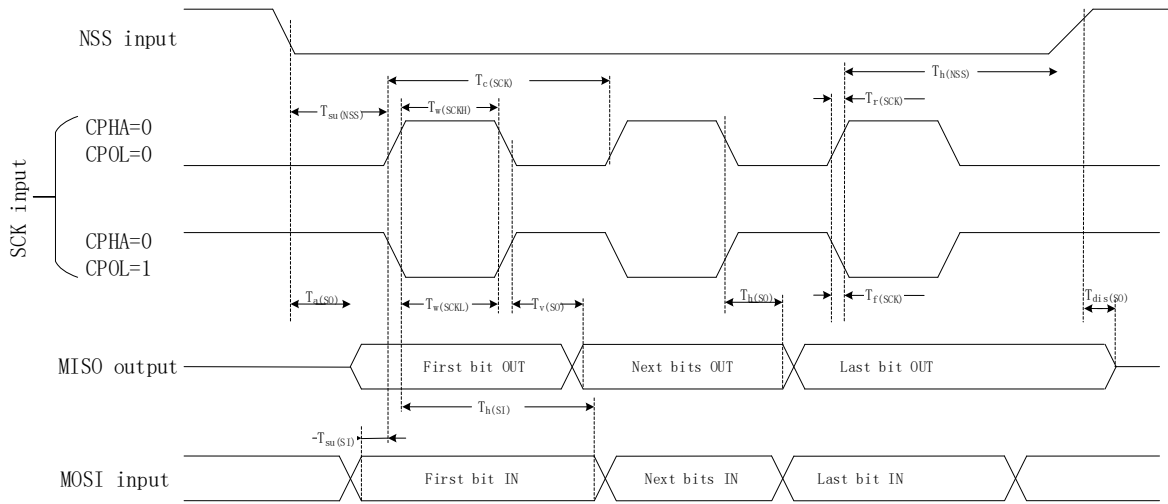


图 5-2 SPI 时序图—slave mode and CPHA=0

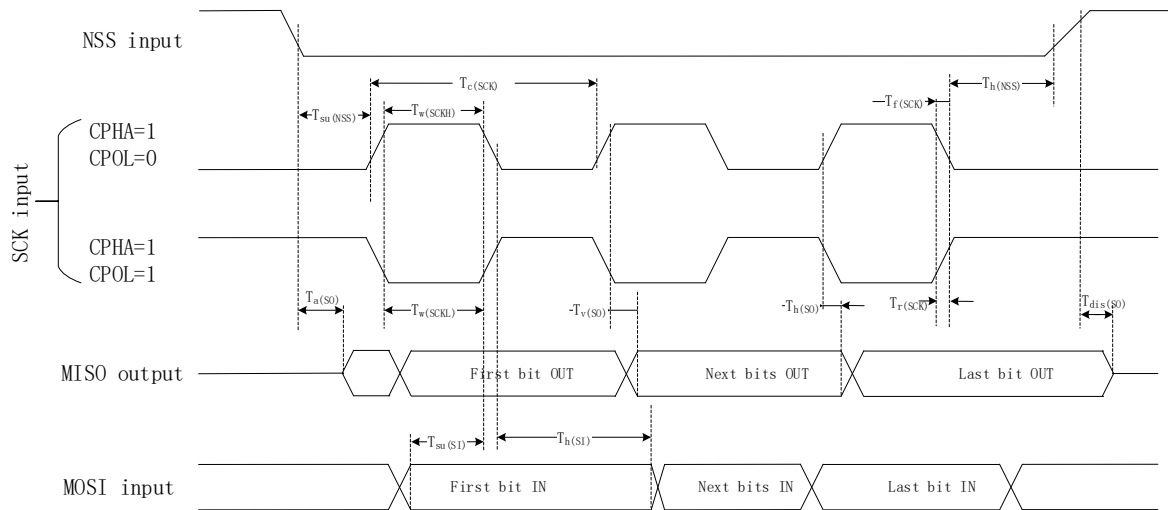


