



APT32F1041 数据手册 V1.1

相关文档

APT32F104X 系列使用手册

版权所有©深圳市爱普特微电子有限公司

本资料内容为深圳市爱普特微电子有限公司在现有数据资料基础上慎重且力求准确无误编制而成，本资料中所记载的实例以正确的使用方法和标准操作为前提，使用方在应用该等实例时请充分考虑外部诸条件，深圳市爱普特微电子有限公司不担保或确认该等实例在使用方的适用性、适当性或完整性，深圳市爱普特微电子有限公司亦不对使用方因使用本资料所有内容而可能或已经带来的风险或后果承担任何法律责任。基于使本资料的内容更加完善等原因，公司保留未经预告的修改权。

历史版本说明

版本	修改日期	修改概要
P0.0	2024-10-18	初版
V0.0	2024-11-13	1. 删除SSOP28封装 2. 修改部分IP的特性描述
V1.0	2025-2-27	1. 修改部分IP的特性描述 2. 去掉管脚图AF功能 3. 完善部分电气参数 4. 更新封装尺寸信息 5. 修正部分内容及错误
V1.1	2025-6	1. 完善overview产品描述 2. 修改部分错误描述 3. 更新部分电气参数的标注类型与单位

1 概述

1.1 APT32F1041介绍

APT32F1041 是由爱普特微电子推出的基于平头哥半导体 (T-HEAD Semiconductor) CPU 内核开发的 32 位高性能低成本单片机。APT32F1041 单片机面向的应用为工业控制，触控家电，消费电子设备，可穿戴设备等应用。

- C-Sky 32位CPU内核，支持单周期乘法和SWD调试
- 支持96bit UID功能
- 片载48K程序闪存，独立2Kbytes数据闪存
- 内含3Kbytes SRAM，可用于堆栈，数据存储，代码存储
- 工作温度：- 40 to 85°C / - 40 to 105°C
- 工作电压范围：1.8 to 5.5V
- 最高工作频率：48MHz
- 中断控制器：支持动态配置的可嵌套中断 (NVIC)
- 增强的时钟和功耗控制器(SYSCON)，支持三种工作模式:RUN，SLEEP，和DEEP-SLEEP模式
- 6通道事件触发选择控制器(ETCB)
- 独立看门狗定时器(IWDT)
- 窗口看门狗定时器(WWDT)
- 1x24位内核计时器(CORET)
- 4x 16位基本计时TIMER(Basic Timer)
- 1x 16位通用A型定时器/计数器(GPTA)，支持1路PWM输出，2路捕获输入
- 1x 16位通用B型定时器/计数器(GPTB)，支持1组互补PWM输出+1路独立输出，2路捕获输入
- 1x 16位低功耗计时TIMER TC3，支持STOP模式唤醒
- 2x UART，支持低功耗唤醒，自动波特率检测
- 1x IIC，支持主机/从机模式，软件复位；最高支持400Kb/s
- 1x SPI，支持主机/从机模式，32bit tx/rx FIFO
- 多达26路的12位ADC，支持内部/外部VREF输入，支持温度传感器功能；最高转换速率1MSPS
- 支持低电压复位LVR与低电压检测LVD
- 支持内部参考电压源1.2V/2.5V (INTVREF)
- 最多支持26个GPIO，所有GPIO均可配置为外部中断

- 多达26路的触摸按键控制器
- LED控制器，支持9*8点阵驱动或8*12矩阵驱动；SEG驱动电流16档可调
- 9个大电流驱动管脚，支持最大灌入电流为150mA@1.5V
- 支持多种封装：SOP28/SOP20/SOP16

1.2 主要特性

1.2.1 处理器(CPU)

- 32-bit RISC CPU核，指令长度16位
- 16个32位通用寄存器
- 高效的2级执行流水线
- 单周期32位x32位的硬件整形乘法阵列(结果只支持32位)
- SWD (Serial Wire Debug)调试接口

1.2.2 存储(Memory)

- 48Kbytes的内部程序闪存，支持ISP保护，保护区域的大小可配置
- 2Kbytes的独立数据闪存
- User Option配置
 - 外部复位管脚使能配置
 - 看门狗缺省使能状态配置
- Protection配置：支持特定区存储内存保护功能
- 专用烧写接口，支持快速的量产烧录(需配合专用烧写器)
- 多达3Kbytes的内部SRAM
- 小端(little-endian)存储方式

1.2.3 可嵌套中断控制器(NVIC)

- 多达32个中断源，支持中断向量表重定向
- 32个可编程优先级，每个中断都有独立的优先级
- 每个中断都有独立的使能或者禁止控制
- 每个中断源都有固定的向量地址
- 支持陷阱功能
- 支持软件复位
- 全局中断使能控制
- 可单独配置唤醒事件的使能/禁止(可配置唤醒后不入中断)

1.2.4 系统控制器(SYSCON)

- 外部晶振32KHz到24MHz (EMCLK: External Main Clock，外部主时钟)，支持独立的32.768K配置项
- 内部主振24MHz ($\pm 2\%$ 全温偏差，IMCLK: Internal Main Clock，内部主时钟)
- 内部辅振 31.25KHz ($\pm 1\%$ 常温偏差，ISCLK: Internal Sub Clock，内部辅时钟)
- 内部振荡器均支持软件微调

- 内部支持PLL 2倍频，可提供最高48MHz的工作时钟
- 支持低功耗模式 (SLEEP/DEEP-SLEEP)
- 低功耗模式下支持可编程的功耗优化
- 可编程的时钟分频器
- 外部晶振失效监测(外部晶振失效时，支持自动切换到内部主振)
- 外部晶振抖动滤波处理
- 外部中断输入数字滤波控制，支持中断触发的异步计数
- 复位源检测和管理 (RSTID)

1.2.5 独立看门狗定时器(IWDG: Independent Watchdog Timer)

- 复位时间可配置：缺省8秒，最小10ms
- 可配置复位前报警中断
- 独立工作在内部副晶振 ((31.25KHz时钟)下的可编程18位递减计数器

1.2.6 窗口看门狗定时器(WWDG: Window Watchdog Timer)

- 基于PCLK工作
- 支持复位前报警中断
- 可通过软件触发复位操作
- 计数器刷新窗口限制功能

1.2.7 通用A型定时器/计数器(GPTA: General Purpose Timer A)

- 16位的递增计数器
- PCLK工作时钟
- 支持一路PWM输出
- 支持两路捕获输入，支持分离捕获模式和合并捕获模式，支持最多4个捕获值
- 支持定时周期溢出触发捕获
- 支持ETCB事件联动

1.2.8 通用B型定时器/计数器(GPTB: General Purpose Timer B)

- 16位的递增计数器
- PCLK工作时钟
- 支持一组PWM互补输出，一路PWM输出
- 支持两路捕获输入，支持分离捕获模式和合并捕获模式，支持最多4个捕获值
- 支持定时周期溢出触发捕获
- 支持ETCB事件联动

1.2.9 基础计时器 (BT: Basic Timer)

- 4个16位的递增计数器，支持自动重载功能
- PCLK工作时钟
- 支持同步触发（输入）START和STOP
- 支持两路事件触发（输出）
- 支持触发事件计数功能，计数满足周期设置可以触发STOP
- 支持PWM输出
- 支持ETCB事件联动

1.2.10 内核计时器 (CORET: Core Timer)

- 1个24位的递减计数器，支持自动重载功能
- 计数时钟源可选(CPU时钟或者系统时钟的8分频)
- 支持周期中断和溢出中断

1.2.11 TC3:16位时钟定时器

- 16位定时器
- 计时和定时功能
- 支持STOP模式唤醒功能
- 蜂鸣器频率输出

1.2.12 低功耗通用异步收发器(UART)

- 2个通道
- 支持7/8位数据长度
- 可编程的分数波特率发生器
- 支持低功耗唤醒功能
- 支持自动波特率检测功能

1.2.13 同步串行总线(I2C)

- 1个通道
- 支持多主机I2C总线，支持主机或者从机工作模式。
- 标准模式100Kbit/s，高速模式可达400Kbit/s
- 兼容串行8位数据传输和双向数据传输
- 7位或者10位寻址
- 支持软件复位功能

1.2.14 同步外设接口(SPI)

- 1个通道
- 支持主机和从机模式
- 支持单线收发模式
- 时钟预分频可编程
- 可编程的数据帧长度:4到16位
- 分别支持1depth x 32bit的发送和接收FIFO

1.2.15 12位模数转换器(12bit AD Converter)

- 多达26个模拟输入通道供选择, 参考电压支持VDD、外部管脚、INTVREF
- ADC输入支持外部ADCIN、GND、1/5VDD
- 支持最快1MSPS转换速度
- 支持温度传感器Temp Sensor
- 可配置采样保持时间
- 支持连续转换模式
- 支持多序列转换模式, 最高可达8个转换序列
- 支持ETCB事件联动

1.2.16 内部电压参考源(INTVREF: Internal Voltage Reference)

- 作为ADC的VREF输入(ADC必须工作在低速状态下)
- 支持内部电压通过引脚输出
- 参考电压:1.2V/2.5V

1.2.17 电容触摸按键(TKEY: Touch Key Sensor)

