

32 位 MCU
ES32M0502

数 据 手 册

☐ 产品简介

☒ 数据手册

☐ 参考手册

上海东软载波微电子有限公司

2025-03-19

ES32M0502 电机控制 32 位通用型MCU

- **内核**
 - ARM® 32-bit Cortex®-M0 MCU
 - 频率最高72MHz
 - 系统效能评分56 DMIPS @72MHz (Dhrystone 2.1)
- **存储单元**
 - 128K bytes Flash
 - 8K bytes SRAM
- **电源与复位管理**
 - 数字与I/O电源: $V_{DDH}=2.4 \sim 5.5V$
 - 模拟电源: $V_{DDA}=2.4 \sim 5.5V$
 - POR/PDR/BOR
 - 低电压侦测 (LVD)
 - 低功耗模式: SLEEP、STOP
- **时钟源管理**
 - 外部4-32MHz晶体振荡器
 - 内部16MHz RC振荡器
 - 内部32KHz RC振荡器
 - PLL锁相环电路, 最高倍频至72MHz, 支持分数频设定
- **接口资源**
 - 多达44个通用I/O端口
 - 支持外部中断事件
 - 8个I/O, 支持低功耗外部唤醒事件
- **运算加速单元**
 - CALC: 32位除法与平方根运算
 - SVA: SVPWM、Clarke/Park正逆变换
- **定时器**
 - 2路16位高级定时器: 4个输入捕获/6个输出比较, 4组PWM互补输出, 支持刹车功能
 - 2路32位通用定时器: 4个输入捕获/输出比较
 - 2路16位通用定时器: 2个输入捕获/输出比较, 1组PWM互补输出
 - 1路16位基本定时器
- **通信接口**
 - 1路I2C接口: 多主机模式、SMBus
 - 1路SPI接口
 - 2路UART: 自动波特率检测, 调制解调器、RS-485和IrDA
 - 1路CAN2.0
- **直接存储访问控制器DMA**
 - 6个DMA传输通道
 - 通道各自拥有独立的外设控制缓存区, 提升传输速率
 - 支持外设传输需求, 包含SPI、I2C、UART、定时器和ADC
 - 支持外设到内存之间 (P2M/M2P) 或者内存到内存之间 (M2M) 数据传输
- **模拟控制单元**
 - 2路12位ADC: 2MSPS, 共36个通道, 最多20个外部输入
 - 2路模拟比较器CMP
 - 4路运算放大器OPAMP: 可配置差分/单端PGA, 支持x1 ~ x16倍率
- **系统外设**
 - SWD协议调试接口
 - 看门狗定时器: IWDG和WWDG
 - 系统节拍定时器
- **封装类型**
 - LQFP48(7x7 mm)
 - LQFP32(7x7 mm)

产品系列代码	产品代码
ES32M0502	ES32M0502LQ ES32M0502LK

目录

ES32M0502 电机控制 32 位通用型 MCU	2
第 1 章 简介	8
第 2 章 概述	9
2.1 器件资源配置	10
2.2 器件资源概述	12
2.2.1 MCU 内核	12
2.2.1.1 ARM Cortex-M0	12
2.2.1.2 NVIC	12
2.2.1.3 系统节拍定时器	12
2.2.2 存储器	12
2.2.2.1 静态随机存取存储器 (SRAM)	12
2.2.2.2 闪存 (FLASH)	12
2.2.2.3 闪存操作解锁	13
2.2.2.4 存储器保护	13
2.2.2.5 启动方式	13
2.2.3 系统管理	13
2.2.3.1 电源	13
2.2.3.2 电源监视	13
2.2.3.3 稳压器	14
2.2.3.4 低功耗模式	14
2.2.3.5 时钟管理	14
2.2.3.6 看门狗定时器 (IWDG / WWDG)	14
2.2.4 外部接口	14
2.2.4.1 通用 I/O 端口 (GPIO)	14
2.2.4.2 外部中断/事件控制器 (EXTI)	15
2.2.5 运算加速	15
2.2.5.1 运算加速器 (CALC)	15
2.2.5.2 空间向量运算加速器 (SVA)	15
2.2.5.3 无限脉冲响应滤波器 (IIR)	15
2.2.6 定时器	15
2.2.6.1 高级定时器 16 位 6 通道 (AD16C6Tn, n=1~2)	16
2.2.6.2 通用定时器 32 位 4 通道 (GP32C4Tn, n=1~2)	16
2.2.6.3 通用定时器 16 位 2 通道 (GP16C2Tn, n=1~2)	16
2.2.6.4 基本定时器 (BS16T1)	17
2.2.7 通信	17
2.2.7.1 通用异步收发器 (UART)	17
2.2.7.2 内部集成电路总线 (I2C)	18
2.2.7.3 串行外设接口 (SPI)	18
2.2.7.4 基本扩展控制器局域网络 (CAN)	18
2.2.8 模拟	19
2.2.8.1 内部分压电阻 (VRES)	19
2.2.8.2 模拟比较器 (CMP)	19

2.2.8.3	模数转换器 (ADC)	20
2.2.8.4	运算放大器 (OPAMP)	21
第3章	引脚说明	22
3.1	引脚图	22
3.1.1	LQFP32 (7x7mm) 引脚图	22
3.1.2	LQFP48 (7x7mm) 引脚图	23
3.2	引脚定义	24
3.3	引脚定义说明	29
第4章	外部复位输入引脚, 低电平有效	29
4.1	引脚复用功能	31
第5章	存储器映射图	35
第6章	电气特性	36
6.1	芯片电源	36
6.2	电流测量	37
6.3	芯片极限参数	38
6.3.1	极限电压参数	38
6.3.2	极限电流参数	38
6.3.3	热参数	38
6.4	运行条件	39
6.4.1	一般运行条件	39
6.4.2	上电及掉电特性参数	39
6.4.3	复位及电源管理模块特性参数	39
6.4.4	电流特性	41
6.4.4.1	正常模式电流特性参数	41
6.4.4.2	低功耗模式电流特性参数	42
6.4.5	低功耗模式转换特性参数	42
6.4.6	外部时钟源特性参数	43
6.4.7	内部时钟源特性参数	44
6.4.8	小数分频锁相环 PLL 特性参数	44
6.4.9	FLASH 存储器特性参数	45
6.4.10	EMC 电磁兼容性	45
6.4.10.1	EMS 电磁敏感性	45
6.4.11	静电防护能力测试	45
6.4.11.1	静电放电(ESD)	45
6.4.11.2	静态门锁(LatchUp)	45
6.4.12	I/O 端口特性参数	46
6.4.12.1	I/O 输出特性图 (普通驱动模式 DS=0)	48
6.4.12.2	I/O 输出特性图 (强驱动模式 DS=1)	52
6.4.13	NRST 特性参数	56
6.4.14	定时器特性参数	56
6.4.15	通信特性参数	57
6.4.15.1	内部集成电路总线 I2C 特性参数	57
6.4.15.2	串行外设接口 SPI 特性参数	58
6.4.16	模拟数位转换器 ADC 特性参数	60

6. 4. 17 模拟比较器 CMP 特性参数.....	61
6. 4. 18 运算放大器 OPAMP 特性参数.....	61
6. 4. 19 温度传感器特性参数.....	62
6. 4. 20 内部电压源特性参数.....	62
第 7 章 封装信息.....	63
7. 1 LQFP32(7x7mm)封装尺寸图.....	63
7. 2 LQFP48(7x7mm)封装尺寸图.....	64
修订历史.....	65

图目录

图 2-1	ES32M0502 系统结构图	11
图 2-3	内部分压电阻结构图	19
图 2-4	ADC1 和 ADC2 通道连接图	20
图 2-5	运算放大器功能结构图	21
图 3-2	ES32M0502LQ LQFP48 (7x7mm) 引脚图	23
图 6-1	芯片电源	36
图 6-2	电流测量	37
图 6-3	外部高速振荡器连接图	43
图 6-4	NRST 应用电路	56
图 6-5	I2C 时序图	57
图 6-6	SPI 时序图 (从模式) 和 CPHA = 0	58
图 6-7	SPI 时序图 (从模式) 和 CPHA = 1	59
图 7-1	LQFP32(7x7mm)封装尺寸图	63
图 7-2	LQFP48(7x7mm)封装尺寸图	64

表目录

表 2-1	器件资源配置列表	10
表 2-2	各类定时器功能比较表	15
表 2-3	UART1/2 具体功能配置	17
表 3-1	引脚定义	28
表 3-2	引脚定义说明	30
表 3-3	通用 I/O PA 复用功能	32
表 3-4	通用 I/O PB 复用功能	33
表 3-5	通用 I/O PC 复用功能	34
表 6-1	极限电压参数	38
表 6-2	极限电流参数	38
表 6-3	极限热参数	38
表 6-4	一般运行条件	39
表 6-5	上电及掉电特性条件	39
表 6-6	复位及电源管理模块特性参数	40
表 6-7	正常模式电流特性（程序运行在 Flash）	41
表 6-9	SLEEP 模式电流特性	42
表 6-12	外部输入高速时钟特性参数	43
表 6-13	HOSC 振荡器特性参数	43
表 6-14	内部高速 16M RC 振荡器特性参数	44
表 6-15	内部低速 RC 振荡器特性参数	44
表 6-17	FLASH 存储器特性参数	45
表 6-19	静电放电最大额定值	45
表 6-20	静态闩锁最大额定值	45
表 6-21	I/O 端口 DC 特性参数	46
表 6-22	I/O 端口 AC 特性参数	47
表 6-23	NRST 特性参数	56
表 6-24	定时器特性参数	56
表 6-25	I2C 特性参数	57
表 6-26	SPI 特性参数	58
表 6-27	ADC 特性参数	60
表 6-28	最大值 R_{AIN} ($f_{ADC} = 48 \text{ MHz}$, 12 位分辨率)	60
表 6-29	CMP 特性参数	61
表 6-30	OPAMP 特性参数	61
表 6-31	温度传感器特性参数	62
表 6-32	内部电压源特性参数	62

第1章 简介

该数据手册为 ES32M0502 系列微控制器提供订单信息以及器件物理特性。阅读数据手册时请配合用户手册（ES32M0502 用户手册）一起使用。

关于 Cortex-M0 可参考《Cortex-M0 技术参考手册》，可从 ARM 官网（<http://infocenter.arm.com>）获得。

第2章 概述

ES32M0502 是电机控制 MCU，集成高性能 ARM Cortex-M0 32 位内核。芯片最高工作频率为 72MHz，以及最大 128KBytes Flash 与 8KBytes SRAM。提供广泛且有效的功能模块，以及符合标准的通信接口，包括 1 路 I2C，1 路 SPI，2 路 UART 和 1 路 CAN2.0。支持丰富的定时器资源，2 路 16 位高级定时器（AD16C6T），2 路 32 位通用定时器（GP32C4T），2 路 16 位通用定时器（GP16C2T），1 路 16 位基本定时器（BS16T）。

ES32M0502 拥有丰富的电机控制模块资源，2 路 12 位高速 ADC，2 路模拟比较器 CMP，4 路运算放大器 OPAMP，可配置差分/单端 PGA，支持 x1 ~ x16 倍率。额外提供运算加速单元，包括 CALC 除法/平方根，SVPWM，Clarke/Park 正逆变换。

ES32M0502 工作电压为 2.4 ~ 5.5V，工作温度范围为-40 ~ 105℃。

ES32M0502 适用于广泛的电机控制应用，如白色家电、电动自行车、电动工具、风机和水泵等。

2.1 器件资源配置

外设		ES32M0502LQ	ES32M0502LK
Flash (KBytes)		128	
SRAM (KBytes)		8	
GPIO		44	28
DMA		6 channels	
CMP		2	
ADC		2 (12bit, 19 channels)	
OPAMP		4 (可配置差分 PGA)	
CALC 运算加速器		32 位除法/平方根	
SVA 运算加速器		SVPWM/Clarke/Park	
定时器	AD16C6T	2	
	GP32C4T	2	
	GP16C2T	2	
	BS16T	1	
	WWDT	1	
	IWDT	1	
通信接口	I2C	1	
	SPI	1	
	UART	2	
	CAN2.0	1	
内核最高运行频率		72MHz	
芯片工作电压范围 (V_{DDH}/V_{DDA})		2.4V - 5.5V	
封装类型		LQFP48 (7x7mm)	LQFP32 (7x7mm)

