

MT32F006 系列规格书

32 位微控制器

MT32F006 系列规格书

目录

1.	概述	6
2.	特性	8
3.	缩写	14
4.	方块图	15
5.	选型表和管脚图	16
5.1	MT32F006 选型表	16
5.2	管脚图	17
5.2.1	TSSOP-20 封装	17
5.2.2	QFN-20 封装	17
5.2.3	SOP-16 封装	18
5.2.4	QFN-28 封装	18
5.3	管脚描述	19
6.	功能描述	22
6.1	32-bit CPU 内核	22
6.2	系统管理器 (Sysconfig)	23
6.2.1	概述	23
6.2.2	系统复位	23
6.2.3	系统电源架构	24
6.2.4	系统时钟架构	24
6.2.5	系统功率控制	26
6.2.6	系统存储器映射	27
6.2.7	系统定时器 (SysTick)	28
6.2.8	嵌套向量中断控制器 (NVIC)	29
6.3	模拟比较器 (ACMP)	31
6.3.1	概述	31
6.3.2	特性	31
6.4	运算放大器 (OPA)	32
6.4.1	概述	32
6.4.2	特性	32

6.5	模拟数字转换 (ADC)	33
6.5.1	概述	33
6.5.2	特性	33
6.6	闪存控制器 (FMC)	34
6.6.1	概述	34
6.6.2	特性	34
6.7	通用 I/O (GPIO)	35
6.7.1	概述	35
6.7.2	特性	35
6.8	I2C 总线控制器 (I2C)	36
6.8.1	概述	36
6.8.2	特性	36
6.9	串行外设接口控制器 (SPI)	37
6.9.1	概述	37
6.9.2	特性	37
6.10	定时器和 PWM (Timer)	38
6.10.1	概述	38
6.10.2	特性	38
6.11	电机控制 PWM (MotorPWM)	39
6.11.1	概述	39
6.11.2	特性	39
6.12	UART 接口控制器 (UART)	40
6.12.1	概述	40
6.12.2	特性	40
6.13	窗看门狗定时器 (WWDT)	41
6.13.1	概述	41
6.13.2	特性	41
6.14	独立看门狗定时器 (IWDG)	41
6.14.1	概述	41
6.14.2	特性	41

MT32F006 系列规格书

6.15	触摸传感控制器 (TSC)	42
6.15.1	概述	42
6.15.2	特性	42
6.16	简单定时器 (STIMER)	42
6.16.1	概述	42
6.16.2	特性	42
6.17	USB2.0 FS Dev 控制器	43
6.17.1	概述	43
6.17.2	特性	43
6.18	CRS 模块(Clock Recovery System)	43
6.18.1	概述	43
6.18.2	特性	43
6.19	CAN 控制器	44
6.19.1	概述	44
6.19.2	特性	44
7.	典型应用电路	45
8.	MT32F006 电气特性	47
8.1	绝对最大额定值	47
8.2	热参数定义	47
8.3	DC 电气特性	48
8.4	AC 电气特性	49
8.4.1	外部振荡器	49
8.4.2	外部高速晶振典型应用电路	49
8.4.3	外部 32K 晶振典型应用电路	49
8.4.4	内部 12MHz/25KHz RC 振荡器	50
8.5	模拟量特性	50
8.5.1	12-bit SARADC 规格	50
8.5.2	LDO 规格与 POWER 管理	51
8.5.3	低压复位规格	52
8.5.4	欠压检测规格	52

MT32F006 系列规格书

8.5.5	上电复位规格	52
8.5.6	温度传感器规格	53
8.5.7	比较器规格	54
8.5.8	运算放大器规格	54
8.5.9	电源纹波	54
8.6	Flash DC 特性	55
8.7	GPIO DC 特性	55
9.	封装尺寸	56
9.1	TSSOP20	56
9.2	QFN20	57
9.3	SOP16	58
9.4	QFN28	58
10.	版本历史	59

1. 概述

MT32F006 系列 MCU 是以 Cortex-M0 为内核的 32 位微控制器，CPU 运行频率可以达到 96MHz，工作电压 2.0V ~ 5.5V，工作温度 -40℃ ~ 105℃。在系统运行于 25K IRC 时，芯片的待机功耗（数据全部保持）最低可以降低到 4uA(3.3V 供电条件下)。同时芯片还可提供高达 6KV 的 ESD 特性（HBM）。

MT32F006 与前代产品 MT32F005 相比 Flash 内存访问效率提高 30%，同时保持了程序完全兼容。

MT32F006 内嵌 32K 字节的 Flash 存储器，以及 4K 字节的 SRAM 存储器。内部还包含许多系统级外设功能，如高速通用 I/O 端口，USB2.0 FS Dev，CAN2.0B，Timer，UART，SPI，I2C，PWM，Motor-PWM，ADC，模拟比较器，运算放大器，触摸按键控制器，看门狗定时器，欠压检测器等。这些功能都被集成到 MT32F006 的芯片内部，具有高整合度、高抗干扰、高可靠性的特点。配合成熟的 Keil & IAR 调试开发软件，支持 C 语言及汇编语言，汇编指令。

MT32F006 与市场同类芯片对比：（参数摘自各芯片数据手册）

	MT32F006	HC32F003/005	MM32F003	STM8S003	N76E003
内核	32bit	32bit	32bit	8bit	8bit
主频(Mhz)	96	32	24	16	16
Flash(KB)	32	16/32	16	8	18
SRAM(KB)	4	2/4	2	1	1
ADC	14 通道 12bit@1.5Mhz	9 通道 12bit@1Mhz	8 通道 12bit@1Mhz	5 通道 10bit@1Mhz	8 通道 12bit@1Mhz
ACMP	2 通道	2 通道	无	无	无
OPA	2 通道	无	无	无	无
USB	2.0 FS dev	无	无	无	无
CAN	CAN2.0B	无	无	无	无
TSC(触摸按键)	20 通道	无	无	无	无
GPIO	24	16	16	28	18
电压(V)	2.0~5.5	1.8~5.5	2.0~5.5	2.95~5.5	2.4~5.5
ESD	6KV	2KV	7KV	4KV	7KV

典型应用：

- 电机驱动，电动玩具
- 小家电，充电器，遥控器，电子烟，燃气报警器，数显表，温控器，记录仪等
- USB外设应用
- 工业CAN总线应用
- 智能交通，智慧城市，智能家居
- 火警探头，智能门锁，无线监控等智能传感器应用

2. 特性

- 内核
 - ◆ 32 位 CPU 内核，运行频率最高 96MHZ
 - ◆ 一个 24 位系统定时器
 - ◆ 支持低功耗睡眠模式
 - ◆ 单指令周期 32 位硬件乘法器
 - ◆ 嵌套向量中断控制器 NVIC 支持 32 个中断输入，每个中断有 4 个优先级
 - ◆ 支持串行调试接口（SWD），2 个观察点/4 个断点
- 宽电压工作范围：2.0V ~ 5.5V
- 128bit 唯一 ID
- 存储器
 - ◆ 32K 字节 Flash 用于存储用户程序
 - ◆ 4K 字节 SRAM 用于内部高速暂存存储器
- 时钟控制
 - ◆ 可编程的系统时钟源
 - ◆ 内部 12MHZ 高速 RC 振荡器
 - ◆ 内部 25KHZ 低功耗 RC 振荡器
 - ◆ 12MHZ 外部高速晶振输入
 - ◆ 32.768KHZ 外部晶振输入
 - ◆ PLL 支持 CPU 最高运行在 96MHZ
- I/O 端口
 - ◆ 在 TSSOP20/QFN20 管脚中最多支持 18 个通用 I/O 端口（GPIO），QFN28 封装中最多支持 24 个通用 I/O 端口（GPIO）
 - ◆ I/O 工作模式：
 - 双向模式
 - 模拟模式
 - 输入上拉、下拉、浮空模式
 - 推挽输出模式
 - 开漏、开源输出模式

- ◆ I/O 管脚可被配置为电平或边沿触发模式的中断源
- 16 位定时器/PWM（最多支持 4 路独立的 PWM 输出）
 - ◆ 一个定时器/计数器模块，包含一个可编程的 16 位预分频器以及 4 路独立的 16 位计数通道
 - ◆ 每个计数通道可执行定时器或计数器操作
 - ◆ 每个计数通道作为计数器时都可以选择向上、向下或中心对齐方式计数
 - ◆ 每个计数通道可被配置成捕获通道，可在输入信号跳变时捕捉计数通道定时器的瞬时值，捕获事件也可以产生中断
 - ◆ 每个计数通道都有一个 16 位匹配寄存器，允许进行以下操作：
 - 匹配时连续工作，在匹配时可选择产生中断
 - 匹配时停止定时器工作，可选择产生中断
 - 匹配时复位定时器，可选择产生中断
 - ◆ 每个计数通道都有一个与匹配寄存器相对应的外部输出，这些输出可以具有以下功能：
 - 匹配时设为低电平
 - 匹配时设为高电平
 - 匹配时翻转电平
 - 匹配时不执行任何操作
 - ◆ 对于每个计数通道，都可将对应的匹配寄存器配置为 PWM 输出
 - ◆ PWM 输出可以设置为单脉冲输出模式以及固定脉冲个数输出模式
 - ◆ 在捕获模式下可以自动测量捕获信号的高低电平占空比
 - ◆ 支持载波功能
 - ◆ 支持触发 ADC 采样
- 16 位简易定时器
 - ◆ 2 路 16 位简易定时器，可定时产生中断
 - ◆ 时钟源可选择
- 窗看门狗定时器
 - ◆ 带内部预分频的可编程 32 位计数器
 - ◆ 可编程的递减计数器

- ◆ 未在一个特定的窗口时间内喂狗会导致产生中断或复位
- ◆ 可产生早期唤醒中断
- 独立看门狗定时器
 - ◆ 由内部 25K 振荡器驱动，即使系统主时钟失效也可继续工作
 - ◆ 可编程的递减计数器
 - ◆ 计数到 0 时产生中断
- 16 位三相电机控制模块（Motor-PWM）
 - ◆ 含有三个独立的通道，每个通道包括：
 - 一个 16 位定时器/计数器（TC）
 - 一个 16 位界限寄存器（LIM）
 - 一个 16 位匹配寄存器（MAT）
 - 一个 10 位死区时间寄存器（DT）和相应的死区时间计数器
 - 一个 16 位捕获寄存器
 - 两个极性相反的已调制的输出（MCOA 和 MCOB）
 - 一个周期中断，一个脉宽中断，一个捕获中断
 - ◆ 输入引脚 MCI0-2 可触发 TC 捕获或使通道的计数值加 1，全局异常输入可强制所有通道进入“无效”状态并产生一个中断
 - ◆ 支持三相 DC 模式
 - ◆ 支持三相 AC 模式
 - ◆ 支持带霍尔传感器的三相无刷直流电机模式
 - ◆ 延后换相功能，延后时间可配置
 - ◆ 支持硬件测速功能
 - ◆ 支持硬件移相功能，通道 1 和 2 可硬件设置相对通道 0 的相位偏移
 - ◆ 支持触发 ADC 采样，可灵活配置触发 ADC 采样时间点
- TSC
 - ◆ 支持多达 20 个电容传感通道
 - ◆ 无需外部电容
 - ◆ 每个 IO 可单独设置计数器的比较阈值，提高产品的灵活性和稳定性
 - ◆ 支持硬件自动扫描模式，减少软件干预

- ◆ 采用内部参考电压，有效的抗外部电压干扰，提高触摸的稳定性
- SPI
 - ◆ 支持 SPI 主机/从机模式
 - ◆ 支持 SPI 数据格式
 - ◆ 支持全双工以及半双工数据传输（从机模式下只支持半双工）
 - ◆ 数据长度可改变（4-16bit）
 - ◆ 时钟初始相位和极性可配置
 - ◆ 独立的 SPI 时钟源
 - ◆ SPI 实际传输速度达到 24MHz
- UART
 - ◆ 可编程波特率发生器
 - ◆ 接收器和发送器支持缓冲，均带有 16bytes 的 FIFO 缓冲
 - ◆ 可编程数据字长度(5、6、7、8 位)
 - ◆ 可配置的停止位--1 或 2 个停止位
 - ◆ 支持总线 IDLE 检测，timeout 时间可配置
 - ◆ TX/RX 极性取反功能
- I2C
 - ◆ 支持主机/从机模式
 - ◆ 主从机之间双向数据传输
 - ◆ 多主机总线支持（无中心主机）
 - ◆ 多主机同时发送数据时进行仲裁，总线上串行数据不会被损坏
 - ◆ 可编程配置的时钟可适应多样化的传输速率控制.
 - ◆ 串行时钟同步允许不同位速率的器件通过同一个串行总线通信
 - ◆ 串行时钟同步可作为一个握手机制来挂起和恢复串行传输
- CAN
 - ◆ 支持完整的 CAN 协议（CAN2.0A 和 CAN2.0B）
 - ◆ 支持 11 位和 29 位标识符多主机总线支持（无中心主机）
 - ◆ 多通信速率支持系统时钟的 1/(16~3200)，支持宽度大于 5Kbaud~1Mbaud
 - ◆ 64 字节接收 FIFO

- ◆ 软件驱动的位速率检测（支持热插拔）
- ◆ 接收滤波
- ◆ 单次发送选择（无重发）
- ◆ 只听模式（无确认、无激活的错误标志）
- ◆ 接收自身报文（自接收请求）
- ◆ 对每一个 CAN 总线错误产生中断
- ◆ 读/写错误计数器
- ◆ 最近一次的错误代码寄存器
- ◆ 可编程错误报警限额寄存器
- USB2.0 FS DEV
 - ◆ 符合 USB2.0 全速设备的技术规范
 - ◆ 可以工作在 device 模式
 - ◆ Endpoint 0-3 双向数据传输端口
 - ◆ 512Byte 的专用数据缓存
 - ◆ 时钟恢复功能，无需外挂晶振
 - ◆ USB 所需 48MHz 时钟来自于 PLL,若要使能 USB 模块,PLL 必须工作于 96MHz 或 48MHz
- ADC
 - ◆ 12 位逐次逼近式模数转换器 ADC
 - ◆ 12bits/10bits/8bits/6bits 分辨率可调
 - ◆ 高达 1.5Mhz 的转换速率
 - ◆ 可设置工作与 BUF 模式
 - ◆ 模拟输入测量电压范围: 5mV~VDD*0.99
 - ◆ 基准电压可选择 VDD 或片内基准电压 (2.0V@typical)
 - ◆ 最多 14 个外部通道输入
 - ◆ 两个通道可用于测量内部 OPA 的输出
 - ◆ 1 个内部温度传感器检测输入
 - ◆ 1 个内部通道用来检测 1/4 VDD 电压
 - ◆ 转换开始可由软件、内部硬件信号或外部引脚触发

