



APT32F1701 数据手册 v1.1

相关文档

APT32F170X 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	2024-9-23	Preliminary初版
V0.0	2025-2-11	发布版本初版
V1.0	2025-4-1	1、更新字体格式 2、更新部分模块的电气参数
V1.1	2025-6	1、完善 overview 介绍 2、修改部分电气参数的标注类型与精度格式 3、修改部分错误内容描述 4、增加 QFN32 的封装

1 概述

1.1 文档用途

本文档是APT32F1701产品手册，包括完整的器件使用说明和详细的规格信息。

1.2 APT32F1701介绍

APT32F1701 是由爱普特推出的基于平头哥 (T-Head Microsystems) CPU 内核 e802 开发的 32 位高性能低成本单片机。APT32F1701 基于嵌入式 Flash 工艺制造，内部丰富的模拟资源，包括模拟比较器、模拟运算放大器、面向的应用为电机、工业控制，小家电，消费电子设备等。

- T-Head 32位CPU内核(1.32DMIPS)，支持单周期乘法和SWD调试
- 片载48(32)KB程序闪存，2KB数据闪存
- 内含12KB SRAM，其中4KB以上空间支持写保护，可用于堆栈，数据存储，代码存储
- 工作温度： - 40 to 105°C
- 工作电压范围： 1.8 to 5.5V
- 最高工作频率：72MHz
- 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)
- 灵活的事件触发选择控制器 (ETCB)
- 支持开方运算和除法的协处理器(COP)
- 校验控制器 (CRC)
- 1个2通道DMA控制器
- 1个独立看门狗定时器 (IWDG)
- 1个窗口看门狗定时器(WWDG)
- 4个16位基本计时定时器(BT)
- 1个24位内核定时器(CORET)
- 1个16位增强型定时器/计数器(EPT)，支持6路PWM输出，可配置为3组互补带死区
- 3个16位2通道同步定时器/计数器(GPTA0~GPTA1, GPTB0)，支持丰富的PWM功能
- 1个16位计数器TC3，支持低功耗唤醒
- 串行通信接口：1 x LPI2C，2 x UART，1 x SPI
- 1个12位带buffer的ADC，支持最快2.25MSPS转换速度
- 1个基于ADC的温度传感器(TS)
- 1个10位带输出buffer的DAC
- 支持2个独立模拟比较器(CMP)
- 支持2个独立的轨到轨运算放大器(OPA)，输出可直接连接ADC输入
- 支持模拟电压控制器(ACTRL)，支持FVR控制，电平2.048V/3.072V/4.096V可选，支持内部参考电压

(INTVREF)控制，电平1.5V/2.5V可选

- 最多支持26个GPIO，所有GPIO均可配置为外部中断
- 支持96bit UID
- 支持RUN，SLEEP，和DEEP-SLEEP模式
- 支持多种封装：QFN32/TSSOP28/QFN28/SSOP24/TSSOP20/QFN20

1.3 主要特性

1.3.1 处理器(CPU)

- 32-bit RISC CPU核(1.32DMIPS)
- 16个32位通用寄存器
- 高效的2级整型流水线
- 单周期32x32整型乘法阵列(结果只支持32位)
- SWD (Serial Wire Debug)调试接口

1.3.2 协处理器(COP)

- 有符号或者无符号32位运算
- 支持32位被除数和32位除数，输出32位商和余数，支持除数零溢出错误中断
- 支持32位开方运算
- 9个HCLK周期运算时间

1.3.3 存储(Memory)

- 48/32KB的内部程序闪存，支持IFP保护，ISP保护，保护区的大小可配置
- 2KB的独立数据闪存，数据Flash更新时，不会中断程序运行
- 12KB的内部SRAM，部分空间支持写保护
- User Option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)
- 小端(little-endian)存储方式

1.3.4 可嵌套中断控制器(NVIC)

- 每个中断源都有固定的向量地址
- 每个中断都有独立的优先级、使能或者禁止控制
- 支持中断嵌套
- 支持陷阱功能
- 全局中断使能控制
- 可单独配置唤醒事件的使能/禁止(可配置为唤醒后不入中断)

1.3.5 系统控制器(SYSCON)

- 24MHz内部主振(IMOSC)， $\pm 2\%$ 偏差@全温度
- 内部PLL锁相环振荡器，可配置x2或x3，频率最高72MHz
- 27KHz内部辅振(ISOSC)， $\pm 8\%$ 偏差@全温度

- 内部振荡器均支持软件粗调
- 可编程的时钟分频器
- 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
- 复位检测和管理(RSTID)

1.3.6 事件触发选择控制器(ETCB)

- 支持可配置的片内模块间互联触发
- 支持8个触发通道，其中2个一对多通道
- 4个通道支持延时触发，2个通道支持DMA触发
- 每个通道支持64个SYNCIN目标事件输入选择和64个TRG事件源输出选择
- 每个通道均支持软件触发

1.3.7 校验控制器(CRC)

- 支持基于Byte, Half-word, Word的写操作
- 可选的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: $X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$
- 可编程种子值
- 可编程的大小端设置(LSB优先或者MSB优先)和选择输入数据及CRC校验和以补码形式操作

1.3.8 直接存储器访问控制器(DMA)

- 1个控制器，支持2个通道
- 灵活可配置的读取地址和目标地址
- 触发源由ETCB控制，支持所有内部触发事件

1.3.9 独立看门狗定时器(IWDT)

- 复位时间可配置
- 可配置定时提醒中断
- 独立工作在内部辅晶振(27KHz时钟)下的可编程12位递减计数器

1.3.10 窗口看门狗定时器(WWDT: 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

1.3.11 16位通用定时器/计数器(GPTA)

- 两种计数模式：递增、递增递减
- 支持2个输出通道
- 支持捕获模式，支持定向存储(2个捕获值)和轮动存储(最多4个捕获值)
- 支持ETCB事件联动
- 支持GPTA/GPTB/EPT间寄存器设置直接联动

1.3.12 16位增强型通用定时器/计数器(GPTB)

- 三种计数模式：递增、递减、递增递减
- 支持2个输出通道
- 支持互补输出，死区控制
- 支持掩码功能
- 支持刹车功能
- 支持捕获模式，支持定向存储(2个捕获值)和轮动存储(最多4个捕获值)
- 支持相位设置
- 支持ETCB事件联动
- 支持GPTA/GPTB/EPT间寄存器设置直接联动

1.3.13 16位增强型定时器/计数器(EPT)

- 三种计数模式：递增、递减、递增递减
- 支持6个输出通道
- 支持互补输出，死区控制
- 支持掩码功能
- 支持失效捕获功能
- 支持开窗触发事件，可以实现输出管脚上的状态变化同步控制CMP的窗口滤波器
- 支持刹车功能
- 支持ETCB事件联动
- 支持GPTA/GPTB/EPT间寄存器设置直接联动

1.3.14 基础计时器 (BT)

- 16位的递增计数器，支持自动重载功能
- 支持PWM波形输出
- 计数周期可设置
- 支持触发事件计数
- 支持比较中断、周期中断和溢出中断

- 支持ETCB事件联动

1.3.15 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

1.3.16 16位定时器3(TC3)

- 计时和定时功能
- 支持STOP模式唤醒功能
- 蜂鸣器频率输出

1.3.17 通用异步收发器(UART)

- 支持7、8位数据长度
- 可编程的波特率
- 支持自动波特率检测

1.3.18 同步串行总线(LPI2C)

- 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400Kbit/s
- 7位或者10位寻址
- 从机地址支持多种匹配方式
- 支持低功耗唤醒
- 支持软件复位

1.3.19 同步外设接口(SPI)

- 可编程的数据帧长度：4到16位
- 支持主机和从机模式
- 支持1depth x 32bit的发送FIFO和接收FIFO

1.3.20 模数转换器(ADC)

- 12位模式支持最快2.25MSPS转换速度
- 多达26个模拟输入通道供选择，4个特定通道支持buffer输入，其中一个为TS专用
- 参考电压可以选择VDD、INTVREF(1.5V/2.5V)、FVR(2.048V/3.072V/4.096V)
- ADC输入支持外部ADCIN、1/5VDD、VSS、内部高精度电压参考源(INTVREF)或OPA输入
- 支持单次转换和连续转换模式
- 最高可设置10个转换序列，可灵活配置转换通道，转换顺序，转换次数

- 可配置的采样优先级

1.3.21 数模转换器(DA Converter)

- 转换速度最快支持1Mbps
- 可作为CMP的负向输入

1.3.22 模拟电压控制(ACTRL)

- 内部电压参考源(INTVREF: Internal Voltage Reference): 1.5V/2.5V
 - 可作为ADC的采样通道输入
 - 作为ADC的VREF输入(ADC必须工作在低速状态下)
- 内部固定电压源(FVR: Fixed Voltage Reference): 2.048V/3.072V/4.096V
 - 可作为ADC的VREF输入
 - 可作为CMP的负端输入
 - 可作为OPA的基准电压(CM)

1.3.23 运算放大器(OPA: Operational Amplifier)

- 支持2个独立的轨到轨运算放大器
- 支持外部增益和可配置的内部增益控制
- 运放输入同相和反相端内置钳位二极管
- 支持单端和差分输入模式
- 输出可以作为ADC的采样输入

1.3.24 模拟比较器(CMP: Comparator)

- 支持2个独立的模拟比较器
- 可配置的数字去抖滤波器
- 支持软件窗口滤波器
- 可配置的硬件窗口滤波器，支持来自其他模块的事件实现开窗或关窗操作

1.3.25 通用IO (GPIO)

- 28管脚: 最多26个GPIO
- 推挽输出和开漏输出可配置，上下拉电阻可配置
- 所有管脚的数字复用功能(包括EXI)全部可以重映射
- 特定管脚支持5T和TTL性能
- 支持输出状态监测

1.3.26 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，逻辑状态保
- 可配置唤醒源：外部中断，IWDG中断，LVD中断，TC3中断

1.3.27 上电复位(POR: Power On Reset)

- 复位电压：1.6V

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

- 可配置成低电压复位功能，可选8个电压值 (1.9V/2.2V/2.5V/2.8V/3.1/3.4/3.7/4.0).
- 可配置成低电压产生中断，可选8个电压值 (2.1V/2.4V/2.7V/3.0V/3.3/3.6/3.9/LVDIN).

