

**产品特性**

- 内核: Cortex-M3
  - 最高 CPU 运行时钟频率 160MHz
  - 支持 Thumb-2 指令集
  - 三级流水线, 指令和数据总线独立
- 存储器
  - Flash: 256/512Kbytes
  - RAM:64/128Kbytes
  - Cache: 4Kbytes
- 工作电压: 2.7V~3.6V
- 工作温度: -40 度~85 度
- 时钟
  - 高速晶体振荡器时钟: 4~32MHz, 外接 4~32MHz 晶体, 可作为系统主时钟
  - 低速晶体振荡器时钟: 32768Hz
  - 内置高速 RC 振荡器时钟: 24MHz
  - 内置低速 RC 振荡器时钟: 32KHz, 供给 WDT 使用
  - 支持 PLL, 最高可达 160MHz
- 复位
  - 支持上电 POR 复位, 外部复位引脚复位, 低电压掉电复位, Flash 电压检测复位, 支持 WDT 复位和软件复位
- 功耗模式
  - 支持休眠模式, 深度休眠模式和掉电模式
  - 掉电模式工作时功耗 5 $\mu$ A (常温)
- GPIO
  - 提供至多 51 个 IO, 单个引脚可编程内部上拉或下拉, 输出开漏控制, 16 引脚支持状态变化唤醒
- 高精度 ADC
  - 12 位高精度, 变化速率最高 1Msps
  - 6 路通道输入
  - 支持 Timer 触发
  - 支持 DMA
- DMA
  - 支持 4 路 DMA 请求
  - 实现外设和内存间或内存和内存间或外设和外设间的数据传输
- 通讯接口
  - 3 路标准 UART 串口
  - 1 路标准 IIC 接口
- 2 路标准 SPI 接口
- 1 路标准 QSPI 接口
- 1 路 USB1.1 接口
- 定时器
  - 1 个 24 位 SysTick 定时器(M3 内核自带)
  - 3 个 16 位定时器 Timer2/3/4
  - 1 个 32 位定时器 Timer5
  - 1 个 16 位通用定时器 Timer1, 带 3 路输入捕捉
  - 1 个 16 位可产生 PWM 的定时器
  - 支持 RTC
  - 支持 WTD
- 安全
  - 片上看门狗
  - 低电压监控, 电压输出产生中断或复位
  - 支持芯片唯一码
- 算法
  - 硬件加密 AES, 支持 128/192/256b 密钥, 支持 ECB/CBC 模式
  - 开方, 坐标旋转, 三角函数 tan
  - 卷积算法 CNN, 最大支持 13\*13 卷积矩阵计算
- 封装
  - QFN32(4\*4)/LQFP64(7\*7)

## 目录

1. 基本介绍.....	4
2. 规格说明.....	4
2.1 系统框图.....	4
2.2 器件功能表.....	5
PT32Z192 系列.....	5
2.3 引脚配置图.....	6
2.3.1 QFN32(4*4).....	6
2.3.2 LQFP64(7*7).....	7
2.4 引脚功能说明.....	8
3. 功能介绍.....	10
3.1 内核.....	10
3.2 存储器.....	10
3.3 时钟.....	10
3.4 功耗模式.....	10
3.5 复位.....	11
3.6 ADC.....	11
3.7 GPIO.....	11
3.8 DMA.....	12
3.9 I2C.....	12
3.10 SPI.....	13
3.11 QSPI.....	13
3.12 UART.....	14
3.13 USB1.1.....	14
3.14 定时器.....	14
3.14.1 系统定时器 SYSTICK.....	14
3.14.2 捕获定时器 TMR1.....	15
3.14.3 通用定时器 TMR2~TMR5.....	15
3.14.4 WDT.....	15
3.14.5 RTC.....	15
3.16 AES.....	15
3.17 DSP 硬件加速器.....	16
3.17.1 Batch Compute (批量计算 1) .....	16
3.17.2 sqrt (开方计算) .....	16
3.17.3 atan (反正切计算) .....	16
3.17.4 稀疏 1 操作 (GET_BIT1) .....	16
3.17.5 卷积矩阵计算.....	17
3.17.6 像素比对.....	17
3.17.7 像素位比对.....	17
3.17.8 点坐标旋转.....	17
3.18 CID&UID.....	17
3.19 SWD.....	17
4. 电气特性.....	18
4.1 最大绝对额定值.....	18

---

4.2 直流电流特性.....	18
4.3 直流电压特性.....	19
4.4 振荡器频率特性.....	20
4.4 ADC 特性.....	21
4.5 Flash 特性.....	21
5. 封装尺寸.....	22
5.1 QFN32(4*4).....	22
5.2 LQFP64(7*7).....	22
6. 命名规则及订购信息.....	23
6.1 命名规则.....	23
6.2 订购信息.....	23
7. 版本记录.....	24