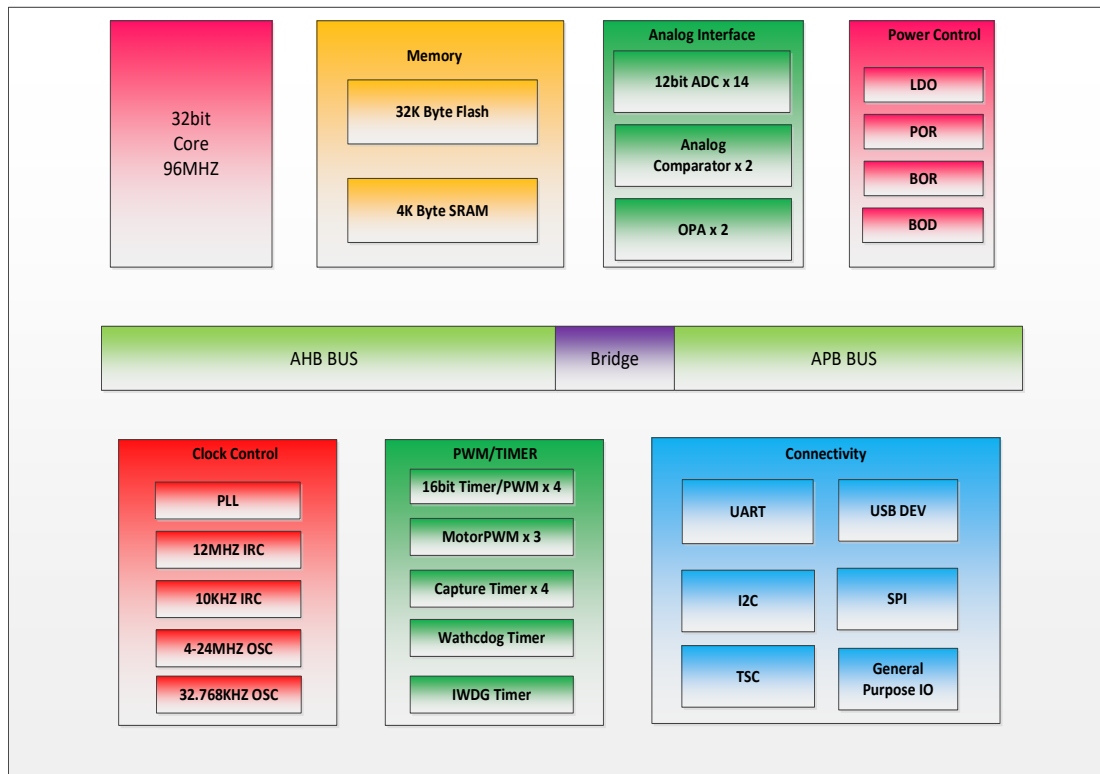
- ◆ 支持单次转换模式/连续转换模式/非连续转换模式
- ◆ 每个通道都有独立的数据结果寄存器
- ◆ 支持模拟看门狗功能
- ACMP
 - ◆ 2 组模拟比较器模块
 - ◆ 每个比较器模块包含 POS 和 NEG 两个端口
 - ◆ 每个 POS 和 NEG 都有对应的外部 IO，可接外部电压，也可选择内部参考电压，也可选择内部 OPA 的输出
 - ◆ 迟滞功能，迟滞电压 2 档可调(15mV/40mV)
 - ◆ 比较结果发生改变时可产生中断
- OPA
 - ◆ 两路运算放大器模块
 - ◆ 运算放大器的增益内部 8 档可调，可内部配置成 1/2/3/4/6/8/10 倍放大
 - ◆ 运算放大器的增益也可由外部电阻网络决定
 - ◆ 放大器的输出可以作为比较器的 POS 端
 - ◆ 放大器的输出可以接至 ADC 的输入通道
- 欠压检测 (BOD)
 - ◆ 支持 4 级检测电压 (4.2V/3.7V/2.7V/2.2V)
 - ◆ 可以产生中断
- 欠压复位 (BOR)
 - ◆ 支持 4 级复位电压 (3.7V/2.7V/2.2V/1.8V)
 - ◆ 可以产生中断或复位芯片
- 工作温度
 - ◆ -40℃ ~ 105℃
- 封装
 - ◆ 无铅封装 (RoHS)
 - ◆ 20pin-TSSOP, 20pin-QFN, 16pin-SOP, 28pin-QFN

3. 缩写

ACMP	Analog Comparator controller
ADC	Analog-digital Convertor
APB	Advanced Peripheral Bus
AHB	Advanced High-performance Bus
BOD	Brown-out Detect
BOR	Brown-out Reset
CAN	Controller Area Network
CRS	Clock Recovery System
DAP	Debug Access Port
FIFO	First-in, First-out
FMC	Flash memory controller
GPIO	General-Purpose Input/Output
HCLK	Clock of AHB
I2C	Inter-Integrated Circuit
IAP	In Application Program
ICP	In Circuit Program
ISP	In System Program
IRC	Internal RC Oscillator
IWDG	Independent Watchdog Timer
LDO	Low Dropout Regulator
MPWM	Motor PWM
NVIC	Nested Vectored Interrupt Controller
OPA	Operation Amplifier
PCLK	Clock of APB
PLL	Phase-Locked Loop
PWM	Pulse Width Modulation
SPI	Serial Peripheral Interface

TSC	Touch Sense Controller
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver/Transmitter
USB	Universal Serial Bus
WWDT	Window Watchdog Timer

4. 方块图



5. 选型表和管脚图

5.1 MT32F006 选型表

Part Number	RAM	Flash	I/O	Timer\ PWM	Motor PWM	USB2.0 DEV	CAN	SPI	I2C	TSC	UART	ADC	ACMP	OPA	Package
MT006C6PA	4KB	32KB	18	4	3	1	1	1	1	18	1	14	2	1	TSSOP20
MT006C6UA	4KB	32KB	18	4	3	1	1	1	1	18	1	14	2	1	QFN20
MT006C6WA	4KB	32KB	14	4	3	1	1	1	1	14	1	12	1	1	SOP16
MT006C6XA	4KB	32KB	24	4	3	1	1	1	1	18	1	14	2	2	QFN28