1.3.29 工作电压范围

- 1.8V to 5.5V

1.3.30 工作频率范围

- 内部振荡器：IMOSC: 24 MHz; PLL: 72MHz(max)

1.3.31 工作温度范围

- - 40 to 105°C

1.3.32 封装

- QFN32
- TSSOP28
- QFN28
- SSOP24
- TSSOP20
- QFN20

1.4 模块框图

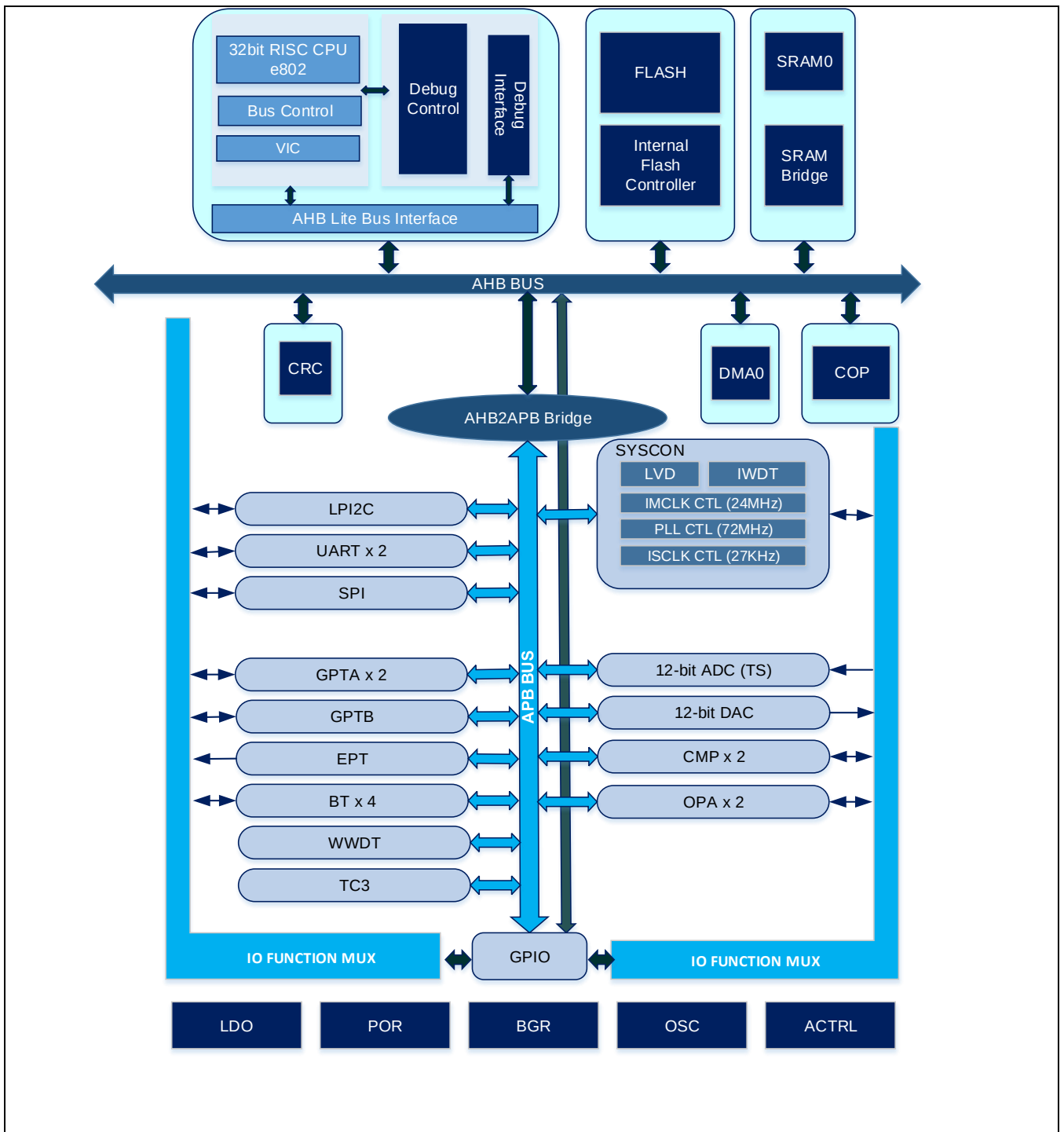


Figure - APT32F1701模块框图

2

管脚配置

2.1 概要

本章节描述APT32F1701产品的管脚功能信息。

包含：

- 管脚映射图
- 管脚分配表
- 管脚描述
- Pad电路类型

2.2 管脚定义图

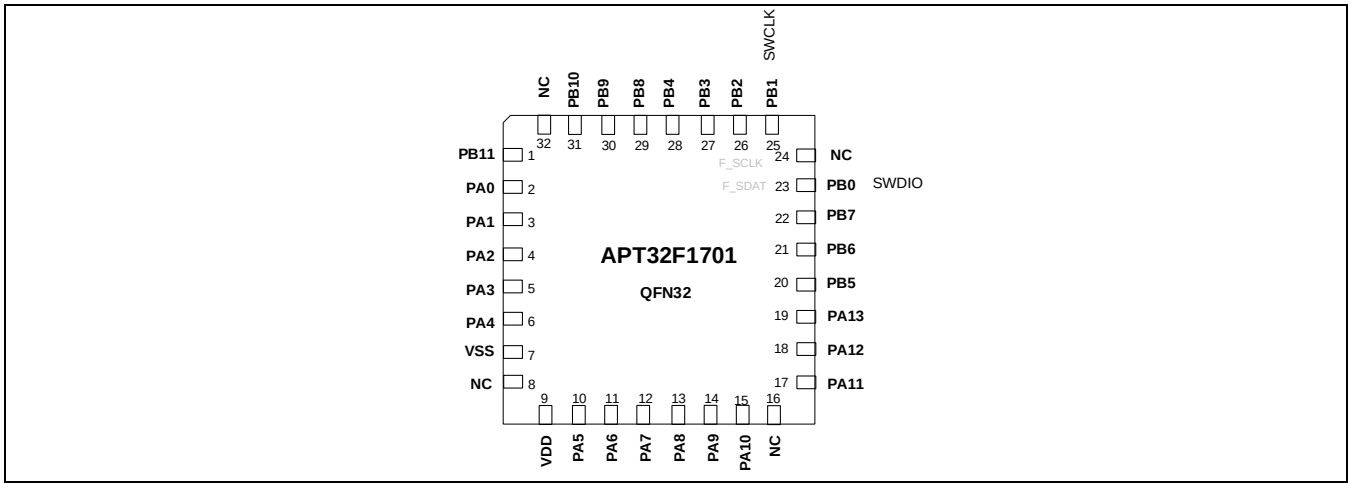


Figure 2-1 管脚定义图(QFN32)

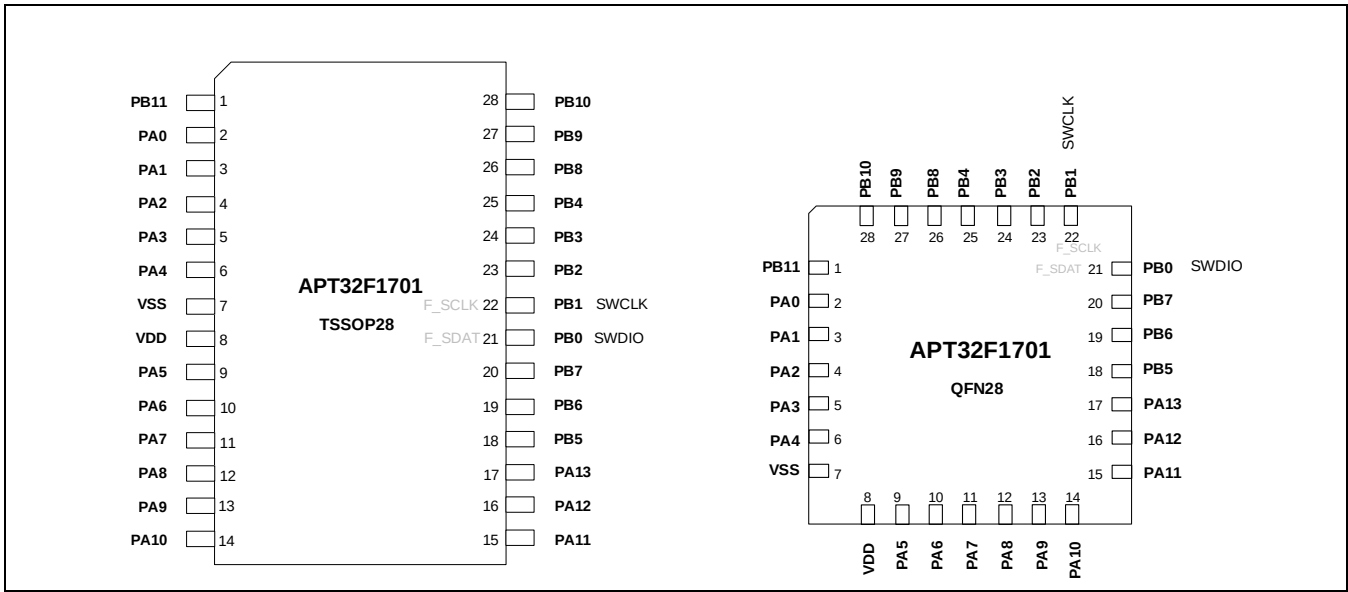


Figure 2-2 管脚定义图(TSSOP28, QFN28)

