

# MC60F7415数据手册V2.0

*SinoMCU 32位单片机*

2016/11/9



上海晟矽微电子股份有限公司

Shanghai SinoMCU Microelectronics Co., Ltd.

本公司保留对产品在可靠性、功能和设计方面的改进作进一步说明的权利

用户手册的更改，恕不另行通知

## 目录

<b>1.</b>	<b>简介.....</b>	<b>8</b>
1.1	概述.....	8
1.2	产品特性.....	8
<b>2.</b>	<b>规格说明.....</b>	<b>10</b>
2.1	器件对比.....	10
2.2	概述.....	11
2.2.1	ARM®的Cortex®-M0核心并内嵌闪存和SRAM .....	11
2.2.2	内置闪存存储器.....	11
2.2.3	内置SRAM .....	11
2.2.4	嵌套的向量式中断控制器(NVIC) .....	11
2.2.5	外部中断/事件控制器(EXTI) .....	11
2.2.6	时钟和启动.....	11
2.2.7	自举模式 .....	11
2.2.8	供电方案 .....	12
2.2.9	供电监控器.....	12
2.2.10	电压调压器.....	12
2.2.11	低功耗模式.....	12
2.2.12	DMA.....	12
2.2.13	定时器和看门狗 .....	12
2.2.14	I2C总线.....	14
2.2.15	通用同步/异步收发器(UART) .....	14
2.2.16	串行外设接口(SPI).....	15
2.2.17	通用输入输出接口(GPIO).....	15
2.2.18	ADC(模拟/数字转换器).....	15
2.2.19	串行单线SWD调试口(SWJ-DP) .....	15
<b>3.</b>	<b>引脚定义.....</b>	<b>18</b>
<b>4.</b>	<b>存储器映像.....</b>	<b>24</b>

<b>5. 电气特性.....</b>	<b>26</b>
5.1 测试条件.....	26
5.1.1 最小和最大数值.....	26
5.1.2 典型数值 .....	26
5.1.3 典型曲线 .....	26
5.1.4 负载电容 .....	26
5.1.5 引脚输入电压 .....	27
5.1.6 供电方案 .....	27
5.1.7 电流消耗测量 .....	28
5.2 绝对最大额定值.....	28
5.3 绝对最大额定值工作条件.....	30
5.3.1 通用工作条件 .....	30
5.3.2 上电和掉电时的工作条件 .....	30
5.3.3 内嵌复位和电源控制模块特性 .....	31
5.3.4 供电电流特性 .....	32
5.3.5 外部时钟源特性.....	37
5.3.6 内部时钟源特性.....	39
5.3.7 PLL特性 .....	40
5.3.8 存储器特性.....	40
5.3.9 EMC特性 .....	41
5.3.10 绝对最大值(电气敏感性) .....	43
5.3.11 I/O端口特性 .....	44
5.3.12 NRST引脚特性 .....	47
5.3.13 TIM定时器特性 .....	47
5.3.14 通信接口 .....	48
5.3.15 12位ADC特性 .....	52
<b>6. 封装特性.....</b>	<b>56</b>
6.1 封装LQFP48 .....	56
6.2 封装LQFP32 .....	57
6.3 封装QFN-32 .....	58

---

7. 修改记录.....	59
--------------	----

## 图片目录

图1. MC60F7415模块框图 .....	16
图2. 时钟树 .....	17
图3. MC60F7415LQFP48引脚分布 .....	18
图4. MC60F7415LQFP32引脚分布 .....	19
图5. MC60F7415QFN32引脚分布 .....	20
图6. 引脚的负载条件 .....	26
图7. 引脚输入电压 .....	27
图8. 供电方案 .....	27
图9. 电流消耗测量方案 .....	28
图10. 运行模式下典型的电流消耗与频率的对比(3.3V供电, 数据处理代码在RAM中运行, 使能所有外设) .....	33
图11. 运行模式下典型的电流消耗与频率的对比(3.3V供电, 数据处理代码在RAM中运行, 关闭所有外设) .....	34
图12. 待机模式下的典型电流消耗在 $V_{DD}=3.3V$ (和3.6V) 时与温度的对比 .....	35
图13. 外部高速时钟源的交流时序图 .....	38
图14. 使用8MHz晶体的典型应用 .....	39
图15. 输入输出交流特性定义 .....	46
图16. 建议的NRST引脚保护 .....	47
图17. I2C总线交流波形和测量电路 .....	49
图18. SPI时序图 - 从模式和CPHA=0 .....	51
图19. SPI时序图 - 从模式和CPHA=1 .....	51
图20. SPI时序图 - 主模式 .....	52
图21. ADC精度特性 .....	54
图22. 使用ADC典型的连接图 .....	55
图23. 供电电源和参考电源去藕线路( $V_{REF+}$ 与 $V_{DDA}$ 相连) .....	55
图24. LQFP48, 48脚低剖面方形扁平封装图 .....	56
图25. LQFP32, 32脚低剖面方形扁平封装图 .....	57
图26. QFN-32, 方形扁平无引线封装外形 .....	58

## 表格目录

表1. MC60F7415产品功能和外设配置 .....	10
表2. 定时器功能比较 .....	13
表3. MC60F7415引脚定义 .....	21
表4. PA端口功能复用 .....	23
表5. PB端口功能复用 .....	23
表6. 存储器映像 .....	24
表7. 电压特性 .....	28
表8. 电流特性 .....	29
表9. 温度特性 .....	29
表10. 通用工作条件 .....	30
表11. 上电和掉电时的工作条件 .....	30
表12. 内嵌复位和电源控制模块特性 .....	31
表13. 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 .....	32
表14. 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 .....	33
表15. 睡眠模式下的最大电流消耗，代码运行在Flash或RAM中 .....	34
表16. 停机和待机模式下的典型和最大电流消耗 .....	35
表17. 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 .....	36
表18. 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 .....	36
表19. 内置外设的电流消耗 .....	37
表20. 高速外部用户时钟特性 .....	37
表21. HSE 8~24MHz振荡器特性 .....	38
表22. HSI振荡器特性 .....	39
表23. LSI振荡器特性 .....	39
表24. 低功耗模式的唤醒时间 .....	40
表25. PLL特性 .....	40
表26. 闪存存储器特性 .....	41
表27. 闪存存储器寿命和数据保存期限 .....	41
表28. EMS特性 .....	42

表29. EMI特性.....	42
表30. ESD绝对最大值 .....	43
表31. 电气敏感性 .....	43
表32. I/O静态特性 .....	44
表33. 输出电压特性.....	45
表34. 输入输出交流特性.....	46
表35. NRST引脚特性 .....	47
表36. TIMx <sup>(1)</sup> 特性 .....	48
表37. I2C接口特性 .....	48
表38. SCL频率( $f_{PCLK1} = 36\text{MHz}$ , $V_{DD} = 3.3\text{V}$ ) .....	49
表39. SPI特性 .....	50
表40. ADC特性 .....	53
表41. $f_{ADC}=15\text{MHz}$ 时的最大 $R_{AIN}$ .....	54
表42. ADC精度 - 局限的测试条件 .....	54

## 1. 总介

### 1.1 概述

MC60F7415使用高性能的ARM® Cortex®-M0 32位的RISC内核，最高工作频率为48MHz，内置高速存储器，丰富的增强I/O端口和联接到两条APB总线的外设。所有型号的器件都包含1个12位的ADC、5个通用16位定时器、1个高级PWM定时器，还包含标准和先进的通信接口：1个I2C接口和SPI接口、1个UART接口。

MC60F7415产品供电电压为2.5V至5.5V，包含-40°C至+85°C温度范围和-40°C至+105°C的扩展温度范围。一系列的省电模式保证低功耗应用的要求。

MC60F7415产品提供包括32脚与48脚共2种不同封装形式；根据不同的封装形式，器件中的外设配置不尽相同。下面给出了该系列产品中所有外设的基本介绍。

这些丰富的外设配置，使得MC60F7415产品微控制器适合于多种应用场合：

- 电机驱动和应用控制
- 医疗和手持设备
- PC游戏外设和GPS平台
- 工业应用：可编程控制器(PLC)、变频器、打印机和扫描仪
- 警报系统、视频对讲、和暖气通风空调系统等

### 1.2 产品特性

- 内核：ARM 32位Cortex®-M0处理器内核
  - 最高48MHz工作频率
  - 单周期乘法器
- 存储器
  - 高达32K字节的闪存程序存储器
  - 高达4K字节的SRAM
- 时钟、复位和电源管理
  - 2.5~5.5伏供电和I/O引脚
  - 上电/断电复位(POR/PDR)、可编程电压监测器(PVD)
  - 8~24MHz晶体振荡器
  - 内嵌经出厂调校的48MHz的振荡器
  - 内嵌40kHz的振荡器
  - 产生CPU时钟的PLL
- 低功耗
  - 睡眠、停机和待机模式
- 1个12位模数转换器，1μs转换时间(多达8个输入通道)
  - 转换范围：0至5.5V
- DMA：
  - 5通道DMA控制器
  - 支持的外设：定时器、ADC、SPI、I2C和UART
- 多达39个快速I/O端口：
  - 双向5V兼容I/O口
  - 所有I/O口可以映像到16个外部中断



- 调试模式
  - 串行单线调试(SWD)接口
- 多达9个定时器
  - 1×16位4通道高级控制定时器，有4通道PWM输出，以及死区生成和紧急停止功能
  - 2×16位定时器，有高达4个IC/OC，可用于IR控制解码
  - 2×16位定时器，有1个IC/OC和1个OCN，死区生成，紧急停止，调制器门电路用于IR控制
  - 1×16位定时器，有1个IC/OC
  - 2个看门狗定时器(独立的和窗口型的)
  - 系统时间定时器：24位自减型计数器
- 3个通信接口
  - 1个I2C接口
  - 1个UART接口
  - 1个SPI接口
- 96位的芯片唯一代码
- LQFP 32/48 QFN-32封装

注：

本文给出了MC60F7415产品的订购信息和器件的机械特性。有关完整的MC60F7415产品的详细信息，请参考MC60F7415产品数据手册第2.2节。

有关Cortex<sup>®</sup>-M0核心的相关信息，请参考《Cortex<sup>®</sup>-M0技术参考手册》。

## 2. 规格说明

### 2.1 器件对比

表1. MC60F7415产品功能和外设配置

产品型号		MC60F7415K6/U6	MC60F7415C6
外围接口			
闪存 - K字节		32	32
SRAM - K字节		4	4
定时器	通用目的	5	5
	高级控制	1	1
通讯接口	SPI	1	1
	I2C	1	1
	UART	1	1
12位同步ADC(通道数)		1 8 channels	1 8 channels
CPU频率		48 MHz	
工作电压		2.5 to 5.5 V	
工作温度		周围环境温度: -40 to +85 °C / -40 to +105 °C 结温温度: -40 to + 125 °C	
封装		LQFP32/QFN32	LQFP48

## 2.2 概述

### 2.2.1 ARM®的Cortex®-M0核心并内嵌闪存和SRAM

ARM的Cortex®-M0处理器是最新一代的嵌入式ARM处理器,它为实现MCU的需要提供了低成本的平台、缩减的引脚数目、降低的系统功耗,同时提供卓越的计算性能和先进的中断系统响应。

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了ARM内核的高性能。

MC60F7415拥有内置的ARM核心,因此它与所有的ARM工具和软件兼容。

### 2.2.2 内置闪存存储器

最大32K字节的内置闪存存储器,用于存放程序和数据。

### 2.2.3 内置SRAM

最大4K字节的内置SRAM。

### 2.2.4 嵌套的向量式中断控制器(NVIC)

MC60F7415产品内置嵌套的向量式中断控制器,能够处理多达68个可屏蔽中断通道(不包括16个Cortex®-M0的中断线)和16个可编程优先级。

- 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。

### 2.2.5 外部中断/事件控制器(EXTI)

外部中断/事件控制器包含21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39个通用I/O口连接到16个外部中断线。

### 2.2.6 时钟和启动

系统时钟的选择是在启动时进行,复位时内部48MHz的振荡器被选为默认的CPU时钟,随后可以选择外部的、具失效监控的8~24MHz时钟;当检测到外部时钟失效时,它将被隔离,系统将自动地切换到内部的振荡器,如果使能了中断,软件可以接收到相应的中断。同样,在需要时可以采取对PLL时钟完全的中断管理(如当一个间接使用的外部振荡器失效时)。

多个预分频器用于配置AHB的频率、高速APB(APB2和APB1)区域。AHB和高速APB的最高频率是48MHz。参考图2的时钟驱动框图。

### 2.2.7 自举模式

在启动时,通过自举引脚可以选择三种自举模式中的一种:

- 从程序闪存存储器自举
- 从系统存储器自举
- 从内部SRAM自举

自举加载程序(Bootloader)存放于系统存储器中, 可以通过UART1对闪存重新编程。

### 2.2.8 供电方案

- $V_{DD} = 2.5 \sim 5.5V$ :  $V_{DD}$ 引脚为I/O引脚和内部调压器供电。
- $V_{SSA}, V_{DDA} = 2.5 \sim 5.5V$ : 为ADC、复位模块、振荡器和PLL的模拟部分提供供电。 $V_{DDA}$ 和 $V_{SSA}$ 必须分别连接到 $V_{DD}$ 和 $V_{SS}$ 。

### 2.2.9 供电监控器

本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2.5V时工作; 当 $V_{DD}$ 低于设定的阈值(VPOR/PDR)时, 置器件于复位状态, 而不必使用外部复位电路。

器件中还有一个可编程电压监测器(PVD), 它监视 $V_{DD}/V_{DDA}$ 供电并与阈值 $V_{PVD}$ 比较, 当 $V_{DD}$ 低于或高于阈值 $V_{PVD}$ 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。PVD功能需要通过程序开启。

### 2.2.10 电压调压器

调压器将外部电压转成内部数字逻辑工作的电压, 该调压器在复位后始终处于工作状态。

### 2.2.11 低功耗模式

MC60F7415产品支持低功耗模式, 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1.8V部分的供电, HSI的振荡器和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、PVD的输出的唤醒信号。

### 2.2.12 DMA

灵活的5路通用DMA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、UART, 通用、基本和高级控制定时器TIMx、ADC。

### 2.2.13 定时器和看门狗

中等容量的MC60F7415产品包含1个高级控制定时器、5个通用定时器, 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. 定时器功能比较**

定时器类型	Timer	计数器分辨率	计数器类型	预分频系数	DMA请求生成	捕获/比较通道	互补输出
先进的控制	TIM1	16位	递增、递减、递增/递减	1和65536之间的任意整数	有	4	有
通用	TIM2	16位	递增、递减、递增/递减	1和65536之间的任意整数	有	4	无
	TIM3	16位	递增、递减、递增/递减	1和65536之间的任意整数	有	4	无
	TIM14	16位	递增	1和65536之间的任意整数	无	1	无
	TIM16, TIM17	16位	递增	1和65536之间的任意整数	有	1	有

### 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。

### 通用定时器(TIM2..3、TIM14、16、17)

MC60F7415产品中，内置了多达5个可同步运行的标准定时器。每个定时器都PWM输出，或作为简单时间基准。

#### TIM2, TIM3

MC60F7415器件具有两个可同步的4通道通用定时器。TIM2基于一个32位自动重载递增/递减计数器和一个16位预分频。TIM3基于一个16位自动重载递增/递减计数器和一个16位预分频。它们都具有4个独立通道，用于输入捕获/输出比较、PWM、单脉冲模式输出。在最大的封装中，可提供多达12个输入捕捉/输出比较/PWM。