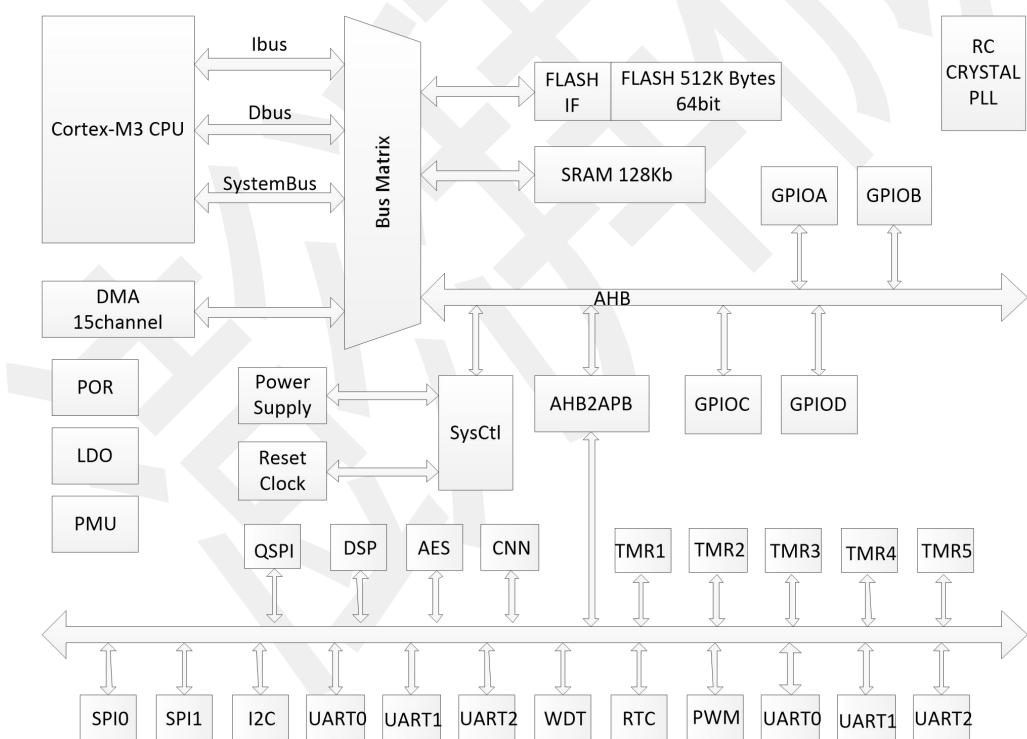
# 1. 基本介绍

PT32Z192Rx 是基于 Cortex-M3 内核的一款 32 位高性能 MCU，支持工作电压 2.7~3.6v，工作温度为 -40~+85 度。内部集成了 1 个 6 通道 12 位 1M 采样率的高性能 SARADC、3 路 UART、2 路 SPI、1 路 QPSI、1 路 I2C、1 路 USB1.1 等丰富的串口外设，4 个 16 位通用定时器，1 个 32 位通用定时器。支持 Sleep 模式、Deep Sleep 模式和掉电模式。支持低电压检测功能，看门狗唤醒。支持 AES128/192/256，支持开方、坐标旋转、三角函数 tan 等，支持卷积算法 CNN，最大支持 13\*13 卷积矩阵计算等功能。