表 2-1 器件资源配置列表

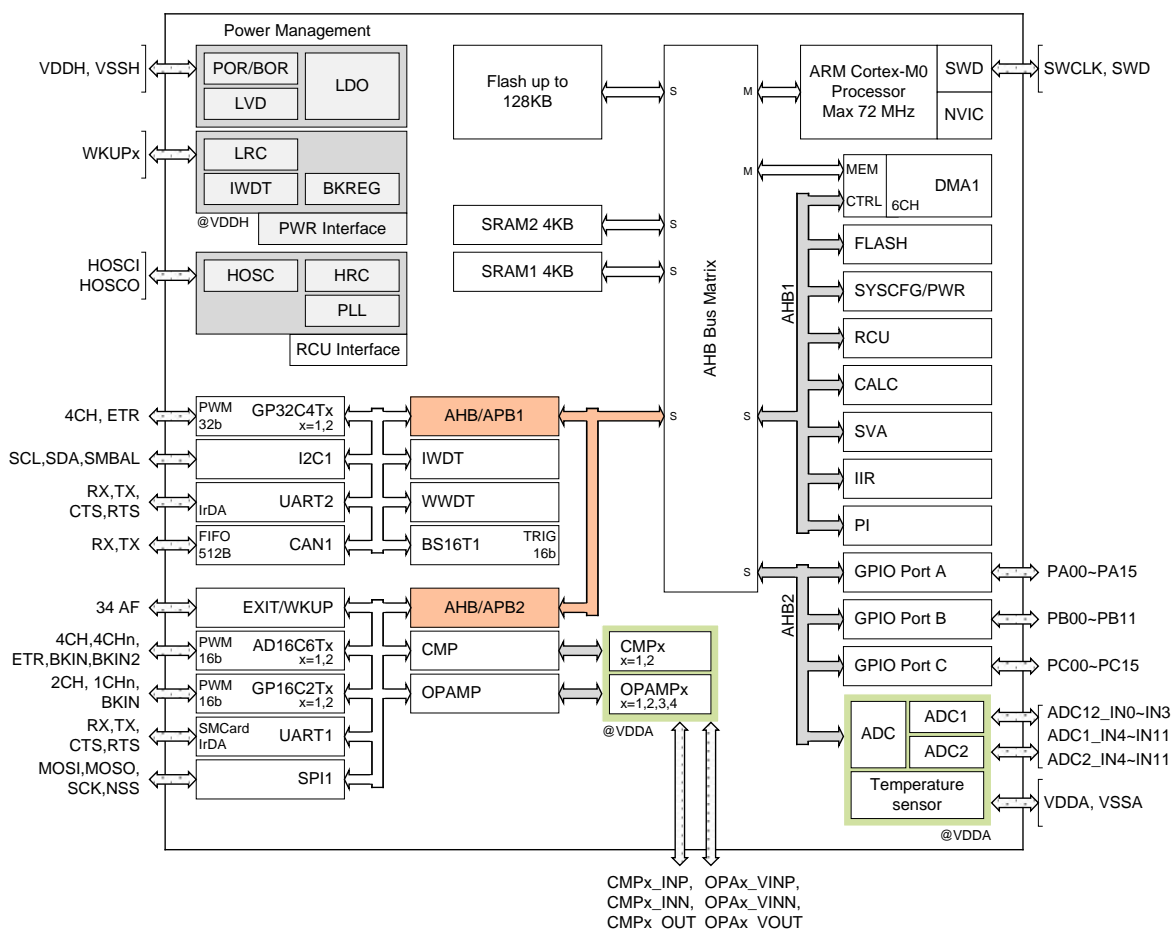


图 2-1 ES32M0502 系统结构图

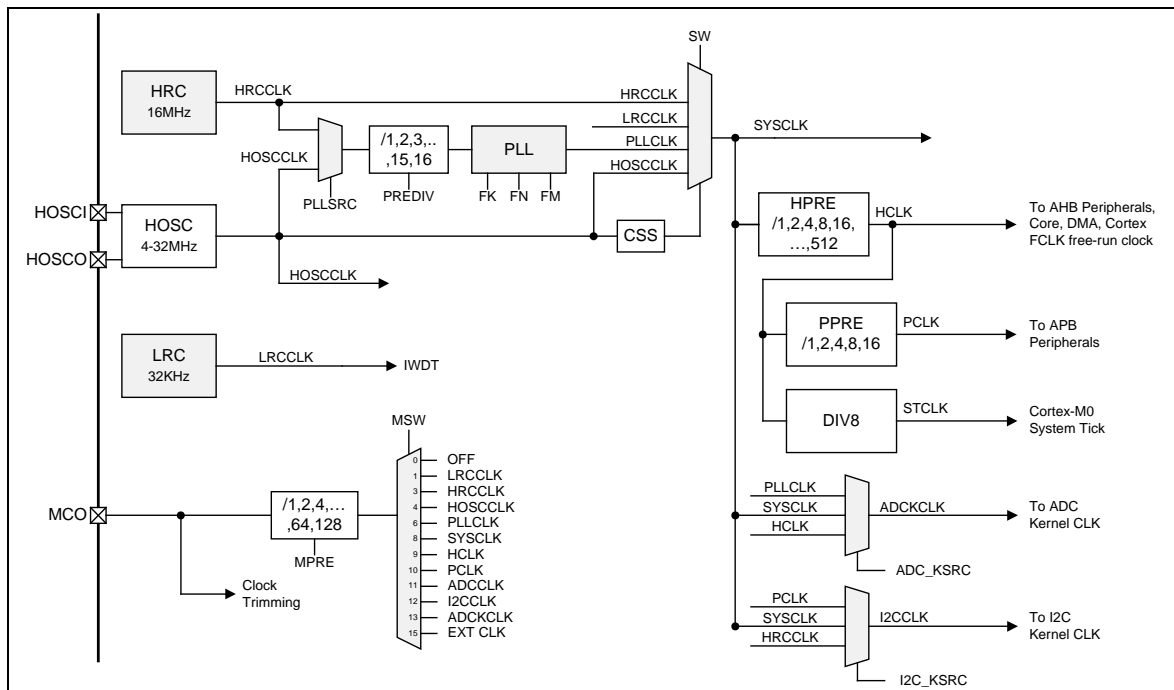


图 2-2 ES32M0502 时钟电路结构图

2.2 器件资源概述

2.2.1 MCU内核

2.2.1.1 ARM Cortex-M0

处理器配置功能如下：

- ◇ 内置向量中断控制器（NVIC）：32 个外部中断
- ◇ 集成系统定时器- SysTick
- ◇ 支持暂停调试
- ◇ 快速乘法器
- ◇ 支持标准 SWD（Serial Wire Debug）协议的调试接口

本章提供以下处理器外围设备的基本信息，

- ◇ CPU 系统定时器控制（SysTick）
- ◇ CPU 嵌套向量中断控制器（NVIC）
- ◇ CPU 系统控制

2.2.1.2 NVIC

- ◇ 32 个可屏蔽中断通道（不包含 16 个中断线）
- ◇ 可编程优先级（使用 2 位中断优先级）
- ◇ 低延迟异常以及中断处理
- ◇ 电源管理控制
- ◇ 系统控制寄存器的实现

NVIC 和处理器核心接口紧密耦合，可实现低延迟的中断处理和后期到达中断的高效处理。除了核心例外，所有的中断都由 NVIC 管理。

2.2.1.3 系统节拍定时器

集成系统定时器 SysTick，提供一个简单的 24 位清零写入，递减计数器和灵活的控制机制。可用作实时操作系统（RTOS）计时定时器或简单计数器。

2.2.2 存储器

嵌入式闪存最多支持 128KB 供用户存放应用程序（Application Code）或数据。闪存控制器允许用户通过在线系统编程器（ISP）、SWD、BootRom 或应用程序，修改已焊接于 PCB 板上芯片的程序或数据。

2.2.2.1 静态随机存取存储器（SRAM）

支持最大 8KByte SRAM，支持内核单周期访问。

2.2.2.2 闪存（FLASH）

最大 128KByte FLASH 存储空间用于存放程序和数据。

2.2.2.3 闪存操作解锁

闪存控制器初始会处在锁定状态，用户无法通过闪存控制器对闪存进行编程与擦除，避免闪存内的数据被意外擦除或覆盖。若用户需要使用闪存的编程与擦除功能时，需要先对闪存控制器进行解锁，解锁流程需连续输入 2 组解锁密钥。

2.2.2.4 存储器保护

程序区的保护功能，区分为用户代码读出保护（UCRP）、读保护（RP）和写保护（WP）。除了读保护以外，其余保护以 Sector（4 个页）为单位进行配置，最多支持 2 组区间保护。所有的保护设定在配置完毕后都不会立即生效，用户需要由配置字重载流程或重新上电，新的保护设定才会生效。

◇ 用户代码读出保护（UCRP）

可配置 FLASH 一块连续的区域为用户代码读出保护区，用户无法通过调试接口读出，也无法通过运行在该区域之外的程序读出；防止保护区内的信息被覆盖，禁止编程与擦除。

◇ 读保护（RP）

– Level 0: 无保护

– Level 1: 无法通过调试接口读出，也无法通过运行在 SRAM 中的程序读出，仅有该区域内的程序才可对该区域进行读取与修改，存放保护设定信息区不受此限制

– Level 2: 禁止所有调试接口访问，系统强制映射在程序区，且无法运行在 SRAM，仅有该区域内的程序才可对该区域进行读取与修改。当开启 Level 2 后无法通过程序修改保护等级。

◇ 写保护（WP）

防止程序区内的数据被误擦除或覆盖；可配置 FLASH 一块连续的区域为写保护区，用户无法对该区域进行页擦除和编程操作，但允许读取。

2.2.2.5 启动方式

在芯片上电之后，通过芯片配置字中 BOOT 配置，选择以下两种方式启动：

◇ 从用户程序启动（地址为 0x00000000）

◇ 从 BootRom 启动（地址为 0x1FFF0000）

2.2.3 系统管理

2.2.3.1 电源

2.4V~5.5V 电源，通过引脚 VDDH 为所有 I/O 及内部稳压器供电，通过引脚 VDDA 为模数转换器 ADC，运算放大器 OPAMP，比较器 CMP 和温度传感器等模拟模块供电。

2.2.3.2 电源监视

◇ 上电/掉电复位（POR/ PDR）：当电源电压低于 V_{POR}/V_{PDR} 时，系统进入复位状态。

◇ 欠压复位（BOR）：上电期间，欠压复位（BOR）使系统保持复位状态，直到电源电压达到所配置的 V_{BOR} 阈值。支持 7 个阈值可选，当电源电压低于所选的 V_{BOR} 阈值时，系统进入复位状态。

- ◇ 低压检测 (LVD): 支持 16 个监测系统电源阈值, 当电源电压达到所配置的 V_{LVD} 阈值时, 产生 LVD 中断事件, 可用于唤醒机制。

2.2.3.3 稳压器

- ◇ 内核稳压器: 提供稳定内核电压, 确保内核电压域稳定运作。

2.2.3.4 低功耗模式

ES32M0502 提供 2 种低功耗模式:

- ◇ SLEEP 模式
CPU 处于静止, 所有外设可维持工作状态, 通过外设中断事件唤醒。
- ◇ STOP 模式
关闭所有时钟源, 不支持外设中断唤醒, 保持内核数据与 SRAM 存储数据。
仅能通过 IWDG、低电压检测 (LVD)、外部唤醒 WKUPx 引脚或拉低 NRST 引脚唤醒。

2.2.3.5 时钟管理

- ◇ HRC
内部高速 RC 振荡器, 频率 16MHz, 默认作为系统时钟。
- ◇ HOSC
外部高速晶体振荡器, 支持 4 MHz 至 32MHz。
- ◇ LRC
内部低速 RC 振荡器, 频率约 32 KHz。
- ◇ PLL
锁相环最高倍频至 72MHz, 支持分数频设定, 参考时钟源可选择 HRC/HOSC。

2.2.3.6 看门狗定时器 (IWDG / WWDG)

- ◇ 独立看门狗定时器 (Independent Watchdog)
IWDG 功能一旦使能后, 计数时钟强制为 32KHz LRC, 用户无法通过软件关闭。其功能用于检测软件程序和硬件异常, 如主时钟停振, 程序异常造成无法喂狗等; 当计数器超时, 将触发系统复位。在调试模式下, 定时器可被冻结。
- ◇ 窗口看门狗定时器 (Window Watchdog)
WWDG 计数时钟为系统时钟 PCLK, 其功能用于检测软件没有喂狗 (过晚) 或过早喂狗行为, 将产生系统复位, 防止程序跑至不可控状态。在调试模式下, 定时器可被冻结。

2.2.4 外部接口

2.2.4.1 通用 I/O 端口 (GPIO)

每个 GPIO 引脚可单独配置为输入或输出, 且有独立的开漏或开源输出控制, 驱动能力选择, 上拉或下拉选择, CMOS/TTL 输入选择以及模拟滤波输入开启控制。大部分端口可与模拟功能及其他数字外设功能复用。每个端口分别支持中断, 映射到 16 个中断向量中。

2.2.4.2 外部中断/事件控制器 (EXTI)

外部中断和事件控制器 (EXTI)，提供多组独立且可配置的边沿检测，支持上升、下降或上下沿触发，并产生中断或事件需求；包含所有 GPIO 引脚、比较器 CMP、低电压检测 LVD 事件和外部引脚 WKUPx 触发的唤醒事件。

2.2.5 运算加速

2.2.5.1 运算加速器 (CALC)

CALC (Calculator) 可执行带符号除法和平方根的硬件运算加速。

2.2.5.2 空间向量运算加速器 (SVA)

SVA (Space Vector Accelerator) 是对无刷直流电机的 FOC (Field Orientated Control) 应用中的常用运算提供加速功能，并计算出对应结果以提供 Timer 产生对应的 PWM 输出。

- ◇ SVPWM
- ◇ Clarke 正逆转换
- ◇ Park 正逆转换
- ◇ 输入输出使用有符号 16 位定点数表示
- ◇ 使用 AHB 时钟作为运算时钟
- ◇ 运算结束产生 DMA 请求
- ◇ 运算结束产生中断

2.2.5.3 无限脉冲响应滤波器 (IIR)

IIR (Infinite Impluse Response) 提供滤波器的运算加速器，可用于滤除非目标频段的信号。

- ◇ 使用双二阶滤波器架构
- ◇ 有两级滤波器，可配置采用一级或两级
- ◇ 支持系数由用户配置

2.2.6 定时器

ES32M0502 包含 2 路高级定时器、4 路通用定时器和 1 路基本定时器。功能比较如下表所示：

定时器类别	计数位数	计数类型	预分频比	触发 ADC	输入捕捉/输出比较通道数	PWM 互补输出	外设数量
高级定时器 (AD16C6T)	16 位	向上 向下 上下	1~65536	支持	4 / 6	4	2
通用定时器 (GP32C4T)	32 位	向上 向下 上下	1~65536	支持	4 / 4	不支持	2
通用定时器 (GP16C2T)	16 位	向上	1~65536	支持	2 / 2	1	2
基本定时器 (BS16T)	16 位	向上	1~65536	支持	不支持	不支持	1

表 2-2 各类定时器功能比较表

2.2.6.1 高级定时器 16 位 6 通道 (AD16C6Tn, n=1~2)

- ◇ 16 位递增, 递减, 递增/递减自动加载计数器
- ◇ 16 位可编程预分频器, 可在定时器运行中对计数器工作时钟进行 1~65536 的任意分频
- ◇ 带有 4 个独立信道, 每个信道支持以下功能
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - PWM 输出 (边沿与中央对齐模式)
 - 单脉冲输出
- ◇ 通道 1~4 支持互补输出, 可设置死区时间
- ◇ 同步电路用于外部信号控制定时器及内部互联多个定时器
- ◇ 支持重复计数器, 用于在给定数目的计数周期后更新定时器寄存器
- ◇ 支持刹车功能, 并可设置刹车后定时器输出状态
- ◇ 支持中断事件与 DMA 请求
- ◇ 支持增量 (正交) 编码及霍尔电路进行定位
- ◇ 外部时钟输入触发计数器
- ◇ 在调试模式下, 定时器可被冻结

2.2.6.2 通用定时器 32 位 4 通道 (GP32C4Tn, n=1~2)

- ◇ 32 位递增, 递减, 递增/递减自动加载计数器
- ◇ 16 位可编程预分频器, 可在定时器运行中对计数器工作时钟进行 1~65536 的任意分频
- ◇ 带有 4 个独立信道, 每个信道支持以下功能
 - 输入捕获
 - 输出比较
 - PWM 输出 (边沿与中央对齐模式)
 - 单脉冲输出
- ◇ 同步电路用于外部信号控制定时器及内部互联多个定时器
- ◇ 支持中断事件与 DMA 请求
- ◇ 支持增量 (正交) 编码及霍尔电路进行定位
- ◇ 外部时钟输入触发计数器
- ◇ 在调试模式下, 定时器可被冻结

2.2.6.3 通用定时器 16 位 2 通道 (GP16C2Tn, n=1~2)

