



# APT32F0041 数据手册 V1.1

---

---

## 相关文档

APT32F004X 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承担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	2024-8-14	初版
P0.1	2024-10-11	修改UART的功能描述
V1.0	2024-10-28	区分型号0041, 0042
V1.1	2024-12	<ul style="list-style-type: none"><li>- 调整管脚分布图示方式</li><li>- 调整IOMAP的说明</li><li>- 电气参数数据增加量产测试/应用测试/设计保证等方法标注</li><li>- 增加对CMP、INVREF的描述</li></ul>

# 1 概述

## 1.1 APT32F0041介绍

APT32F0041 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。APT32F0041 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
- 片载32K程序闪存，独立3Kbytes数据闪存
- 内含2Kbytes SRAM，可用于堆栈，数据存储，代码存储
- 工作温度：- 40 to 85°C
- 工作电压范围： 1.8 to 5.5V
- 最高工作频率： 24MHz
- 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)
- 独立看门狗定时器(IWDT)
- 1x 16位通用定时器/计数器(GPT)，支持1路PWM输出功能，支持两路捕获输入
- 1x 16位增强型定时器/计数器(EPT)，支持7路PWM输出功能，其中6路可配置为互补带死区
- 2x 16位基本计时TIMER(Basic Timer)
- 1x 16位低功耗计时TIMER TC3，支持STOP模式唤醒
- 串行通信接口： 1x I2C， 2x UART， 1x SPI
- 1x 12位ADC，支持12路模拟信号输入
- 2x 模拟比较器，支持去抖滤波和窗口滤波
- 支持96bit UID功能
- 最多支持18个GPIO，所有GPIO均可配置为外部中断
- 支持两种工作模式： RUN和DEEP-SLEEP模式
- 4个大电流驱动管脚(每个管脚支持灌入最大电流为120mA)

## 1.2 主要特性

### 1.2.1 处理器(CPU)

- 32-bit RISC CPU核，指令长度16位
- 12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)

- 32Kbytes的内部程序闪存，支持ISP保护，保护区域的大小可配置
- 3Kbytes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
  - 代码安全性配置
- 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2Kbytes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)
- 内部主振24MHz(1%偏差@典型值, IMCLK: Internal Main Clock, 内部主时钟)

- 内部辅振27KHz(5%偏差@典型值, ISCLK: Internal Sub Clock, 内部辅时钟)
- 内部振荡器均支持软件微调
- 支持低功耗模式 (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
- FLASH和SRAM校验错误管理, 可配置重试或者系统复位
- 复位源检测和管理 (RSTID)

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

- 复位时间可配置: 缺省8秒
- 可配置复位前报警中断
- 独立工作在内部辅晶振下的可编程18位递减计数器(27KHz时钟)

#### 1.2.6 16位通用定时器/计数器(GPT: General Purpose Timer)

- 递增计数模式
- 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
- 同时支持捕获和波形输出
- 支持ETCB事件联动
- PCLK工作时钟

#### 1.2.7 16位增强型定时器/计数器(EPT: Enhance Purpose Timer)

- 三种计数模式: 递增、递减、递增递减
- 每个TIMER有7路PWM输出, 包括4路波形产生控制单元, 支持7路独立输出或者3组互补输出
- 支持互补输出, 死区控制, 紧急模式输出
- 支持紧急模式输出: 软锁止和硬锁止模式
  - 外部输入EBIx
  - 系统错误, LVD中断触发
- 支持软件强制修改波形输出, 并直接作用到输出引脚上
- 支持单次触发模式和外部脉冲计数模式

- 可以工作在捕捉模式，最多支持4个比较值捕获
- 支持ETCB事件联动
- PCLK工作时钟

#### 1.2.8 基础计时器 (BT: Basic Timer)

- 2个16位的递增计数器，支持自动重载功能
- 支持触发START和STOP
- 支持两路触发事件输出
- 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ETCB事件联动
- PCLK工作时钟

#### 1.2.9 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

#### 1.2.10 16位计时器 (TC3)

- 16位递增计时器
- 支持多时钟源选择
- 支持STOP模式唤醒功能
- 蜂鸣器频率输出

#### 1.2.11 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

#### 1.2.12 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
- 可编程SDA保持时间

- 支持软件复位功能

### 1.2.13 同步外设接口(SPI)

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

### 1.2.14 12位模数转换器(12bit AD Converter)

- 多达12个模拟输入通道供选择，参考电压支持VDD、外部管脚VREF
- 输入通道支持外部ADCIN、VSS、1/5VDD
- 支持最快1MSPS转换速度
- 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

### 1.2.15 模拟比较器(CMP)

- 2x 模拟比较器
- 支持4组正负端输入
- 支持16个参考电压点，参考电压源可选择INTVREF或VDD
- 支持去抖滤波和窗口滤波
- 迟滞35mv

### 1.2.16 校验控制器(CRC)

- 支持基于Byte, Half-word, Word的写操作
- 可选择的CRC多项式包括：
  - CRC-CCITT:  $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$
  - CRC-16:  $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$
  - CRC-32:  $X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^3 + X^2 + X + 1$
- 可编程种子值
- 输入数据和输出数据(CRC校验和)可以转换成补码形式操作
- 可编程的按位反转设置(LSB优先或者MSB优先)

### 1.2.17 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

### 1.2.18 通用IO (GPIO)

- 20/16/10/8管脚: 18/14/8/6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
- 所有管脚都支持外部中断功能

