

32位微处理器, 128KB Flash, 16KB SRAM, Timer, ADC, RTC, LED/LCD Driver, USART, IIC, SPI, COMP, 电容触摸按键

产品特性

- ARM 32-bit Cortex®-M0 CPU (64 MHz MAX)
- 存储器
 - 128K 字节Flash memory
 - 16K字节的SRAM
- CRC计算单元
 - 复位和供电管理
 - 电压范围: 2.0 - 5.5V
 - 上电/掉电复位(POR/PDR)
 - 可编程电压检测器(LVD)
- 时钟部分
 - 外部4到24MHz振荡器
 - 外部32.768KHz RTC振荡器
 - 内部16MHz RC振荡器
 - 内置高速PLL
 - 内部128KHz RC振荡器
 - 支持1路时钟输出, 可配置为系统时钟、HSE、HSI、LSE、LSI或2分频的PLL输出
- 多达46个高速I/O口
 - 全部可映射为外部中断输入
 - PB4~PB11, 8个大灌电流口
- 5通道DMA控制器
- 12位ADC(多至12路采样通道)
 - 内置1个支持1Mbps采样率高速ADC1
 - 内置1个100Kbps采样率ADC0
 - 3种参考电压: 外部参考VREF, VCC, 内部参考1.5V
- 2个独立模拟比较器, 可编程输入
- LCD/LED驱动, 最大支持8COM X 32SEGM. 共40个引脚输出
 - 最大可支持8com x 32seg, 7com x 33seg、6com x 34seg、5com x 35seg、4com x 36seg
 - 可配置占空比: 1/2、1/3、1/4、1/5、1/6、1/7、1/8 Duty
 - 可配置偏压: 1/2、1/3、1/4 Bias
 - 支持4种等级驱动电流, 用户可根据不同的LCD屏进行调整
 - 支持8级LED亮度(LCD对比度) 调节
- 多达24电容感应通道, 触摸按键传感器
- 7个定时器
 - 一个16位7通道高级定时器用于7通道PWM输出, 带死区时间发生器和紧急刹车功能
 - 两个16位通用定时器, 每个定时器多达4路输入捕获或输出比较通道, 带死区时间发生器
 - 一个16位基本定时器
 - 独立、窗口看门狗定时器
 - SysTick定时器
- RTC实时时钟, 支持闹钟事件, 周期性唤醒
- 通讯接口
 - 一路I2C接口
 - 3路USART接口
 - 1路SPI接口
- 串行两线调试(SWD)
- 96位唯一ID
- 封装LQFP48/LQFP44/QFN48

目 录

产品特性.....	1
1. 描述.....	4
1.1 器件一览表.....	5
2. 功能概述.....	6
2.1 ARM Cortex-M0内核结合嵌入式闪存和SRAM.....	6
2.2 存储器.....	6
2.3 引导模式.....	6
2.4 循环冗余校验计算单元 (CRC)	6
2.5 电源管理.....	6
2.5.1 供电方式	6
2.5.2 电源监控	7
2.5.3 稳压器.....	7
2.5.4 低功耗模式.....	7
2.6 时钟和启动.....	8
2.7 通用输入/输出端口 (GPIO)	9
2.8 中断和事件.....	9
2.8.1 向量嵌套中断控制器 (NVIC)	9
2.8.2 扩展中断/事件控制器 (EXTI)	9
2.9 直接存储器访问控制器 (DMA)	9
2.10 定时器和看门狗.....	10
2.10.1 高级控制定时器 (TIM1)	10
2.10.2 通用定时器 (TIM3和TIM14)	10
2.10.3 基本定时器 (TIM6)	10
2.10.4 独立看门狗	11
2.10.5 窗口看门狗	11
2.10.6 SysTick 定时器	11
2.11 模数转换器 (ADC)	11
2.12 比较器 (COMP)	11
2.13 I2C接口.....	11
2.14 通用同步异步收发器 (USART)	11
2.15 串行外设接口 (SPI)	12
2.16 实时时钟 (RTC)	12
3. 管脚封装及其描述.....	13
3.1 封装定义.....	13
3.2 引脚描述.....	16
4. 寄存器映像.....	21
5. 电气特性.....	23

5.1 测试条件	23
5.1.1 最小和最大数值	23
5.1.2 典型数值	23
5.1.3 负载电容	23
5.1.4 引脚输入电压	23
5.1.5 供电方案	25
5.1.6 电路消耗测量	26
5.2 工作条件	27
5.2.1 极限参数	27
5.2.2 通用工作条件	27
5.2.3 上电和掉电的工作条件	27
5.2.4 内嵌复位和电源控制模块特性	28
5.2.5 供电电流特性	29
5.2.5.1 直流电气特性	29
5.2.5.2 交流电气特性	30
5.2.5.3 最大电流消耗	30
5.2.5.4 典型的电流消耗	32
5.2.5.5 内置外设电流消耗	34
5.2.6 外部时钟源特性	35
5.2.6.1 来自外部振荡源产生的高速外部用户时钟	35
5.2.6.2 来自外部振荡源产生的低速外部用户时钟	35
5.2.6.3 使用一个晶体/陶瓷谐振器产生的高速外部时钟	36
5.2.6.4 使用一个晶体/陶瓷谐振器产生的低速外部时钟	37
5.2.7 内部时钟源特性	38
5.2.7.1 高速内部(HSI)RC振荡器	38
5.2.7.2 低速内部(LSI)RC振荡器	38
5.2.8 从低功耗模式唤醒的时间	38
5.2.9 PLL特性	38
5.2.10 存储器特性	39
5.2.11 EMC特性	40
5.2.12 绝对最大值 (电气敏感性)	41
5.2.13 I/O端口特性	42
5.2.13.1 通用输入/输出特性	42
5.2.13.2 输入输出交流特性	43
5.2.14 NRST引脚特性	44
5.2.15 TIM定时器特性	45
5.2.16 通信接口	46
5.2.16.1 I ² C接口特性	46
5.2.16.2 SPI特性	47
5.2.17 12位ADC特性	49
5.2.18 比较器 (COMP) 电气参数	50
6. 封装特性	51
6.1 LQFP48(7X7MM)	51
6.2 LQFP44(10X10MM)	52
6.3 QFN48(6X6MM)	53
7 版本历史	54

1. 描述

CA32F01系列采用高性能的ARM Cortex[®]-M0 的32位RISC内核，最高工作主频64Mhz频率，高速的嵌入式闪存（FLASH最大128K字节，SRAM最大16K字节），并广泛集成增强型外设和I/O口。提供多种标准的通信接口（一个I2C，一个SPI，三个串口），两个12位ADC，一个带7路PWM的高级定时器，两个带7路PWM的通用定时器，一个基本定时器。

CA32F01系列，工作在-40至+85℃温度范围，2.0V至5.5V的电源电压，有一套为低功耗设计准备的省电模式。

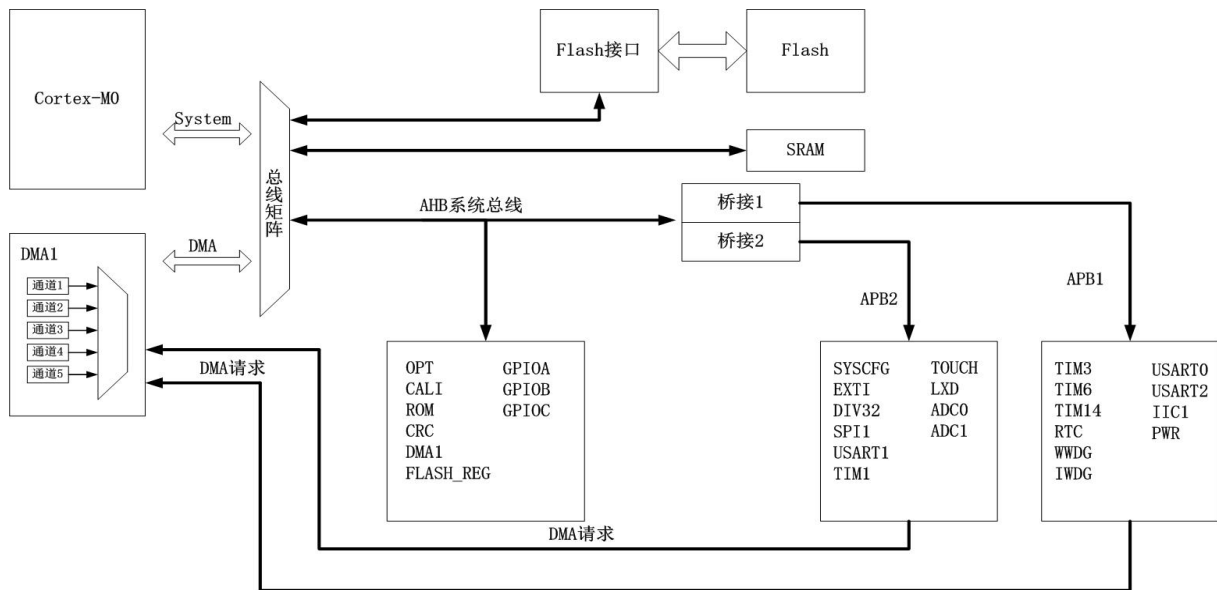


图1-1 模块图

1.1 器件一览表

器件型号		CA32F0156L1	CA32F0156L2	CA32F0156N6
Flash容量 (KB)		128	128	128
SRAM容量 (KB)		16	16	16
CPU频率		ARM Cortex-M0 @64MHz		
工作环境		2.0~5.5V/-40~85°C		
定时器	高级	1		
	通用	2		
	基本	1		
	RTC	1		
通讯接口	SPI	1		
	I2C	1		
	USART	1	1	
	UART	1	2	
GPIO		42	46	46
DMA Number of Channels		5	5	5
12bit ADC Number of channels		2x12bit 10Channel	2x12bit 12Channel	2x12bit 12Channel
COMP		2	2	2
算法支持		CRC32		
安全保护		读写保护 (RDP/WRP)、存储加密		
封装		LQFP44	LQFP48	QFN48

2. 功能概述

2.1 ARM Cortex-M0内核结合嵌入式闪存和SRAM

ARM的Cortex-M0 处理器是ARM处理器中针对嵌入式系统的新一代产品。它提供了一种低成本的平台旨在满足低功耗单片机的需求，同时提供出色的计算性能的先进的系统响应中断。

ARM的Cortex-M0 是32位的RISC处理器，提供额外的代码效率，在通常8和16位系统的存储空间上发挥ARM内核的高性能。

2.2 存储器

CA32F01XX系列芯片具有以下特点：

- 多达16KB字节的嵌入式SRAM，可使CPU全速进行无等待位的读写访问。并包含针对高可靠性应用需要的嵌入式校验检查功能。
- 非易失性内存被分为两个区域：
 - 128KB的程序和数据嵌入式闪存
 - 选项字节

选项字节用于对内存进行写保护设置和对整个内存进行读保护设置，以及下列选项：

- 0级：没有读出保护
- 1级：芯片读保护，完全禁止调试功能和从RAM启动

2.3 引导模式

在启动时，启动引脚和引导选择选项位用来选择三个引导选项之一：

- 从用户闪存引导
- 从系统内存启动
- 从内置SRAM启动

2.4 循环冗余校验计算单元（CRC）

CRC(循环冗余校验) 计算单元使用一个固定的多项式发生器，从一个32位的数据字产生一个CRC码。在众多的应用中，基于CRC的技术被用于验证数据传输或存储的一致性。在EN/IEC 60335-1标准的范围内，它提供了一种检测闪存存储器错误的手段，CRC计算单元可以用于实时地计算软件的签名，并与在链接和生成该软件时产生的签名对比。

2.5 电源管理

2.5.1 供电方式

- ✧ MCU 有外部 VDD 供电。嵌入式稳压器用于为内部 1.5V 数字电源供电。稳压器有两种模式，正常模式和低功耗模式。
 - VDD 区域：2.0V~5.5V，为整个系统提供电源输入。
- ✧ 电压调节器根据应用有几种不同的工作模式：

- RUN 模式：电压调节器以正常电源模式供电。
- SLEEP 模式：电压调节器在正常电源模式供电。
- STOP 模式：电压调节器在低功耗模式下供电，通过软件配置电压调节器电流以优化功耗。

2.5.2 电源监控

产品内部集成了上电复位(POR)/掉电复位(PDR)电路，该电路始终处于工作状态，保证系统在供电超过2.0V时工作，而不必使用外部复位电路。

芯片中还有一个可编程电压监测器(LVD)，它监视 V_{CC} 供电并与阈值 V_{LVD} 比较，当 V_{CC} 低于阈值 V_{LVD} 时产生中断，中断处理程序可以发出警告信息或将微控制器转入安全模式。LVD功能需要通过软件开启。

2.5.3 稳压器

调压器有两个操作模式：主模式(MR)、低功耗模式(LPR)

- 主模式(MR)用于正常的运行操作
- 低功耗模式(LPR)用于CPU的停机模式

2.5.4 低功耗模式

CA32F01系列支持两种低功耗模式，可以在要求低功耗、短启动时间和多种唤醒事件之间达到最佳的平衡。

● 睡眠模式

在睡眠模式，只有CPU停止，所有外设处于工作状态并可在发生中断/事件时唤醒CPU。

● 停机模式

在保持SRAM和寄存器内容不丢失的情况下，停机模式可以达到最低的电能消耗。在停机模式下，停止所有内部1.5V部分的供电，PLL、HSI的RC振荡器和HSE晶体振荡器被关闭，调压器可以被置于普通模式或低功耗模式。

可以通过任一配置成EXTI的信号把微控制器从停机模式中唤醒，EXTI信号可以是16个外部I/O口之一、RTC闹钟的唤醒信号。

注：在进入停机或待机模式时，RTC、IWDG和对应的时钟不会被停止。

2.6 时钟和启动

系统时钟的选择是在启动时进行，复位时内部16MHz的RC振荡器被选为默认的CPU时钟，随后可以选择外部的晶体作为时钟源，在需要时可以通过PLL对时钟源进行倍频处理，以提高系统时钟的频率，最高可倍频至64MHz。