- ◇ 16 位递增自动加载计数器
- ◇ 16 位可编程预分频器, 可在定时器运行中对计数器工作时钟进行 1~65536 的任意分频
- ◇ 带有 2 个独立信道, 每个信道支持以下功能
 - 输入捕获

- 输出比较
- PWM 输出
- 单脉冲输出
- ◇ 信道 1 支持互补输出，可配置死区时间
- ◇ 同步电路用于外部信号控制定时器及内部互联多个定时器
- ◇ 支持重复计数器，用于在给定数目的计数周期后更新定时器寄存器
- ◇ 支持刹车功能，并可设置刹车后定时器输出状态
- ◇ 支持中断事件与 DMA 请求
- ◇ 在调试模式下，定时器可被冻结

2.2.6.4 基本定时器（BS16T1）

- ◇ 16 位自动加载递增计数器
- ◇ 16 位可编程预分频器，可在定时器运行中对计数器工作时钟进行 1~65536 的任意分频
- ◇ 支持中断事件与 DMA 请求
- ◇ 在调试模式下，定时器可被冻结。

2.2.7 通信

2.2.7.1 通用异步收发器（UART）

通用异步收发器（UART）提供了一个灵活的方式，使 MCU 可以与外部设备通过工业标准 NRZ 的形式实现全双工异步串行数据通讯。UART 可以使用小数波特率发生器，提供了超宽的波特率设置范围。

UART 支持异步通讯模式和 modem 流控操作（CTS/RTS），同时还支持多机通讯方式。

UART 模式与功能	UART1	UART2
Modem 的硬件控制	○	○
使用 DMA 实现连续通信	○	○
多机通讯模式	○	○
智能卡模式	○	
单线半双工模式	○	
IrDA SIR 模块	○	
LIN 模式	○	
超时检测功能	○	○
Modbus 通讯	○	○
自动波特率检测模式	○	○
RS485 的驱动开启信号	○	○
UART 数据宽度	5、6、7、8、9 Bits	

表 2-3 UART1/2 具体功能配置

2.2.7.2 内部集成电路总线 (I2C)

I2C 是两线双向的串行传输总线，提供了一种简单有效的方法来实现设备之间的数据交换。

I2C 标准是一个多主机总线包括冲突检测与仲裁，如果两个或两个以上的主机试图同时控制总线时，其仲裁可以防止数据损坏。支持标准模式 (Sm)、快速模式 (Fm) 与极快速模式 (Fm+) 供用户选择。并且也支持 SMBus (系统管理总线) 与 PMBus (电源管理总线)。

2.2.7.3 串行外设接口 (SPI)

串行外设接口 (SPI) 可与外部 SPI 设备进行半双工或全双工的同步串行通信。该接口可配置为主机模式或从机模式。在配置为主机模式时，可为外部 SPI 从设备提供通信时钟 (SCK)。该接口还能够多主机模式下工作。具备 4Bytes Rx 和 TxFIFO。

2.2.7.4 基本扩展控制器局域网络 (CAN)

基本扩展 CAN (Basic Extended Controller Area Network) 外设又称 bxCAN，可与 CAN 网络进行交互。该外设支持 2.0A 和 2.0B Active 版本的 CAN 协议规范，2.0A 版本的协议规范支持 11 位标准标识符，2.0B Active 版本的协议规范支持 11 位标准标识符和 29 位扩展标识符。bxCAN 控制器支持 3 个优先级可配置的发送邮箱，2 个可以存储三级邮箱深度的接收 FIFO，同时硬件支持时间触发通信方案。

2.2.8 模拟

2.2.8.1 内部分压电阻 (VRES)

使用电阻网络来对模拟电源 (VDDA) 进行 31 阶的电压分压。分压后的信号分别连接至模拟比较器 (CMP)、运算放大器 (OPAMP) 及模数转换器 (ADC)。

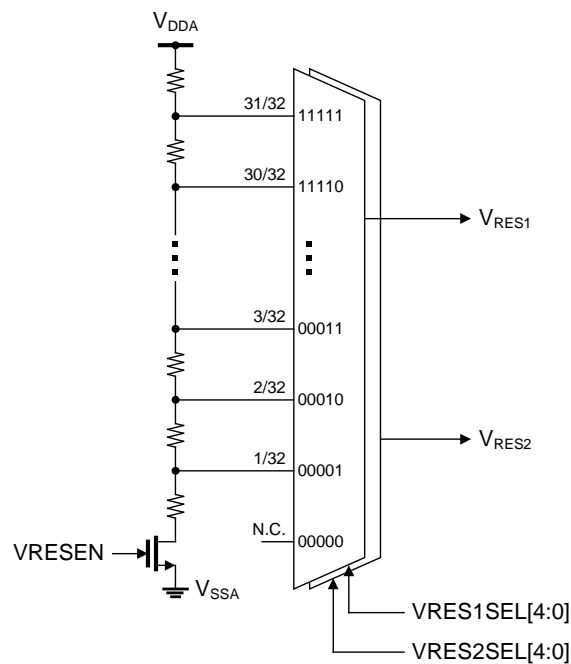


图 2-3 内部分压电阻结构图

2.2.8.2 模拟比较器 (CMP)

支持 2 个独立的模拟比较器 (CMP1 和 CMP2)，提供正/负端输入选择，用于比较模拟信号电压的大小。

- ◇ 2 个独立的模拟比较器
- ◇ 共享内部参考电压
- ◇ CMP1 与 CMP2 可以配置为一个监控窗口比较器
- ◇ 消隐源比较器输出
- ◇ 每个比较器具有正端输入与可配置负端输入，可配置的负端输入为：
 - I/O 输入管脚。
 - 内部参考电压 (VREFINT)。
- ◇ 提供触发给其他功能模块使用 (Timer)
- ◇ 每个比较器都可以产生中断 (通过 EXTI 控制器)

2.2.8.3 模数转换器（ADC）

支持 2 个 12 位模数转换器（ADC1，ADC2），其架构为逐次逼近型（SAR），总共有 36 个通道，支持最多 20 外部信号输入。

- ◇ 可配置的分辨率：12 位、10 位、8 位或 6 位
- ◇ 中断：在标准转换结束、插入转换结束、模拟看门狗或溢出事件时产生中断
- ◇ 可配置数据对齐方式
- ◇ 可选择单次、连续或不连续转换模式
- ◇ 可独立配置各个通道的采样时间
- ◇ 可配置标准转换和插入转换通道的外部触发极性
- ◇ 可配置参考源和转换时钟
- ◇ DMA 请求：在标准通道转换期间可产生 DMA 请求
- ◇ 4 个专用的插入通道缓存器，供插入通道使用

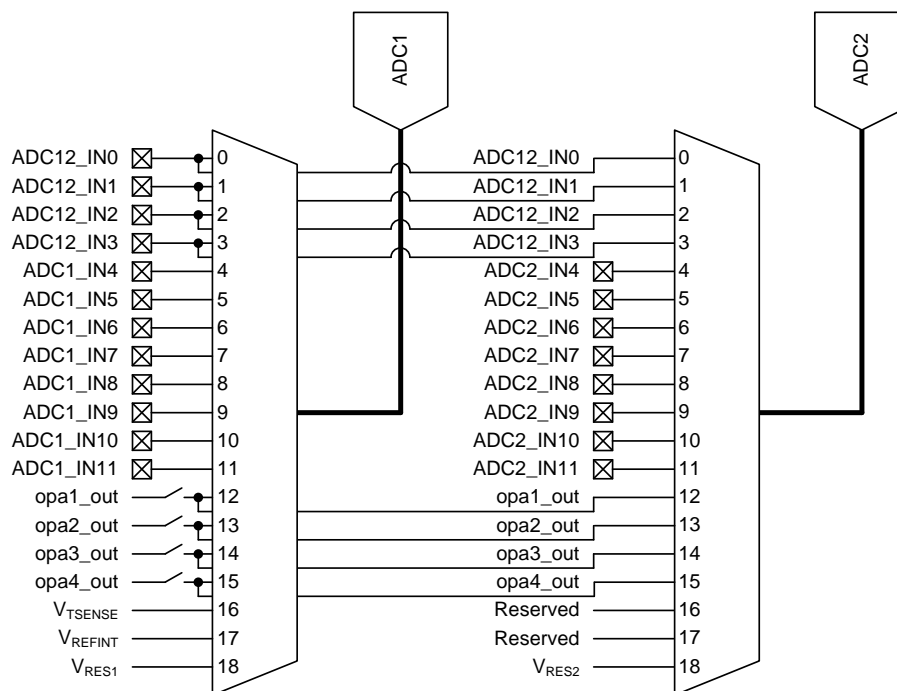


图 2-4 ADC1 和 ADC2 通道连接图

2.2.8.4 运算放大器 (OPAMP)

支持 4 个运算放大器 (OPA1, OPA2, OPA3, OPA4), 输入输出可连接到外部引脚, 其中 OPA1 和 OPA2 为强驱动, OPA3 和 OPA4 为高带宽。

- ◇ 较低的输入偏置电流
- ◇ 较低的输入偏移电压
- ◇ 高频带宽增益
- ◇ 提供高速模式以实现更好的转换率

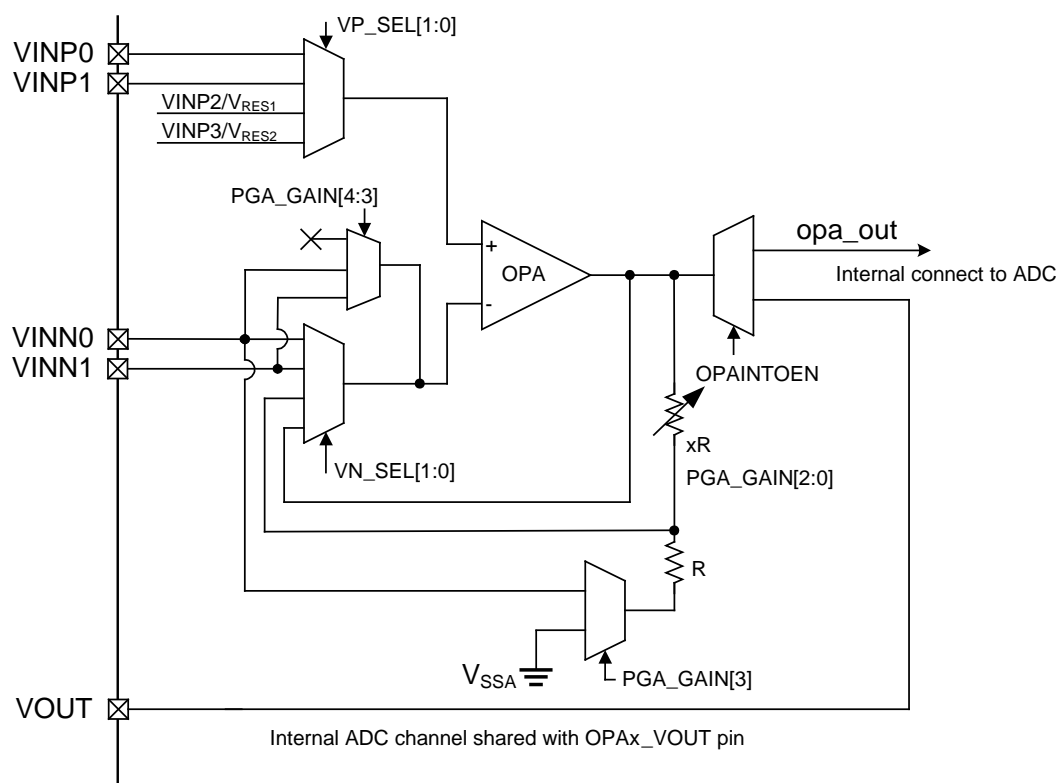


图 2-5 运算放大器功能结构图

第3章 引脚说明

3.1 引脚图

3.1.1 LQFP32 (7x7mm) 引脚图

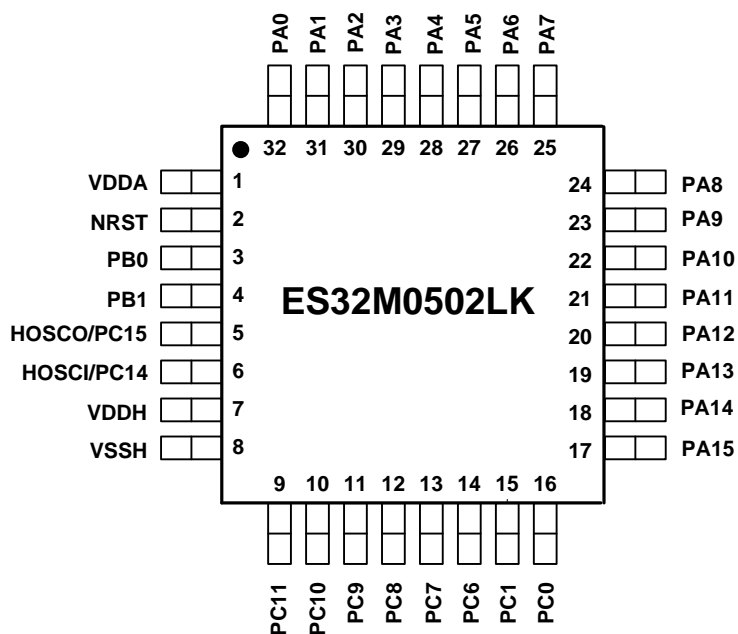


图 3-1 ES32M0502LK LQFP32 (7x7mm) 引脚图

3.1.2 LQFP48 (7x7mm) 引脚图

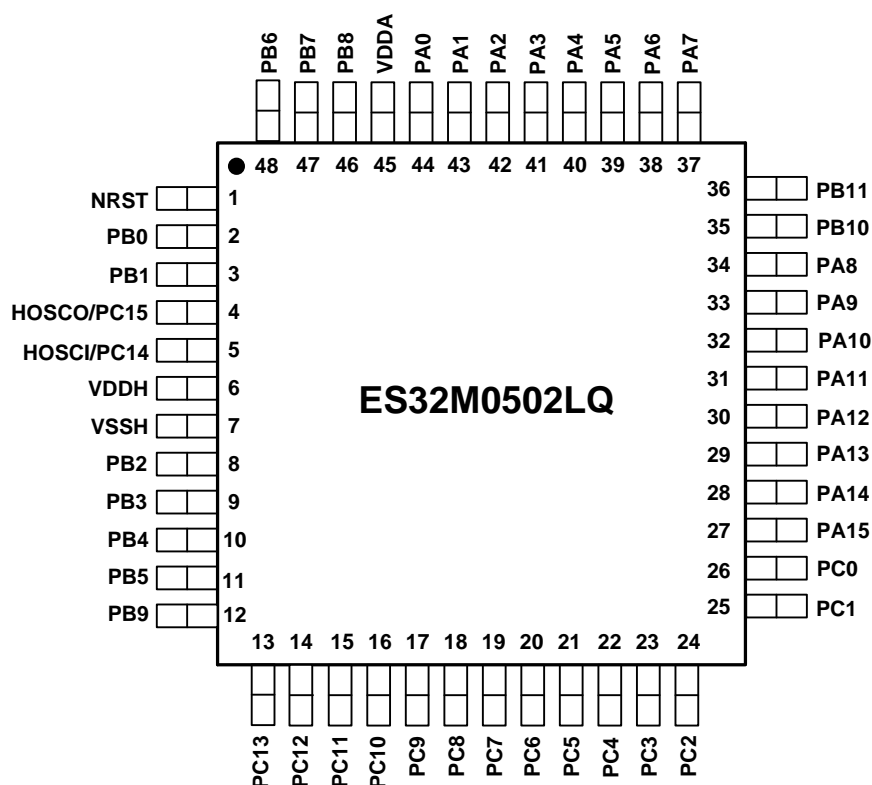


图 3-2 ES32M0502LQ LQFP48 (7x7mm) 引脚图

注：未使用的 I/O 管脚（包括产品封装引脚数小于最大引脚数时，未引出的 I/O 管脚）都需设置为输出低电平并禁止内部弱上下拉，否则芯片功耗可能会出现异常，芯片工作稳定性也容易因外界干扰而降低。