图 5-3 SPI 时序图—slave mode and CPHA=1

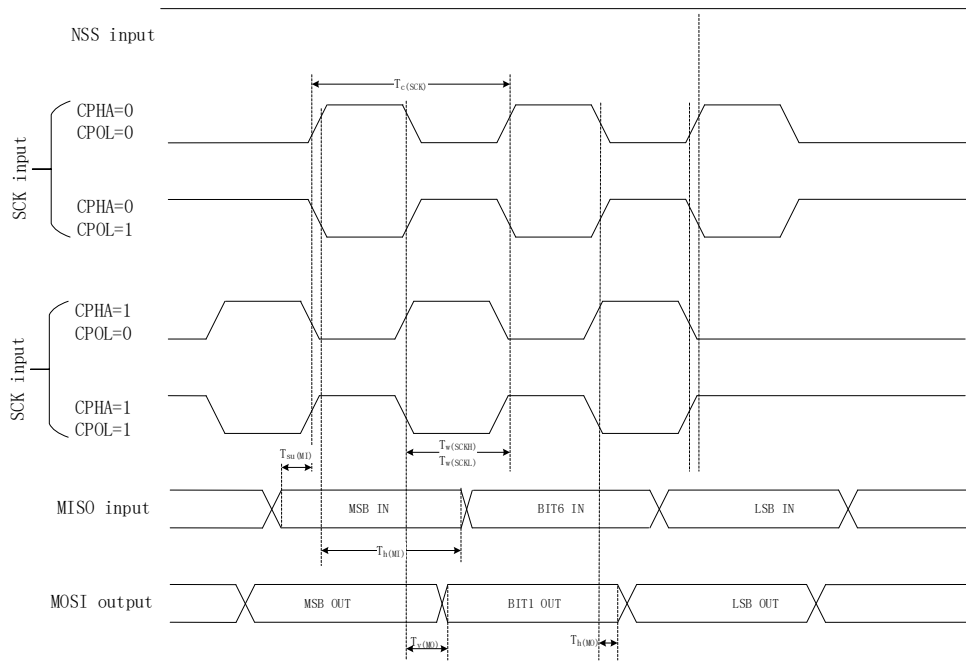
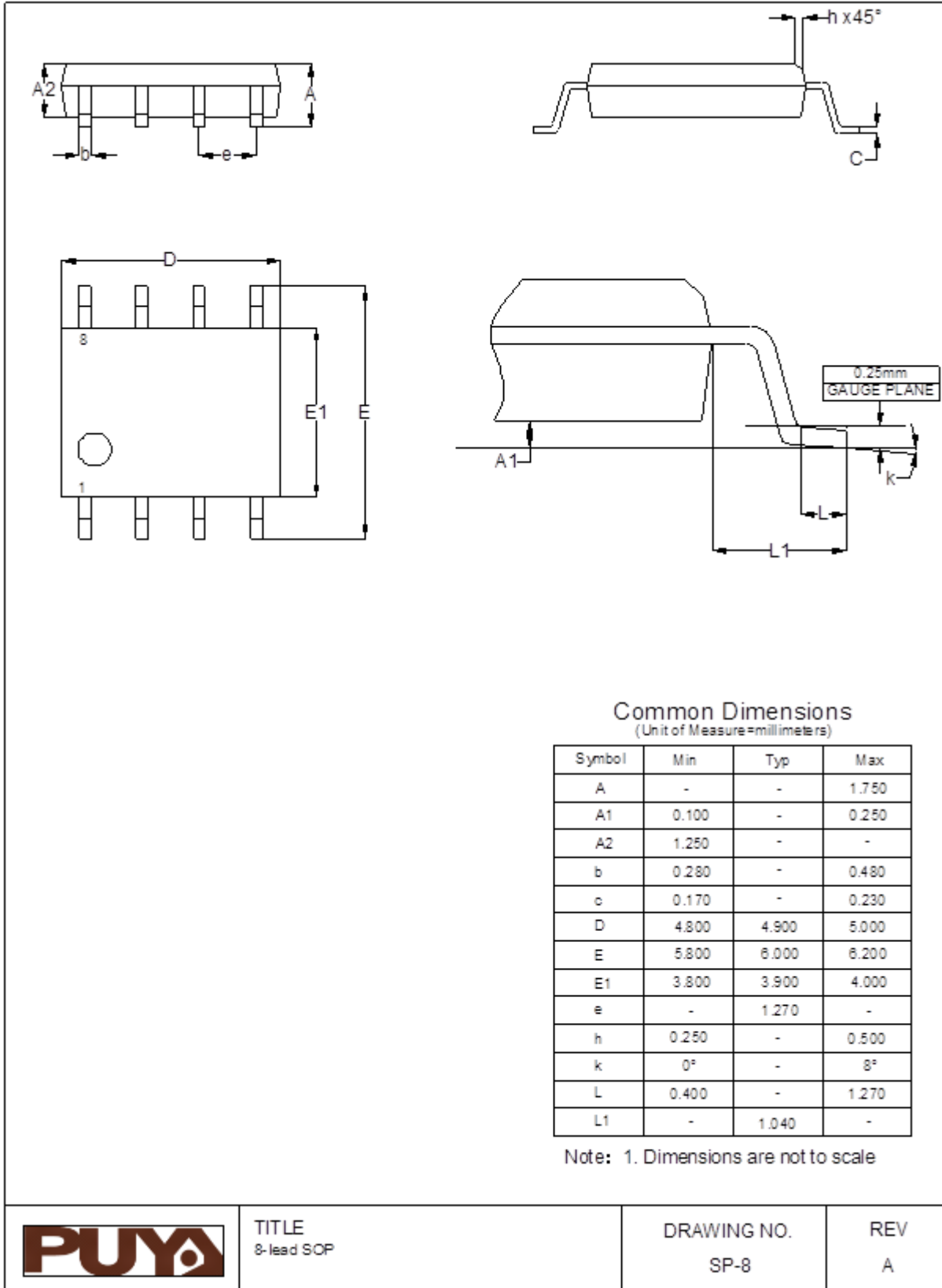