TIM2和TIM3通用定时器可通过定时器链接功能与TIM1高级控制定时器协同工作，提供同步或事件链接功能。

TIM2和TIM3都可生成独立的DMA请求。

这些定时器能够处理正交（增量）编码器信号，也能处理1到3个霍尔效应传感器的数字输出。

在调试模式下，其计数器可被冻结。

#### **TIM14**

该定时器基于一个16位自动重载递增计数器和一个16位预分频器。

TIM14具有一个单通道，用于输入捕获/输出比较，PWM或单脉冲模式输出。

在调试模式下，其计数器可被冻结。

#### **TIM16和TIM17**

两种定时器基于一个16位自动重载递增计数器和一个16位预分频器。

它们每个都有一个单通道，用于输入捕获/输出比较，PWM或单脉冲模式输出。

TIM16和TIM17有互补输出，带死区生成和独立DMA请求生成功能。

在调试模式下，其计数器可被冻结。

#### **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40kHz的振荡器提供时钟；因为这个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。

#### **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。

#### **系统时基定时器**

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

#### **2.2.14 I2C总线**

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。

#### **2.2.15 通用同步/异步收发器(UART)**

UART接口具有硬件的CTS和RTS信号管理。

所有UART接口都可以使用DMA操作。

### **2.2.16 串行外设接口(SPI)**

1个SPI接口，在从或主模式下，全双工和半双工的通信速率可达18兆位/秒。3位的预分频器可产生8种主模式频率，可配置成每帧8位或16位。

所有的SPI接口都可以使用DMA操作。

### **2.2.17 通用输入输出接口(GPIO)**

每个GPIO引脚都可以由软件配置成输出(推挽或开漏)、输入(带或不带上拉或下拉)或复用的外设功能端口。多数GPIO引脚都与数字或模拟的复用外设共用。除了具有模拟输入功能的端口，所有的GPIO引脚都有大电流通过能力。

在需要的情况下，I/O引脚的外设功能可以通过一个特定的操作锁定，以避免意外的写入I/O寄存器。在APB2上的I/O脚可达18MHz的翻转速度。

### **2.2.18 ADC(模拟/数字转换器)**

MC60F7415产品内嵌1个12位的模拟/数字转换器(ADC)，每个ADC可用多达8个外部通道，可以实现单次或扫描转换。在扫描模式下，自动进行在选定的一组模拟输入上的转换。

ADC可以使用DMA操作。

模拟看门狗功能允许非常精准地监视一路、多路或所有选中的通道，当被监视的信号超出预置的阈值时，将产生中断。

由标准定时器(TIMx)和高级控制定时器(TIM1)产生的事件，可以分别内部级联到ADC的触发，应用程序能使AD转换与时钟同步。

### **2.2.19 串行单线SWD调试口(SWJ-DP)**

内嵌ARM的两线串行调试端口(SW-DP)

ARM的SW-DP接口允许通过串行线调试工具连接到单片机。





图2. 时钟树

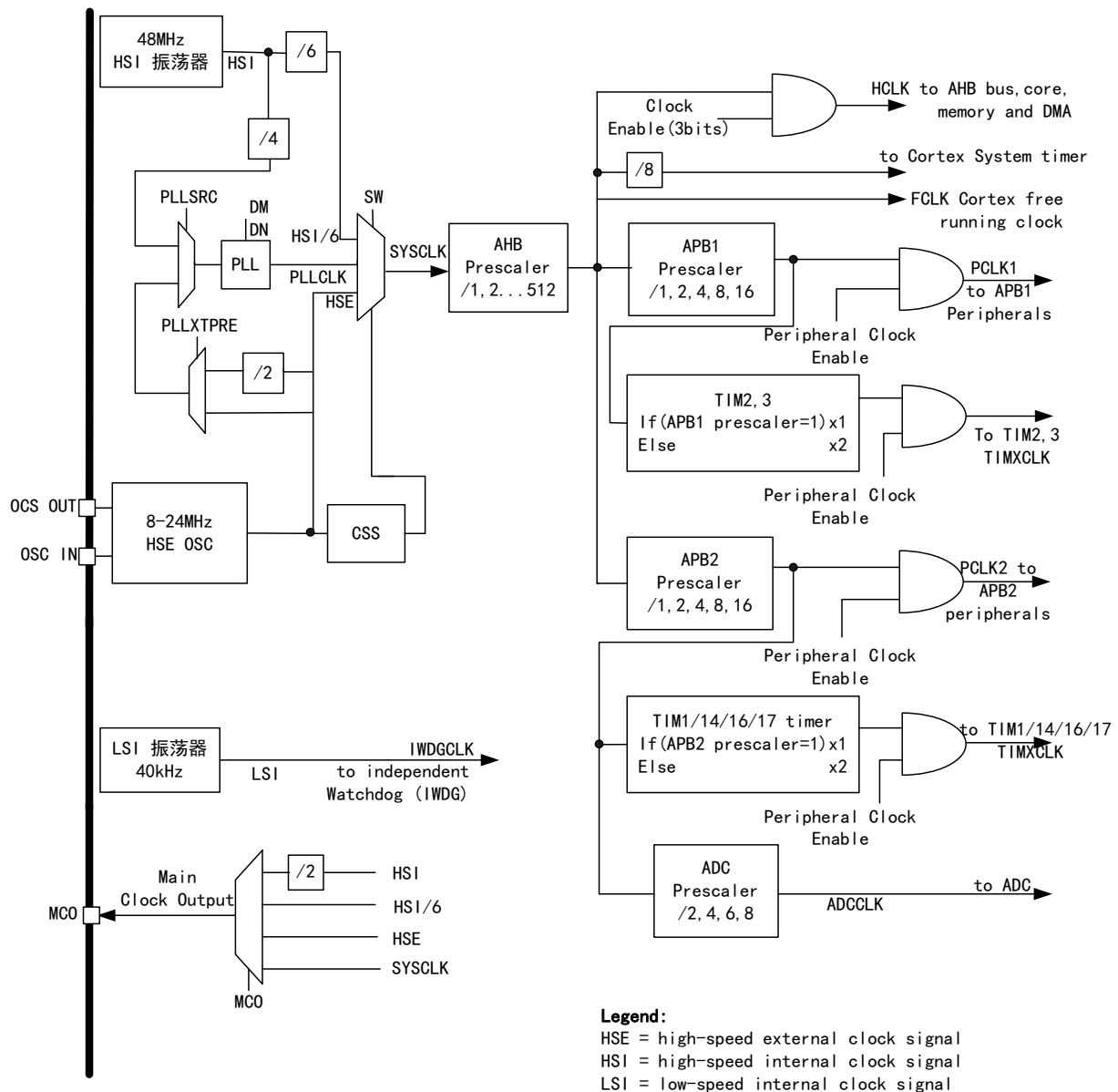




图4. MC60F7415LQFP32引脚分布

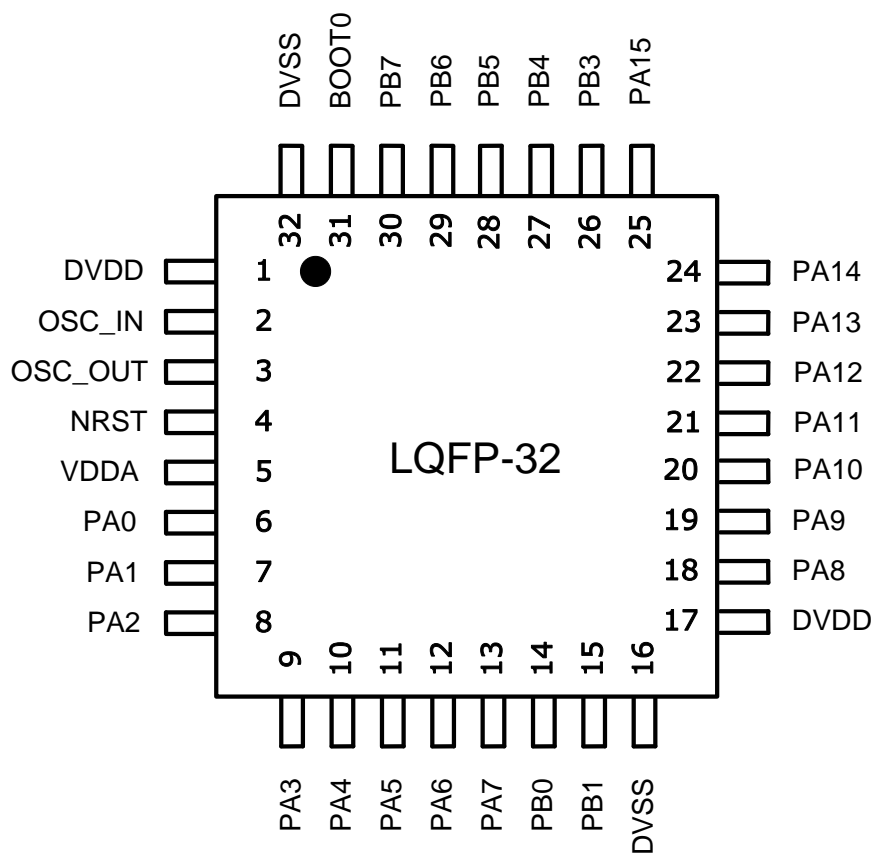


图5. MC60F7415QFN32引脚分布

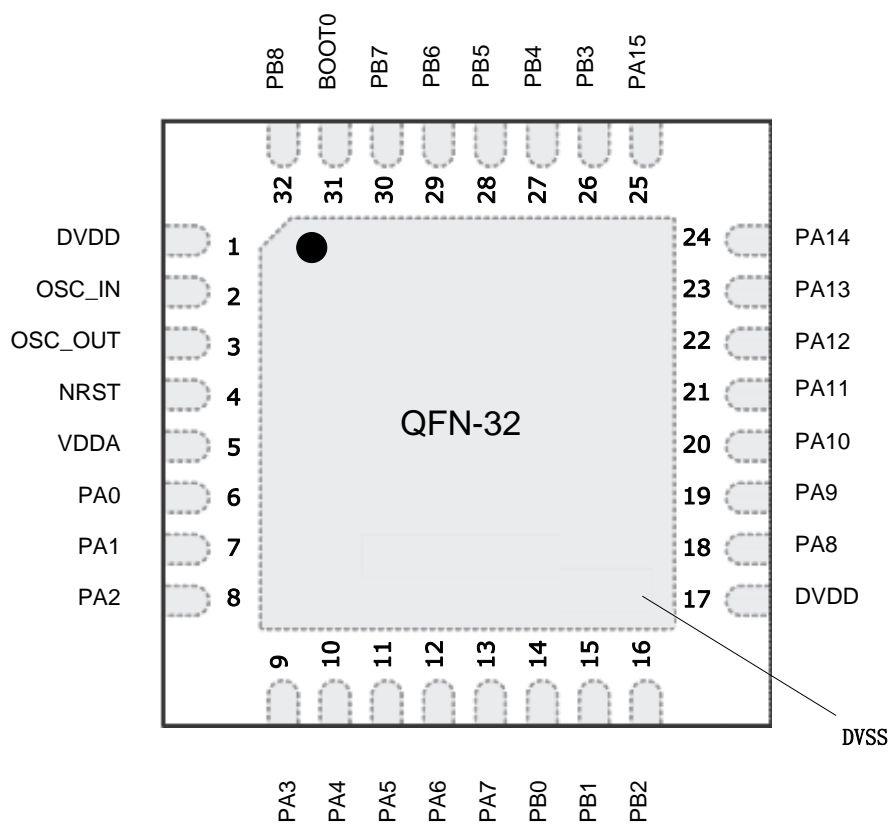


表3. MC60F7415引脚定义

引脚编码			引脚名称	类型	I/O 电 平	主功能	可选的复用功能	
LQF P48	LQF P32	QFN 32					默认复用功能	重定义功能
1			NC	S		NC		
2			PC13	I/O		PC13		
3			PC14	I/O		PC14		
4			PC15	I/O		PC15		
5	2	2	PD0-OSC_ IN	I		OSC_IN		OSC_IN
6	3	3	PD1-OSC_ OUT	O		OSC_OUT		OSC_OUT
7	4	4	NRST	I/O		NRST		
8	16	0	V <sub>SSA</sub>	S		V <sub>SSA</sub>		
9	5	5	V <sub>DDA</sub>	S		V <sub>DDA</sub>		
10	6	6	PA0-WKUP	I/O		PA0	ADC_IN0/WKUP/ TIM2_CH1_ETR/ UART1_CTS	
11	7	7	PA1	I/O		PA1	ADC_IN1/ TIM2_CH2/ UART1_RTS	
12	8	8	PA2	I/O		PA2	ADC_IN2/ TIM2_CH3/ UART1_TX	
13	9	9	PA3	I/O		PA3	ADC_IN3/ TIM2_CH4/ UART1_RX	
14	10	10	PA4	I/O		PA4	ADC_IN4/ SPI1_NSS/ TIM14_CH1	
15	11	11	PA5	I/O		PA5	ADC_IN5/SPI1_SCK/ TIM2_CH1_ETR	
16	12	12	PA6	I/O		PA6	ADC_IN6/ SPI1_MISO/TIM3_CH1/ TIM16_CH1	TIM1_BKIN
17	13	13	PA7	I/O		PA7	ADC_IN7/ SPI1_MOSI/TIM3_CH2/ TIM14_CH1/ TIM17_CH1	TIM1_CH1N
18	14	14	PB0	I/O		PB0	TIM3_CH3	TIM1_CH2N
19	15	15	PB1	I/O		PB1	TIM3_CH4/ TIM14_CH1	TIM1_CH3N
20		16	PB2	I/O		PB2		
21			PB10	I/O		PB10	I2C1_SCL	TIM2_CH3
22			PB11	I/O		PB11	I2C1_SDA	TIM2_CH4
23	16		V <sub>SS_1</sub>	S		V <sub>SS_1</sub>		
24	17		V <sub>DD_1</sub>	S		V <sub>DD_1</sub>		
25			PB12	I/O		PB12	SPI1_NSS /TIM1_BKIN	

引脚编码			引脚名称	类型	I/O电平	主功能	可选的复用功能	
LQF P48	LQF P32	QFN 32					默认复用功能	重定义功能
26			PB13	I/O		PB13	SPI1_SCK/ TIM1_CH1N	
27			PB14	I/O		PB14	SPI1_MISO/ TIM1_CH2N	
28			PB15	I/O		PB15	SPI1_MOSI/TIM1_CH3N	
29	18	18	PA8	I/O		PA8	TIM1_CH1/MCO	
30	19	19	PA9	I/O		PA9	UART1_TX/TIM1_CH2/ I2C1_SCL	
31	20	20	PA10	I/O		PA10	UART1_RX/TIM1_CH3/ TIM17_BKIN/I2C1_SDA	
32	21	21	PA11	I/O		PA11	UART1_CTS/TIM1_CH4	
33	22	22	PA12	I/O		PA12	UART1_RTS/ TIM1_ETR	
34	23	23	PA13	I/O		SWDIO		PA13
35			PD2	I/O		PD2		
36			PD3	I/O		PD3		
37	24	24	PA14	I/O		SWCLK	UART1_TX	PA14
38	25	25	PA15	I/O				TIM2_CH1_ETR/PA15/ SPI1_NSS/ UART1_RX
39	26	26	PB3	I/O				PB3/ TIM2_CH2/SPI1_SCK
40	27	27	PB4	I/O				PB4/ TIM3_CH1/ SPI1_MISO
41	28	28	PB5	I/O		PB5		TIM3_CH2/ SPI1_MOS/ TIM16_BKN
42	29	29	PB6	I/O		PB6	I2C1_SCL/TIM16_CH1N	UART1_TX
43	30	30	PB7	I/O		PB7	I2C1_SDA/TIM17_CH1N	UART1_RX
44	31	31	BOOT0	I		BOOT0		
45		32	PB8	I/O		PB8	TIM16_CH1	I2C1_SCL
46			PB9	I/O		PB9	TIM17_CH1	I2C1_SDA
47	32	0	DVSS	S				
48	1	1	DVDD	S				