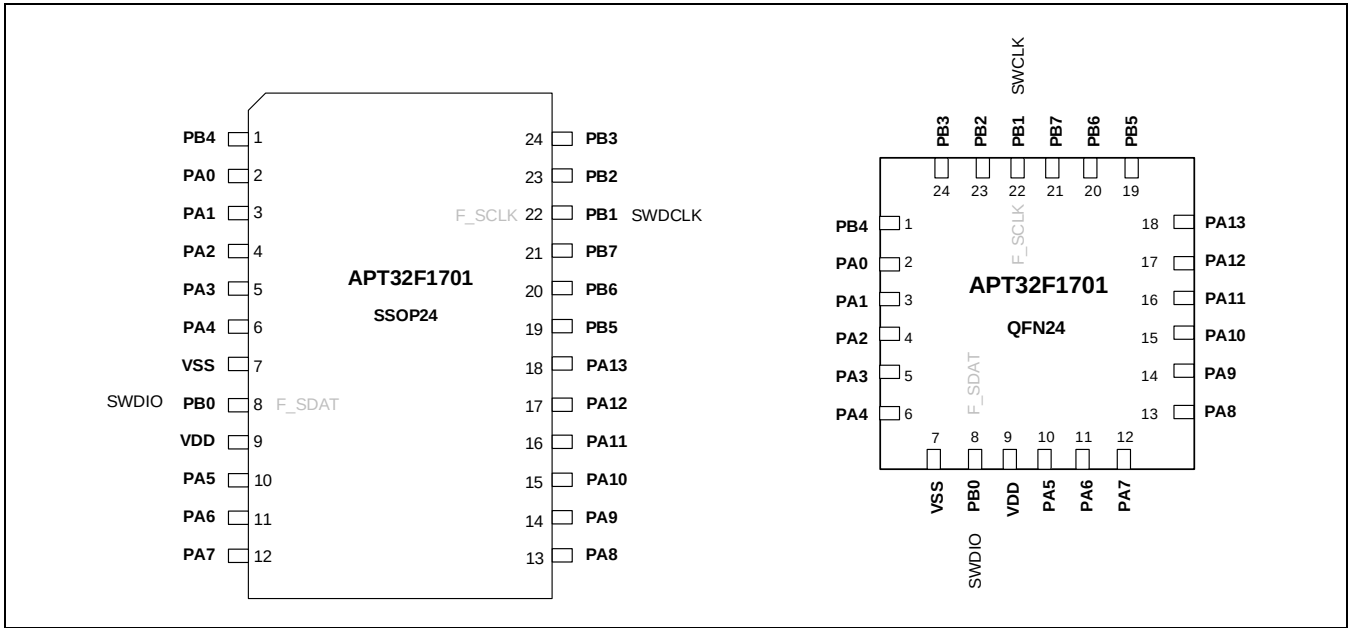


Figure 2-3 管脚定义图(SSOP24, QFN24)

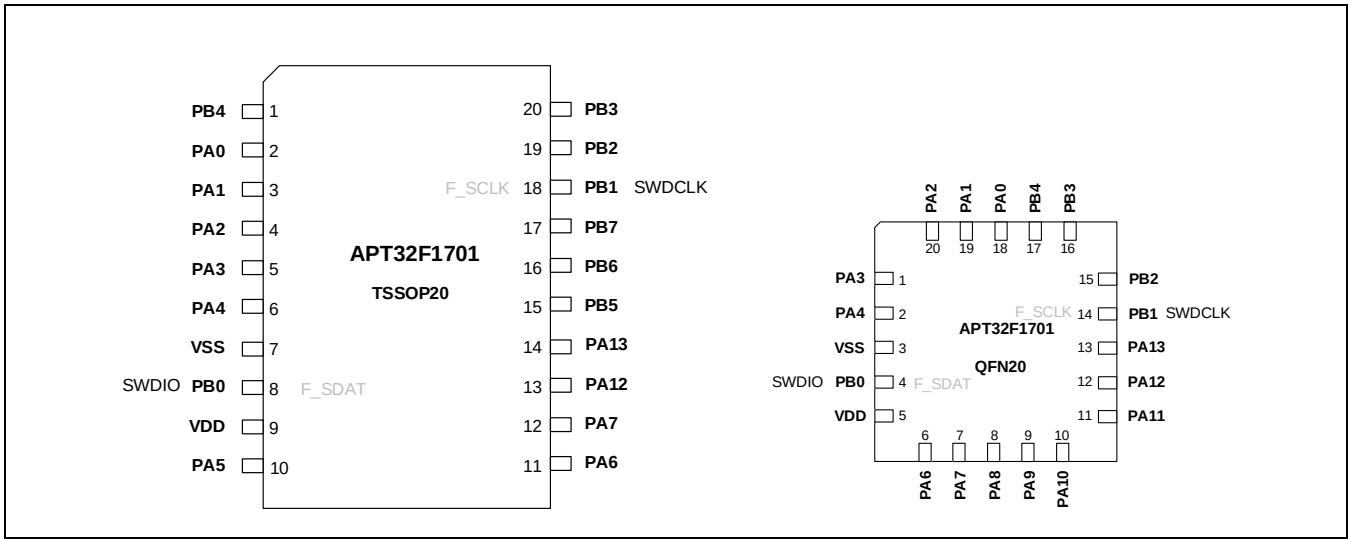


Figure 2-4 管脚定义图(TSSOP20, QFN20)

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 2-5 管脚功能分配, 依照管脚号排序

QFN32	TSSOP28	SSOP24	QFN28	QFN24	QFN20	TSSOP20	GPIO (0/1/2/3)	Digital Function MUX AF1 ⁽¹⁾ (4)	AF2 (5)	Analog Functions ⁽²⁾ (0)			EXI (1)	5T ⁽⁶⁾	TTL	Default	Reset Status
1	1		1				PB11	digi-func	-	-	-	ADIN1 ⁽³⁾	EXI11	-	-	IO	Z
2	2	2	2	2	18	2	PA0	digi-func	-	-	-	ADIN3	EXI0	Y	Y	IO	Z
3	3	3	3	3	19	3	PA1	digi-func	-	-	-	ADIN4	EXI1	Y	Y	IO	Z
4	4	4	4	4	20	4	PA2	digi-func	-	CP0P5/CP1P5	OPA0X	ADIN5	EXI2			IO	Z
5	5	5	5	5	1	5	PA3	digi-func	-	CP0P4/CP1N2	OPA0N	ADIN6	EXI3	-	-	IO	Z
6	6	6	6	6	2	6	PA4	digi-func	-	CP1P0	OPA0P	ADIN7	EXI4	-	-	IO	Z
7	7	7	7	7	3	7	VSS	-	-	-	-	-	-	-	-	GND	G
-	-	8	-	8	4	8	PB0	digi-func	SWDIO ^{(4) (5)}	-	-	ADIN19	EXI0	Y	-	SWD	UP
9	8	9	8	9	5	9	VDD	-	-	-	-	-	-	-	-	PWR	P
10	9	10	9	10		10	PA5	digi-func	-	-	-	ADIN8	EXI5	-	-	IO	Z
11	10	11	10	11	6	11	PA6	digi-func	-	CP1N0	-	ADIN2 ⁽³⁾	EXI6	-	-	IO	Z
12	11	12	11	12	7	12	PA7	digi-func	-	CP1P1	DAC_OUT	ADIN9	EXI7	-	-	IO	Z
13	12	13	12	13	8		PA8	digi-func	-	CP1P2	-	ADIN10	EXI8	-	-	IO	Z
14	13	14	13	14	9		PA9	digi-func	-	CP0P3/CP1P3	-	ADIN11	EXI9	-	-	IO	Z
15	14	15	14	15	10		PA10	digi-func	-	CP0P2	-	ADIN12	EXI10	-	-	IO	Z
17	15	16	15	16	11		PA11	digi-func	-	CP0P1	-	ADIN13	EXI11	-	-	IO	Z
18	16	17	16	17	12	13	PA12	digi-func	-	CP0P0	-	ADIN14	EXI12	-	-	IO	Z
19	17	18	17	18	13	14	PA13	digi-func	-	CP0N0	VREF	ADIN15	EXI13	-	-	IO	Z
20	18	19	18	19		15	PB5	digi-func	-	-	-	ADIN16	EXI5	-	-	IO	Z
21	19	20	19	20		16	PB6	digi-func	-	-	-	ADIN17	EXI6	Y	-	IO	Z
22	20	21	20	21		17	PB7	digi-func	-	-	-	ADIN18	EXI7	Y	-	IO	Z
23	21		21				PB0	digi-func	SWDIO ^{(4) (5)}	-	-	ADIN19	EXI0	Y	-	SWD	UP
25	22	22	22	22	14	18	PB1	digi-func	SWDCLK ^{(4) (5)}	-	-	ADIN20	EXI1	Y	-	SWD	UP
26	23	23	23	23	15	19	PB2	digi-func	-	CP1P4	OPA1P	ADIN21	EXI2	-	-	IO	Z
27	24	24	24	24	16	20	PB3	digi-func	-	CP0N1/CP1N1	OPA1N	ADIN22	EXI3	-	-	IO	Z
28	25	1	25	1	17	1	PB4	digi-func	-	CP0P6/CP1P6	OPA1X	ADIN23	EXI4	-	-	IO	Z
29	26	-	26	-	-	-	PB8	digi-func	-	-	-	ADIN24	EXI8	-	-	IO	Z
30	27	-	27	-	-	-	PB9	digi-func	-	-	LVDIN	ADIN25	EXI9	-	-	IO	Z
31	28	-	28	-	-	-	PB10	digi-func	-	-	-	ADIN0 ⁽³⁾	EXI10	-	-	IO	Z
8	-	-	-	-	-	-	NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注意:

- 1) 当GPIOx_CONHR/LR[Px] = 4时, 可以通过配置GPIOx[DFMR0~3], 将任意管脚配置为芯片支持的任意数字AF功能。其中GPIOA0[DFMR0]实现PA0~PA3的配置; GPIOA0[DFMR1]实现PA4~PA7的配置; 以此类推。配置值和数字AF功能对应关系

系见下表。

Table 2-6 管脚功能分配，依照管脚号排序

GPIO[DFMR0~3]	digi-func
1	UART0_TX
2	UART0_RX
3	UART1_TX
4	UART1_RX
5	I2C0_SCL
6	I2C0_SDA
7	SPI0_NSS
8	SPI0_SCK
9	SPI0_MISO
10	SPI0_MOSI
11	EPT_CHAX
12	EPT_CHAY
13	EPT_CHBX
14	EPT_CHBY
15	EPT_CHCX
16	EPT_CHCY
17	EBI0
18	EBI1
19	EBI2
20	EBI3
21	GPT_CGIN
22	GPTA0_CHA
23	GPTA0_CHB
24	GPTA1_CHA
25	GPTA1_CHB
26	GPTB0_CHAX
27	GPTB0_CHAY
28	BT0_OUT
29	BT1_OUT
30	BT2_OUT
31	BT3_OUT
32	WTBUZ
33	CLO
34	DBGMON
35	COMP0_OUT

36	COMP1_OUT
----	-----------

- 2) Analog Function 不需要额外的配置，有几个注意事项
 - a) 管脚功能需要设置为GPD。
 - b) 输入功能将被所有涉及的模拟模块看见。例如，如果PB9外接ADC用的模拟输入电平，当电平下落到LVDIN时，可以同时触发LVD中断。所以如果系统不需要LVD中断，需要关闭LVD功能或LVD中断。
 - c) 同时使用输出和输入功能时，相当于片内将管脚短接。要确保和应用电路目的一致。
- 3) 上标(3)的ADIN管脚支持输入buffer。
- 4) SWDIO, SWDCLK为外部闪存烧录工具和调试器接口信号。
- 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SYSCON 调试管脚的复用章节。
- 6) 5T: 5V tolerance。5T口上拉使能时，由于内部不是直接上拉到VDD，存在的压差会影响导向器工作形成漏电。在低功耗状态下，该电流可能不能忽略。如果该口作为SWD管脚（此时上拉默认使能），建议增加外部20K Ω 电阻上拉到VDD，避免压差的存在。