该系列产品适用于指纹模块、指纹门锁、指纹挂锁等行业。

# 2. 规格说明

## 2.1 系统框图



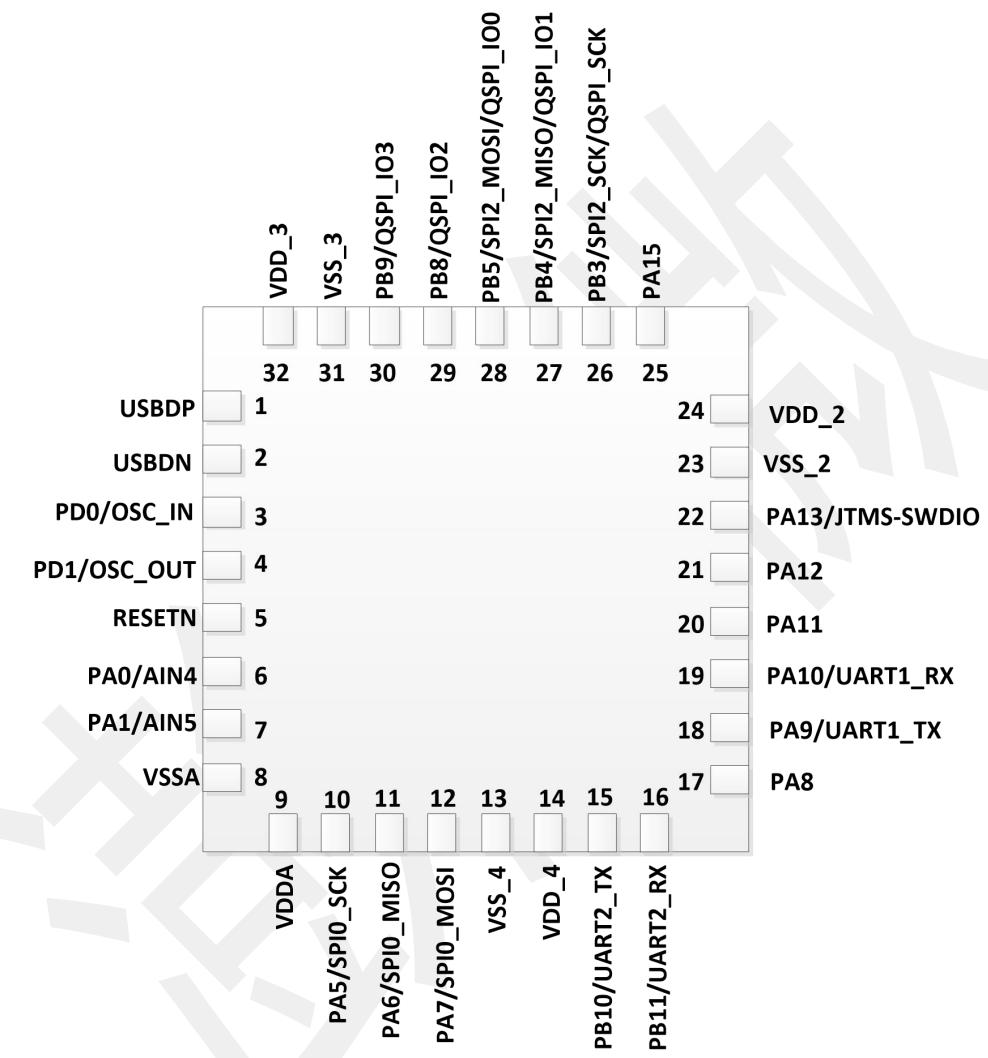
## 2.2 器件功能表

### PT32Z192 系列

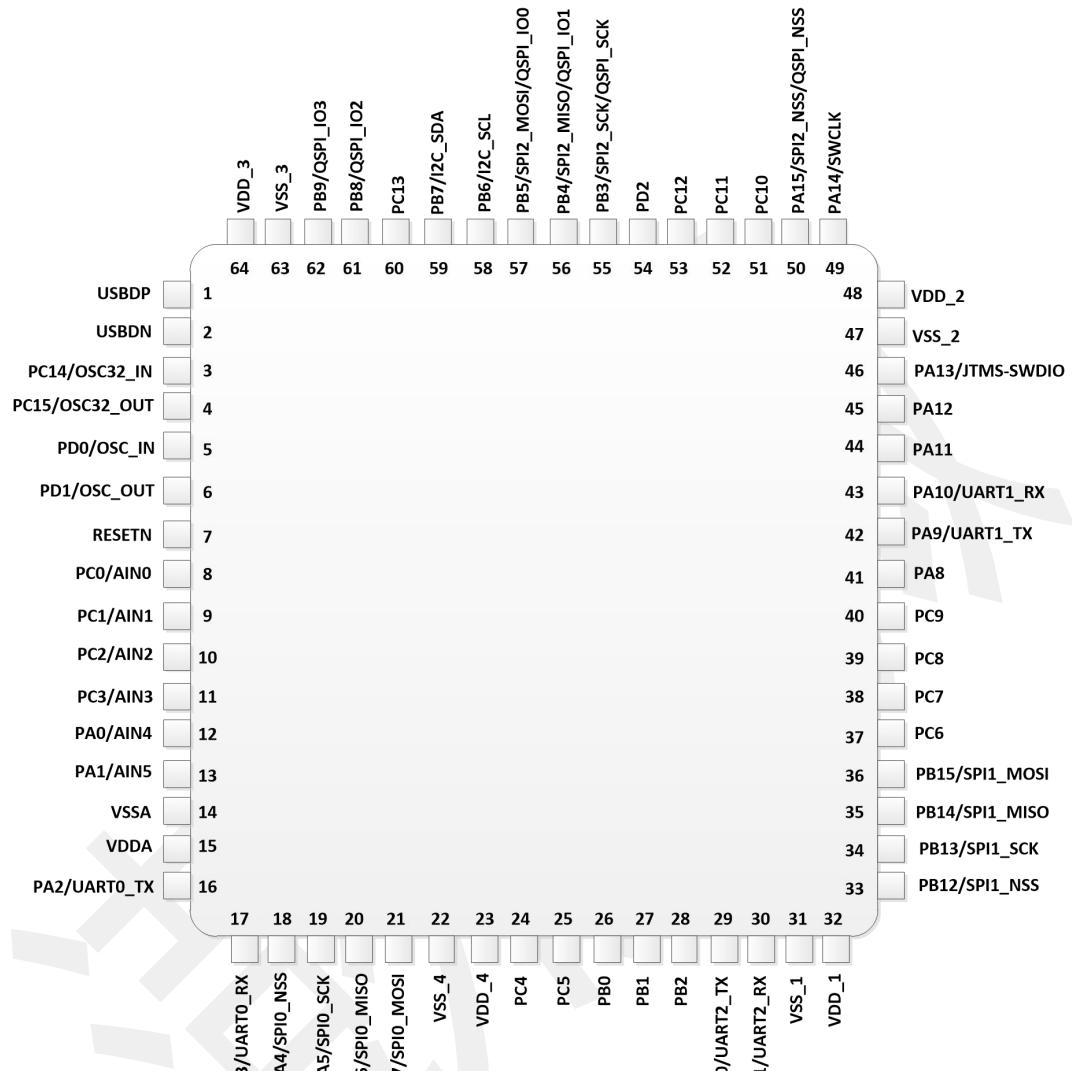
型号	PT32Z192KC	PT32Z192KE	PT32Z192RC	PT32Z192RE
Flash (Kbytes)	256	512	256	512
RAM (Kbytes)	64	128	64	128
定时器	捕获定时器(16bit)	1		
	通用定时器(16bit)	4		
	RTC	1		
	WDT	1		
通讯接口	UART	2	3	
	SPI	2		
	QSPI	1		
	I2C	0	1	
	USB1.1	1		
GPIO	21		51	
ADC (12Bit, 1MspS)	2 Channels		6 Channels	
AES	支持 128/192/256			
LVD	支持			
特殊算法	开方/坐标旋转/三角函数/卷积(13*13)			
最大工作频率	160MHz			
工作电压	2.7~3.6v			
工作温度	-40 ~ 85°C			
封装	QFN32(4*4)		LQFP64(7*7)	

## 2.3 引脚配置图

### 2.3.1 QFN32(4\*4)



### 2.3.2 LQFP64(7\*7)



## 2.4 引脚功能说明

64 脚	32 脚	引脚名	数字功能				模拟功能
			主功能	替换功能 0	替换功能 1	替换功能 2	
1	1	USBDP	USBDP	-	-	-	-
2	2	USBDN	USBDN	-	-	-	-
3	-	PC14/OSC32_IN	PC14	OSC32_IN	EXT_32K_IN	-	-
4	-	PC15/OSC32_OUT	PC15	OSC32_OUT	-	-	-
5	3	PD0/OSC_IN	PD0	OSC_IN	EXT_24M_IN	-	-
6	4	PD1/OSC_OUT	PD1	OSC_OUT	-	-	-
7	5	RESETN	RESETN	-	-	-	-
8	-	PC0/AIN0	PC0	-	-	-	AIN0
9	-	PC1/AIN1	PC1	-	-	-	AIN1
10	-	PC2/AIN2	PC2	-	-	-	AIN2
11	-	PC3/AIN3	PC3	-	-	-	AIN3
12	6	PA0/AIN4	PA0	-	-	-	AIN4
13	7	PA1/AIN5	PA1	-	-	-	AIN5
14	8	VSSA	VSSA	-	-	-	-
15	9	VDDA	VDDA	-	-	-	-
16	-	PA2/UART0_TX	PA2	UART0_TX	-	-	-
17	-	PA3/UART0_RX	PA3	UART0_RX	-	-	-
18	-	PA4/SPI0_NSS	PA4	SPI0_NSS	SPI0_NSS	-	-
19	10	PA5/SPI0_SCK	PA5	SPI0_SCK	SPI0_SCK	-	-
20	11	PA6/SPI0_MISO	PA6	SPI0_MISO	SPI0_SOMI	-	-
21	12	PA7/SPI0_MOSI	PA7	SPI0_MOSI	SPI0_SIMO	-	-
22	13	VSS_4	VSS_4	-	-	-	-
23	14	VDD_4	VDD_4	-	-	-	-
24	-	PC4	PC4	-	-	-	-
25	-	PC5	PC5	-	-	-	-
26	-	PB0	PB0	-	-	-	-
27	-	PB1	PB1	-	-	-	-
28	-	PB2	PB2	-	-	-	-
29	15	PB10/UART2_TX	PB10	UART2_TX	-	-	-
30	16	PB11/UART2_RX	PB11	UART2_RX	-	-	-
31	-	VSS_1	VSS_1	-	-	-	-
32	-	VDD_1	VDD_1	-	-	-	-
33	-	PB12/SPI1_NSS	PB12	SPI1_NSS	SPI1_NSS	-	-
34	-	PB13/SPI1_SCK	PB13	SPI1_SCK	SPI1_SCK	-	-
35	-	PB14/SPI1_MISO	PB14	SPI1_MISO	SPI1_SOMI	-	-
36	-	PB15/SPI1_MOSI	PB15	SPI1_MOSI	SPI1_SIMO	-	-
37	-	PC6	PC6	-	PWMn1	-	-