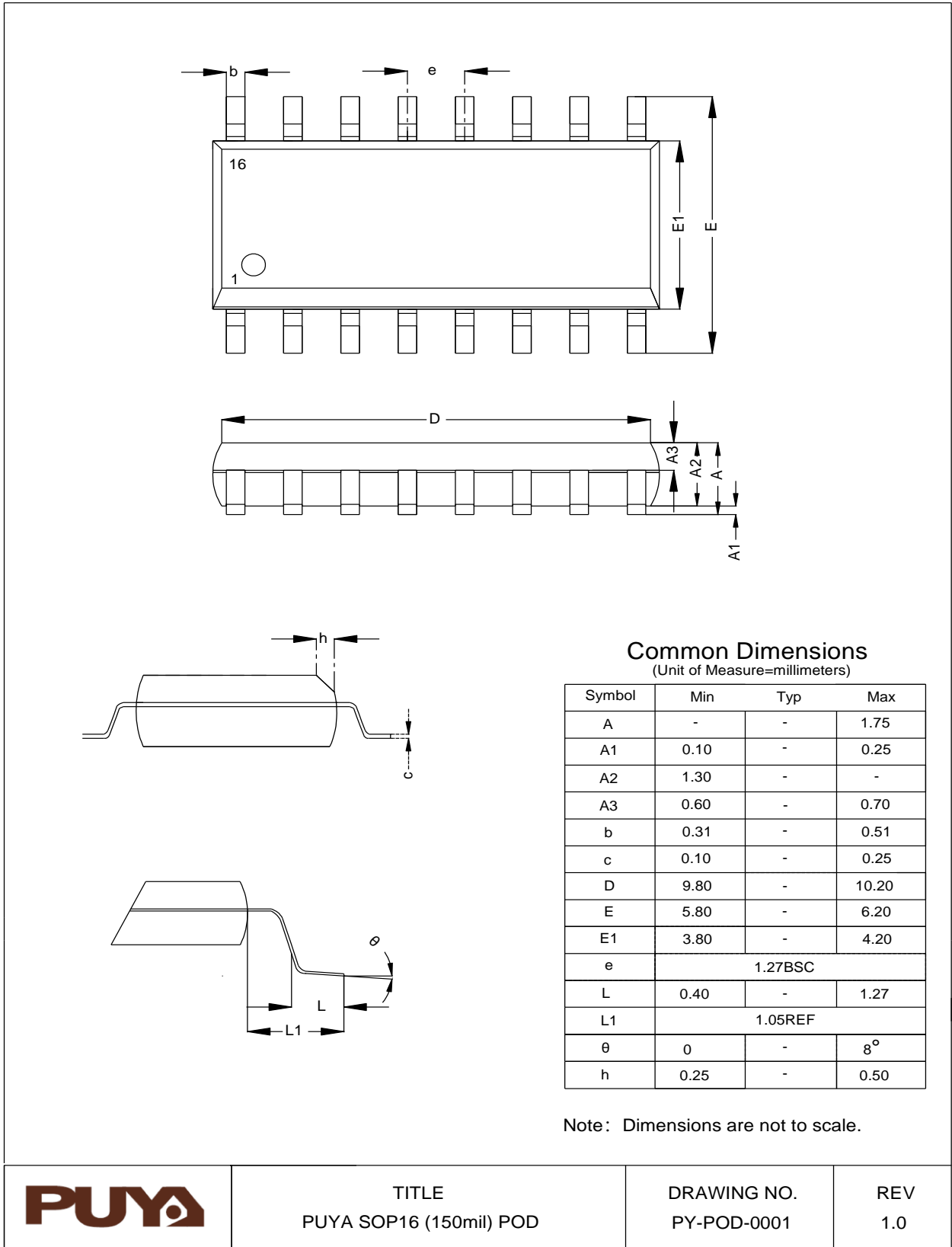
图 5-4 SPI 时序图-master mode

6. 封装信息

6.1. SOP8 封装尺寸



6.2. SOP16 封装尺寸