多个预分频器用于配置AHB的频率、APB (APB2和APB1) 区域。AHB和APB的最高频率是64MHz。

参考图2-1的时钟驱动框图

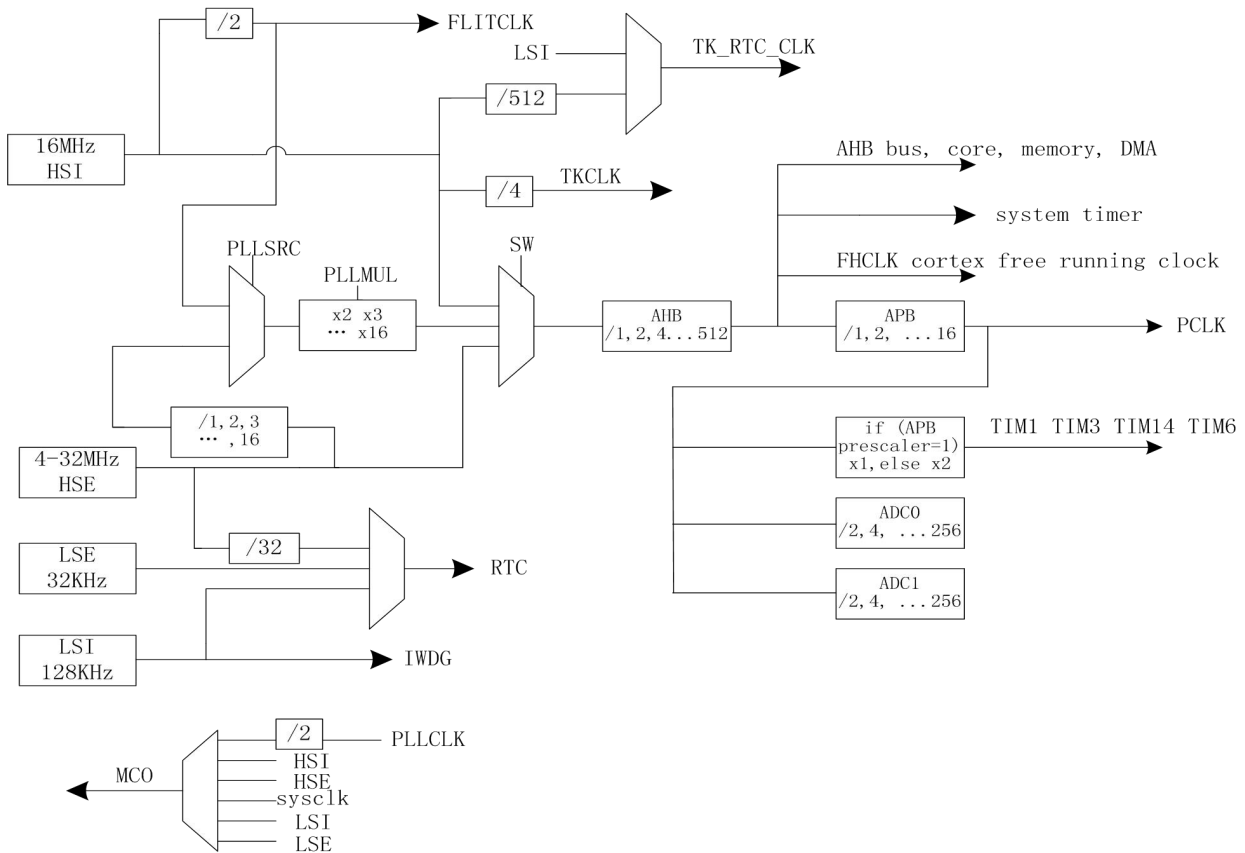


图2-1 时钟树

2.7 通用输入/输出端口 (GPIO)

GPIO (General purpose input/output) 即通用型I/O, AFIO (Alternate-function input/output) 即复用功能I/O。芯片最多支持46个GPIO, 共被分为3组 (GPIOA/GPIOB/GPIOC), A/B组每组16个端口, C组共14个。GPIO端口和其他的复用外设共用引脚, 用户可以根据需求灵活配置。每个GPIO引脚都可以独立配置成输出、输入或复用的外设功能端口。PB4~PB11具有大电流通过能力。

2.8 中断和事件

2.8.1 向量嵌套中断控制器 (NVIC)

CA32F01系列系列产品内置嵌套的向量式中断控制器, 能够处理多达22个可屏蔽中断通道 (不包括16个Cortex™-M0的中断线) 和4个优先级。

- 紧耦合的NVIC能够达到低延迟的中断响应处理
- 中断向量入口地址直接进入内核
- 紧耦合的NVIC接口
- 允许中断的早期处理
- 处理晚到的较高优先级中断
- 支持中断尾部链接功能
- 自动保存处理器状态
- 中断返回时自动恢复, 无需额外指令开销

该模块以最小的中断延迟提供灵活的中断管理功能。

2.8.2 扩展中断/事件控制器 (EXTI)

外部中断/事件控制器包含16个边沿检测器, 用于产生中断/事件请求。每个中断线都可以独立地配置它的触发事件(上升沿或下降沿或双边沿), 并能够单独地被屏蔽; 有一个挂起寄存器维持所有中断请求的状态。EXTI可以检测到脉冲宽度小于内部APB2的时钟周期。多达46个通用I/O口连接到16个外部中断线。

2.9 直接存储器访问控制器 (DMA)

DMA1上有5个通道可以管理存储器到存储器、设备到存储器和存储器到设备的数据传输; DMA控制器支持环形缓冲区的管理, 避免了控制器传输到达缓冲区结尾时所产生的中断。

每个通道都有专门的硬件DMA请求逻辑, 同时可以由软件触发每个通道; 传输的长度、传输的源地址和目标地址都可以通过软件单独设置。

DMA可以用于主要的外设：SPI、I2C、USART，通用、基本和高级控制定时器TIMx和ADC。

2.10 定时器和看门狗

CA32F01系列系列产品包含1个高级控制定时器、2个普通定时器和1个基本定时器，以及2个看门狗定时器和1个系统嘀嗒定时器。

下表比较了高级控制定时器、普通定时器和基本定时器的功能：

表2-1 定时器功能比较

定时器	计数器分辨率	计数器类型	预分频系数	产生DMA请求	捕获/比较通道	互补输出	死区时间设置	刹车
TIM1	16位	向上，向下，向上/下	1~65536之间的任意整数	可以	4	有	有	有
TIM3 TIM14	16位	向上，向下，向上/下	1~65536之间的任意整数	可以	4	有	有	没有
TIM6	16位	向上	1~65536之间的任意整数	可以	0	没有	没有	没有

2.10.1 高级控制定时器(TIM1)

高级控制定时器(TIM1)可以被看成是分配到6个通道的三相PWM发生器，它具有带死区插入的互补PWM输出，还可以被当成完整的通用定时器。四个独立的通道可以用于：

- 输入捕获
- 输出比较
- 产生PWM(边缘或中心对齐模式)
- 单脉冲输出

配置为16位标准定时器时，它与TIMx定时器具有相同的功能。配置为16位PWM发生器时，它具有全调制能力(0~100%)。

在调试模式下，计数器可以被冻结，同时PWM输出被禁止，从而切断由这些输出所控制的开关。

很多功能都与标准的TIM定时器相同，内部结构也相同，因此高级控制定时器可以通过定时器链接功能与TIM定时器协同操作，提供同步或事件链接功能。

2.10.2 通用定时器(TIM3和TIM14)

每个定时器都有一个16位的自动加载递增/递减计数器、一个16位的预分频器和4个独立的通道，每个通道都可用于输入捕获、输出比较、PWM和单脉冲模式输出。

TIM3还能通过定时器链接功能与高级控制定时器共同工作，提供同步或事件链接功能。在调试模式下，计数器可以被冻结。任一标准定时器都能用于产生PWM输出。每个定时器都有独立的DMA请求机制。

2.10.3 基本定时器(TIM6)

有独立的DMA请求机制，也可当成通用的16位时基计数器。

2.10.4 独立看门狗

独立的看门狗是基于一个12位的递减计数器和一个8位的预分频器，它由一个内部独立的128kHz的RC振荡器提供时钟；因为这个RC振荡器独立于主时钟，所以它可运行于停机和待机模式。它可以被当成看门狗用于在发生问题时复位整个系统，或作为一个自由定时器为应用程序提供超时管理。通过选项字节可以配置成是软件或硬件启动看门狗。在调试模式下，计数器可以被冻结。

2.10.5 窗口看门狗

窗口看门狗内有一个7位的递减计数器，并可以设置成自由运行。它可以被当成看门狗用于在发生问题时复位整个系统。它由主时钟驱动，具有早期预警中断功能；在调试模式下，计数器可以被冻结。

2.10.6 SysTick 定时器

这个定时器是专用于实时操作系统，也可当成一个标准的递减计数器。它具有下述特性：

- 24位的递减计数器
- 自动重加载功能
- 当计数器为0时能产生一个可屏蔽系统中断
- 可编程时钟源

2.11 模数转换器（ADC）

12 位 ADC 是使用逐次逼近的高速模数转换器。内嵌2个12位的模拟/数字转换器(ADC)，每个ADC共用多达12个通道，可以实现单次转换。

ADC可以使用DMA操作。

2.12 比较器（COMP）

该器件内置两个快速比较器，具有可编程参考电压，迟滞。

2.13 I2C接口

1个I²C总线接口，能够工作于多主模式或从模式，支持标准和快速模式。

I²C接口支持7位或10位寻址，7位从模式时支持双从地址寻址。内置了硬件CRC发生器/校验器。

2.14 通用同步异步收发器（USART）

CA32F01系列有三个通用同步异步收发器(UART0, USART1, UART2)。通用同步异步收发器（USART）是一种全双工串行数据交换接口，支持异步通信。可灵活配置，以便于与多种外部设备进行全双工数据交换。

USART接口发送与接收波特率可配置，也支持通过 DMA 进行连续通信。还支持多处理器通信、

单线半双工通信、以及硬件流控制功能。

2.15 串行外设接口 (SPI)

有一路SPI接口，3位的预分频器可产生8种主模式频率，通讯数据可配置成每帧8位或16位。可以使用DMA操作。

2.16 实时时钟 (RTC)

实时时钟具有一组连续运行的计数器，可以通过适当的软件提供日历时钟功能，还具有闹钟中断和秒中断功能。RTC的驱动时钟源可以是外部晶体 32.768kHz的振荡器(LSE)、内部低速RC 振荡器(LSI)或高速的外部时钟经128分频。内部低速RC振荡器的典型频率为128kHz。RTC具有一个32位的可编程计数器，使用比较寄存器可以进行长时间的测量。有一个20位的预分频器用于时基时钟，默认情况下时钟源为外部32.768kHz晶体，它将产生一个1秒长的时间基准。

2.17 触摸按键 (Touch Key)

CA32F01系列芯片的触摸功能模块具有优越的抗干扰性能，可通过EFT、CS等测试。触摸模块最大可支持多达24个通道。针对有低功耗需求的应用，触摸按键可运行于STOP模式以降低功耗。

3. 管脚封装及其描述

3.1 封装定义

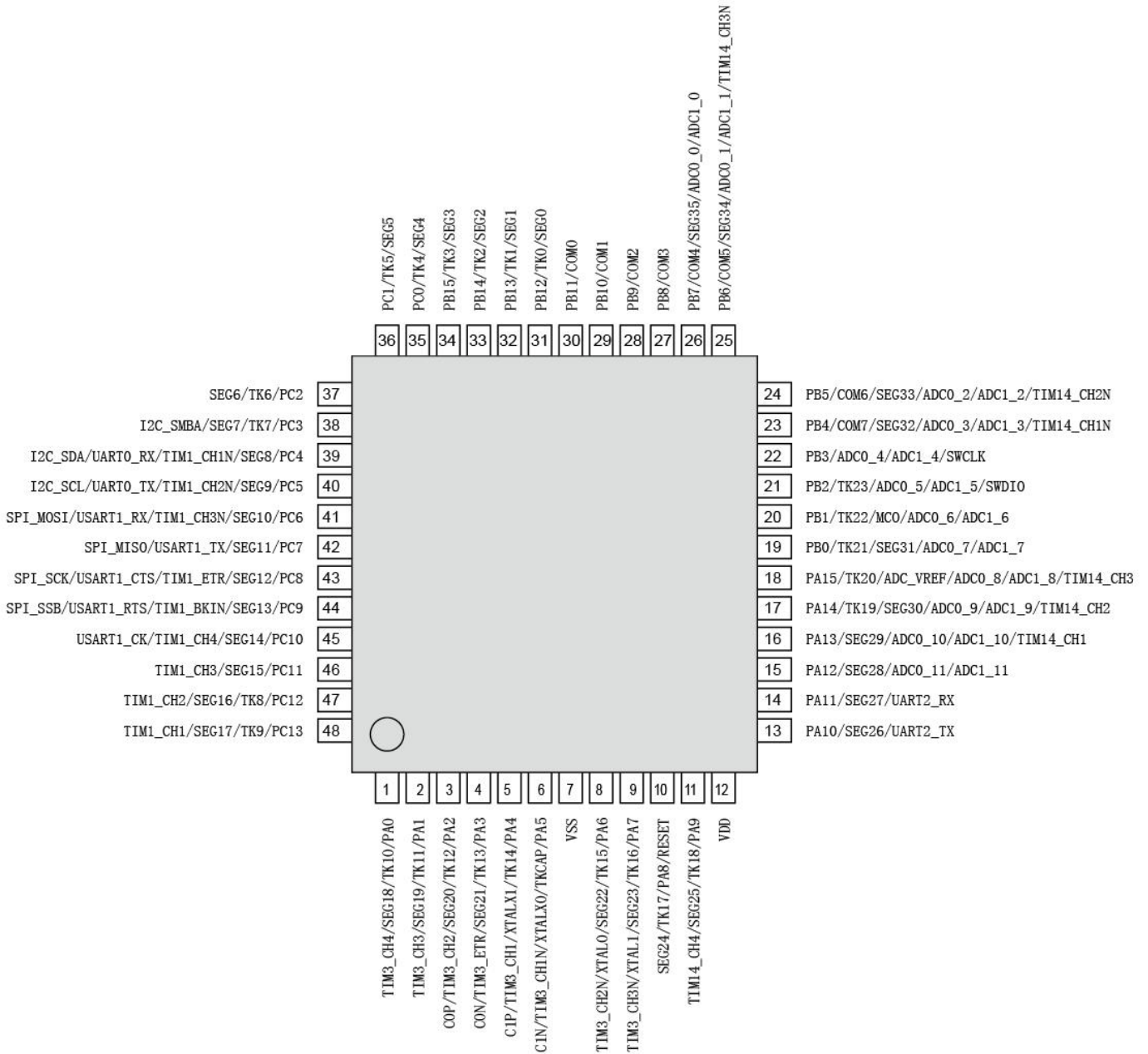


图3-1 LQFP48 管脚定义图

3.2 引脚描述

表3-1引脚描述

引脚序号			管脚名称	管脚功能	默认状态
LQFP48	QFN48	LQFP44			
1	1	1	PA0/TIM3_CH4/SEG18/TK10	通用双向I/O口 TIM3 CH4端口 SEG18 端口 TK10触摸按键通道	高阻
2	2	2	PA1/TIM3_CH3/SEG19/TK11	通用双向I/O口 TIM3 CH3端口 SEG19 端口 TK11触摸按键通道	高阻
3	3	3	PA2/TIM3_CH2/SEG20/TK12/C0P	通用双向I/O口 TIM3 CH2端口 SEG20端口 TK12触摸按键通道 比较器0正端	高阻
4	4	4	PA3/TIM3_ETR/SEG21/TK13/C0N	通用双向I/O口 TIM3 外部时钟输入 SEG21 端口 TK13触摸按键通道 比较器0负端	高阻
5	5	5	PA4/TIM3_CH1/XTALXI/TK14/C1P	通用双向I/O口 TIM3 CH1端口 外部高速晶振输入 TK14触摸按键通道 比较器1正端	高阻
6	6	6	PA5/TIM3_CH1N/XTALXO/TKCAP/C1N	通用双向I/O口 TIM3 CH1N端口 外部高速晶振输出 触摸参考电容输入 比较器1负端	高阻
7	7	7	VSS	电源地引脚	VSS
8	8	8	PA6/TIM3_CH2N/XTALO/SEG22/TK15	通用双向I/O口 TIM3 CH2N端口 外部低速晶振输出 SEG22 端口 TK15触摸按键通道	高阻
9	9	9	PA7/TIM3_CH3N/XTALI/SEG23/TK16	通用双向I/O口 TIM3 CH3N端口 外部低速晶振输入 SEG23 输出端口 TK16触摸按键通道	高阻
10	10	10	PA8/SEG24/TK17/RESET	通用双向I/O口 SEG24 输出端口 TK17触摸按键通道 硬件复位脚(上拉)	硬件复位脚
11	11	11	PA9/TIM14_CH4/SEG25/TK18	通用双向I/O口 TIM14 CH4端口 SEG25端口 TK18触摸按键通道	高阻