<b>38</b>	-	PC7	PC7	-	PWMn2	-	-
<b>39</b>	-	PC8	PC8	-	PWMn3	-	-
<b>40</b>	-	PC9	PC9	-	PWMn4	-	-
<b>41</b>	<b>17</b>	PA8	PA8	-	PWM1	-	-
<b>42</b>	<b>18</b>	PA9/UART1_TX	PA9	UART1_TX	PWM2	-	-
<b>43</b>	<b>19</b>	PA10/UART1_RX	PA10	UART1_RX	PWM3	-	-
<b>44</b>	<b>20</b>	PA11	PA11	-	PWM4	-	-
<b>45</b>	<b>21</b>	PA12	PA12	-	BKI	-	-
<b>46</b>	<b>22</b>	PA13/JTMS-SWDIO	PA13	JTMS-SWDIO	-	-	-
<b>47</b>	<b>23</b>	VSS_2	VSS_2	-	-	-	-
<b>48</b>	<b>24</b>	VDD_2	VDD_2	-	-	-	-
<b>49</b>	<b>25</b>	PA14/SWCLK	PA14	SWCLK	-	-	-
<b>50</b>	-	PA15/SPI2_NSS/ QSPI_NSS	PA15	QSPI_NSS	-	-	-
<b>51</b>	-	PC10	PC10	-	-	-	-
<b>52</b>	-	PC11	PC11	-	-	-	-
<b>53</b>	-	PC12	PC12	-	-	-	-
<b>54</b>	-	PD2	PD2	-	-	-	-
<b>55</b>	<b>26</b>	PB3/SPI2_SCK/ QSPI_SCK	PB3	QSPI_SCK	-	-	-
<b>56</b>	<b>27</b>	PB4/SPI2_MISO/ QSPI_IO1	PB4	QSPI_IO1	-	-	-
<b>57</b>	<b>28</b>	PB5/SPI2_MOSI/ QSPI_IO0	PB5	QSPI_IO0	-	-	-
<b>58</b>	-	PB6/I2C_SCL	PB6	I2C_SCL	-	-	-
<b>59</b>	-	PB7/I2C_SDA	PB7	I2C_SDA	-	-	-
<b>60</b>	-	PC13	PC13	-	-	-	-
<b>61</b>	<b>29</b>	PB8/QSPI_IO2	PB8	QSPI_IO2	-	-	-
<b>62</b>	<b>30</b>	PB9/QSPI_IO3	PB9	QSPI_IO3	-	-	-
<b>63</b>	<b>31</b>	VSS_3	VSS_3	-	-	-	-
<b>64</b>	<b>32</b>	VDD_3	VDD_3	-	-	-	-

Note: 32 脚 QFN32; 64 脚 LQFP64

### 3. 功能介绍

#### 3.1 内核

- ✓ PT32Z192 采用 32bit Cortex-M3 内核。
- ✓ 硬件单周期乘法器。
- ✓ 支持 Thumb-2 指令集。
- ✓ 三级流水线，指令和数据总线独立。
- ✓ NVIC 中断控制器。
- ✓ SysTick 定时器。

#### 3.2 存储器

- ✓ Flash: 256/512Kbyte。
- ✓ RAM: 64/128Kbyte。
- ✓ Cache: 4Kbytes。

#### 3.3 时钟

- ✓ 高速晶体振荡器时钟：支持外接 4~24MHz 晶体。
- ✓ 内置高速 RC 振荡器时钟支持 24MHz，经过 trim 后，25°C 时精度±1%，-40~85°C 时精度为±2%，复位默认系统时钟。
- ✓ 低速晶体振荡器时钟：支持外接 32KHz 晶体。
- ✓ 内置低速 RC 振荡器时钟支持 32KHz，精度±20%，可供看门狗模块使用。
- ✓ 系统工作主时钟源可选项。
  - 内部 24Mhz-RC 时钟。
  - 外部 24Mhz 晶振时钟。
  - PLL 最高 160Mhz 时钟。

#### 3.4 功耗模式

- ✓ PT32Z192 系列支持如下 4 种工作模式，正常工作模式、休眠模式、深度休眠模式和掉电模式。其中休眠模式，深度休眠模式为低功耗模式。

- ✓ 使用 ARM Cortex-M3 的 WFI 或 WFE 两条指令可以使芯片进入休眠模式或深度睡眠模式。当执行 WFI 或 WFE 指令后，芯片进入哪种低功耗模式，由 Cortex-M3 系统控制寄存器（System Control Register）的 SLEEPDEEP 位决定。请参考 Cortex-M3 系统控制寄存器的说明。
- ✓ 软件配置 PMU 控制寄存器 PMU\_CTRL，对 LPPMUENABLE 置 1，使芯片进入掉电模式。

### 3.5 复位

- ✓ 外部引脚复位。
- ✓ 上电复位（POR）。
- ✓ 低电压掉电复位。
- ✓ FLASH 低电压检测复位。
  - 当 FLASH 供电 VCCA 大于 1.33V 且小于 1.54V，VDL 输出高，系统处于复位状态，或者 VCCA 大于 6.0V，VDH 输出高，系统处于复位状态。
- ✓ 看门狗复位。
- ✓ 软件复位。

### 3.6 ADC

- ✓ 该 ADC 有 9 个通道，允许 ADC 测量 6 个外部输入引脚电压以及内部 Bandgap 电压等。
- ✓ 12 位的模数转换分辨率。
- ✓ 最多 13 路单端模拟信号输入，6 路差分模拟信号输入。
- ✓ 片内通道包括：
  - BandGap 电压/1.2v 参考电压。
  - 输入电压范围：0~Vdd。
  - 参考电压：Vdd。
  - AD 转换完成可触发中断。
- ✓ 单次 AD 转换模式、连续 AD 转换模式、定时器溢出信号触发 AD 转换模式。

### 3.7 GPIO

- ✓ PT32Z192 系列支持 4 组 GPIO，分别为 PORTB、PORTB，PORTC 和 PORTD。
  - 全双向输入输出，引脚单个可配置。
  - 输入模式下引脚呈高阻抗。
  - 可选的内部弱上拉或弱下拉。
  - 可选的施密特功能。
  - 支持 OpenDrain 功能。

- 支持 1.2V 关断。
- 支持外部输入中断。
- 可选驱动电流 4mA、16mA、20mA、40mA。

### 3.8 DMA

- ✓ PT32Z192 支持 4 通道 DMA。
- ✓ DMA 模块用于实现外设和内存间或内存和内存间或外设和外设间的数据传输，而不需要 CPU 干预。
- ✓ DMA 通道传输时共用一个数据缓冲区，以循环优先级 Round-Robin 机制进行传输仲裁。该缓冲区内含一个 FIFO，大小为 4 x 32-bit。
  - 提供 4 个独立的可配置的硬件 DMA 请求传输通道，实现外设和内存间的直接数据传输，每个通道同样支持软件触发。
  - 每个通道之间的仲裁使用“Round-Robin”机制。
  - 所有通道均可配置内存、外设作为访问的源和目标的直接数据传输。
  - 8-bit、16-bit、和 32-bit 宽度的数据传输。
  - 按固定优先级自动实现通道传输仲裁。
  - DMA 通过系统 AHB 总线完成传输数据。
  - DMA 模块寄存器通过外设总线 APB 进行配置。
  - 每个通道都有 3 个状态标志位（DMA 传输完成和 DMA 当前传输通道），还有一个通道配置错误状态标志位。
  - 所有通道均支持自动重复传输。

### 3.9 I2C

- ✓ PT32Z192 系列支持 1 路 I2C。
- ✓ 内含并行数据/串行 I2C 协议转换器。
- ✓ 支持多个主机并存，提供总线仲裁机制，使总线串行数据不损坏。
- ✓ 支持 7 位从机寻址模式。
- ✓ 支持广播呼叫。
- ✓ 提供数据发送和接收状态标识。
- ✓ 提供字节传输结束标识。
- ✓ 通讯错误检测。
- ✓ 支持标准（100Kbps）或快速（400Kbps）I2C 通讯速率模式。
- ✓ 作为 I2C 主机时，其特性包括：
  - 产生总线通讯时钟。
  - 实现总线仲裁。