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
- 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 2-7 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 普通模块功能管脚

Table 2-8 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	PAx	I/O	通用IO A	D
	PBx	I/O	通用IO B	D

2.4.3 调试接口管脚

Table 2-9 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

2.4.4 闪存烧录工具管脚

Table 2-10 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
	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 端口直流特性

Table 3-3 I/O 端口直流特性

($T_A = -40$ 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
输入高电压	$V_{IH0}^{①}$	所有端口, 非TTL模式 $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V	$0.8 V_{DD}$	—	V_{DD}	V
	$V_{IH10}^{①}$	TTL1模式(TTL口) $V_{DD} > 3.0\text{V}$	1.6	—	V_{DD}	V
	$V_{IH11}^{①}$	TTL2模式(TTL口) $V_{DD} > 2.0\text{V}$	1.2	—	V_{DD}	V
输入低电压	$V_{IL0}^{①}$	所有端口, 非TTL模式 $V_{DD} = 1.8\text{V}$ to 5.5V	—	—	$0.2 V_{DD}$	V
	$V_{IL10}^{①}$	TTL1模式(TTL口) $V_{DD} > 3.0\text{V}$	—	—	0.6	V
	$V_{IL11}^{①}$	TTL2模式(TTL口) $V_{DD} > 2.0\text{V}$	—	—	0.4	V
输出高电压	$V_{OH0}^{①}$	$I_{OH0} = -30\text{mA}$, $V_{DD} = 5\text{V}$ (除5T外所有端口)	$V_{DD} - 1.0$	—	—	V
	$V_{OH1}^{①}$	$I_{OH1} = -15\text{mA}$, $V_{DD} = 5\text{V}$ (5T口)	$V_{DD} - 1.0$	—	—	V
输出低电压	$V_{OL}^{①}$	$I_{OL1} = 40\text{mA}$, $V_{DD} = 5\text{V}$ (所有端口)	—	—	1	V
高输入漏电流	$I_{LIH}^{①}$	所有端口, $V_{IN} = V_{DD}$	—	—	1	μA
低输入漏电流	$I_{LIL}^{①}$	所有端口, $V_{IN} = 0$	—	—	-1	μA
上拉电阻	$R_{PU}^{①}$	$V_{DD} = 5\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}$	25	50	75	$\text{k}\Omega$
下拉电阻	$R_{PD}^{①}$	$V_{DD} = 5\text{V}$, $V_{IN} = 5\text{V}$	25	50	75	$\text{k}\Omega$

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} [®]	所有端口		10		MHz
输出最大频率	IOF _{OUT} [®]	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）。

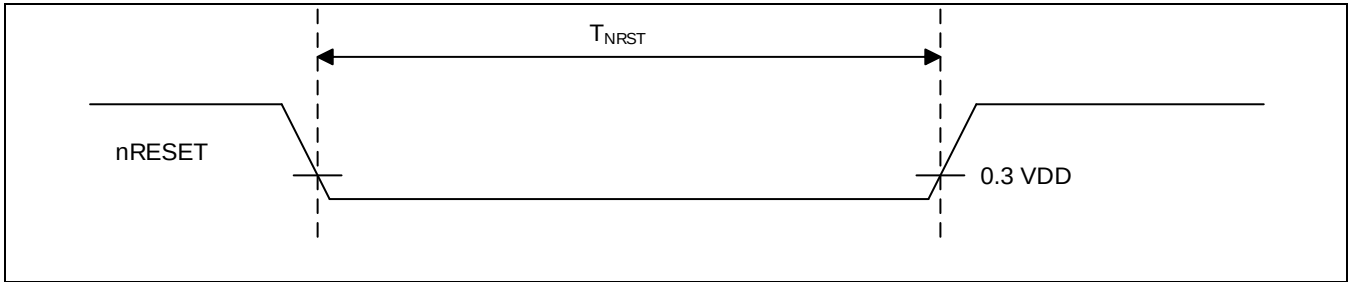


Figure 3-1 nRESET 输入时序

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

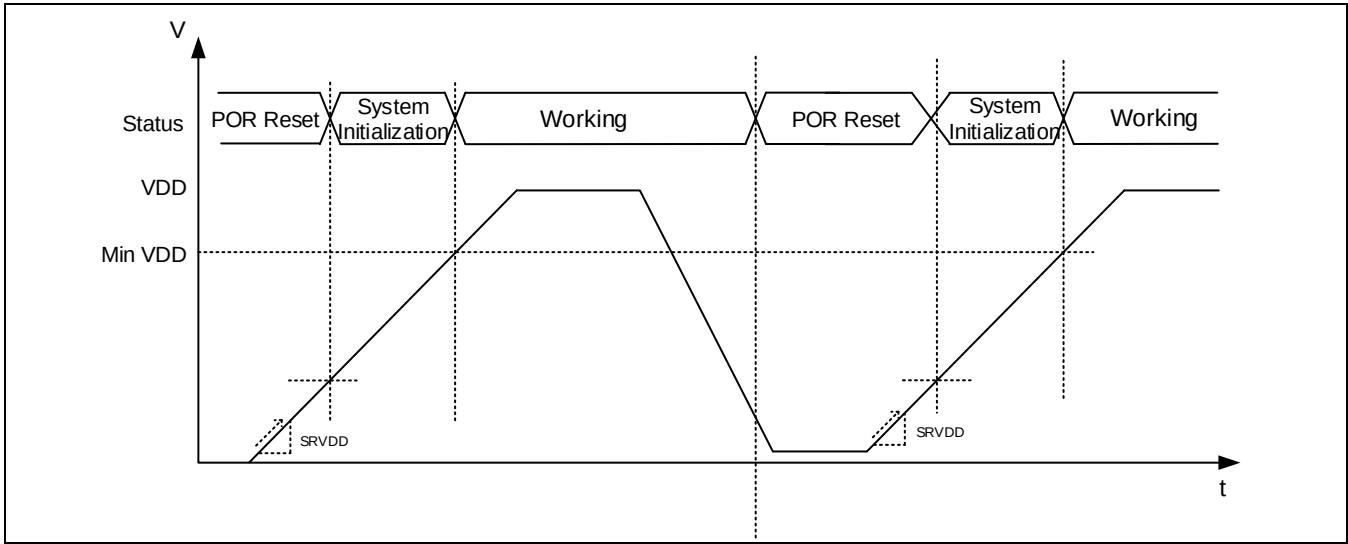


Figure 3-2 上电和掉电示意图

3.8 振荡器特性

系统中包括四种振荡器：

- 内部主振荡器
- 内部副振荡器

3.8.1 内部主振荡器特性

Table 3-7 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	$F_{IMOSC}^{②}$		-	24	-	MHz
占空比	$T_{OD}^{②}$	-	40	50	60	%
校准后精度	$T_{ACC00}^{①}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$T_{ACC01}^{②}$	$T_A = 85^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$T_{ACC02}^{②}$	$T_A = -40$ to 105°C	-2	-	2	%
稳定时间	$T_{STA}^{⑧}$	电源电压达到最低工作值后	—	—	10	Clk

3.8.2 内部副振荡器特性

Table 3-8 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	$F_{ISOSC}^{②}$	-	-	27	-	KHz
占空比	$T_{OD}^{②}$	-	40	50	60	%
精度	$T_{ACC10}^{①}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$T_{ACC11}^{②}$	$T_A = 85^\circ\text{C}$	-2	-	2	%
	$T_{ACC12}^{②}$	$T_A = -40$ to 105°C	-8	-	8	%
稳定时间	$T_{STA}^{⑧}$	电源电压达到最低工作值后	—	—	10	Clk

3.8.3 PLL振荡器特性

Table 3-9 PLL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	$F_{PLLOSC1}^{②}$	IMOSCx3	-	72	-	MHz
	$F_{PLLOSC2}^{②}$	IMOSCx2	-	48	-	MHz
占空比	$T_{OD}^{②}$	-	40	50	60	%
精度（使用IMOSC作为源时）	$T_{ACC20}^{①}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$, IMOSCx3	-1	-	1	%

	$T_{ACC21}^{②}$	$T_A = 85^{\circ}\text{C}$, IMOSCx3	-1	-	1	%
	$T_{ACC22}^{②}$	$T_A = -40$ to 105°C , IMOSCx3	-2	-	2	%
	$T_{ACC23}^{①}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, IMOSCx2	-1	-	1	%
	$T_{ACC24}^{②}$	$T_A = 85^{\circ}\text{C}$, IMOSCx2	-1	-	1	%
	$T_{ACC25}^{②}$	$T_A = -40$ to 105°C , IMOSCx2	-2	-	2	%
稳定时间	$T_{STA}^{⑧}$	电源电压达到最低工作值后	-	-	10	Clk

3.9 工作电流

Table 3-10 工作电流

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

参数	符号	模式	条件	V _{DD}	最小值	典型值	最大值	单位
工作电流	I _{DD10} ^②	Run 正常工作	T _A = 25°C SYSCLK = 24MHz	5V	—	1.5	—	mA
	I _{DD11} ^②		T _A = 25°C SYSCLK = 48MHz	5V	—	3.0	—	
	I _{DD12} ^②		T _A = 25°C SYSCLK = 72MHz	5V	—	4.0	—	
	I _{DD20} ^②	Sleep CPU时钟 关闭	T _A = 25°C SYSCLK = 24MHz	5V	—	1.2	—	mA
	I _{DD21} ^②		T _A = 25°C SYSCLK = 48MHz	5V	—	1.8	—	
	I _{DD22} ^②		T _A = 25°C SYSCLK = 72MHz	5V	—	2.1	—	
	I _{DD30} ^①	Deep sleep 所有时钟 及模拟模 块关闭	T _A = 25°C	5V	—	5	10	uA
	I _{DD31} ^②		T _A = 85°C	5V	—	65	—	
	I _{DD32} ^①		T _A = -40~105°C	5V	—	—	100	

NOTE: 工作电流不包括 I/O 端口的上拉、下拉电流.