ES32M0502LQ 为最大引脚数封装，所有 I/O 管脚均已引出；

ES32M0502LK 未引出的 I/O 包括 PB2~11, PC2~5, PC12~13。

3.2 引脚定义

引脚		引脚名	引脚类型	复用功能	附加功能（模拟）
LQFP48	LQFP32				
1	2	NRST	A	NRST	
2	3	PB0	I/O	SWDIO I2C1_SDA CAN1_TX UART1_TX UART2_TX AD16C6T1_CH4 AD16C6T2_CH4 WKUP0	—
3	4	PB1	I/O	SWCLK I2C1_SCL CAN1_RX UART1_RX UART2_RX AD16C6T1_CH4N AD16C6T2_CH4N WKUP1	—
4	5	PC15_HOSCO	I/O/A	IR_OUT UART2_RX AD16C6T1_BKIN1 GP16C2T1_BKIN	HOSCO
5	6	PC14_HOSCI	I/O/A	UART2_TX AD16C6T2_BKIN1 GP16C2T2_BKIN GP32C4T1_CH1	HOSCI
6	7	VDDH	P	POWER	
7	8	VSSH	G	GROUND	
8	—	PB2	I/O	MCO I2C1_SMBA SPI1_MOSI SPI1_SCK BKIN_EXT AD16C6T2_BKIN2 GP16C2T2_BKIN GP32C4T1_CH1 WKUP2	—
9	—	PB3	I/O	I2C1_SDA SPI1_NSS UART1_CTS UART1_RTS AD16C6T1_CH4 GP32C4T1_CH2 WKUP3	—
10	—	PB4	I/O	I2C1_SCL SPI1_MISO UART1_RX GP32C4T1_ETR AD16C6T1_ETR AD16C6T1_CH3 GP32C4T1_CH3 WKUP4	—
11	—	PB5	I/O	SPI1_SCK UART1_CK AD16C6T1_CH2 GP16C2T1_CH1 WKUP5	—
12	—	PB9	I/O	I2C1_SDA SPI1_MOSI	—

引脚		引脚名	引脚类型	复用功能	附加功能（模拟）
LQFP48	LQFP32				
				UART1_TX AD16C6T1_CH1 GP16C2T1_CH1N	
13	—	PC13	I/O	I2C1_SCL SPI1_MISO UART1_RX UART2_RX GP16C2T2_CH2 GP32C4T1_CH2	—
14	—	PC12	I/O	I2C1_SDA SPI1_MOSI UART1_TX UART2_TX GP16C2T2_CH1 GP32C4T1_CH4	—
15	9	PC11	I/O	I2C1_SDA AD16C6T1_CH3N	—
16	10	PC10	I/O	I2C1_SCL BKIN_EXT AD16C6T1_CH2N GP16C2T2_CH1N	—
17	11	PC9	I/O	I2C1_SMBA SPI1_SCK UART1_CK AD16C6T1_CH1N AD16C6T1_CH4	—
18	12	PC8	I/O	I2C1_SDA SPI1_MOSI UART2_TX AD16C6T1_CH3 GP32C4T1_CH1	—
19	13	PC7	I/O	CAN1_TX I2C1_SCL SPI1_MISO UART2_RX GP32C4T2_CH1 AD16C6T1_CH2 GP32C4T1_CH1	—
20	14	PC6	I/O	CAN1_RX I2C1_SDA SPI1_MOSI UART1_TX AD16C6T1_CH1 GP16C2T1_CH1 GP32C4T1_CH2	—
21	—	PC5	I/O	SPI1_NSS UART1_CTS UART1_RTS AD16C6T2_CH3N GP16C2T1_CH1 GP32C4T1_CH4	—
22	—	PC4	I/O	SPI1_NSS UART2_CTS UART2_RTS AD16C6T2_CH3 GP16C2T1_CH2 GP32C4T1_CH3 GP32C4T2_CH1	—
23	—	PC3	I/O	I2C1_SCL SPI1_MISO UART1_RX AD16C6T1_ETR AD16C6T2_CH2N GP16C2T1_CH2	—

引脚		引脚名	引脚类型	复用功能	附加功能（模拟）
LQFP48	LQFP32				
				GP32C4T1_CH1 GP32C4T2_CH2	
24	—	PC2	I/O	I2C1_SMBA SPI1_SCK UART1_CK GP32C4T1_ETR AD16C6T2_CH2 GP16C2T2_CH1N GP32C4T1_CH3 GP32C4T2_CH3	—
25	15	PC1	I/O/A	MCO IR_OUT SPI1_MOSI UART1_TX UART2_TX AD16C6T2_CH3N GP16C2T1_CH2 AD16C6T2_ETR	ADC2_IN9 OPA4_INN(1)
26	16	PC0	I/O/A	I2C1_SCL SPI1_NSS UART1_RX UART2_RX AD16C6T2_CH2N GP16C2T1_CH1N GP16C2T2_CH1N	ADC2_IN8 OPA3_INN(1)
27	17	PA15	I/O/A	CAN1_TX I2C1_SDA SPI1_SCK AD16C6T2_CH1N GP16C2T1_CH1 GP16C2T2_BKIN	ADC2_IN7 OPA4_INN(0)
28	18	PA14	I/O/A	CAN1_RX SPI1_MISO AD16C6T2_CH3 GP32C4T2_CH3	ADC2_IN6 OPA4_INP(0)
29	19	PA13	I/O/A	I2C1_SMBA UART1_TX AD16C6T2_CH2 GP32C4T2_CH2	ADC2_IN5 OPA3_INN(0)
30	20	PA12	I/O/A	SPI1_NSS UART1_RX AD16C6T2_CH1 GP32C4T2_CH1	ADC2_IN4 OPA3_INP(0)
31	21	PA11	I/O/A	I2C1_SDA SPI1_SCK UART1_CK BKIN_EXT AD16C6T1_BKIN1 AD16C6T1_BKIN2	ADC1_IN11 CMP1_INN(2) OPA2_INN(0)
32	22	PA10	I/O/A	I2C1_SCL SPI1_MISO UART2_RX CMP1_OUT AD16C6T1_ETR GP32C4T2_CH1	ADC1_IN10 CMP1_INN(1) OPA2_INP(0)
33	23	PA9	I/O/A	I2C1_SDA SPI1_MOSI UART2_TX CMP2_OUT AD16C6T2_BKIN2 AD16C6T1_CH1N GP32C4T2_CH2	ADC1_IN9 CMP2_INN(1) OPA1_INN(0)
34	24	PA8	I/O/A	CMP2_OUT SPI1_SCK	ADC1_IN8 CMP2_INN(2)

引脚		引脚名	引脚类型	复用功能	附加功能（模拟）
LQFP48	LQFP32				
				UART2_CTS CMP1_OUT AD16C6T2_BKIN1 GP16C2T1_BKIN GP32C4T2_CH3	OPA1_INP(0)
35	—	PB10	I/O/A	I2C1_SCL SPI1_NSS UART2_RTS AD16C6T1_CH4N	ADC2_IN10 CMP2_INN(3) OPA2_INN(1)
36	—	PB11	I/O/A	I2C1_SMBA AD16C6T1_CH4	ADC2_IN11 CMP2_INP(3) OPA1_INN(1)
37	25	PA7	I/O/A	SPI1_SCK AD16C6T2_CH4N GP16C2T1_BKIN	ADC1_IN7 CMP1_INN(3)
38	26	PA6	I/O/A	SPI1_MISO AD16C6T2_CH4 GP32C4T2_CH4	ADC1_IN6 CMP1_INP(2)
39	27	PA5	I/O/A	SPI1_NSS AD16C6T2_CH1 AD16C6T2_ETR GP32C4T2_ETR	ADC1_IN5 CMP1_INP(1)
40	28	PA4	I/O/A	CAN1_TX SPI1_MOSI UART1_CK GP32C4T1_CH4 AD16C6T2_CH1N AD16C6T2_ETR GP16C2T2_CH2	ADC1_IN4 CMP1_INP(0)
41	29	PA3	I/O/A	CAN1_RX UART1_TX GP32C4T1_CH3 AD16C6T2_CH2 AD16C6T2_CH4N GP16C2T2_CH1	OPA4_VOUT ADC12_IN3 CMP2_INP(2) OPA4_INP(1)
42	30	PA2	I/O/A	I2C1_SMBA UART1_RX GP32C4T1_CH2 AD16C6T2_CH2N AD16C6T2_CH4 GP16C2T2_CH1N GP16C2T1_CH2	OPA3_VOUT ADC12_IN2 CMP2_INP(1) OPA3_INP(1)
43	31	PA1	I/O/A	MCO I2C1_SCL SPI1_SCK UART1_CTS GP32C4T1_ETR AD16C6T2_CH3 AD16C6T1_CH3N GP16C2T1_CH1N	OPA2_VOUT ADC12_IN1 CMP2_INP(0) OPA2_INP(1)
44	32	PA0	I/O/A	I2C1_SDA SPI1_NSS UART1_RTS BKIN_EXT AD16C6T2_CH3N AD16C6T1_CH2N GP16C2T1_BKIN GP32C4T2_CH4	OPA1_VOUT ADC12_IN0 CMP1_INP(3) OPA1_INP(1)
45	1	VDDA	P	ANALOG POWER	
46	—	PB8	I/O	CAN1_TX SPI1_MISO UART1_RX GP32C4T2_CH4 WKUP8	—

引脚		引脚名	引脚类型	复用功能	附加功能（模拟）
LQFP48	LQFP32				
47	—	PB7	I/O/A	CAN1_RX SPI1_MOSI UART1_TX BKIN_EXT AD16C6T1_BKIN2 GP16C2T2_CH1 GP32C4T1_CH1 WKUP7	CMP1_INN(0)
48	—	PB6	I/O/A	GP32C4T2_ETR GP32C4T1_CH2 WKUP6	CMP2_INN(0)

表 3-1 引脚定义

3.3 引脚定义说明

引脚名称		描述
电源	VDDH	数字与 IO 电源
	VSSH	数字、模拟与 IO 接地
	VDDA	模拟电源
时钟	HOSCI	外部高速振荡器时钟输入/外部高速时钟输入
	HOSCO	外部高速振荡器时钟输出
系统接口	NRST	外部复位输入引脚，低电平有效
	SWCLK	SWD 调试接口时钟
	SWDIO	SWD 调试接口数据输入/输出
	MCO	微控制器时钟输出
	WKUPy	低功耗外部唤醒输入 (y=0~7)
定时器	AD16C6Tx_CHy	AD16C6Tx 通道 y 输入/输出 (x=1,2; y=1,2,3,4)
	AD16C6Tx_CHyN	AD16C6Tx 通道 y 互补输出 (x=1,2; y=1,2,3,4)
	AD16C6Tx_ETR	AD16C6Tx 外部触发输入 (x=1,2)
	AD16C6Tx_BKINy	AD16C6Tx 刹车输入 (x=1,2; y=1,2)
	GP32C4Tx_CHy	GP32C4Tx 通道 y 输入/输出 (x=1,2; y=1,2,3,4)
	GP32C4Tx_ETR	GP32C4Tx 外部触发输入 (x=1,2)
	GP16C2Tx_CHy	GP16C2Tx 通道 y 输入/输出 (x=1,2; y=1,2)
	GP16C2Tx_CHyN	GP16C2Tx 通道 y 互补输出 (x=1,2; y=1)
	GP16C2Tx_BKIN	GP16C2Tx 刹车输入 (x=1,2)
	BKIN_EXT	外部刹车输入
通信接口 I2C	I2C1_SMBA	I2C1 SMBus 警示引脚
	I2C1_SCL	I2C1 串行时钟
	I2C1_SDA	I2C1 串行数据输入/输出
通信接口 SPI	SPI1_SCK	SPI1 主模式时钟输出/从模式输入
	SPI1_MOSI	SPI1 主模式数据输出/从模式数据输入
	SPI1_MISO	SPI1 主模式数据输入/从模式数据输出
	SPI1_NSS	SPI1 芯片选择
通信接口 UART	UARTx_TX	UARTx 数据传送 (x=1,2)
	UARTx_RX	UARTx 数据接收 (x=1,2)
	UARTx_CTS	UARTx 传送允许 (x=1,2)
	UARTx_RTS	UARTx 传送请求 (x=1,2)
	UARTx_CK	UARTx 智能卡模式时钟输出 (x=1,2)
	IR_OUT	红外线控制输出
通信接口 CAN	CAN1_TX	CAN Bus 数据传送
	CAN1_RX	CAN Bus 数据接收
模拟	AD12_INy	ADC1/ADC2 共享通道 y 输入 (y=0~3)
	AD1_INy	ADC1 通道 y 输入 (y=4~11)
	AD2_INy	ADC2 通道 y 输入 (y=4~11)
	CMPx_INP	CMPx 正端模拟输入 (x=1,2)
	CMPx_INN	CMPx 负端模拟输入 y (x=1,2)
	CMPx_OUT	CMPx 比较器结果数字输出 (x=1,2)
	OPAx_VINP	OPAx 正端模拟输入, (x=1,2,3,4)

引脚名称		描述
	OPAx_VINN	OPAx 负端模拟输入 (x=1,2,3,4)
	OPAx_VOUT	OPAx 模拟输出 (x=1,2,3,4)