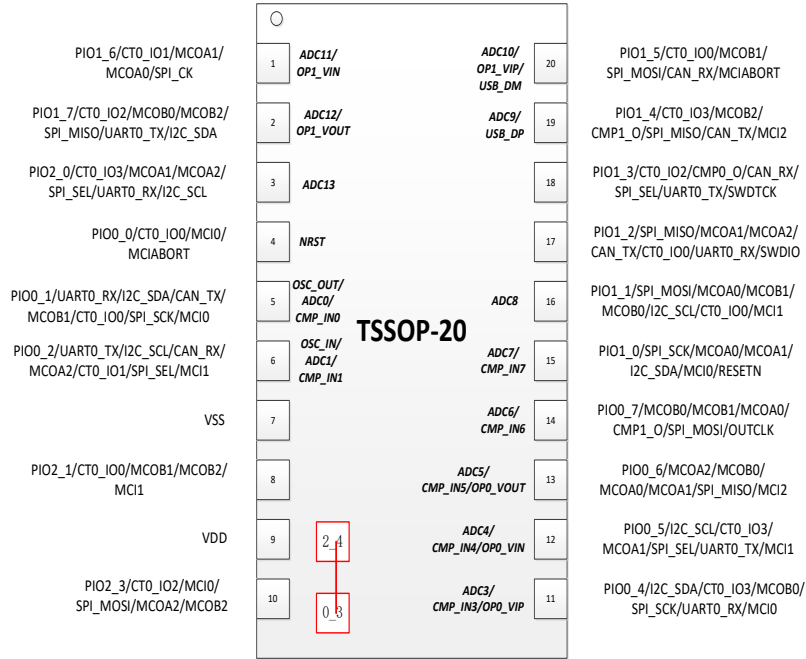
*：最大可提供 28 管脚封装，GPIO 数量扩展到 24 个

*：QFN20，TSSOP20 封装管脚与主流 003/005 系列兼容

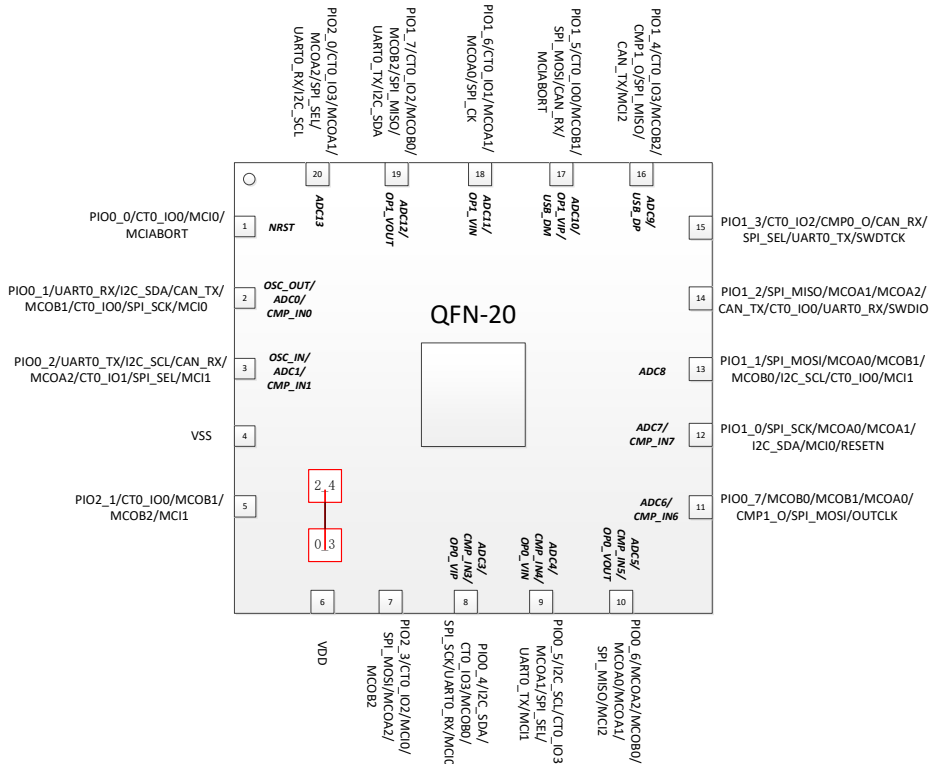
5.2 管脚图

以下管脚图中，GPIO 的外圈描述为该 IO 的数字复用功能，内圈描述为该 IO 作为数模混用 IO 时的模拟 IO 功能。

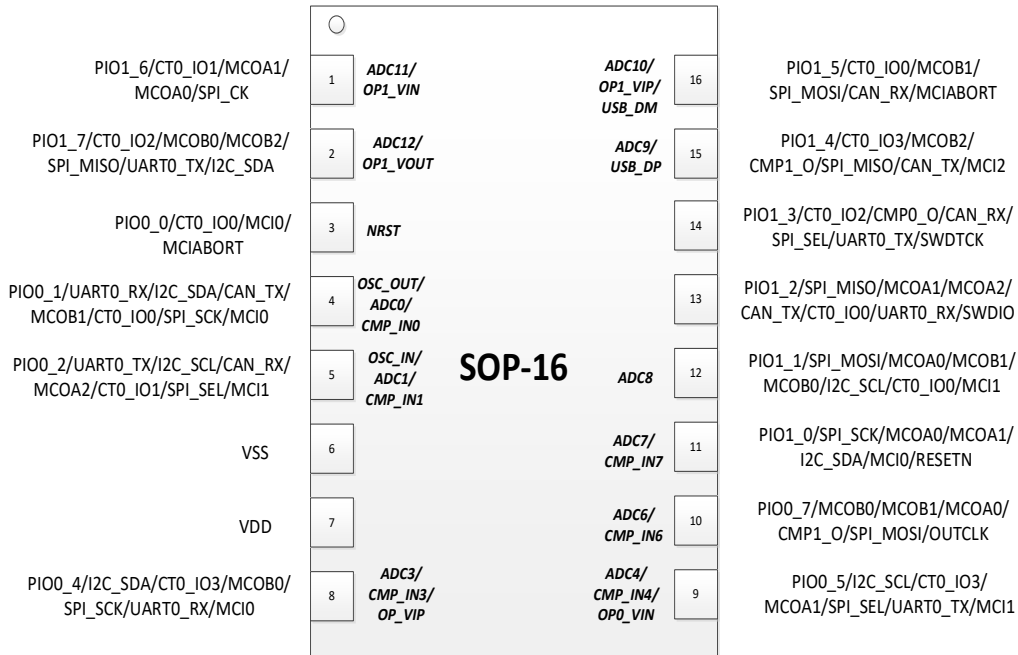
5.2.1 TSSOP-20 封装



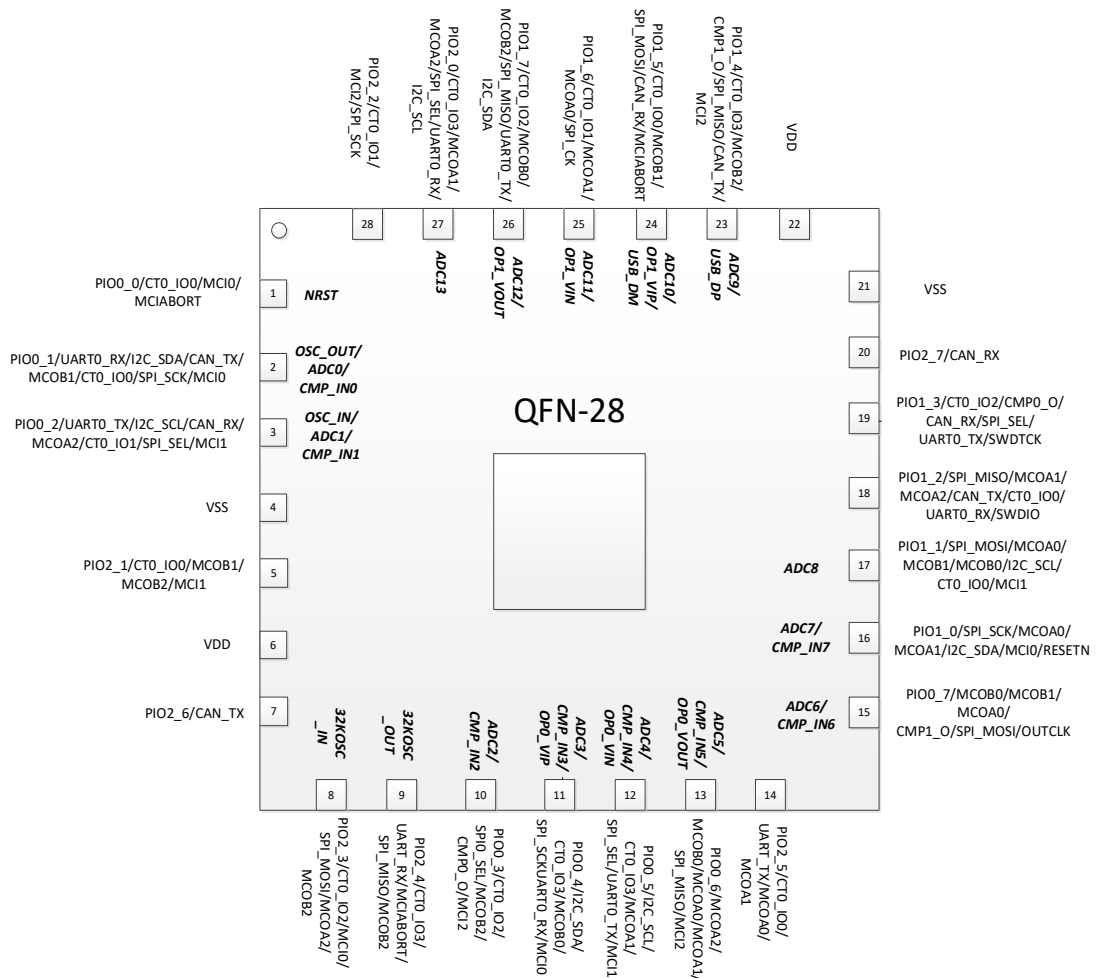
5.2.2 QFN-20 封装



5.2.3 SOP-16 封装



5.2.4 QFN-28 封装



5.3 管脚描述

管脚号				符号	数字复用功能								模拟功能
TSSOP 20	QFN 20	SOP 16	QFN 28		0	1	2	3	4	5	6	7	
	6	7	6,22	VDD									电源
7	4	6	4,21	VSS									地
4	1	3	1	PIO0_0	GPIO	CT0 IO0	MCIO					MCI ABORT	NRST 外部复位
5	2	4	2	PIO0_1	GPIO	UART0 RX	I2C SDA	CAN TX	MCO B1	CT0 IO0	SPI SCK	MCI0	OSC_OUT ADC0 CMP_IN0
6	3	5	3	PIO0_2	GPIO	UART0 TX	I2C SCL	CAN RX	MCO A2	CT0 IO1	SPI SEL	MCI1	OSC_IN ADC1 CMP_IN1
			10	PIO_3	GPIO	CT0 IO2	SPI SEL	MCO B2	CMP0 OUT			MCI2	ADC2 CMP_IN2
11	8	8	11	PIO0_4	GPIO	I2C SDA	CT0 IO3	MCO B0		SPI SCK	UART0 RX	MCI0	ADC3 CMP_IN3 OP0_VIP
12	9	9	12	PIO0_5	GPIO	I2C SCL	CT0 IO3	MCO A1		SPI SEL	UART0 TX	MCI1	ADC4 CMP_IN4 OP0_VIN
13	10		13	PIO0_6	GPIO	MCO A2	MCO B0	MCO A0	MCO A1	SPI MISO		MCI2	ADC5 CMP_IN5 OP0_OUT
14	11	10	15	PIO0_7	GPIO	MCO B0	MCO B1	MCO A0	CMP1 OUT	SPI MOSI		OUT CLK	ADC6 CMP_IN6
15	12	11	16	PIO1_0	GPIO	SPI SCK	MCO A0	MCO A1	I2C SDA		MCI0	OUT RESET	ADC7 CMP_IN7
16	13	12	17	PIO1_1	GPIO	SPI MOSI	MCO A0	MCO B1	MCO B0	I2C SCL	CT0 IO0	MCI1	ADC8 CMP_IN8

MT32F006 系列规格书

17	14	13	18	PIO1_2	GPIO	SPI MISO	MCO A1	MCO A2	CAN TX	CT0 IO0	UART0 RX	SWD IO	
18	15	14	19	PIO1_3	GPIO	CT0 IO2		CMP0 OUT	CAN RX	SPI0 SEL	UART0 TX	SWD SCK	
19	16	15	23	PIO1_4	GPIO	CT0 IO3		MCO B2	CMP1 OUT	SPI MISO	CAN TX	MCI2	ADC9 USB_DP
20	17	16	24	PIO1_5	GPIO	CT0 IO0		MCO B1	MCI1	SPI MOSI	CAN RX	MCI ABORT	ADC10 OP1_VIP USB_DM
1	18	1	25	PIO1_6	GPIO	CT0 IO1		MCO A1	MCO A0	SPI SCK			ADC11 OP1_VIN
2	19	2	26	PIO1_7	GPIO	CT0 IO2	MCO B0	MCO B2	SPI MISO	UART0 TX		I2C SDA	ADC12 OP1_OUT
3	20	3	27	PIO2_0	GPIO	CT0 IO3	MCO A1	MCO A2	SPI SEL	UART0 RX		I2C SCL	ADC13
8	5		5	PIO2_1	GPIO	CT0 IO0		MCO B1	MCO B2	MCI1			
			28	PIO2_2	GPIO	CT0 IO1		MCI2	SPI SCK				
10	7		8	PIO2_3	GPIO	CT0 IO2		MCI0	SPI MOSI	MCO A2	MCO B2		32KOSC IN
			9	PIO2_4	GPIO	CT0 IO3	UART RX	MCI ABORT	SPI MISO	MCO B2			32KOSC OUT
			14	PIO2_5	GPIO	CT0 IO0	UART TX	MCO A0	MCO A1				

MT32F006 系列规格书

			7	PIO2_6	GPIO	CAN TX							
			20	PIO2_7	GPIO	CAN RX							

注：GPIO：表示通用输入输出 IO 功能

CT0_IOx：表示 TIMER0 的 IO0/1/2/3，每组 Timer 有 4 个 IO，可配置为 PWM 输出或 Capture 输入

MCx：表示 MotorPWM 模块的管脚，共有 3 组互补 PWM 输出管脚：MCOA0/1/2, MCOB0/1/2，

三组输入捕获管脚：MCI0/1/2，一个全局输入管脚：MCIABORT

SPI：SPI 模块管脚，共有 4 个管脚：SPI_SCK, SPI_SEL, SPI_MISO, SPI_MOSI

I2C：I2C 模块管脚，共有 2 个管脚：I2C_SCL, I2C_SDA

UART：UART0 模块管脚，每个模块有 2 个管脚：UART0_TX, UART0_RX

CAN：CAN 模块管脚，每个模块有 2 个管脚：CAN_TX, CAN_RX

USB：USB 模块管脚，有两个管脚：USB_DP, USB_DM

CMPx：比较器模块管脚，有两个结果输出管脚：CMP0_out, CMP1_out，输入管脚与 ADC 复用

OPx：运放模块管脚，每个运放有三个管脚：VIP, VIN, OUT

SWDx：SWD 调试接口管脚，共有两个管脚：SWD_CLK, SWD_IO

ADCx：ADC 模块输入管脚，共有 14 个管脚：ADC0-ADC13

CMP_Inx：模拟比较器模块输入管脚，共有 8 个管脚：CMP_IN0-CMP_IN7，与 ADC0-7 复用

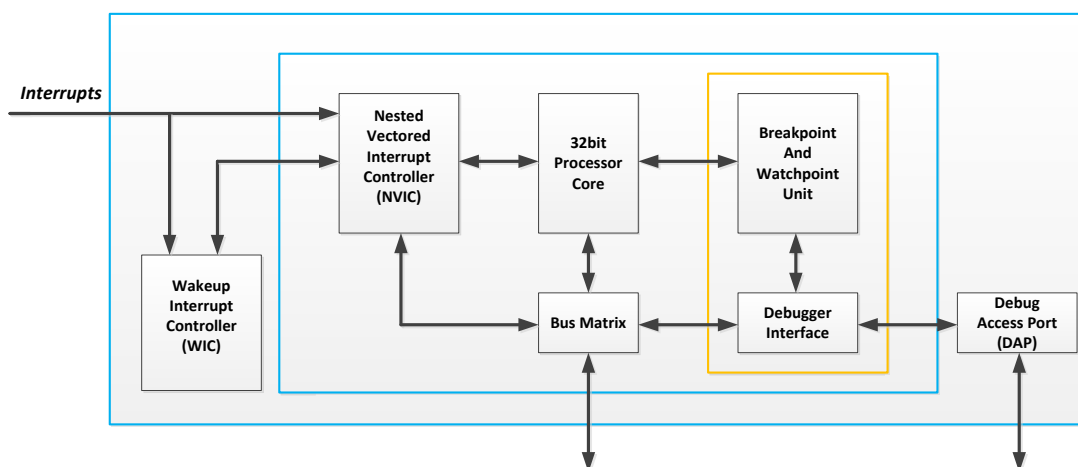
OUTCLK：时钟输出管脚，可以将芯片内部时钟源信号从此管脚输出

RESET：复位输出管脚，可以将芯片内部复位源信号从此管脚输出

6. 功能描述

6.1 32-bit CPU 内核

MT32F006 采用的处理器是 32 位多级可配置的 RISC 处理器。它有 AMBA AHB-Lite 接口和嵌套向量中断控制器 (NVIC)，具有可选的硬件调试功能。该系列处理器支持两种操作模式 Thread 模式和 Handler 模式。当有异常发生时，处理器进入 Handler 模式。异常返回只能在 Handler 模式下发生。当复位时，处理器会进入 Thread 模式，处理器也可在异常返回时进入到 Thread 模式。下图显示了处理器内核的各个功能模块。



设备提供：

- 低门数处理器，特性如下：
 - 24-bit SysTick 定时器
 - 32-bit 硬件乘法器
 - 系统接口支持小端(little-endian)数据访问
 - 具有确定性，固定延迟的中断处理能力
 - 可以丢弃和重新开始多次加载/存储和多周期乘法指令以保证快速中断处理
 - 与 C 应用程序二进制接口兼容的异常模式 (C-ABI)
 - 使用中断等待 (WFI)，事件等待 (WFE) 指令，或者从中断返回时直接进入睡眠的 sleep-on-exit 特性可以进入低功耗休眠模式
- NVIC 特性
 - 32 个外部中断输入，每个中断具有 4 级优先级

- 不可屏蔽中断输入（NMI）
- 支持电平和脉冲触发中断
- 调试
 - 四个硬件断点
 - 两个观察点
 - 用于非侵入式代码的程序计数采样寄存器（PCSR）
 - 单步和向量捕获能力
- 总线接口
 - 单一 32 位的 AMBA3 AHB-Lite 系统接口，为所有的系统外设和存储器提供方便的集成
 - 支持 DAP（Debug Access Port）的单一 32 位的从机接口

6.2 系统管理器（Sysconfig）

6.2.1 概述

系统管理器包括如下功能：

- 系统复位
- 系统电源架构
- 系统时钟架构
- 系统功率控制
- 系统存储器映射
- 系统定时器（SysTick）
- 系统控制寄存器

6.2.2 系统复位

系统复位可由如下事件发起，这些复位事件标志可由 HW_SYSRSTSTAT 寄存器读出。

- 硬件复位
 - 上电复位
 - 复位脚（NRST）上有低电平（该 IO 与 PIO0_0 复用，复位功能可屏蔽）

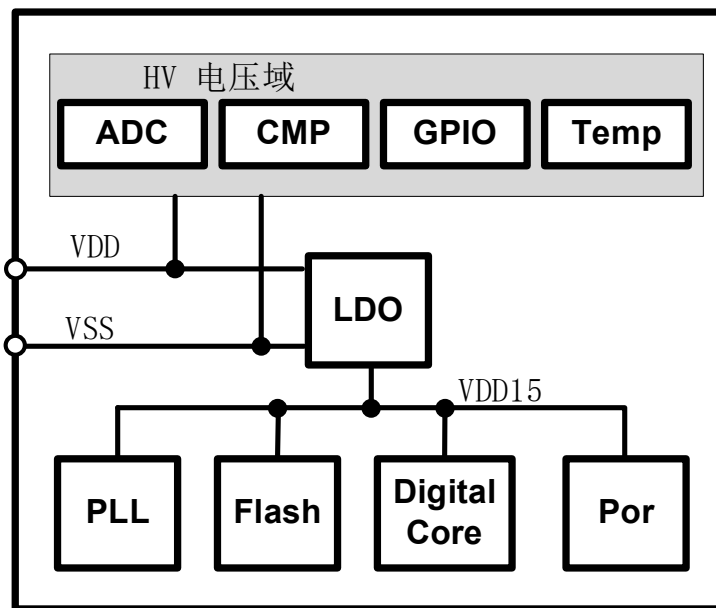
- 看门狗定时溢出复位 (WDT)
- 独立看门狗复位 (IWDG)
- 低电压复位 (BOR)
- 软件复位
 - MCU 复位 - SYSRESETREQ (AIRC[2])