1. I = 输入，O = 输出，S = 电源， HiZ = 高阻

表4. PA端口功能复用

引脚名	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5
PA0	-	UART1_CTS	TIM2_CH1_ETR	-	-	
PA1		UART1_RTS	TIM2_CH2	-	-	
PA2	-	UART1_TX	TIM2_CH3	-	-	
PA3	-	UART1_RX	TIM2_CH4	-	-	
PA4	SPI1_NSS	UART1_CK	-	-	TIM14_CH1	
PA5	SPI1_SCK	-	TIM2_CH1_ETR	-	-	
PA6	SPI1_MISO	TIM3_CH1	TIM1_BKIN	-	-	TIM16_CH1
PA7	SPI1_MOSI	TIM3_CH2	TIM1_CH1N	-	TIM14_CH1	TIM17_CH1
PA8	MCO	UART1_CK	TIM1_CH1		-	
PA9	-	UART1_TX	TIM1_CH2	-	I2C1_SCL	
PA10	TIM17_BKIN	UART1_RX	TIM1_CH3	-	I2C1_SDA	
PA11	-	UART1_CTS	TIM1_CH4	-	-	
PA12	-	UART1_RTS	TIM1_ETR	-	-	
PA13	SWDIO	-	-	-	-	
PA14	SWCLK	UART1_TX	-	-	-	
PA15	SPI1_NSS	UART1_RX	TIM2_CH1_ETR			

表5. PB端口功能复用

引脚名	AF0	AF1	AF2
PB0	-	TIM3_CH3	TIM1_CH2N
PB1	TIM14_CH1	TIM3_CH4	TIM1_CH3N
PB2	-	-	-
PB3	SPI1_SCK	-	TIM2_CH2
PB4	SPI1_MISO	TIM3_CH1	-
PB5	SPI1_MOSI,	TIM3_CH2	TIM16_BKIN
PB6	UART1_TX	I2C1_SCL	TIM16_CH1N
PB7	UART1_RX	I2C1_SDA	TIM17_CH1N
PB8	-	I2C1_SCL	TIM16_CH1
PB9	-	I2C1_SDA	TIM17_CH1
PB10	-	I2C1_SCL	TIM2_CH3
PB11	-	I2C1_SDA	TIM2_CH4
PB12	SPI1_NSS	-	TIM1_BKIN
PB13	SPI1_SCK	-	TIM1_CH1N
PB14	SPI1_MISO	-	TIM1_CH2N
PB15	SPI1_MOSI		TIM1_CH3N

## 4. 存储器映像

表6. 存储器映像

总线	编址范围	大小	外设	备注
AHB	0x4002 3400 - 0x4002 43FF	4 KB	Reserved	
	0x4002 3000 - 0x4002 33FF	1 KB	Reserved	
	0x4002 2400 - 0x4002 2FFF	3 KB	Reserved	
	0x4002 2000 - 0x4002 23FF	1 KB	FLASH接口	
	0x4002 1400 - 0x4002 1FFF	3 KB	Reserved	
	0x4002 1000 - 0x4002 13FF	1 KB	复位和时钟控制(RCC)	
	0x4002 0400 - 0x4002 0FFF	3 KB	Reserved	
	0x4002 0000 - 0x4002 03FF	1 KB	DMA	
	0x4001 8000 - 0x4001 FFFF	32 KB	Reserved	
APB2	0x4001 4C00 - 0x4001 7FFF	13 KB	Reserved	
	0x4001 4800 - 0x4001 4BFF	1 KB	TIM17	
	0x4001 4400 - 0x4001 47FF	1 KB	TIM16	
	0x4001 4000 - 0x4001 43FF	1 KB	TIM14	
	0x4001 3C00 - 0x4001 3FFF	1 KB	Reserved	
	0x4001 3800 - 0x4001 3BFF	1 KB	UART1	
	0x4001 3400 - 0x4001 37FF	1 KB	Reserved	
	0x4001 3000 - 0x4001 33FF	1 KB	SPI1	
	0x4001 2C00 - 0x4001 2FFF	1 KB	TIM1	
	0x4001 2800 - 0x4001 2BFF	1 KB	Reserved	
	0x4001 2400 - 0x4001 27FF	1 KB	ADC	
	0x4001 1C00 - 0x4001 23FF	2 KB	Reserved	
	0x4001 1800 - 0x4001 1BFF	1 KB	Reserved	
	0x4001 1400 - 0x4001 17FF	1 KB	GPIO端口D	
	0x4001 1000 - 0x4001 13FF	1 KB	GPIO端口C	
	0x4001 0C00 - 0x4001 0FFF	1 KB	GPIO端口B	
	0x4001 0800 - 0x4001 0BFF	1 KB	GPIO端口A	
	0x4001 0400 - 0x4001 07FF	1 KB	EXTI	
	0x4001 0000 - 0x4001 03FF	1 KB	SYSCFG	
	0x4000 8000 - 0x4000 FFFF	32 KB	Reserved	
APB1	0x4000 7800 - 0x4000 7FFF	2 KB	Reserved	
	0x4000 7400 - 0x4000 77FF	1 KB	Reserved	
	0x4000 7000 - 0x4000 73FF	1 KB	电源控制(PWR)	
	0x4000 6C00 - 0x4000 6FFF	1 KB	Reserved	
	0x4000 6800 - 0x4000 6BFF	1 KB	Reserved	
	0x4000 6400 - 0x4000 67FF	1 KB	Reserved	
	0x4000 6000 - 0x4000 63FF	1 KB	Reserved	



总线	编址范围	大小	外设	备注
	0x4000 5C00 - 0x4000 5FFF	1 KB	Reserved	
	0x4000 5800 - 0x4000 5BFF	1 KB	Reserved	
	0x4000 5400 - 0x4000 57FF	1 KB	I2C1	
	0x4000 4C00 - 0x4000 53FF	2 KB	Reserved	
	0x4000 4800 - 0x4000 4BFF	1 KB	Reserved	
	0x4000 4400 - 0x4000 47FF	1 KB	Reserved	
	0x4000 3C00 - 0x4000 43FF	2 KB	Reserved	
	0x4000 3800 - 0x4000 3BFF	1 KB	Reserved	
	0x4000 3400 - 0x4000 37FF	1 KB	Reserved	
	0x4000 3000 - 0x4000 33FF	1 KB	IWWDG	
	0x4000 2C00 - 0x4000 2FFF	1 KB	WWDG	
	0x4000 2800 - 0x4000 2BFF	1 KB	Reserved	
	0x4000 0C00 - 0x4000 27FF	7 KB	Reserved	
	0x4000 0800 - 0x4000 0BFF	1 KB	Reserved	
	0x4000 8000 - 0x4000 FFFF	32KB	Reserved	
	0x4000 2400 - 0x4000 7FFF	23KB	Reserved	
	0x4000 2000 - 0x4000 23FF	1KB	Reserved	
	0x4000 1800 - 0x4000 1FFF	2 KB	Reserved	
	0x4000 1400 - 0x4000 17FF	1 KB	Reserved	
	0x4000 1000 - 0x4000 13FF	1 KB	Reserved	
	0x4000 0800 - 0x4000 0FFF	2 KB	Reserved	
	0x4000 0400 - 0x4000 07FF	1 KB	TIM3	
	0x4000 0000 - 0x4000 03FF	1 KB	TIM2	
	0x2000 1000 - 0x3FFF FFFF	~512 MB	Reserved	
	0x2000 0000 - 0x2000 0FFF	4 KB	SRAM	
	0x1FFF FC00 - 0x1FFF FFFF	1 KB	Reserved	
	0x1FFF F800 - 0x1FFF FBFF	1 KB	Option bytes	
	0x1FFF F400 - 0x1FFF F7FF	1 KB	System memory	
	0x1000 2000 - 0x1FFF F3FF	~256 MB	Reserved	
	0x1000 0000 - 0x1000 1FFF	8KB	Reserved	
	0x0804 0000 - 0x0FFF FFFF	~128 MB	Reserved	
	0x0800 0000 - 0x0800 7FFF	32 KB	Main Flash memory	
	0x0000 8000 - 0x07FF FFFF	~128 MB	Reserved	
	0x0000 0000 - 0x00007FFF	32 KB	主闪存存储器, 系统存储器或是SRAM,有 赖 于BOOT的 配置	

## 5. 电气特性

### 5.1 测试条件

除非特别说明，所有电压的都以 $V_{SS}$ 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后，取其平均值再加减三倍的标准分布(平均 $\pm 3\Sigma$ )得到。

#### 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 $V_{DD}=3.3\text{V}$ ( $2.5\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 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，95%产品的误差小于等于给出的数值(平均 $\pm 2\Sigma$ )。

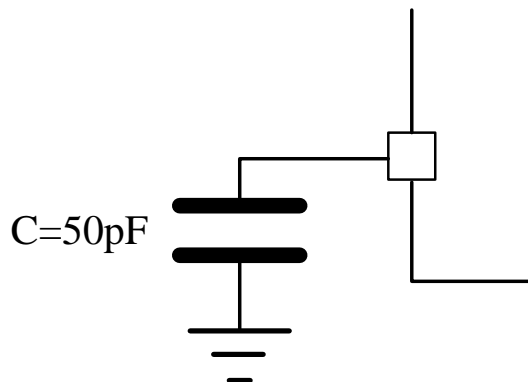
#### 5.1.3 典型曲线

除非特别说明，典型曲线仅用于设计指导而未经测试。

#### 5.1.4 负载电容

测量引脚参数时的负载条件示于图6中。

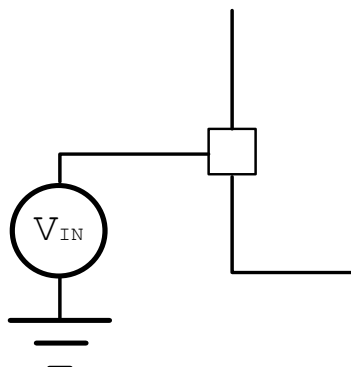
图6. 引脚的负载条件



### 5.1.5 引脚输入电压

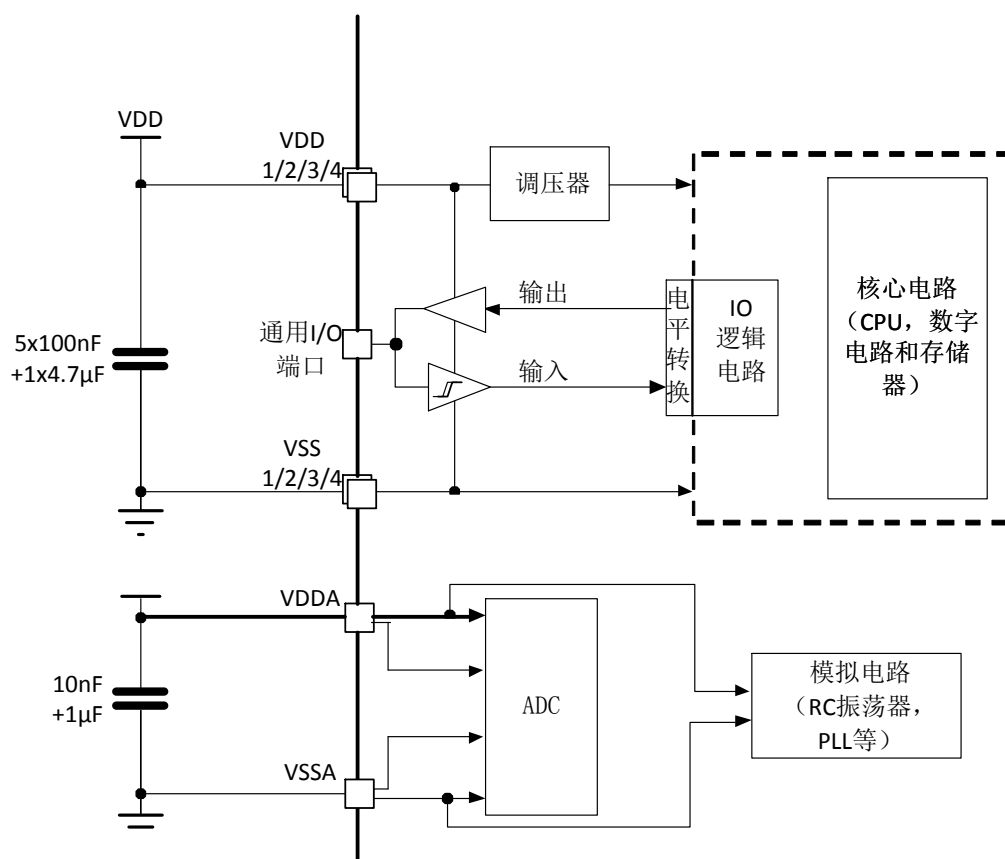
引脚上输入电压的测量方式示于图7中。

图7. 引脚输入电压



### 5.1.6 供电方案

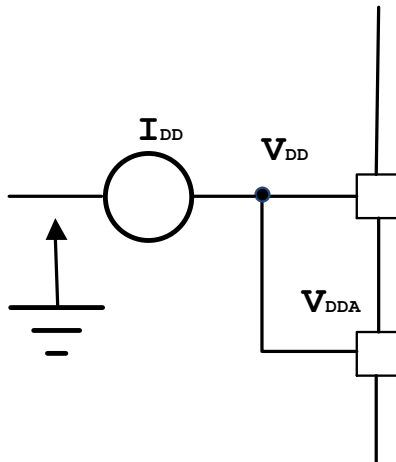
图8. 供电方案



注：上图中的4.7μF电容必须连接到V<sub>DD3</sub>

### 5.1.7 电流消耗测量

图9. 电流消耗测量方案



## 5.2 绝对最大额定值

加在器件上的载荷如果超过‘绝对组最大额定值’列表(表7、表8、表9)中给出的值,可能会导致器件永久性地损坏。这里只是给出能承受的最大载荷,并不意味着在此条件下器件的功能性操作无误。器件长期工作在最大值条件下会影响器件的可靠性。

表7. 电压特性

符号	描述	最小值	最大值	单位
$V_{DD}-V_{SS}$	外部主供电电压(包含 $V_{DDA}$ 和 $V_{DD}$ ) <sup>(1)</sup>	-0.3	5.5	V
$V_{IN}$	在5V容忍的引脚上的输入电压 <sup>(2)</sup>	$V_{SS}-0.3$	5.5	
	在其它引脚上的输入电压 <sup>(2)</sup>	$V_{SS}-0.3$	5.5	
$ \Delta V_{DDx} $	不同供电引脚之间的电压差		50	mV
$ V_{SSx}-V_{SS} $	不同接地引脚之间的电压差		50	
$V_{ESD(HBM)}$	ESD静电放电电压(人体模型)	参见5.3.11		

1. 所有的电源( $V_{DD}$ ,  $V_{DDA}$ )和地( $V_{SS}$ ,  $V_{SSA}$ )引脚必须始终连接到外部允许范围内的供电系统上。

2.  $I_{INJ(PIN)}$ 绝对不可以超过它的极限(见表8),即保证 $V_{IN}$ 不超过其最大值。如果不能保证 $V_{IN}$ 不超过其最大值,也要保证在外部限制 $I_{INJ(PIN)}$ 不超过其最大值。当 $V_{IN}>V_{INmax}$ 时,有一个正向注入电流;当 $V_{IN}<V_{SS}$ 时,有一个反向注入电流。

表8. 电流特性

符号	描述	最大值	单位
$I_{VDD}$	经过 $V_{DD}/V_{DDA}$ 电源线的总电流(供应电流) <sup>(1)</sup>	150	mA
$I_{VSS}$	经过 $V_{SS}$ 地线的总电流(流出电流) <sup>(1)</sup>	150	
$I_{IO}$	任意I/O和控制引脚上的输出灌电流	25	
	任意I/O和控制引脚上的输出电流	-25	
$I_{INJ(PIN)}^{(2)(3)}$	NRST引脚的注入电流	$\pm 5$	
	HSE的OSC_IN引脚的注入电流	$\pm 5$	
	其他引脚的注入电流 <sup>(4)</sup>	$\pm 5$	
$\Sigma I_{INJ(PIN)}^{(2)}$	所有I/O和控制引脚上的总注入电流 <sup>(4)</sup>	$\pm 25$	