12	12	12	VDD	芯片供电管脚	VDD
13	13	-	PA10/SEG26/UART2_TX	通用双向I/O口 SEG26 端口 串口2数据发送端口	高阻
14	14	-	PA11/SEG27/UART2_RX	通用双向I/O口 SEG27 端口 串口2数据接收端口	高阻
15	15	-	PA12/SEG28/ADC0_11/ADC1_11	通用双向I/O口 SEG28 端口 ADC模拟通道11	高阻
16	16	-	PA13/SEG29/ADC0_10/ADC1_10/TIM14_CH1	通用双向I/O口 SEG29 端口 ADC模拟通道10 TIM14 CH1端口	高阻
17	17	13	PA14/TK19/SEG30/ADC0_9/ADC1_9/TIM14_CH2	通用双向I/O口 TK19触摸按键通道 SEG30 端口 ADC模拟通道9 TIM14 CH2端口	高阻
18	18	14	PA15/TK20/ADC_VREF/ADC0_8/ADC1_8/TIM14_CH3	通用双向I/O口 TK20触摸按键通道 ADC参考电压 ADC模拟通道8 TIM14 CH3端口	高阻
19	19	15	PB0/TK21/SEG31/ADC0_7/ADC1_7	通用双向I/O口 TK21触摸按键通道 SEG31 端口 ADC模拟通道7	高阻
20	20	16	PB1/TK22/MCO/ADC0_6/ADC1_6	通用双向I/O口 TK22触摸按键通道 时钟输出端口 ADC模拟通道6	高阻
21	21	17	PB2/TK23/ADC0_5/ADC1_5/SWDIO	通用双向I/O口 TK23触摸按键通道 ADC模拟通道5 SWD烧录调试端口	烧录调试 端口
22	22	18	PB3/ADC0_4/ADC1_4/SWCLK	通用双向I/O口 ADC模拟通道4 SWD烧录调试端口	烧录调试 端口
23	23	19	PB4/COM7/SEG32/ADC0_3/ADC1_3/TIM14_CH1N	通用双向I/O口 COM7 端口 SEG32 端口 ADC模拟通道3 TIM14 CH1N端口	高阻
24	24	20	PB5/COM6/SEG33/ADC0_2/ADC1_2/TIM14_CH2N	通用双向I/O口 COM6 端口 SEG33 端口 ADC模拟通道2 TIM14 CH2N端口	高阻
25	25	21	PB6/COM5/SEG34/ADC0_1/ADC1_1/TIM14_CH3N	通用双向I/O口 COM5 输出端口 SEG34 端口 ADC模拟通道1 TIM14 CH3N端口	高阻
26	26	22	PB7/COM4/SEG35/ADC0_0/ADC1_0	通用双向I/O口 COM4 输出端口 SEG35 端口 ADC模拟通道0	高阻

27	27	23	PB8/COM3	通用双向I/O口 COM3 端口	高阻
28	28	24	PB9/COM2	通用双向I/O口 COM2 端口	高阻
29	29	25	PB10/COM1	通用双向I/O口 COM1 端口	高阻
30	30	26	PB11/COM0	通用双向I/O口 COM0 端口	高阻
31	31	27	PB12/TK0/SEG0	通用双向I/O口 TK0触摸按键通道 SEG0 端口	高阻
32	32	28	PB13/TK1/SEG1	通用双向I/O口 TK1触摸按键通道 SEG1 端口	高阻
33	33	29	PB14/TK2/SEG2	通用双向I/O口 TK2触摸按键通道 SEG2 端口	高阻
34	34	30	PB15/TK3/SEG3	通用双向I/O口 TK3触摸按键通道 SEG3 端口	高阻
35	35	31	PC0/TK4/SEG4	通用双向I/O口 TK4触摸按键通道 SEG4 端口	高阻
36	36	32	PC1/TK5/SEG5	通用双向I/O口 TK5触摸按键通道 SEG5 端口	高阻
37	37	33	PC2/TK6/SEG6	通用双向I/O口 TK6触摸按键通道 SEG6 端口	高阻
38	38	34	PC3/TK7/SEG7/I2C_SMBA	通用双向I/O口 TK7触摸按键通道 SEG7 端口 I2C SMBA 端口	高阻
39	39	35	PC4/SEG8/I2C_SDA/UART0_RX/TIM1_CH1N	通用双向I/O口 SEG8 端口 I2C SDA端口 串口0数据接收端口 TIM1 CH1N端口	高阻
40	40	36	PC5/SEG9/I2C_SCL/UART0_TX/TIM1_CH2N	通用双向I/O口 SEG9 端口 I2C_SCL端口 串口0数据发送端口 TIM1 CH2N输出端口	高阻
41	41	37	PC6/SEG10/SPI_MOSI/USART1_RX/TIM1_CH3N	通用双向I/O口 SEG10 端口 SPI_MOSI端口 串口1数据接收端口 TIM1 CH3N端口	高阻
42	42	38	PC7/SEG11/SPI_MISO/USART1_TX	通用双向I/O口 SEG11 端口 SPI_MISO端口 串口1数据发送端口	高阻
43	43	39	PC8/SEG12/SPI_SCK/USART1_CTS/TIM1_ETR	通用双向I/O口 SEG12 端口 SPI_SCK端口 USART1_CTS端口 TIM1外部时钟输入	高阻

44	44	40	PC9/SEG13/SPI_SSB/USART1_RTS/TIM1_BKIN	通用双向I/O口 SEG13 端口 SPI_SSB端口 USART1_RTS端口 TIM1刹车信号控制输入	高阻
45	45	41	PC10/SEG14/USART1_CK/TIM1_CH4	通用双向I/O口 SEG14 端口 USART1_CK端口 TIM1 CH4端口	高阻
46	46	42	PC11/SEG15/TIM1_CH3	通用双向I/O口 SEG15 端口 TIM1 CH3端口	高阻
47	47	43	PC12/SEG16/TK8/TIM1_CH2	通用双向I/O口 SEG16 端口 TK8触摸按键通道 TIM1 CH2端口	高阻
48	48	44	PC13/SEG17/TK9/TIM1_CH1	通用双向I/O口 SEG17 端口 TK9触摸按键通道 TIM1 CH1端口	高阻

表3-2 引脚复用功能映射表

取值 名称	0	1	2	3	4	5	6	7
PA0AF	高阻	数字输入	数字输出	TK10	LED SEG18/SEG18		TIM3 CH4	
PA1AF	高阻	数字输入	数字输出	TK11	LED SEG19/SEG19		TIM3 CH3	
PA2AF	高阻	数字输入	数字输出	TK12	LED SEG20/SEG20	C0P	TIM3 CH2	
PA3AF	高阻	数字输入	数字输出	TK13	LED SEG21/SEG21	C0N	TIM3 ETR	
PA4AF	高阻	数字输入	数字输出	TK14	XTALXI	C1P	TIM3 CH1	
PA5AF	高阻	数字输入	数字输出	TK_CAP	XTALXO(高速晶振)	C1N	TIM3 CH1N	
PA6AF	高阻	数字输入	数字输出	TK15	LED SEG22/SEG22	XTALO	TIM3 CH2N	
PA7AF	高阻	数字输入	数字输出	TK16	LED SEG23/SEG23	XTALI	TIM3 CH3N	
PA8AF	高阻	数字输入	数字输出	TK17	LED SEG24/SEG24	RESET		
PA9AF	高阻	数字输入	数字输出	TK18	LED SEG25/SEG25		TIM14 CH4	
PA10AF	高阻	数字输入	数字输出	UART2_TX	LED SEG26/SEG26			
PA11AF	高阻	数字输入	数字输出	UART2_RX	LED SEG27/SEG27			
PA12AF	高阻	数字输入	数字输出		LED SEG28/SEG28	ADC0_11		ADC1_11
PA13AF	高阻	数字输入	数字输出		LED SEG29/SEG29	ADC0_10	TIM14 CH1	ADC1_10
PA14AF	高阻	数字输入	数字输出	TK19	LED SEG30/SEG30	ADC0_9	TIM14 CH2	ADC1_9
PA15AF	高阻	数字输入	数字输出	TK20	ADC_VREF	ADC0_8	TIM14 CH3	ADC1_8
PB0AF	高阻	数字输入	数字输出	TK21	LED SEG31/SEG31	ADC0_7		ADC1_7
PB1AF	高阻	数字输入	数字输出	TK22	MCO	ADC0_6		ADC1_6
PB2AF	高阻	数字输入	数字输出	TK23		ADC0_5	SWDIO	ADC1_5
PB3AF	高阻	数字输入	数字输出			ADC0_4	SWCLK	ADC1_4
PB4AF	高阻	数字输入	数字输出	LED COM7/COM7	LCD SEG32	ADC0_3	TIM14 CH1N	ADC1_3
PB5AF	高阻	数字输入	数字输出	LED COM6/COM6	LCD SEG33	ADC0_2	TIM14 CH2N	ADC1_2
PB6AF	高阻	数字输入	数字输出	LED COM5/COM5	LCD SEG34	ADC0_1	TIM14 CH3N	ADC1_1
PB7AF	高阻	数字输入	数字输出	LED COM4/COM4	LCD SEG35	ADC0_0		ADC1_0
PB8AF	高阻	数字输入	数字输出		LED COM3/COM3			
PB9AF	高阻	数字输入	数字输出		LED COM2/COM2			
PB10AF	高阻	数字输入	数字输出		LED COM1/COM1			
PB11AF	高阻	数字输入	数字输出		LED COM0/COM0			
PB12AF	高阻	数字输入	数字输出	TK0	LED SEG0/SEG0			
PB13AF	高阻	数字输入	数字输出	TK1	LED SEG1/SEG1			
PB14AF	高阻	数字输入	数字输出	TK2	LED SEG2/SEG2			
PB15AF	高阻	数字输入	数字输出	TK3	LED SEG3/SEG3			
PC0AF	高阻	数字输入	数字输出	TK4	LED SEG4/SEG4			
PC1AF	高阻	数字输入	数字输出	TK5	LED SEG5/SEG5			
PC2AF	高阻	数字输入	数字输出	TK6	LED SEG6/SEG6			
PC3AF	高阻	数字输入	数字输出	TK7	LED SEG7/SEG7	I2C SMBA		
PC4AF	高阻	数字输入	数字输出	UART0_RX	LED SEG8/SEG8	I2C SDA	TIM1 CH1N	
PC5AF	高阻	数字输入	数字输出	UART0_TX	LED SEG9/SEG9	I2C SCL	TIM1 CH2N	
PC6AF	高阻	数字输入	数字输出	USART1_RX	LED SEG10/SEG10	SPI MOSI	TIM1 CH3N	
PC7AF	高阻	数字输入	数字输出	USART1_TX	LED SEG11/SEG11	SPI MISO		
PC8AF	高阻	数字输入	数字输出	USART1_CTS	LED SEG12/SEG12	SPI SCK	TIM1 ETR	
PC9AF	高阻	数字输入	数字输出	USART1_RTS	LED SEG13/SEG13	SPI SSB	TIM1 BKIN	
PC10AF	高阻	数字输入	数字输出	USART1_CK	LED SEG14/SEG14		TIM1 CH4	
PC11AF	高阻	数字输入	数字输出		LED SEG15/SEG15		TIM1 CH3	
PC12AF	高阻	数字输入	数字输出	TK8	LED SEG16/SEG16		TIM1 CH2	
PC13AF	高阻	数字输入	数字输出	TK9	LED SEG17/SEG17		TIM1 CH1	

4. 寄存器映像

表4-1 寄存器组起始地址

起始地址	外设
0x0800 0000 – 0x0801 FFFF	FLASH
0x1FFF F800 – 0x1FFF F80C	OPT
0x1FFF FC00 – 0x1FFF FDFE	CALI
0x1FFF E000 – 0x1FFF F7FF	ROM
0x2000 0000 – 0x2000 1FFF	SRAM
0x4000 0000 – 0x4000 03FF	I2C
0x4000 0400 – 0x4000 07FF	TIM3
0x4000 0800 – 0x4000 0BFF	保留
0x4000 0C00 – 0x4000 0FFF	PWR
0x4000 1000 – 0x4000 13FF	TIM6
0x4000 1400 – 0x4000 17FF	UART0
0x4000 1800 – 0x4000 17FF	UART2
0x4000 1C00 – 0x4000 17FF	保留
0x4000 2000 – 0x4000 23FF	TIM14
0x4000 2400 – 0x4000 27FF	保留
0x4000 2800 – 0x4000 2BFF	RTC
0x4000 2C00 – 0x4000 2FFF	WWDG
0x4000 3000 – 0x4000 33FF	IWDG
0x4000 3400 – 0x4000 37FF	保留
0x4000 3800 – 0x4000 3BFF	保留
0x4000 3C00 – 0x4000 3FFF	保留
0x4001 0000 – 0x4001 03FF	SYSCFG
0x4001 0400 – 0x4001 07FF	EXTI
0x4001 0800 – 0x4001 0BFF	TK
0x4001 0C00 – 0x4001 0FFF	LXD
0x4001 1000 – 0x4001 13FF	DIV32
0x4001 1400 – 0x4001 17FF	保留
0x4001 1800 – 0x4001 1BFF	保留
0x4001 1C00 – 0x4001 1FFF	保留
0x4001 2000 – 0x4001 23FF	保留
0x4001 2400 – 0x4001 27FF	保留
0x4001 2800 – 0x4001 2BFF	保留
0x4001 2C00 – 0x4001 2FFF	TIM1
0x4001 3000 – 0x4001 33FF	SPI1
0x4001 3400 – 0x4001 37FF	保留
0x4001 3800 – 0x4001 3BFF	USART1
0x4001 3C00 – 0x4001 3FFF	保留
0x4002 0000 – 0x4002 03FF	DMA
0x4002 0400 – 0x4002 07FF	闪存存储器接口
0x4002 0800 – 0x4002 0BFF	保留
0x4002 0C00 – 0x4002 0FFF	保留

0x4002 1000 – 0x4002 13FF	复位和时钟控制(RCC)
0x4002 1400 – 0x4002 17FF	ANALOG
0x4002 1800 – 0x4002 1BFF	保留
0x4002 1C00 – 0x4002 1FFF	保留
0x4002 2000 – 0x4002 23FF	GPIOA_C
0x4002 2400 – 0x4002 27FF	
0x4002 2800 – 0x4002 2BFF	
0x4002 2C00 – 0x4002 2FFF	
0x4002 3000 – 0x4002 33FF	
0x4002 3400 – 0x4002 37FF	
0x4002 3800 – 0x4002 3BFF	
0x4002 3C00 – 0x4002 3FFF	
0x4002 4000 – 0x4002 43FF	CRC

5. 电气特性

5.1 测试条件

除非特别说明，所有电压的都以GND为基准。

5.1.1 最小和最大数值

除非特别说明，在生产线上通过对100%的产品在环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 和 $T_A=T_{Amax}$ 下执行的测试(T_{Amax} 与选定的温度范围匹配)，所有最小和最大值将在最坏的环境温度、供电电压和时钟频率条件下得到保证。

在每个表格下方的注解中说明为通过综合评估、设计模拟和/或工艺特性得到的数据，不会在生产线上进行测试；在综合评估的基础上，最小和最大数值是通过样本测试得到的。

5.1.2 典型数值

除非特别说明，典型数据是基于 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC}=3.3\text{V}$ ($2.0\text{V} \leq V_{CC} \leq 5.5\text{V}$ 电压范围)。这些数据仅用于设计指导而未经测试。