- 基于电荷转移原理的自电容检测模拟前端, 无需挂载外部电容
- 支持扫描频率扩频, 随机化配置, 提高抗干扰性能
- 最多支持26个扫描通道
- 支持序列扫描, 序列最大支持18个配置单元
- 每个通道独立可编程的灵敏度调节
- 多种扫描触发模式
- 支持硬件自动按键检测和系统唤醒

1.2.18 LED驱动器(LED)

- 支持最大9*8共72灯的LED点阵驱动, 支持双灯同时导通模式
- 支持最大8COM * 12SEG LED矩阵驱动

- 点阵模式时，每个灯导通时间独立可设置
- SEG口驱动电流支持16档恒流可调（4个一组，LED+SEG共5组）
- 支持9个COM口的大电流驱动

1.2.19 事件触发选择控制器(ETCB: Event Trigger Cross Bar)

- 支持可配置的片内模块间互联触发
- 最大支持6个触发通道
- 每个通道支持64个Source输入选择
- 每个通道支持64个Target输出选择
- 每个通道均支持软件触发
- 模块支持软件复位

1.2.20 通用IO (GPIO)

- 28管脚：26个GPIO
- 20管脚：18个GPIO
- 16管脚：14个GPIO
- 推挽输出和开漏输出可配置，上下拉电阻可配置
- 输出可独立配置驱动能力和斜率
- 支持输出状态监测
- 2个通讯口支持TTL电平输入Buffer配置(TTL1/TTL2)
- 所有管脚都支持外部中断功能

1.2.21 两个低功耗模式

- SLEEP：关闭选择的系统时钟和CPU时钟
- DEEP-SLEEP：关闭所有系统时钟和CPU时钟
- 可配置的DEEP-SLEEP唤醒源:外部中断、IWDG中断、LVD中断或者触摸按键中断

1.2.22 上电复位(POR: Power On Reset)

1.2.23 低电压检测(LVD: Low Voltage Detector)

- 可配置低电压复位功能，可选8个电压值 (1.9V/2.2V/2.5V/2.8V/3.1/3.4/3.7/4.0).
- 可配置低电压中断，可选7个检测电压值 (2.1V/2.4V/2.7V/3.0V/3.3/3.6/3.9)

1.2.24 工作电压范围

- 1.8V to 5.5V

1.2.25 工作频率范围

- 外部主晶振：32KHz ~ 24 MHz

- 内部振荡器: IMOSC:24MHz
- PLL : 48MHz
- 内部辅振: 31.25KHz

1.2.26 工作温度范围

- - 40 to 85°C / - 40 to 105°C

1.2.27 封装

- SOP28
- SOP20
- SOP16

1.3 模块框图

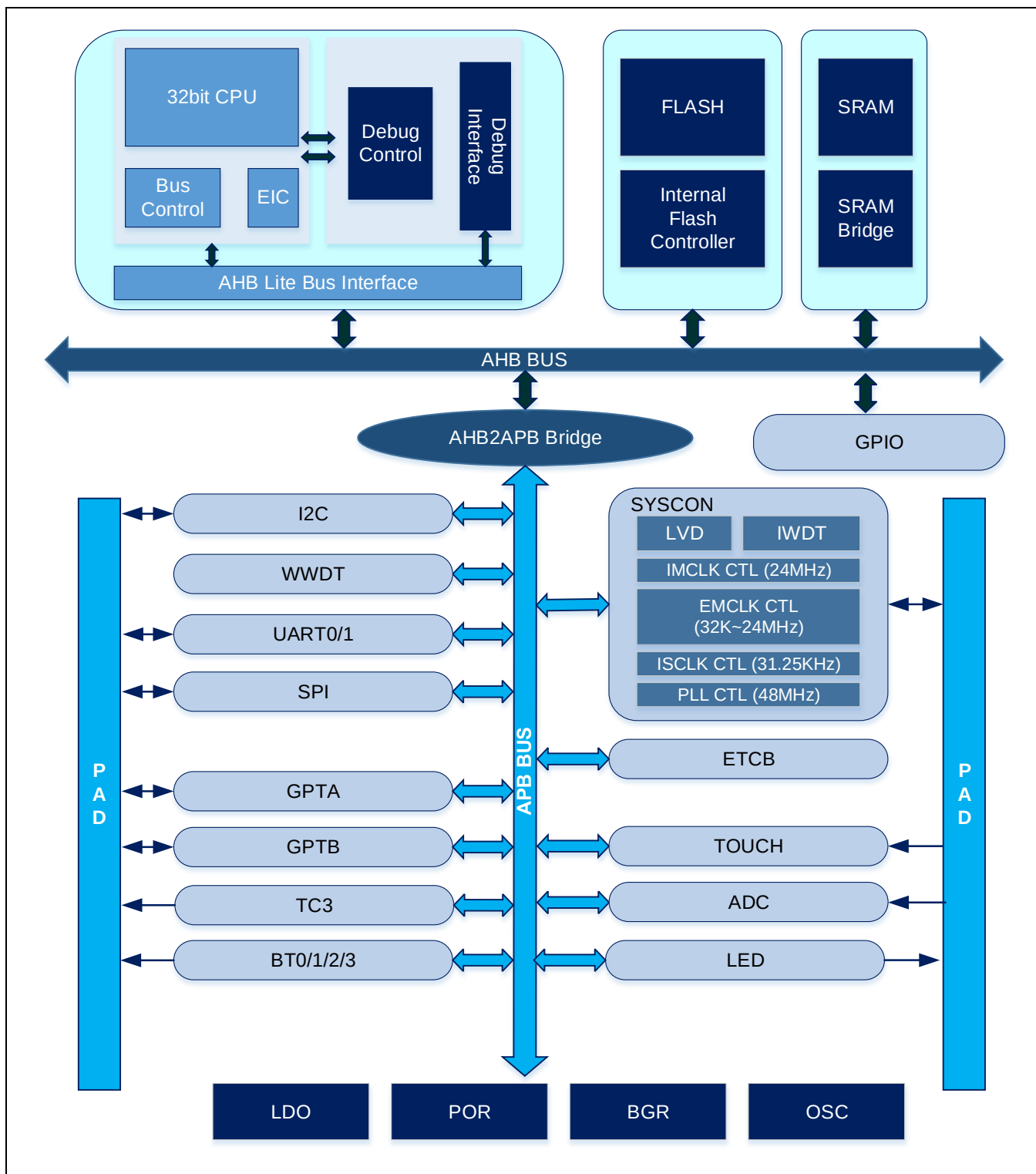


Figure 1-1 APT32F1041模块框图

2

管脚配置

2.1 概要

本章节描述APT32F1041产品的管脚功能信息。

包含：

- 管脚映射图
- 管脚分配表
- 重映射管脚
- 管脚描述
- Pad电路类型

2.2 管脚定义图

图例:

SWCLK/SWDIO: 默认调试口

SWCLK/SWDIO: 可选调试口, 通过SWD Remap改口

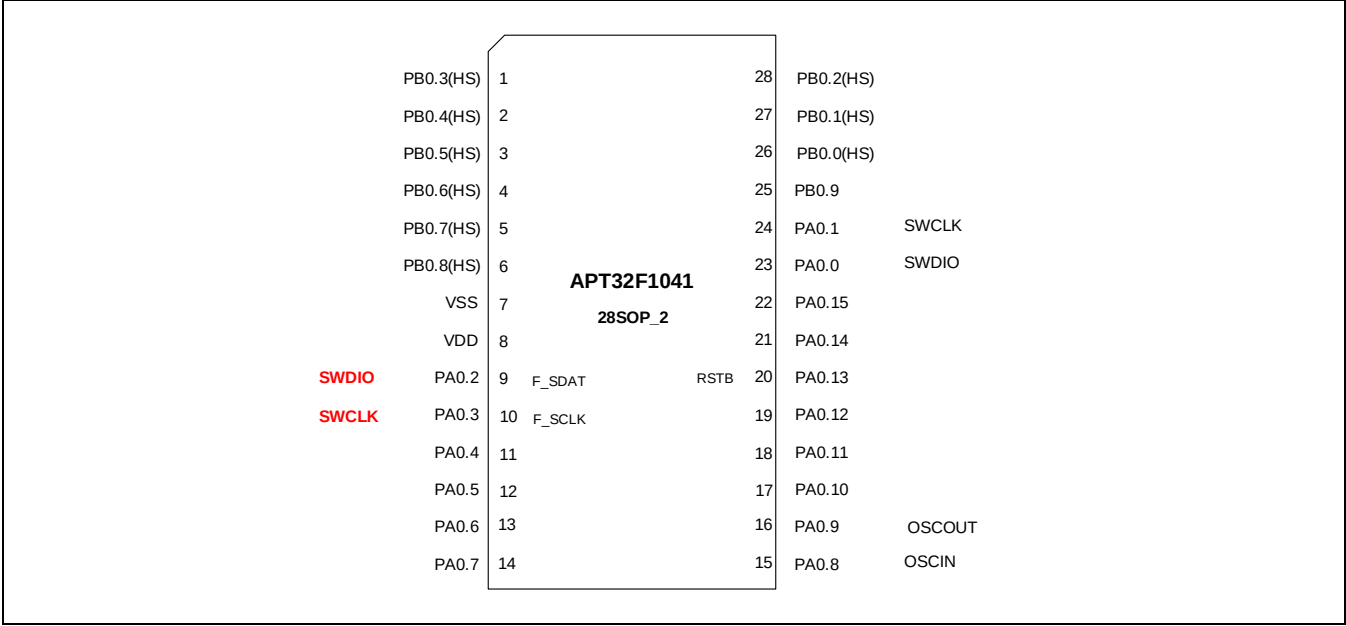


Figure 2-1 管脚定义图(SOP28_2)