- 7 位地址寻址从机，并控制数据读写方向。
  - 产生总线通讯起始位、重复起始位和停止位。
  - 检测通讯错误。
- ✓ 作为 I2C 从机时，其特性包括：
- 检测起始位、重复起始位和停止位。
  - 可编程 I2C7 位地址匹配寻址。
  - 传输过程中检测起始和停止条件。
  - 检测通讯错误。

### 3.10 SPI

- ✓ PT32Z192 系列支持 2 路 SPI。
- ✓ SPI 通讯是全双工的，发送或接收数据都是高位在先，在数据发送的同时进行数据接收。按通讯时钟的不同提供方式，SPI 通讯分主机和从机两种。SPI 主机的时钟由本地产生，通讯的发起和结束完全由自己主动控制；SPI 从机的时钟为外部输入（来自 SPI 主机），被动响应主机的通讯。
- ✓ 基本特征如下：
  - 一帧数据传输 4~16 位可编程。
  - 主机最高传输速率为系统时钟（PCLK）二分频。
  - 最大 8 级接收 FIFO 缓冲队列。
  - 最大 8 级发送 FIFO 缓冲队列。
  - 主机模式下可编程传输速率。

### 3.11 QSPI

- ✓ PT32Z192 系列支持 1 路 QSPI。
- ✓ QSPI 是一种同步串行外设接口，对数据进行串并转换，通过主从方式的方式实现 MCU 和外围器件的数据通讯。QSPI 接口使用 6 个引脚，其中串行数据输入输出线 MOSI / SIO0 和 MISO / SIO1, SIO2, SI03，时钟线 SCK，从选择线 CS。QSPI 支持主机模式，它使用 CS 和 SCK 信号控制数据流，以控制数据通信的开始/结束和数据采样率。
- ✓ 基本特性如下：
  - 一帧数据传输 4~32 位可编程。
  - 主机最高传输速率为系统时钟（PCLK）二分频。
  - 最大 16 级接收 FIFO 缓冲队列。
  - 最大 16 级发送 FIFO 缓冲队列。
  - 可编程传输速率。
  - MSB first shift。
  - 支持 DMA 接口。
  - 可编程串行接口操作模式。

### 3.12 UART

- ✓ PT32Z192 系列集成了 3 个功能完全一致但相互独立的 UART 通讯模块，分别为 UART0、UART1、UART2。
- ✓ UART 模块主要特性包括：
  - 灵活可编程的波特率设定，支持业内标准 9600bps、19200bps、28800bps、38400bps、57600bps、115.2Kbps 等，或其它特殊应用的波特率
  - 可编程的数据传输格式：8 位数据、7 位数据+1 位奇偶校验、8 位数据+1 位奇偶校验可编程奇或偶校验方式
  - 可编程设定 0.5 位、1 位、1.5 位或 2 位停止位
  - 带 FIFO 缓冲的数据发送：8 或 9 位数据模式下，缓冲深度 16 级，最大宽度 9 位；16 位数据模式下，缓冲深度 8 级；32 位数据模式下，缓冲深度 4 级
  - 带 FIFO 缓冲的数据接收：8 或 9 位数据模式下，缓冲深度 16 级，最大宽度 9 位；16 位数据模式下，缓冲深度 8 级；
  - 数据收发全双工
  - 硬件错误检测
  - 可选 UART 正反向数据同步接收以支持 RS485 无极性连接；可选发送数据极性
  - 支持 DMA 数据传输

### 3.13 USB1.1

- ✓ 该 USB 设备控制器符合 USB 1.1 全速设备的技术规范。其具有一个控制端点(即端点 0)，和 2 个可配置的端点 (EP1~EP2)。一个 512-byte 的 SRAM 用作端点数据发送接收缓冲器。每个端点缓冲器的大小可通过设置相应寄存器来得到，为各种应用提供最大的灵活性。USB 包含了挂起和恢复功能，满足了低功耗产品的需求。
- ✓ USB 的 FIFO 接口是可配置的，端点 0 的 FIFO 可配置为 8、16、32 或 64 字节的单缓冲数据包，其他端点的 FIFO 可配置从 8~512 字节大小，并可以单/双缓冲数据包。
- ✓ 单独的 FIFOs 可以与每个端点相关联：或者，具有相同端点编号的 IN 端点和 OUT 端点可以配置为使用相同的 FIFO，例如减少所需的 RAM 的大小。
- ✓ 提供了所有的 USB 包编码、解码和检查，当端点数据已成功转移时产生中断。

### 3.14 定时器

#### 3.14.1 系统定时器 SYSTICK

- ✓ 系统定时器是芯片自带的一个模块，它主要用于计时。
- ✓ 系统定时器提供了一个简单易用的 24 位循环递减的计数器，当系统定时器使能时，计数器开始工作。

当计数器递减到 0 时，会向矢量中断控制器发起中断请求，申请获得处理器响应并处理系统定时器的事务。

### 3.14.2 捕获定时器 TMR1

- ✓ 捕获定时器 TMR1 为 16 位宽通用定时器，递增计数模式。
- ✓ 配有三路外部引脚信号的沿跳变的时间捕捉和四路比较定时的功能，可利用同一个定时器资源，灵活实现外部信号变化时间点的精确捕捉和特定的软件定时控制。
- ✓ 定时器 TMR1 可产生两种中断信号，比较定时中断和捕捉中断，但所有中断信号将使用同一个信号输出端口，应用软件需通过 TMR1\_IR 寄存器查询标志位以判断产生中断的具体事件。

### 3.14.3 通用定时器 TMR2~TMR5

- ✓ 定时器为 16 位宽通用定时器，使用递增计数模式。

### 3.14.4 WDT

- ✓ PT32Z192 支持一个 32 位宽的递减计数器

### 3.14.5 RTC

- ✓ 实时时钟（RTC）包含 32 位宽向上计数器，一个控制寄存器、一个比较寄存器和一个状态寄存器。
- ✓ RTC 模块主要特性包括：
  - 32-bit 向上计数器，用于计算所用时间
  - 32-bit 比较寄存器用于闹钟功能
  - RTC 时钟源
  - 外部 32KHz 晶振
  - 外部 24KHz 晶振除频后得到的 32KHz 时钟
  - 中断设置，可关闭的比较匹配中断

## 3.16 AES

- ✓ AES 模块遵循 NIST AES 标准，实现 Rijndael 密码编码和解码。

- ✓ 核心模块提供有 32bits 位宽接口并集成密钥扩展，支持 AES-128、AES-192、AES-256 密钥模式。
- ✓ 支持 CBC/ECB 模式的加解密。在操作方面，对 128bit 密钥 128bit 块输入的 AES 操作需要 11 个时钟周期。而对于 256bit 密钥需要消耗 15 个时钟周期。
- ✓ 特性：
  - 符合 NIST FIPS PUB 197 标准
  - 动态支持不同长度密钥（128,192 和 256bits）
  - 支持 AES-ECB、AES-CBC 模式
  - 基于 APB2.0 接口
  - 低功耗优化