典型的ADC精度数值是通过对一个标准的批次采样，在所有温度范围下测试得到。

5.1.3 负载电容

测量引脚参数时的负载条件示于图5-1

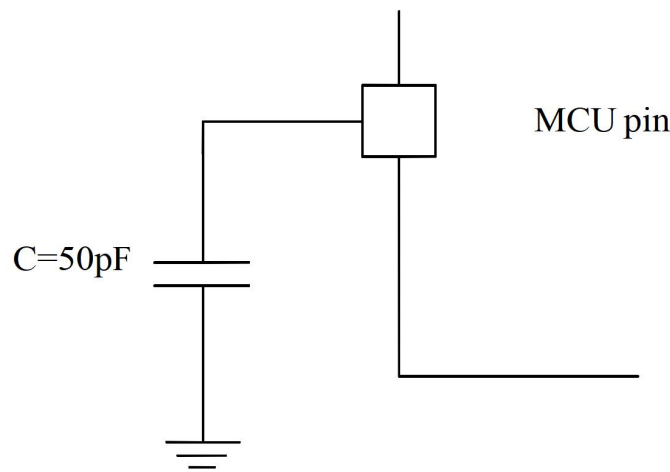


图 5-1 引脚的负载条件

5.1.4 引脚输入电压

测量引脚参数时的负载条件示于图5-2

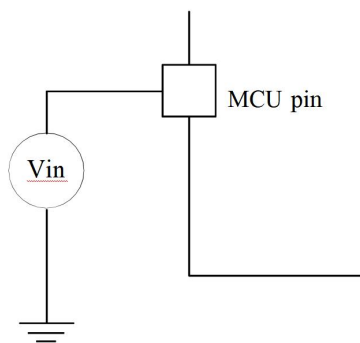


图 5-2 引脚输入电压

5.1.5 供电方案

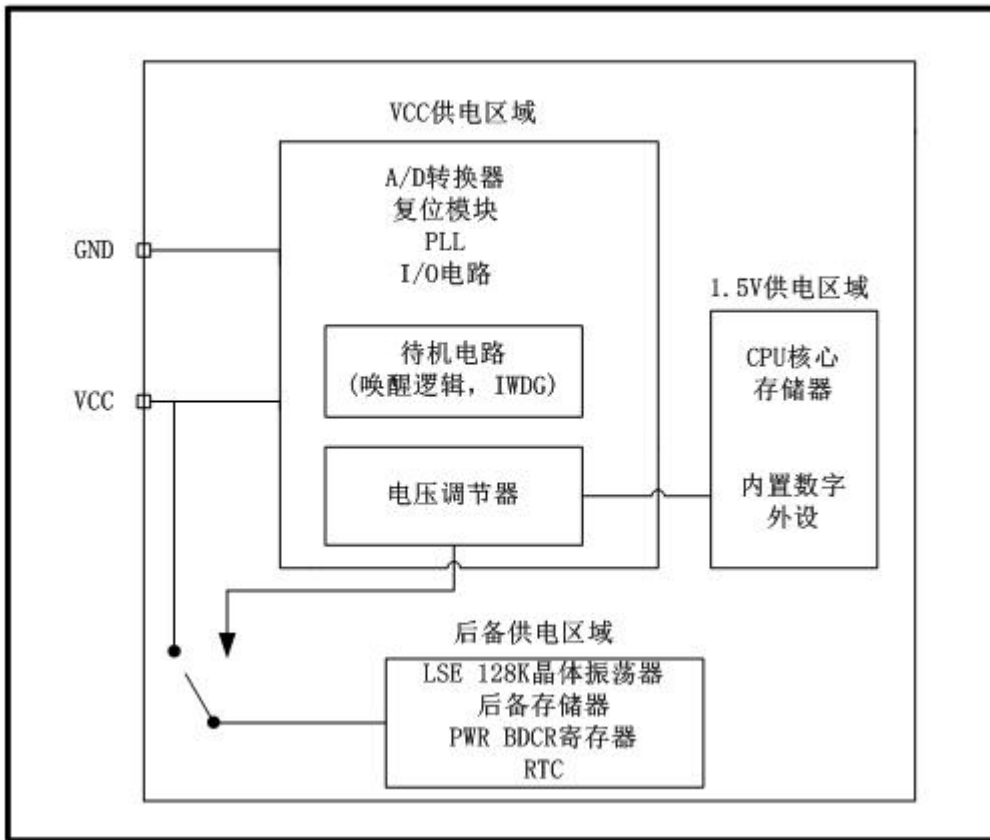


图5-3 供电方案

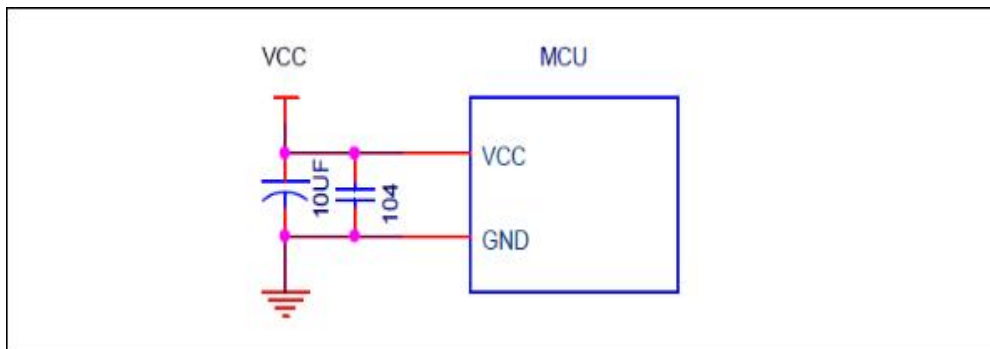


图5-4芯片供电典型电路图

5.1.6 电路消耗测量

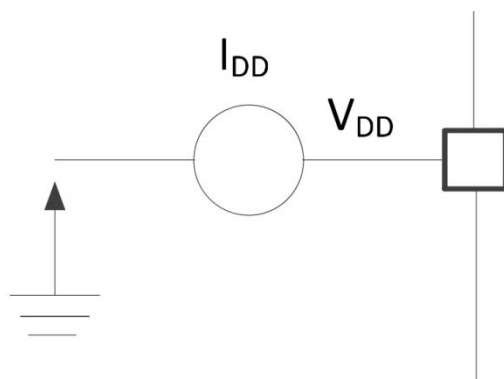


图5-5 电流消耗测量

5.2 工作条件

5.2.1 极限参数

表5-1 极限参数

参数	最小值	最大值	单位
直流供电电压	-0.3	6	V
I/O引脚输入电压	-0.3	VDD+0.3	V
工作环境温度	-40	85	°C
储存温度	-55	125	°C
CPU工作频率	-	64	MHz
经过V _{CC} 电源线的总电流(供应电流)	-	150	mA
经过V _{SS} 地线的总电流(流出电流) ⁽¹⁾	-	150	mA
任意I/O和控制引脚上的输出灌电流	-	25	mA
任意I/O和控制引脚上的输出电流	-	-25	mA
所有I/O和控制引脚上的总注入电流 ⁽⁴⁾	-	+/-25	mA

备注：超过“**极限参数**”范围有可能对芯片造成损坏，无法预期芯片在上述范围外的工作状态，若长期在标示范围外工作，可能会影响芯片的可靠性。

5.2.2 通用工作条件

表5-2 通用工作条件

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
f _{HCLK}	内部AHB时钟频率	-	0	64	MHz
f _{PCLK1}	内部APB1时钟频率	-	0	64	
f _{PCLK2}	内部APB2时钟频率	-	0	64	
V _{CC}	标准工作电压	-	2.0	5.5	V
T _A	环境温度(温度标号6)	最大功率消耗	-40	85	°C
		低功率消耗	-40	85	
T _J	结温度范围	温度标号6	-40	85	°C

5.2.3 上电和掉电的工作条件

表5-3 上电和掉电时的工作条件

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
t _{VCC}	V _{CC} 上升速率	从0到V _{CC}	100	∞	μs/V
	V _{CC} 下降速率	从V _{CC} 到0	100	∞	μs/V

5.2.4 内嵌复位和电源控制模块特性

下表中给出的参数是依据表5-1列出的环境温度下和V_{CC}供电电压下测试得出。

表5-4 内嵌复位和电源控制模块特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{LVD}	可编程的电压检测器的电平选择	LVD_LEVEL[4:0]=0	-	1.70	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=1	-	1.80	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=2	-	1.90	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=3	-	2.00	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=4	-	2.10	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=5	-	2.20	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=6	-	2.30	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=7	-	2.40	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=8	-	2.50	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=9	-	2.60	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=10	-	2.70	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=11	-	2.80	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=12	-	2.90	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=13	-	3.00	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=14	-	3.10	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=15	-	3.20	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=16	-	3.30	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=17	-	3.40	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=18	-	3.50	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=19	-	3.60	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=20	-	3.70	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=21	-	3.80	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=22	-	3.90	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=23	-	4.00	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=24	-	4.10	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=25	-	4.20	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=26	-	4.30	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=27	-	4.40	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=28	-	4.50	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=29	-	4.60	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=30	-	4.70	-	V
		LVD_LEVEL[4:0]=31	-	4.80	-	V
V _{LVDhyst} ⁽²⁾	LVD迟滞		-	25	-	mV
V _{POR/PDR}	上电/掉电复位阈值	下降沿	1.45	1.54	1.64	V
		上升沿	1.65	1.75	1.90	V
V _{PDRhyst} ⁽²⁾	PDR迟滞		-	150	-	mV
T _{RSTTEMPO} ⁽²⁾	复位持续时间		1	3	4.5	ms

1. 产品的特性由设计保证至最小的数值V_{POR/PDR}。

2. 由设计保证，不在生产中测试。

5.2.5 供电电流特性

电流消耗是多种参数和因素的综合指标，这些参数和因素包括工作电压、环境温度、I/O引脚的负载、产品的软件配置、工作频率、I/O脚的翻转速率、程序在存储器中的位置以及执行的代码等。

本节中给出的所有运行模式下的电流消耗测量值，都是在执行一套精简的代码得到的结果。

5.2.5.1 直流电气特性

表5-5直流电气特性

芯片参数	符号	工作电压	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
工作电流	Iop1	VDD=2.0V	-	4.01	-	mA	系统时钟为HSE(16MHz)，其他时钟关闭，LDO设置为默认值（高功率模式，输出电压为1.5V），所有输出引脚无负载，所有数字输入引脚不浮动，所有外设关闭，CPU执行NOP指令
		VDD=3.3V	-	4.02	-		
		VDD=5V	-	4.04	-		
	Iop2	VDD=2.0V	-	2.95	-	mA	系统时钟为HSI(16MHz)，其他时钟关闭，LDO设置为默认值（高功率模式，输出电压为1.5V），所有输出引脚无负载，所有数字输入引脚不浮动，所有外设关闭，CPU执行NOP指令
		VDD=3.3V	-	2.97	-		
		VDD=5V	-	2.98	-		
	Iop3	VDD=2.0V	-	6.14	-	mA	系统时钟为PLL输出，PLL设置为8倍频，参考时钟HSI/2频率为8MHz，其他时钟关闭，LDO设置为默认值（高功率模式，输出电压为1.5V），所有输出引脚无负载，所有数字输入引脚不浮动，所有外设关闭，CPU执行NOP指令
		VDD=3.3V	-	6.24	-		
		VDD=5V	-	6.28	-		
STOP模式电流	Istp	VDD=2.0V	-	8.99	-	uA	所有时钟关闭，所有输出引脚无负载，所有数字输入引脚不浮动，所有外设关闭，LDO设置为低功率模式，Flash进入睡眠模式，CPU进入STOP模式。
		VDD=3.3V	-	9.02	-		
		VDD=5V	-	9.28	-		
SLEEP模式电流	Isp1	VDD=2.0V	-	1.67	-	mA	系统时钟设为HSE（16MHz），其他时钟关闭，所有输出引脚无负载，所有数字输入引脚不浮动，所有外设关闭，LDO设置为低功率模式，Flash进入睡眠模式，CPU进入SLEEP模式。
		VDD=3.3V	-	1.67	-		
		VDD=5V	-	1.67	-		
	Isp2	VDD=2.0V	-	0.92	-	mA	系统时钟设为HSI（16MHz），其他时钟关闭，所有输出引脚无负载，所有数字输入引脚不浮动，所有外设关闭，LDO设置为低功率模式，Flash进入睡眠模式，CPU进入SLEEP模式。
		VDD=3.3V	-	0.92	-		
		VDD=5V	-	0.92	-		
	Isp3	VDD=2.0V	-	2.68	-	mA	系统时钟为PLL输出，PLL设置为8倍频，参考时钟HSI/2频率为64MHz，其他时钟关闭，所有输出引脚无负载，所有数字输入引脚不浮动，所有外设关闭，CPU进入SLEEP模式。
		VDD=3.3V	-	2.69	-		
		VDD=5V	-	2.71	-		

5.2.5.2 交流电气特性

表5-6 交流电气特性 (VDD=2.0-5.5V, TA=25°C, 除非其它说明)

芯片参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
内部低速时钟 (LSI) 起振时间	Trc1	-	50	-	us	LSI频率为128K
内部高速时钟 (HSI) 起振时间	Trc2	-	10	-	us	HSI频率为16MHz
外部低速时钟 (LSE) 起振时间	Tosc1	-	1	-	s	LSE频率为32.768KHz
外部高速时钟 (HSE) 起振时间	Tosc2	-	2	-	ms	HSE频率为16MHz
PLL稳定时间	Tpll	-	50	-	us	时钟源HSI/2频率为8MHz, PLL为8倍频
复位脉冲时间	Trst	-	0.5	-	us	-

备注: VDD=3.3V, TA=25°C, 内部高速时钟出厂频率为16MHz, 误差小于1%.

5.2.5.3 最大电流消耗

微控制器处于下列条件:

- 所有的I/O引脚都处于输入模式, 并连接到一个静态电平上——VCC或VSS(无负载)。
- 所有的外设都处于关闭状态, 除非特别说明。
- 闪存存储器的访问时间调整到fHCLK的频率(0~24MHz时为0个等待周期, 24~48MHz时为1个等待周期, 超过48MHz时为2个等待周期)。
- 指令预取功能开启(提示: 这个参数必须在设置时钟和总线分频之前设置)。
- 当开启外设时: fPCLK1 = fHCLK, fPCLK2 = fHCLK。

表5-7、表5-8和表5-9中给出的参数, 是依据表5-1列出的环境温度下和VCC供电电压下测试得出。

表5-7 运行模式下的最大电流消耗, 数据处理代码从内部闪存中运行

符号	参数	条件	fHCLK	最大值 ⁽¹⁾	单位
				TA = 25°C	
IDD	运行模式下的 供应电流	外部时钟 ⁽²⁾ , 使能 所有外设	64MHz	10.76	mA
			48MHz	8.36	
			32MHz	6.78	
			24MHz	6.50	
			16MHz	4.67	
		外部时钟 ⁽²⁾ , 关闭 所有外设	64MHz	6.98	
			48MHz	5.52	
			32MHz	4.84	
			24MHz	5.02	
			16MHz	3.70	

1. 由综合评估得出, 不在生产中测试。
2. 外部时钟为16MHz, 当fHCLK>16MHz时启用PLL。

表5-8 运行模式下的最大电流消耗，数据处理代码从内部RAM中运行

符号	参数	条件	f _{HCLK}	最大值 ⁽¹⁾	
				T _A = 25°C	单位
I _{DD}	运行模式下的供应电流	外部时钟 ⁽²⁾ ，使能所有外设	64MHz	11.15	mA
			48MHz	8.63	
			32MHz	6.24	
			24MHz	5.03	
			16MHz	3.69	
		外部时钟 ⁽²⁾ ，关闭所有外设	64MHz	7.38	
			48MHz	5.81	
			32MHz	4.31	
			24MHz	3.56	
			16MHz	2.68	

1. 由综合评估得出，在生产中以V_{CCmax}和f_{HCLKmax}为条件测试。
2. 外部时钟为16MHz，当f_{HCLK}>16MHz时启用PLL。

表5-9 睡眠模式下的最大电流消耗，代码运行在Flash或RAM中

符号	参数	条件	f _{HCLK}	最大值 ⁽¹⁾	
				T _A = 25°C	单位
I _{DD}	睡眠模式下的供应电流	外部时钟 ⁽²⁾ ，使能所有外设	64MHz	7.24	mA
			48MHz	5.69	
			32MHz	4.25	
			24MHz	3.52	
			16MHz	2.67	
		外部时钟 ⁽²⁾ ，关闭所有外设	64MHz	3.44	
			48MHz	2.85	
			32MHz	2.30	
			24MHz	2.03	
			16MHz	1.66	