### 1.2.19 低功耗模式

- 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、iWDT中断、LVD中断

### 1.2.20 上电复位(POR: Power On Reset)

### 1.2.21 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)

### 1.2.22 工作电压范围

- 1.8V to 5.5V

### 1.2.23 工作频率范围

- 外部主晶振: 32KHz ~ 24MHz
- 内部振荡器: 24MHz
- 内部辅振: 27KHz

### 1.2.24 工作温度范围

- - 40 to 85°C

### 1.2.25 封装

- TSSOP20
- QFN20
- SOP16
- MSOP10
- SOP8

1.3 模块框图

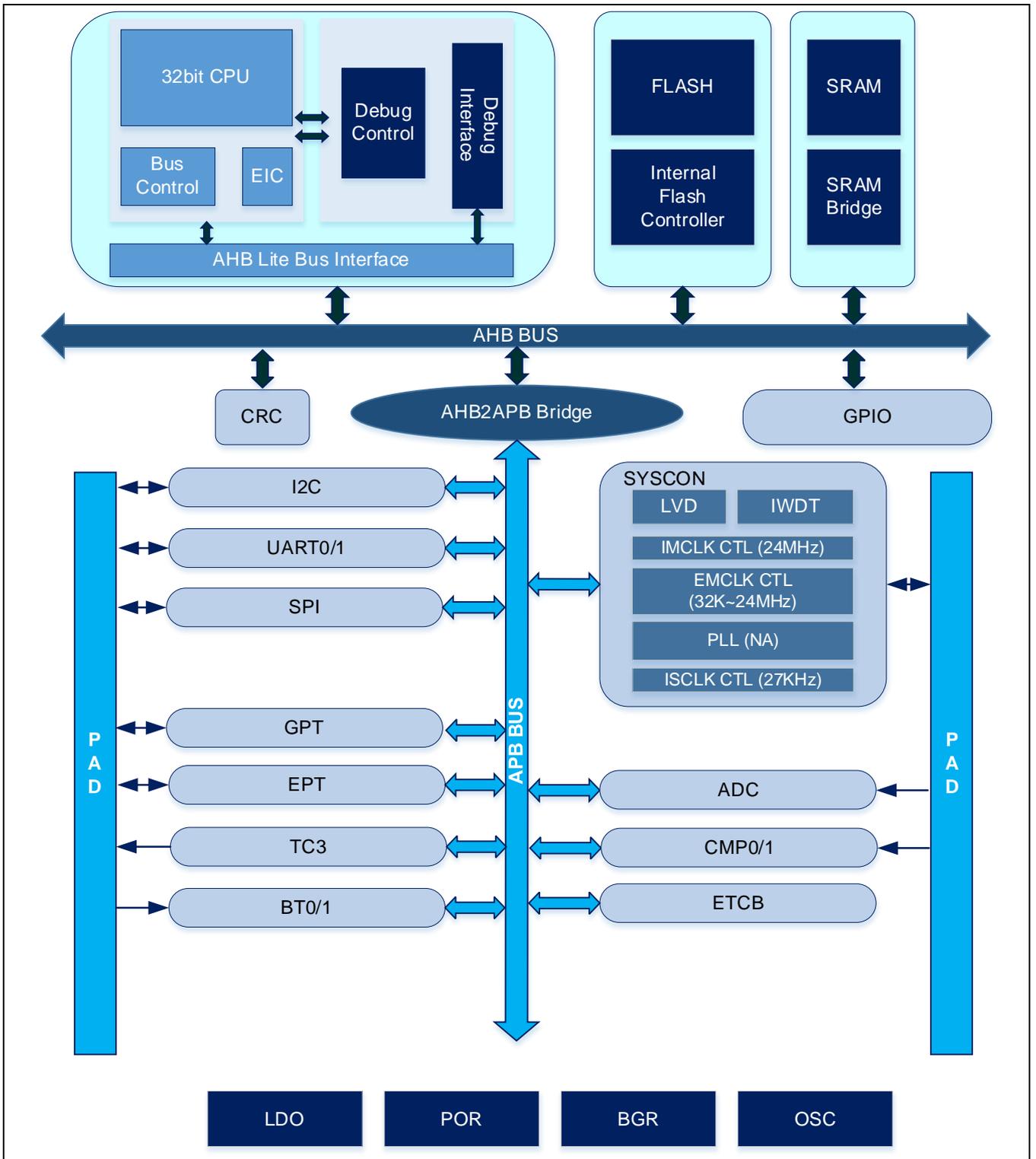


Figure 1-1 APT32F0041模块框图

# 2 管脚配置

## 2.1 概要

本章节描述APT32F0041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

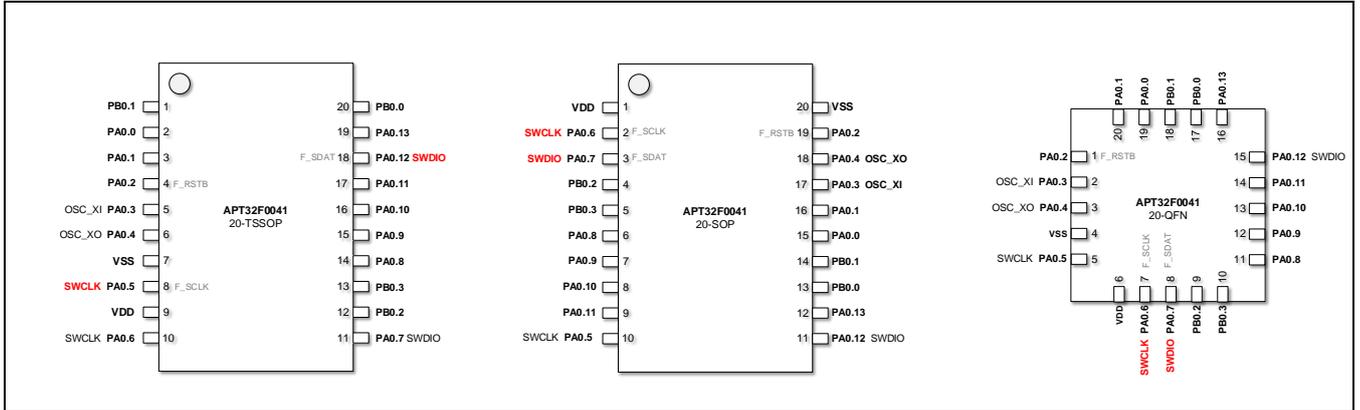


Figure 2-1 管脚定义图(TSSOP20, SOP20, QFN20)

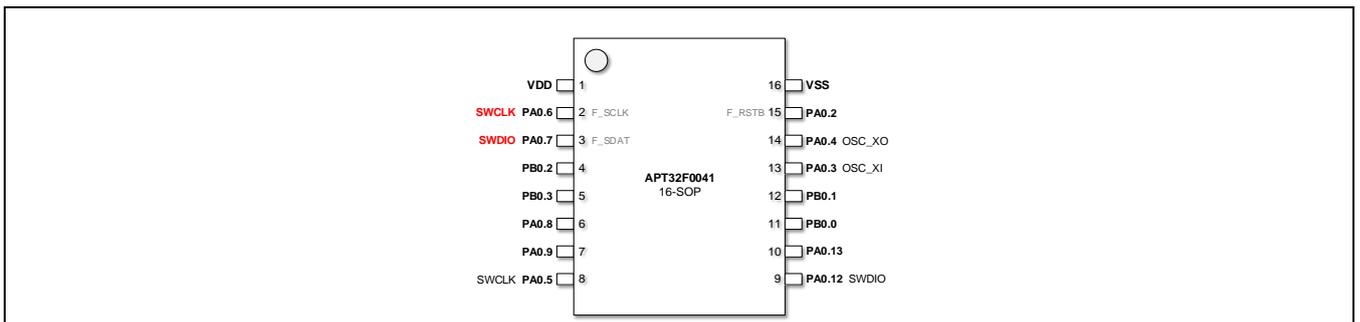


Figure 2-2 管脚定义图(SOP16)

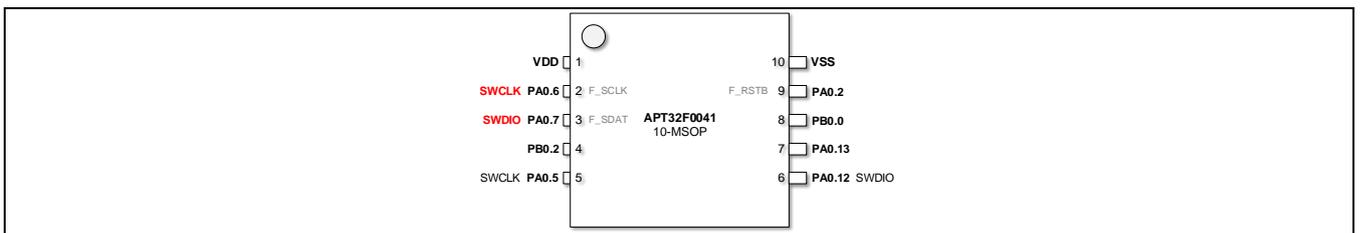


Figure 2-3 管脚定义图(MSOP10)

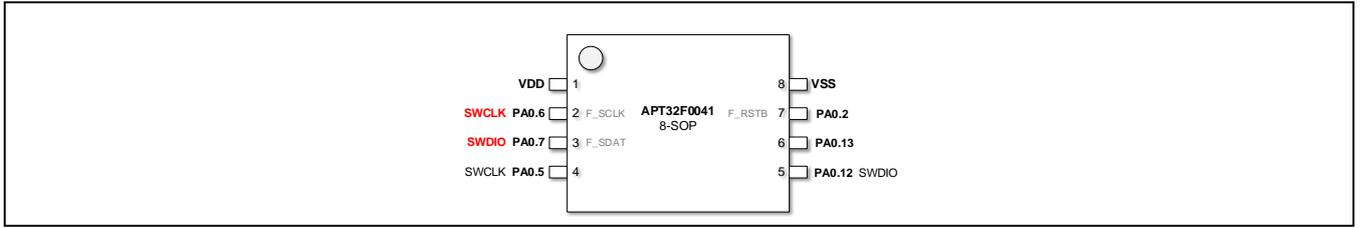


Figure 2-4 管脚定义图(SOP8)