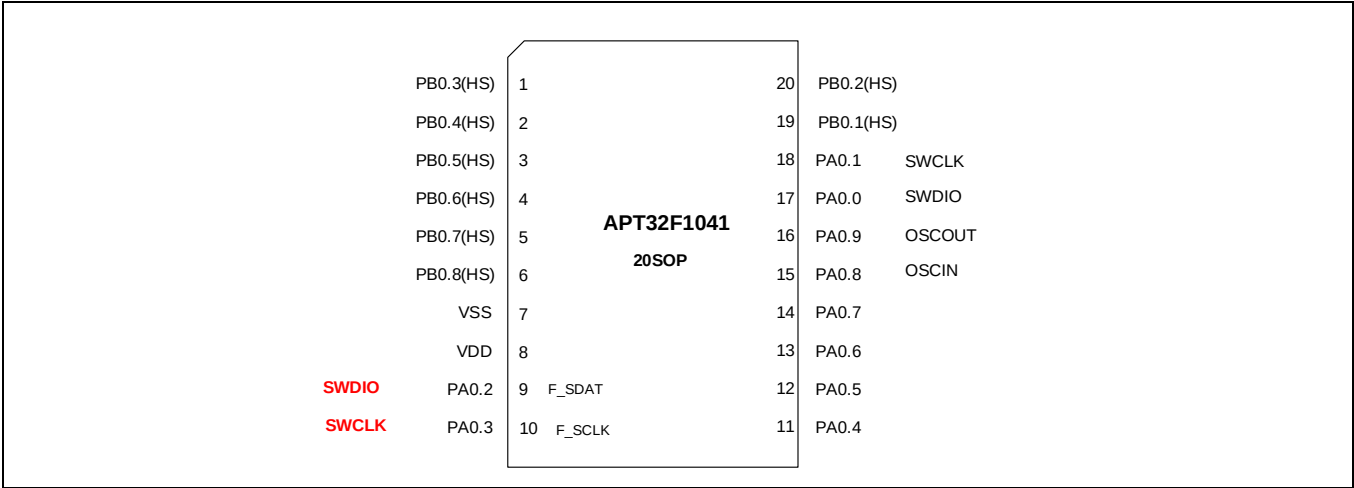


Figure 2-2 管脚定义图(SOP20)

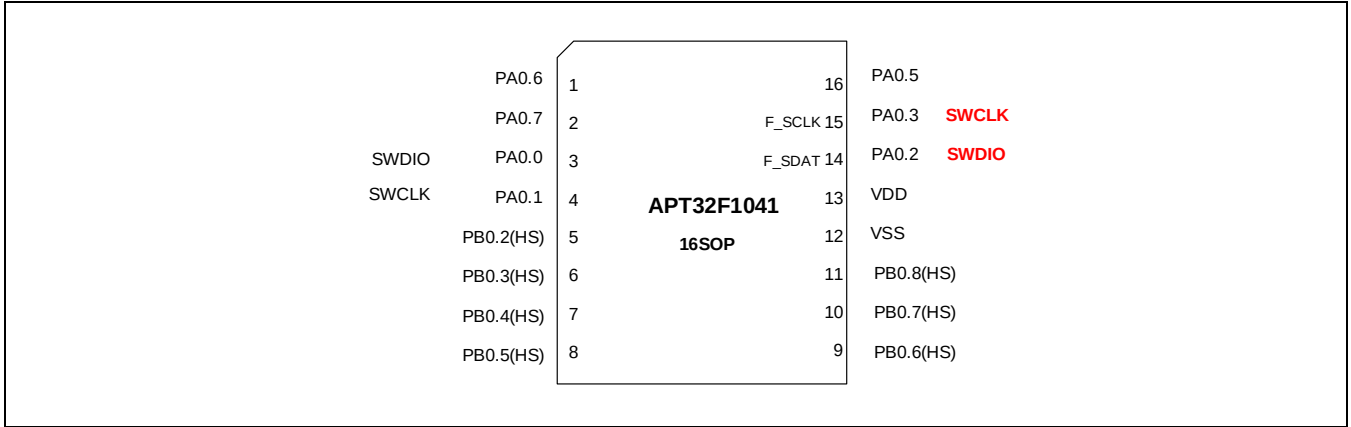


Figure 2-3 管脚定义图(SOP16)

2.3 管脚功能分配

Table 2-1 描述了管脚功能的详细分配。

- *UP*: 上拉使能; *DN*: 下拉使能; *IO*: 双向; *I*: 输入; *O*: 输出; *P*: 电源; *G*: 地; *Z*: 高阻

Table 2-1 管脚功能分配

Pin Number			Pin Name												Default	TTL Mode	PU/PD	Reset Status
SOP28_2	SOP20	SOP16	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	ADC	EXI				
23	17	3	PA0.0	GPTB_CHAY	SPI_NSS	SWDIO	EBI0	UART0_TX	I2C_SDA	-	TCH0		AIN0	EXI0	IO	TTL	UP	I
24	18	4	PA0.1	GPTB_CHAX	SPI_NSS	SWCLK	UART0_TX	UART0_RX	I2C_SCL	-	TCH1		AIN1	EXI1	IO	TTL	UP	I
25	-	-	PB0.9	GPTB_CHAY	SPI_NSS	EBI1	UART0_RX	I2C_SDA	UART1_TX	-	TCH2		AIN2	EXI9	IO	-	-	Z
26	-	-	PB0.0(HS)	GPTA_CHA	BT0_OUT	SPI_SCK	I2C_SCL	LED8/COM8	UART1_RX	I2C_SDA	TCH3		AIN3	EXI0	IO	-	-	Z
27	19	-	PB0.1(HS)	GPTB_CHB	BT1_OUT	SPI_MOSI	I2C_SDA	LED7/COM7	UART0_TX	-	TCH4		AIN4	EXI1	IO	-	-	Z
28	20	5	PB0.2(HS)	GPTB_CHAX	BT2_OUT	SPI_MISO	GPTA_CHA	LED6/COM6	UART0_RX	AVREF-	TCH5		AIN5	EXI2	IO	-	-	Z
1	1	6	PB0.3(HS)	GPTB_CHAY	BT3_OUT	SPI_NSS	-	LED5/COM5	I2C_SCL	AVREF+	TCH6		AIN6	EXI3	IO	-	-	Z
2	2	7	PB0.4(HS)	GPTB_CHAX	UART0_TX	SPI_NSS	I2C_SCL	LED4/COM4	G0.0	SEG0	TCH7		AIN7	EXI4	IO	-	-	Z
3	3	8	PB0.5(HS)	GPTB_CHAY	UART0_RX	SPI_NSS	I2C_SDA	LED3/COM3	G0.1	SEG1	TCH8		AIN8	EXI5	IO	-	-	Z
4	4	9	PB0.6(HS)	TC3_BUZZ	GPTB_CHAX	SPI_NSS	UART1_TX	LED2/COM2	G0.2	SEG2	TCH9		AIN9	EXI6	IO	-	-	Z
5	5	10	PB0.7(HS)	CLO	GPTB_CHAY	EBI2	UART1_RX	LED1/COM1	G0.3	SEG3	TCH10		AIN10	EXI7	IO	-	-	Z
6	6	11	PB0.8(HS)	GPTA_CHA	SPI_SCK	I2C_SCL	EBI3	LED0/COM0	G0.4	SEG4	TCH11		AIN11	EXI8	IO	-	-	Z
7	7	12	VSS	-	-	-	-	-	-	-	-		-	VSS	GND	-	-	P
8	8	13	VDD	-	-	-	-	-	-	-	-		-	VDD	PWR	-	-	P
9	9	14	PA0.2	GPTB_CHB	SPI_MOSI	I2C_SDA	SWDIO	UART1_TX	I2C_SCL	SEG5	TCH12		AIN12	EXI2	SWD	-	-	Z
10	10	15	PA0.3	GPTB_CHAX	SPI_MISO	I2C_SCL	SWCLK	UART1_RX	UART1_TX	SEG6	TCH13		AIN13	EXI3	SWD	-	-	Z
11	11	-	PA0.4	GPTB_CHAY	SPI_NSS	INTVREF	LVDIN	I2C_SCL	UART1_RX	SEG7	TCH14		AIN14	EXI4	IO	-	-	Z
12	12	16	PA0.5	GPTB_CHAX	SPI_NSS	UART0_TX	UART0_RX	I2C_SDA	G0.5	SEG8	TCH15		AIN15	EXI5	IO	-	-	Z
13	13	1	PA0.6	GPTB_CHAY	SPI_NSS	UART0_RX	UART0_TX	I2C_SCL	G0.6	SEG9	TCH16		AIN16	EXI6	IO	-	-	Z
14	14	2	PA0.7	TC3_BUZZ	SPI_NSS	EBI1	UART0_RX	I2C_SDA	G0.7	SEG10	TCH17	INTV	AIN17	EXI7	IO	-	-	Z
15	15	-	PA0.8	CLO	EBI0	GPTA_CHA	-	OSCI	G1.0	SEG11	TCH18		AIN18	EXI8	IO	-	-	Z
16	16	-	PA0.9	GPTA_CHA	BT0_OUT	SPI_SCK	I2C_SCL	OSCO	G1.1	SEG12	TCH19		AIN19	EXI9	IO	-	-	Z
17	-	-	PA0.10	GPTB_CHB	BT1_OUT	SPI_MOSI	I2C_SDA	-	G1.2	SEG13	TCH20		AIN20	EXI10	IO	-	-	Z
18	-	-	PA0.11	GPTB_CHAX	BT2_OUT	SPI_MISO	-	-	G1.3	SEG14	TCH21		AIN21	EXI11	IO	-	-	Z
19	-	-	PA0.12	GPTB_CHAY	BT3_OUT	SPI_NSS	-	BT0_OUT	G1.4	SEG15	TCH22		AIN22	EXI12	IO	-	-	Z
20	-	-	PA0.13(RSTB)	GPTA_CHA	NRST	SPI_SCK	I2C_SCL	BT1_OUT	G1.5	-	TCH23		AIN23	EXI13	IO	-	-	Z
21	-	-	PA0.14	GPTB_CHB	-	SPI_MOSI	I2C_SDA	BT2_OUT	G1.6	-	TCH24		AIN24	EXI14	IO	-	-	Z
22	-	-	PA0.15	GPTB_CHAX	-	SPI_MISO	-	BT3_OUT	G1.7	-	TCH25		AIN25	EXI15	IO	-	-	Z