3.10 低压复位监测特性

Table 3-11 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)	V _{thrf0} ^①	—	1.8	1.9	2.0	V
	V _{thrf1} ^①		2.1	2.2	2.3	
	V _{thrf2} ^①		2.4	2.5	2.6	
	V _{thrf3} ^①		2.7	2.8	2.9	
	V _{thrf4} ^①		2.95	3.1	3.25	
	V _{thrf5} ^①		3.25	3.4	3.55	
	V _{thrf6} ^①		3.55	3.7	3.85	
	V _{thrf7} ^①		3.85	4.0	4.15	
低压监测电压 (V _{DD} 下降沿)	V _{thdf0} ^①	—	2.0	2.1	2.2	
	V _{thdf1} ^①		2.3	2.4	2.5	
	V _{thdf2} ^①		2.6	2.7	2.8	
	V _{thdf3} ^①		2.85	3.0	3.15	
	V _{thdf4} ^①		3.15	3.3	3.45	
	V _{thdf5} ^①		3.45	3.6	3.75	
	V _{thdf6} ^①		3.75	3.9	4.05	
	V _{thdf7} ^①		0.9	1.0 (LVDIN)	1.1	
迟滞电压	ΔV _{LVD} ^②	—	—	200	—	mV
迟滞电压	ΔV _{LVR} ^②	—	—	200	—	mV
工作电流	I _{CC} ^②	—	—	9	—	uA
关断电流	I _{PD} ^③	—	—	0.1	—	uA

3.11 12位模/数转换器特性

Table 3-12 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	$V_{ADC}^{(1)}$	—	1.8	5	5.5	V
基准参考电压	$V_{REF}^{(2)}$	$V_{REF} < V_{ADC}$	2	5	5.5	V
输入电压范围	$V_{AIN}^{(2)}$	—	0	—	V_{REF}	V
转换速率	$F_S^{(2)}$	—	—	—	2.25	MHz
微分非线性	$DNL^{(2)}$	$F_S = 0.5\text{MHz}$ $V_{ADC} = 5\text{V}$	—	-	± 2.0	LSB
积分非线性	$INL^{(2)}$		—	-	± 4.0	
偏移误差	$TOFF^{(2)}$		—	-	± 10.0	
	$BTOFF^{(2)}$		—	-	± 10.0	
工作电流	$I_{OP}^{(2)}$	—	—	1	—	mA
关断电流	$I_{PD}^{(2)}$	—	—	1	—	μA
ADC时钟频率	$F_{ADC}^{(2)}$	—	—	—	48	MHz
ADC转换周期	$T_{CONV}^{(2)}$	$T_{sample} = 8$	—	24	—	T_{ADC}
外部信号源电阻	$R_{AIN}^{(2)}$	$F_{ADC} = 1\text{MHz}$ $V_{ADC} = 5\text{V}$ $T_{sample} = 8$	—	—	50	$\text{K}\Omega$

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 的外部信号源电阻和 ADC 的工作时钟频率以及采样周期数有关。 C_{ADC} 为内部采样保持电容，该电容的充电时间需要满足 $T_C = 10 \times (R_{ADC} + R_{AIN}) \times C_{ADC}$ 。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。

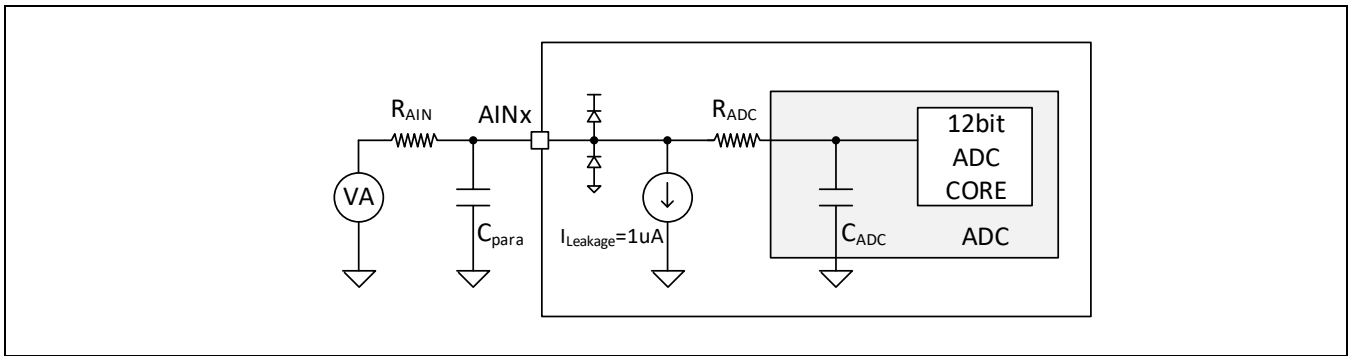


Figure 3-3 ADC采样连接图

3.12 10位数/模拟转换器特性

Table 3-13 10位数\模转换器特性

(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
最大转化速率	F _s ^②		—	—	1	MSPS
输出电压范围	V _{out} ^②	使用 Buffer	0.2	—	V _{ref} -0.2	V
驱动电流	I _{drv} ^③	使用 Buffer	1	—	—	mA
容性负载	C _L ^③	使用 Buffer	—	—	50	pF
电流	I _{OP} ^②	正常运行模式	—	50	—	uA
	I _{PD} ^③	powerdown 模式	—	1	—	uA
微分非线性	DNL ^③	V _{ref} = 5.0V	—	±0.5	±1	LSB
积分非线性	INL ^③	V _{ref} = 5.0V	—	±1	±2	LSB
偏移误差	V _{OS} ^②	V _{ref} = 5.0V	—	±2	± 4	LSB

3.13 运算放大器特性

Table 3-14 运算放大器特性

(T_A = -40 to 105°C, V_{DD} = 3V to 5.5V)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压	V _{AMP} ^②	—	3.0	5	5.5	V
输入失调电压	V _{OFF} ^①	—	—	3	10	mV
输入共模电压	V _{ICM} ^②	—	0	—	V _{DD}	V
输出电压范围	V _{OUT} ^②	—	0.2	—	V _{DD} - 0.2	V
输出电流	I _{OUT} ^②	V _{DD} = 5V 1V < V _{OUT} < 4V	0.5	—	—	mA
增益带宽积	GBW ^③	—		2		MHz
开环增益	GA _{OPEN} ^③	—		70		dB
内部增益精度	GAIN ^②	—	-2%	—	2%	—

3.14 比较器特性

Table 3-15 比较器特性

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

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入失调电压	$V_{OFF}^{②}$	—	—	3	10	mV
输入共模电压	$V_{ICM}^{②}$	—	0	—	V_{DD}	V
工作电流	$I_{OP}^{②}$	—	—	60	—	uA
输入漏电流	$I_I^{②}$	—	—	1	—	nA
响应时间	$T_{RESP1}^{③}$	差分输入100mV	—	100	—	nS
迟滞电压	$V_{HYST0}^{③}$	模式0	—	0	—	mV
	$V_{HYST1}^{③}$	模式1	—	10	—	
	$V_{HYST2}^{③}$	模式2	—	15	—	
	$V_{HYST3}^{③}$	模式3	—	25	—	
	$V_{HYST4}^{③}$	模式4	—	35	—	
	$V_{HYST5}^{②}$	模式5	—	45	—	
	$V_{HYST6}^{②}$	模式6	—	55	—	
	$V_{HYST7}^{②}$	模式7	—	65	—	
INTBEMF电阻	$R_{INTBEMF}^{①}$		—	9	—	K Ω

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，参考使用手册二十七章节。比较器。

3.15 内部固定参考电压特性

Table 3-16 内部固定参考电压源特性

($T_A = -40$ 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
低参考电压	$FVRL^{\text{②}}$	$V_{DD} > 2.5\text{V}$	-	2.048	-	V
中参考电压	$FVRM^{\text{②}}$	$V_{DD} > 4.5\text{V}$	-	3.072	-	V
高参考电压	$FVRH^{\text{②}}$	$V_{DD} > 4.5\text{V}$	-	4.096	-	V
低参考电压精度	$V_{accl0}^{\text{①}}$	$V_{DD} > 2.5\text{V}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$V_{accl1}^{\text{②}}$	$V_{DD} > 2.5\text{V}$ $T_A = 85^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$V_{accl2}^{\text{②}}$	$V_{DD} > 2.5\text{V}$ $T_A = -40$ to 105°C	-2	-	2	%
中参考电压精度	$V_{acclm0}^{\text{①}}$	$V_{DD} > 4.5\text{V}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$V_{acclm1}^{\text{②}}$	$V_{DD} > 4.5\text{V}$ $T_A = 85^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$V_{acclm2}^{\text{②}}$	$V_{DD} > 4.5\text{V}$ $T_A = -40$ to 105°C	-2	-	2	%
高参考电压精度	$V_{acch0}^{\text{①}}$	$V_{DD} > 4.5\text{V}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$V_{acch1}^{\text{②}}$	$V_{DD} > 4.5\text{V}$ $T_A = 85^\circ\text{C}$	-1	-	1	%
	$V_{acch2}^{\text{②}}$	$V_{DD} > 4.5\text{V}$ $T_A = -40$ to 105°C	-2	-	2	%

3.16 内部INTVREF参考电压特性

Table 3-17 内部INTVREF参考电压源特性

(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INTVREF参考电压	V _{INTVREF_L} ^②	-	-	1.5	-	V
高INTVREF参考电压	V _{INTVREF_H} ^②	-	-	2.5	-	V
低INTVREF精度	V _{acc0} ^①	V _{DD} = 5.0V T _A = 25°C	-1	-	1	%
	V _{acc1} ^②	V _{DD} = 5.0V T _A = 85°C	-1	-	1	%
	V _{acc2} ^②	V _{DD} = 5.0V T _A = -40 to 105°C	-2	-	2	%
高INTVREF精度	V _{acc0} ^①	V _{DD} = 5.0V T _A = 25°C	-1	-	1	%
	V _{acc1} ^②	V _{DD} = 5.0V T _A = 85°C	-1	-	1	%
	V _{acc2} ^②	V _{DD} = 5.0V T _A = -40 to 105°C	-2	-	2	%

3.17 存储器特性

Table 3-18 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 3-19 FLASH内存的特性

($T_A = -40$ 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
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	$F_{pfnwe}^{\text{®}}$	单一page	100,000	—	—	Times
PFLASH总高压次数 ⁽¹⁾	$F_{pftnwe}^{\text{®}}$	—	—	—	2,000,000	Times
DFLASH擦写次数	$F_{dfnwe}^{\text{®}}$	单一page	100,000	—	—	Times
DFLASH总高压次数 ⁽¹⁾	$F_{dftnwe}^{\text{®}}$	—	—	—	2,000,000	Times
数据保持时间	$F_{tdr}^{\text{®}}$	—	10	—	—	Years
功耗（编程或擦除时）	$F_{idd}^{\text{®}}$	—	—	—	5	mA