表 3-2 引脚定义说明

3.4 引脚复用功能

◆ 通用 I/O PA 复用功能

GPIO	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	ALT(A)
PA0	—	I2C1_SDA	SPI1_NSS	UART1_RTS	BKIN_EXT	AD16C6T2_CH3N	AD16C6T1_CH2N	GP16C2T1_BKIN	GP32C4T2_CH4	ADC12_IN0/ CMP1_INP(3)/ OPA1_INP(1)/ OPA1_VOUT
PA1	MCO	I2C1_SCL	SPI1_SCK	UART1_CTS	GP32C4T1_ETR	AD16C6T2_CH3	AD16C6T1_CH3N	—	GP16C2T1_CH1N	ADC12_IN1/ CMP2_INP(0)/ OPA2_INP(1)/ OPA2_VOUT
PA2	—	I2C1_SMBA	—	UART1_RX	GP32C4T1_CH2	AD16C6T2_CH2N	AD16C6T2_CH4	GP16C2T2_CH1N	GP16C2T1_CH2	ADC12_IN2/ CMP2_INP(1)/ OPA3_INP(1)/ OPA3_VOUT
PA3	CAN1_RX	—	—	UART1_TX	GP32C4T1_CH3	AD16C6T2_CH2	AD16C6T2_CH4N	GP16C2T2_CH1	—	ADC12_IN3/ CMP2_INP(2)/ OPA4_INP(1)/ OPA4_VOUT
PA4	CAN1_TX	—	SPI1_MOSI	UART1_CK	GP32C4T1_CH4	AD16C6T2_CH1N	AD16C6T2_ETR	GP16C2T2_CH2	—	ADC1_IN4 / CMP1_INP(0)
PA5	—	—	SPI1_NSS	—	—	AD16C6T2_CH1	AD16C6T2_ETR	GP32C4T2_ETR	—	ADC1_IN5 / CMP1_INP(1)
PA6	—	—	SPI1_MISO	—	—	AD16C6T2_CH4	—	GP32C4T2_CH4	—	ADC1_IN6 / CMP1_INP(2)
PA7	—	—	SPI1_SCK	—	—	AD16C6T2_CH4N	GP16C2T1_BKIN	—	—	ADC1_IN7 / CMP1_INN(3)
PA8	CMP2_OUT	—	SPI1_SCK	UART2_CTS	CMP1_OUT	AD16C6T2_BKIN1	GP16C2T1_BKIN	GP32C4T2_CH3	—	ADC1_IN8 / CMP2_INN(2)/ OPA1_INP(0)
PA9	—	I2C1_SDA	SPI1_MOSI	UART2_TX	CMP2_OUT	AD16C6T2_BKIN2	AD16C6T1_CH1N	GP32C4T2_CH2	—	ADC1_IN9 / CMP2_INN(1)/ OPA1_INN(0)
PA10	—	I2C1_SCL	SPI1_MISO	UART2_RX	CMP1_OUT	AD16C6T1_ETR	—	GP32C4T2_CH1	—	ADC1_IN10/

GPIO	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	ALT(A)
										CMP1_INN(1)/ OPA2_INP(0)
PA11	—	I2C1_SDA	SPI1_SCK	UART1_CK	BKIN_EXT	AD16C6T1_BKIN1	AD16C6T1_BKIN2	—	—	ADC1_IN11/ CMP1_INN(2)/ OPA2_INN(0)
PA12	—	—	SPI1_NSS	UART1_RX	—	AD16C6T2_CH1	—	GP32C4T2_CH1	—	ADC2_IN4 / OPA3_INP(0)
PA13	—	I2C1_SMBA	—	UART1_TX	—	AD16C6T2_CH2	—	GP32C4T2_CH2	—	ADC2_IN5 / OPA3_INN(0)
PA14	CAN1_RX	—	SPI1_MISO	—	—	AD16C6T2_CH3	—	GP32C4T2_CH3	—	ADC2_IN6 / OPA4_INP(0)
PA15	CAN1_TX	I2C1_SDA	SPI1_SCK	—	—	AD16C6T2_CH1N	GP16C2T1_CH1	GP16C2T2_BKIN	—	ADC2_IN7 / OPA4_INN(0)

表 3-3 通用 I/O PA 复用功能

◆ 通用 I/O PB 复用功能

GPIO	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	ALT(A)
PB0	SWDIO	I2C1_SDA	CAN1_TX	UART1_TX	UART2_TX	AD16C6T1_CH4	AD16C6T2_CH4	—	WKUP0	—
PB1	SWCLK	I2C1_SCL	CAN1_RX	UART1_RX	UART2_RX	AD16C6T1_CH4N	AD16C6T2_CH4N	—	WKUP1	—
PB2	MCO	I2C1_SMBA	SPI1_MOSI	SPI1_SCK	BKIN_EXT	AD16C6T2_BKIN2	GP16C2T2_BKIN	GP32C4T1_CH1	WKUP2	—
PB3	—	I2C1_SDA	SPI1_NSS	UART1_CTS	UART1_RTS	—	AD16C6T1_CH4	GP32C4T1_CH2	WKUP3	—
PB4	—	I2C1_SCL	SPI1_MISO	UART1_RX	GP32C4T1_ETR	AD16C6T1_ETR	AD16C6T1_CH3	GP32C4T1_CH3	WKUP4	—
PB5	—	—	SPI1_SCK	UART1_CK	—	—	AD16C6T1_CH2	GP16C2T1_CH1	WKUP5	—
PB6	—	—	—	—	GP32C4T2_ETR	—	—	GP32C4T1_CH2	WKUP6	CMP2_INN(0)
PB7	CAN1_RX	—	SPI1_MOSI	UART1_TX	BKIN_EXT	AD16C6T1_BKIN2	GP16C2T2_CH1	GP32C4T1_CH1	WKUP7	CMP1_INN(0)
PB8	CAN1_TX	—	SPI1_MISO	UART1_RX	—	—	—	GP32C4T2_CH4	WKUP8	—
PB9	—	I2C1_SDA	SPI1_MOSI	UART1_TX	—	—	AD16C6T1_CH1	GP16C2T1_CH1N	—	—
PB10	—	I2C1_SCL	SPI1_NSS	UART2_RTS	—	AD16C6T1_CH4N	—	—	—	ADC2_IN10/ CMP2_INN(3)/ OPA2_INN(1)
PB11	—	I2C1_SMBA	—	—	—	AD16C6T1_CH4	—	—	—	ADC2_IN11/ CMP2_INP(3)/ OPA1_INN(1)

表 3-4 通用 I/O PB 复用功能

◆ 通用 I/O PC 复用功能

GPIO	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	ALT(A)
PC0	—	I2C1_SCL	SPI1_NSS	UART1_RX	UART2_RX	AD16C6T2_CH2N	GP16C2T1_CH1N	GP16C2T2_CH1N	—	ADC2_IN8/ OPA3_INN(1)
PC1	MCO	IR_OUT	SPI1_MOSI	UART1_TX	UART2_TX	AD16C6T2_CH3N	GP16C2T1_CH2	AD16C6T2_ETR	—	ADC2_IN9/ OPA4_INN(1)
PC2	—	I2C1_SMBA	SPI1_SCK	UART1_CK	GP32C4T1_ETR	AD16C6T2_CH2	GP16C2T2_CH1N	GP32C4T1_CH3	GP32C4T2_CH3	—
PC3	—	I2C1_SCL	SPI1_MISO	UART1_RX	AD16C6T1_ETR	AD16C6T2_CH2N	GP16C2T1_CH2	GP32C4T1_CH1	GP32C4T2_CH2	—
PC4	—	—	SPI1_NSS	UART2_CTS	UART2_RTS	AD16C6T2_CH3	GP16C2T1_CH2	GP32C4T1_CH3	GP32C4T2_CH1	—
PC5	—	—	SPI1_NSS	UART1_CTS	UART1_RTS	AD16C6T2_CH3N	GP16C2T1_CH1	GP32C4T1_CH4	—	—
PC6	CAN1_RX	I2C1_SDA	SPI1_MOSI	UART1_TX	—	AD16C6T1_CH1	GP16C2T1_CH1	GP32C4T1_CH2	—	—
PC7	CAN1_TX	I2C1_SCL	SPI1_MISO	UART2_RX	GP32C4T2_CH1	AD16C6T1_CH2	—	GP32C4T1_CH1	—	—
PC8	—	I2C1_SDA	SPI1_MOSI	UART2_TX	—	AD16C6T1_CH3	—	GP32C4T1_CH1	—	—
PC9	—	I2C1_SMBA	SPI1_SCK	UART1_CK	—	AD16C6T1_CH1N	AD16C6T1_CH4	—	—	—
PC10	—	I2C1_SCL	—	—	BKIN_EXT	AD16C6T1_CH2N	GP16C2T2_CH1N	—	—	—
PC11	—	I2C1_SDA	—	—	—	AD16C6T1_CH3N	—	—	—	—
PC12	—	I2C1_SDA	SPI1_MOSI	UART1_TX	UART2_TX	—	GP16C2T2_CH1	GP32C4T1_CH4	—	—
PC13	—	I2C1_SCL	SPI1_MISO	UART1_RX	UART2_RX	—	GP16C2T2_CH2	GP32C4T1_CH2	—	—
PC14	—	—	—	UART2_TX	—	AD16C6T2_BKIN1	GP16C2T2_BKIN	GP32C4T1_CH1	—	HOSCI
PC15	IR_OUT	—	—	UART2_RX	—	AD16C6T1_BKIN1	GP16C2T1_BKIN	—	—	HOSCO