## 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**

Package							Pin Name										Default	TTL Mode	Reset Status	PUPD
20TSSOP	20SOP	20QFN	16SOP	10MSOP	8SOP	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	ADC	EXI					
9	1	6	1	1	1	VDD	-	-	-	-	-	-	-	-	VDD	PWR	-	P	-	
10	2	7	2	2	2	PA0.6	GPTA_CHA	SPL_NSS	I2C_SCL	UART0_TX	SWCLK	CMP0_OUT	G1.6	-	EXI6	SWD	-	I	UP	
11	3	8	3	3	3	PA0.7	I2C_SDA	EBI0	EPT_CHAX	UART0_RX	SWDIO	CMP1_OUT	G1.7	-	EXI7	SWD	-	I	UP	
12	4	9	4	4	-	PB0.2(HS)	I2C_SCL	UART0_TX	EPT_CHBX	EBI3	SPL_SCK	CMPIN4P	-	AIN5	EXI2	IO	-	Z	-	
13	5	10	5	-	-	PB0.3(HS)	EPT_CHCX	EPT_CHAY	EPT_CHD	EBI2	SPL_MOSI	CMPIN4N	-	AIN6	EXI3	IO	-	Z	-	
14	6	11	6	-	-	PA0.8(HS)	EPT_CHD	EPT_CHBY	-	-	SPL_MISO	CMPIN1P	-	AIN7	EXI8	IO	-	Z	-	
15	7	12	7	-	-	PA0.9(HS)	SPL_SCK	GPTA_CHA	CLO	EPT_CHCY	I2C_SDA	CMPIN1N	-	AIN8	EXI9	IO	-	Z	-	
16	8	13	-	-	-	PA0.10	SPL_MOSI	EPT_CHAX	GPTA_CHA	TC3_BUZZ	I2C_SCL	-	-	AIN9	EXI10	IO	-	Z	-	
17	9	14	-	-	-	PA0.11	SPL_MISO	EPT_CHBX	UART1_RX	EPT_CHAX	GPTA_CHA	-	-	-	EXI11	IO	-	Z	-	
8	10	5	8	5	4	PA0.5	SWCLK	-	SPL_MISO	UART0_RX	EPT_CHBY	-	G1.5	AIN4	EXI5	SWD	-	I	UP	
18	11	15	9	6	5	PA0.12	SWDIO	EPT_CHAY	SPL_MOSI	UART0_TX	TC3_BUZZ	CMP1_OUT	-	-	EXI12	SWD	-	I	UP	
19	12	16	10	7	6	PA0.13	EBI1	EPT_CHCY	I2C_SDA	UART1_RX	-	CMPIN2P	-	AIN10	EXI13	IO	-	Z	-	
20	13	17	11	8	-	PB0.0	TC3_BUZZ	EPT_CHCX	I2C_SCL	UART1_TX	-	CMPIN2N	-	AIN11	EXI0	IO	-	Z	-	
1	14	18	12	-	-	PB0.1	EPT_CHD	GPT_CHA	UART1_RX	EPT_CHAY	TC3_BUZZ	CMPIN3P	-	AIN0	EXI1	IO	-	Z	-	
2	15	19	-	-	-	PA0.0	UART0_TX	I2C_SDA	UART1_TX	EPT_CHBX	-	CMPIN3N	G1.0	AIN1	EXI0	IO	-	Z	-	
3	16	20	-	-	-	PA0.1	UART0_RX	I2C_SCL	TC3_BUZZ	I2C_SDA	GPTA_CHA	-	G1.1	AIN2	EXI1	IO	-	Z	-	
5	17	2	13	-	-	PA0.3	OSC_XI	EPT_CHCX	I2C_SDA	UART1_TX	GPTA_CHA	CMP0_OUT	G1.3	AIN3/VREF-	EXI3	IO	-	Z	-	
6	18	3	14	-	-	PA0.4	OSC_XO	EPT_CHCY	I2C_SCL	UART1_RX	LVDIN	-	G1.4	-	EXI4	IO	-	Z	-	
4	19	1	15	9	7	PA0.2	UART1_TX	SPL_SCK	I2C_SCL	CLO	VREF+/INTV	-	G1.2	-	EXI2	IO	-	Z	-	
7	20	4	16	10	8	VSS	-	-	-	-	-	-	-	-	VSS	GND	-	P	-	

**注意:**

- 1) 外部复位功能和PA0.2管脚复用，可以使用User Option功能选择配置
- 2) F\_SCLK (SWCLK), F\_SDAT (SWDIO), F\_RSTB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SWD接口，不同封装默认烧录口（调试口）不同，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，请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。具体请参看使用手册 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( PA0.6/PA0.5 )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。电路设计时需要考虑这一因素。
- 7) 标有(HS)符号的IO为大电流驱动口 (High Sink Current IO)，支持100mA的灌电流，配方法参考GPIO章节
- 8) AF7 G1.x为IO重定义功能，可通过SYSCON\_IOMAP1[CFGVALx]将IO定义为下表中的任何一个AF功能。

Table 2-2 G1的IOMAP

CFGVALx	G1.x 管脚支持的 IO 重定义功能
0	DISABLE
1	EPT_CHD
2	EPT_CHAX
3	EPT_CHBX
4	EPT_CHCX
5	EPT_CHAY
6	EPT_CHBY
7	EPT_CHCY

- 9) 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	-
	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PA0.2选择RESETB时，内部带有上拉电阻。	D
	OSC_XI	I	外部主晶振的输入	A
	OSC_XO	O	外部主晶振的输出	A
	CLO	O	内部系统时钟输出	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

模块	管脚名称	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
EPT	EPT_CHAX	O	EPT的通道A的X输出	D
	EPT_CHAY	O	EPT的通道A的Y输出	D
	EPT_CHBX	O	EPT的通道B的X输出	D
	EPT_CHBY	O	EPT的通道B的Y输出	D
	EPT_CHCX	O	EPT的通道C的X输出	D
	EPT_CHCY	O	EPT的通道C的Y输出	D
	EPT_CHD	O	EPT的通道D输出	D
	EBIx	I	EPT的紧急情况触发信号	D
GPT	GPT_CHA	O	GPT的通道A输出	D
I2C	I2C_SCL	I	I2C串行时钟	D
	I2C_SDA	I/O	I2C串行数据	D
UART	UARTx_RX	I	UART串行数据接收	D
	UARTx_TX	O	UART串行数据发送	D
SPI	SPI_NSS	I/O	SPI片选信号	D
	SPI_SCK	I/O	SPI同步时钟信号	D
	SPI_MOSI	O	SPI数据输出端口	D
	SPI_MISO	I	SPI数据输入端口	D
ADC	AINx	I	ADC模拟输入通道	A
	VREF+/-	I	ADC外部参考电压输入信号	A
TC3	TC3_BUZZ	O	TC3蜂鸣器频率输出端口	D
CMP	CMPINxP	I	比较器输入正端	A
	CMPINxN	I	比较器输入负端	A
	CMPx_OUT	O	比较器输出	A

## 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
	F_RSTB	I	复位（为保证烧录，必须要连接烧录器RST引脚）	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	15	mA
		单个强驱动IO灌入	120	mA
	$I_{SINK2}$	全部IO灌入	200	mA
	$I_{SOURCE}$	单个IO拉出	15	mA
工作环境温度	$T_A$	—	-40 to 85	°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 85	°C

## 3.4 I/O端口特性

Table 3-3 I/O 端口特性

(T<sub>A</sub> = -40 to 85°C, V<sub>DD</sub> = 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 <sub>IHO</sub> <sup>①</sup>	所有端口 V <sub>DD</sub> = 1.8V to 5.5V	0.8 V <sub>DD</sub>	—	V <sub>DD</sub>	V
输入低电压	V <sub>ILO</sub> <sup>①</sup>	所有端口 V <sub>DD</sub> = 1.8V to 5.5V	—	—	0.2 V <sub>DD</sub>	V
输出高电压	V <sub>OH</sub> <sup>①</sup>	I <sub>OH</sub> = -12mA, V <sub>DD</sub> = 5V	V <sub>DD</sub> - 1.0	—	—	V
输出低电压	V <sub>OL</sub> <sup>①</sup>	I <sub>OL1</sub> = 12mA, V <sub>DD</sub> = 5V (所有端口)	—	—	1	V
	V <sub>OL2</sub> <sup>①</sup>	I <sub>OL2</sub> = 100mA, V <sub>DD</sub> = 5V (PB0.2, PB0.3, PA0.8, PA0.9强下拉 驱动模式)	—	—	1	V
高输入漏电流	I <sub>LIH</sub> <sup>①</sup>	所有端口, V <sub>IN</sub> = V <sub>DD</sub>	—	—	1	uA
低输入漏电流	I <sub>LIL</sub> <sup>①</sup>	所有端口, V <sub>IN</sub> = 0	—	—	-1	uA
上拉电阻	R <sub>PU</sub> <sup>①</sup>	V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>IN</sub> = 0V	25	50	75	kΩ
下拉电阻	R <sub>PD</sub> <sup>①</sup>	V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>IN</sub> = 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  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 1.8\text{V}$  to  $5.5\text{V}$ )

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

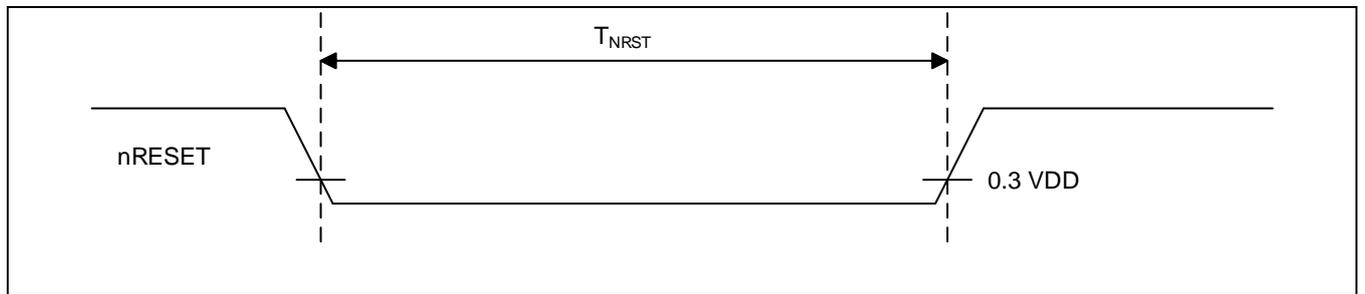
### 3.6 输入复位特性

**Table 3-5 输入复位特性**

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

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
最小低压脉宽	$T_{NRST}^{(2)}$	-	100	300	500	nS
nRESET 迟滞电压	$V_{hyst}^{(2)}$	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  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 1.8\text{V}$  to  $5.5\text{V}$ )