1. 所有的电源( $V_{DD}$ ,  $V_{DDA}$ )和地( $V_{SS}$ ,  $V_{SSA}$ )引脚必须始终连接到外部允许范围内的供电系统上。

2.  $I_{INJ(PIN)}$ 绝对不可以超过它的极限, 即保证 $V_{IN}$ 不超过其最大值。如果不能保证 $V_{IN}$ 不超过其最大值, 也要保证在外部限制 $I_{INJ(PIN)}$ 不超过其最大值。当 $V_{IN} > V_{DD}$ 时, 有一个正向注入电流; 当 $V_{IN} < V_{SS}$ 时, 有一个反向注入电流。

3. 反向注入电流会干扰器件的模拟性能。参看第5.3.17节。

4. 当几个I/O口同时有注入电流时,  $\Sigma I_{INJ(PIN)}$ 的最大值为正向注入电流与反向注入电流的即时绝对值之和。该结果基于在器件4个I/O端口上 $\Sigma I_{INJ(PIN)}$ 最大值的特性。

表9. 温度特性

符号	描述	最大值	单位
$T_{STG}$	储存温度范围	-65 ~ +150	°C
$T_J$	最大结温度	150	°C

## 5.3 绝对最大额定值工作条件

### 5.3.1 通用工作条件

表10. 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	48	MHz
$f_{PCLK1}$	内部APB1时钟频率		0	48	
$f_{PCLK2}$	内部APB2时钟频率		0	48	
$V_{DD}$	标准工作电压		2.5	5.5	V
$V_{DDA}^{(1)}$	模拟部分工作电压(未使用ADC)	必须与 $V_{DD}^{(2)}$ 相同	2.5	5.5	V
	模拟部分工作电压(使用ADC)		2.5	5.5	
$P_D$	功率耗散				mW
	温度标号6: $T_A=85^{\circ}\text{C}$	LQFP48		363	
	温度标号7 <sup>(3)</sup> : $T_A=105^{\circ}\text{C}$	LQFP32/QFN32		1110	
$T_A$	环境温度(温度标号6)	最大功率耗散	-40	85	$^{\circ}\text{C}$
		低功率耗散 <sup>(4)</sup>	-40	105	
	环境温度(温度标号7)	最大功率耗散	-40	105	$^{\circ}\text{C}$
		低功率耗散 <sup>(4)</sup>	-40	125	
$T_J$	结温度范围	温度标号6	-40	105	$^{\circ}\text{C}$
		温度标号7	-40	125	

1.当使用ADC时, 参见表40。

2.建议使用相同的电源为 $V_{DD}$ 和 $V_{DDA}$ 供电, 在上电和正常操作期间,  $V_{DD}$ 和 $V_{DDA}$ 之间最多允许有300mV的差别。

3.如果 $T_A$ 较低, 只要 $T_J$ 不超过 $T_{Jmax}$ (参见第1节), 则允许更高的 $P_D$ 数值。

4.在较低的功率耗散的状态下, 只要 $T_J$ 不超过 $T_{Jmax}$ (参见第1节),  $T_A$ 可以扩展到这个范围。

### 5.3.2 上电和掉电时的工作条件

下表中给出的参数是在一般的工作条件下测试得出。

表11. 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
$t_{VDD}$	$V_{DD}$ 上升速率		0	-40	$\mu\text{s/V}$
	$V_{DD}$ 下降速率		20	$\infty$	

### 5.3.3 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10列出的环境温度下和 $V_{DD}$ 供电电压下测试得出。

表12. 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
$V_{PVD}$	可编程的电压检测器的电平选择	PLS[3:0]=0000 (上升沿)		2.6		V
		PLS[3:0]=0000 (下降沿)		2.5		V
		PLS[3:0]=0001 (上升沿)		2.8		V
		PLS[3:0]=0001 (下降沿)		2.7		V
		PLS[3:0]=0010 (上升沿)		3.0		V
		PLS[3:0]=0010 (下降沿)		2.9		V
		PLS[3:0]=0011 (上升沿)		3.2		V
		PLS[3:0]=0011 (下降沿)		3.1		V
		PLS[3:0]=0100 (上升沿)		3.4		V
		PLS[3:0]=0100 (下降沿)		3.3		V
		PLS[3:0]=0101 (上升沿)		3.6		V
		PLS[3:0]=0101 (下降沿)		3.5		V
		PLS[3:0]=0110 (上升沿)		3.8		V
		PLS[3:0]=0110 (下降沿)		3.7		V
		PLS[3:0]=0111 (上升沿)		4.0		V
		PLS[3:0]=0111 (下降沿)		3.9		V
		PLS[3:0]=1000 (上升沿)		4.2		V
		PLS[3:0]=1000 (下降沿)		4.1		V
		PLS[3:0]=1001 (上升沿)		4.4		V
		PLS[3:0]=1001 (下降沿)		4.3		V
		PLS[3:0]=1010 (上升沿)		4.6		V
		PLS[3:0]=1010 (下降沿)		4.5		V
$V_{PVDhyst}^{(2)}$	PVD迟滞			100		mV
$V_{POR/PDR}$	上电/掉电复位阈值	下降沿		2.4		V
		上升沿		2.5		V
$V_{PDRhyst}^{(2)}$	PDR迟滞			100		mV
$T_{RSTTEMPO}^{(2)}$	复位持续时间		1	2.5	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。

### 5.3.4 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。

电流消耗的测量方法说明，详见图9。

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，能够得到Dhrystone2.1代码等效的结果。

#### 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—— $V_{DD}$ 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)。
- 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：  
 $f_{PCLK1} = f_{HCLK}/2$ ,  $f_{PCLK2} = f_{HCLK}$ 。

表14、表15、表16中给出的参数，是依据表8列出的环境温度下和 $V_{DD}$ 供电电压下测试得出。

表13. 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	$f_{HCLK}$	最大值 <sup>(1)</sup>		单位
				$T_A=85^{\circ}C$	$T_A=105^{\circ}C$	
$I_{DD}$	运行模式下的供应电流	外部时钟 <sup>(2)</sup> ，使能所有外设	48MHz	17.82	17.66	mA
			36MHz	16.04	15.98	
			24MHz	13.45	13.27	
			8MHz	7.6	7.75	
		外部时钟 <sup>(2)</sup> ，关闭所有外设	48MHz	11.87	11.8	
			36MHz	11.1	11.01	
			24MHz	10.41	10.24	
			8MHz	6.57	6.7	

1. 由综合评估得出，不在生产中测试。
2. 外部时钟为8MHz，当 $f_{HCLK}>8MHz$ 时启用PLL。



表14. 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		单位
				$T_A=85^{\circ}C$	$T_A=105^{\circ}C$	
$I_{DD}$	运行模式下的供应电流	外部时钟 <sup>(2)</sup> ，使能所有外设	48MHz	17.82	17.66	mA
			36MHz	16.04	15.98	
			24MHz	13.45	13.27	
			8MHz	7.6	7.75	
		外部时钟 <sup>(2)</sup> ，关闭所有外设	48MHz	11.87	11.8	
			36MHz	11.1	11.01	
			24MHz	10.41	10.24	
			8MHz	6.57	6.7	

1. 由综合评估得出，在生产中以 $V_{DDmax}$ 和 $f_{HCLKmax}$ 为条件测试。
2. 外部时钟为8MHz，当 $f_{HCLK}>8MHz$ 时启用PLL。

图10. 运行模式下典型的电流消耗与频率的对比(3.3V供电，数据处理代码在RAM中运行，使能所有外设)

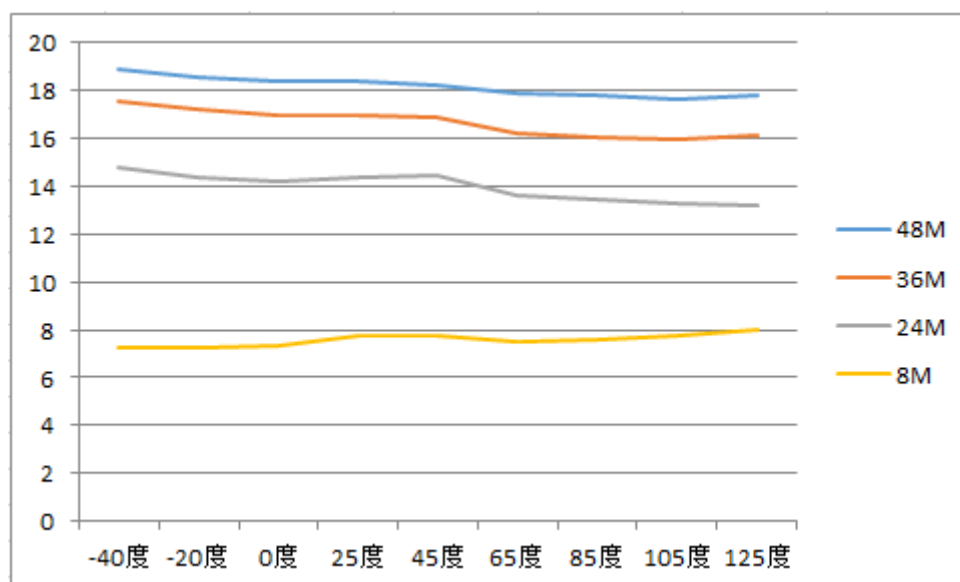


图11. 运行模式下典型的电流消耗与频率的对比(3.3V供电, 数据处理代码在RAM中运行, 关闭所有外设)

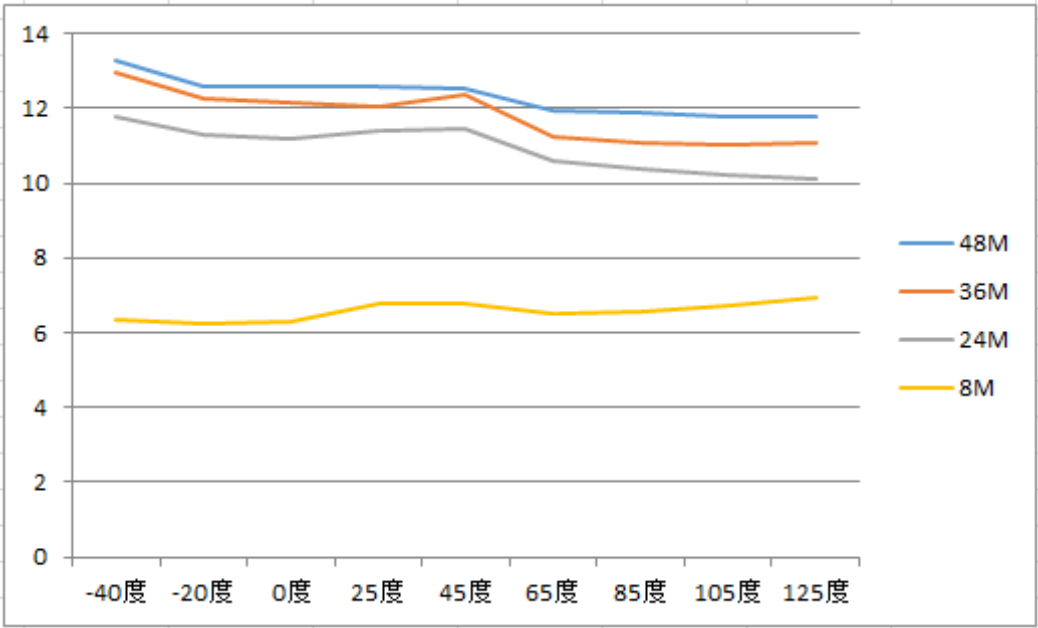


表15. 睡眠模式下的最大电流消耗, 代码运行在Flash或RAM中

符号	参数	条件	f <sub>HCLK</sub>	最大值		单位
				T <sub>A</sub> =85°C	T <sub>A</sub> =105°C	
I <sub>DD</sub>	睡眠模式下的供应电流	外部时钟 <sup>(2)</sup> , 使能所有外设	48MHz	13.81	13.52	mA
			36MHz	12.58	12.53	
			24MHz	11.3	11.11	
			8MHz	6.33	6.46	
		外部时钟 <sup>(2)</sup> , 关闭所有外设	48MHz	7.63	7.65	
			36MHz	7.44	7.37	
			24MHz	8.19	7.98	
			8MHz	5.27	5.39	

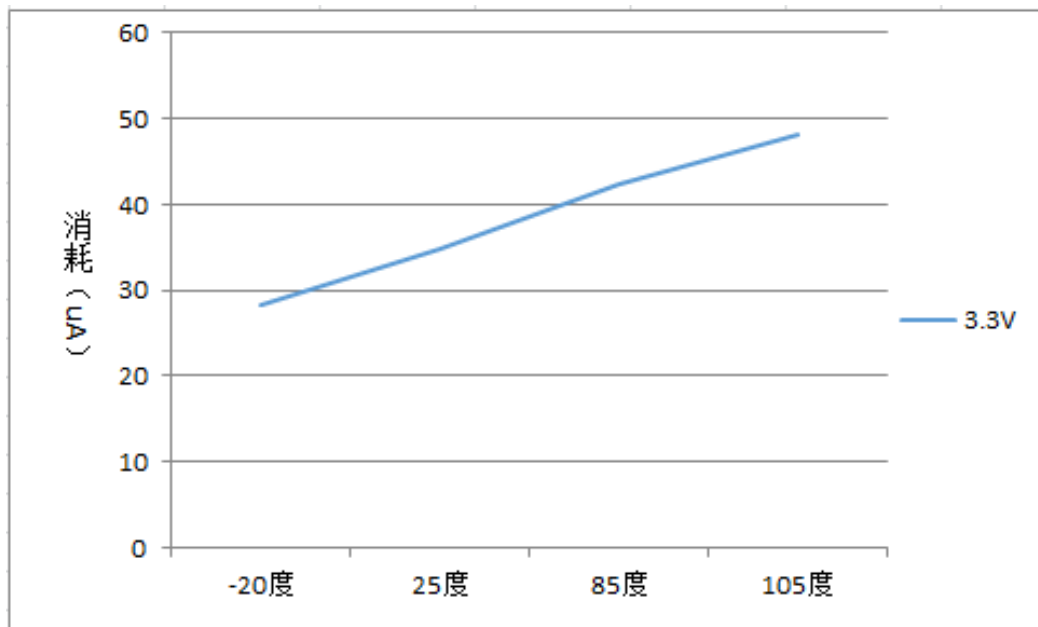
1. 由综合评估得出, 在生产中以V<sub>DDmax</sub>和以f<sub>HCLKmax</sub>使能外设为条件测试。
2. 外部时钟为8MHz, 当f<sub>HCLK</sub>>8MHz时启用PLL。

表16. 停机和待机模式下的典型和最大电流消耗

符号	参数	条件	V <sub>DD</sub>		最大值		单位
			V <sub>DD</sub> = 3.3V	V <sub>DD</sub> = 5V	T <sub>A</sub> = 85°C	T <sub>A</sub> = 105°C	
I <sub>DD</sub>	待机模式下的供应电流	低速和高速内部振荡器和高速振荡器处于关闭状态(没有独立看门狗)	1180	1200	2090	2140	μA
	待机模式下的供应电流	低速内部振荡器和独立看门狗处于开启状态	36.5	38.6	44.1	50.3	
		低速内部振荡器和独立看门狗处于关闭状态	34.8	36.6	42.3	48.2	

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

图12. 待机模式下的典型电流消耗在V<sub>DD</sub>=3.3V (和3.6V) 时与温度的对比



### 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<sub>DD</sub>或V<sub>SS</sub>(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<sub>HCLK</sub>的频率(0~24MHz时为0个等待周期, 24~48MHz时为1个等待周期)。
- 环境温度和V<sub>DD</sub>供电电压条件列于表10。
- 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<sub>PCLK1</sub> = f<sub>HCLK</sub>/4, f<sub>PCLK2</sub> = f<sub>HCLK</sub>/2, f<sub>ADCCLK</sub> = f<sub>PCLK2</sub>/4。