## 3.17 DSP 硬件加速器

### 3.17.1 Batch Compute（批量计算 1）

- ✓ 批量计算 1 是实现以下公式的算法
- ```
dL = def_abs(testLen - line->len),  
dA1 = def_dir_Diff(testA1 - line->A1),  
dA2 = def_dir_Diff(testA2 - line->A2);  
  
pairSimilarity =  
    ((slWr * (def_lenError + 1 - dL)) >> 8) +  
    ((saWr * (def_dirError + 1 - dA1)) >> 8) +  
    ((saWr * (def_dirError + 1 - dA2)) >> 8) - offset
```
- 其中 dL、dA1、dA2 是中间值，硬件计算。

### 3.17.2 sqrt（开方计算）

- ✓ 输入一个有符号数，对此数值进行开方。

### 3.17.3 atan（反正切计算）

- ✓ 已知 X, Y (32 位, 有符号数)，求 θ 的角度值(8 位数据, 范围 0~239)

### 3.17.4 稀疏 1 操作 (GET\_BIT1)

- ✓ 对输入数据由高位 (bit 31 开始) 往低位搜索，直至遇到 bit 为 1 的位，把该位的编号输出。
- ✓ 算法继续往低位搜索 bit 为 1 的位，下一次再读该数据时，然后把该位编号输出。

- ✓ 如此反复循环，直至全部 bit 位搜索完毕。
- ✓ 当搜索完毕时，软件再读该数据时，返回 8' hFF。

### 3.17.5 卷积矩阵计算

- ✓ 卷积计算时，数据输入与卷积核都为一个 13x13 的矩阵。

### 3.17.6 像素比对

- ✓ 以一点为基点，一定角度进行旋转，新坐标处的值是否与现有的值匹配。

### 3.17.7 像素位比对

- ✓ 两组各 10 个字节数，比对的相同 bit 的最终结果。

### 3.17.8 点坐标旋转

- ✓ 以某点为基准，逆时针旋转某角度后，某坐标的新坐标值。

## 3.18 CID&UID

- ✓ PT32Z192 支持 128bit UID。
- ✓ PT32Z192 支持 32bit CID。

## 3.19 SWD

- ✓ 包含硬件调试电路，支持 2-pin 的 SWD 调试。

## 4. 电气特性

### 4.1 最大绝对额定值

➤ 测试环境基于室温，工作在 3.3v 的测试。

| Symbol   | Parameter                | Conditions | Min | Typ  | Max  | Unit |
|----------|--------------------------|------------|-----|------|------|------|
| Vdd      | 工作电压                     | -          | 2.7 | -    | 3.6  | V    |
| Top      | 工作温度                     | -          | -40 | -    | 85   | °C   |
| Fcpu     | CPU 工作频率                 | -          | 1M  | -    | 160M | Hz   |
| VESD@HBM | ESD @ Human Body Mode    | -          | -   | 4000 | -    | V    |
| VESD@CDM | ESD @ Charge Device Mode | -          | -   | 2000 | -    | V    |
| ILU      | Latch Up Current         | -          | -   | ±200 | -    | mA   |

### 4.2 直流电流特性

➤ DC 直流电流参数, Vdd: 2.7~3.6v, T=25°C

| Symbol              | Parameter     | Conditions                                       |                                   | Min  | Typ | Max  | Unit |
|---------------------|---------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|------|-----|------|------|
| I <sub>DD1</sub>    | Normal mode   | V <sub>core</sub> =1.2V<br>V <sub>DD</sub> =3.3V | Internal High RC、PLL clock source | 8M   | -   | 7.0  | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 16M  | -   | 8.5  | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 24M  | -   | 10.5 | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 48M  | -   | 14.5 | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 96M  | -   | 20.0 | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 144M | -   | 26.5 | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 160M | -   | 29.5 | -    |
| I <sub>DD2</sub>    | Normal mode   | V <sub>core</sub> =1.2V<br>V <sub>DD</sub> =3.3V | External Crystal、PLL clock source | 4M   | -   | 5.4  | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 8M   | -   | 6.2  | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 16M  | -   | 7.8  | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 24M  | -   | 9.0  | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 48M  | -   | 12.8 | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 96M  | -   | 18.5 | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 144M | -   | 22.5 | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 160M | -   | 24.5 | -    |
| I <sub>Sleep1</sub> | Sleep mode(1) | V <sub>core</sub> =1.2V<br>V <sub>DD</sub> =3.3V | Internal High RC                  | 8M   | -   | 5.6  | -    |
|                     |               |                                                  |                                   | 16M  | -   | 5.9  | -    |

|                            |                                             |                                                  |                               |      |   |      |    |    |
|----------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|------|---|------|----|----|
|                            |                                             |                                                  | clock source                  | 24M  | - | 6.5  | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 48M  | - | 9.0  | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 96M  | - | 11.0 | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 144M | - | 14.0 | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 160M | - | 15.0 | -  |    |
| I <sub>sleep2</sub>        | Sleep mode(1)                               | V <sub>core</sub> =1.2V<br>V <sub>DD</sub> =3.3V | External Crystal clock source | 4M   | - | 4.6  | -  | mA |
|                            |                                             |                                                  |                               | 8M   | - | 4.9  | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 16M  | - | 5.4  | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 24M  | - | 5.7  | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 48M  | - | 7.2  | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 96M  | - | 9.7  | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 144M | - | 12.2 | -  |    |
|                            |                                             |                                                  |                               | 160M | - | 13.0 | -  |    |
| I <sub>deepsleep</sub>     | Deep Sleep mode(2)                          | V <sub>core</sub> =1.2V<br>V <sub>DD</sub> =3.3V |                               |      |   | 1.35 | -  | mA |
| I <sub>ultralowpower</sub> | Ultra Low Power mode                        | V <sub>core</sub> =0V<br>V <sub>DD</sub> =3.3V   |                               |      |   | 2.5  | 5  | uA |
| T <sub>wakeup</sub>        | Weak up time from Deep sleep to normal mode | V <sub>core</sub> =1.2V<br>V <sub>DD</sub> =3.3V | Internal High RC clock source | 24M  | - | 14   | 20 | uS |