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

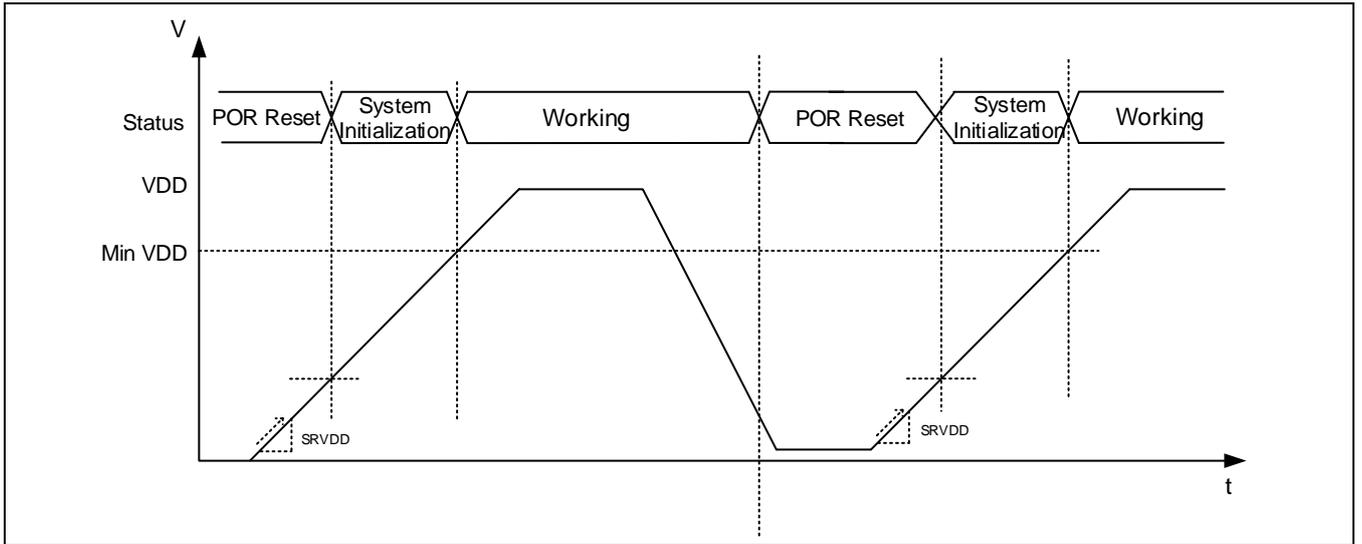


Figure 3-2 上电和掉电示意图

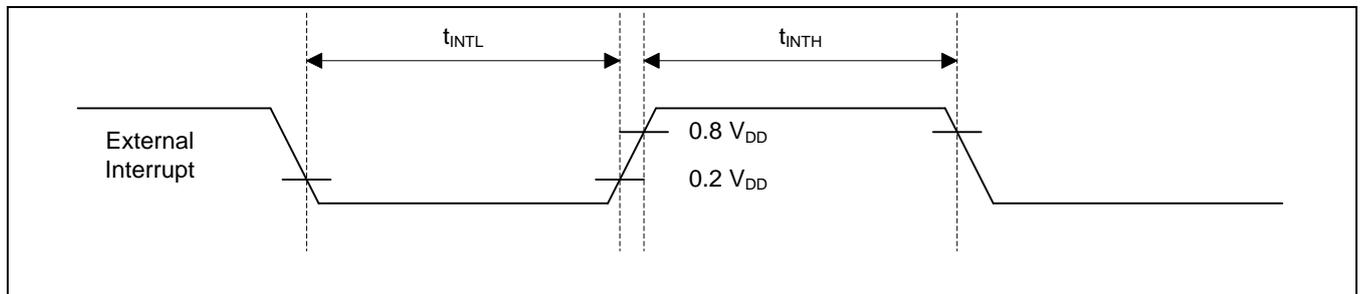
### 3.8 外部中断输入特性

**Table 3-7 外部中断输入特性**

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

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

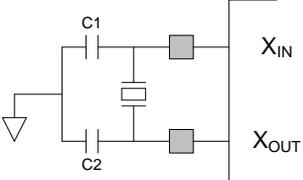
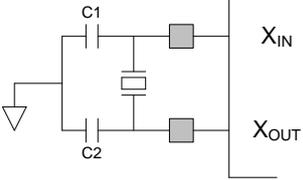
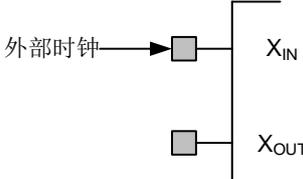
系统中包括三种振荡器：

- 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  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 1.8\text{V}$  to  $5.5\text{V}$ )

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
振荡器频率	$F_{EMOSC}^{(2)}$	-	0.4	-	24	MHz
内部反馈电阻	$R_{FD}^{(3)}$	XIN 端口	2	4	10	$M\Omega$
稳定时间	$T_{STA}^{(3)}$	-	-	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	-	外部时钟 $\rightarrow$ 	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<sub>A</sub> = -40 to 85°C, V<sub>DD</sub> = 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 <sub>IMOSC</sub> <sup>①</sup>	模式1	-	24	-	MHz
占空比	T <sub>OD</sub> <sup>②</sup>	-	40	-	60	%
校准后精度	T <sub>ACC</sub> <sup>①</sup>	T <sub>A</sub> = 25°C	-	-	±1	%
		T <sub>A</sub> = -40 to 85°C	-	-	±2	%
稳定时间	T <sub>STA</sub> <sup>③</sup>	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<sub>A</sub> = -40 to 85°C, V<sub>DD</sub> = 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 <sub>ISOSC</sub> <sup>①</sup>	-	-	27	-	KHz
占空比	T <sub>OD</sub> <sup>②</sup>	-	40	-	60	%
精度	T <sub>ACC</sub> <sup>①</sup>	T <sub>A</sub> = 25°C	-	-	±3	%
		T <sub>A</sub> = 85°C	-6	-	+11	%
		T <sub>A</sub> = -40°C	-14	-	+6	%
稳定时间	T <sub>STA</sub> <sup>③</sup>	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  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 1.8\text{V}$  to  $5.5\text{V}$ )

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	$I_{DD1}^{\text{②}}$	正常工作	$V_{DD} = 5.0\text{V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ SYSCLK = 48MHz	RUN	-	2.0	-	mA
			$V_{DD} = 5.0\text{V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ SYSCLK = 24MHz		-	1.2	-	
	$I_{DD3}^{\text{①}}$	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	-	4.0	10.0	uA
			$V_{DD} = 1.8\text{V}$ to $5.5\text{V}$ , $T_A = -40$ to $85^\circ\text{C}$		-	27.6	100.0	