1. 由综合评估得出，在生产中以V_{CCmax}和以f_{HCLKmax}使能外设为条件测试。
2. 外部时钟为16MHz，当f_{HCLK}>16MHz时启用PLL。

表5-10 停机模式下的典型和最大电流消耗

符号	参数	条件	典型值 ⁽¹⁾			最大值	单位
			V _{CC} = 2.0V	V _{CC} = 3.3V	V _{CC} = 5.5V	T _A = 25°C	
I _{DD}	停机模式下的供应电流	调压器处于运行模式，低速和高速内部RC振荡器和高速振荡器处于关闭状态(没有独立看门狗)	9.0	9.2	9.5	9.5	μA
		调压器处于低功耗模式，低速和高速内部RC振荡器和高速振荡器处于关闭状态(没有独立看门狗)	8.7	9.0	9.1	9.1	

1. 典型值是在T_A=25°C下测试得到。
2. 由综合评估得出，不在生产中测试。

5.2.5.4 典型的电流消耗

MCU处于下述条件下：

- 所有的I/O引脚都处于输入模式，并连接到一个静态电平上——V_{CC}或V_{SS}(无负载)。
- 所有的外设都处于关闭状态，除非特别说明。
- 闪存存储器的访问时间调整到f_{HCLK}的频率(0~24MHz时为0个等待周期，24~48MHz时为1个等待周期，超过48MHz时为2个等待周期)。
- 环境温度和V_{CC}供电电压条件列于表5-11。
- 指令预取功能开启(提示：这个参数必须在设置时钟和总线分频之前设置)。当开启外设时：f_{PCLK1} = f_{HCLK}，f_{PCLK2} = f_{HCLK}，f_{ADCCLK} = f_{PCLK2}/2。

表5-11 运行模式下的典型电流消耗，数据处理代码从内部Flash中运行

符号	参数	条件	f _{HCLK}	典型值 ⁽¹⁾		单位
				使能所有外设 ⁽²⁾	关闭所有外设	
I _{DD}	运行模式下的 供应电流	外部时钟 ⁽³⁾	64MHz	10.76	6.98	mA
			48MHz	8.36	5.52	
			32MHz	6.78	4.84	
			24MHz	6.50	5.02	
			16MHz	4.68	3.70	
			8MHz	2.98	2.48	
			4MHz	2.33	2.03	
			2MHz	1.76	1.61	
			1MHz	1.47	1.37	
			500kHz	1.24	1.20	
		125kHz	1.21	1.17		
		运行于高速内部 RC振荡器(HSI)， 使用AHB预分频以 减低频率	64MHz	10.00	6.22	mA
			48MHz	7.59	4.75	
			36MHz	5.35	3.40	
			24MHz	4.20	2.71	
			16MHz	4.01	2.99	
			8MHz	2.26	1.74	
			4MHz	1.59	1.31	
			2MHz	1.01	0.85	
			1MHz	0.72	0.66	
500kHz	0.50		0.45			
125kHz	0.47	0.42				

1. 典型值是在T_A=25℃、V_{CC}=3.3V时测试得到。
2. 外部时钟为16MHz，当f_{HCLK}>16MHz时启用PLL。

表5-12 睡眠模式下的典型电流消耗，数据处理代码从内部Flash或RAM中运行

符号	参数	条件	f_{HCLK}	典型值 ⁽¹⁾		单位
				使能所有外设 ⁽²⁾	关闭所有外设	
I_{DD}	运行模式下的 供应电流	外部时钟 ⁽³⁾	64MHz	7.23	3.44	mA
			48MHz	5.69	2.85	
			32MHz	4.25	2.30	
			24MHz	3.51	2.02	
			16MHz	2.66	1.66	
			8MHz	1.91	1.39	
			4MHz	1.54	1.26	
			2MHz	1.36	1.19	
			1MHz	1.26	1.16	
			250kHz	1.18	1.14	
		125kHz	1.17	1.14		
		运行于高速内部 RC振荡器(HSI), 使用AHB预分频以 减低频率	64MHz	6.50	2.70	mA
			48MHz	4.95	2.10	
			32MHz	3.51	1.55	
			24MHz	2.78	1.28	
			16MHz	1.92	0.91	
			8MHz	1.17	0.64	
			4MHz	0.79	0.51	
			2MHz	0.60	0.44	
			1MHz	0.50	0.40	
250kHz	0.43		0.38			
125kHz	0.41	0.37				

1. 典型值是在 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{CC}=3.3\text{V}$ 时测试得到。
2. 外部时钟为16MHz，当 $f_{HCLK}>16\text{MHz}$ 时启用PLL。

5.2.5.5 内置外设电流消耗

内置外设的电流消耗列于表5-13，MCU的工作条件如下：

- 所有的I/O引脚都处于输入模式，并连接到一个静态电平上——V_{CC}或GND(无负载)。
- 所有的外设都处于关闭状态，除非特别说明。
- 给出的数值是通过测量电流消耗计算得出
 - 关闭所有外设的时钟
 - 只开启一个外设的时钟

环境温度和V_{CC}供电电压条件列于表5-13。

表5-13 内置外设的电流消耗⁽¹⁾

内置外设		25°C时的典型功耗	单位	内置外设		25°C时的典型功耗	单位
APB1	TIM3	0.45	mA	APB2	ADC0	0.02	mA
	TIM6	0.10			ADC1	0.02	
	TIM14	0.45			TIM1	0.46	
	UART0	0.10			SPI1	0.12	
	UART2	0.10			USART1	0.10	
	I2C1	0.41			TK	0.08	
	WWDG	0.02			LXD	0.65	

1. 典型值是在T_A=25°C、V_{CC}=3.3V时测试得到。

2. f_{HCLK}=64MHz, f_{APB1} = f_{HCLK}, f_{APB2} = f_{HCLK}, 每个外设的预分频系数为默认值。

5.2.6 外部时钟源特性

5.2.6.1 来自外部振荡源产生的高速外部用户时钟

下表中给出的特性参数是使用一个高速的外部时钟源测得，环境温度和供电电压符合表5-1的条件。

表5-14 高速外部用户时钟特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{HSE_ext}	用户外部时钟频率 ⁽¹⁾		4	16	24	MHz
V_{HSEH}	OSC_IN输入引脚高电平电压		$0.7V_{CC}$		V_{CC}	V
V_{HSEL}	OSC_IN输入引脚低电平电压		V_{SS}		$0.3V_{CC}$	
$t_{w(HSE)}$ $t_{\bar{w}(HSE)}$	OSC_IN高或低的时间 ⁽¹⁾		16			ns
$t_{r(HSE)}$ $t_{f(HSE)}$	OSC_IN上升或下降的时间 ⁽¹⁾				20	
$C_{in(HSE)}$	OSC_IN输入容抗 ⁽¹⁾			5		pF
$D_{ucy(HSE)}$	占空比		45		55	%
I_L	OSC_IN输入漏电流	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{CC}$			± 1	μA

1. 由设计保证，不在生产中测试。

5.2.6.2 来自外部振荡源产生的低速外部用户时钟

下表中给出的特性参数是使用一个低速的外部时钟源测得，环境温度和供电电压符合表5-1的条件。

表5-15 低速外部用户时钟特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LSE_ext}	用户外部时钟频率 ⁽¹⁾			32.768		KHz
V_{LSEH}	OSC32_IN输入引脚高电平电压		$0.7V_{CC}$		V_{CC}	
V_{LSEL}	OSC32_IN输入引脚低电平电压		V_{SS}		$0.3V_{CC}$	
$t_{w(LSE)}$ $t_{\bar{w}(LSE)}$	OSC32_IN高或低的时间 ⁽¹⁾		450			ns
$t_{r(LSE)}$ $t_{f(LSE)}$	OSC32_IN上升或下降的时间 ⁽¹⁾				50	
$C_{in(LSE)}$	OSC32_IN输入容抗 ⁽¹⁾			5		pF
$D_{ucy(LSE)}$	占空比		30		70	%
I_L	OSC32_IN输入漏电流	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{CC}$			± 1	μA

1. 由设计保证，不在生产中测试。

图5-5 外部高速时钟源的交流时序图

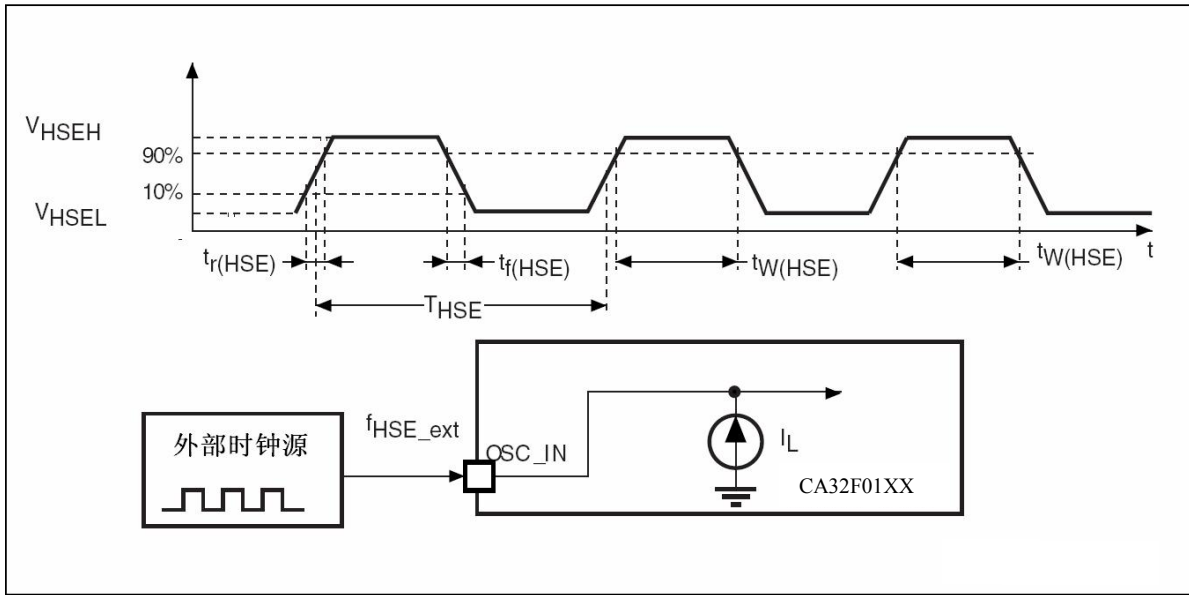
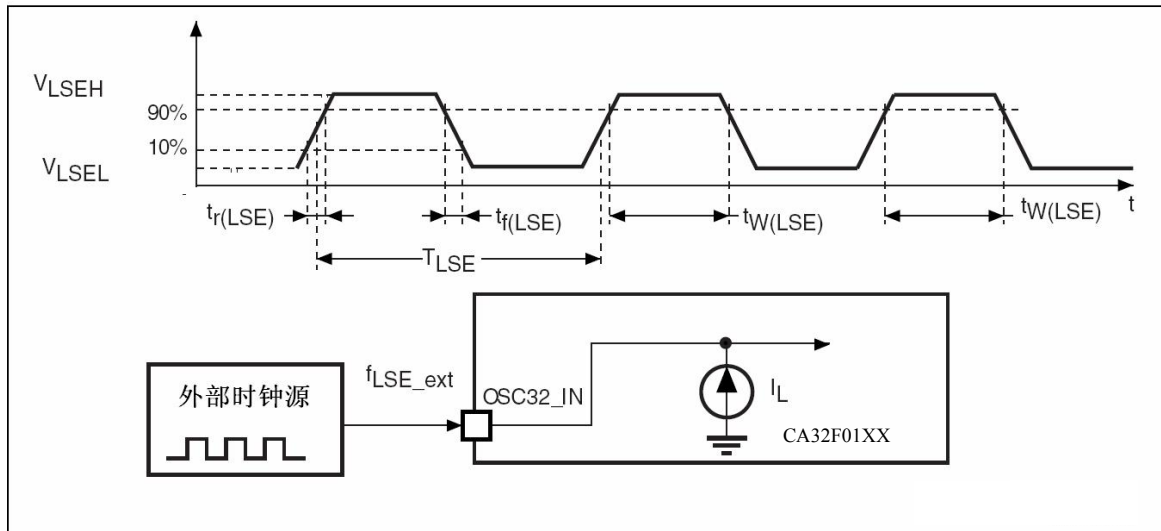


图5-6 外部低速时钟源的交流时序图



5.2.6.3 使用一个晶体/陶瓷谐振器产生的高速外部时钟

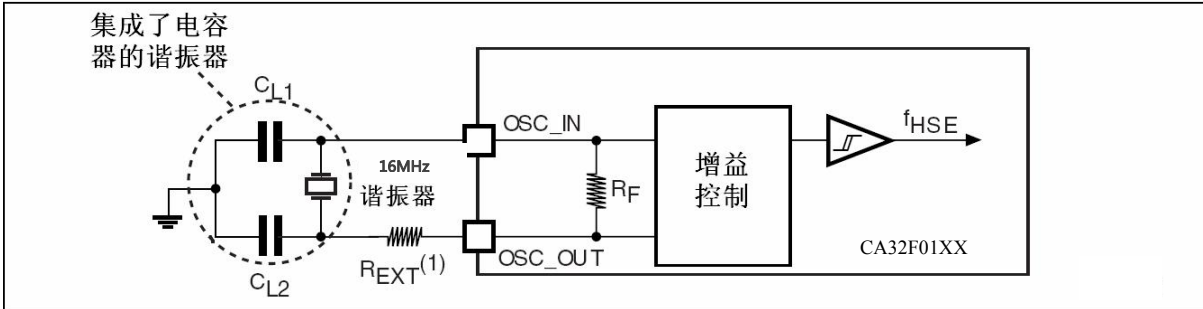
高速外部时钟(HSE)可以使用一个4~16MHz的晶体/陶瓷谐振器构成的振荡器产生。本节中所给出的信息是基于使用下表中列出的典型外部元器件，通过综合特性评估得到的结果。在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器的引脚，以减小输出失真和启动时的稳定时间。有关晶体谐振器的详细参数(频率、封装、精度等)，请咨询相应的生产厂商。(译注：这里提到的晶体谐振器就是我们通常说的无源晶振)

表5-16 HSE 4~16MHz振荡器特性⁽¹⁾⁽²⁾

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{OSC_IN}	振荡器频率		4	16	24	MHz
t _{SU(HSE)} ⁽³⁾	启动时间	V _{CC} 是稳定的		2		ms

1. 谐振器的特性参数由晶体/陶瓷谐振器制造商给出。
2. 由综合评估得出，不在生产中测试。
3. t_{SU(HSE)}是启动时间，是从软件使能HSE开始测量，直至得到稳定的16MHz振荡这段时间。这个数值是在一个标准的晶体谐振器上测量得到，它可能因晶体制造商的不同而变化较大。

图5-7 使用16MHz晶体的典型应用



1. R_{EXT} 数值由晶体的特性决定。典型值是5至6倍的 R_S 。

5.2.6.4 使用一个晶体/陶瓷谐振器产生的低速外部时钟

低速外部时钟(LSE)可以使用一个32.768kHz的晶体/陶瓷谐振器构成的振荡器产生。本节中所给出的信息是基于下表中列出的典型外部元器件，通过综合特性评估得到的结果。在应用中，谐振器和负载电容必须尽可能地靠近振荡器的引脚，以减小输出失真和启动时的稳定时间。有关晶体谐振器的详细参数(频率、封装、精度等)，请咨询相应的生产厂商。(这里提到的晶体谐振器就是我们通常说的无源晶振)