表17. 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 <sup>(1)</sup>		单位
				使能所有外设 <sup>(2)</sup>	关闭所有外设	
$I_{DD}$	运行模式下的供应电流	外部时钟 <sup>(2)</sup>	48MHz	18.39	12.58	mA
			36MHz	16.94	12.06	
			24MHz	14.4	11.4	
			16MHz	11.67	9.6	
			8MHz	7.79	6.78	
		运行于高速内部振荡器(HSI), 使用AHB预分频以减低频率	48MHz	32.59	17.57	
			36MHz	21.58	11.92	
			24MHz	15.35	8.72	
			16MHz	10.23	6.93	
			8MHz	6.46	4.58	

1. 典型值是在 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD}=3.3\text{V}$ 时测试得到。

2. 每个模拟部分的ADC要增加额外的0.8mA电流消耗。在应用环境中, 这部分电流只有在开启ADC(设置ADC\_CR2寄存器的ADON位)时才会增加。

3. 外部时钟为8MHz, 当 $f_{HCLK}>8\text{MHz}$ 时启用PLL。

表18. 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 <sup>(1)</sup>		单位
				使能所有外设 <sup>(2)</sup>	关闭所有外设	
$I_{DD}$	睡眠模式下的供应电流	外部时钟 <sup>(3)</sup>	48MHz	14.31	8.26	mA
			36MHz	13.41	8.37	
			24MHz	12.13	9.1	
			8MHz	6.42	5.38	
		运行于高速内部振荡器(HSI), 使用AHB预分频以减低频率	48MHz	26.91	10.3	
			36MHz	17.35	9.05	
			24MHz	12.42	5.42	
			8MHz	4.56	2.51	

1. 典型值是在 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD}=3.3\text{V}$ 时测试得到。

2. 每个模拟部分的ADC要增加额外的0.8mA电流消耗。在应用环境中, 这部分电流只有在开启ADC(设置ADC\_CR2寄存器的ADON位)时才会增加。

3. 外部时钟为8MHz, 当 $f_{HCLK}>8\text{MHz}$ 时启用PLL。

### 内置外设电流消耗

内置外设的电流消耗列于表19, 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—— $V_{DD}$ 或 $V_{SS}$ (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 $V_{DD}$ 供电电压条件列于表8。

表19. 内置外设的电流消耗<sup>(1)</sup>

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	TIM2	1.22	mA	APB2	GPIOA	0.26	mA
	TIM3	1.17			GPIOB	1.0	
	I2C1	0.71			GPIOC	0.23	
					GIPOD	0.14	
APB2	TIM14	1.104			ADC1 <sup>(2)</sup>	0.66	
	TIM16	1.11			TIM1	1.54	
	TIM17	1.11			SPI1	1.9	
					UART1	0.45	

1.  $f_{HCLK}=48MHz$ ,  $f_{APB1} = f_{HCLK}/2$ ,  $f_{APB2} = f_{HCLK}$ , 每个外设的预分频系数为默认值。

2. ADC的特殊条件:  $f_{HCLK}=56MHz$ ,  $f_{APB1} = f_{HCLK}/2$ ,  $f_{APB2} = f_{HCLK}$ ,  $f_{ADCCLK} = f_{APB2}/4$ , ADC\_CR2寄存器的ADON=1。

### 5.3.5 外部时钟源特性

来自外部振荡源产生的高速外部用户时钟

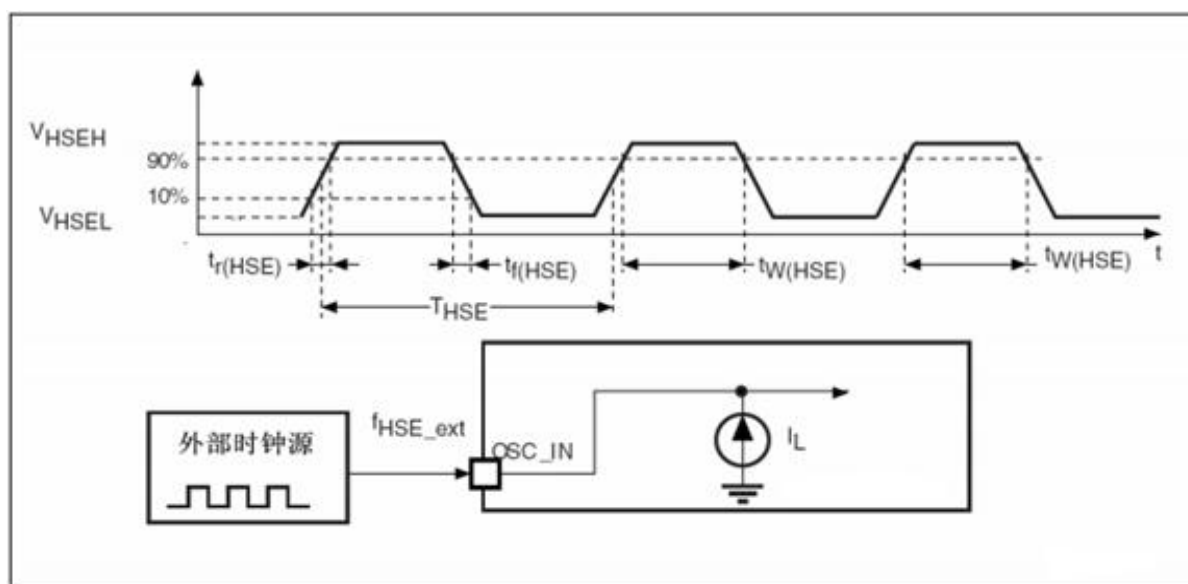
下表中给出的特性参数是使用一个高速的外部时钟源测得，环境温度和供电电压符合表10的条件。

表20. 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 <sup>(1)</sup>		0	8	32	MHz
$V_{HSEH}$	OSC_IN输入引脚高电平电压		$0.7V_{DD}$		$V_{DD}$	V
$V_{HSEL}$	OSC_IN输入引脚低电平电压		$V_{SS}$		$0.3V_{DD}$	
$t_{w(HSE)}$ $t_{w(HSE)}$	OSC_IN高或低的时间 <sup>(1)</sup>		16			ns
$t_{r(HSE)}$ $t_{f(HSE)}$	OSC_IN上升或下降的时间 <sup>(1)</sup>				20	
$C_{in(HSE)}$	OSC_IN输入容抗 <sup>(1)</sup>			5		pF
DuCy <sub>(HSE)</sub>	占空比		45		55	%
$I_L$	OSC_IN输入漏电流	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$			$\pm 1$	uA

1. 由设计保证，不在生产中测试。

图13. 外部高速时钟源的交流时序图



### 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8~24MHz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。

表21. HSE 8~24MHz振荡器特性<sup>(1)(2)</sup>

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		8	12	24	MHz
$R_F$	反馈电阻			1000		k $\Omega$
$C_{L1}$ $C_{L2}^{(3)}$	建议的负载电容与对应的晶体串行阻抗( $R_S$ ) <sup>(4)</sup>	$R_S = 30\Omega$		30		pF
$I_2$	HSE驱动电流	$V_{DD}=3.3V$ , $V_{IN}=V_{SS}$ 30pF负载			1	mA
$g_m$	振荡器的跨导	启动	25			mA/V
$t_{SU(HSE)}^{(5)}$	启动时间	$V_{DD}$ 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。

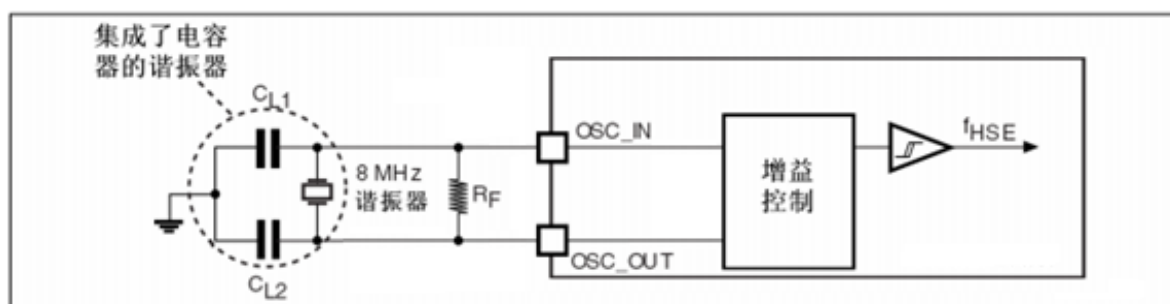
2. 由综合评估得出，不在生产中测试。

3. 对于 $C_{L1}$ 和 $C_{L2}$ ，建议使用高质量的、为高频应用而设计的(典型值为)5pF~25pF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。在选择 $C_{L1}$ 和 $C_{L2}$ 时，PCB和MCU引脚的容抗应该考虑在内(可以粗略地把引脚与PCB板的电容按10pF估计)。

4. 相对较低的RF电阻值，能够可以为避免在潮湿环境下使用时所产生的问题提供保护，这种环境下产生的泄漏和偏置条件都发生了变化。但是，如果MCU是应用在恶劣的潮湿条件时，设计时需要把这个参数考虑进去。

5.  $t_{SU(HSE)}$ 是启动时间，是从软件使能HSE开始测量，直至得到稳定的8MHz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14. 使用8MHz晶体的典型应用



### 5.3.6 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10的条件测量得到。

#### 高速内部(HSI)振荡器

表22. HSI振荡器特性<sup>(1)(2)</sup>

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{HSI}$	频率			48		MHz
$ACC_{HSI}$	HSI振荡器的精度	$T_A = -40\sim 105^{\circ}C$	-5		5	%
		$T_A = -10\sim 85^{\circ}C$				
		$T_A = 0\sim 70^{\circ}C$				
		$T_A = 25^{\circ}C$	-1		1	
$t_{SU(HSI)}$	HSI振荡器启动时间				2	$\mu s$
$I_{DD(HSI)}$	HSI振荡器功耗				200	$\mu A$

1.  $V_{DD} = 3.3V$ ,  $T_A = -40\sim 105^{\circ}C$ ，除非特别说明。
2. 由设计保证，不在生产中测试。

#### 低速内部(LSI)振荡器

表23. LSI振荡器特性<sup>(1)</sup>

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{LSI}^{(2)}$	频率		26	40	52	KHz
$t_{SU(LSI)}^{(3)}$	LSI振荡器启动时间				60	$\mu s$
$I_{DD(LSI)}^{(3)}$	LSI振荡器功耗				2	$\mu A$

1.  $V_{DD} = 3.3V$ ,  $T_A = -40\sim 105^{\circ}C$ ，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。

#### 从低功耗模式唤醒的时间

表24列出的唤醒时间是在一个8MHz的HSI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8的条件测量得到。

表24. 低功耗模式的唤醒时间

符号	参数	条件	最大值	单位
$t_{WUSLEEP}^{(1)}$	从睡眠模式唤醒	使用HIS振荡器时钟唤醒	1.8	$\mu s$
$t_{WUSTOP}^{(1)}$	从停机模式唤醒(调压器处于运行模式)	HIS振荡器时钟唤醒 = $2\mu s$	5.4	
$t_{WUSTDBY}^{(1)}$	从待机模式唤醒	HIS振荡器时钟唤醒 = $2\mu s$ 调压器从关闭模式唤醒时间 = $38\mu s$	50	

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。

### 5.3.7 PLL特性

表27列出的参数是使用环境温度和供电电压符合表10的条件测量得到。

表25. PLL特性<sup>(1)</sup>

符号	参数	数值			单位
		最小值	典型值	最大值	
$f_{PLL\_IN}$	PLL输入时钟 <sup>(2)</sup>	8		24	MHz
	PLL输入时钟占空比	20		80	%
$f_{PLL\_OUT}$	PLL倍频输出时钟	40		200	MHz
$t_{LOCK}$	PLL锁相时间			100	$\mu s$

1. 由设计保证，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。

### 5.3.8 存储器特性

#### 闪存存储器

除非特别说明，所有特性参数是在 $T_A = -40\sim 105^\circ C$ 得到。



表26. 闪存存储器特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{\text{prog}}$	16位的编程时间	$T_A = -40\sim 105^{\circ}\text{C}$	40	52.5	70	$\mu\text{s}$
$t_{\text{ERASE}}$	页(1K字节)擦除时间	$T_A = -40\sim 105^{\circ}\text{C}$	4		6	ms
$t_{\text{ME}}$	整片擦除时间	$T_A = -40\sim 105^{\circ}\text{C}$	20		40	ms
$I_{\text{DD}}$	供电电流	读模式, $f_{\text{HCLK}}=48\text{MHz}$ , 2个等待周期, $V_{\text{DD}}=3.3\text{V}$			20	mA
		写/擦除模式, $f_{\text{HCLK}}=48\text{MHz}$ , $V_{\text{DD}}=3.3\text{V}$			5	mA
		掉电模式/停机, $V_{\text{DD}}=3.3\sim 3.6\text{V}$			50	$\mu\text{A}$
$V_{\text{prog}}$	编程电压		2.5		5.5	V

1. 由设计保证, 不在生产中测试。

表27. 闪存存储器寿命和数据保存期限

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$N_{\text{END}}$	寿命(译注: 擦写次数)	$T_A = -40\sim 85^{\circ}\text{C}$ (尾缀为6) $T_A = -40\sim 105^{\circ}\text{C}$ (尾缀为7)	10			千次
$t_{\text{RET}}$	数据保存期限	$T_A = 85^{\circ}\text{C}$ 时, 1000次擦写 <sup>(2)</sup> 之后	30			年
		$T_A = 105^{\circ}\text{C}$ , 1000次擦写 <sup>(2)</sup> 之后	10			
		$T_A = 55^{\circ}\text{C}$ , 1万次擦写 <sup>(2)</sup> 之后	20			

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。

### 5.3.9 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 $V_{\text{DD}}$ 和 $V_{\text{SS}}$ 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。

测试结果列于下表中。这是基于应用笔记中定义的EMS级别和类型进行的测试。

表28. 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。	$V_{DD}=3.3V$ , $T_A=+25\text{ }^{\circ}C$ , $f_{HCLK}=48MHz$ 。符合IEC 1000-4-2	2B
$V_{EFTB}$	在 $V_{DD}$ 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。	$V_{DD}=3.3V$ , $T_A=+25\text{ }^{\circ}C$ , $f_{HCLK}=48MHz$ 。符合IEC 1000-4-4	4A

### 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29. EMI特性

符号	参数	条件	监测的频段	最大值 ( $f_{HSE}=8MHz$ / $f_{HCLK}=48MHz$ )	单位
$S_{EMI}$	峰值	$V_{DD}=3.3V$ , $T_A=25^{\circ}C$ , LQFP100封装 符合SAE J1752/3	0.1~30MHz	12	dBμV
			30~130MHz	22	
			130MHz~1GHz	23	
			SAM EMI级别	4	

### 5.3.10 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30. ESD绝对最大值

符号	参数	条件	类型	最大值	单位
$V_{ESD(HBM)}$	静电放电电压(人体模型)	$T_A=+25^{\circ}\text{C}$ , 符合JESD22-A114	2	4000	V
$V_{ESD(CDM)}$	静电放电电压(充电设备模型)	$T_A=+25^{\circ}\text{C}$ , 符合JESD22-C101	II	500	