表 3-5 通用 I/O PC 复用功能

第4章 存储器映射图

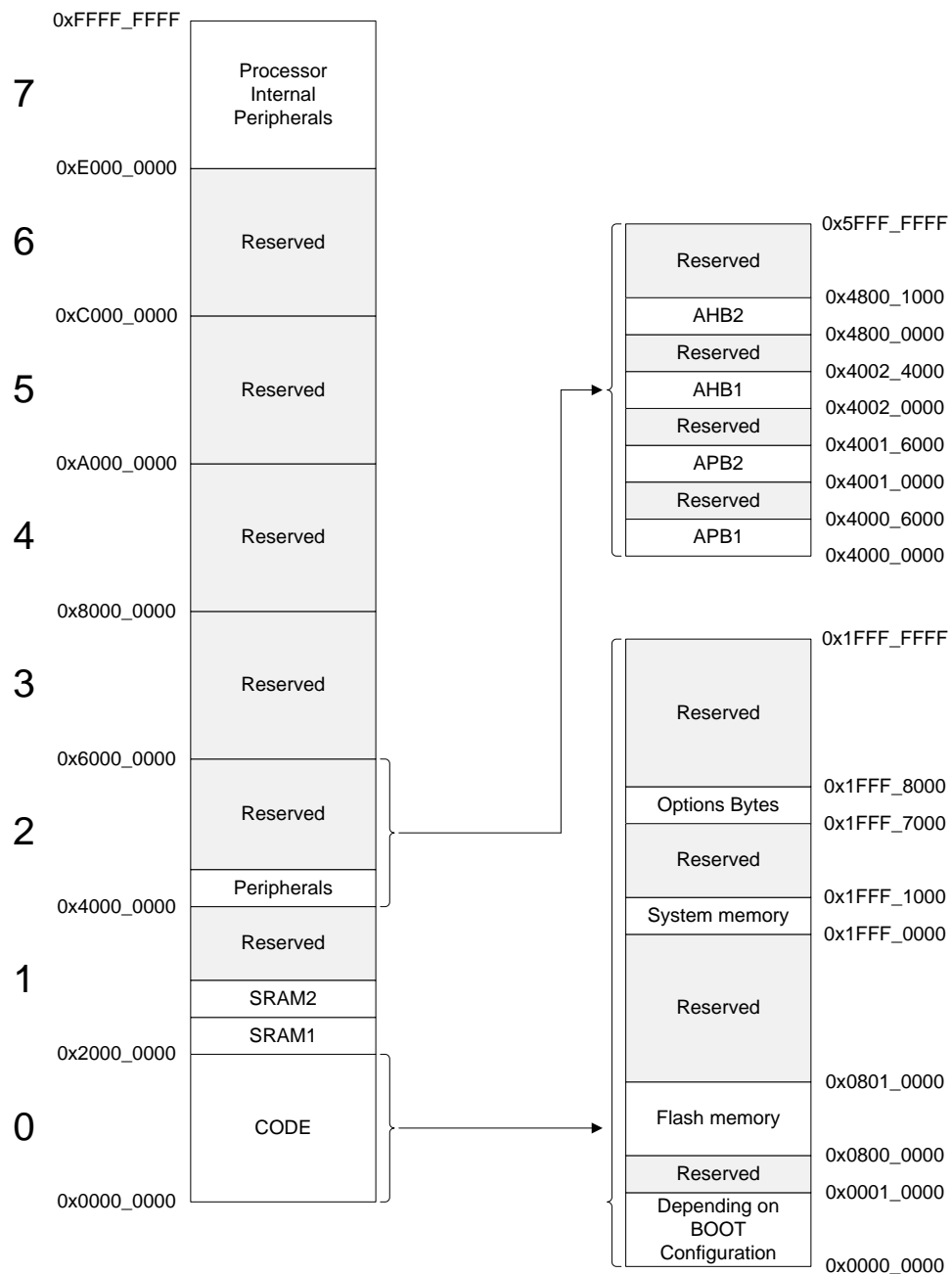


图 5-1 存储器映射

第5章 电气特性

5.1 芯片电源

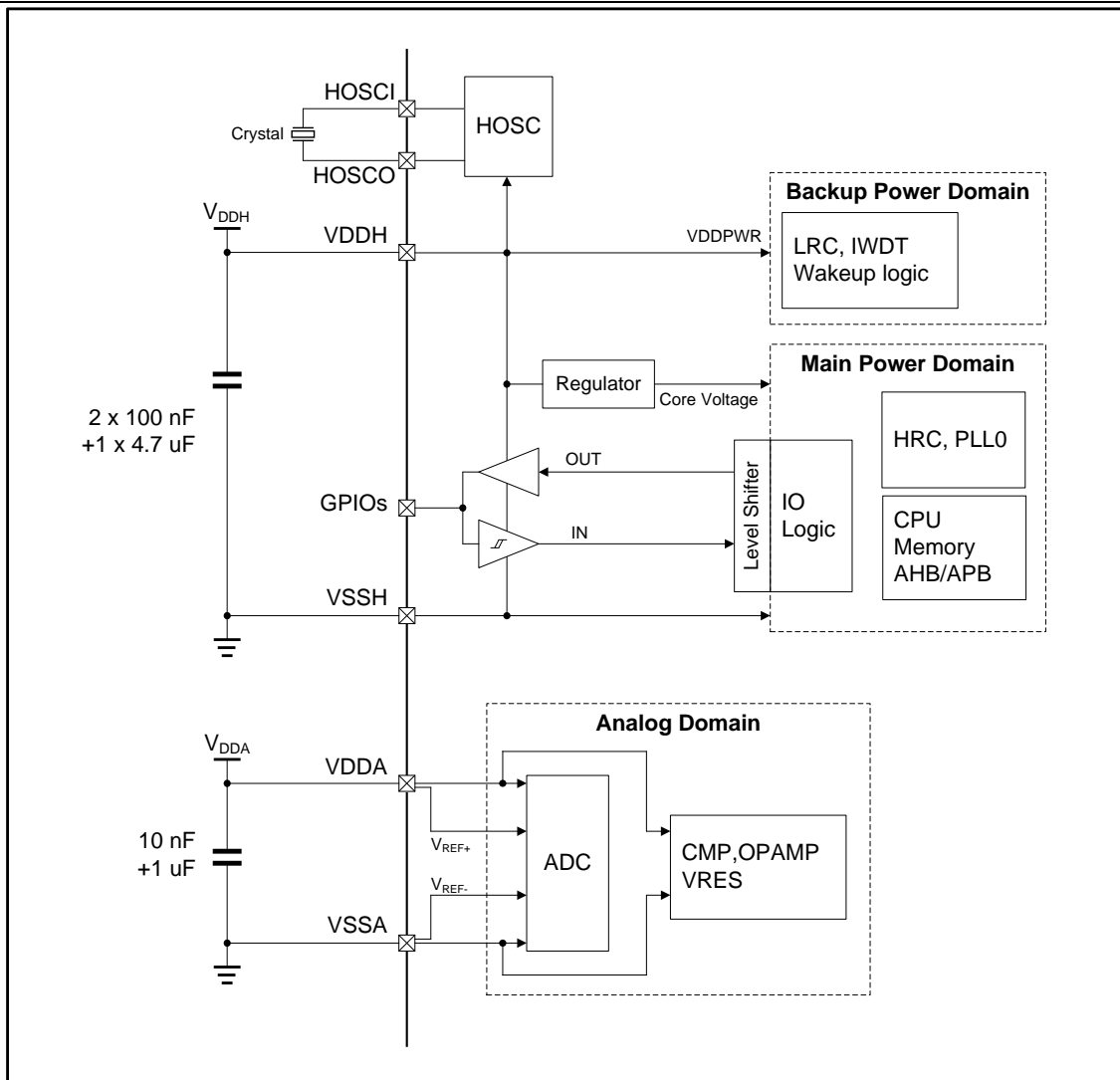


图 6-1 芯片电源

注：电源需连接如图所示的耦合电容，这些电容必须尽可能地靠近芯片的相应管脚，才能保证芯片的运行性能。

5.2 电流测量

在测量芯片电流时，可于 VDDH 引脚以及 V_{DD} 电源之间串接电流表进行测量，接线方式如下图所示。

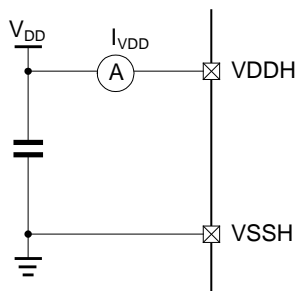


图 6-2 电流测量

5.3 芯片极限参数

以下表格为芯片耐受的极限电气参数值，超过范围可能导致芯片永久性损坏。

5.3.1 极限电压参数

标号	参数	最小值	最大值	单位
V_{DD}	外部电源电压（包括 V_{DDH} ）	-0.3	6.5	V
V_{IN}	外部引脚输入电压	-0.3	$V_{DD}+0.3$	V
$ \Delta V_{DDH} $	各 V_{DD} 电源引脚之间的电压差值	—	50	mV
$ \Delta V_{SSH} $	各 V_{SS} 接地引脚之间的电压差值	—	50	mV

表 6-1 极限电压参数

5.3.2 极限电流参数

标号	参数	最小值	最大值	单位
I_{VDD}	流经 V_{DDH} 的总电流	—	100	mA
I_{VSS}	流经 V_{SSH} 的总电流	—	100	mA
I_{IO}	拉电流（输出高）	—	50	mA
	灌电流（输出低）	—	50	mA

表 6-2 极限电流参数

5.3.3 热参数

标号	参数	最小值	最大值	单位
T_{STG}	储存温度范围	-55	150	°C
T_J	最大结温	—	150	°C

表 6-3 极限热参数

5.4 运行条件

5.4.1 一般运行条件

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
f _{HCLK}	内部 AHB 时钟频率	—	—	72	MHz
f _{PCLK1}	内部 APB1 时钟频率	—	—	72	MHz
f _{PCLK2}	内部 APB2 时钟频率	—	—	72	MHz
V _{DDH}	标准工作电压	V _{DDA} =V _{DDH}	2.4	5.5	V
V _{DDA}	模拟工作电压	—	2.4	5.5	V
T _A	环境温度	—	-40	105	°C
T _J	结温	—	—	125	°C

表 6-4 一般运行条件

5.4.2 上电及掉电特性参数

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
t _{VDDH}	V _{DDH} 上升速率	—	10	∞	μs/V
	V _{DDH} 下降速率	—	70	∞	

表 6-5 上电及掉电特性条件

5.4.3 复位及电源管理模块特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{POR} /V _{PDR}	上电及掉电复位阈值	上电	1.6	1.7	1.8	V
		掉电	1.57	1.67	1.77	
V _{PDRHYST}	PDR 电压迟滞	—	—	30	—	mV
T _{RSTTEMPO}	复位持续时间	—	—	3.5	—	ms
V _{BOR}	欠压复位阈值选择 (BORLS)	BORLS=000	—	—	—	V
		BORLS=001	下降沿	2.2	2.3	2.45
			上升沿	2.4	2.5	2.65
		BORLS=010	下降沿	2.5	2.6	2.75
			上升沿	2.7	2.8	2.95
		BORLS=011	下降沿	2.8	2.9	3.05
			上升沿	3	3.1	3.25
		BORLS=100	下降沿	3.1	3.2	3.35
			上升沿	3.3	3.4	3.55
		BORLS=101	下降沿	3.4	3.5	3.65
			上升沿	3.6	3.7	3.85
		BORLS=110	下降沿	3.7	3.8	3.95
			上升沿	3.9	4	4.15
		BORLS=111	下降沿	4	4.1	4.25
			上升沿	4.2	4.3	4.45

$V_{BORHYST}$	BOR 电压迟滞	—		—	200160	—	mV
V_{LVD}	低电压检测阈值选择 (LVDLS)	LVDLS=0000	下降沿	1.8	1.9	2.05	V
			上升沿	1.9	2.0	2.15	
		LVDLS=0001	下降沿	2	2.1	2.25	
			上升沿	2.1	2.2	2.35	
		LVDLS=0010	下降沿	2.2	2.3	2.45	
			上升沿	2.3	2.4	2.55	
		LVDLS=0011	下降沿	2.4	2.5	2.65	
			上升沿	2.5	2.6	2.75	
		LVDLS=0100	下降沿	2.6	2.7	2.85	
			上升沿	2.7	2.8	2.95	
		LVDLS=0101	下降沿	2.8	2.9	3.05	
			上升沿	2.9	3	3.15	
		LVDLS=0110	下降沿	3	3.1	3.25	
			上升沿	3.1	3.2	3.35	
		LVDLS=0111	下降沿	3.2	3.3	3.45	
			上升沿	3.3	3.4	3.55	
		LVDLS=1000	下降沿	3.4	3.5	3.65	
			上升沿	3.5	3.6	3.75	
		LVDLS=1001	下降沿	3.6	3.7	3.85	
			上升沿	3.7	3.8	3.95	
		LVDLS=1010	下降沿	3.8	3.9	4.05	
			上升沿	3.9	4	4.15	
		LVDLS=1011	下降沿	4	4.1	4.25	
			上升沿	4.1	4.2	4.35	
		LVDLS=1100	下降沿	4.2	4.3	4.45	
			上升沿	4.3	4.4	4.55	
		LVDLS=1101	下降沿	4.4	4.5	4.65	
			上升沿	4.5	4.6	4.75	
		LVDLS=1110	下降沿	4.6	4.7	4.85	
			上升沿	4.7	4.8	4.95	
		LVDLS=1111	下降沿	4.8	4.9	5.05	
			上升沿	4.9	5	5.15	
$V_{LVDHYST}$	LVD 电压迟滞	—		—	60	—	mV

表 6-6 复位及电源管理模块特性参数

5.4.4 电流特性

5.4.4.1 正常模式电流特性参数

芯片消耗电流涉及到电源电压，环境温度，端口负载，器件软件配置，工作频率和模式等。

正常模式电流消耗，依据以下配置条件测量：

- ◇ 所有 IO 都处于输入状态（固定上拉），无负载
- ◇ 系统时钟频率 $f_{HCLK} = 8\sim 32\text{MHz}$ 时，使用 HOSC；当 $f_{HCLK} > 48\text{MHz}$ 时，开启 PLL，参考时钟为 HOSC 8MHz
- ◇ 运行 Dhystone 程序
- ◇ FLASH 访问周期，根据系统时钟频率改变
- ◇ 开启 FLASH 读取数据缓存功能，FC_CTL.BUFEN=1
- ◇ 当外设使能时，时钟配置为 $f_{PCLK1}=f_{HCLK}$ ， $f_{PCLK2}=f_{HCLK}$
- ◇ 无特别说明情况下，关闭其余时钟源（HRC，LRC）

◆ 正常模式电流特性（程序运行在 FLASH）

标号	参数	条件	f_{HCLK}	Wait	典型值	单位
I_{VDDH}	正常模式电流	系统时钟频率 $f_{HCLK} = f_{HOSC}$ ， 当大于 48MHz 时，开启 PLL， 参考时钟为 HOSC 8MHz， 所有外设开启 ($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DDH}=5\text{V}$)	72MHz	2	11.5	mA
			48MHz	1	8.5	
			32MHz	1	6	
			16MHz	0	3.5	
			8MHz	0	2	
		系统时钟频率 $f_{HCLK} = f_{HOSC}$ ， 当大于 48MHz 时，开启 PLL， 参考时钟为 HOSC 8MHz， 所有外设关闭 ($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DDH}=5\text{V}$)	72MHz	2	6	
			48MHz	1	5	
			32MHz	1	3.5	
			16MHz	0	2.5	
			8MHz	0	1.5	

表 6-7 正常模式电流特性（程序运行在 Flash）

◆ 正常模式电流特性（程序运行在 SRAM）

标号	参数	条件	f_{HCLK}	Wait	典型值	单位
I_{VDDH}	正常模式电流	系统时钟频率 $f_{HCLK} = f_{HOSC}$ ， 当大于 48MHz 时，开启 PLL， 参考时钟为 HOSC 8MHz， 所有外设开启 ($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DDH}=5\text{V}$)	72MHz	0	12.5	mA
			48MHz	0	8.5	
			32MHz	0	6	
			16MHz	0	3.5	
			8MHz	0	2	
		系统时钟频率 $f_{HCLK} = f_{HOSC}$ ， 当大于 48MHz 时，开启 PLL， 参考时钟为 HOSC 8MHz， 所有外设关闭 ($T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{DDH}=5\text{V}$)	72MHz	0	7	
			48MHz	0	5	
			32MHz	0	3.5	
			16MHz	0	2	
			8MHz	0	1.5	

表 6-8 正常模式电流特性（程序运行在 SRAM）

5.4.4.2 低功耗模式电流特性参数

◆ SLEEP 模式电流特性

标号	参数	条件	典型值			最大值	单位
			$T_A=25^{\circ}\text{C}$			105°C	
			2.4V	3.3V	5.0V	5.0V	
I_{SLEEP}	SLEEP 模式电流	内部时钟 HRC, $f_{\text{HCLK}} = f_{\text{PCLK}}=16\text{MHz}$, 所有外设时钟使能, 外设模块均不工作	2	2.1	2.2	2.5	mA
		内部时钟 HRC, $f_{\text{HCLK}} = f_{\text{PCLK}}=16\text{MHz}$, 所有外设时钟关闭	0.67	0.7	0.8	1	mA

表 6-9 SLEEP 模式电流特性

◆ STOP 模式电流特性

标号	参数	条件	典型值			最大值	单位
			$T_A=25^{\circ}\text{C}$			105°C	
			2.4V	3.3V	5.0V	5.0V	
I_{STOP}	STOP 模式电流 (稳压器低功耗模式, SRAM 数据保持)	IWDT(LRC) ON	4	4.5	5	60	μA
		IWDT(LRC) OFF	3.5	4	4.5	55	μA

表 6-10 STOP 模式电流特性

5.4.5 低功耗模式转换特性参数

◆ 低功耗模式唤醒时间

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{SLEEP}	SLEEP 模式唤醒时间	$f_{\text{HCLK}}=16\text{MHz}$	—	8.5	—	μs
t_{STOP}	STOP 模式唤醒时间	$f_{\text{HCLK}}=16\text{MHz}$	—	225	—	μs

表 6-11 低功耗模式唤醒时间

5.4.6 外部时钟源特性参数

◆ 外部输入高速时钟

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{HOSC}	HOSCI 输入时钟频率	-	1	—	32	MHz
$V_{\text{HOSC_HIGH}}$	HOSCI 输入引脚高电平电压	-	$0.7 \cdot V_{\text{DDH}}$	—	V_{DDH}	V
$V_{\text{HOSC_LOW}}$	HOSCI 输入引脚低电平电压	-	V_{SSH}	—	$0.3 \cdot V_{\text{DDH}}$	V
$t_{\text{WIDTH(HOSC)}}$	HOSCI 高电平或低电平时间	8MHz	—	62.5	—	ns
$C_{\text{in(HOSC)}}$	HOSCI 输入电容	8MHz	—	5	—	pF
$\text{DUTY}_{\text{HOSC}}$	HOSCI 输入时钟占空比	-	40	—	60	%

表 6-12 外部输入高速时钟特性参数

◆ 外部高速振荡时钟（晶体/陶瓷振荡器）

外部高速振荡时钟（HOSC）可由 4MHz~32MHz 范围的晶体或陶瓷振荡器提供。在应用中，振荡器和负载电容必须尽可能靠近芯片引脚放置，以最大限度地减少输出失真和启动稳定时间。振荡器特性（频率、封装、精度）详细信息，请咨询晶振制造商。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{HOSC}	振荡时钟频率	-	4	8	32	MHz
R_{F}	内部反馈电阻	-	—	200	—	K Ω
$C_{\text{L1}}, C_{\text{L2}}^{(1)}$	外部负载电容	ESR<60 Ω , 8MHz	5	22	25	pF
$t_{\text{START(HOSC)}}^{(2)}$	HOSC 启动时间	$V_{\text{DDH}} = 5\text{V}$, 8MHz	—	5	—	ms
I_{DD}	HOSC 消耗电流	$V_{\text{DDH}} = 5\text{V}$, 8MHz, $C_{\text{L1}} = C_{\text{L2}} = 22\text{pF}$	—	400	—	μA