NOTE:

(1) 一个page擦写一次算一次

3.18 静电防护（ESD）特性

Table 3-20 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 APT32F1701支持封装类型

QFN32

TSSOP28

QFN28

SSOP24

QFN24

TSSOP20

QFN20

4.2 QFN32

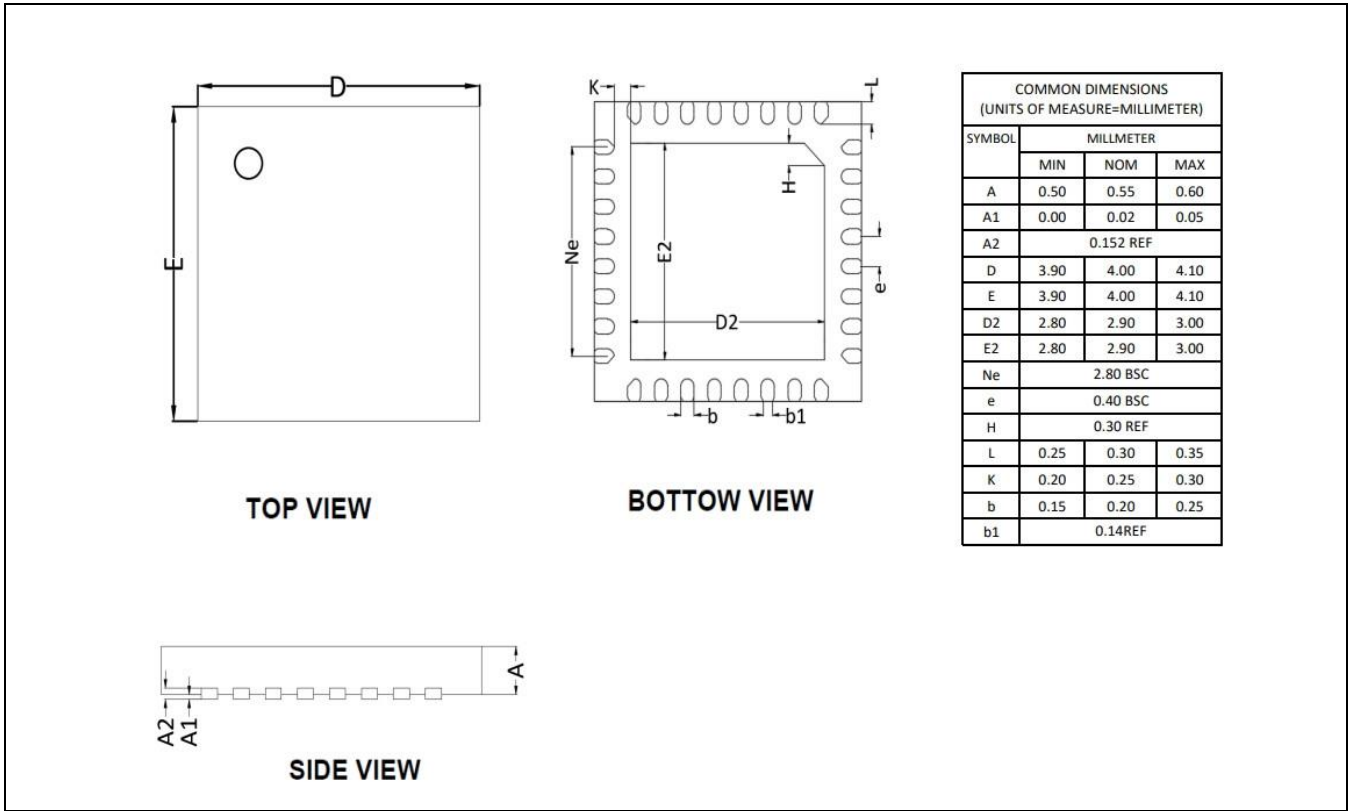


Figure 4-2 QFN32 (P0.4mm)封装尺寸

4.3 TSSOP28

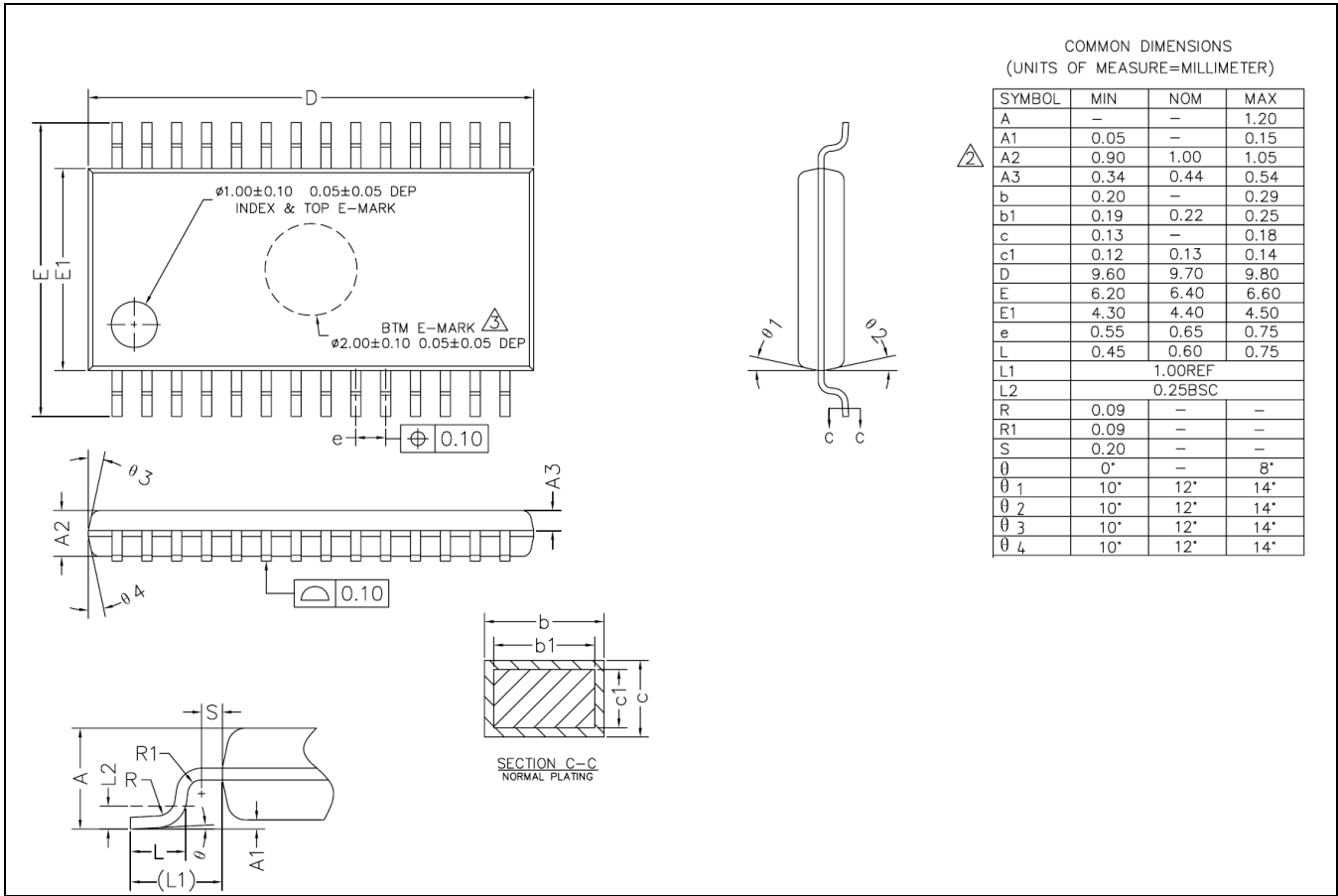


Figure 4-1 TSSOP28 (P0.65mm) 封装尺寸

4.4 QFN28

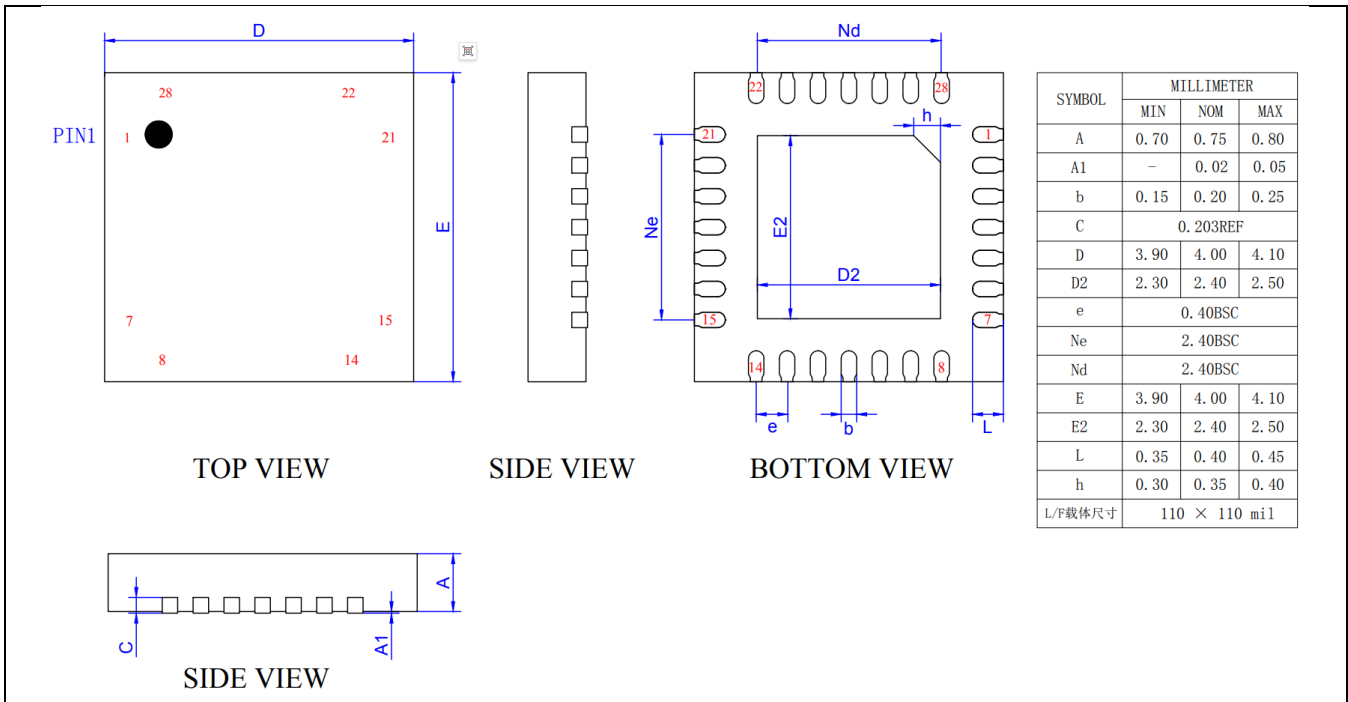