6.2.3 系统电源架构

该芯片的电源架构分为两个部分：

- 来自 VDD 和 VSS 的 IO 高压电源，为模拟模块 (ADC, CMP 等等) 以及 GPIO 提供工作电源，包括 LDO 的输入电源也来自 VDD。
- 片内 LDO 的输出电源 VDD15, 该电源负责给内核逻辑以及 PLL, Flash 等模块供电
- 内部稳压器 LDO 为 CAPLESS 架构，不需要片外稳压电容。

下图给出了 MT32F006 内部电源架构图：

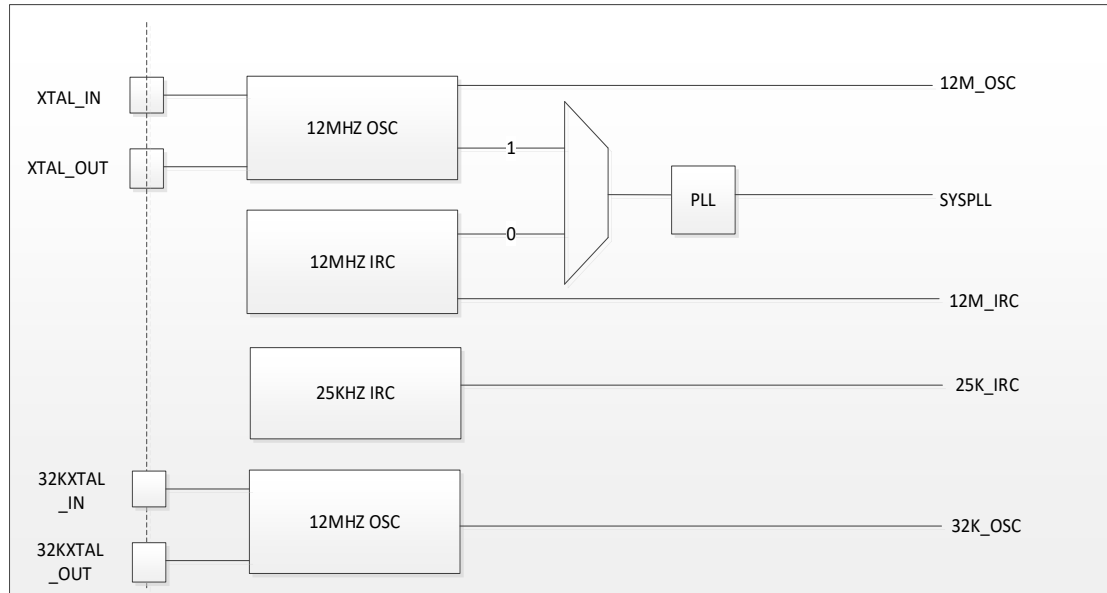


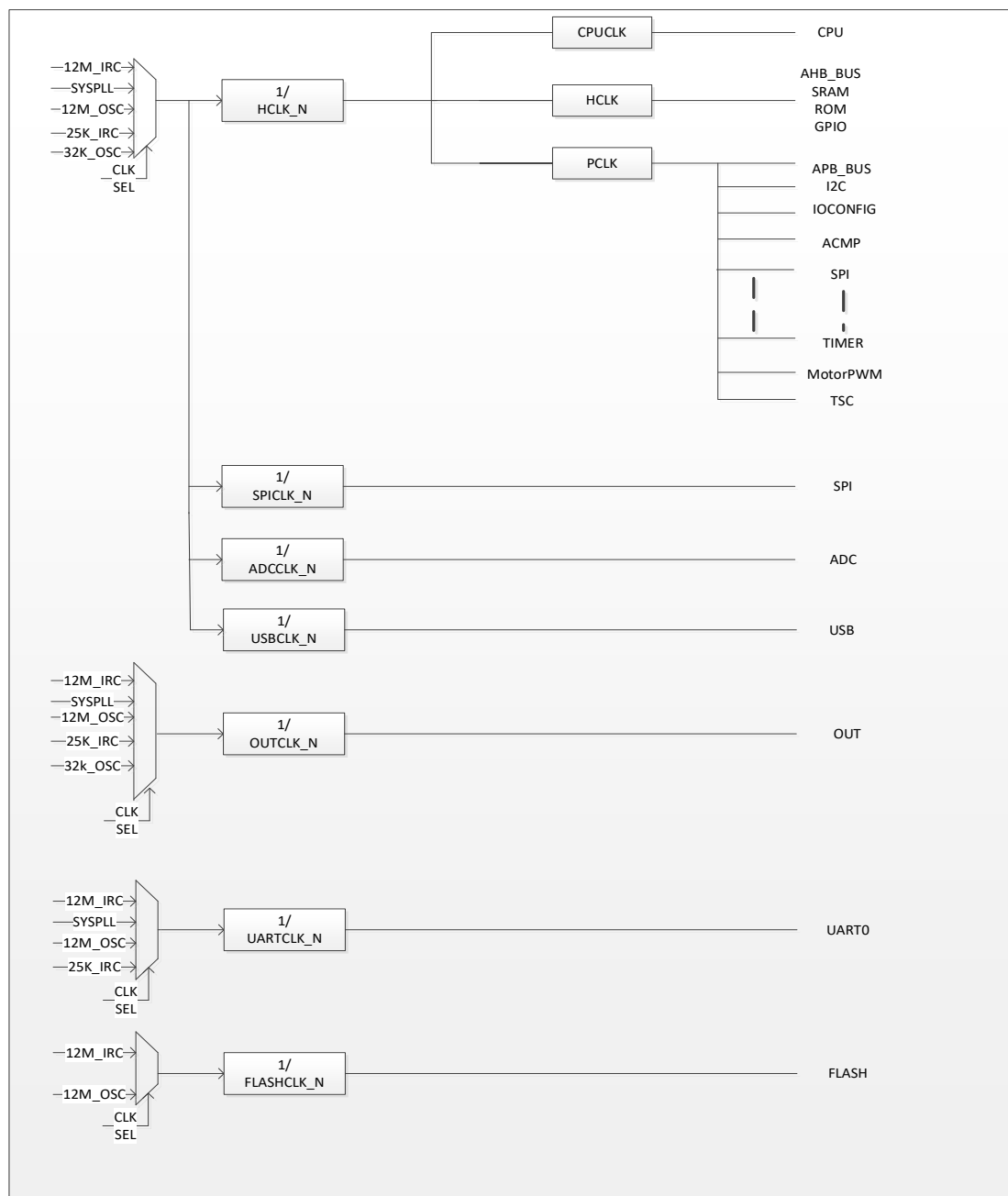
6.2.4 系统时钟架构

时钟控制器为整个芯片提供时钟，包括系统时钟和所有外设时钟。时钟控制器还利用独立的时钟 ON/OFF 控制、时钟源选择和时钟分频器来实现功耗控制功能。

系统时钟发生器由如下 5 个时钟源组成：

- 12MHZ 内部 RC 振荡器 (12M_IRC)
- 12MHZ 外部晶振 (12M_OSC)
- 25KHZ 内部低功耗振荡器 (25K_IRC)
- 32.768KHZ 外部晶振
- 96MHZ 的内部 SYSPLL (PLL 输入时钟源可选择 12M_IRC 或是 12M_OSC)





6.2.5 系统功率控制

MT32F006 系列 MCU 支持多种功耗控制特性，通过优化芯片中模块的电源和时钟可以降低处理器运行时的功率消耗。芯片共有三种专门的处理器节电模式：睡眠模式、深度睡眠模式以及掉电模式。

在睡眠模式下，CPU 内核时钟会被关闭，用户可以自行选择哪些外设可以继续运行，可以将不需要运行的外设时钟关闭。中断信号可以将 CPU 从睡眠模式中唤醒。

在深度睡眠模式下，芯片会自动关闭大部分数字模块的时钟（用户也可手动设置哪些模块要在深度睡眠时保持时钟打开），同时用户可以选择哪些模拟模块被关闭，来减少消耗的功率。同时还可以选择进入低功耗模式来进一步降低芯片功耗。

在掉电模式下，数字内核掉电，模拟部分除 WAKEUP 模块外也都处于掉电状态，此时可以通过芯片的 7 个具有 WAKEUP 功能的 IO 以及 NRST 管脚来给芯片上电，WAKEUP 功能可被软件屏蔽。

根据实际需要，用户可以通过切换时钟源、重新配置 PLL 值和/或改变系统时钟的分频值，来控制 CPU 以及系统的运行频率。这样可以根据实际应用的需要来对功耗和处理速度进行权衡。

同时，运行时（runtime）功耗控制允许将片内各外设各自的时钟关闭，也允许关闭应用无需使用到的外设来减少功耗。

6.2.6 系统存储器映射

MT32F006 系列 MCU 提供 4G 字节的寻址空间。每个片上模块存储器的地址分配情况如下表所示。详细的寄存器定义和寻址空间以及编程细节将在后续的各个片上外设描述章节里描述，仅支持小端数据格式。

在 MT32F006 系列 MCU 中存在一个地址重映射机制，以供开发者对芯片进行调试开发。芯片上电后 CPU 会从 0x00000000 的地址开始执行程序，正常模式下这段空间是分配给 Flash 存储器的 Sector0 空间，但是在地址重映射模式下，可选择将 Flash 中的任意地址开始的 256Byte 的连续空间映射到 0x00000000 地址。（见 HW_REMAP_FLASH 寄存器）

地址空间	标志	模块
Flash & SRAM 空间(0x0000_0000 – 0x2000_FFFF)		
0x0000_0000 – 0x0000_7FFF 0x0800_0000 – 0x0800_7FFF	Main Flash	32K Byte
0x1FFF_F400 – 0x1FFF_F7FF	INFO Flash	1K Byte
0x1FFF_F800 – 0x1FFF_F9FF	SYS Flash	512 Byte
0x2000_0000 – 0x2000_0FFF	SRAM	SRAM 内存空间(4KB)

AHB 模块空间(0x4000_0000 – 0x4008_0000)		
0x4000_0000 – 0x4000_FFFF	APB	APB 桥外设寄存器（64KB）
0x4002_0000 – 0x4004_FFFF	GPIO	GPIO(port0-2)寄存器空间（192KB）
0x4006_0000 – 0x4006_FFFF	GPIO	USB 模块寄存器空间
APB 模块空间(0x4000_0000 – 0x4000_FFFF)		
0x4000_0000 – 0x4000_0FFF	SYSCONFIG	SYSCONFIG 模块寄存器
0x4000_1000 – 0x4000_17FF	IOCONFIG	IOCONFIG 模块寄存器
0x4000_1800 – 0x4000_1FFF	TSC	TSC 模块寄存器
0x4000_2000 – 0x4000_27FF	USART0	USART0 模块寄存器
0x4000_3000 – 0x4000_37FF	ACMP	ACMP 模块寄存器
0x4000_4000 – 0x4000_47FF	I2C0	I2C0 模块寄存器
0x4000_5000 – 0x4000_57FF	ADC	ADC 模块寄存器
0x4000_6000 – 0x4000_6FFF	CAN	CAN 模块寄存器
0x4000_7000 – 0x4000_77FF	MPWM	MotorPWM 模块寄存器
0x4000_8000 – 0x4000_87FF	SPI0	SPI0 模块寄存器
0x4000_9000 – 0x4000_97FF	TIMER0	TIMER0 模块寄存器
0x4000_B000 – 0x4000_BFFF	FLASH	FLASH 控制器模块寄存器
0x4000_C000 – 0x4000_C7FF	WWDT	Window WATCHDOG 模块寄存器
0x4000_C800 – 0x4000_CFFF	IWDT	Independent Watchdog 模块寄存器
0x4000_F000 – 0x4000_FFFF	CRS	CRS 模块寄存器
系统控制空间（0xE000_E000 – 0xE000_EFFF）		
0xE000_E010 – 0xE000_E0FF	SCS	系统定时器控制寄存器
0xE000_E100 – 0xE000_ECFE	SCS	外部中断控制器控制寄存器
0xE000_ED00 – 0xE000_ED8F	SCS	系统控制块寄存器

6.2.7 系统定时器（SysTick）

CPU 包含一个集成的系统定时器，SysTick。SysTick 提供一种简单的，24 位写清零，向下计数，计数至 0 后自装载的计数器，有一个灵活的控制机制。计数器可作为实时操作系统的节拍定时器或者作为一个简单的计数器。

使能后，系统定时器从 SysTick 当前值寄存器 (SYST_CVR) 的值向下计数到 0，并在下一个时钟边沿，重新加载 SysTick 重载值寄存器 (SYST_RVR) 的值到 SysTick 当前值寄存器 (SYST_CVR)，然后随接下来的时钟递减。当计数器减到 0 时，标志位 COUNTFLAG 置位，标志位 COUNTFLAG 是读清 0 的。

复位后，SYST_CVR 的值未知。使能前，软件应该写该寄存器使其清 0。这样确保定时器在使能后以 SYST_RVR 中的值计数，而非任意值。

若 SYST_RVR 是 0，在重新加载后，定时器将保持当前值 0，这种机制可以用来在不使用系统定时器的使能位的情形下禁用系统定时器。

6.2.8 嵌套向量中断控制器 (NVIC)

CPU Core 提供中断控制器，作为异常模式的组成部分，称之为“嵌套向量中断控制器 (NVIC)”。它与处理器内核紧密联系，并具有以下特性：

- 支持嵌套和向量中断
- 自动保存和恢复上下文
- 可动态改变优先级
- 简化的精确的中断延迟

NVIC 对所有支持的异常按优先级排序并处理，所有异常在“处理模式”处理。NVIC 结构支持具有四级优先级的 32 个 (IRQ[31:0]) 离散中断。所有的中断和大多数系统异常可以配置为不同的优先级。当中断发生时，NVIC 将比较新中断与当前中断的优先级，如果新中断优先级高于当前中断，则新中断将代替当前中断被处理。