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31. 电气敏感性

符号	参数	条件	类型
LU	静态栓锁类	$T_A=+105^{\circ}\text{C}$ , 符合JESD 78A	II类A

### 5.3.11 I/O端口特性

#### 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10的条件测量得到。所有的I/O端口都是兼容CMOS和TTL。

表32. I/O静态特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IL}$	输入低电平电压	TTL端口	-0.5		0.8	V
$V_{IH}$	输入高电平电压		2		$V_{DD}+0.5$	
$V_{IL}$	输入低电平电压	CMOS端口	-0.5		$0.35V_{DD}$	V
$V_{IH}$	输入高电平电压		$0.65V_{DD}$		$V_{DD}+0.5$	
$V_{hys}$	I/O脚施密特触发器电压迟滞 <sup>(1)</sup>		$10\%V_{DD}$			mV
$I_{lkg}$	输入漏电流 <sup>(2)</sup>				3	$\mu A$
$R_{PU}$	弱上拉等效电阻 <sup>(3)</sup>	$V_{IN} = V_{SS}$	20	40	100	k $\Omega$
$R_{PD}$	弱下拉等效电阻 <sup>(3)</sup>	$V_{IN} = V_{DD}$	20	40	100	
$C_{IO}$	I/O引脚的电容				10	pF

1. 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。

2. 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。

3. 上拉和下拉电阻是设计为一个真正的电阻串联一个可开关的PMOS/NMOS实现。这个PMON/NMOS开关的电阻很小(约占10%)。

所有I/O端口都是CMOS和TTL兼容(不需软件配置)，它们的特性考虑了多数严格的CMOS工艺或TTL参数：

- 对于 $V_{IH}$ ：
  - 如果 $V_{DD}$ 是介于[2.50V~3.08V]；使用CMOS特性但包含TTL。
  - 如果 $V_{DD}$ 是介于[3.08V~3.60V]；使用TTL特性但包含CMOS。
- 对于 $V_{IL}$ ：
  - 使用CMOS特性但包含TTL。

#### 输出驱动电流

GPIO(通用输入/输出端口)可以吸收或输出多达 $\pm 8mA$ 电流，并且吸收 $+20mA$ 电流(不严格的 $V_{OL}$ )。

在用户应用中，I/O脚的数目必须保证驱动电流不能超过5.2节给出的绝对最大额定值：

- 所有I/O端口从 $V_{DD}$ 上获取的电流总和，加上MCU在 $V_{DD}$ 上获取的最大运行电流，不能超过绝对最大额定值 $I_{VDD}$ (参见表8)。
- 所有I/O端口吸收并从 $V_{SS}$ 上流出的电流总和，加上MCU在 $V_{SS}$ 上流出的最大运行电流，不能超过绝对最大额定值 $I_{VSS}$ (参见表8)。

输出电压

除非特别说明，

表33列出的参数是使用环境温度和V<sub>DD</sub>供电电压符合表10的条件测量得到。所有的I/O端口都是兼容CMOS和TTL的。

表33. 输出电压特性

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
V <sub>OL</sub> <sup>(1)</sup>	输出低电平，当8个引脚同时吸收电流	TTL端口，I <sub>IO</sub> =+8mA 2.7V < V <sub>DD</sub> < 3.6V		0.5	V
V <sub>OH</sub> <sup>(2)</sup>	输出高电平，当8个引脚同时输出电流		0.8V <sub>DD</sub>		
V <sub>OL</sub> <sup>(1)</sup>	输出低电平，当8个引脚同时吸收电流	CMOS端口，I <sub>IO</sub> =+8mA 2.7V < V <sub>DD</sub> < 3.6V		0.5	
V <sub>OH</sub> <sup>(2)</sup>	输出高电平，当8个引脚同时输出电流		0.8V <sub>DD</sub>		
V <sub>OL</sub> <sup>(1)(3)</sup>	输出低电平，当8个引脚同时吸收电流	I <sub>IO</sub> = +20mA 2.7V < V <sub>DD</sub> < 3.6V		0.5	
V <sub>OH</sub> <sup>(2)(3)</sup>	输出高电平，当8个引脚同时输出电流		0.8V <sub>DD</sub>		
V <sub>OL</sub> <sup>(1)(3)</sup>	输出低电平，当8个引脚同时吸收电流	I <sub>IO</sub> = +6mA 2V < V <sub>DD</sub> < 2.7V		0.5	
V <sub>OH</sub> <sup>(2)(3)</sup>	输出高电平，当8个引脚同时输出电流		0.8V <sub>DD</sub>		

1. 芯片吸收的电流I<sub>IO</sub>必须始终遵循表中给出的绝对最大额定值，同时I<sub>IO</sub>的总和(所有I/O脚和控制脚)不能超过I<sub>VSS</sub>。

2. 芯片输出的电流I<sub>IO</sub>必须始终遵循表中给出的绝对最大额定值，同时I<sub>IO</sub>的总和(所有I/O脚和控制脚)不能超过I<sub>VDD</sub>。

3. 由综合评估得出，不在生产中测试。

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15和表34给出。

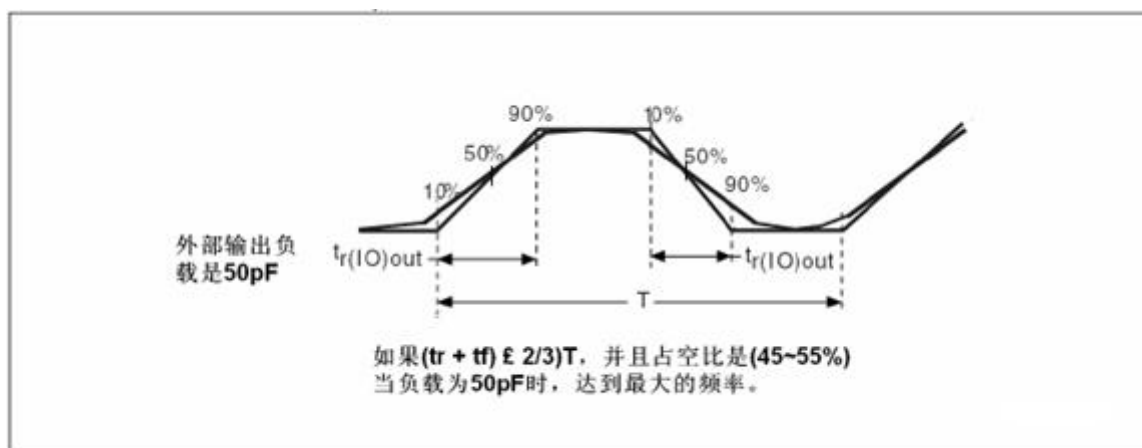
除非特别说明，表34列出的参数是使用环境温度和供电电压符合表10的条件测量得到。

表34. 输入输出交流特性<sup>(1)</sup>

MODEx[1:0] 的配置	符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
10 (2MHz)	$f_{\max(\text{IO})\text{out}}$	最大频率 <sup>(2)</sup>	$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2\sim3.6\text{V}$		2	MHz
	$t_{f(\text{IO})\text{out}}$	输出高至低电平的下降时间	$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2\sim3.6\text{V}$		125 <sup>(3)</sup>	ns
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出低至高电平的上升时间			125 <sup>(3)</sup>	
01 (10MHz)	$f_{\max(\text{IO})\text{out}}$	最大频率 <sup>(2)</sup>	$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2\sim3.6\text{V}$		10	MHz
	$t_{f(\text{IO})\text{out}}$	输出高至低电平的下降时间	$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2\sim3.6\text{V}$		25 <sup>(3)</sup>	ns
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出低至高电平的上升时间			25 <sup>(3)</sup>	
11 (50MHz)	$f_{\max(\text{IO})\text{out}}$	最大频率 <sup>(2)</sup>	$C_L=30\text{pF}$ , $V_{DD}=2.7\sim3.6\text{V}$		50	MHz
			$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2.7\sim3.6\text{V}$		30	
			$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2\sim2.7\text{V}$		20	
	$t_{f(\text{IO})\text{out}}$	输出高至低电平的下降时间	$C_L=30\text{pF}$ , $V_{DD}=2.7\sim3.6\text{V}$		5	ns
			$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2.7\sim3.6\text{V}$		8	
			$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2\sim2.7\text{V}$		12	
	$t_{r(\text{IO})\text{out}}$	输出低至高电平的上升时间	$C_L=30\text{pF}$ , $V_{DD}=2.7\sim3.6\text{V}$		5	
			$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2.7\sim3.6\text{V}$		8	
			$C_L=50\text{pF}$ , $V_{DD}=2\sim2.7\text{V}$		12	
	$t_{\text{EXTI}pw}$	EXTI控制器检测到外部信号的脉冲宽度		10		

1. I/O端口的速度可以通过MODEx[1:0]配置。参见MC60F7415参考手册中有关GPIO端口配置寄存器的说明。
2. 最大频率在图22中定义。
3. 由设计保证，不在生产中测试。

图15. 输入输出交流特性定义



### 5.3.12 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， $R_{PU}$ (参见表32)。

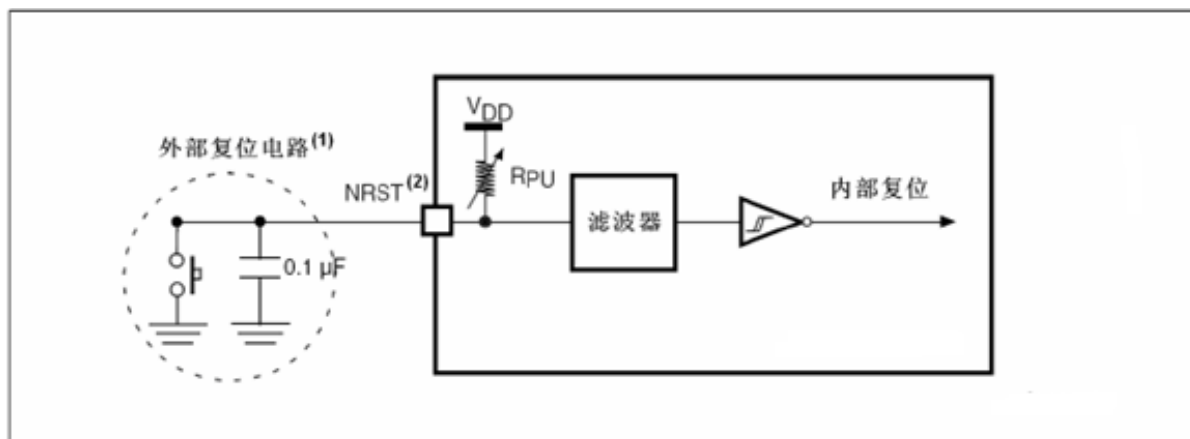
除非特别说明，表35列出的参数是使用环境温度和 $V_{DD}$ 供电电压符合表10的条件测量得到。

表35. 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		-0.5		0.8	V
$V_{IH(NRST)}^{(1)}$	NRST输入高电平电压		2		$V_{DD}+0.5$	
$V_{hys(NRST)}$	NRST施密特触发器电压迟滞			$0.1V_{DD}$		mV
$R_{PU}$	弱上拉等效电阻 <sup>(2)</sup>	$V_{IN} = V_{SS}$	20	40	100	k $\Omega$
$V_{F(NRST)}^{(1)}$	NRST输入滤波脉冲				100	ns
$V_{NF(NRST)}^{(1)}$	NRST输入非滤波脉冲		300			

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16. 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35中列出的最大 $V_{IL(NRST)}$ 以下，否则MCU不能得到复位。

### 5.3.13 TIM定时器特性

表36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5.3.12节。

表36. TIMx<sup>(1)</sup>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		$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK}=48MHz$	10.4		ns
$f_{EXT}$	CH1至CH4的定时器外部时钟频率		0	$f_{TIMxCLK}/2$	MHz
		$f_{TIMxCLK}=48MHz$	0	48	
$Res_{TIM}$	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	$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK}=48MHz$	0.0104	682	$\mu s$
$t_{MAX\_COUNT}$	最大可能的计数			65536 x 65536	$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK} = 48MHz$		44.7	s

1. TIMx是一个通用的名称, 代表TIM1,2,3,14,16,17。

### 5.3.14 通信接口

#### I2C接口特性

除非特别说明, 表37列出的参数是使用环境温度,  $f_{PCLK1}$ 频率和 $V_{DD}$ 供电电压符合表10的条件测量得到。

MC60F7415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 $V_{DD}$ 之间的PMOS管被关闭, 但仍然存在。

I2C接口特性列于表37, 有关输入输出复用功能引脚(SDA和SCL)的特性详情, 参见第5.3.12节。

表37. I2C接口特性

符号	参数	标准I2C <sup>(1)</sup>		快速I2C <sup>(1)(2)</sup>		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		$\mu s$
$t_{w(SCLH)}$	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 <sup>(3)</sup>		0 <sup>(4)</sup>	900 <sup>(3)</sup>	
$t_r(SDA)$ $t_r(SCL)$	SDA和SCL上升时间		1000	$2.0+0.1C_b$	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		$\mu s$
$t_{su(STA)}$	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		
$t_w(STO:STA)$	停止条件至开始条件的时间(总线空闲)	4.7		1.3		
$C_b$	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。

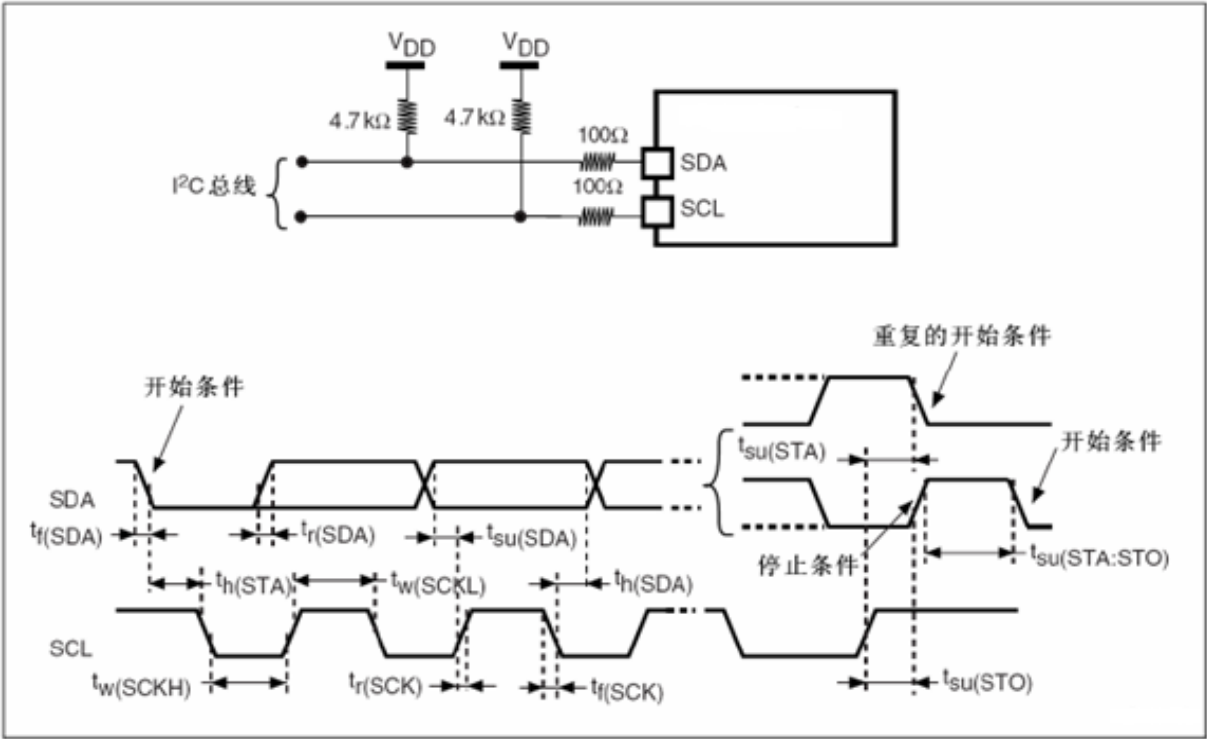
2. 为达到标准模式I2C的最大频率,  $f_{PCLK1}$ 必须大于2MHz。为达到快速模式I2C的最大频率,  $f_{PCLK1}$ 必须



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17. I2C总线交流波形和测量电路<sup>(1)</sup>



- 1. 测量点设置于CMOS电平：0.3V<sub>DD</sub>和0.7V<sub>DD</sub>。

表38. SCL频率( $f_{PCLK1} = 36\text{MHz}$ ,  $V_{DD} = 3.3\text{V}$ )<sup>(1)(2)</sup>