注意:

- 1) 外部复位功能和PA0.13管脚复用, 可以使用User Option功能选择配置

- 2) F_SCLK, F_SDAT为外部闪存烧录工具接口信号
- 3) 每个IO管脚只要配置成数字IO功能，都可以使用EXI功能来触发中断
- 4) 总共有两组可选烧录（调试）接口，默认为 PA0.2和 PA0.3，可以使用烧片机进行重映射。SWD管脚带内部上拉。
- 5) 芯片上电时，系统控制器会锁定调试脚的复用功能。如果需要使用调试脚的复用功能，可以通过设置调试控制寄存器 SYSCON_DBGCR[DBG_UNLOCK] 为 0x5a。如果用户程序修改调试脚的复位功能为非调试功能，调试器和芯片的连接将会断开。具体请参看 SYSCON 章节
- 6) 因为调试口的影响，SWD 接口上电后的一段时间上拉是强制有效的，所以会呈现短暂的高电平。高电平持续时间的长短取决于有效 SWDCLK(PA0.1/PA0.3)上电时的输入电压。如果为高，高电平持续 200us 左右，如果为低，高电平会持续 100+ms 左右。电路设计时需要考虑这一因素。
- 7) TTL Mode一列表示支持TTL1和TTL2两种电平，配置方法参考GPIO章节
- 8) 标有(HS)符号的IO为大电流驱动口 (High Sink Current IO)，支持150mA的灌电流，配方法参考GPIO章节
- 9) 为了保证触摸模块的性能，VDD供电纹波需要控制在50mV之内。
- 10) AF7 G1.x和G0.x为IO重定义功能，可通过SYSCON_IOMAP0[CFGVALx]和SYSCON_IOMAP1[CFGVALx]将IO定义为下表中的任何一个AF功能。其中x为管脚序号，如PA0.1对应CFGVAL1。

Table 2-2 G0和G1的IOMAP

CFGVALx	G0.x 管脚支持的 IO 重定义	G1.x 管脚支持的 IO 重定义
0	DISABLE	DISABLE
1	GPTB_CHB	GPTA_CHA
2	I2C_SCL	I2C_SCL
3	I2C_SDA	I2C_SDA
4	SPI_NSS	UART0_TX
5	SPI_SCK	UART0_RX
6	SPI_MISO	UART1_TX
7	SPI_MOSI	UART1_RX

- 11) 对于输出功能，如果多个管脚都被配置成同一个功能，那么所有这些管脚都会输出相同的信号。
对于输入功能，如果多个管脚都被配置成同一个功能，那么AF编号小的管脚有更高的优先权。

2.4 管脚功能说明

本段落描述了以下管脚的功能：

- 电源管脚
- 系统功能管脚
- 普通模块功能管脚
- 调试接口管脚
- 闪存烧录工具管脚

注意：

- 1) D: 数字; A: 模拟
- 2) I/O: 双向; I: 输入; O: 输出
- 3) P: 电源; G: 地
- 4) Z: 高阻

2.4.1 电源管脚

Table 2-3 电源管脚说明

模块	管脚名称	I/O	管脚说明	D/A
电源	VDD	-	芯片电源（为了保证触摸模块的性能，VDD供电纹波需要控制在50mV之内）	-
	VSS	-	芯片地	-

2.4.2 系统功能管脚

Table 2-4 系统功能管脚说明

模块	管脚名称	I/O	管脚说明	D/A
系统	RSTB	I	硬件复位输入，当PA0.13选择RESETB时，内部带有上拉电阻。	D
	OSCIN	I	外部主晶振的输入	A
	OSCOU	O	外部主晶振的输出	A
	CLO	O	内部时钟输出	D

2.4.3 普通模块功能管脚

Table 2-5 普通模块功能管脚说明

功能模块	功能管脚	I/O	管脚说明	D/A
GPIO	PA0.x	I/O	通用IO A	D
	PB0.x	I/O	通用IO B	D
GPTB	GPTB_CHAX	O	通道A的X输出	D
	GPTB_CHAY	O	通道A的Y输出	D
	GPTB_CHB	O	通道B的输出	D
	EBIx	I	紧急情况触发信号	D
GPTA	GPTA_CHA	O	通道A的输出	D
TC3	TC3_BUZZ	O	TC3蜂鸣器频率输出端	D
BT	BTx_OUT	O	BT的波形输出	D
I2C	I2C_SCL	B	I2C串行时钟	D
	I2C_SDA	B	I2C串行数据	D
UART	UARTx_TX	O	UART串行数据接收	D
	UARTx_RX	I	UART串行数据发送	D
SPI	SPI_NSS	B	SPI片选信号	D
	SPI_MOSI	B	SPI同步时钟信号	D
	SPI_MISO	B	SPI数据输出	D
	SPI_SCK	B	SPI数据输入	D
SIO	SIO	B	SIO串行数据输入输出	D
TOUCH	TCHx	I	TOUCH输入	A
ADC	AINx	I	ADC模拟输入通道	A
	AVREF+/-	I	ADC外部参考电压输入	A
LED	LEDx/COMy	O	LED口/COM口输出	D
	SEGx	O	LED SEG口输出	D

2.4.4 调试接口管脚

Table 2-6 调试接口管脚说明

模块	管脚名称	I/O	管脚说明	D/A
SWD	SWCLK	I	串行时钟，内部上拉	D
	SWDIO	I/O	串行数据输入/输出，内部上拉	D

2.4.5 闪存烧录工具管脚

Table 2-7 闪存烧录工具管脚说明

模块	管脚名称	I/O	管脚说明	D/A
FLASH	F_SCLK	I	串行时钟（管脚外接电阻电容将可能导致烧录失败）	D
	F_SDAT	I/O	串行数据（管脚外接电阻电容将可能导致烧录失败）	D
	VDD	P	电源（建议在VDD和VSS之间接入0.1uF的去耦电容）	A
	VSS	G	地	A

3 电气特性

3.1 参数标识说明

- ①：量产测试保证
- ②：应用评估
- ③：设计保证

3.2 极限参数

器件在超过下述“极限参数”条件下工作可能会造成永久损坏。 器件只有在说明书所规定的条件范围内才能确保正常工作，在“极限参数”条件下工作会影响器件的可靠性。

Table 3-1 极限参数

参数	符号	条件	数值	单位
工作电压	V _{DD}	—	−0.3 to 6.5	V
输入电压	V _{IN}	—	−0.3 to V _{DD} + 0.3	V
输出电压	V _O	所有端口	−0.3 to V _{DD} + 0.3	V
IO驱动电流	I _{SINK1}	单个普通IO灌入	40	mA
		单个强驱动IO灌入	150	mA
	I _{SINK2}	全部IO灌入	200	mA
	I _{SOURCE}	单个IO拉出	30	mA
工作环境温度	T _A	—	−40 to 105	°C
储存温度	T _{STG}	—	−65 to 150	°C

3.3 推荐工作条件

器件需要在推荐的工作条件下才能正常工作。 本章所列电气特性参数需要在推荐条件下才能得到确保。器件在超出推荐条件以外的工作条件下工作可能会降低其可靠性，甚至造成器件损坏。