**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<sub>A</sub> = -40 to 85°C, V<sub>DD</sub> = 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 <sub>DD</sub> 下降沿)	V <sub>thrf</sub> <sup>①</sup>	—	1.8	1.9	2.0	5V
		—	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 <sub>DD</sub> 下降沿)	V <sub>thdf</sub> <sup>①</sup>	—	2.0	2.1	2.2	5V
		—	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 <sub>LVD</sub> <sup>①</sup>	—	—	200	—	mV
工作电流	I <sub>CC</sub> <sup>②</sup>	—	—	9	—	uA
关断电流	I <sub>PD</sub> <sup>②</sup>	—	—	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<sub>A</sub> = -40 to 85°C, V<sub>DD</sub> = 1.8V to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
精度	R <sup>②</sup>	-	-	12	-	Bit
工作电压	V <sub>ADC</sub> <sup>②</sup>	-	1.8 <sup>(1)</sup>	5	5.5	V
基准参考电压	V <sub>REF</sub> <sup>②</sup>	V <sub>REF</sub> < V <sub>ADC</sub>	2	5	5.5	V
输入电压范围	V <sub>AIN</sub> <sup>②</sup>	-	0	-	V <sub>REF</sub>	V
转换速率	F <sub>S</sub> <sup>②</sup>	-	-	-	1	MHz
微分非线性	DNL <sup>③</sup>	F <sub>S</sub> = 0.5MHz V <sub>ADC</sub> = 5V	-	-	±2.0	LSB
积分非线性	INL <sup>③</sup>		-	-	±4.0	
偏移误差	TOPOFF <sup>②</sup>		-	-	±10.0	
	BOTOFF <sup>②</sup>		-	-	±10.0	
工作电流	I <sub>OP</sub> <sup>②</sup>	-	-	1	-	mA
关断电流	I <sub>PD</sub> <sup>②</sup>	-	-	1	-	μA
ADC时钟频率	F <sub>ADC</sub> <sup>②</sup>	-	-	-	24	MHz
ADC转换周期	T <sub>conv</sub> <sup>②</sup>	T <sub>sample</sub> = 8	-	24	-	T <sub>ADC</sub>
外部输入阻抗	R <sub>AIN</sub> <sup>②</sup>	F <sub>ADC</sub> = 1MHz V <sub>ADC</sub> = 5V T <sub>sample</sub> = 8	-	-	150 <sup>(2)</sup>	K

## NOTE:

- 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。
- 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<sub>ADC</sub> = 0.5MHz或T<sub>sample</sub> = 16，R = 100K。C<sub>ADC</sub>为内部采样保持电容，该电容的充电时间需要满足TC = 10 × (R<sub>ADC</sub> + R<sub>AIN</sub>) × C<sub>ADC</sub>。其中R<sub>ADC</sub>为采样开关电阻，最大值1K；C<sub>ADC</sub>为内部采样保持电容，最大值5pF。

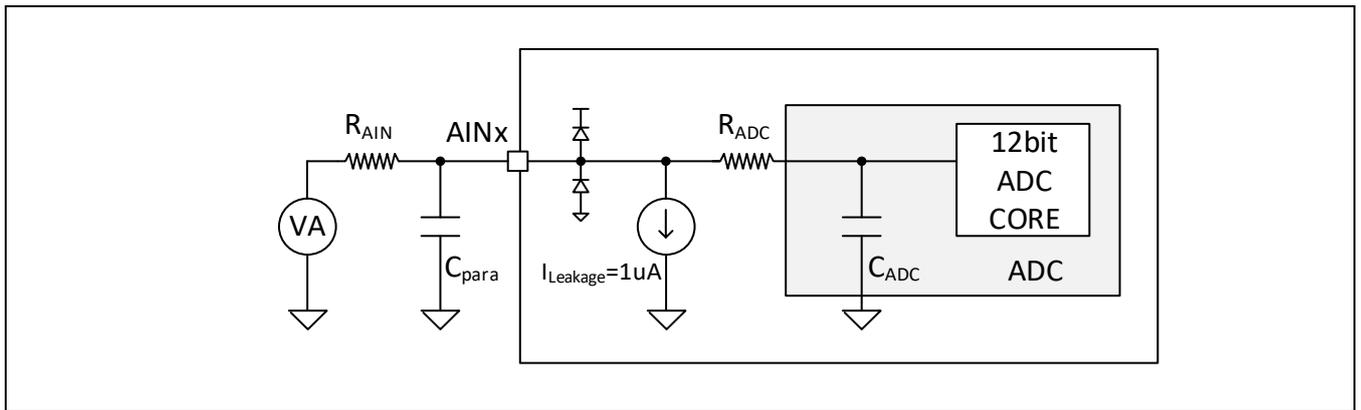


Figure 3-4 ADC采样连接图

### 3.13 比较器特性

Table 3-14 比较器特性

( $T_A = -40$  to  $105^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 2.4\text{V}$  to  $5.5\text{V}$ )

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入失调电压	$V_{OFF}^{①}$	-	-	3	10	mV
输入共模电压	$V_{ICM}^{②}$	-	0	-	$V_{DD}-1.5$	V
工作电流	$I_{OP}^{②}$	-	-	60	-	uA
输入漏电流	$I_L^{②}$	-	-	1	-	nA
响应时间	$T_{RESP1}^{②}$	差分输入100mV	-	100	-	ns
迟滞电压	$V_{HYST0}^{②}$	-	-	35	-	mV

**NOTE:** 1) 该响应时间为比较器本体响应时间，如开启后续数字滤波器，需要增加数字滤波器延迟，参考使用手册比较器章节。

### 3.14 内部INTVREF参考电压特性

Table 3-15 内部INTVREF参考电压源特性

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

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
INTVREF参考电压	$V_{INTVREF1}^{①}$	-	-	1.200	-	V
	$V_{INTVREF2}^{①}$	-	2.475	2.500	2.525	V
INTVREF精度	$V_{acc}^{①}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-	-	1%	V
		$T_A = -40$ to $85^\circ\text{C}$	-	-	2%	V

## 3.15 存储器特性

Table 3-16 RAM和寄存器的特性

(T<sub>A</sub> = -40 to 85°C, V<sub>DD</sub> = 1.8V 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	V <sub>DDDR</sub> <sup>®</sup>	深睡眠模式	0.8	—	V <sub>DD</sub>	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）。

Table 3-18 FLASH内存的特性 (TBD)

(T<sub>A</sub> = -40 to 85°C, V<sub>DD</sub> = 1.8V to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
编程大小	F <sub>WSIZE</sub>	—	—	4	—	Byte
页面大小	F <sub>PROMSIZE</sub>	—	—	128	—	Byte
	F <sub>DROMSIZE</sub>	—	—	128	—	Byte
编程时间（1Word）	F <sub>tprog</sub>	—	20	—	—	us
页擦除时间	F <sub>tpera</sub>	—	2	—	—	ms
全芯片擦除时间	F <sub>tmera</sub>	—	10	—	—	ms
编程次数	F <sub>nwe</sub>	—	100,000	—	—	Times
数据保持时间	F <sub>tdr</sub>	—	10	—	—	Years
功耗（编程或擦除时）	F <sub>idd</sub>	—	—	—	5	mA

## 3.16 静电防护（ESD）特性

Table 3-179 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 APT32F0041支持封装类型