$f_{SCL}(\text{kHz})$	I2C寄存器数值
	RP = 4.7kΩ
400	
300	
200	
100	
50	
20	

- 1.  $R_p$  = 外部上拉电阻， $f_{SCL}$  = I2C速度。
- 2. 对于200kHz左右的速度，速度的误差是±5%。对于其它速度范围，速度的误差是±2%。这些变化取决于设计中外部元器件的精度。

**SPI接口特性**

除非特别说明，表39列出的参数是使用环境温度， $f_{PCLKx}$ 频率和 $V_{DD}$ 供电电压符合表10的条件测量得到。

有关输入输出复用功能引脚(NSS、SCK、MOSI、MISO)的特性详情，参见第5.3.12节。

表39. SPI特性<sup>(1)</sup>

符号	参数	条件	最大值	最小值	单位
$f_{SCK}1/t_c(SCK)$	SPI时钟频率	主模式	0	36	MHz
		从模式	0	18	
$t_r(SCK)$ $t_f(SCK)$	SPI时钟上升和下降时间	负载电容: C=30pF		8	ns
$t_{su}(NSS)^{(2)}$	NSS建立时间	从模式	$4t_{PCLK}$		
$t_h(NSS)^{(2)}$	NSS保持时间	从模式	73		
$t_w(SCKH)^{(2)}$ $t_w(SCKL)^{(2)}$	SCK高和低的时间	主模式, $f_{PCLK} = 36MHz$ , 预分频系数=4	50	60	
$t_{su}(MI)^{(2)}$	数据输入建立时间, 主模式	SPI1	1		
$t_{su}(SI)^{(2)}$	数据输入建立时间, 从模式		1		
$t_h(MI)^{(2)}$	数据输入保持时间, 主模式	SPI1	1		
$t_h(SI)^{(2)}$	数据输入保持时间, 从模式		3		
$t_a(SO)^{(2)(3)}$	数据输出访问时间	从模式, $f_{PCLK} = 36MHz$ , 预分频系数=4	0	55	
		从模式, $f_{PCLK} = 24MHz$		$4t_{PCLK}$	
$t_{dis}(SO)^{(2)(4)}$	数据输出禁止时间	从模式	10		
$t_v(SO)^{(2)(1)}$	数据输出有效时间	从模式(使能边沿之后)		25	
$t_v(MO)^{(2)(1)}$	数据输出有效时间	主模式(使能边沿之后)		3	
$t_h(SO)^{(2)}$	数据输出保持时间	从模式(使能边沿之后)	25		
$t_h(MO)^{(2)}$		主模式(使能边沿之后)	4		

1. 重映射的SPI1特性需要进一步确定。
2. 由综合评估得出, 不在生产中测试。
3. 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。
4. 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18. SPI时序图 - 从模式和CPHA=0

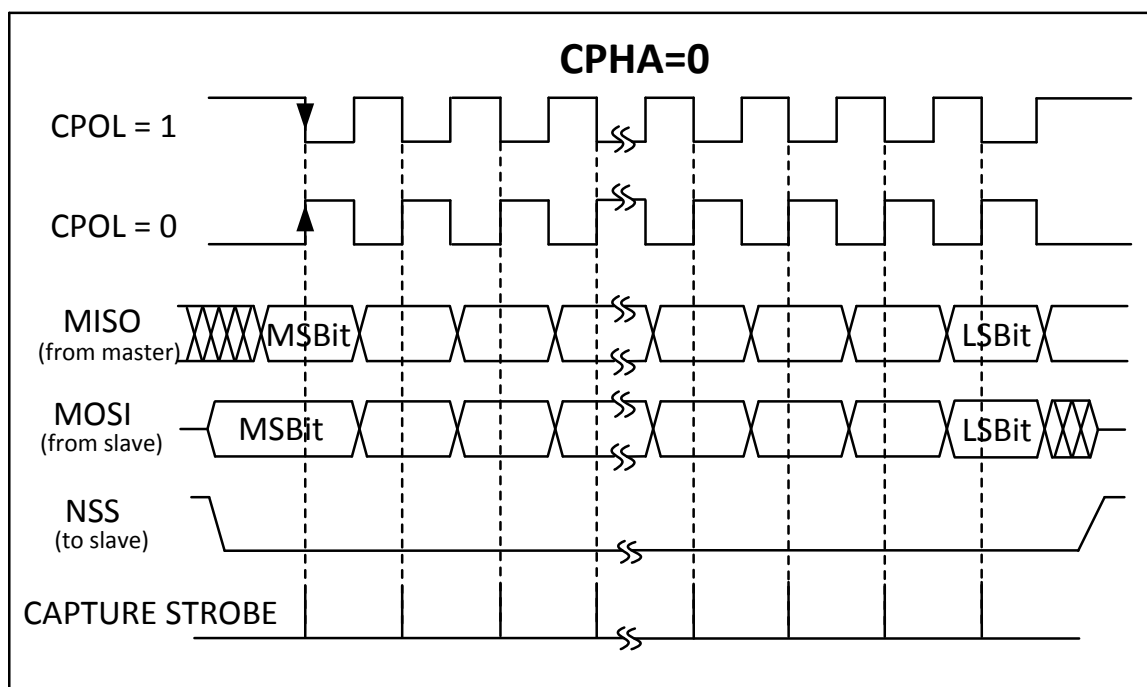
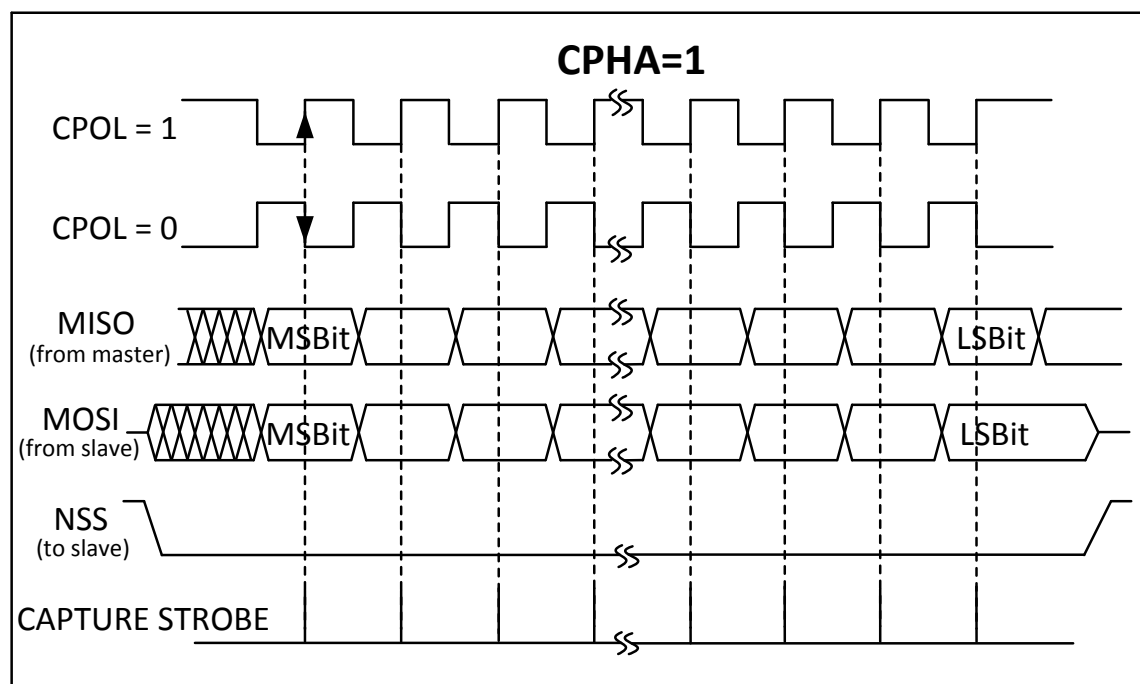
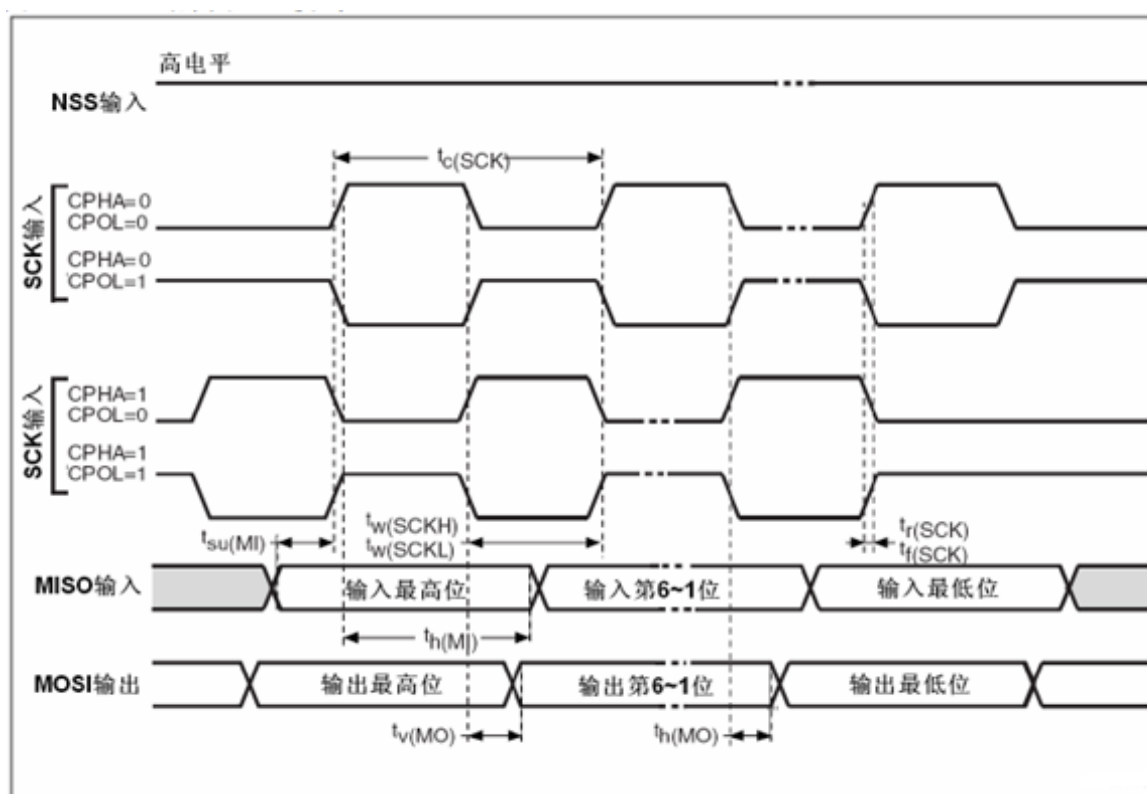


图19. SPI时序图 - 从模式和CPHA=1<sup>(1)</sup>



1. 测量点设置于CMOS电平：0.3V<sub>DD</sub>和0.7V<sub>DD</sub>。

图20. SPI时序图 - 主模式<sup>(1)</sup>



1. 测量点设置于CMOS电平：0.3V<sub>DD</sub>和0.7V<sub>DD</sub>。

### 5.3.15 12位ADC特性

除非特别说明，表40的参数是使用符合表10的条件的环境温度、f<sub>PCLK2</sub>频率和V<sub>DDA</sub>供电电压测量得到。

注：建议在每次上电时执行一次校准。

表40. ADC特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>DDA</sub>	供电电压		3	5	5.5	V
V <sub>REF+</sub>	正参考电压		3		V <sub>DDA</sub>	V
f <sub>ADC</sub>	ADC时钟频率				15	MHz
f <sub>S</sub> <sup>(2)</sup>	采样速率				1	MHz
f <sub>TRIG</sub> <sup>(2)</sup>	外部触发频率	f <sub>ADC</sub> = 15MHz				kHz
						1/f <sub>ADC</sub>
V <sub>AIN</sub> <sup>(3)</sup>	转换电压范围		0(V <sub>SSA</sub> 或 V <sub>REF-</sub> -连接到地)		V <sub>REF+</sub>	V
R <sub>AIN</sub> <sup>(2)</sup>	外部输入阻抗		参见公式1和表43			kΩ
R <sub>ADC</sub> <sup>(2)</sup>	采样开关电阻					kΩ
C <sub>ADC</sub> <sup>(2)</sup>	内部采样和保持电容					pF
t <sub>CAL</sub> <sup>(2)</sup>	校准时间	f <sub>ADC</sub> = 15MHz				μs
						1/f <sub>ADC</sub>
t <sub>lat</sub> <sup>(2)</sup>	注入触发转换时延	f <sub>ADC</sub> = 15MHz				μs
						1/f <sub>ADC</sub>
t <sub>latr</sub> <sup>(2)</sup>	常规触发转换时延	f <sub>ADC</sub> = 15MHz				μs
						1/f <sub>ADC</sub>
t <sub>S</sub> <sup>(2)</sup>	采样时间	f <sub>ADC</sub> = 15MHz				μs
						1/f <sub>ADC</sub>
t <sub>STAB</sub> <sup>(2)</sup>	上电时间					μs
t <sub>CONV</sub> <sup>(2)</sup>	总的转换时间(包括采样时间)	f <sub>ADC</sub> = 15MHz				μs
			14~252(采样t <sub>S</sub> +逐步逼近12.5)			1/f <sub>ADC</sub>

1. 由综合评估保证，不在生产中测试。
2. 由设计保证，不在生产中测试。
3. 在LQFP48封装产品中，V<sub>REF+</sub>在内部连接到V<sub>DDA</sub>，V<sub>REF-</sub>在内部连接到V<sub>SSA</sub>。
4. 对于外部触发，必须在表43列出的时延中加上一个延迟1/f<sub>PCLK2</sub>。

### 公式1: 最大R<sub>AIN</sub>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)。

表41.  $f_{ADC}=15\text{MHz}^{(1)}$ 时的最大 $R_{AIN}$

$T_s$ (周期)	$t_s(\mu\text{s})$	最大 $R_{AIN}(\text{k}\Omega)$
1.5	0.11	
7.5	0.54	
13.5	0.96	
28.5	2.04	
41.5	2.96	
55.5	3.96	
71.5	5.11	
239.5	17.1	

1. 由设计保证，不在生产中测试。

表42. ADC精度 - 局限的测试条件<sup>(1)(2)</sup>

符号	参数	测试条件	典型值	最大值	单位
ET	综合误差	$f_{PCLK2}=60\text{MHz}$ , $f_{ADC}=15\text{MHz}$ , $R_{AIN} < 10\text{k}\Omega$ , $V_{DDA}=3\sim 3.6\text{V}$ , $T_A=25^\circ\text{C}$ 测量是在ADC校准之后进行的	$\pm 15$	$\pm 18$	LSB
EO	偏移误差		$\pm 3$	$\pm 5$	
EG	增益误差		$\pm 6$	$\pm 8$	
ED	微分线性误差		$\pm 10$	$\pm 11$	
EL	积分线性误差		$\pm 11$	$\pm 13$	

1. ADC的直流精度数值是在经过内部校准后测量的。

2. ADC精度与反向注入电流的关系：需要避免在任何标准的模拟输入引脚上注入反向电流，因为这样会显著地降低另一个模拟输入引脚上正在进行的转换精度。建议在可能产生反向注入电流的标准模拟引脚上，(引脚与地之间)增加一个肖特基二极管。

如果正向的注入电流，只要处于第5.3.12节中给出的 $I_{INJ(PIN)}$ 和 $\Sigma I_{INJ(PIN)}$ 范围之内，就不会影响ADC精度。