表 6-13 HOSC 振荡器特性参数

注：

- C_{L1} 和 C_{L2} 选用，建议使用专为高频应用而设计，并可满足晶振或振荡器要求，大小介于 5 pF~25 pF（典型值）之间的高质量外部陶瓷电容器。 C_{L1} 和 C_{L2} 通常大小相同。
- t_{START} 是指启动（通过软件开启 HOSC）到稳定 8MHz 振荡时的启动时间。该值是基于标准晶振测量的，可能因晶振制造商不同而有差异。

下图为外部高速振荡器的典型应用连接：

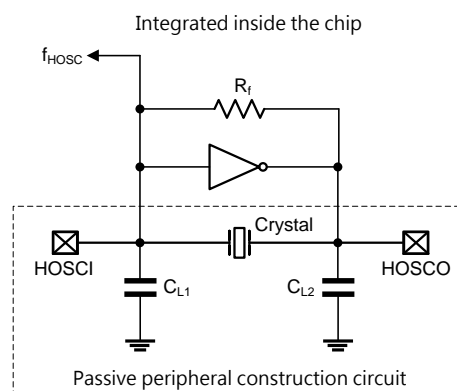


图 6-3 外部高速振荡器连接图

5.4.7 内部时钟源特性参数

◆ 内部高速 16M RC 振荡器

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{HRC}	频率	$V_{DDH}=5V, T_A=25^{\circ}C$	15.87	16	16.13	MHz
ACC_{HRC}	HRC 精度	$T_A=25^{\circ}C$	-0.8	—	0.8	%
		$T_A=-10$ to $70^{\circ}C$	-1.8	—	1.8	%
		$T_A=-40$ to $105^{\circ}C$	-2.8	—	2.8	%
$t_{START(HRC)}$	HRC 启动时间	—	—	15	—	μs
I_{DD}	HRC 电流	—	—	106	—	μA

表 6-14 内部高速 16M RC 振荡器特性参数

◆ 内部低速 RC 振荡器

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LRC}	频率	$V_{DDH}=5V, T_A=25^{\circ}C$	31.45	32.76	34.07	KHz
ACC_{LRC}	LRC 精度	$T_A=25^{\circ}C$	-4	—	4	%
		$T_A=-40$ to $105^{\circ}C$	-7	—	7	%
$t_{START(LRC)}$	LRC 启动时间	—	—	80	—	μs
I_{DD}	LRC 电流	—	—	1.0	—	μA

表 6-15 内部低速 RC 振荡器特性参数

5.4.8 小数分频锁相环PLL特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{PLL_IN}	PLL 输入时钟频率	—	—	4	—	MHz
f_{PLL_OUT}	PLL 倍频输出时钟频率	—	4	—	72	MHz
t_{LOCK}	PLL 锁定时间	—	—	40	—	μs
$t_{START(PLL)}$	PLL 启动时间	—	—	270	—	μs
I_{DD}	PLL 消耗电流	$f_{PLL_VCO}=192MHz$	—	415	—	μA
		$f_{PLL_VCO}=384MHz$	—	860	—	

表 6-16 小数分频锁相环 PLL 特性参数

5.4.9 FLASH存储器特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{PROG}	32 位编程时间	-	—	25	—	μs
t_{ERASE}	页擦除时间	页(page) = 512B	—	2	—	ms
	扇区擦除时间	扇区(sector)= 2KB(4 page)	—	2	—	ms
t_{ME}	全擦除时间	RP=level 0,WP/UCRP 关闭	—	8	—	ms
		RP=level 0,WP/UCRP 开启	2	—	126	ms
I_{DD}	消耗电流	编程模式	—	1	—	mA
		擦除模式	—	1	—	mA
N_{END}	擦除/编程次数	$T_A = -40 \text{ to } 85^\circ\text{C}$	100000	—	—	Cycles
t_{RET}	数据保持时间	$T_A = -40 \text{ to } 85^\circ\text{C}$	10	—	—	Years

表 6-17 FLASH 存储器特性参数

5.4.10 EMC电磁兼容性

5.4.10.1 EMS电磁敏感性

标号	参数	测试条件	等级
V_{EFT}	电快速瞬变脉冲群	$V_{\text{DDH}}=5\text{V}$, LQFP48, $T_A=25^\circ\text{C}$, $f_{\text{HCLK}}=16\text{MHz}$, 每个 V_{DDH} 只外加一个 100nF 电容, 遵循标准 IEC 61000-4-4	4A

表 6-18 EMS 电磁敏感性

注：上述电磁敏感特性参数值是基于理论设计值和被测样品的测试值，不是批量产品测试值，仅供芯片应用时参考。

5.4.11 静电防护能力测试

5.4.11.1 静电放电(ESD)

标号	参数	测试条件	等级	典型值	单位
$V_{\text{ESD(HBM)}}$	静电放电电压 (人体模型)	$T_A=25^\circ\text{C}$, 遵循标准 JEDEC EIA/JESD22-A114-B	Class 3A	4000	V
$V_{\text{ESD(CDM)}}$	静电放电电压 (充电装置模型)	$T_A=25^\circ\text{C}$, 遵循标准 JEDEC EIA/JESD22- C101-F	Class C3	2000	V

表 6-19 静电放电最大额定值

注：上述静电放电特性参数值是基于理论设计值和被测样品的测试值，不是批量产品测试值，仅供芯片应用时参考。

5.4.11.2 静态闩锁(LatchUp)

标号	参数	测试条件	等级
LU	静态闩锁等级	$T_A=25^\circ\text{C}$, 遵循标准 JESD78E	Class I, Level A

表 6-20 静态闩锁最大额定值

注：上述静态闩锁特性参数值是基于理论设计值和被测样品的测试值，不是批量产品测试值，仅供芯片应用时参考。

5.4.12 I/O端口特性参数

◆ I/O 端口 DC 特性

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IL}	I/O 输入低电平电压 (CMOS)	$T_A = -40 \text{ to } 105 \text{ } ^\circ\text{C}$ $V_{DDH}=5\text{V}$	—	—	$0.3^* V_{DDH}$	V
	I/O 输入低电平电压 (TTL)		—	—	0.8	V
V_{IH}	I/O 输入高电平电压 (CMOS)		$0.7^* V_{DDH}$	—	—	V
	I/O 输入高电平电压 (TTL)		2	—	—	V
V_{HYST}	I/O 输入施密特迟滞窗口电压 (CMOS)	$T_A=25^\circ\text{C}$ $V_{DD}=5\text{V}$	—	1.5	—	V
I_{IOLEAK}	I/O 输入漏电流	$V_{IN}=V_{SSH}$ 或 V_{DDH}	—	—	1	μA
R_{PU}	I/O 上拉电阻	$V_{IN}=V_{SSH}$	—	55	—	$\text{k}\Omega$
R_{PD}	I/O 下拉电阻	$V_{IN}=V_{DDH}$	—	55	—	$\text{k}\Omega$
t_{FIR}	I/O 输入脉冲滤波宽度 (脉冲滤除 $FIR=1$)	—	—	20	—	ns
I_{OL}	I/O 输出低电平	$V_{DD}=5\text{V}$, $V_{OL}=0.4\text{V}$ 普通驱动模式 $DS=0$	5.5	8	10	mA
		$V_{DD}=5\text{V}$, $V_{OL}=0.4\text{V}$ 强驱动模式 $DS=1$	11	15	18	mA
I_{OH}	I/O 输出高电平	$V_{DD}=5\text{V}$, $V_{OH}=4.6\text{V}$ 普通驱动模式 $DS=0$	6	8	9.5	mA
		$V_{DD}=5\text{V}$, $V_{OL}=4.6\text{V}$ 强驱动模式 $DS=1$	11	15	17	mA

表 6-21 I/O 端口 DC 特性参数

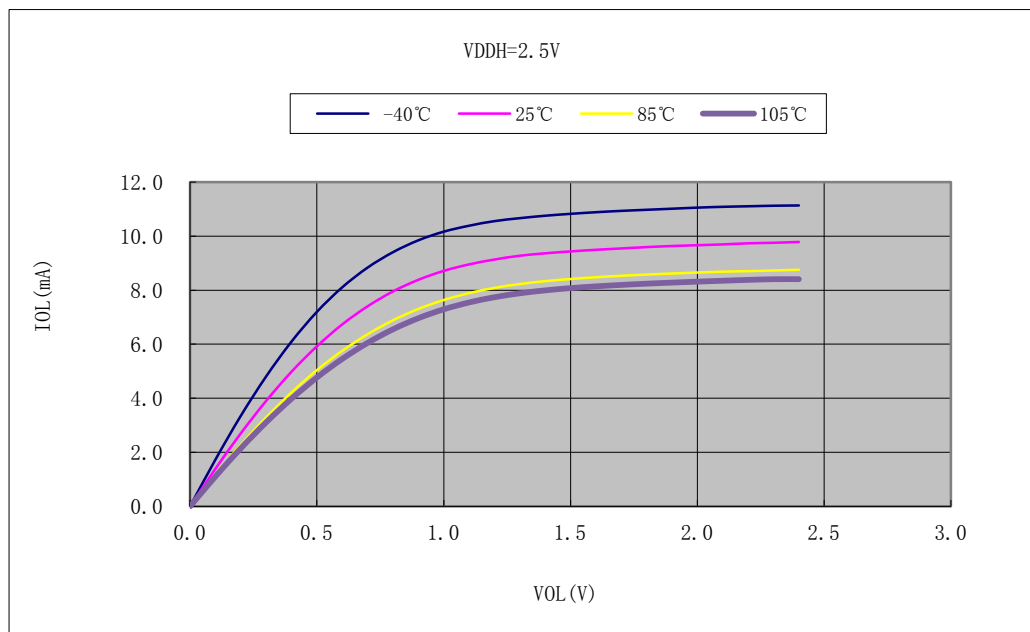
◆ I/O 端口 AC 特性

标号	参数	驱动模式	负载	条件	最小值	最大值	单位
$f_{\text{IOOUT_MAX}}$	最大输出频率	DS=0	$C_L=50\text{pF}$	$2.4\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 2.7\text{V}$	—	12	MHz
				$2.7\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 5.5\text{V}$	—	20	
		DS=1	$C_L=50\text{pF}$	$2.4\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 2.7\text{V}$	—	28	
				$2.7\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 5.5\text{V}$	—	40	
t_{IOFALL}	输出高到低电平下降时间	DS=0	$C_L=50\text{pF}$	$2.4\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 2.7\text{V}$	—	26	ns
				$2.7\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 5.5\text{V}$	—	18	
		DS=1	$C_L=50\text{pF}$	$2.4\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 2.7\text{V}$	—	15	
				$2.7\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 5.5\text{V}$	—	10	
t_{IOFALL}	输出高到低电平下降时间	DS=0	$C_L=50\text{pF}$	$2.4\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 2.7\text{V}$	—	33	ns
				$2.7\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 5.5\text{V}$	—	21	
		DS=1	$C_L=50\text{pF}$	$2.4\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 2.7\text{V}$	—	19	
				$2.7\text{V} \leq V_{\text{DDH}} < 5.5\text{V}$	—	13	
t_{IOPULSE}	EXTI 控制器检测外部信号的脉冲宽度	—	—	$f_{\text{HCLK}}=72\text{MHz}$	30	—	ns

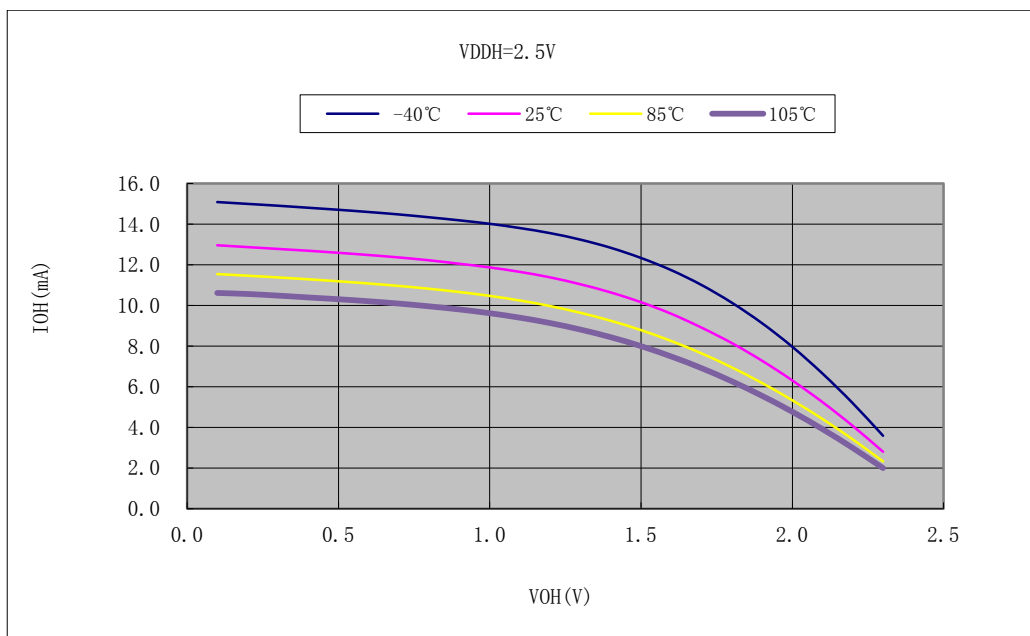
表 6-22 I/O 端口 AC 特性参数

5.4.12.1 I/O输出特性图 (普通驱动模式DS=0)

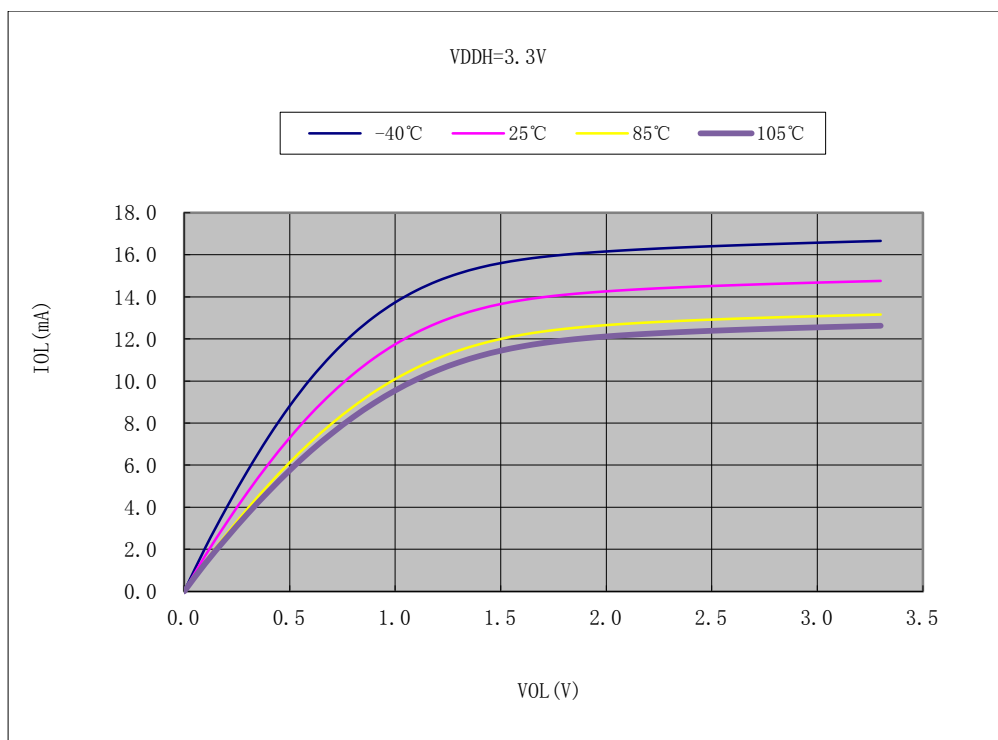
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDDH=2.5V (普通驱动)