(1) Sleep mode: CPU 处于暂定状态，所有中断均可唤醒

(2) Deep sleep mode: CPU 处于暂定状态，所有定时器关闭，IO 唤醒，外部复位唤醒，独立看门狗唤醒

### 4.3 直流电压特性

➤ DC 直流电压参数, Vdd: 2.7~3.6v, T=25°C

| Symbol          | Parameter                                | Conditions                                    | Min     | Typ | Max | Unit |
|-----------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|-----|-----|------|
| Vdd             | Working Voltage                          | -                                             | 2.7     | -   | 3.6 | V    |
| V <sub>OH</sub> | High level output voltage Source Current | Sourcing 4mA, VCC = 3.3 V, PTnDRVS<n+1:n>=00  | VCC-0.6 | -   | -   | V    |
|                 |                                          | Sourcing 16mA, VCC = 3.3 V, PTnDRVS<n+1:n>=01 | VCC-0.6 | -   | -   |      |
|                 |                                          | Sourcing 20mA, VCC = 3.3 V, PTnDRVS<n+1:n>=10 | VCC-0.6 | -   | -   |      |
|                 |                                          | Sourcing 40mA, VCC = 3.3 V, PTnDRVS<n+1:n>=11 | VCC-0.5 | -   | -   |      |
| V <sub>OL</sub> | Low level output                         | Sinking 4mA, VCC = 3.3 V,                     | -       | -   | 0.3 | V    |

|                 |                                              |                                                                                                                                                                        |         |    |          |      |
|-----------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|----------|------|
|                 | voltage Sink Current                         | PTnDRV<n+1:n>=00<br>Sinking 16mA, VCC = 3.3 V,<br>PTnDRV<n+1:n>=01<br>Sinking 20mA, VCC = 3.3 V,<br>PTnDRV<n+1:n>=10<br>Sinking 40mA, VCC = 3.3 V,<br>PTnDRV<n+1:n>=11 | -       | -  | 0.6      |      |
| V <sub>IH</sub> | Input High voltage(I/O with Schmitt trigger) | -                                                                                                                                                                      | 0.5*VCC | -  | -        | V    |
| V <sub>IL</sub> | Input Low voltage(I/O with Schmitt trigger)  | -                                                                                                                                                                      | -       | -  | 0.42*VCC | V    |
| R <sub>Pu</sub> | 弱上拉等效电阻                                      | V <sub>in</sub> =V <sub>ss</sub>                                                                                                                                       | 27      | 33 | 39       | KOhm |
| R <sub>Pd</sub> | 弱下拉等效电阻                                      | V <sub>in</sub> =V <sub>dd</sub>                                                                                                                                       | 27      | 33 | 39       | KOhm |

## 4.4 振荡器频率特性

➤ 振荡器, Vdd: 2.7~3.6v, T=25°C

| Symbol              | Parameter   | Conditions                                           | Min  | Typ | Max | Unit |
|---------------------|-------------|------------------------------------------------------|------|-----|-----|------|
| F <sub>HCLK</sub>   | 内部高速RC振荡器   | -                                                    | -    | 24  | -   | MHz  |
| T <sub>HStart</sub> | 起振时         | F <sub>HCLK</sub> = 24MHz                            | -    | 4   | 10  | μs   |
| I <sub>HCLK</sub>   | 电流消耗        | F <sub>HCLK</sub> = 24MHz                            | -    | 150 | 250 | μA   |
| D <sub>HCLK</sub>   | Duty cycle  | -                                                    | -    | 50  | -   | %    |
| Dev <sub>M</sub>    | 频率漂移        | Vdd = 1.8V ~ 3.6V<br>T <sub>AMB</sub> = -40°C ~ 85°C | -4   | -   | 4   | %    |
|                     |             | Vdd = 1.8V ~ 3.6V<br>T <sub>AMB</sub> = 0°C ~ 50°C   | -1.5 | -   | 1.5 | %    |
| F <sub>LCLK</sub>   | 内部低速RC振荡器   | -                                                    | -    | 32  | -   | KHz  |
| T <sub>LStart</sub> | 起振时间        | F <sub>LCLK</sub> = 32KHz                            | -    | 50  | 100 | μs   |
| I <sub>LCLK</sub>   | 电流消耗        | F <sub>LCLK</sub> = 32KHz                            | -    | 0.5 | 0.9 | μA   |
| D <sub>LCLK</sub>   | Duty cycle  | -                                                    | -    | 50  | -   | %    |
| Dev <sub>L</sub>    | 频率漂移        | Vdd = 1.8V ~ 3.6V<br>T <sub>AMB</sub> = -40°C ~ 85°C | -15  | -   | 15  | %    |
| F <sub>FCLK</sub>   | 外部Crystal晶振 | -                                                    | 4    | -   | 32  | MHz  |
| I <sub>FCLK</sub>   | 电流消耗        | F <sub>FCLK</sub> = 32MHz                            | -    | 0.3 | -   | mA   |
| D <sub>FCLK</sub>   | Duty cycle  | -                                                    | -    | 50  | -   | %    |
| T <sub>FCLK</sub>   | 起振时间        | F <sub>FCLK</sub> = 4~ 32MHz                         | 1    | -   | 5   | ms   |

## 4.4 ADC 特性

➤ 振荡器, Vdd: 2.7~3.6v, T=25°C

| Symbol              | Parameter                  | Conditions                   | Min  | Typ  | Max  | Unit   |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|------|------|------|--------|
| VDDA                | AD电源电压                     | -                            | 2.7  | -    | 3.6  | V      |
| V <sub>ADCIN</sub>  | 输入电压                       | 单次转换                         | 0    | -    | 1    | VDDA   |
| I <sub>ADC</sub>    | ADC工作电流                    | 1MSPS                        | -    | 350  | 550  | uA     |
| C <sub>ADCIN</sub>  | ADC输入电容                    | -                            | -    | 5    | -    | pF     |
| F <sub>ADCCLK</sub> | ADC工作频率                    | -                            | 0.3  | 14   | 20   | MHz    |
| T <sub>ADCC</sub>   | 转换时间                       | -                            | -    | 14   | -    | cycles |
| ENOB                | Effective Bits             | 1MSPS@VDDA>=2.7v<br>REF=VDDA | -    | 10.8 | -    | Bit    |
| SNR                 | Signal to Noise Ratio      | 1MSPS@VDDA>=2.7v<br>REF=VDDA | -    | 68   | -    | dB     |
| DNL                 | Differential non-linearity | -                            | -1   | -    | +1   | LSB    |
| INL                 | Integral non-linearity     | -                            | -1.5 | -    | +1.5 | LSB    |
| E <sub>o</sub>      | Offset error               | -                            | -10  | -    | +10  | LSB    |
| E <sub>g</sub>      | Gain error                 | -                            | -    | 1    | -    | LSB    |
| MC                  | Missing code               | -                            | -    | 12   | -    | Bits   |