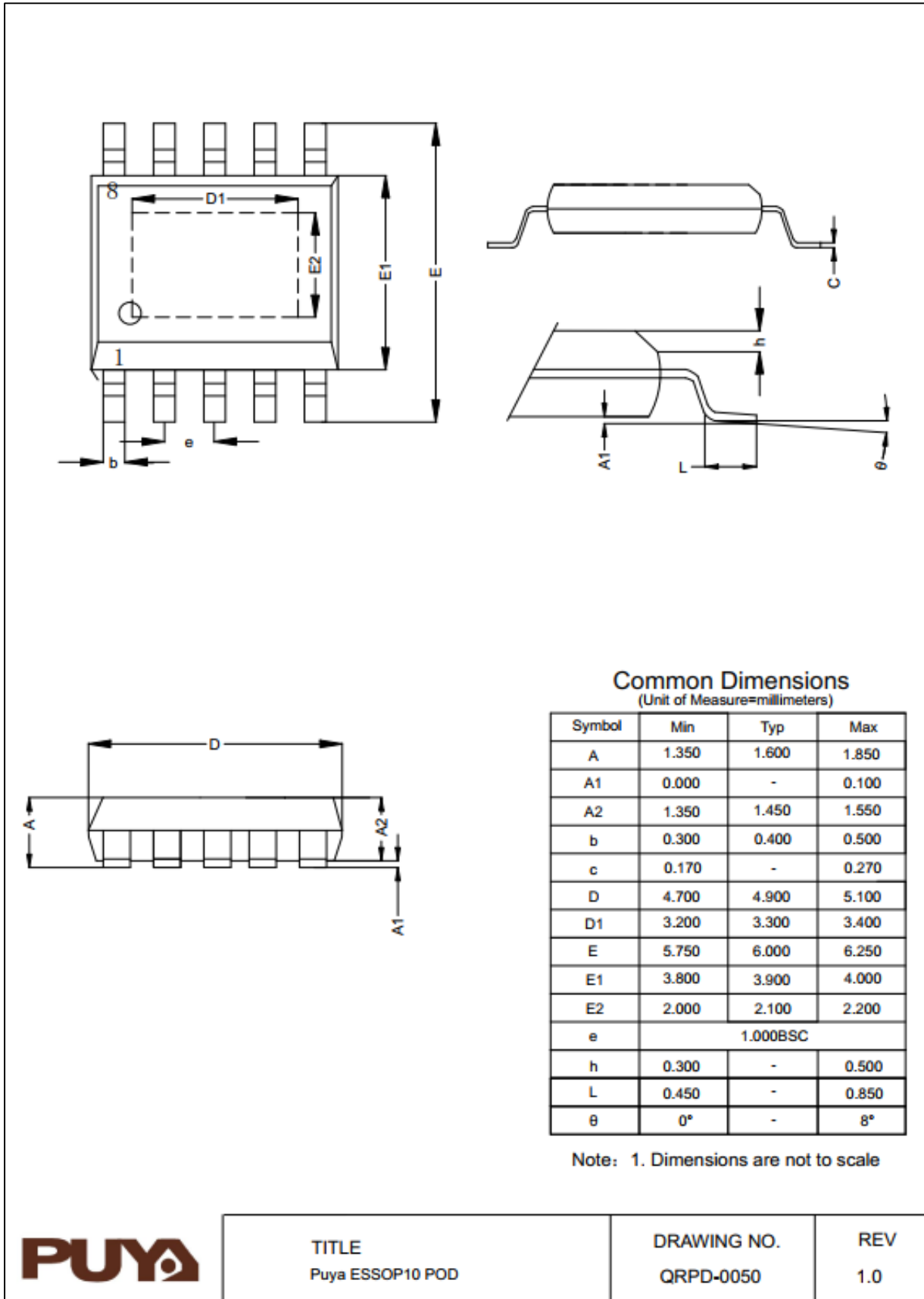


TITLE
PUYA SOP16 (150mil) POD

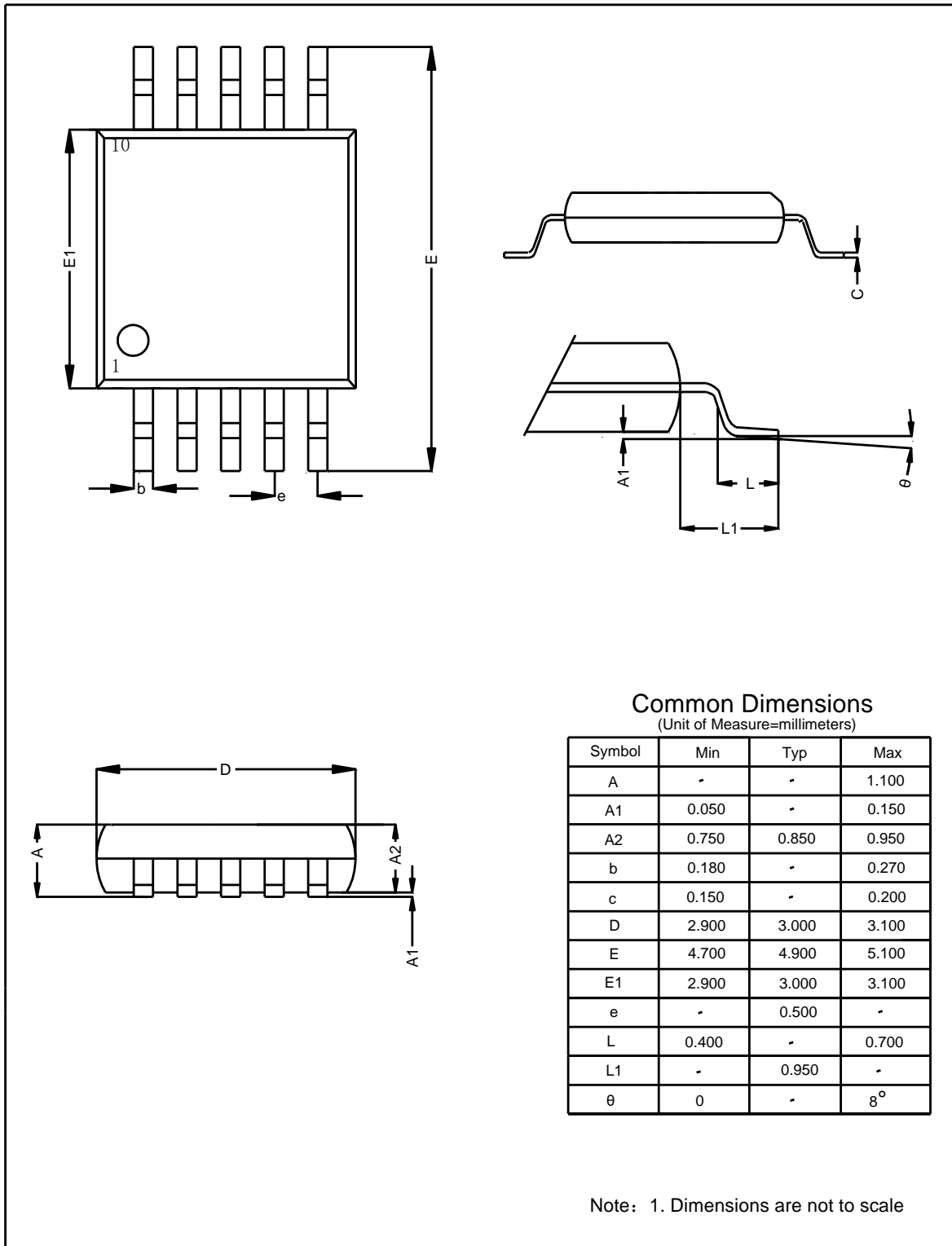
DRAWING NO.
PY-POD-0001

REV
1.0