Table 3-2 推荐工作条件

参数	符号	条件	数值	单位
工作电压	V _{DD}	—	1.8 to 5.5	V
工作环境温度	T _A	—	−40 to 105	°C

3.4 I/O端口特性

Table 3-3 I/O 端口特性

(T_A = -40 to 105°C, V_{DD} = 1.8V to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入高电压	V _{IH0} ^①	所有端口, 非TTL模式 V _{DD} = 1.8V to 5.5V	0.8 V _{DD}	—	V _{DD}	V
	V _{IH1} ^①	TTL1模式 (PA0.0, PA0.1) V _{DD} > 3.0V	1.6	—	V _{DD}	V
	V _{IH2} ^①	TTL2模式 (PA0.0, PA0.1) V _{DD} > 2.0V	1.2	—	V _{DD}	V
输入低电压	V _{IL0} ^①	所有端口, 非TTL模式 V _{DD} = 1.8V to 5.5V	—	—	0.2 V _{DD}	V
	V _{IL1} ^①	TTL1模式 (PA0.0, PA0.1) V _{DD} > 3.0V	—	—	0.6	V
	V _{IL2} ^①	TTL2模式 (PA0.0, PA0.1) V _{DD} > 2.0V	—	—	0.4	V
输出高电压	V _{OH} ^②	I _{OH} = -30mA, V _{DD} = 5V	V _{DD} - 1.0	—	—	V
输出低电压	V _{OL} ^②	I _{OL1} = 40mA, V _{DD} = 5V (所有端口)	—	—	1	V
	V _{OL2} ^②	I _{OL2} = 120mA, V _{DD} = 5V (PB0.0~PB0.8强下拉驱动模式)	—	—	1	V
	V _{OL2} ^②	I _{OL2} = 150mA, V _{DD} = 5V (PB0.0~PB0.8强下拉驱动模式)	—	—	1.5	V
恒流驱动电流	I _{OC0} ^①	V _{DD} = 5V, 单灯, V _{OH} = 3V (PB0.0~PB0.8, PA0.2~PA0.12恒流源模式, 最大档)	—	40	—	mA
高输入漏电流	I _{LIH} ^①	所有端口, V _{IN} = V _{DD}	—	—	1	uA
低输入漏电流	I _{LIL} ^①	所有端口, V _{IN} = 0	—	—	-1	uA
上拉电阻	R _{PU} ^①	V _{DD} = 5V, V _{IN} = 0V	25	50	75	kΩ
下拉电阻	R _{PD} ^①	V _{DD} = 5V, V _{IN} = 5V	25	50	75	kΩ

3.5 I/O端口交流特性

Table 3-4 I/O 端口交流特性

(T_A = -40 to 105°C, V_{DD} = 1.8V to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入最大频率	IOF _{IN} ^②	所有端口		10		MHz
输出最大频率	IOF _{OUT} ^②	所有端口		10		MHz

3.6 输入复位特性

Table 3-5 输入复位特性

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
最小低压脉宽	$T_{NRST}^{\text{②}}$	-	100	300	500	nS
nRESET 迟滞电压	$V_{hyst}^{\text{②}}$	上升/下降		1		V

NOTE: 输入复位信号的滤波器宽度为 100ns 至 500 ns。
如果输入复位信号宽度低于 100ns 将被认为无效信号（不复位）。
如果输入复位信号宽度高于 500ns 将被认为有效信号（复位）。

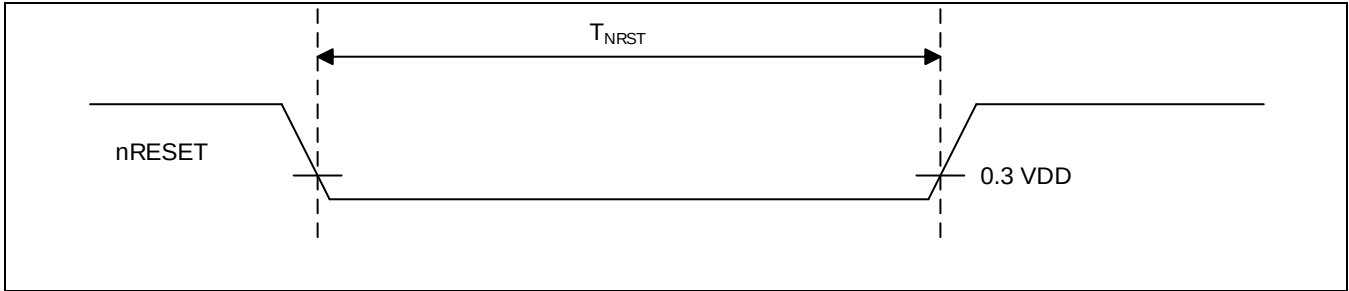


Figure 3-1 nRESET 输入时序

3.7 上电复位特性

Table 3-6 上电复位特性

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
上电电源变化速率	$SR_{VDD}^{\text{®}}$	-	0.1	-	-	V/mS

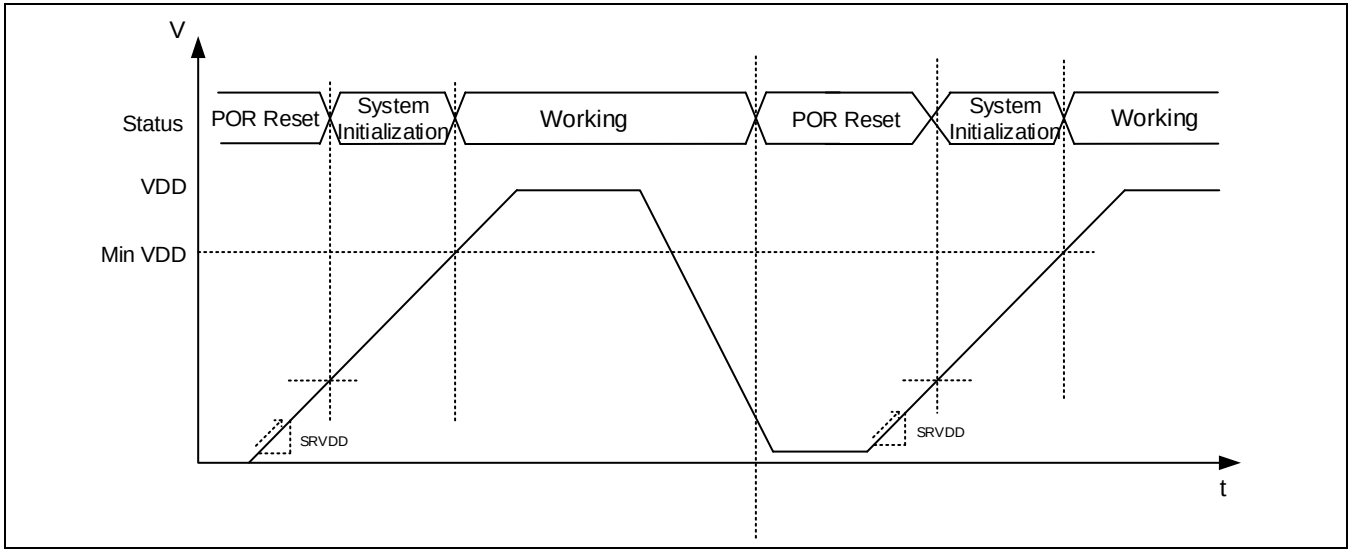


Figure 3-2 上电和掉电示意图

3.8 外部中断输入特性

Table 3-7 外部中断输入特性

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
中断输入高脉宽	$t_{INTH}^{(2)}$	$V_{DD} = 5.0\text{V}$	15	30	45	nS
中断输入低脉宽	$t_{INTL}^{(2)}$	$V_{DD} = 5.0\text{V}$	15	30	45	nS

NOTE: 外部中断信号的滤波器宽度为 15ns 至 45 ns。
如果外部中断信号宽度低于 15ns 将被认为无效信号。
如果外部中断信号宽度高于 45ns 将被认为有效信号。

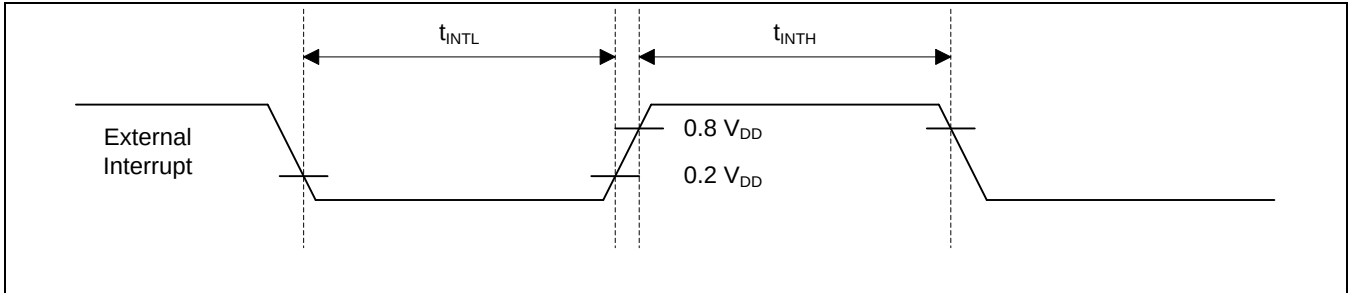


Figure 3-3 外部中断输入时序

3.9 振荡器特性

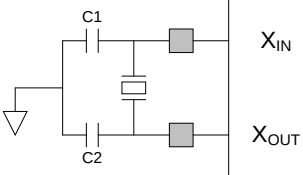
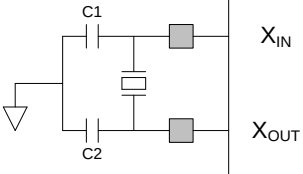
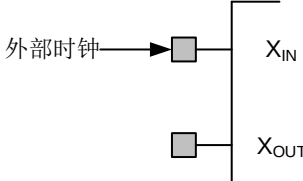
系统中包括三种振荡器：