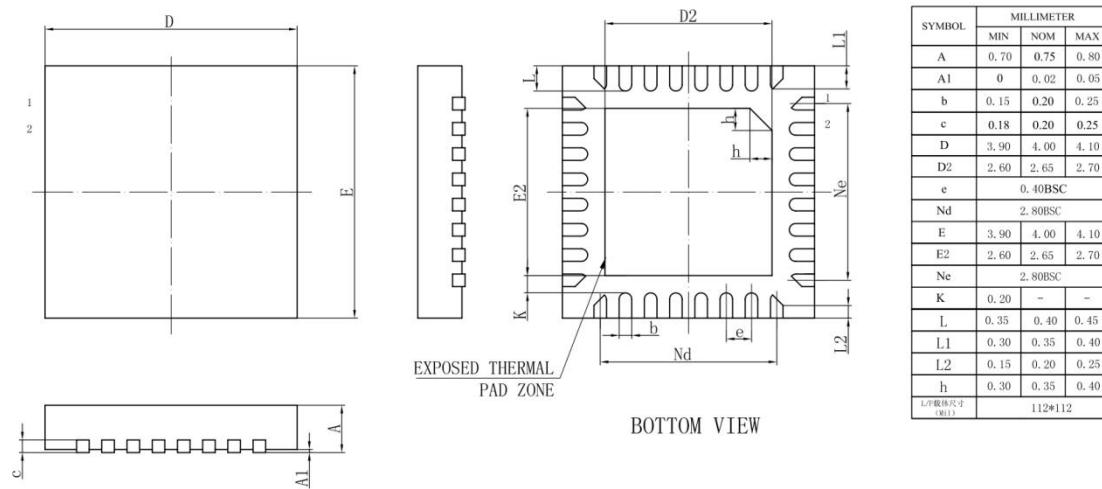
## 4.5 Flash 特性

➤ 振荡器, Vdd: 2.7~3.6v, T=25°C

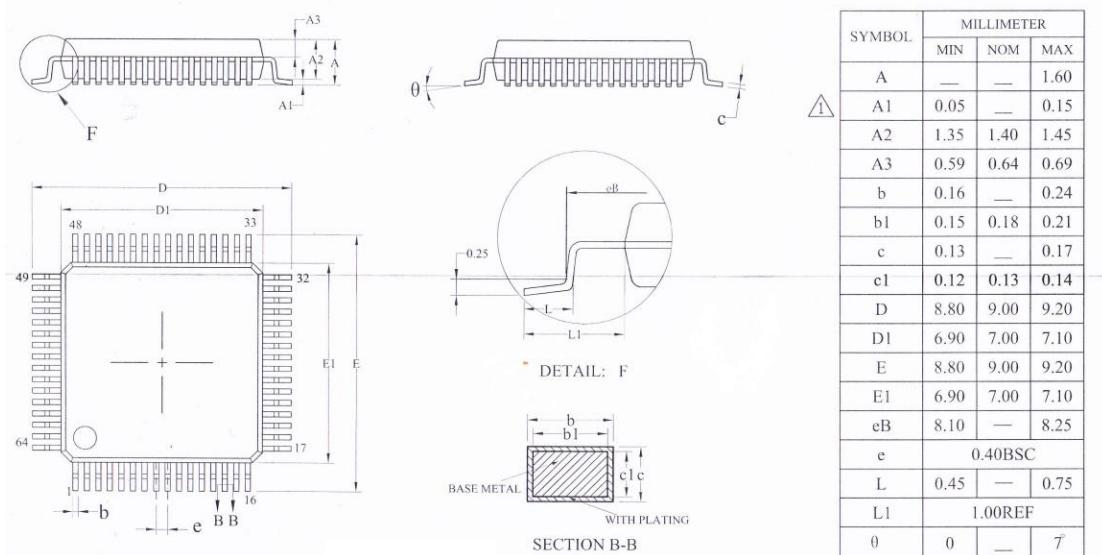
| Symbol                 | Parameter         | Conditions | Min  | Typ | Max | Unit   |
|------------------------|-------------------|------------|------|-----|-----|--------|
| C <sub>flash</sub>     | Sector Endurance  | -          | 100K | -   | -   | cycles |
| T <sub>retention</sub> | Data Retention    | 85°C       | 10   | -   | -   | Years  |
| T <sub>prog</sub>      | Byte Program Time | -          | 8    | -   | 10  | μs     |
| T <sub>erase</sub>     | Sector Erase Time | -          | 3.2  | -   | 4   | ms     |

## 5. 封装尺寸

### 5.1 QFN32(4\*4)



### 5.2 LQFP64(7\*7)



## 6. 命名规则及订购信息

### 6.1 命名规则

| 型号   | 产品系列代码                                                                                     | CPU Core                                                     | 细分系列              | Pin Number                                                           | Flash Size                                                                        | Package Type                                                                                        | 温度范围                                                        | Packing                                                       |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| PT32 | F:通用系列<br>G:增强系列<br>S:精简系列<br>T:触控系列<br>L:低功耗系列<br>A:家电系列<br>W:无线系列<br>Z:指纹系列<br>SPIN:电机系列 | 0:M0/M0+<br>1:M3<br>2:M23<br>4:M4<br>5:M33<br>7:M7<br>8:8051 | 31<br>92<br>. . . | J:8<br>F:20<br>G:28<br>K:32<br>E:44<br>C:48<br>R:64<br>T:80<br>V:100 | 2:8K<br>4:16K<br>6:32K<br>8:64K<br>A:128K<br>B:196K<br>C:256K<br>D:384K<br>E:512K | P:TSSOP<br>U:QFN(标准尺寸)<br>X:QFN(缩小尺寸)<br>S:SOP<br>T:LQFP(标准尺寸)<br>R:LQFP(缩小尺寸)<br>Q:TQFP<br>W:WLCSP | 6: -40~85 度<br>7: -40~105 度<br>8: -40~125 度<br>9: -40~150 度 | Blank:<br>1)TSSOP/SOP:Tube<br>2)LQFP/TQFP:Tray<br>R:Tape&Reel |
| PT8  | . . .                                                                                      |                                                              |                   |                                                                      |                                                                                   |                                                                                                     |                                                             |                                                               |

### 6.2 订购信息

PT32Z192xxx \*: Under Developing

| Part Number    | Flash | RAM  | Core      | Package              | Packing   |
|----------------|-------|------|-----------|----------------------|-----------|
| PT32F192KEX6R  | 512K  | 128K | Cortex-M3 | QFN32(4*4),脚间距 0.4mm | Tape&Reel |
| PT32F192KCX6R* | 256K  | 64K  | Cortex-M3 | QFN32(4*4),脚间距 0.4mm | Tape&Reel |
| PT32Z192RER6*  | 512K  | 128K | Cortex-M3 | LQFP64(7*7)          | Tray      |
| PT32Z192RCR6*  | 256K  | 64K  | Cortex-M3 | LQFP64(7*7)          | Tray      |

## 7. 版本记录

| 版本   | 修改日期      | 修改内容                        |
|------|-----------|-----------------------------|
| V1.0 | 2020/8/7  | 初版                          |
| V1.1 | 2021/7/27 | 1) 更新数据参数<br>2) 增加 QFN32 封装 |