3. 由综合评估保证，不在生产中测试。

图21. ADC精度特性

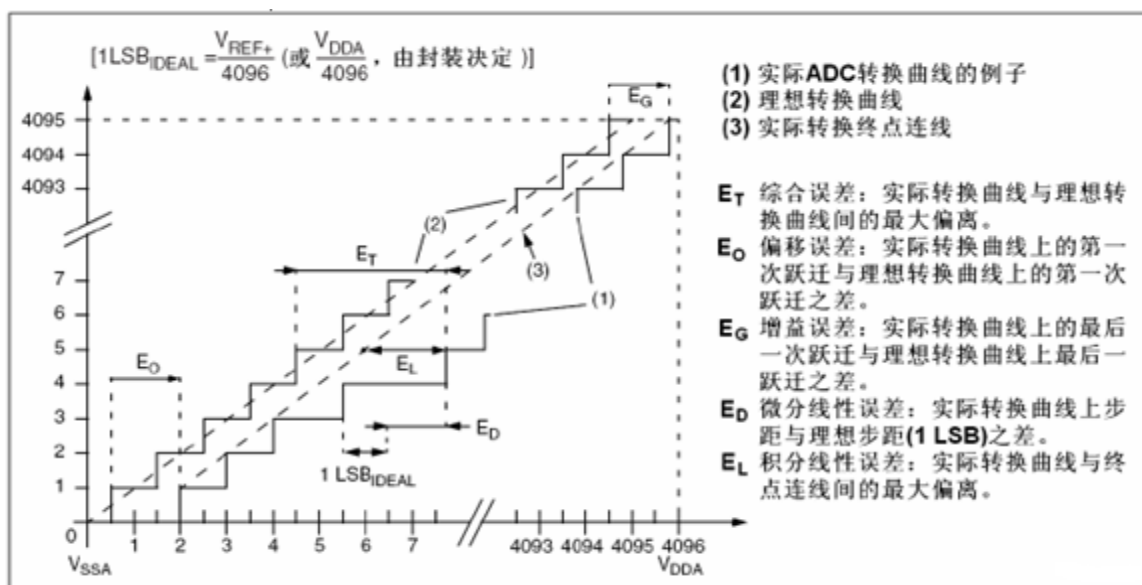
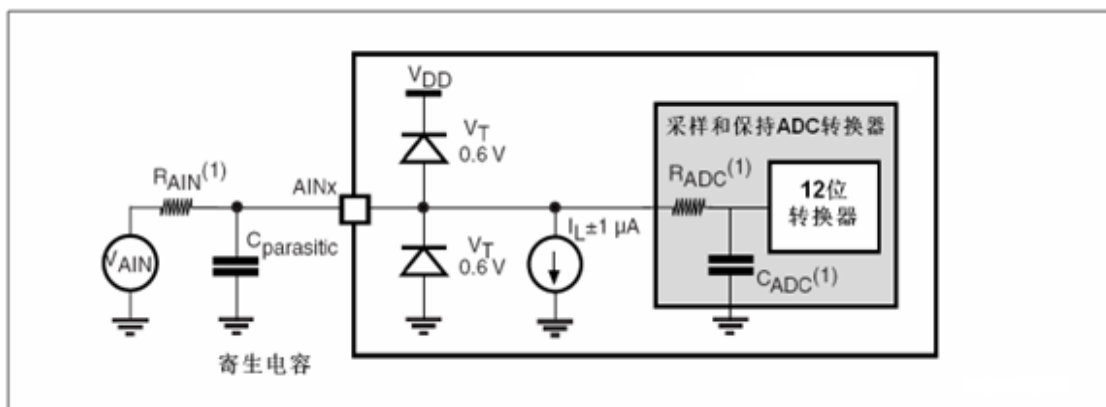


图22. 使用ADC典型的连接图

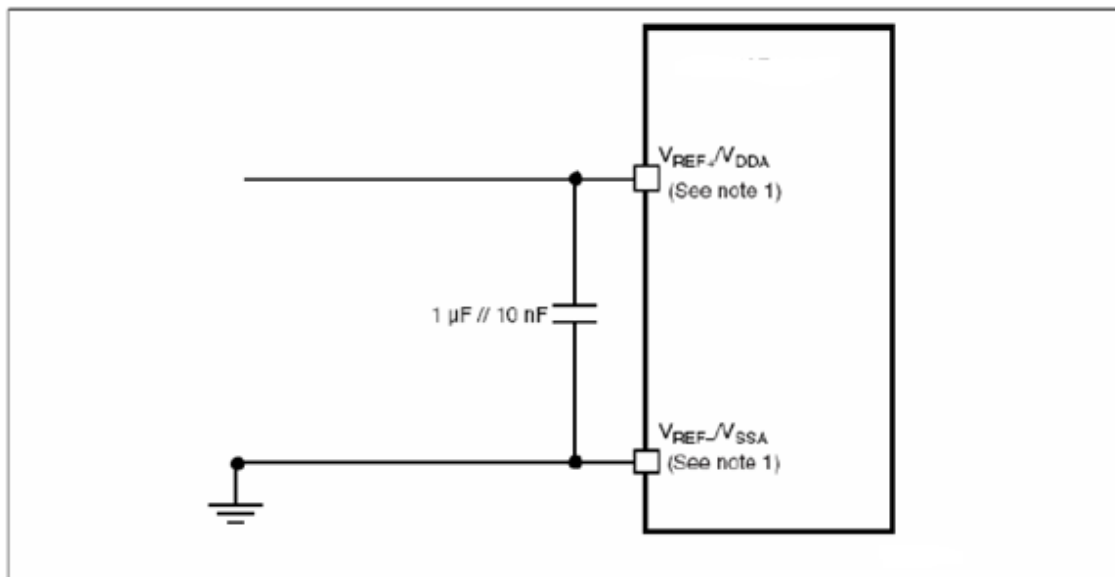


1. 有关 $R_{AIN}$ 、 $R_{ADC}$ 和 $C_{ADC}$ 的数值，参见表40。
2.  $C_{parasitic}$ 表示PCB(与焊接和PCB布局质量相关)与焊盘上的寄生电容(大约7pF)。较大的 $C_{parasitic}$ 数值将降低转换的精度，解决的办法是减小 $f_{ADC}$ 。

### PCB设计建议

电源的去耦必须按照图23连接。图中的10nF电容必须是瓷介电容(好的质量)，它们应该尽可能地靠近MCU芯片。

图23. 供电电源和参考电源去藕线路( $V_{REF+}$ 与 $V_{DDA}$ 相连)

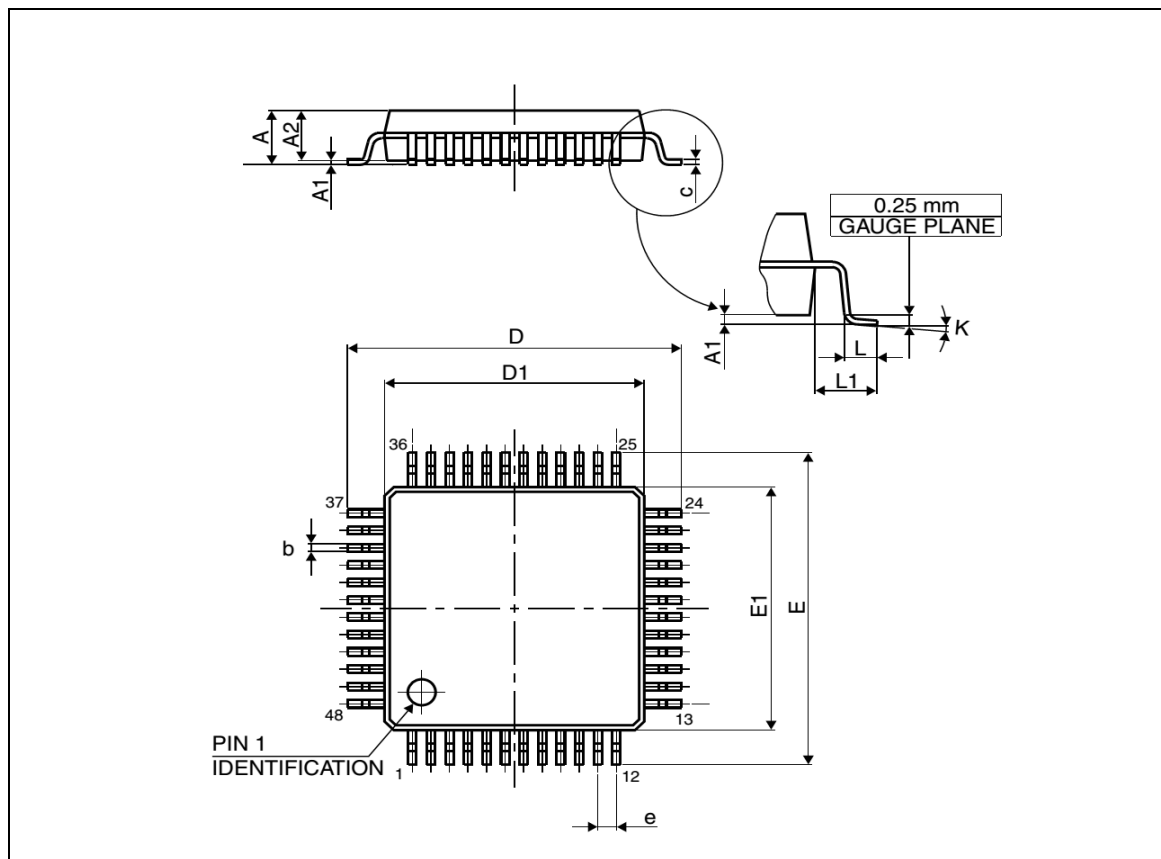


1.  $V_{REF+}$ 和 $V_{REF-}$ 输入只出现在100脚以上的产品。

## 6. 封装特性

### 6.1 封装LQFP48

图24. LQFP48, 48脚低剖面方形扁平封装图



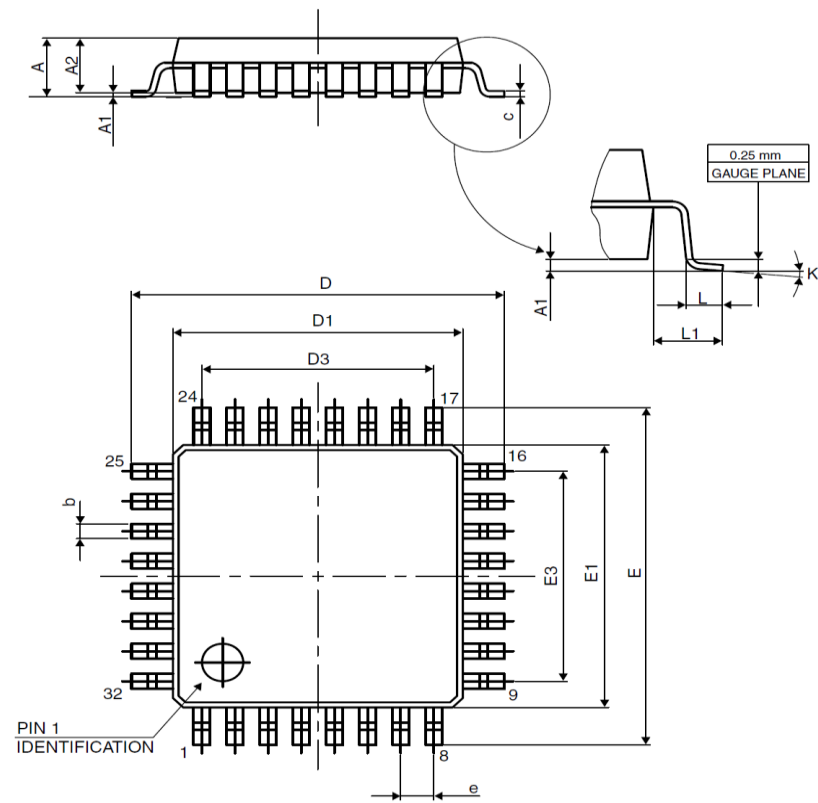
1. 图不是按照比例绘制。
2. 尺寸单位为毫米。

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A			1.60
A1	0.05		0.20
A2	1.35	1.40	1.45
b	0.19		0.27
c	0.13		0.18
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	6.10
e		0.5	
K	0°	3.5°	7°
L	0.45		0.65
L1		1.00	
N	引脚数目=48		



6.2 封装LQFP32

图25. LQFP32，32脚低剖面方形扁平封装图

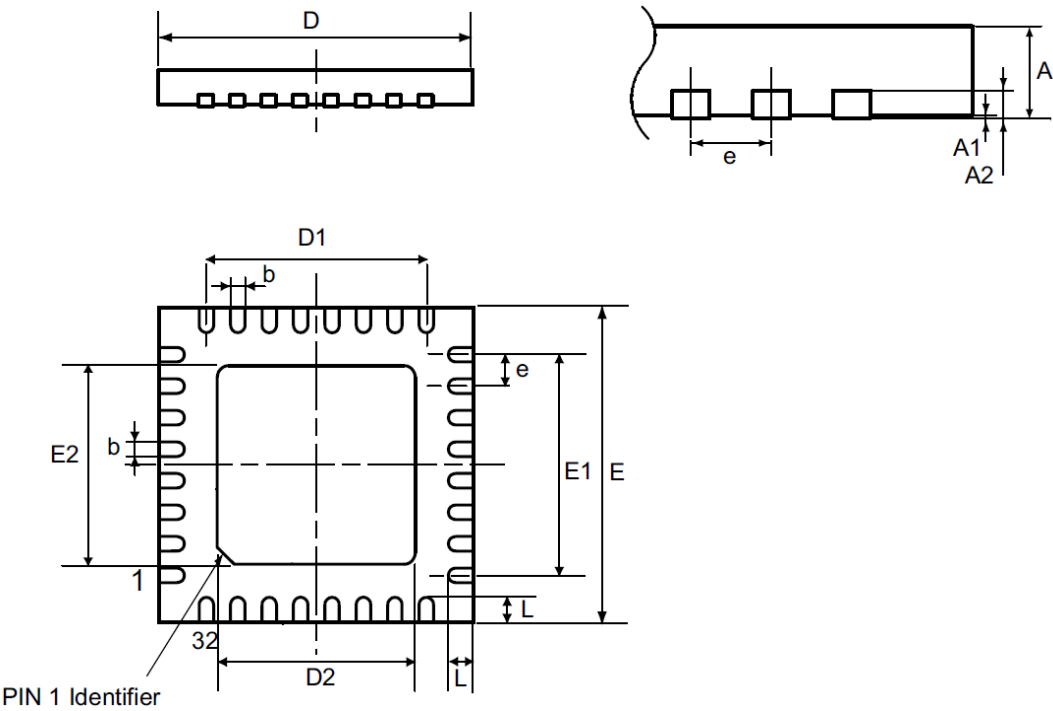


- 1. 图不是按照比例绘制。
- 2. 尺寸单位为毫米。

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A			1.60
A1	0.05		0.20
A2	1.35	1.40	1.45
b	0.30	0.37	0.45
c	0.13		0.18
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		0.8	
K	0°	3.5°	7°
L	0.40		0.65
L1		1.00	
N	引脚数目=32		

6.3 封装QFN-32

图26. QFN-32，方形扁平无引线封装外形



1. 图不是按照比例绘制。
2. 尺寸单位为毫米。

标号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A	0.7	0.75	0.80
A1	0.00	0.035	0.05
b	0.20	0.25	0.30
D	4.90	5.00	5.10
D1	3.40	3.50	3.60
E	4.90	5.00	5.10
E1	3.40	3.50	3.60
e		0.5	
L	0.30	0.40	0.50
N	引脚数目=32		

## 7. 修改记录

版本	内容	日期
V1.0	Working version	2015/11/18
V1.1	修改全文格式页眉页脚，更改图表	2016/02/26
V1.2	订正详细规格描述	2016/06/05
V1.3	修改引脚图和引脚定义表	2016/06/08
V1.5	PD4改为PD3，PD3改为PD2	2016/09/06
V1.6	修改错误内容	2016/09/13
V1.7	添加表4中的AF5列	2016/09/23
V1.8	修改表格内测试数据	2016/09/29
V2.0	删除小节5.3.4内置的参照电压	2016/11/09