- 外部主振荡器
- 内部主振荡器
- 内部副振荡器

3.9.1 外部主振荡器

Table 3-8 外部主振荡器特性

(T_A = -40 to 105°C, V_{DD} = 1.8V to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
振荡器频率	F _{EMOSC} [®]	-	0.4	-	24	MHz
内部反馈电阻	R _{FD} [®]	XIN 端口	2	4	10	MΩ
稳定时间	T _{STA} [®]	-	-	20	-	ms
外接晶振（普通模式）	-		0.4	-	24	MHz
外接晶振（低频模式）	-			32.768		KHz
外部时钟	-		0.4	-	24	MHz

3.9.2 内部主振荡器特性

Table 3-9 内部主振荡器特性

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
振荡器频率	$F_{IMOSC}^{(2)}$	模式1	-	24	-	MHz
占空比	$T_{OD}^{(2)}$	-	40	-	60	%
校准后精度	$T_{ACC1}^{(1)}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-1	-	+1	%
	$T_{ACC2}^{(2)}$	$T_A = -40$ to 85°C	-2	-	+2	%
	$T_{ACC3}^{(2)}$	$T_A = -40$ to 105°C	-	-	TBD	%
稳定时间	$T_{STA}^{(8)}$	电源电压达到最低工作值后	—	—	10	Clk

3.9.3 内部副振荡器特性

Table 3-10 内部副振荡器特性

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
振荡器频率	$F_{ISOSC}^{(2)}$	-	-	31.25	-	KHz
占空比	$T_{OD}^{(2)}$	-	40	-	60	%
精度	$T_{ACC1}^{(1)}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-1	-	+1	%
	$T_{ACC2}^{(2)}$	$T_A = -40$ to 85°C	-8	-	+8	%
	$T_{ACC3}^{(2)}$	$T_A = -40$ to 105°C	-	-	TBD	%
稳定时间	$T_{STA}^{(8)}$	电源电压达到最低工作值后	—	—	10	Clk

3.10 工作电流

Table 3-11 工作电流

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	说明	条件	状态名称	最小值	典型值	最大值	单位
工作电流	$I_{DD1}^{②}$	正常工作	$V_{DD} = 5.0\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ SYSCLK = 48MHz	RUN	—	2	—	mA
			$V_{DD} = 5.0\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ SYSCLK = 24MHz		—	1.2	—	
	$I_{DD2}^{②}$	CPU 时钟关闭	$V_{DD} = 5.0\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ SYSCLK = 48MHz	SLEEP	—	1.4	—	mA
			$V_{DD} = 5.0\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ SYSCLK = 24MHz		—	0.9	—	
	$I_{DD31}^{①}$	所有时钟及模拟模块关闭	$V_{DD} = 5.0\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	DEEP SLEEP	—	4	10	uA
			$V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V , $T_A = -40$ to 85°C		—	—	100	
			$V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V , $T_A = -40$ to 105°C		—	—	TBD	
			$V_{DD} = 3\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ Touch 打开 12 个 Channel		—	15	—	
	$I_{DD32}^{②}$							

NOTE: 工作电流不包括 I/O 端口的上拉、下拉电流.

3.11 低压复位监测特性

Table 3-12 低压复位检测特性

(T_A = -40 to 105°C, V_{DD} = 1.8V to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
低压复位电压 (V _{DD} 下降沿)	Vthrf ^①	—	1.8	1.9	2.0	V
		—	2.1	2.2	2.3	
		—	2.4	2.5	2.6	
		—	2.7	2.8	2.9	
		—	2.95	3.1	3.25	
		—	3.25	3.4	3.55	
		—	3.55	3.7	3.85	
		—	3.85	4.0	4.15	
低压监测电压 (V _{DD} 下降沿)	Vthdf ^①	—	2.0	2.1	2.2	
		—	2.3	2.4	2.5	
		—	2.6	2.7	2.8	
		—	2.85	3.0	3.15	
		—	3.15	3.3	3.45	
		—	3.45	3.6	3.75	
		—	3.75	3.9	4.05	
迟滞电压	ΔV _{LVD} ^②	—	—	200	—	mV
工作电流	I _{CC} ^②	—	—	9	—	uA
关断电流	I _{PD} ^③	—	—	0.1	—	uA

3.12 12位模/数转换器特性

Table 3-13 12位模/数转换器特性

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
精度	—	—	—	12	—	Bit
工作电压 ⁽¹⁾	$V_{\text{ADC}}^{\text{②}}$	—	1.8 ⁽¹⁾	5	5.5	V
基准参考电压	$V_{\text{REF}}^{\text{②}}$	$V_{\text{REF}} < V_{\text{ADC}}$	2	5	5.5	V
输入电压范围	$V_{\text{AIN}}^{\text{②}}$	—	0	—	V_{REF}	V
转换速率	$F_S^{\text{②}}$	—	—	—	1	MHz
微分非线性	$\text{DNL}^{\text{③}}$	$F_S = 0.5\text{MHz}$ $V_{\text{ADC}} = 5\text{V}$	—	-	± 2.0	LSB
积分非线性	$\text{INL}^{\text{③}}$		—	-	± 4.0	
偏移误差	$\text{TOPOFF}^{\text{②}}$		—	-	± 10.0	
	$\text{BOTOFF}^{\text{②}}$		—	-	± 10.0	
工作电流	$I_{\text{OP}}^{\text{②}}$	—	—	1	—	mA
关断电流	$I_{\text{PD}}^{\text{③}}$	—	—	1	—	μA
ADC时钟频率	$F_{\text{ADC}}^{\text{②}}$	—	—	—	24	MHz
ADC转换周期	$T_{\text{conv}}^{\text{②}}$	$T_{\text{sample}} = 8$	—	24	—	T_{ADC}
外部输入阻抗 ⁽²⁾	$R_{\text{AIN}}^{\text{②}}$	$F_{\text{ADC}} = 1\text{MHz}$ $V_{\text{ADC}} = 5\text{V}$ $T_{\text{sample}} = 8$	—	—	50 ⁽²⁾	K

NOTE:

- (1) 低压工作时，ADC 速度受到限制。1.8V 工作时，ADC 时钟频率应小于 500KHz。
- (2) ADC 的输入阻抗和 ADC 的工作时钟频率以及采样周期数有关。主频减半或采样周期翻倍都可以使输入阻抗翻倍，即如果 $F_{\text{ADC}} = 0.5\text{MHz}$ 或 $T_{\text{sample}} = 16$, $R = 100\text{K}$ 。 C_{ADC} 为内部采样保持电容，该电容的充电时间需要满足 $TC = 10 \times (R_{\text{ADC}} + R_{\text{AIN}}) \times C_{\text{ADC}}$ 。其中 R_{ADC} 为采样开关电阻，最大值 1K； C_{ADC} 为内部采样保持电容，最大值 5pF。

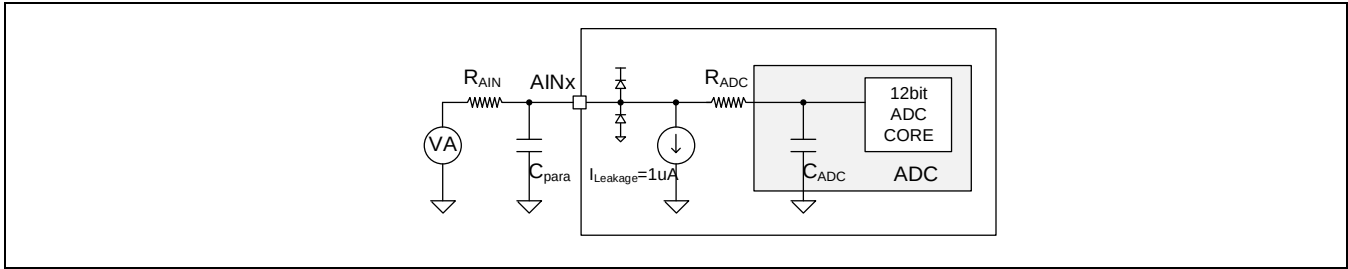


Figure 3-4 ADC采样连接图

3.13 内部INTVREF参考电压特性

Table 3-14 内部INTVREF参考电压源特性

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
INTVREF参考电压	$V_{INTVREF1}^{(2)}$	-	-	1.2	-	V
	$V_{INTVREF2}^{(2)}$	-	-	2.5	-	
INTVREF精度	$V_{acc1}^{(1)}$	$V_{DD} = 5.0\text{V}$ $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-1	-	+1	%
	$V_{acc2}^{(2)}$	$V_{DD} = 5.0\text{V}$ $T_A = -40$ to 85°C	-2	-	+2	%
	$V_{acc3}^{(2)}$	$V_{DD} = 5.0\text{V}$ $T_A = -40$ to 105°C	-	-	TBD	%