注意：对于 C_{L1} 和 C_{L2} ，建议使用高质量的5pF~15pF之间的瓷介电容器，并挑选符合要求的晶体或谐振器。通常 C_{L1} 和 C_{L2} 具有相同参数。晶体制造商通常以 C_{L1} 和 C_{L2} 的串行组合给出负载电容的参数。

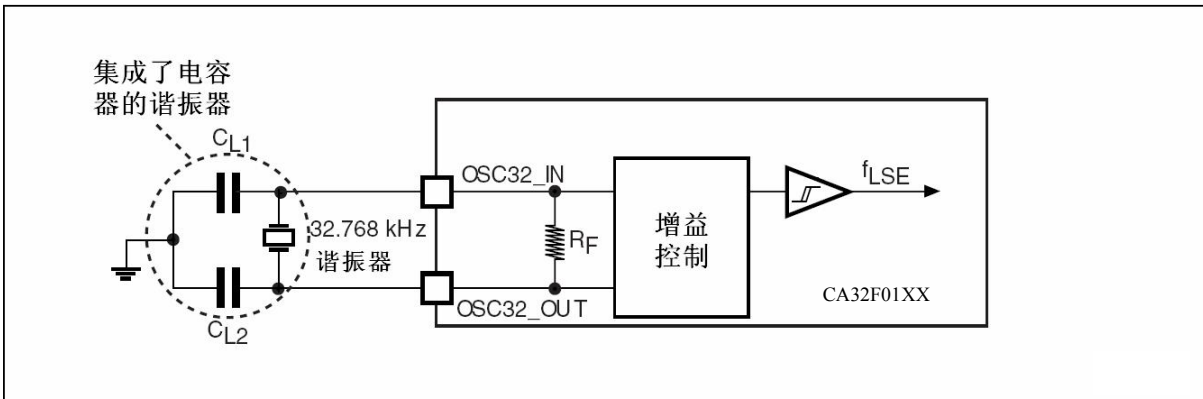
负载电容 C_L 由下式计算： $C_L = C_{L1} \times C_{L2} / (C_{L1} + C_{L2}) + C_{stray}$ ，其中 C_{stray} 是引脚的电容和PCB板或PCB相关的电容

表5-17 LSE 振荡器特性($f_{LSE}=32.768kHz$)⁽¹⁾

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{SU(LSE)(2)}$	启动时间	V_{CC} 是稳定的		3		s

- 由综合评估得出，不在生产中测试。
- $t_{SU(HSE)}$ 是启动时间，是从软件使能LSE开始测量，直至得到稳定的32.768KHz振荡这段时间。这个数值是在一个标准的晶体谐振器上测量得到，它可能因晶体制造商的不同而变化较大。

图5-8 使用32.768kHz晶体的典型应用



重要提醒：32.768KHz晶振必须使用直径3X8mm的振荡器，不得使用直径2X6mm的。

C_{L1}/C_{L2} 的电容参数为25PF,请参考振荡器厂家的匹配参数。

5.2.7 内部时钟源特性

下表中给出的特性参数是使用环境温度和供电电压符合表5-18的条件测量得到。

5.2.7.1 高速内部(HSI)RC振荡器

表5-18 HSI振荡器特性⁽¹⁾⁽²⁾

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{HSI}	频率			16		MHz
ACC _{HSI}	HSI振荡器的精度	T _A = -40~85°C	-2	+/-1	2.5	%
		T _A = -10~85°C	-1.5	+/-1	2.2	%
		T _A = 0~70°C	-1.3	+/-1	2	%
		T _A = 25°C	-1.1	+/-1	1.8	%
t _{SU(HSI)}	HSI振荡器启动时间		10		20	μs
I _{DD(HSI)}	HSI振荡器功耗			140	160	μA

1. V_{CC} = 3.3V, T_A = -40~85°C, 除非特别说明。
2. 由设计保证, 不在生产中测试。

5.2.7.2 低速内部(LSI)RC振荡器

表5-19 LSI振荡器特性⁽¹⁾

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{LSI} ⁽²⁾	频率		30	128	130	kHz
t _{SU(LSI)} ⁽³⁾	LSI振荡器启动时间				10	μs
I _{DD(LSI)} ⁽³⁾	LSI振荡器功耗			3		μA

1. V_{CC} = 3.3V, T_A = -40~85°C, 除非特别说明。
2. 由综合评估得出, 不在生产中测试。
3. 由设计保证, 不在生产中测试。

5.2.8 从低功耗模式唤醒的时间

表5-20列出的唤醒时间是在一个16 MHz的HSI RC振荡器的唤醒阶段测量得到。唤醒时使用的时钟源依当前的操作模式而定：

- 停机或待机模式：时钟源是RC振荡器
- 睡眠模式：时钟源是进入睡眠模式时所使用的时钟

所有的时间是使用环境温度和供电电压符合表5-1的条件测量得到。

表5-20 低功耗模式的唤醒时间

符号	参数	条件	典型值	单位
t _{WUSLEEP} ⁽¹⁾	从睡眠模式唤醒	使用HSI RC时钟唤醒	5.8	μs
t _{WUSTOP} ⁽¹⁾	从停机模式唤醒(调压器处于运行模式)	HSI RC时钟唤醒 = 2μs	140	μs
	从停机模式唤醒(调压器为低功耗模式)	HSI RC时钟唤醒 = 2μs 调压器从低功耗模式唤醒时间 = 5μs	144	

1. 唤醒时间的测量是从唤醒事件开始至用户程序读取第一条指令。

5.2.9 PLL特性

表5-21列出的参数是使用环境温度和供电电压符合表5-1的条件测量得到。

表5-21 PLL特性

符号	参数	数值			单位
		最小值	典型值	最大值 ⁽¹⁾	
f _{PLL_IN}	PLL输入时钟 ⁽²⁾	4	8.0	24	MHz
	PLL输入时钟占空比	40		60	%
f _{PLL_OUT}	PLL倍频输出时钟	16		64	MHz

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。
2. 需要注意使用正确的倍频系数，从而根据PLL输入时钟频率使得f_{PLL_OUT}处于允许范围内。

5.2.10 存储器特性

闪存存储器

除非特别说明，所有特性参数是在T_A = -40~85℃得到。

表5-22 闪存存储器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值 ⁽¹⁾	单位
t _{ERASE}	页(4K字节)擦除时间	T _A = -40~85℃	-	30	-	ms
I _{DD}	供电电流	读模式, f _{HCLK} =64MHz, 2个等待周期, V _{CC} =3.3V		7	-	mA
		写模式, f _{HCLK} =64MHz, V _{CC} =3.3V		3	-	mA
		擦除模式, f _{HCLK} =64MHz, V _{CC} =3.3V		3	-	mA
V _{prog}	编程电压		2.0		5.5	V

1. 由设计保证，不在生产中测试。

表5-23 闪存存储器寿命和数据保存期限

符号	参数	条件	最小值 ⁽¹⁾	单位
N _{END}	寿命(注: 擦写次数)	T _A = -40~85℃ ;	100	千次
t _{RET}	数据保存期限	T _A = 85℃ , 1000次擦写 ⁽¹⁾ 之后	10	年

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。
2. 循环测试均是在整个温度范围下进行。

5.2.11 EMC特性

敏感性测试是在产品的综合评估时抽样进行测试的。

功能性EMS(电磁敏感性)

当运行一个简单的应用程序时(通过I/O端口闪烁2个LED)，测试样品被施加2种电磁干扰直到产生错误，LED闪烁指示了错误的产生。

- 静电放电(ESD)(正放电和负放电)施加到芯片所有的引脚直到产生功能性错误。这个测试符合IEC 1000-4-2标准。
- **FTB**: 在V_{CC}和V_{SS}上通过一个100pF的电容施加一个瞬变电压的脉冲群(正向和反向)直到产生功能性错误。这个测试符合IEC 1000-4-4标准。

芯片复位可以使系统恢复正常操作。

表5-24 EMS特性

符号	参数	条件	级别/类型
V _{FESD}	施加到任一I/O脚，从而导致功能错误的电压极限。	V _{CC} = 3.3V, LQFP48, T _A = +25 °C, f _{HCLK} = 16MHz。符合IEC 1000-4-2	3B
V _{EFTB}	在V _{CC} 和V _{SS} 上通过100pF的电容施加的、导致功能错误的瞬变脉冲群电压极限。	V _{CC} = 3.3V, LQFP48, T _A = +25 °C, f _{HCLK} = 16MHz。符合IEC 1000-4-4	3A

设计牢靠的软件以避免噪声的问题

在器件级进行EMC的评估和优化，是在典型的应用环境中进行的。应该注意的是，好的EMC性能与用户应用和具体的软件密切相关。

因此，建议用户对软件实行EMC优化，并进行与EMC有关的认证测试。

软件建议

软件的流程中必须包含程序跑飞的控制，如：

- 被破坏的程序计数器
- 意外的复位
- 关键数据被破坏(控制寄存器等.....)

认证前的试验

很多常见的失效(意外的复位和程序计数器被破坏)，可以通过人工地在NRST上引入一个低电平或在晶振引脚上引入一个持续1秒的低电平而重现。

在进行ESD测试时，可以把超出应用要求的电压直接施加在芯片上，当检测到意外动作的地方，软件部分需要加强以防止发生不可恢复的错误。

电磁干扰(EMI)

在运行一个简单的应用程序时(通过I/O端口闪烁2个LED)，监测芯片发射的电磁场。这个发射测试符合SAE J1752/3标准，这个标准规定了测试板和引脚的负载。

表5-25 EMI特性

符号	参数	条件	监测的频段	最大值(f _{HSE} /f _{HCLK})		单位
				16/48MHz	16/64MHz	
S _{EMI}	峰值	V _{CC} = 3.3 V, T _A = 25 °C, 符合SAE J1752/3	0.1~30MHz	8	12	dBμV
			30~130MHz	31	21	
			130MHz~1GHz	28	33	
			SAM EMI级别	4	4	-

5.2.12 绝对最大值（电气敏感性）

基于三个不同的测试(ESD, LU), 使用特定的测量方法, 对芯片进行强度测试以决定它的电气敏感性方面的性能。

静电放电(ESD)

静电放电(一个正的脉冲然后间隔一秒钟后一个负的脉冲)施加到所有样品的所有引脚上, 样品的大小与芯片上供电引脚数目相关(3片 x (n+1)供电引脚)。这个测试符合JESD22-A114/C101标准。

表5-26 ESD绝对最大值

符号	参数	条件	类型	最大值 ⁽¹⁾	单位
V _{ESD(HBM)}	静电放电电压(人体模型)HBM	T _A = +25 °C, 符合JESD22-A114	2	8000	V
V _{ESD(CDM)}	静电放电电压(充电设备模型)CDM	T _A = +25 °C, 符合JESD22-C101	II	600	

1. 由综合评估得出, 不在生产中测试。

静态栓锁

为了评估栓锁性能, 需要在6个样品上进行2个互补的静态栓锁测试:

- 为每个电源引脚, 提供超过极限的供电电压。
- 在每个输入、输出和可配置的I/O引脚上注入电流。这个测试符合EIA/JESD 78A集成电路栓锁标准。

表5-27 电气敏感性

符号	参数	条件	类型
LU	静态栓锁类	T _A = +85 °C, 符合JESD 78A	II类A

5.2.13 I/O端口特性

5.2.13.1 通用输入/输出特性

除非特别说明，下表列出的参数是按照表5-1的条件测量得到。

表5-28 I/O静态特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
V _{IL1}	输入低电平电压 (施密特模式开启, SMIT=1)	VCC=2.0V	0	-	0.83	V	
		VCC=3.3V	0	-	1.37		
		VCC=5V	0	-	2.0		
V _{IL2}	输入低电平电压 (施密特模式关闭, SMIT=0)	VCC=2.0V	0	0.5VCC	-	V	
		VCC=3.3V					
		VCC=5V					
V _{IH1}	输入高电平电压 (施密特模式开启, SMIT=1)	VCC=2.0V	0.88	-	VCC	V	
		VCC=3.3V	1.38	-	VCC		
		VCC=5V	2.3	-	VCC		
V _{IH2}	输入高电平电压 (施密特模式关闭, SMIT=0)	VCC=2.0V	-	0.5VCC	VCC	V	
		VCC=3.3V					
		VCC=5V					
V _{hys}	标准I/O脚施密特触发器电压 迟滞 ⁽²⁾	VCC=2.0V		0.45		V	
		VCC=3.3V		0.7			
		VCC=5V		1	-		
I _{lkg}	输入漏电流 ⁽⁴⁾	V _{SS} ≤ V _{IN} ≤ V _{CC} 标准I/O端口	-	-	±1	μA	
I _{pu}	IO端口推电流	IO 设为推挽输出模式, 驱动能力设为最大, Vol=VDD-0.3V	VCC=3.3V	-	6.09	-	mA
			VCC=5V	-	7.69	-	
I _{ol}	IO端口灌电流	IO 设为推挽输出模式, 驱动能力设为最大, Vol=GND+0.3V	VCC=3.3V	-	10.4	-	mA
			VCC=5V	-	14.2	-	
I _{si}	COM端口灌电流	IO 设为推挽输出或 LED COM 引脚功能, 驱动能力设为最大, Sink 功能开启, Vol=GND+0.3V	VCC=3.3V	-	48	-	mA
			VCC=5V	-	76	-	
R _{PU1}	强上拉等效电阻	2.0V ≤ VCC ≤ 5.5V	-	10	-	kΩ	
R _{PU2}	弱上拉等效电阻	2.0V ≤ VCC ≤ 5.5V	-	45	-	kΩ	
R _{PD1}	强下拉等效电阻	2.0V ≤ VCC ≤ 5.5V	-	15	-	kΩ	
R _{PD2}	弱下拉等效电阻	2.0V ≤ VCC ≤ 5.5V	-	45	-	kΩ	
C _{IO}	I/O引脚的电容		-	5	-	pF	

1. FT = 5V容忍。
2. 施密特触发器开关电平的迟滞电压。由综合评估得出，不在生产中测试。
3. 如果在相邻引脚有反向电流倒灌，则漏电流可能高于最大值。
4. 以上参数是随机抽取的典型芯片测试结果，仅供参考。

5.2.13.2 输入输出交流特性

输入输出交流特性的定义和数值分别在图5-9和表5-29给出。

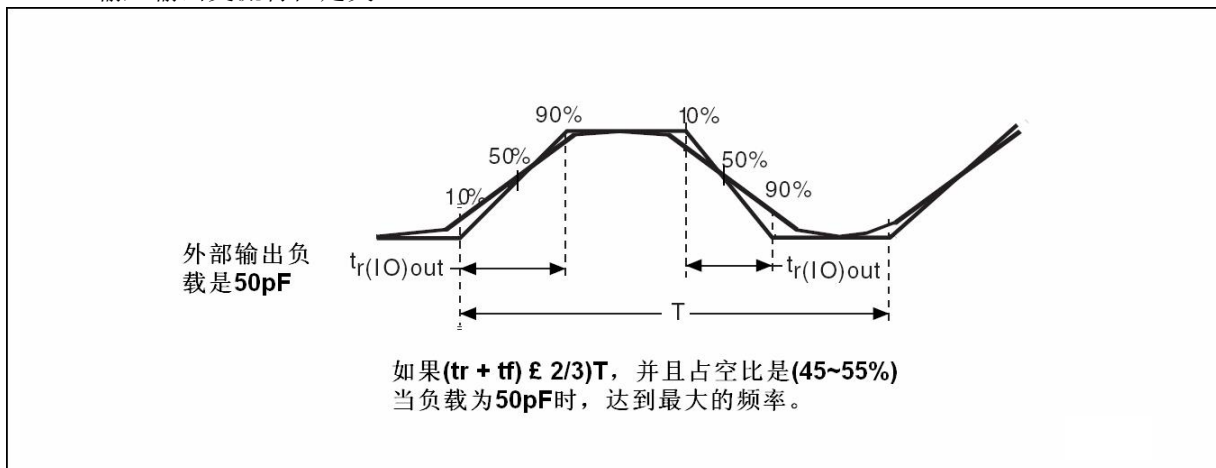
除非特别说明，表5-28列出的参数是使用环境温度和供电电压符合表5-1的条件测量得到。