TSSOP20

SOP20

QFN20

SOP16

MSOP10

SOP8

4.2 TSSOP20

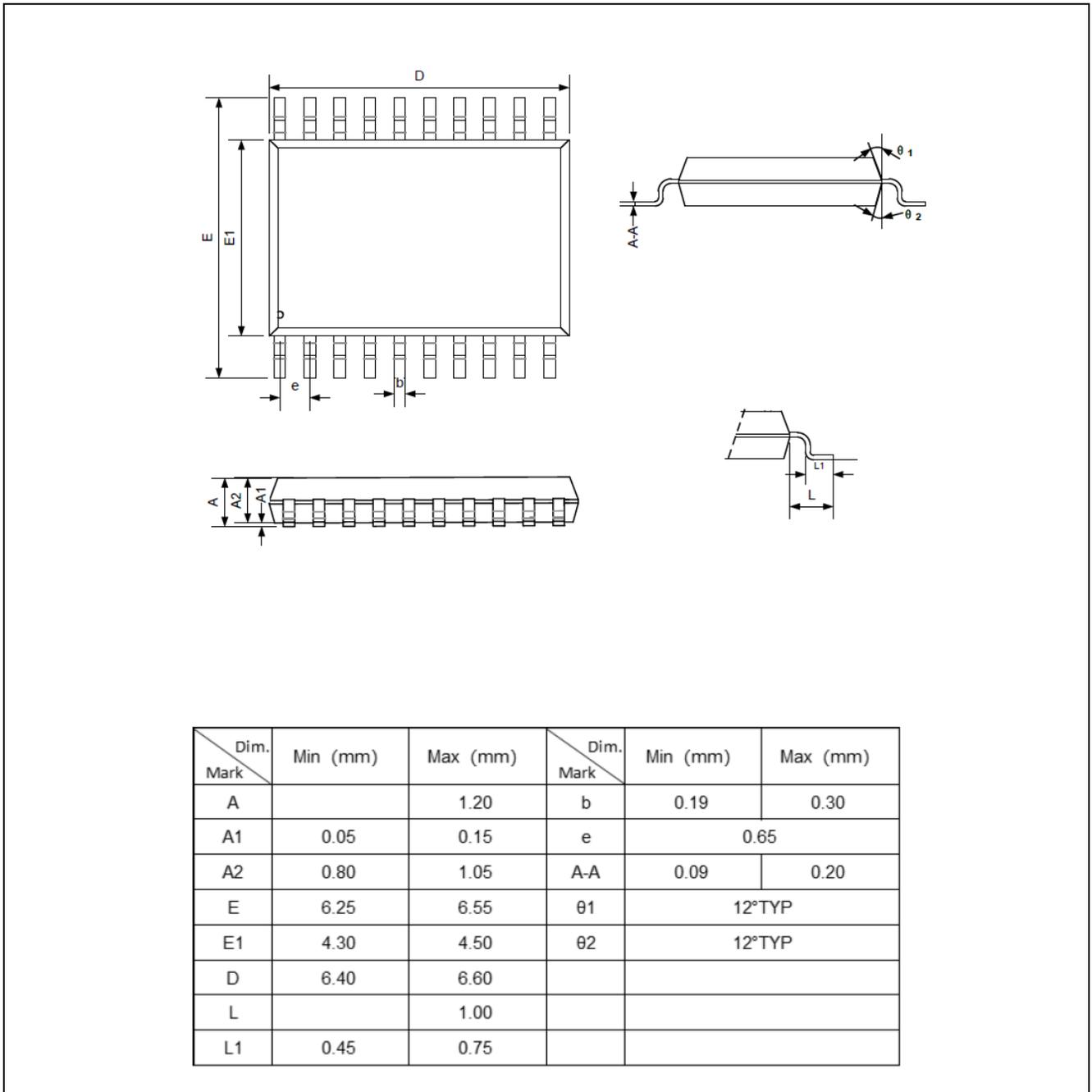


Figure 4-1 TSSOP20 (0.635mm) 封装尺寸

NOTE: “D”不包括模具毛边、突起或浇口毛刺。导致的误差每边不超过0.15mm。

“E1”尺寸不包括除胶后的塑封体残留或突起。导致的误差每边不超过0.25mm。

4.3 SOP20

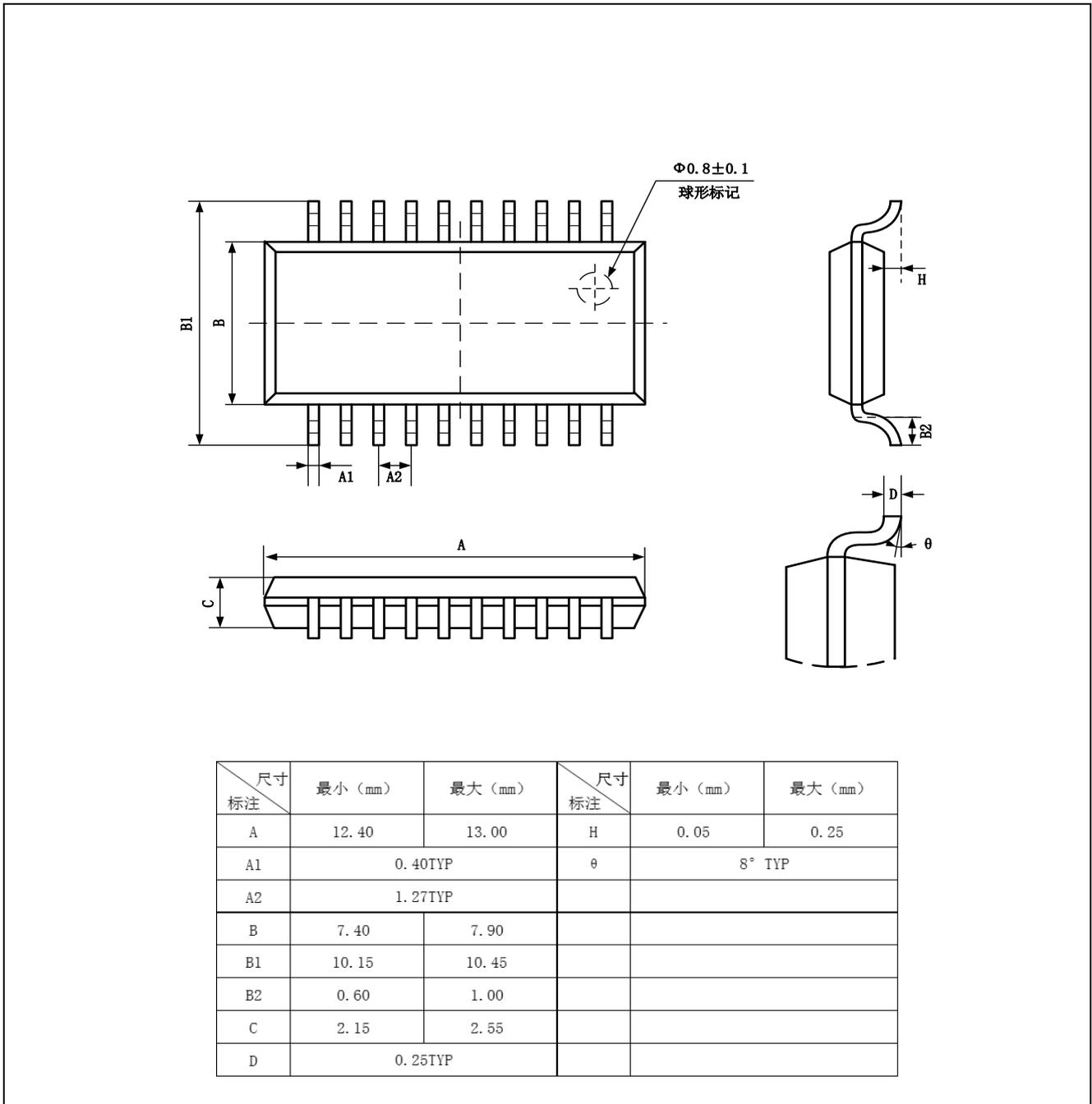


Figure 4-2 SOP20 (1.27mm) 封装尺寸

NOTE: “A” 不包括模具毛边、突起或浇口毛刺。导致的误差每边不超过0.15mm。