6.3. ESSOP10 封装尺寸



6.4. MSOP10 封装尺寸



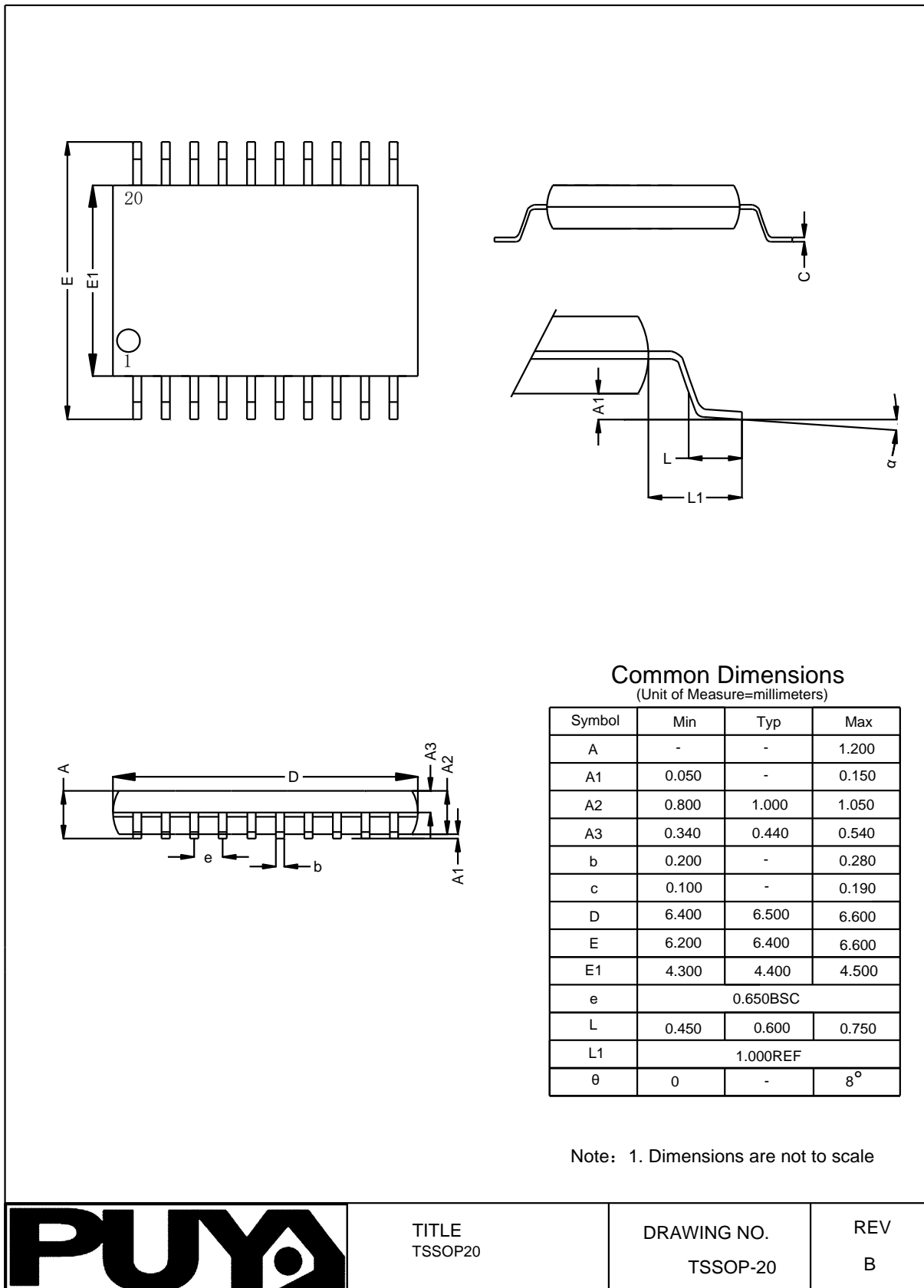
Common Dimensions
(Unit of Measure=millimeters)