Figure 4-2 QFN28 (4x4x0.75-P0.40mm) 封装尺寸

4.5 SSOP24

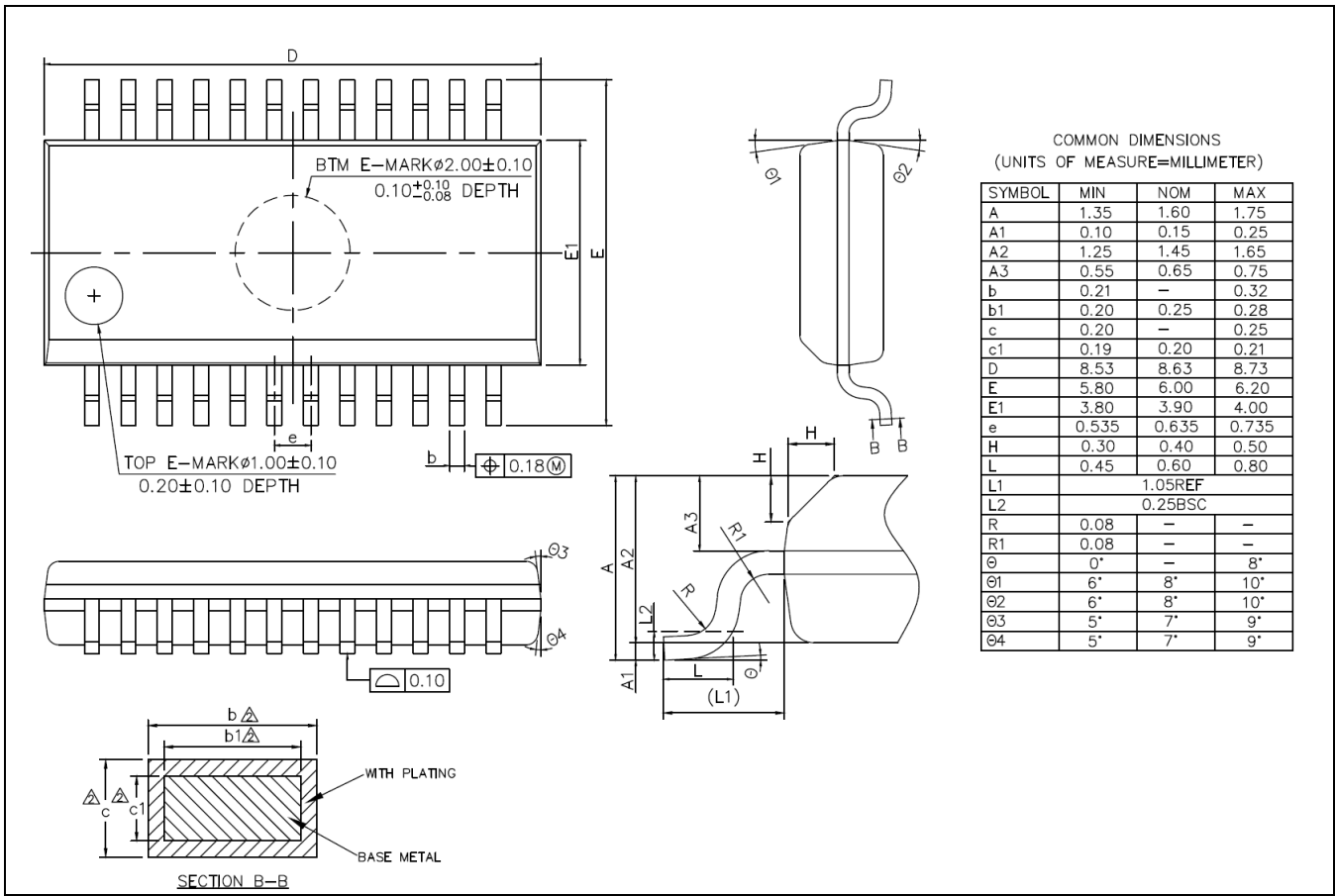


Figure 4-3 SSOP24 (P0.635mm) 封装尺寸

4.6 QFN24

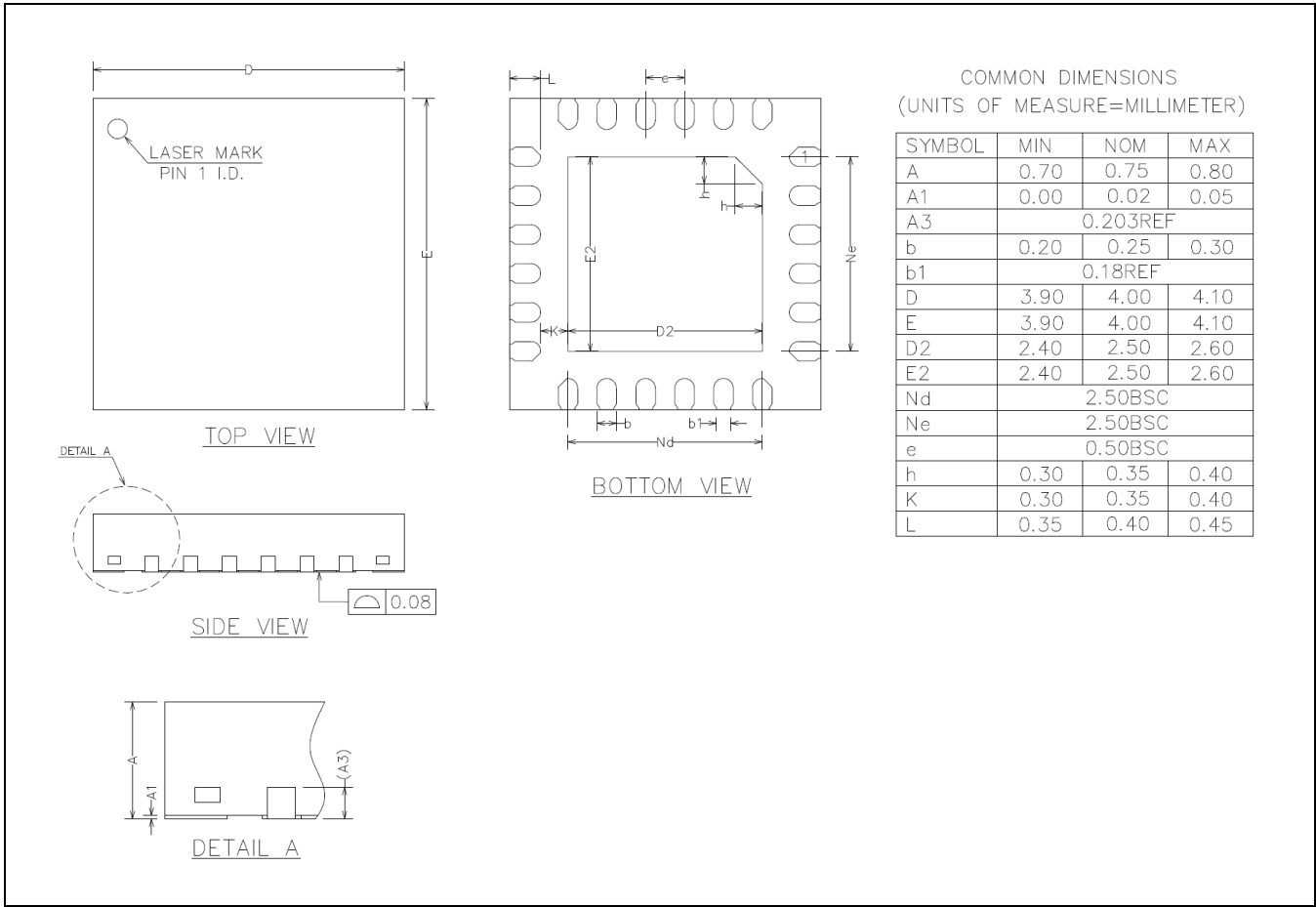


Figure 4-4 QFN24 (4x4x0.75-P0.50mm) 封装尺寸

4.7 TSSOP20

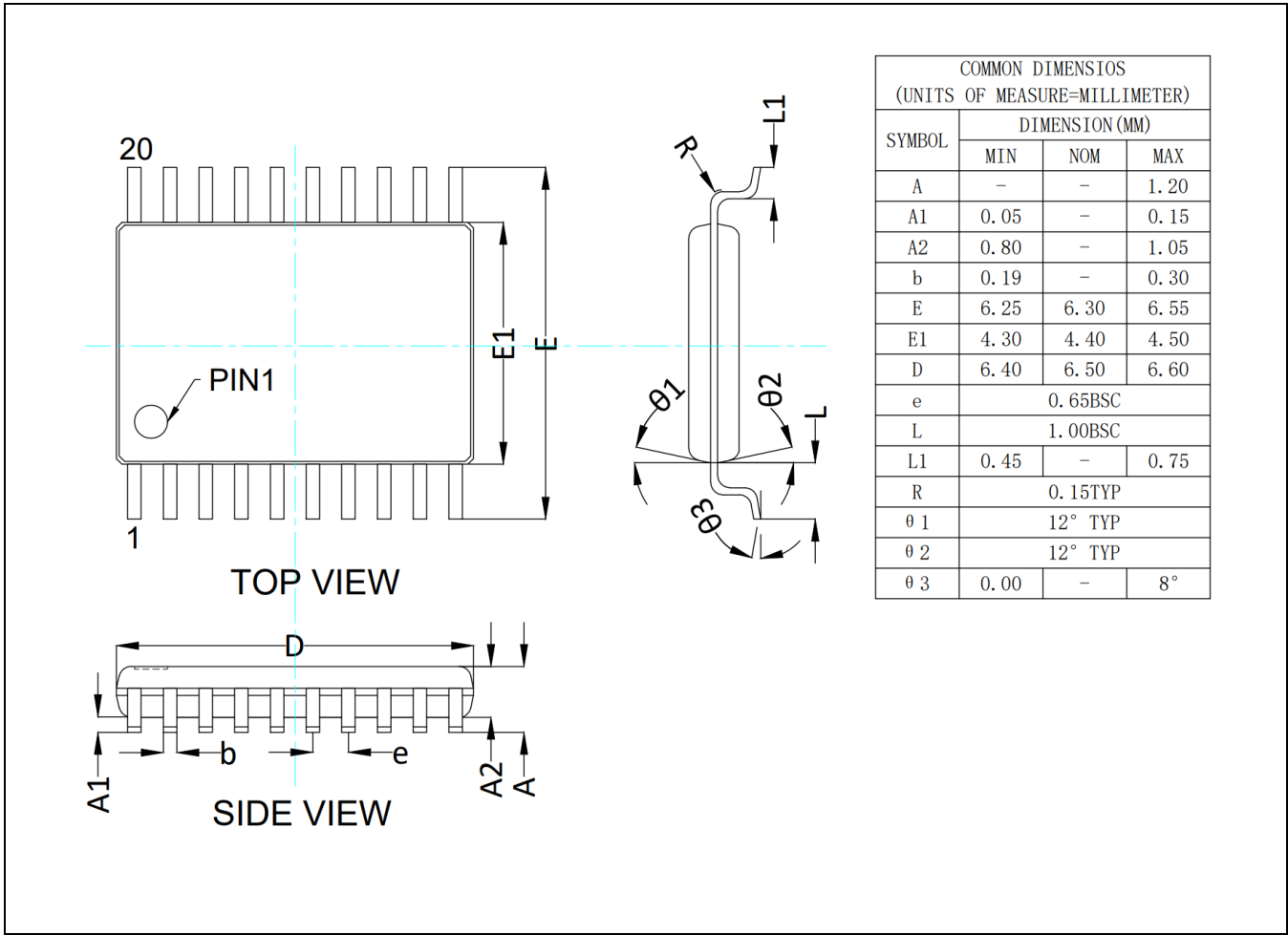


Figure 4-5 TSSOP20 (P0.65 mm) 封装尺寸

4.8 QFN20

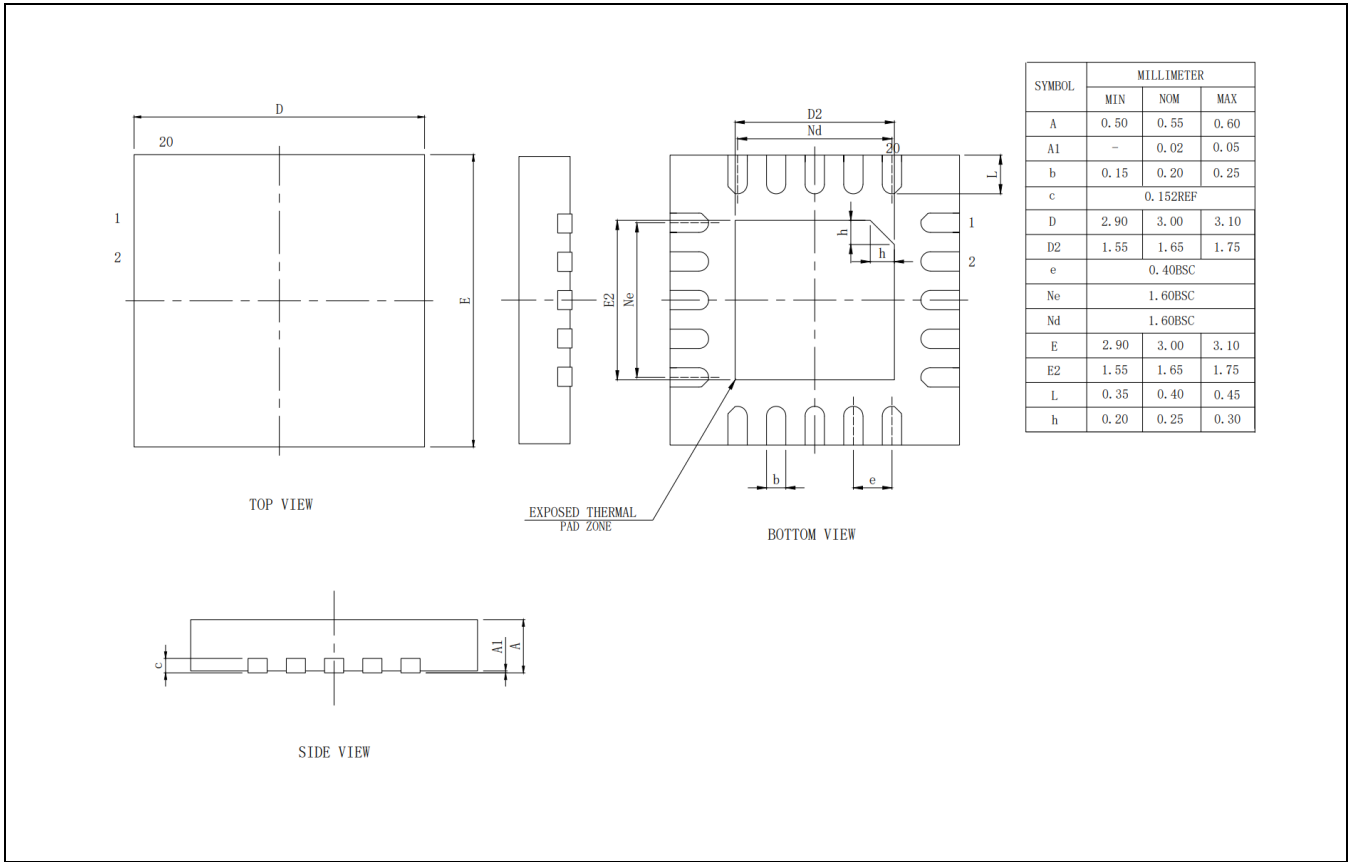


Figure 4-6 QFN20 (3x3x0.55-P0.40mm) 封装尺寸