当任何中断被响应时，中断服务程序 (ISR) 的起始地址从内存的向量表中取得。不需要由软件确定响应哪个中断，也不要软件跳转到相应 ISP 的起始地址。当取得起始地址时，NVIC 将自动保存处理器状态，包括以下寄存器“PC, PSR, LR, R0~R3, R12”的值到栈中。在 ISR 结束时，NVIC 将从栈中恢复相关寄存器的值，恢复正常操作，因此处理器将花费更少的并且确定的时间去处理中断请求。

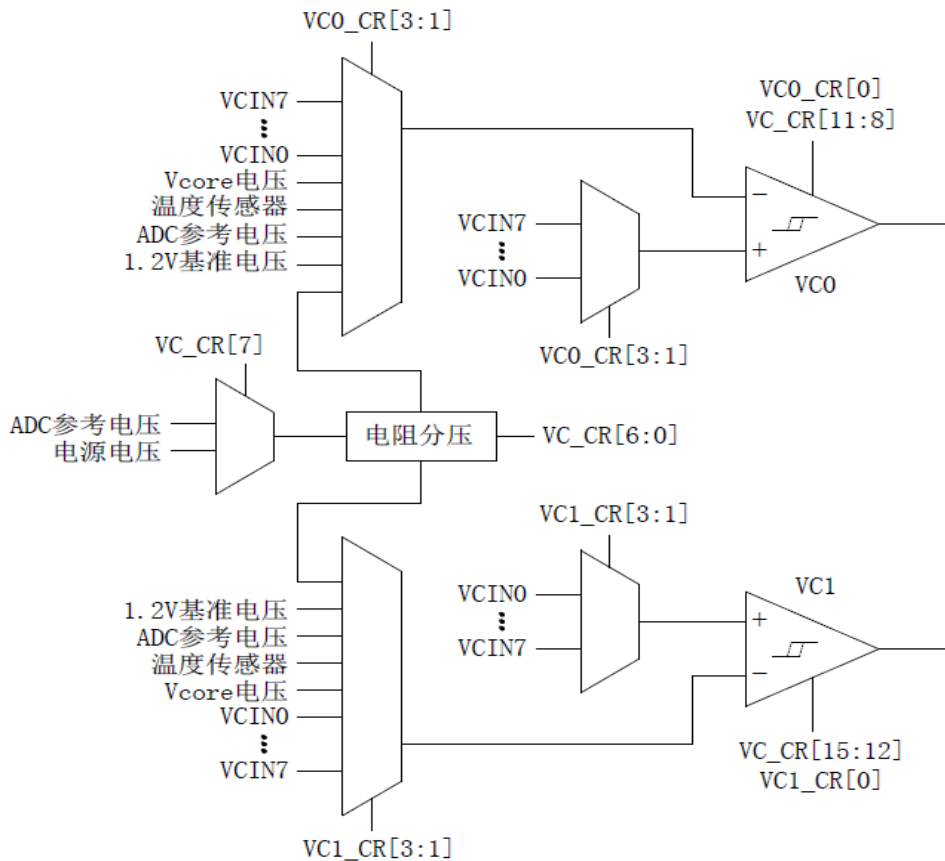
NVIC 支持末尾连锁“Tail Chaining”，有效处理尾对尾中断“back-to-back interrupts”，即无需重复保存和恢复当前状态从而减少从当前 ISR 结束切换到等待处理的 ISR 的延迟时间。NVIC 还支持晚到“Late

Arrival”，可以提升同时发生的 ISR 的效率。在当前 ISR 开始执行（保存处理器状态并获取起始地址阶段）之前如果较高优先级中断请求发生，NVIC 将立即选择处理更高优先级的中断，从而提高了实时性。

6.3 模拟比较器 (ACMP)

6.3.1 概述

MT32F006 系列微控制器包含两个模拟比较器。每个比较器有两个模拟输入端: POS 和 NEG, 这两个端口既可以选择 IO 上的外部输入电压, 也可以选择内部电压作为比较电压。



6.3.2 特性

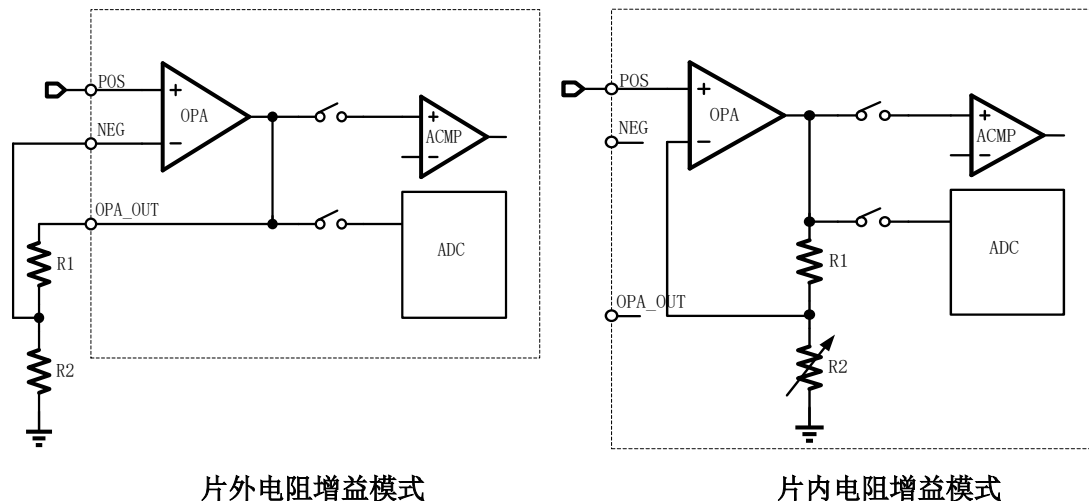
● ACMP

- ◆ 包含两路模拟比较器
- ◆ 每个比较器模块包含 POS 和 NEG 两个端口
- ◆ 每个 POS 和 NEG 都可以选择多个外部或内部电压
- ◆ POS 端可选择连接到 OPA0 和 OPA1 的输出
- ◆ 迟滞功能, 迟滞电压 2 档可调(15mV/40mV)
- ◆ 当比较结果发生改变时可产生中断

6.4 运算放大器（OPA）

6.4.1 概述

MT32F006 系列微控制器包含两个运算放大器。每个运算放大器有两个模拟输入端: VIP 和 VIN, 一个输出端口 VOUT。放大器的增益可由内部寄存器配置, 也可由外部电阻网络决定。



6.4.2 特性

● OPA

- ◆ 包含两路运算放大器
- ◆ 每个比较器模块包含 VIN, VIP 和 VOUT 三个端口
- ◆ 增益可由内部寄存器配置, 也可由外部电阻网络决定
- ◆ OPA0 和 1 的输出可连接到 ACMP 和 ADC 模块
- ◆ 采用内部增益时, 放大器的输出只能连到 CMP 或 ADC, 不能从 IO 输出

6.5 模拟数字转换 (ADC)

6.5.1 概述

MT32F006 系列包含一个 16 通道 12 位的模拟-数字转换器(A/D 转换器). A/D 转换器支持以下几种工作模式: 单次转换模式、循环转换模式、非连续转换模式。A/D 转换可以通过软件、外部管脚或者内部硬件信号 (如 PWM 等) 来触发。

6.5.2 特性

- 12 位逐次逼近式模数转换器 ADC
- 12bits/10bits/8bits/6bits 分辨率可调
- 高达 1.5MHz 的转换速率
- 可工作与 BUF 模式
- 模拟输入电压范围: $5\text{mV} \sim 0.99 \times \text{VDD}$
- 基准电压可选择 VDD 或片内基准电压 ($2.0\text{V} @\text{typical}$)
- 自带失调校准以及增益误差校准;
- 最多 14 个外部通道输入, 1 个内部温度传感器检测输入, 一个内部 $1/4 \text{ VDD}$ 检测通道
- 通道 12 和 13 可连接到 OPA0 和 OPA1 的输出
- A/D 转换开始条件
 - ◆ 软件向 ADSTART 写 1
 - ◆ 内部硬件信号触发(如 Timer、MotorPWM 等)
 - ◆ 外部 IO 管脚触发
- 三种操作模式
 - ◆ 单次转换模式: A/D 一次完成所有使能通道上的转换
 - ◆ 连续转换模式: A/D 完成所有使能通道上的转换后, 自动的从头开始新一轮的转换
 - ◆ 非连续转换模式: 每完成一次转换, 都需要软件或者硬件来触发
- 每个通道都有单独的结果寄存器, 用于暂存转换的结果
- 模拟看门狗功能, 当采样结果大于或小于设定的值时产生中断

6.6 闪存控制器（FMC）

6.6.1 概述

MT32F006 系列具有 32K 字节的片上 Flash, 用于存储应用程序, 具有 1K 字节的数据存储空间, 用来存放客户数据。

6.6.2 特性

- 支持 1K 字节的页擦除模式和全擦除模式
- 32K 字节的程序存储空间
- 1K 字节数据存储空间
- Flash 读和写操作基本单位为 32 位
- Flash 写和擦操作保护功能, 防止误操作
- 具有 Flash 程序加密模式, 可以禁止非法读取 Flash 中的内容

6.7 通用 I/O (GPIO)

6.7.1 概述

MT32F006 系列最多有 24 个通用 I/O 引脚，这些引脚既可以作为数字 I/O 也可以作为模拟 I/O 使用。作为数字 I/O 时，每个 I/O 除了 GPIO 功能外还可以被多个不同数字模块共用，极大的节省了 I/O 资源。作为模拟 I/O 使用时，该 I/O 的数字功能被禁止。

24 个 I/O 分为 3 个端口，分别命名为 PI00-PI02，每个端口有 8 个引脚，分别为 PI0x_0-PI0x_7 (x=0, 1, 2)。每个 I/O 都是独立的，都有一个寄存器来控制该 I/O 的工作模式，可由软件独立地配置为输入，输出，数字/模拟模式，被哪个数字模块使用等。

复位后，除 SWD 的 I/O 外所有的 I/O 默认工作于数字模式，处于 GPIO 功能，输入悬空状态。

每个 I/O 内部都配有独立的上拉/下拉电阻，内部上拉/下拉电阻阻值大约为 100K Ω 。

当 I/O 被配置为数字 I/O，且工作于 GPIO 功能时，每个 I/O 都有一组寄存器来配置其作为 GPIO 时的功能，比如输入、输出、中断等特性。

6.7.2 特性

- 最多 24 个 GPIO，在 20Pin 封装中最多支持 18 个通用 I/O 端口 (GPIO)
- 多个 I/O 具有模拟功能，可被 ADC，ACMP，OPA 等模拟模块使用
- I/O 工作模式：
 - ◆ 双向模式
 - ◆ 模拟模式
 - ◆ 输入上拉、下拉、高阻模式
 - ◆ 推挽输出模式
 - ◆ 开漏、开源输出模式
- I/O 管脚可被配置为电平或边沿触发模式的中断源
- 复位后除 SWD 的 I/O 外所有的管脚默认 GPIO 功能且处于输入浮空状态
- I/O 输出速率可配置

6.8 I2C 总线控制器 (I2C)

6.8.1 概述

MT32F006 系列有一组 I2C 控制器。I2C 为 2 线，双向串行总线，为设备之间的数据通讯提供了简单有效的方法。I2C 标准是多主机总线，包括冲突检测和仲裁机制以防止在两个或多个主机试图同时控制总线时发生数据冲突。

6.8.2 特性

- 支持主机和从机模式
- IO 的开漏功能允许 I2C 多主机进行总线仲裁
- 主从机之间双向数据传输
- 独立的接收/发送 8 字节 FIFO 缓存
- 多主机同时发送数据仲裁，总线上串行数据不会被损坏
- 串行时钟同步使得不同比特率的器件可以通过一条串行总线传输数据
- 串行时钟同步可用作握手方式来暂停和恢复串行传输
- 可编程的时钟适用于不同速率控制
- 支持 7 位或者 10 位寻址模式

6.9 串行外设接口控制器 (SPI)

6.9.1 概述

串行外设接口 (SPI) 是一个工作于全双工模式下的同步串行数据通讯协议。设备通过 4 线双向接口工作于主机模式进行通讯。MT32F006 系列包括一组 SPI 控制器, 将从外设接收到的数据进行串并转换, 或将要发送到外设的数据进行并串转换。

6.9.2 特性

- 支持主机或从机模式
- 支持 SPI 数据格式
- 支持全双工数据传输模式
- 传输比特长度可配置位 4-16bit
- 提供 FIFO 缓存
- 数据传输时钟频率可配置, 最大可为系统时钟的 1/2

6.10 定时器和 PWM (Timer)

6.10.1 概述

MT32F006 系列定时器控制器包括一个 16 位的定时器模块 TIMER0，方便用户实现定时控制以及 PWM 输出应用。该模块有四路独立的计数通道，可配置为定时器、计数器、PWM 发生器以及外部输入捕获功能。

定时器模块可支持例如 PWM 输出，频率测量，占空比测量，时间延迟，时钟产生，时间计数和间隔测量等功能。

6.10.2 特性

- 定时器模块包含 4 个独立的 16 位计数器/定时器，共用一个可编程的 16 位预分频器
- 每个 16 位定时器可执行计数器或定时器操作
- 计数器模式下可选择向上/向下/中间对齐计数模式
- 每个定时器都可配置成输入捕获通道，当输入信号变化时捕捉定时器的瞬时值，也可以选择产生中断
- 每个定时器包含 4 个 16 位匹配寄存器，允许执行以下操作：
 - ◆ 匹配时连续工作，在匹配时可选择产生中断
 - ◆ 在匹配时停止定时器运行，可选择产生中断
 - ◆ 在匹配时复位定时器，可选择产生中断
- 有 4 个与匹配寄存器相对应的外部输出，可用作 PWM 输出，这些输出具有以下功能：
 - ◆ 匹配时设为低电平
 - ◆ 匹配时设为高电平
 - ◆ 匹配时翻转电平
 - ◆ 匹配时不执行任何操作
 - ◆ 单脉冲输出模式
 - ◆ 固定个数脉冲输出模式
- 可以触发 ADC 转换
- 载波输出功能