| Symbol | Min | Typ | Max |
|--------|-------|-------|-------|
| A | - | - | 1.100 |
| A1 | 0.050 | - | 0.150 |
| A2 | 0.750 | 0.850 | 0.950 |
| b | 0.180 | - | 0.270 |
| c | 0.150 | - | 0.200 |
| D | 2.900 | 3.000 | 3.100 |
| E | 4.700 | 4.900 | 5.100 |
| E1 | 2.900 | 3.000 | 3.100 |
| e | - | 0.500 | - |
| L | 0.400 | - | 0.700 |
| L1 | - | 0.950 | - |
| theta | 0 | - | 8° |

Note: 1. Dimensions are not to scale

| | | | |
|--|-----------------|-------------|-----|
| | TITLE | DRAWING NO. | REV |
| | Puya MSOP10 POD | QRPD-0049 | 1.0 |

6.5. TSSOP20 封装尺寸

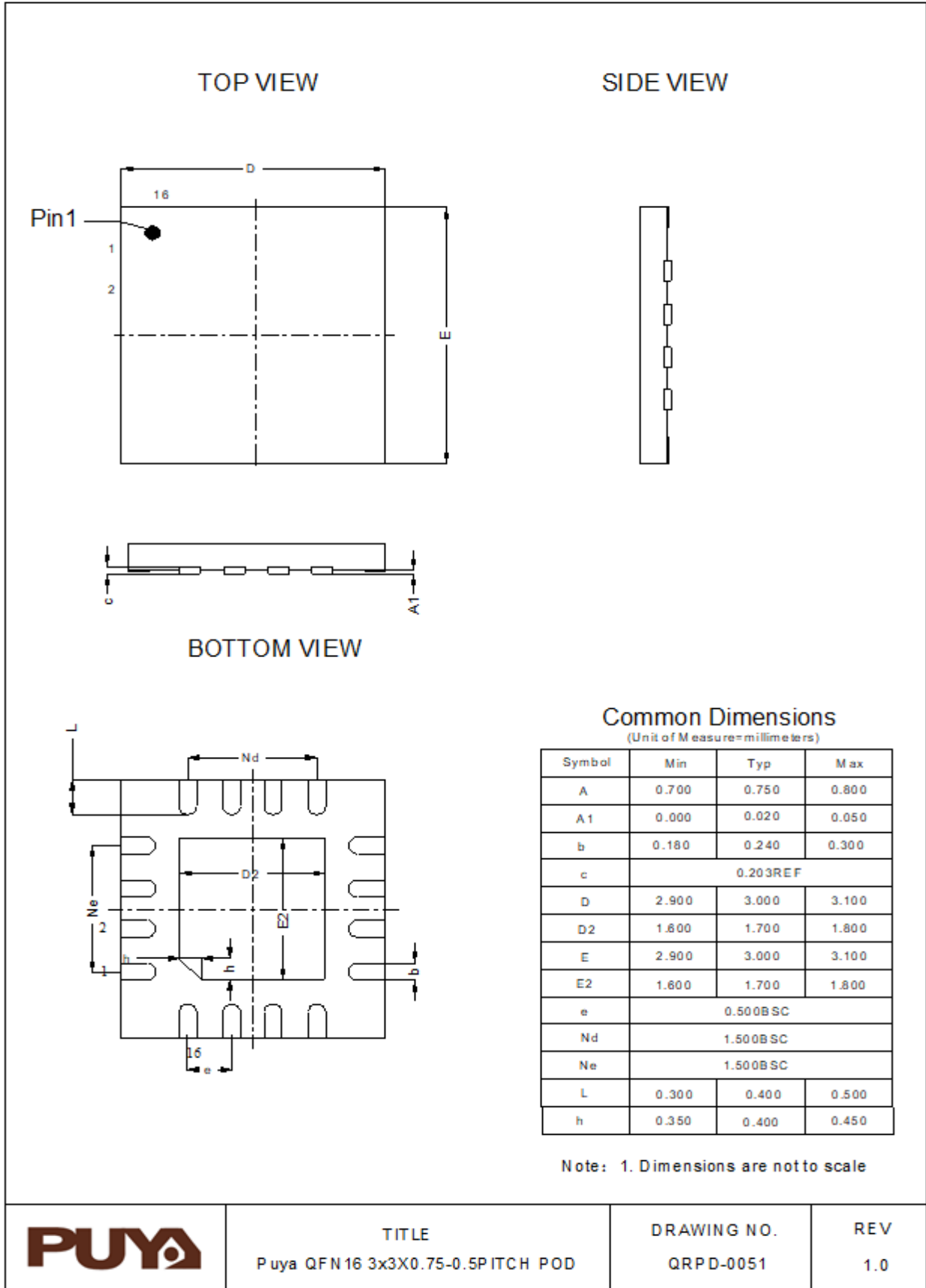


TITLE
TSSOP20

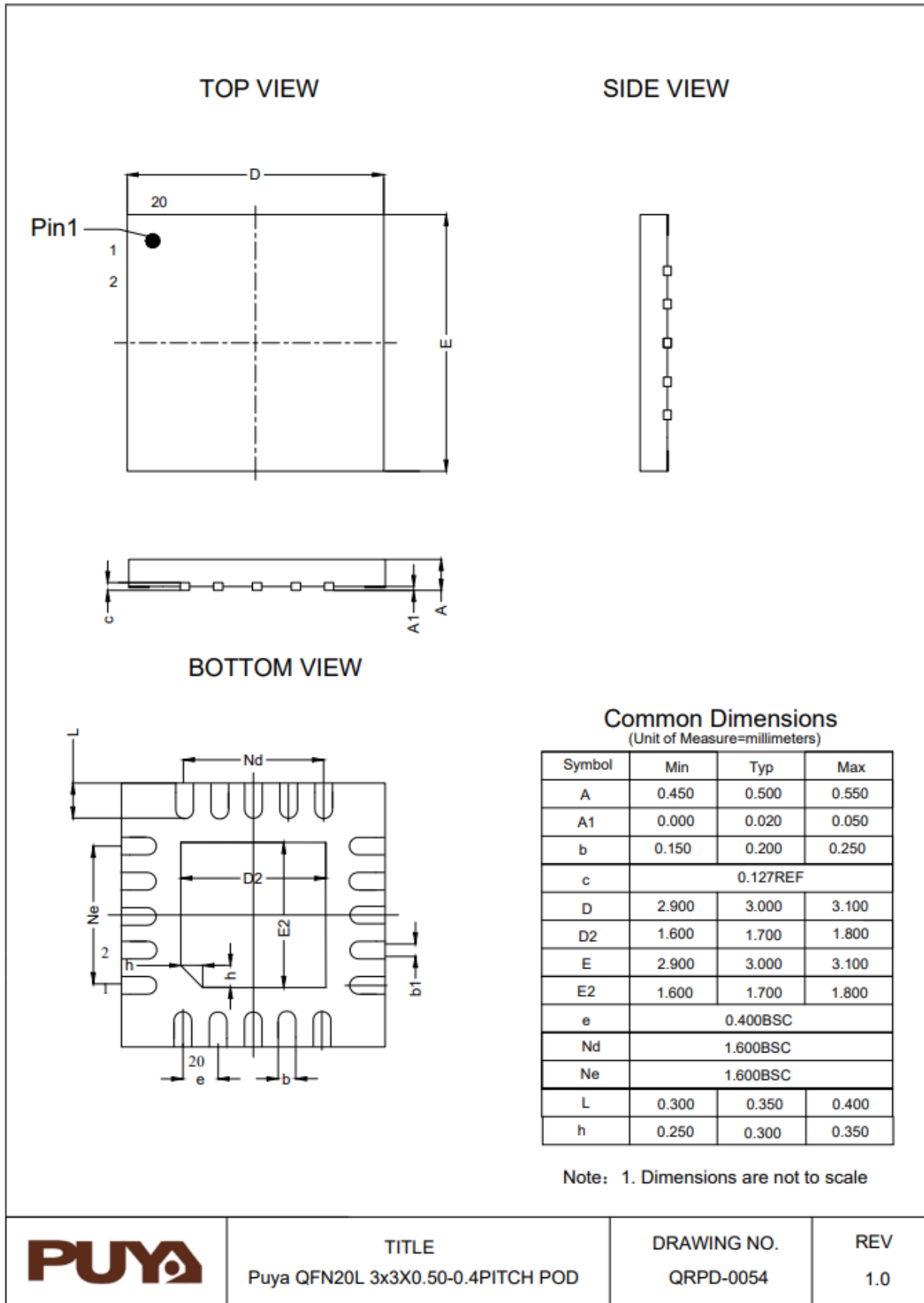
DRAWING NO.