表5-29 输入输出交流特性⁽¹⁾

SR[1:0]的配置	符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
00	$f_{\max(\text{IO})\text{out}}$	最大频率 ⁽²⁾	$C_L = 50 \text{ pF}, V_{CC} = 1.8\sim 5.5\text{V}$	-	2	MHz
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出高至低电平的下降时间		-	125	ns
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出低至高电平的上升时间		-	125	
01/10	$f_{\max(\text{IO})\text{out}}$	最大频率 ⁽²⁾	$C_L = 50 \text{ pF}, V_{CC} = 1.8\sim 5.5\text{V}$	-	10	MHz
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出高至低电平的下降时间		-	25	ns
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出低至高电平的上升时间		-	25	
11	$f_{\max(\text{IO})\text{out}}$	最大频率 ⁽²⁾	$C_L = 30 \text{ pF}, V_{CC} = 2.7\sim 5.5\text{V}$	-	50	MHz
			$C_L = 50 \text{ pF}, V_{CC} = 2.7\sim 5.5\text{V}$	-	30	
			$C_L = 50 \text{ pF}, V_{CC} = 1.8\sim 2.7\text{V}$	-	20	
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出高至低电平的下降时间	$C_L = 30 \text{ pF}, V_{CC} = 2.7\sim 5.5\text{V}$	-	5	ns
			$C_L = 50 \text{ pF}, V_{CC} = 2.7\sim 5.5\text{V}$	-	8	
			$C_L = 50 \text{ pF}, V_{CC} = 1.8\sim 2.7\text{V}$	-	12	
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出低至高电平的上升时间	$C_L = 30 \text{ pF}, V_{CC} = 2.7\sim 5.5\text{V}$	-	5	
			$C_L = 50 \text{ pF}, V_{CC} = 2.7\sim 5.5\text{V}$	-	8	
			$C_L = 50 \text{ pF}, V_{CC} = 1.8\sim 2.7\text{V}$	-	12	

1. I/O端口的速度可以通过SR[1:0]配置。参见CA32F01系列用户手册中有关GPIO端口配置寄存器的说明。
2. 最大频率在图5-9中定义。
3. 由设计保证，不在生产中测试。

图5-9 输入输出交流特性定义



5.2.14 NRST引脚特性

NRST引脚输入驱动使用CMOS工艺，它连接了一个不能断开的上拉电阻， R_{PU} 。除非特别说明，

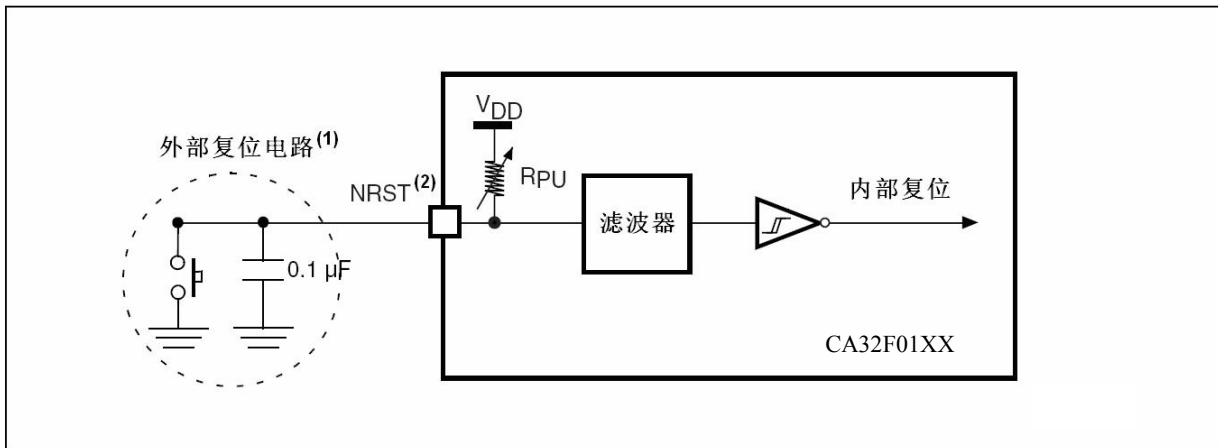
表5-30列出的参数是使用环境温度和供电电压符合表5-1的条件测量得到。

表5-30 NRST引脚特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IL(NRST)}^{(1)}$	NRST输入低电平电压	$V_{CC} = 2.0\sim 5.5V$	0		$0.4V_{CC}$	V
$V_{IH(NRST)}^{(1)}$	NRST输入高电平电压	$V_{CC} = 2.0\sim 5.5V$	$0.5V_{CC}$		V_{CC}	
$V_{hys(NRST)}$	NRST施密特触发器电压迟滞			200		mV
R_{PU}	上拉等效电阻 ⁽²⁾	$V_{IN} = V_{SS}$		10		k Ω
$V_{F(NRST)}^{(1)}$	NRST输入滤波			20		us

1. 由设计保证，不在生产中测试。
2. 上拉电阻是设计为一个真正的电阻串联一个可开关的PMOS实现。这个PMON/NMOS开关的电阻很小(约占10%)。

图5-10 建议的NRST引脚保护



1. 复位网络是为了防止寄生复位。
2. 用户必须保证NRST引脚的电位能够低于表5-30中列出的最大 $V_{IL(NRST)}$ 以下，否则MCU不能得到复位。

5.2.15 TIM定时器特性

表5-31列出的参数由设计保证。

有关输入输出复用功能引脚(输出比较、输入捕获、外部时钟、PWM输出)的特性详情, 参见第5.3.13节。

表5-31 TIMx⁽¹⁾特性

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
$t_{res(TIM)}$	定时器分辨时间		1		$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK} = 64MHz$	15.6		ns
f_{EXT}	CH1至CH4的定时器外部时钟频率		0	$f_{TIMxCLK}/2$	MHz
		$f_{TIMxCLK} = 64MHz$	0	32	MHz
Res_{TIM}	定时器分辨率			16	位
$t_{COUNTER}$	当选择了内部时钟时, 16位计数器时钟周期		1	65536	$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK} = 64MHz$	0.0156	1022	μs
t_{MAX_COUNT}	最大可能的计数			65536x65536	$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK} = 64MHz$		66.97	s

1. TIMx是一个通用的名称, 代表TIM1, TIM3, TIM14。

2. 仅对高级定时器和通用定时器适用, 对基本定时器不适用。

5.2.16 通信接口

5.2.16.1 I²C接口特性

除非特别说明，表5-32列出的参数是使用环境温度， f_{PCLK1} 频率和 V_{CC} 供电电压符合表5-1的条件测量得到。

CA32F01系列产品的I²C接口符合标准I²C通信协议，但有如下限制：SDA和SCL不是“真”开漏的引脚，当配置为开漏输出时，在引出脚和 V_{CC} 之间的PMOS管被关闭，但仍然存在。

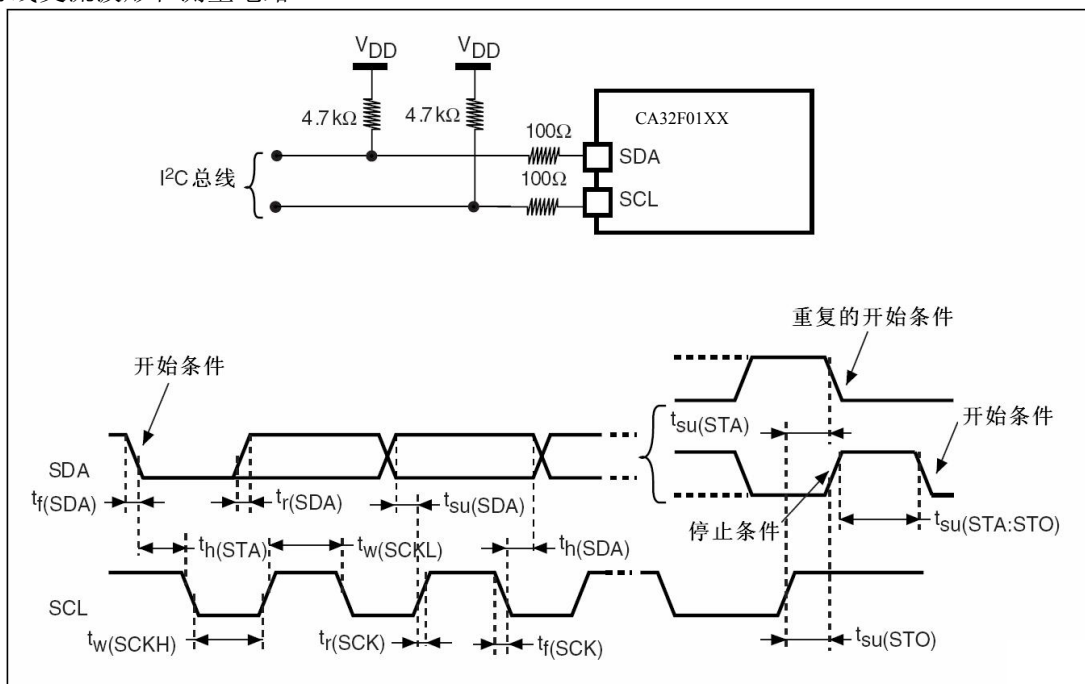
I²C接口特性列于表5-32，有关输入输出复用功能引脚(SDA和SCL)的特性详情，参见第5.3.13节。

表5-32 I²C接口特性

符号	参数	标准I ² C ⁽¹⁾		快速I ² C ⁽¹⁾⁽²⁾		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	
$t_{w(SCLL)}$	SCL时钟低时间	4.7		1.3		μs
$t_{w(SCLH)}$	SCL时钟高时间	4.0		0.6		
$t_{su(SDA)}$	SDA建立时间	250		100		ns
$t_h(SDA)$	SDA数据保持时间	0 ⁽³⁾		0 ⁽⁴⁾	900 ⁽³⁾	
$t_r(SDA)$ $t_r(SCL)$	SDA和SCL上升时间		1000	$20 + 0.1C_b$	300	
$t_f(SDA)$ $t_f(SCL)$	SDA和SCL下降时间		300		300	
$t_h(STA)$	开始条件保持时间	4.0		0.6		μs
$t_{su(STA)}$	重复的开始条件建立时间	4.7		0.6		
$t_{su(STO)}$	停止条件建立时间	4.0		0.6		μs
$t_w(STO:STA)$	停止条件至开始条件的时间(总线空闲)	4.7		1.3		μs
C_b	每条总线的容性负载		400		400	pF

1. 由设计保证，不在生产中测试。
2. 为达到标准模式I²C的最大频率， f_{PCLK1} 必须大于2MHz。为达到快速模式I²C的最大频率， f_{PCLK1} 必须大于4MHz。
3. 如果不要求拉长SCL信号的低电平时间，则只需满足开始条件的最大保持时间。
4. 为了跨越SCL下降沿未定义的区域，在MCU内部必须保证SDA信号上至少300ns的保持时间。

图5-11 I²C总线交流波形和测量电路⁽¹⁾



1. 测量点设置于CMOS电平：0.3 V_{CC} 和0.7 V_{CC} 。

表5-33 SCL 频率($f_{PCLK1} = 16\text{MHz}$, $V_{CC} = 3.3\text{V}$)⁽¹⁾⁽²⁾

$f_{SCL}(\text{kHz})$	I2C_CCR数值
	$R_P = 4.7\text{k}\Omega$
400	0x800A
300	0x800E
200	0x8017
100	0x0050
50	0x00A0
20	0x0190

1. R_P = 外部上拉电阻, f_{SCL} = I²C速度。

5.2.16.2 SPI特性

除非特别说明, 表5-34列出的SPI参数是使用环境温度, f_{PCLKx} 频率和 V_{CC} 供电电压符合表5-1的条件测量得到。有关输入输出复用功能引脚(SPI的SSB、SCK、MOSI、MISO的特性详情, 参见第5.3.13节。

 表5-34 SPI特性⁽¹⁾

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
f_{SCK} $1/t_c(\text{SCK})$	SPI时钟频率	主模式		18	MHz
		从模式		18	
$t_r(\text{SCK})$ $t_f(\text{SCK})$	SPI时钟上升和下降时间	负载电容: $C = 30\text{pF}$		8	ns
$t_{su}(\text{SSB})$ ⁽²⁾	SSB建立时间	从模式	$4t_{PCLK}$		ns
$t_h(\text{NSSB})$ ⁽²⁾	SSB保持时间	从模式	60		ns
$t_w(\text{SCKH})$ ⁽²⁾ $t_w(\text{SCKL})$ ⁽²⁾	SCK高和低的时间	主模式, $f_{PCLK} = 36\text{MHz}$, 预分频系数=4	50	60	ns
$t_{su}(\text{MI})$ ⁽²⁾ $T_{su}(\text{SI})$ ⁽²⁾	数据输入建立时间	主模式 - SPI1	3		ns
		主模式 - SPI2	5		
		从模式	4		
$t_h(\text{MI})$ ⁽²⁾ $t_h(\text{SI})$ ⁽²⁾	数据输入保持时间	主模式 - SPI1	4		ns
		主模式 - SPI2	6		
		从模式	5		
$t_a(\text{SO})$ ⁽²⁾⁽³⁾	数据输出访问时间	从模式, $f_{PCLK} = 36\text{MHz}$, 预分频系数=4	0	55	ns
		从模式, $f_{PCLK} = 24\text{MHz}$		$4t_{PCLK}$	
$t_{dis}(\text{SO})$ ⁽²⁾⁽⁴⁾	数据输出禁止时间	从模式	10		ns
$t_v(\text{SO})$ ⁽²⁾⁽¹⁾	数据输出有效时间	从模式(使能边沿之后)		25	ns
$t_v(\text{MO})$ ⁽²⁾⁽¹⁾	数据输出有效时间	主模式(使能边沿之后)		6	ns
$t_h(\text{SO})$ ⁽²⁾ $t_h(\text{MO})$ ⁽²⁾	数据输出保持时间	从模式(使能边沿之后)	25		ns
		主模式(使能边沿之后)	6		

- 由综合评估得出, 不在生产中测试。
- 最小值表示驱动输出的最小时间, 最大值表示正确获得数据的最大时间。
- 最小值表示关闭输出的最小时间, 最大值表示把数据线置于高阻态的最大时间。