6.11 电机控制 PWM (MotorPWM)

6.11.1 概述

MT32F006 系列电机控制 PWM (MCPWM) 非常适用于三相交流 AC 和直流 DC 电机控制应用,但它还可以用于其它需要通用定时、捕获和比较的应用中。

6.11.2 特性

MCPWM 含有 3 个独立的通道,每个通道包括:

- 1 个 16 位定时器/计数器 (TC)
- 1 个 16 位界限寄存器 (LIM)
- 1 个 16 匹配寄存器 (MAT)
- 1 个 10 位死区时间寄存器 (DT) 和相应的 10 位死区时间计数器
- 1 个 16 位捕获寄存器
- 2 个极性可调整的输出 (MCOA 和 MCOB)
- 1 个周期中断、1 个脉宽中断和 1 个捕获中断
- 自动测速功能
- 霍尔模式自动换向功能
- 延后换相功能
- 可以触发 ADC 采样,采样时间点可灵活配置

6.12 UART 接口控制器 (UART)

6.12.1 概述

MT32F006 系列提供 1 个通用异步收/发器 (UART) 通道, 支持普通速度 UART, 支持多种类型的中断。

6.12.2 特性

- 全双工, 异步通信
- 独立的接收/发送 16 字节 FIFO 用户装载数据
- 可编程的接收缓冲触发级别
- 支持总线 IDLE 检测, timeout 时间可配置
- 支持 break 错误, 帧错误, 奇偶校验错误和接收/发送缓冲溢出检测功能
- 完全可编程的串行接口特性
 - ◆ 可编程的数据位, 5, 6, 7, 8 位
 - ◆ 可编程的奇偶校验位, 偶校验、奇校验、无校验位或 stick 校验位发生和检测
 - ◆ 可编程停止位, 1 或 2 停止位产生
- TX/RX 极性取反功能

6.13 窗看门狗定时器 (WWDT)

6.13.1 概述

MT32F006 系列窗看门狗定时器被用来监测由外部干扰或不可预见的逻辑条件造成的应用程序背离正常运行序列而产生的软件故障。

6.13.2 特性

- 带内部预分频的可编程 32 位计数器
- 可编程的递减计数器
- 未在一个特定的窗口时间内喂狗会导致产生中断或复位
- 可产生早期唤醒中断

6.14 独立看门狗定时器 (IWDT)

6.14.1 概述

MT32F006 系列独立看门狗定时器由专用的内部 25K 振荡器时钟驱动，即使主时钟发生故障它也仍然有效。适合应用于那些需要看门狗作为一个在主程序之外，能够完全独立工作，并且对时间精度要求较低の場合。

6.14.2 特性

- 由内部 25K 振荡器驱动，即使系统主时钟失效也可继续工作
- 可编程的递减计数器
- 计数到 0 时产生中断

6.15 触摸传感控制器（TSC）

6.15.1 概述

触摸传感控制器提供了给任何应用增加电容式触摸传感功能的一个简单的解决方案。电容式触摸解决方案可以检测与电极接近的手指，从而避免了触摸按键设计中出现的电气直接接触现象。通过检测有手指（或者其它导体）所引入的电容变化的方法被来判断是否存在触摸按键。

6.15.2 特性

- 支持多达 20 个电容传感通道 (PI00_0~PI02_3)
- 无需外接电容
- 每个 IO 可单独设置的计数器的比较阈值，提高产品的灵活性和稳定性
- 支持硬件自动扫描模式，减少软件干预
- 采用内部参考电压，有效的抗外部电压干扰，提高触摸的稳定性

6.16 简单定时器（STIMER）

6.16.1 概述

简单定时器有两个 16 位的计数通道，可从设定的计数值开始倒计时，当倒计时到 0 时可选择产生中断。

6.16.2 特性

- 两个独立的计数通道
- 倒计时到 0 时可产生中断
- 计数通道时钟源可选择

6.17 USB2.0 FS Dev 控制器

6.17.1 概述

芯片对外支持一个 USB 2.0 FS 接口，符合 USB 2.0（或更早版本）的全速规范（12 Mbps）功能。除端点 0 外，该控制器最多可配置 3 个 IN 端点和 3 个 OUT 端点。只支持工作 device 模式，主要用于数据加载或者调试应用等。

6.17.2 特性

- 只支持工作在 device 模式
- 符合 USB 2.0（或更早版本）的全速规范（12 Mbps）功能
- 可配置 1 到 4 个 USB 端点
- CRC(循环冗余校验)生成/校验，反向不归零(NRZI)编码/解码和位填充
- 支持 USB 挂起/恢复操作
- 支持 512byte 深度 FIFO

6.18 CRS 模块(Clock Recovery System)

6.18.1 概述

MT006 内部有一个时钟恢复系统,可以对内部 IRC 时钟进行校准，通过比较同步源，CRS 可以分析出振荡器的输出频率。通过测量频率误差值，CRS 可以自动校准振荡器，此外也可以手动校准。

CRS 适用于给 USB 外设提供精准的时钟。在 USB 被使用的情况下，同步信号源可来自 USB 总线上的 SOF 包，SOF 包由 USB 主机每隔 1mS 发送出来。同步信号同样可以由一个外部引脚或者直接由用户软件来提供。

6.18.2 特性

- 可选同步源（含可编程分频器及极性选择）：USB SOF 包或外部引脚
- 可以通过软件产生同步脉冲
- 可以脱离 CPU，自动校准，也可以手动收敛
- 带有自动误差捕获及数据加载的 16 位频率误差计数器
- 可编程有限的频率错误评估及状态报告

6.19 CAN 控制器

6.19.1 概述

CAN 是 Controller Area Network 的简写，具有高性能和高可靠性。该模块是一个独立的 CAN 控制器。

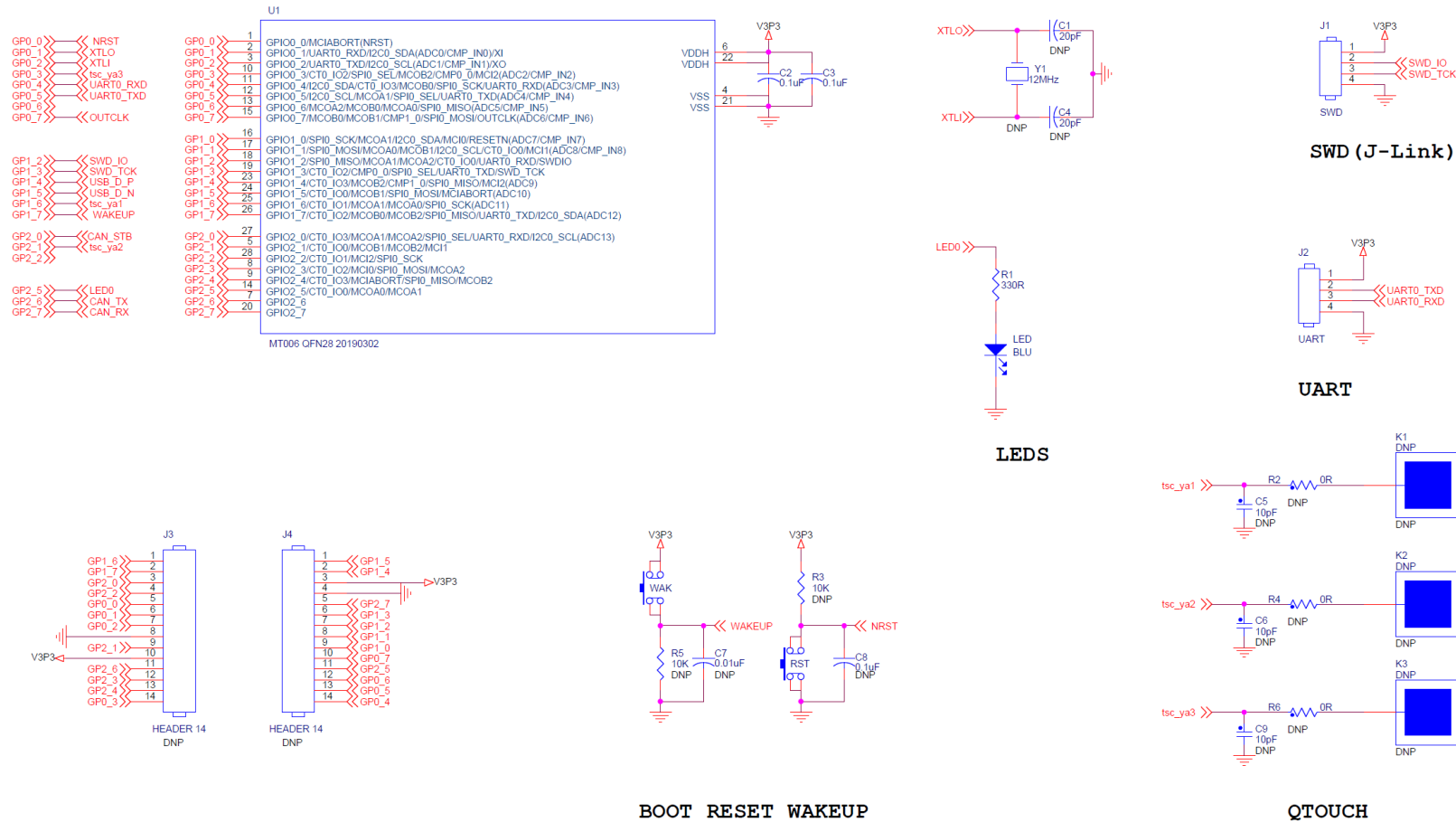
CAN 控制器模块处于微控制器和标准 CAN 收发器之间。CAN 收发器负责将 CAN 控制器生成的数字信号转化为适合总线传输（差分输出）的信号。CAN 总线通常采用双绞线，状态为两线的差分电压。

6.19.2 特性

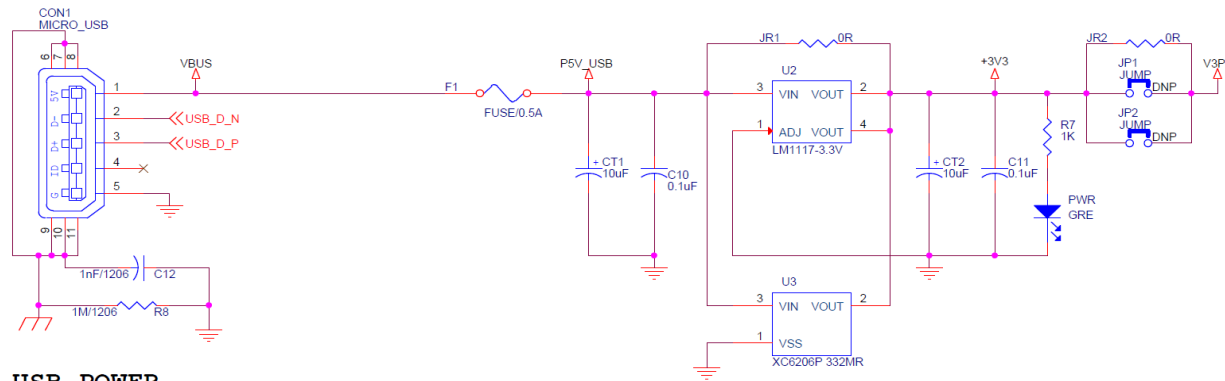
- 支持完整的 CAN 协议（CAN2.0A 和 CAN2.0B）
- 支持 11 位和 29 位标识符
- 通信速率支持系统时钟的 $1/(16 \sim 3200)$ ，支持宽度大于 5Kbaud~1Mbaud
- 64 字节接收 FIFO
- 软件驱动的位速率检测（支持热插拔）
- 接收滤波
- 只听模式（无确认、无激活的错误标志）
- 接收自身报文（自接收请求）
- 对每一个 CAN 总线错误产生中断
- 可编程错误报警限额寄存器

MT32F006 系列规格书

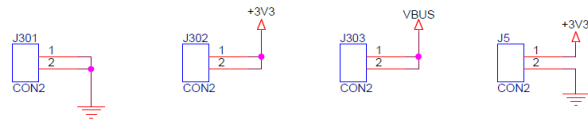
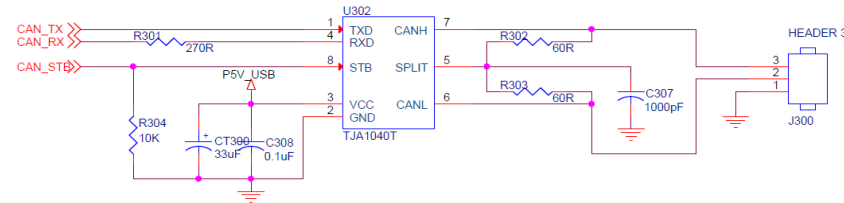
7. 典型应用电路



MT32F006 系列规格书



IO Power Supply



Title	
<Title>	
Size	Document Number
a	0000

8. MT32F006 电气特性

8.1 绝对最大额定值

符号	参数	最小值	最大值	单位
$V_{DD} - V_{SS}$	直流电源电压	-0.3	+6.5 ⁽¹⁾	V
V_{IN}	非 5V 容忍 I/O 的输入电压	$V_{SS} - 0.3$	$V_{DD} + 0.3$	V
$1/t_{CLCL}$	晶振频率	8	24	MHz
T_A	工作温度	-40	+105	°C
T_J	最大结温		+150	°C
T_{ST}	贮存温度	-55	+150	°C
I_{DD}	VDD 最大流入电流	-	50	mA
I_{SS}	VSS 最大流出电流	-	50	mA
I_{IO}	单一管脚最大灌电流	-	12	mA
	单一管脚最大流出电流	-	12	mA
	所有管脚最大灌电流总和	-	48	mA
	所有管脚最大输出电流总和	-	48	mA

注：上表所列的条件中，其极限值可能对设备的稳定性有反作用

(1)：此电压如果超过最大额定值可能会导致器件的永久性损坏。同时这里给出的最大额定值只表示能承受的最大电压，并不表示在此电压下器件的所有功能无误。长期工作在最大值下会影响器件的可靠性。