3.14 存储器特性

Table 3-15 RAM和寄存器的特性

($T_A = -40$ to 105°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
数据保持电压 ⁽¹⁾	$V_{DDDR}^{\text{®}}$	深睡眠模式	0.8	—	V_{DD}	V

NOTE: 1) 保证 RAM 中的数据不丢失的最低电压值（深睡眠模式下），或者是保持寄存器的状态的最低电压值（深睡眠模式下）。由设计保证，不在量产中测试。

Table 3-18 FLASH内存的特性

($T_A = -40$ to 85°C , $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
编程单元	$F_{W\text{SIZE}}$	—	—	4	—	Byte
页面大小	$F_{P\text{SIZE}}$	—	—	128	—	Byte
	$F_{D\text{SIZE}}$	—	—	128	—	Byte
编程时间（1Word）	$F_{t\text{prog}}^{\text{®}}$	—	20	—	—	us
页擦除时间	$F_{t\text{pera}}^{\text{®}}$	—	2	—	—	ms
全芯片擦除时间	$F_{t\text{mera}}^{\text{®}}$	—	10	—	—	ms
PFLASH擦写次数	$F_{p\text{fnwe}}^{\text{®}}$	单一page	100,000	—	—	Times
PFLASH总高压次数 ⁽¹⁾	$F_{p\text{ftnwe}}^{\text{®}}$	—	—	—	2,000,000	Times
DFLASH擦写次数	$F_{d\text{fnwe}}^{\text{®}}$	单一page	100,000	—	—	Times
DFLASH总高压次数 ⁽¹⁾	$F_{d\text{ftnwe}}^{\text{®}}$	—	—	—	2,000,000	Times
数据保持时间	$F_{t\text{dr}}^{\text{®}}$	—	10	—	—	Years
功耗（编程或擦除时）	$F_{\text{idd}}^{\text{®}}$	—	—	—	5	mA

NOTE:

- (1) 一个page擦写一次算一次
- (2) 105°C 特性TBD

3.15 静电防护（ESD）特性

Table 3-169 静电防护特性

参数	符号	模型	最小值	典型值	最大值	单位
静电防护耐压	V _{ESD}	HBM [®]	4000	—	—	V
		MM [®]	200	—	—	V
		CDM [®]	500	—	—	V