TSSOP-20

REV
B

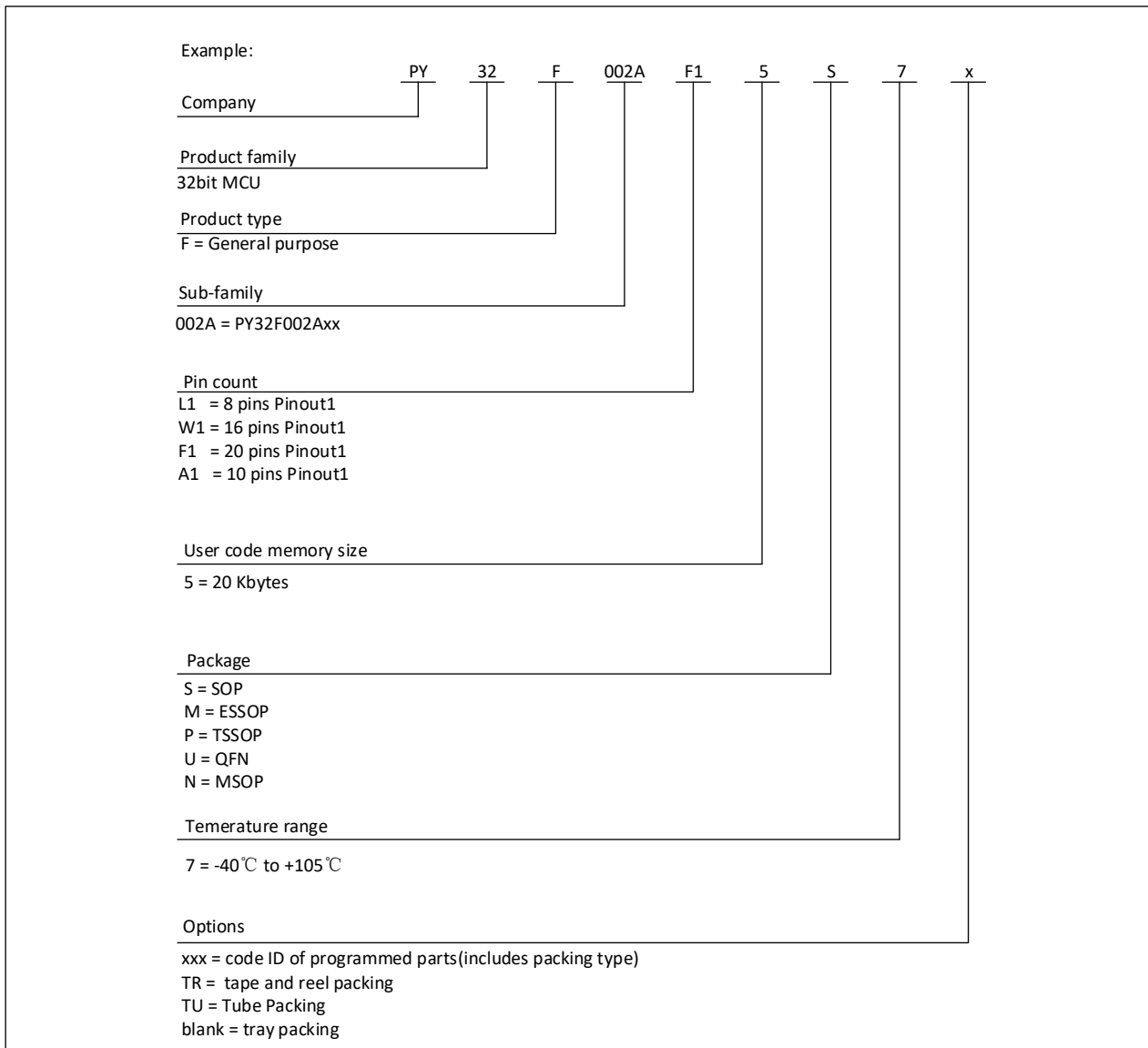
6.6. QFN16 封装尺寸



6.7. QFN20 封装尺寸



7. 订购信息



8. 版本历史

| 版本 | 日期 | 更新记录 |
|------|------------|--------|
| V0.1 | 2023.07.01 | 初版 |
| V0.2 | 2023.07.10 | 更新订购信息 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



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