8.2 热参数定义

MT006 的热参数和芯片使用的环境温度、芯片的封装形式以及芯片的功耗等因素相关。使用过程中需要注意芯片的最大结温（junction temperature）不能超过 150°C。

MT006 的最大结温可以通过下面的公式计算：

$$T_{Jmax} = T_{Amax} + (P_{Dmax} \times \theta_{JA})$$

其中：

T_{Amax} ：最大的环境温度，单位°C。

θ_{JA} ：芯片封装形式的热敏电阻，单位°C/W，

P_{Dmax} ：是芯片最大功耗，为芯片电流 I_{DD} 与芯片电源电压 V_{DD} 的乘积（单位为W）。

符号	参数	值	单位
θ_{JA}	QFN20-3x3mm	90	°C/W
	QFN28-4x4mm	80	
	TSSOP20-4.4mm	84	
	SOP16-9.9x3.9mm	50	

8.3 DC 电气特性

($V_{DD} - V_{SS} = 2.0 \sim 5.5V$, $T_A = 25^\circ C$)

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件		
V_{DD}	工作电压	2.0	-	5.5	V	VDD=2.0-5.5V up to 96Mhz		
V_{SS} / AV_{SS}	电源地	-0.3	0					
V_{LDO}	LDO 输出电压	1.35	1.5	1.65	V	VDD>2.0V		
I_{DD1}	正常运行模式下的工作电流 @96Mhz while(1) {} Excuted from Flash		17		mA	VDD	PLL	All Digital module
						5V	V	V
I_{DD2}			15		mA	3.3V	V	V
I_{DD3}			13		mA	5V	V	X
I_{DD4}	正常运行模式下的工作电流 @48Mhz while(1) {} Excuted from Flash		11		mA	3.3V	V	X
I_{DD5}			11		mA	5V	V	V
I_{DD6}			10		mA	3.3V	V	V
I_{DD7}			10		mA	5V	V	X
I_{DD8}	正常运行模式下的工作电流 @12Mhz while(1) {} Excuted from Flash		8		mA	3.3V	V	X
I_{DD9}			6		mA	5V	X	V
I_{DD10}			5		mA	3.3V	X	V
I_{DD11}			5		mA	5V	X	X
I_{DD12}	正常运行模式下的工作电流 @1Mhz while(1) {} Excuted from Flash		4		mA	3.3V	X	X
I_{DD13}			3		mA	5V	X	V
I_{DD14}			2		mA	3.3V	X	V
I_{DD15}			3		mA	5V	X	X
I_{DD16}	正常运行模式下的工作电流 @25Khz while(1) {} Excuted from Flash		2		mA	3.3V	X	X
I_{DD17}			1		mA	5V	X	V
I_{DD18}			1		mA	3.3V	X	V
I_{DD19}			1		mA	5V	X	X
I_{DD20}	Deepsleep+ Lowpower 模式 @25KHZ		1		mA	3.3V	X	X
I_{DD21}			7		uA	5V	X	X
I_{DD22}	掉电模式		4		uA	3.3V	X	X
I_{DD23}			0.3		uA	内核掉电 (8 个 IO 用于唤醒芯片)		

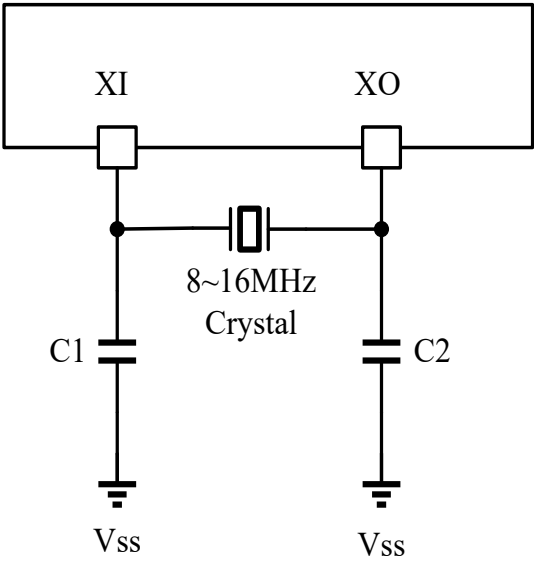
8.4 AC 电气特性

8.4.1 外部振荡器

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
V_{HXT}	工作电压	2.0	3.3	5.5	V	—
T_A	温度	-40	25	105	°C	—
I_{HXT}	工作电流		2		mA	12MHz , VDD=5.5V
			0.8		mA	12MHz , VDD=3.3V
f_{HXT}	输入时钟频率	8	12	16	MHz	—
R_F	反馈电阻	800k	1M	1.2	Ω	12MHz , VDD=3.3V
t_{SU}	启动时间	800u	1m	1.5m	S	12MHz , VDD=3.3V

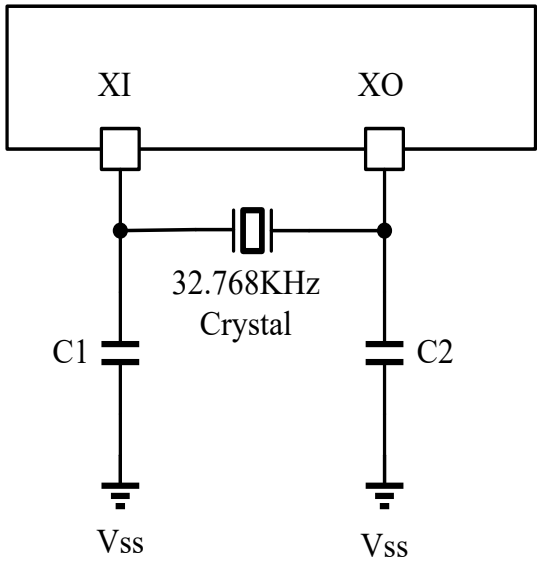
8.4.2 外部高速晶振典型应用电路

晶振	C1	C2
8MHz~16MHz	10~20pF	10~20pF



8.4.3 外部 32K 晶振典型应用电路

晶振	C1	C2
32.768KHz	10~20pF	10~20pF



8.4.4 内部 12MHz/25KHz RC 振荡器

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{HRC}	工作电压	—	2.0	3.3	5.5	V
f_{HRC}	中心频率	—	11.88	12	12.12	MHZ
	校准之后	$T_A=25^{\circ}\text{C}$ $V_{DD}=3.3\text{V}$	-1.0		+1.0	%
		$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ $V_{DD}=2.0\text{V}\sim 5.5\text{V}$	-3		+3	%
I_{HRC}	工作电流	—		200		uA
f_{LRC}	中心频率	—	18	25	32	KHZ
	校准之后	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ $V_{DD}=2.0\text{V}\sim 5.5\text{V}$	-30		+30	%

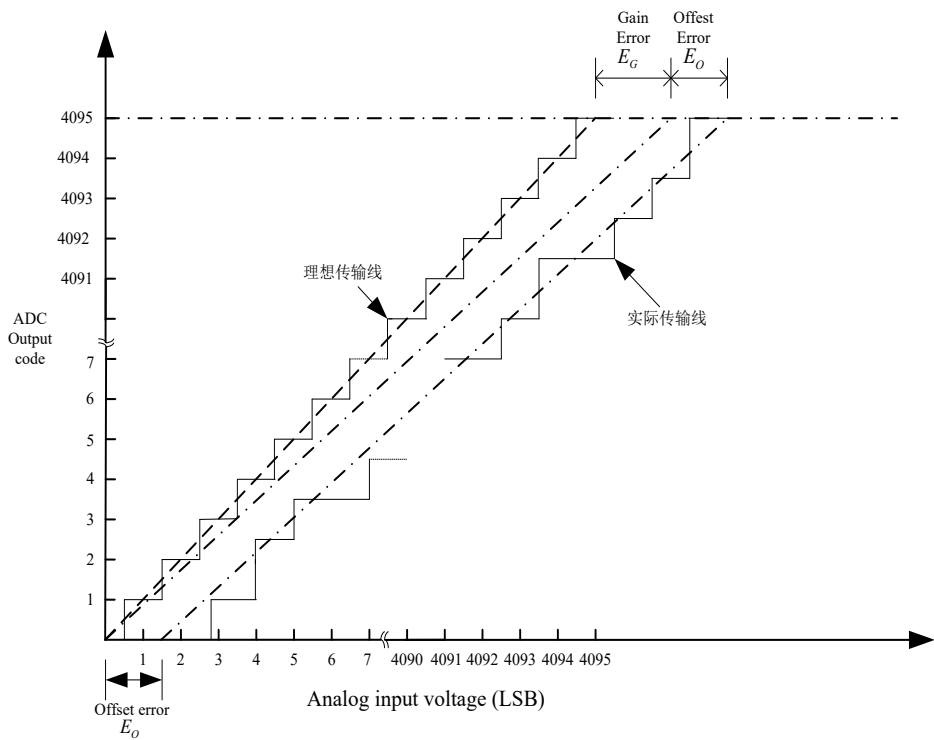
8.5 模拟量特性

8.5.1 12-bit SARADC 规格

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
—	分辨率	—		12		Bit
DNL	微分非线性			± 1	-1~+1	LSB
INL	积分非线性			± 2	± 4	LSB
E_o	偏移误差			2	4	LSB
E_G	增益误差			-2	-4	LSB
E_A	绝对误差			3	4	LSB
—	一致性	—	保证			

MT32F006 系列规格书

F_{ADC}	ADC 时钟频率			12	24	MHz
F_S	采样率			0.85	1.7	MSPS
T_{ACQ}	采集时间		2			$1 / F_{ADC}$
T_{CONV}	总转换时间		14			$1 / F_{ADC}$
AV_{DD}	工作电压		2.0	3.3	5.5	V
I_{DDA}	工作电流（平均）			0.8	1.5	mA
V_{IN}	输入电压范围		0.005		$V_{DD} \times 0.99$	V
C_{IN}	采样保持电容			5		pF
R_{IN}	片内通道阻抗			2		k Ω



8.5.2 LDO 规格与 POWER 管理

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	输入电压	—	2.0	—	5.5	V
V_{LDO}	输出电压	—	1.35	1.5	1.65	V
T_A	温度	—	-40	25	105	°C
I_{LOAD}	负载电流	输入电源 3.3V			50	mA
V_{step}	调节步进	输入电源 3.3V		30		mV
I_{ocp}	过流保护	输入电源 3.3V		70		mA
I_{DC} (1)	正常工作 静态功耗	输入电源 3.3V		200		uA

MT32F006 系列规格书

I_{DC} (2)	低功耗工作静态功耗	输入电源 3.3V		1.1		uA
--------------	-----------	--------------	--	-----	--	----

注：建议在靠近芯片引脚处，在 VDD 和 VSS 引脚之间接一个 0.1uF 的电容。

8.5.3 低压复位规格

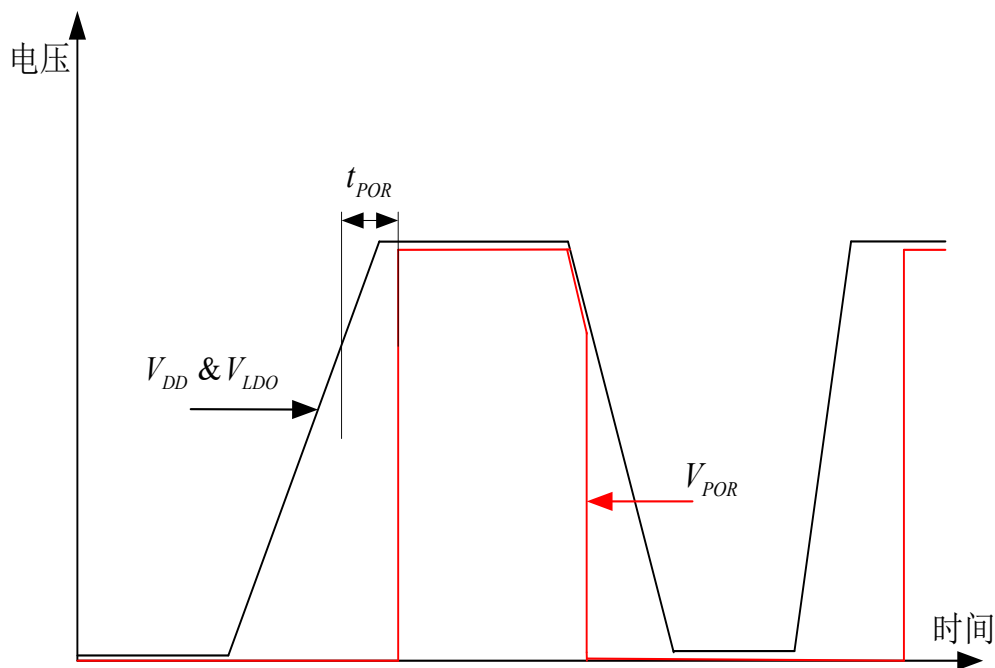
符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
V_{DD}	工作电压	2.4	3.3	5.5	V	
T_A	工作温度	-40	25	105	°C	
I_{BOR}	静态电流			20	uA	$AV_{DD}=3.3V$
V_{BOR}	低压阈值		1.8		V	BORVAL=00
			2.2		V	BORVAL=01
			2.7		V	BORVAL=10
			3.7		V	BORVAL=11

8.5.4 欠压检测规格

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
AV_{DD}	工作电压	2.4	3.3	5.5	V	
T_A	工作温度	-40	25	105	°C	
I_{BOD}	静态电流			20	uA	$AV_{DD}=3.3V$
V_{BOD}	欠压阈值		2.2		V	BODVAL[1:0]=00
			2.7		V	BODVAL[1:0]=01
			3.7		V	BODVAL[1:0]=10
			4.2		V	BODVAL[1:0]=11

8.5.5 上电复位规格

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
T_A	工作温度	-40	25	105	°C	
V_{POR}	复位电压		1.3		V	
t_{POR}	复位时间	90	110	135	uS	