“B” 尺寸不包括除胶后的塑封体残留或突起。导致的误差每边不超过0.25mm。

4.4 QFN20

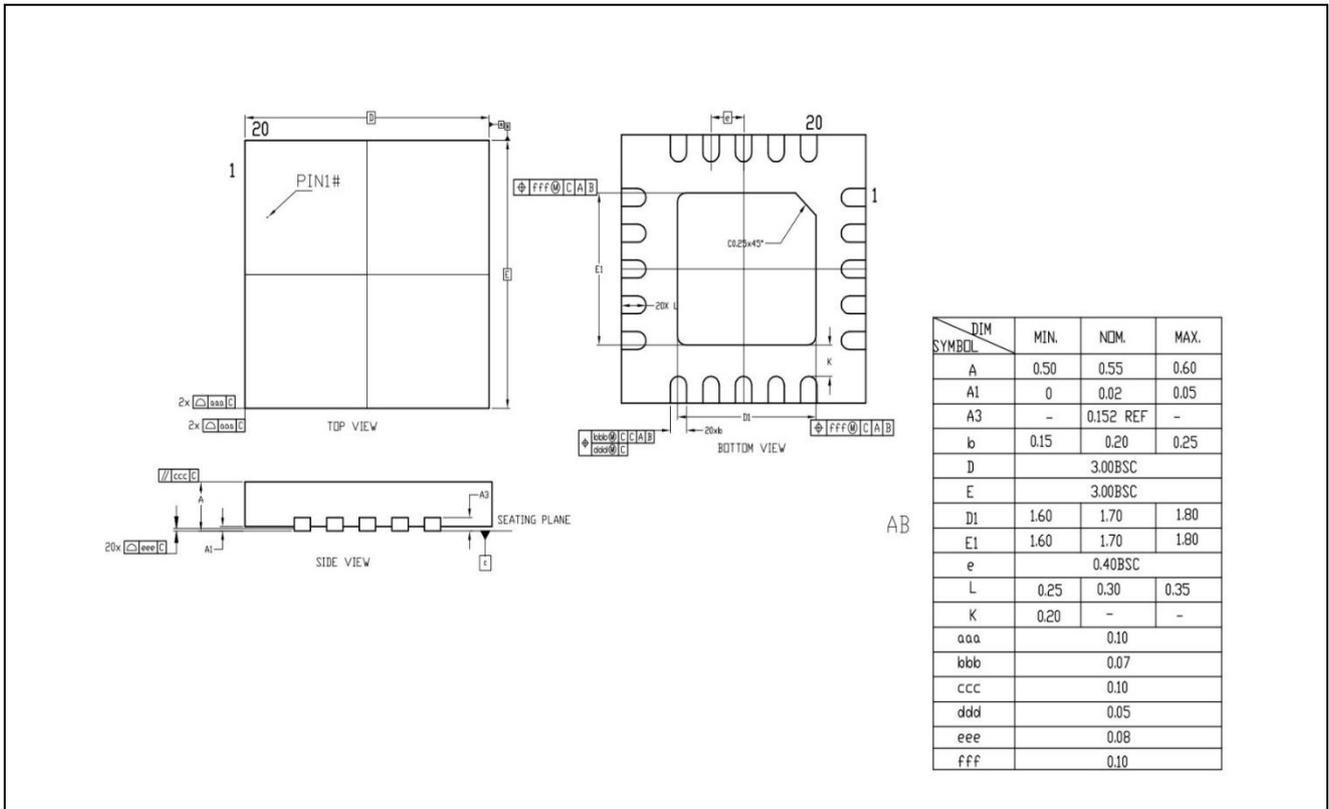


Figure 4-3 QFN20 (0.40mm) 封装尺寸

4.5 SOP16

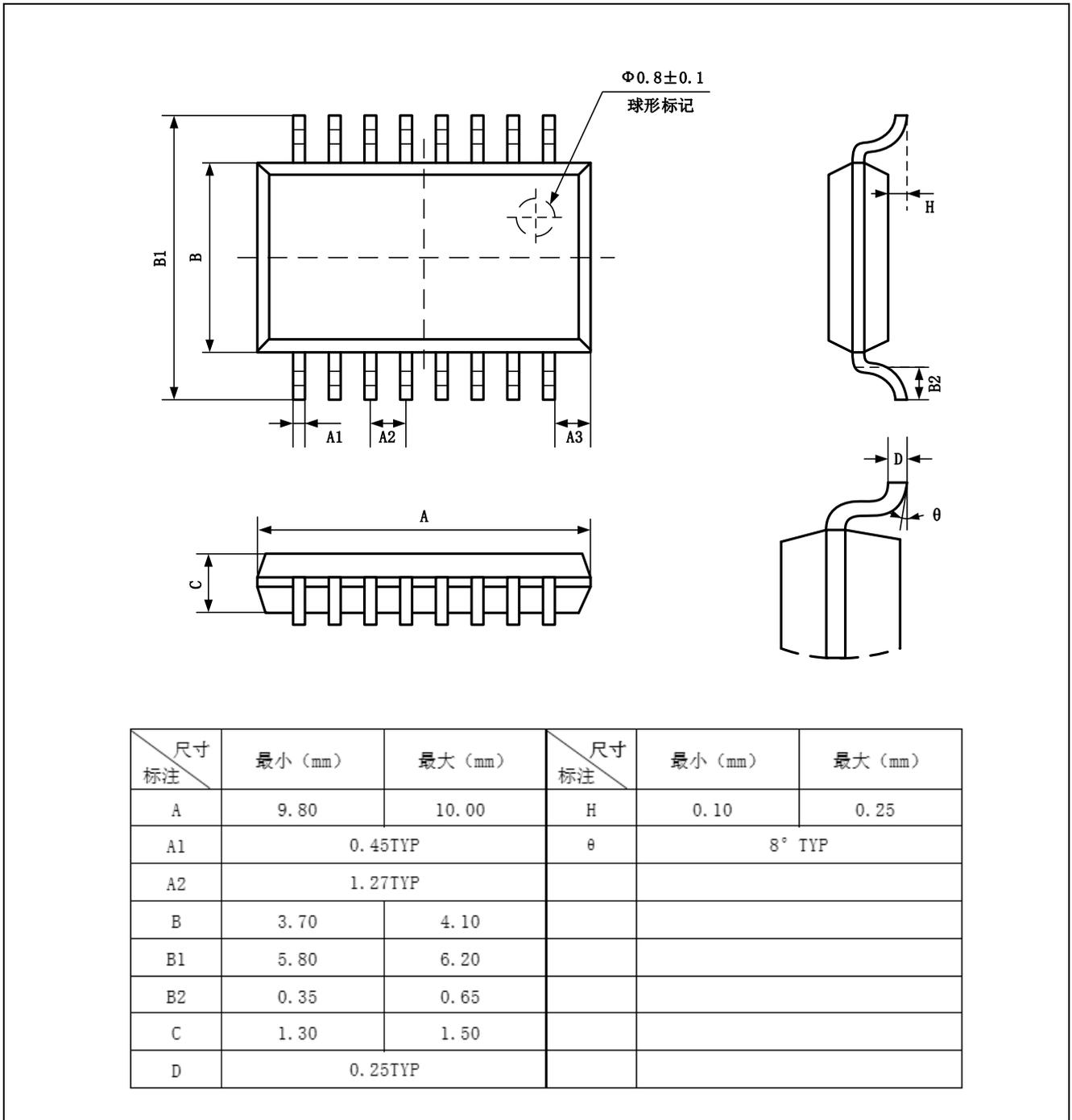


Figure 4-4 SOP16 (1.27mm)封装尺寸

NOTE: “A” 不包括模具毛边、突起或浇口毛刺。导致的误差每边不超过0.15mm。

“B” 尺寸不包括除胶后的塑封体残留或突起。导致的误差每边不超过0.25mm。

4.6 MSOP10

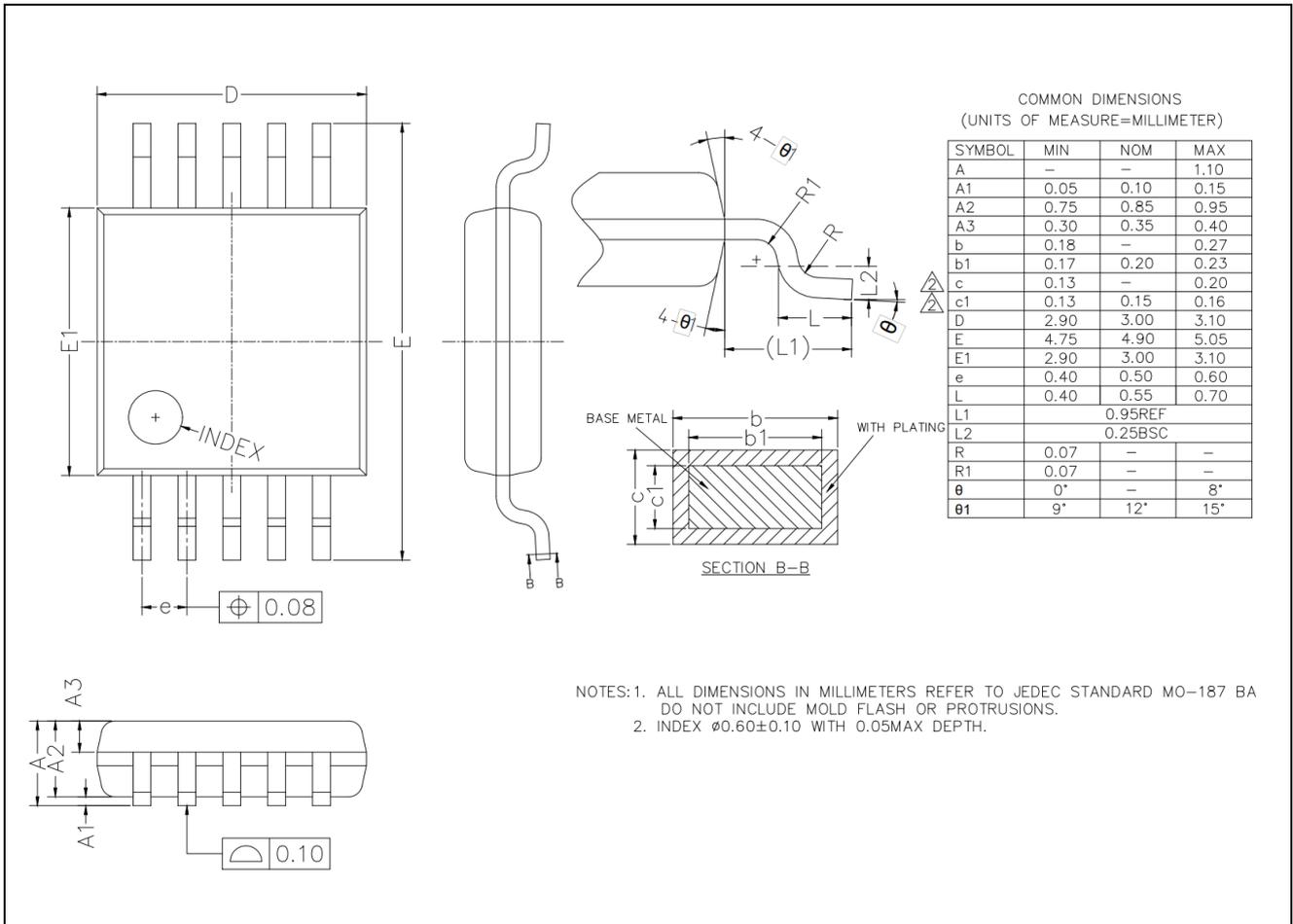