图5-12 SPI时序图 – 从模式和CPHA=0

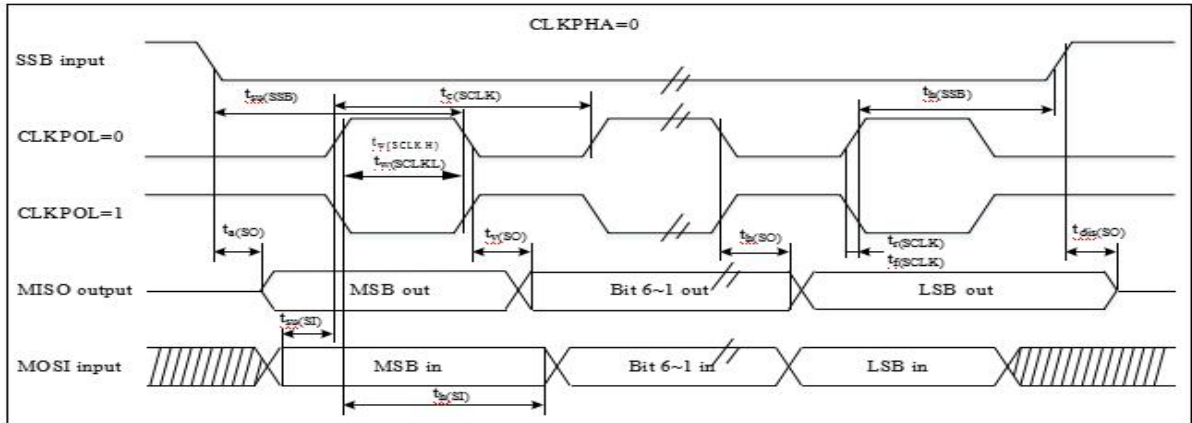
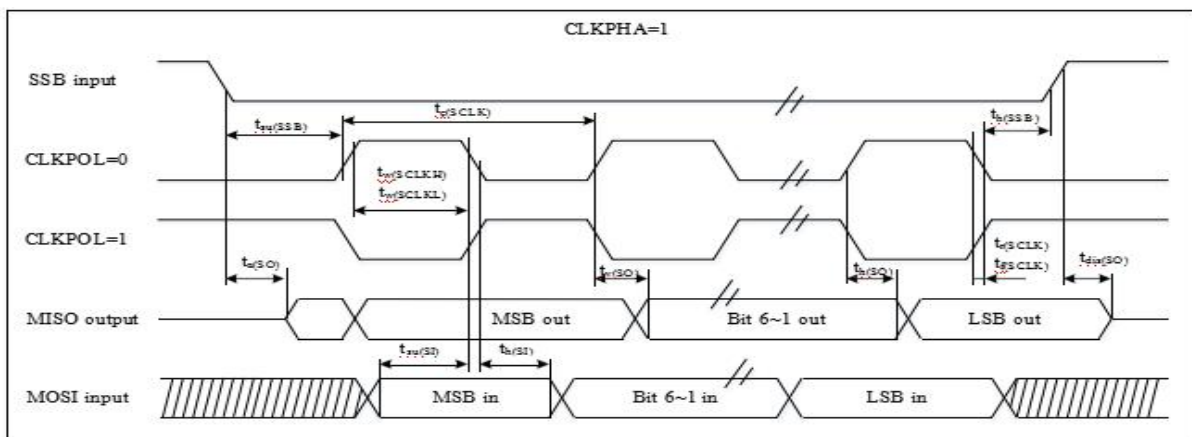
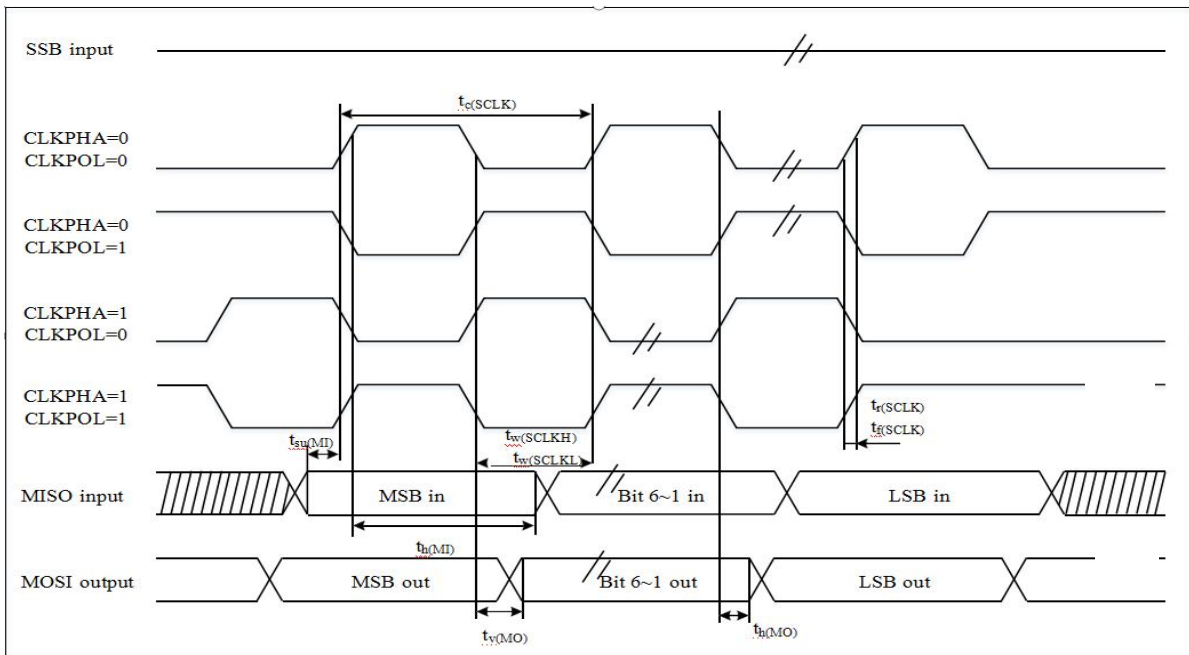


图5-13 SPI时序图 – 从模式和CPHA=1⁽¹⁾



1. 测量点设置于CMOS电平：0.3V_{CC}和0.7V_{CC}。

图5-14 SPI时序图 – 主模式⁽¹⁾



1. 测量点设置于CMOS电平：0.3V_{CC}和0.7V_{CC}。

5.2.17 12位ADC特性

除非特别说明,表5-35的参数是使用符合表5-1的条件的环境温度、 f_{PCLK2} 频率和 V_{CC} 供电电压测量得到。

表5-35 模/数转换器(ADC)电气特性($T_a=25^{\circ}C$,参考电压为VDD)

芯片参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
工作电压	V_{AD}	2.0		5.5	V	
ADC精度	NR		12		Bit	$GND \leq V_{in} \leq V_{ref}$
ADC时钟频率	f_{ADC}	0.5		32	MHz	
ADC输入电压	V_{in}	0	-	VDD	V	
ADC采样电阻	R_{ADC}			ADC0:20 ADC1:5	K Ω	
ADC内部采样电容	C_{ADC}			8	pF	
ADC外部输入阻抗	R_{AIN}	-	参见公式1		M Ω	VDD=5V
ADC转换电流	I_{ADC}	-	ADC0:200 ADC1:100 0	-	μA	VDD=5V
微分非线性误差	DNL	-	-	± 3	LSB	VDD=5V
积分非线性误差	INL	-	-	± 3	LSB	VDD=5V
满刻度误差	EF	-	± 2	± 3	LSB	VDD=5V
偏移量误差	E_z	-	± 0.5	± 1	LSB	VDD=5V
采样时间	t_s	1		128	$1/f_{ADC}$	
转换时间	T_{CON}	(采样 $t_s + 12$)			$1/f_{ADC}$	

- 备注: (1) ADC输入电阻是直流条件下ADC自身的输入电阻;
 (2) 测试ADC时连接通路的信号源内阻需要小于10K Ω
 (3) 公式1: 最大RAIN 公式

$$R_{AIN} < \frac{T_s}{f_{ADC} \times C_{ADC} \times \ln(2^{N+2})} - R_{ADC}$$

上述公式(公式1)用于决定最大的外部阻抗,使得误差可以小于1/4 LSB。其中N=12(表示12位分辨率)。

5.2.18 比较器 (COMP) 电气参数

除非特别说明，参数是使用符合表 5-1 的条件的环境温度、 f_{HCLK} 频率和 V_{CC} 供电电压测量得到。

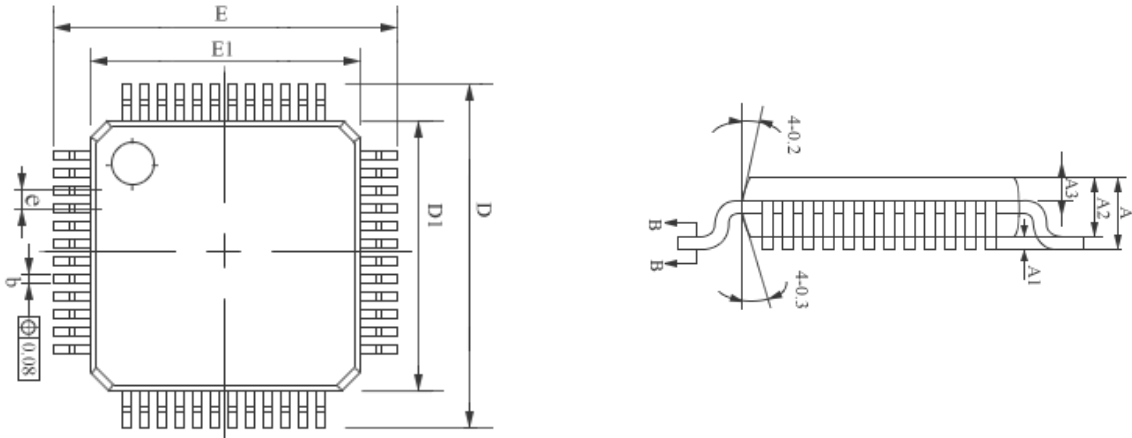
表 5-36 COMP 特性

符号	参数	条件	最小	典型	最大值	单位	
VCC	供电电压	-	2.0	-	5.5	V	
VIN	输入电压范围	-	0	-	VCC		
TSTART	比较器启动建立时间	正常模式	-	-	5	us	
td	100mV 负载 200mV 步进的延时传输	正常模式	-	100	-	ns	
VOFFSET	比较器输入失调误差	全量程	-	±4	±20	mV	
V _{hys}	比较滞后电压	无迟滞	-	0	-	mV	
		迟滞	-	40	-		
IDDA	比较器电流消耗	高速模式：开启比较器，参考输入比较电压源关闭	静态	-	84	-	μA
			50KHz 100mV 方波	-	85	-	

1. 由设计和综合评估保证，不在生产中测试。
2. 参考输入比较电压源的静态功耗为 671μA（由设计保证），最大可配电压为 V_{CC}

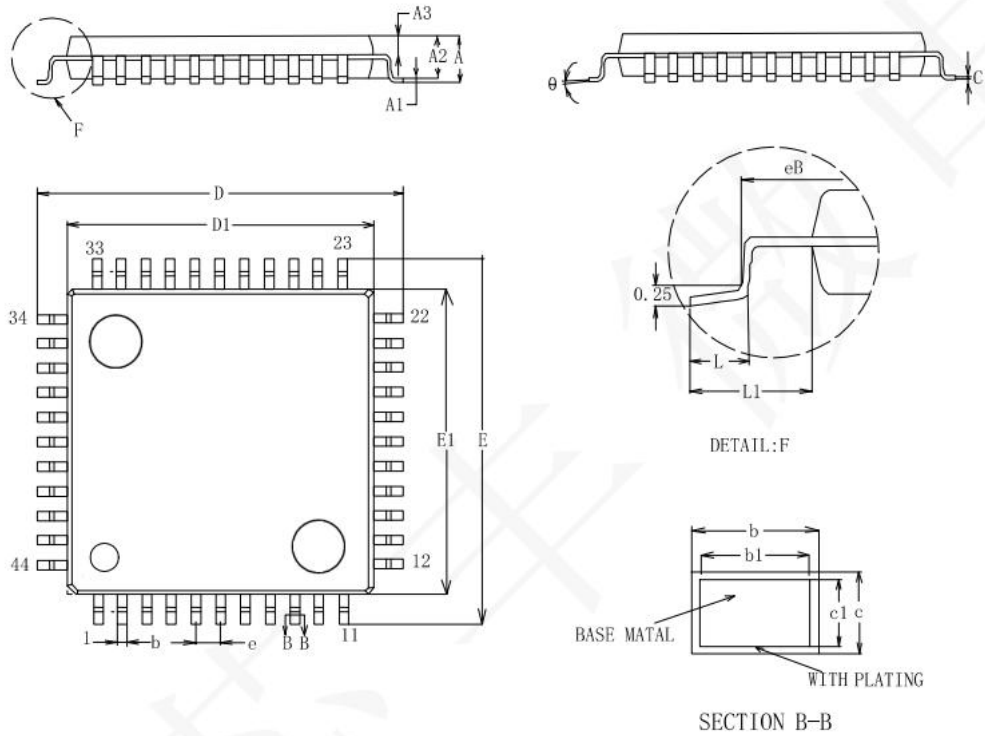
6. 封装特性

6.1 LQFP48(7X7MM)



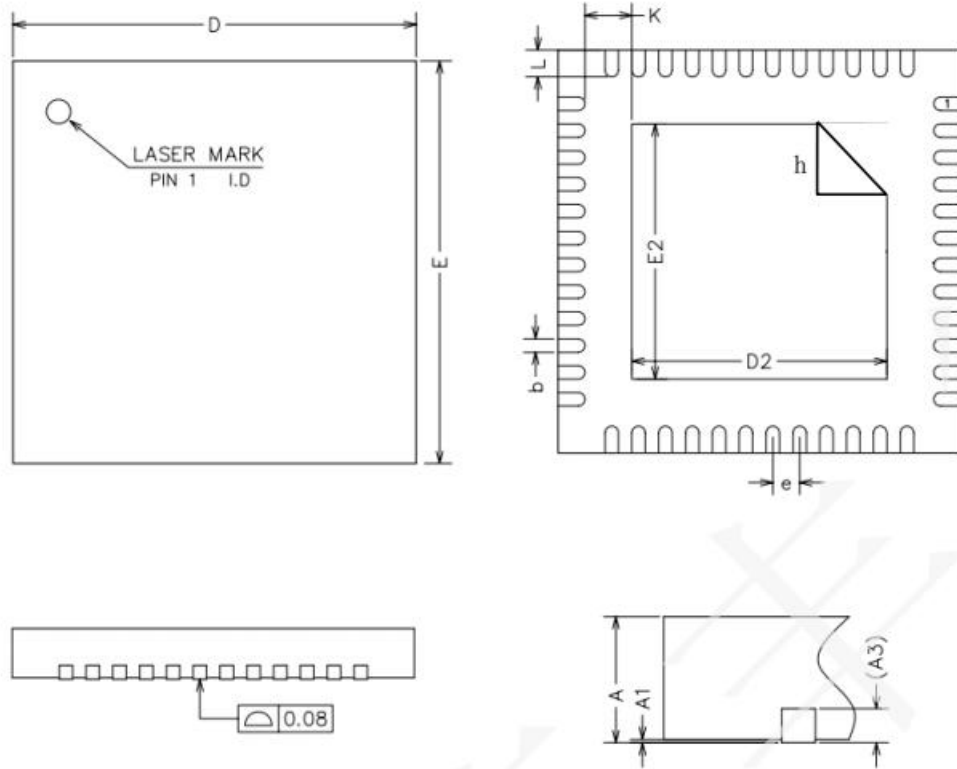
序号	最小值(MM)	标准值(MM)	最大值(MM)
A	—————	—————	1.60
A1	0.05	—————	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.54	0.69
b	0.18	—————	0.27
D	8.80	9.00	9.20
D1	6.90	7.00	7.10
E	8.80	9.00	9.20
E1	6.90	7.00	7.10
e	—————	0.50	—————

6.2 LQFP44(10X10MM)



序号	最小值(MM)	标准值(MM)	最大值(MM)
A	---	---	1.60
A1	0.05	---	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.28	---	0.36
b1	0.27	0.30	0.33
c	0.13	---	0.17
c1	0.12	0.13	0.14
D	11.80	12.00	12.20
D1	9.90	10.00	10.10
E	11.80	12.00	12.20
E1	9.90	10.00	10.10
e	0.80BSC		
eB	11.05	---	11.25
L	0.45	---	0.75
L1	1.00REF		

6.3 QFN48(6X6MM)



序号	最小值(MM)	标准值(MM)	最大值(MM)
A	0.70	---	0.80
A1	0.01	0.02	0.05
A3	0.20REF		
b	0.175	0.20	0.225
D	5.90	6.00	6.10
E	5.90	6.00	6.10
D2	4.15	4.20	4.25
E2	4.15	4.20	4.25
e	0.40		
K	0.475	0.5	0.525
L	0.375	0.40	0.425
h	0.35		

7 版本历史

日期	版本	修改