8.5.6 温度传感器规格

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
V_{TEMP}	工作电压	2.0	3.3	5.5	V	
T_A	工作温度	-40	25	105	°C	
I_{TEMP}	静态电流		25		uA	$AV_{DD}=3.3V$
G_{ain}	增益	-4.0	-3.8	-3.6	mV/°C	
Offset	偏移	1400	1457	1500	mV	$T_A=0^{\circ}C$

注：

温度传感器只能粗略测试芯片温度，仿真精度为 3 摄氏度。

0°C 时对应的 VBE 电压仿真值 1.457V，如果 ADC 的基准 3.3V，则 ADC 读数为 1808 左右。

芯片温度的计算公式：

$$\text{芯片温度} = \frac{1.457 - \frac{ADC_{code} * VREF}{4095}}{0.0038}$$

其中， ADC_{code} 为 ADC 的十进制值，VREF 为 ADC 采用的基准电位，假设目前 ADC 的结果为 1750，ADC 采用的基准为 3.3V，则带入上面公式得到目前芯片温度大约为 12.4°。

8.5.7 比较器规格

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
V_{DDA}	工作电压	2.0	3.3	5.5	V	
V_{IN}	输入电压范围	0		VDD	V	
T_A	工作温度	-40	25	105	°C	
I_{CMP}	静态电流	32	36	40	uA	VDD=3.3V
V_{OFF}	输入失调电压			±10	mV	VDD=3.3V, 输入电压 1.65V
V_{COM}	输入范围	0		VDD	V	
G_{ain}	DC 增益	65	69	71	dB	
T_{delay}	传输延迟		120		nS	$V_{COM}=1.65V$ $V_{DIFF}=0.1V$
V_{HYS}	迟滞电压		40		mV	HYS_SEL[1:0]=11
			15		mV	HYS_SEL[1:0]=10
T_{STB}	稳定时间			500	nS	

8.5.8 运算放大器规格

(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 15\text{V}$, $V_{CC_MODE}=0$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{ICMR} 共模输入范围		0		VDD	V
V_{OS} 运放的失配电压	$T_A=25^{\circ}\text{C}$		5		mV
A_{OL} 开环增益	$R_L=100\text{K}\Omega$		90		dB
UGBW 单位增益带宽	$C_L=40\text{pF}$	6			MHz
SR 运放的摆率	$C_L=40\text{pF}$	8			V/uS

8.5.9 电源纹波

芯片中的模拟模块在设计中考虑了电源纹波抑制, 数字逻辑对低频电源纹波不敏感。电源纹波会对模拟模块的性能指标产生影响, 例如 ADC、CMP 的噪声以及时钟产生模块的 jitter。

为了保证电路的功能正常, 电源纹波的幅度要限制在供电电压的 ±5% 以内。在这个范围内, 芯片功能可以保证正常工作, 电路逻辑可以保证正确。如果电源纹波的幅度较高, 则 ADC、CMP 以及 VREF 等模块的性能指标会降低。同时还要考虑到电源幅度长期超过最大额定值时会对芯片的可靠性带来影响。电源幅度低于芯片的复位阈值电压时会导致芯片复位, 工作不正常。

8.6 Flash DC 特性

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
$V_{Flash}^{[1]}$	工作电压	1.35	1.5	1.65	V	
T_{End}	擦写次数	20K			次	-40~105℃
T_{RET}	数据保留	100			Year	25℃
T_{ERASE}	页擦除时间	4		5	ms	
	片擦除时间	20		40	ms	
T_{PROG}	编程时间	5		6.5	us	
I_{DD1}	读电流			2.5	mA	
I_{DD2}	编程/擦除电流			3.5	mA	

8.7 GPIO DC 特性

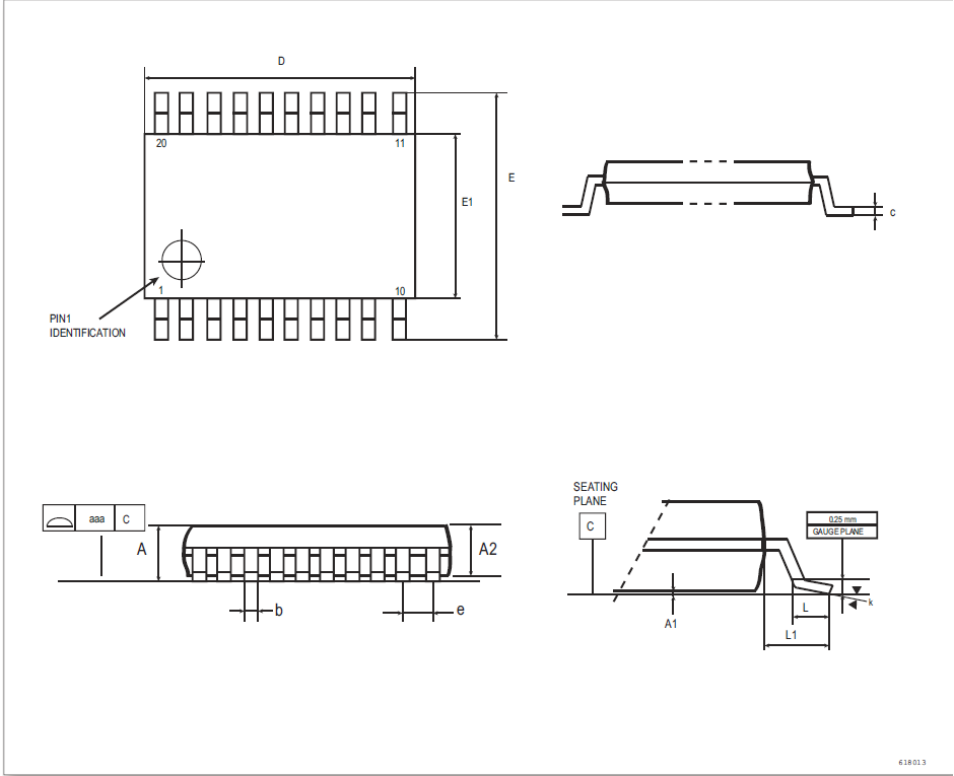
符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
V_{IL}	输入低电平			0.3*VDDIO	V	
V_{IH}	输入高电平	0.7*VDDIO			V	
I_{lkg}	输入信号漏电流			1	uA	
R_{PU}	片内上拉电阻		100		kΩ	
R_{PD}	片内下拉电阻		100		kΩ	
C_{IO}	GPIO 寄生电容			5	pF	
R_{ANA}	模拟通道阻抗			10	Ω	
V_{OL}	输出低电位			$V_{SS}+0.5$	V	12mA 驱动能力
V_{OH}	输出高电位	$V_{DD}-0.5$			V	12mA 驱动能力
Drive current	驱动电流	12mA				
slew rate(*)	转换速率		200		V/uS	SR=1, Cload=50p
			400		V/uS	SR=0, Cload=50p

注：当 GPIO 片内上拉时，上拉部位位于片内逻辑前部，而不是直接上拉的芯片引脚，此时测试时，片外测量到的有可能不是严格的 VDD 电平，但不影响内部逻辑。

(*) 注：设计数据，不是实际测试数据。

9. 封装尺寸

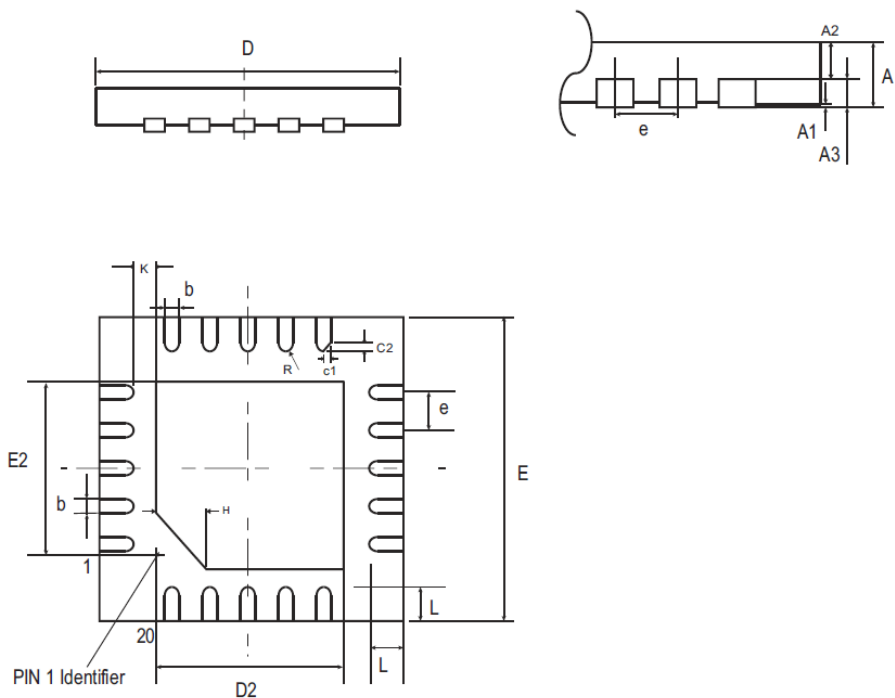
9.1 TSSOP20



标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A			1.20
A1	0.05		0.15
A2	0.08	1.00	1.05
b	0.19		0.30
c	0.09		0.20
D	6.40	6.50	6.60
E	6.25	6.40	6.55
E1	4.30	4.40	4.50
e		0.65	
L	0.45	0.60	0.75

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
L1		1.00	
N	引脚数目 = 20		

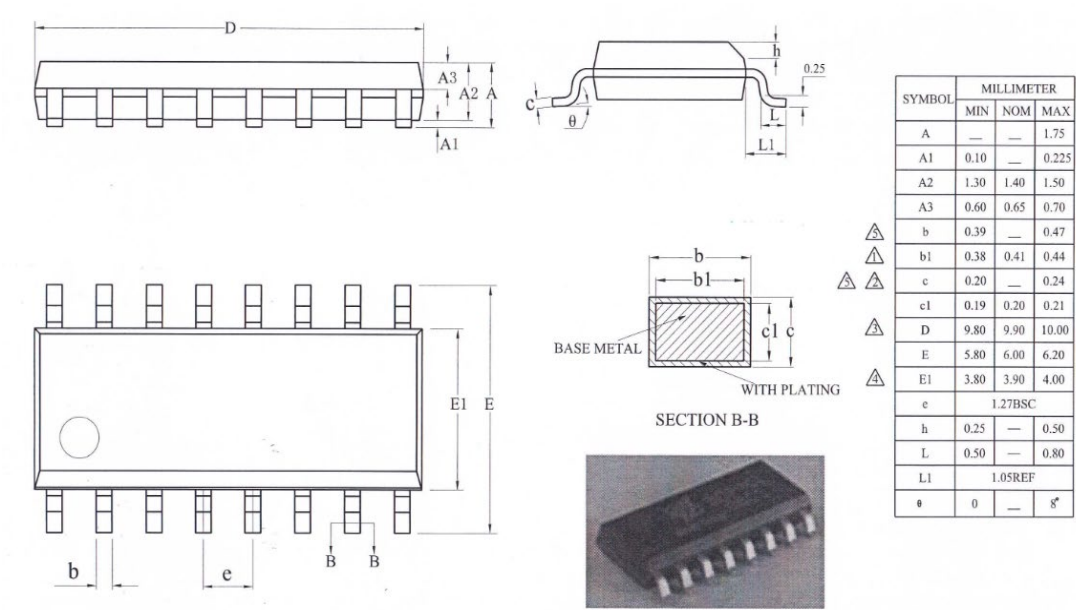
9.2 QFN20



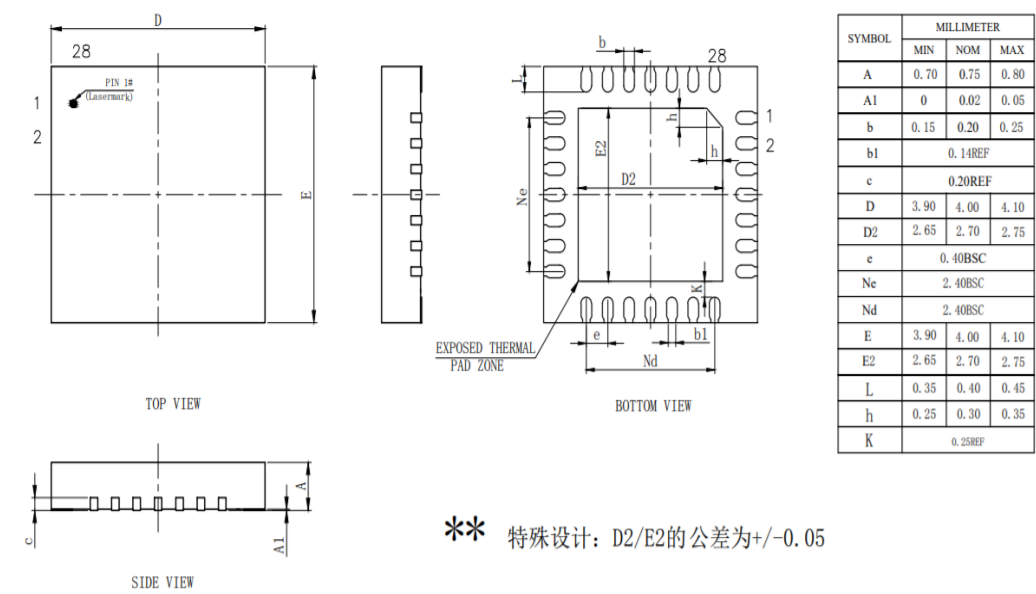
926545

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A2	0.50	0.55	0.60
A3		0.20REF	
b	0.15	0.20	0.25
D	2.90	3.00	3.10
E	2.90	3.00	3.10
D2	1.40	1.50	1.60
E2	1.40	1.50	1.60
e	0.30	0.40	0.50
H		0.35REF	
K		0.35REF	
L	0.35	0.40	0.45
R	0.085		
C1		0.07	
C2		0.07	
N	引脚数目 = 20		

9.3 SOP16



9.4 QFN28



10. 版本历史

版本	日期	页	描述
V0.1	2020 年 7 月		First Version
V0.2	2020 年 9 月		