Figure 4-5 MSOP10 (0.50mm) 封装尺寸

4.7 SOP8

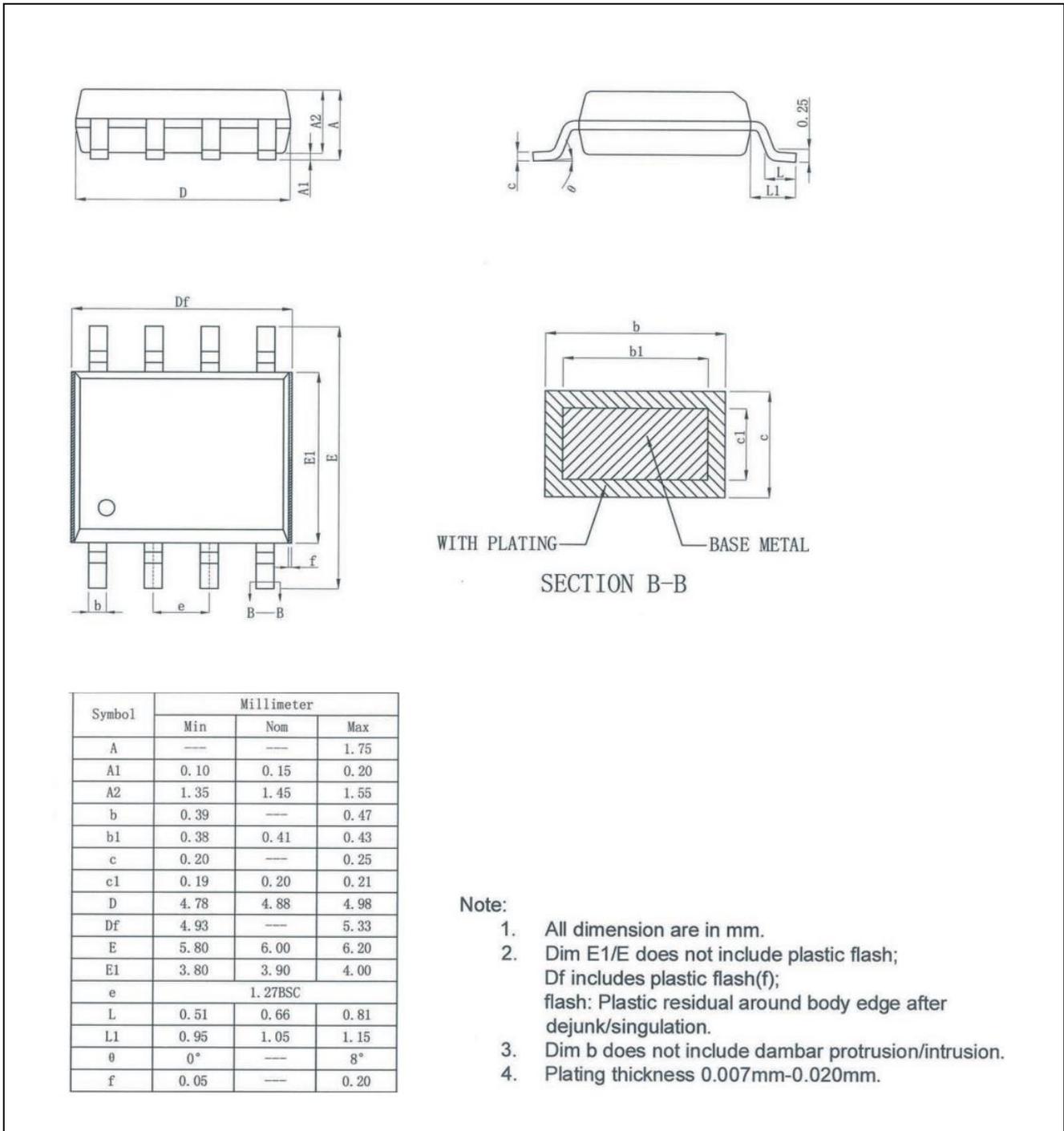


Figure 4-6 SOP8 (1.27mm) 封装尺寸

# 5 订购信息

## 5.1 产品命名规范

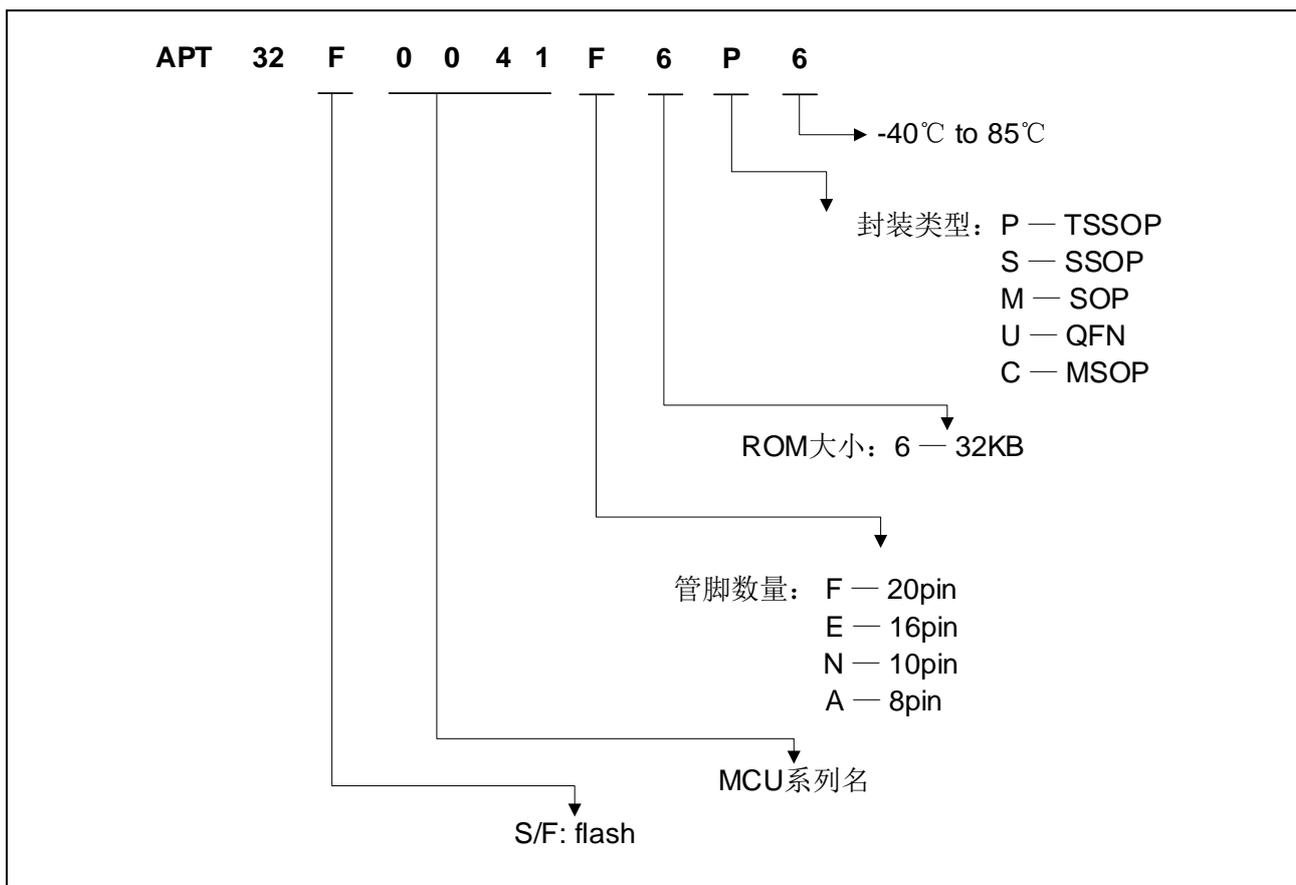


Figure 5-1 产品命名规范

## 5.2 系列产品订购型号

Table 5-1 APT32F0041产品订购型号说明

系列	型号详细
0041	APT32F0041F6P6 APT32F0041F6M6 APT32F0041F6U6 APT32F0041E6M6 APT32F0041N6C6 APT32F0041A6M6