4

封装尺寸

4.1 APT32F1041支持封装类型

SOP28

SOP20

SOP16

4.2 SOP28

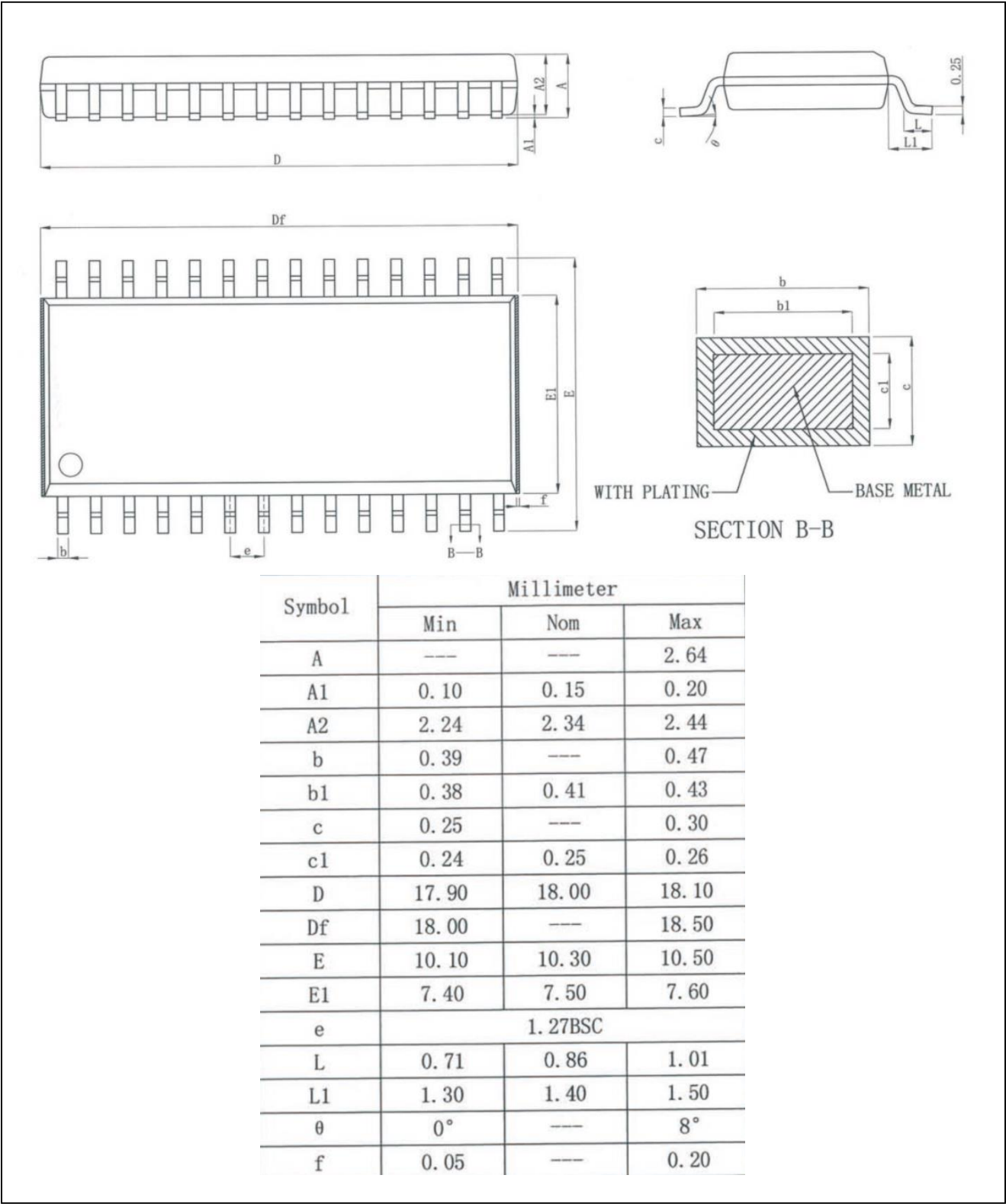


Figure 4-1 SOP28封装尺寸

4.3 SOP20

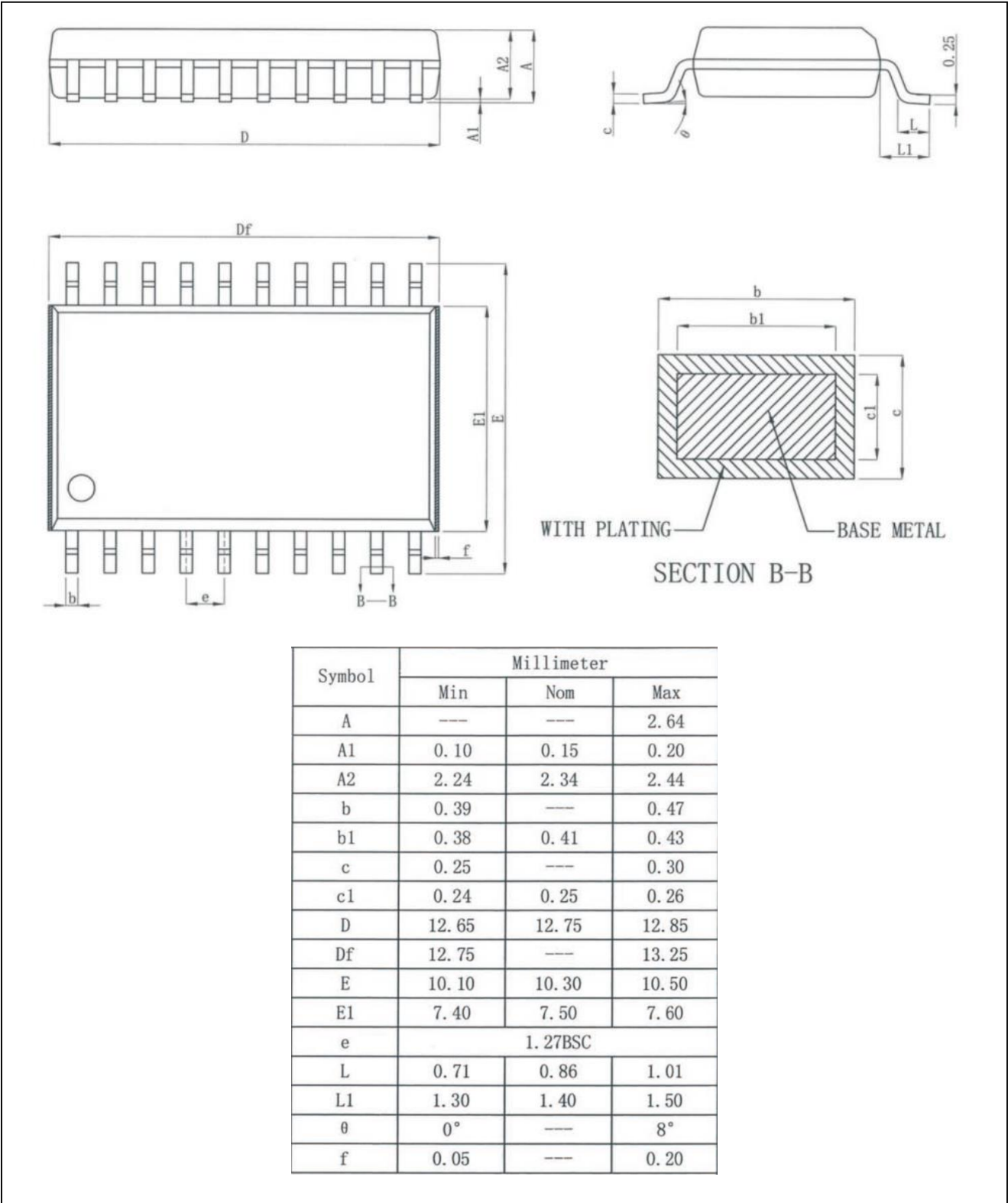


Figure 4-2 SOP20封装尺寸

4.4 SOP16

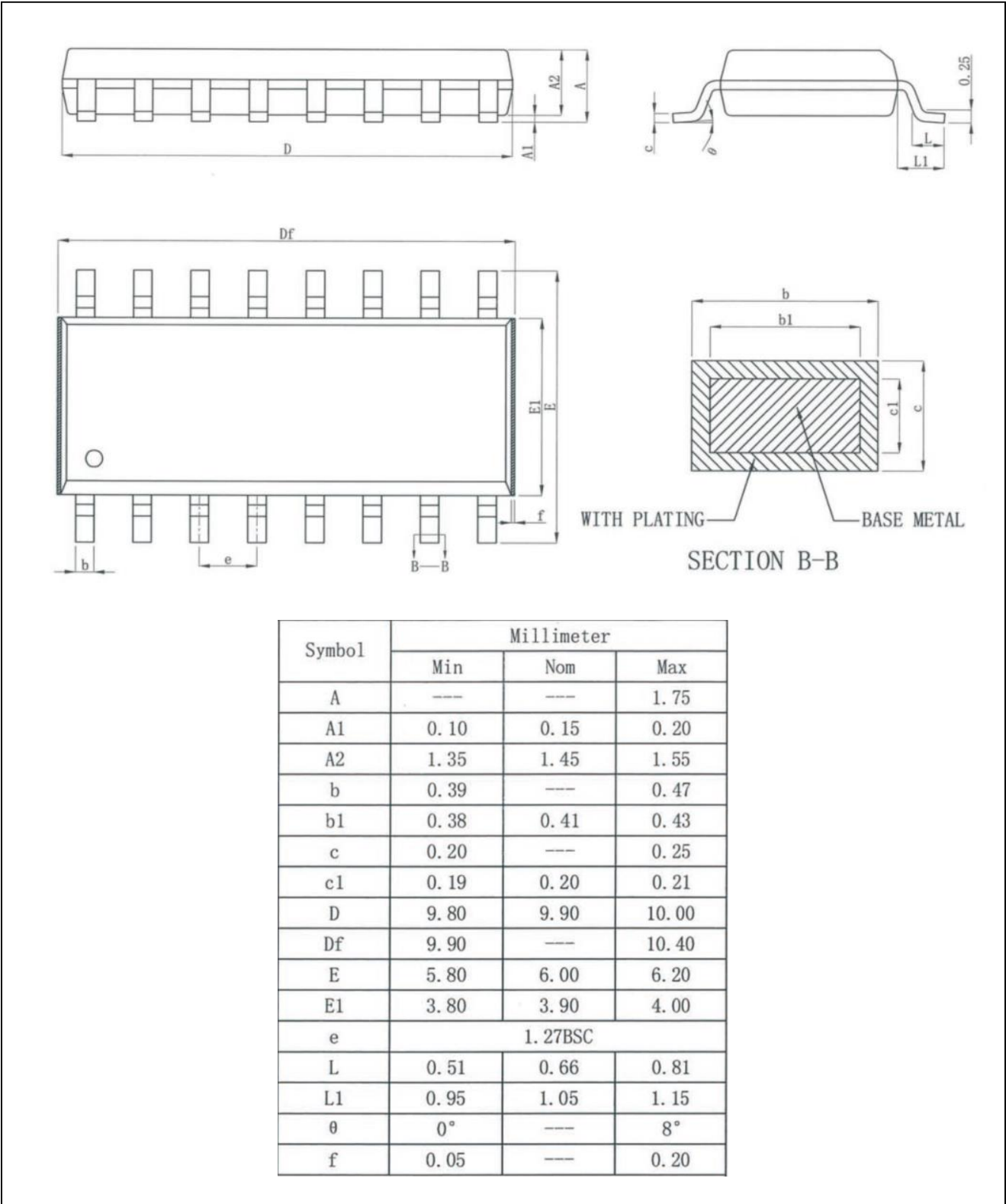


Figure 4-3 SOP16封装尺寸

5 订购信息

5.1 产品命名规范

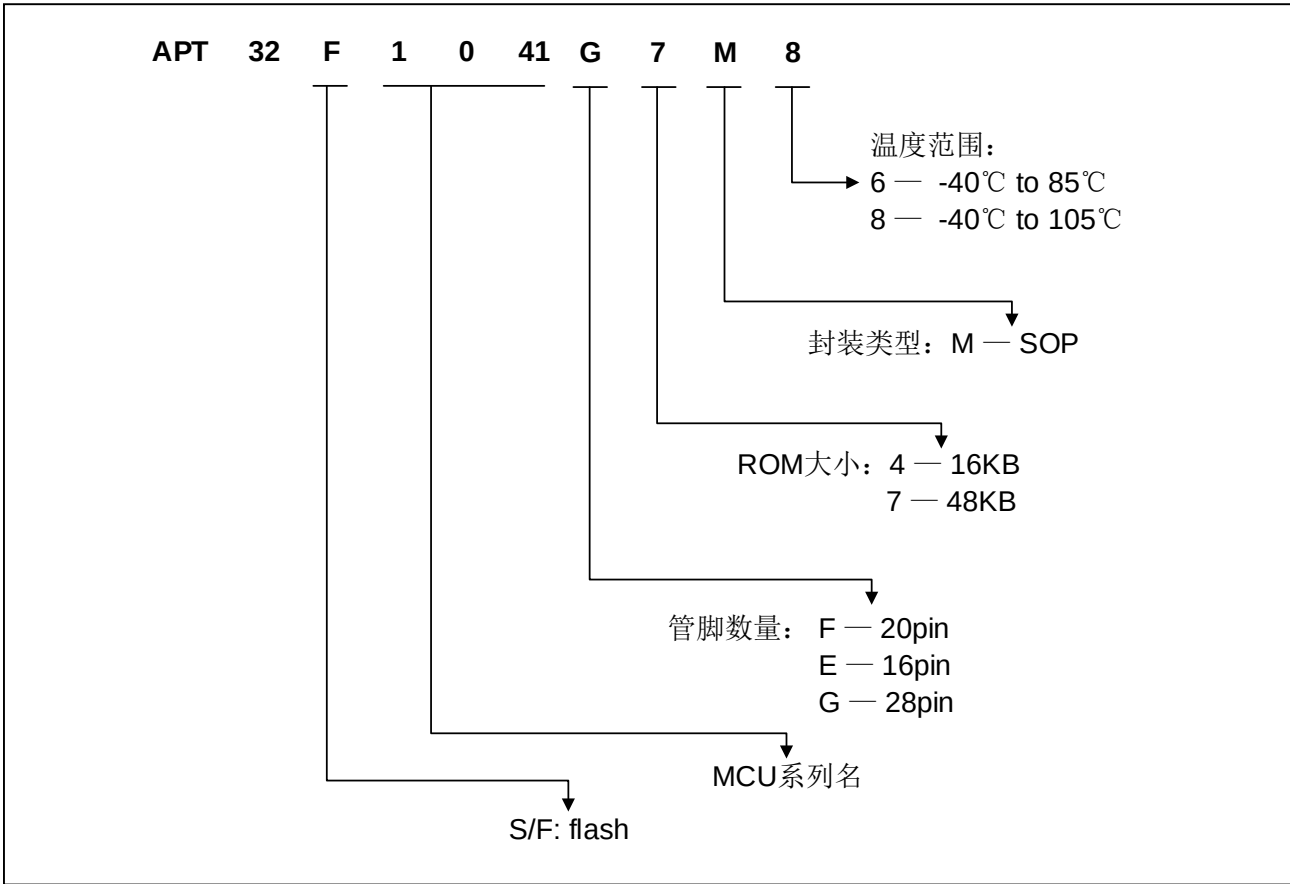


Figure 5-1 产品命名规范

5.2 系列产品订购型号

Table 5-1 APT32F1041产品订购型号说明

系列	型号详细
APT32F1041	APT32F1041G7M6/ APT32F1041G7M8 APT32F1041F7M6/ APT32F1041F7M8 APT32F1041E7M6/ APT32F1041E7M8 APT32F1041F4M6/ APT32F1041F4M8 APT32F1041E4M6/ APT32F1041E4M8