5 订购信息

5.1 产品命名规范

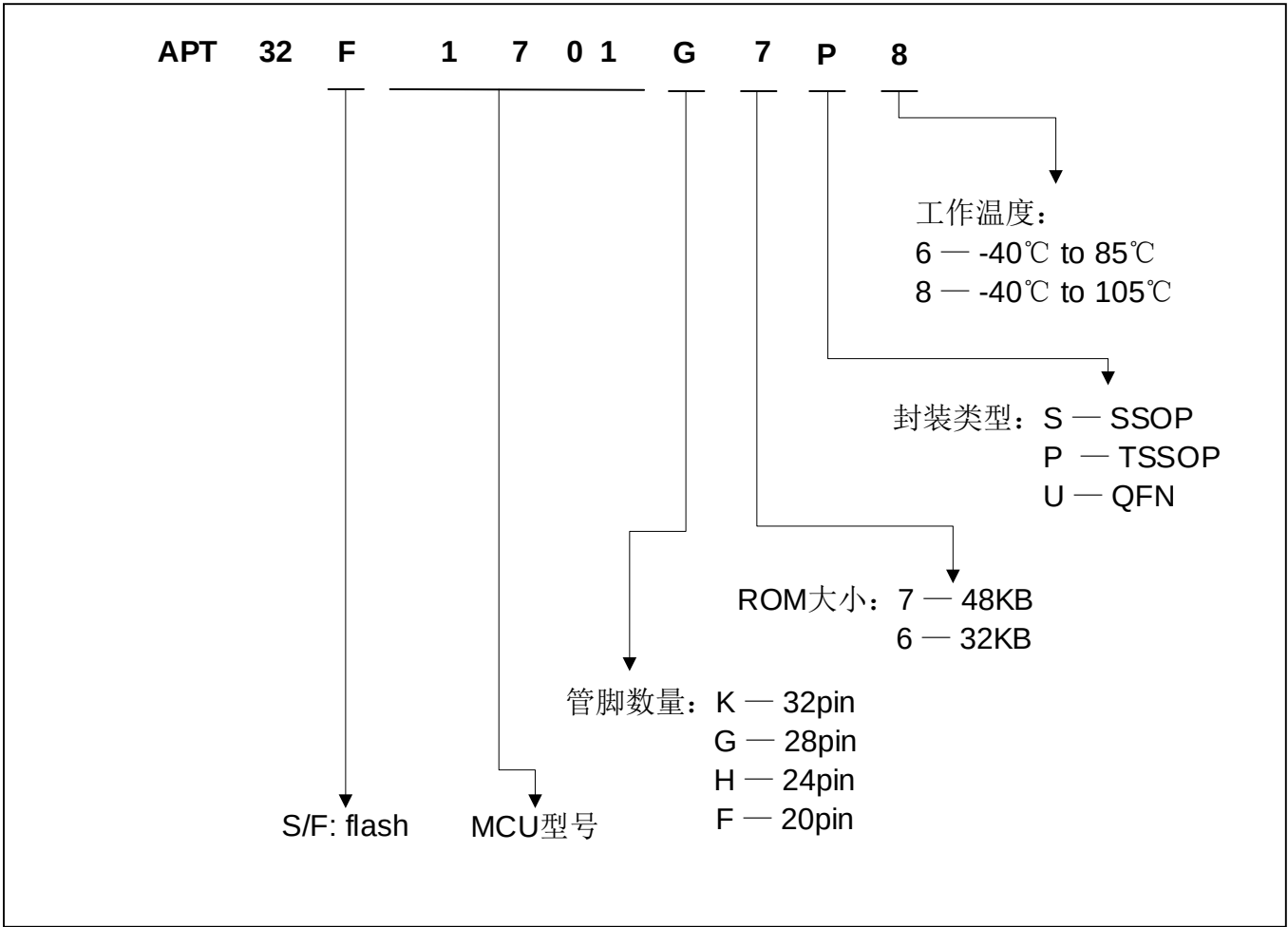


Figure 5-1 产品命名规范

5.2 系列产品订购手册

Table 5-1 APT32F1701产品订购型号说明

型号	FLASH 大小	封装
APT32F1701K7P8/K6P8	48K/32K	QFN32
APT32F1701G7P8/G6P8	48K/32K	TSSOP28
APT32F1701G7U8/G6U8	48K/32K	QFN28
APT32F1701H7S8/H6S8	48K/32K	SSOP24
APT32F1701H7U8/H6U8	48K/32K	QFN24
APT32F1701F7P8/F6P8	48K/32K	TSSOP20
APT32F1701F7U8/F6U8	48K/32K	QFN20