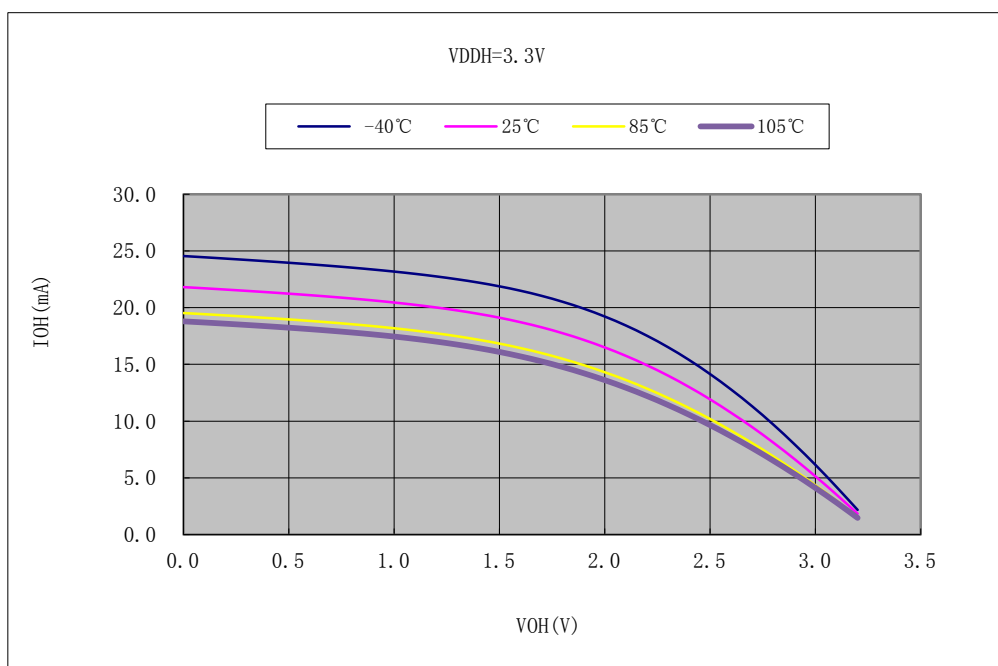
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDDH=2.5V (普通驱动)



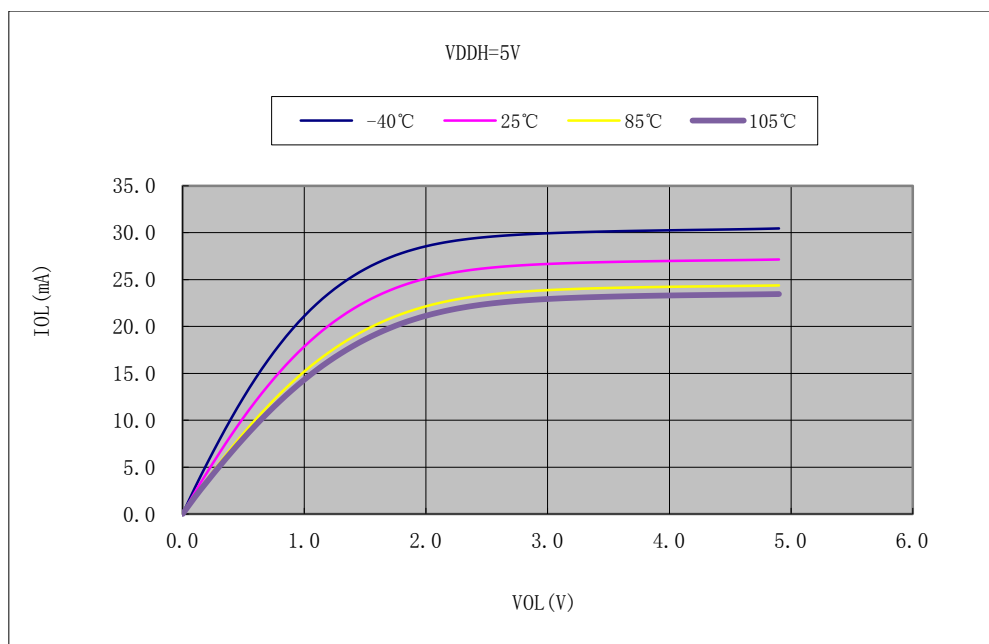
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDDH=3.3V (普通驱动)



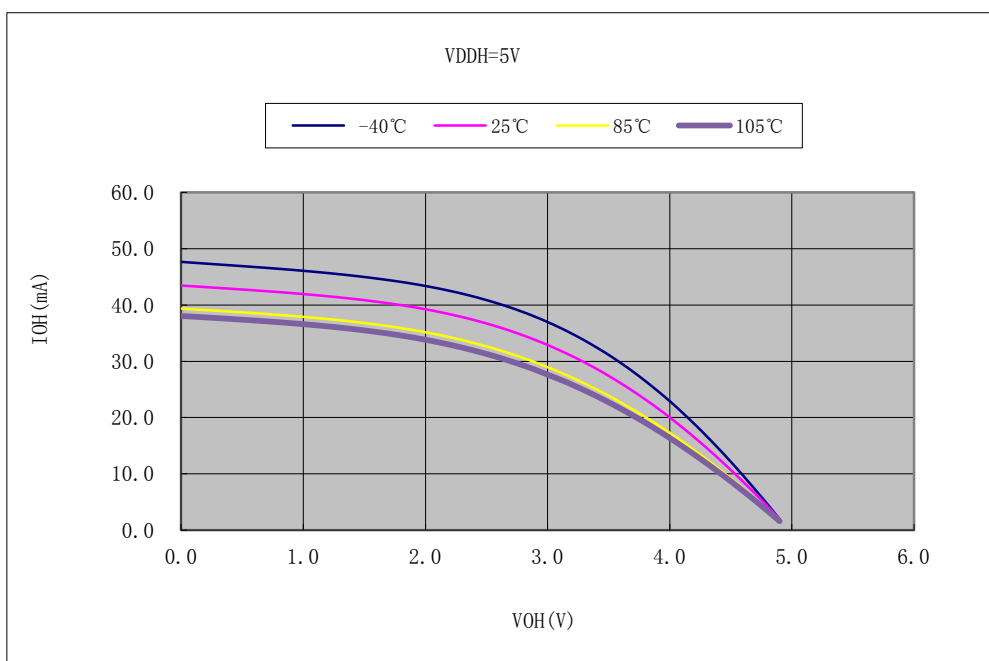
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDDH=3.3V (普通驱动)



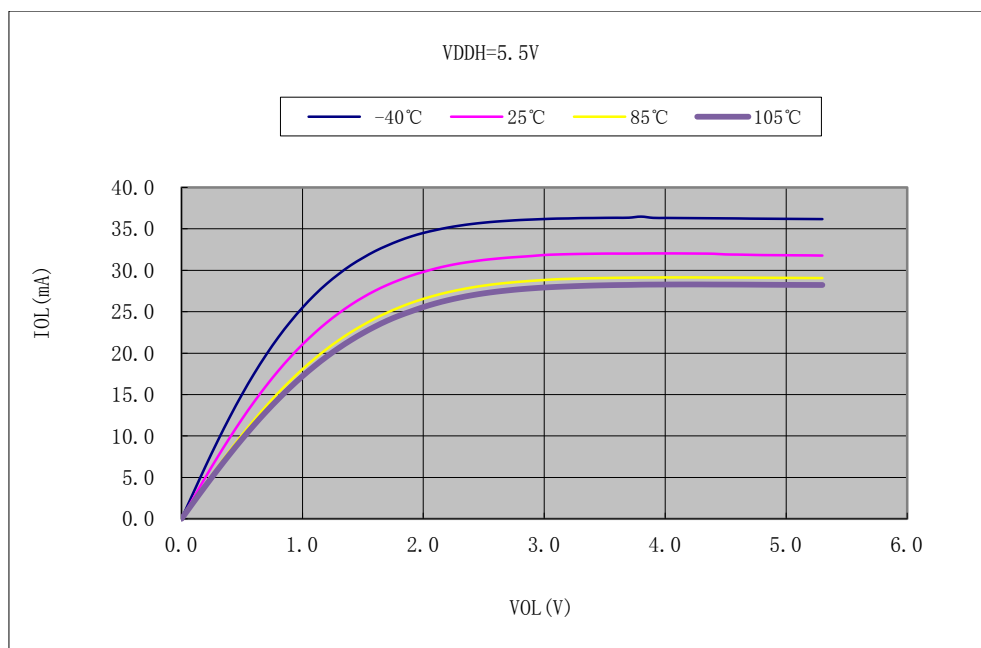
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDDH=5.0V (普通驱动)



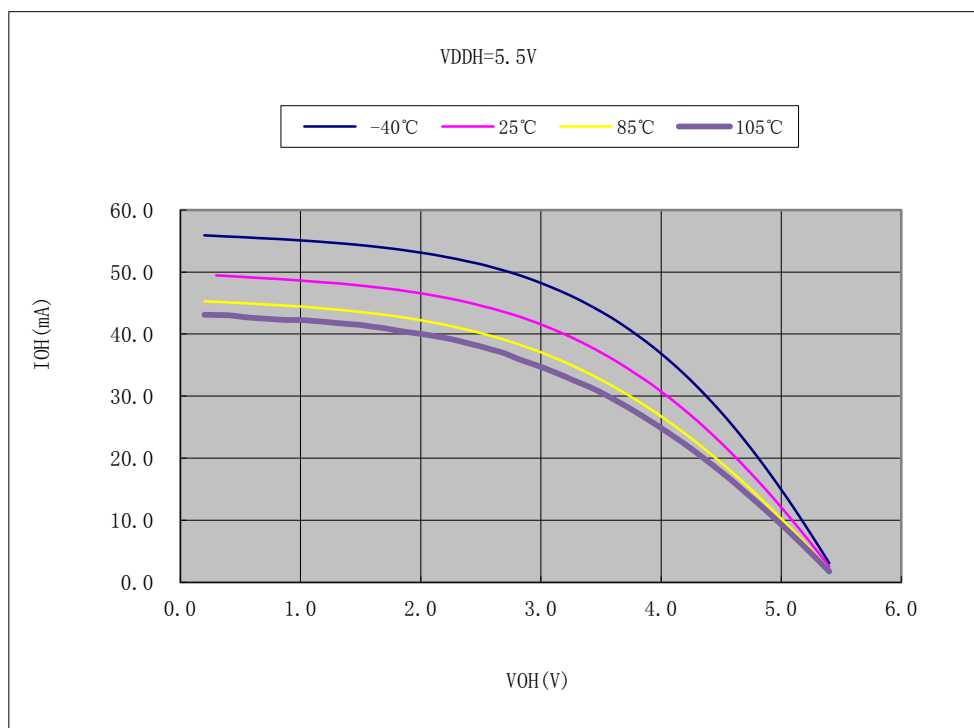
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDDH=5.0V (普通驱动)



◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDDH=5.5V (普通驱动)

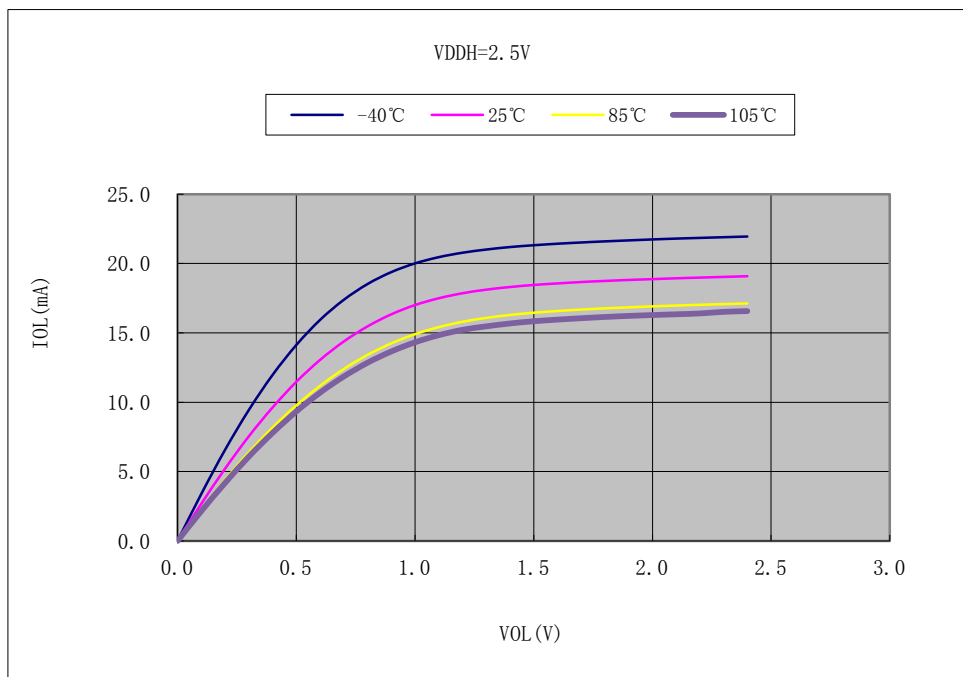


◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDDH=5.5V (普通驱动)

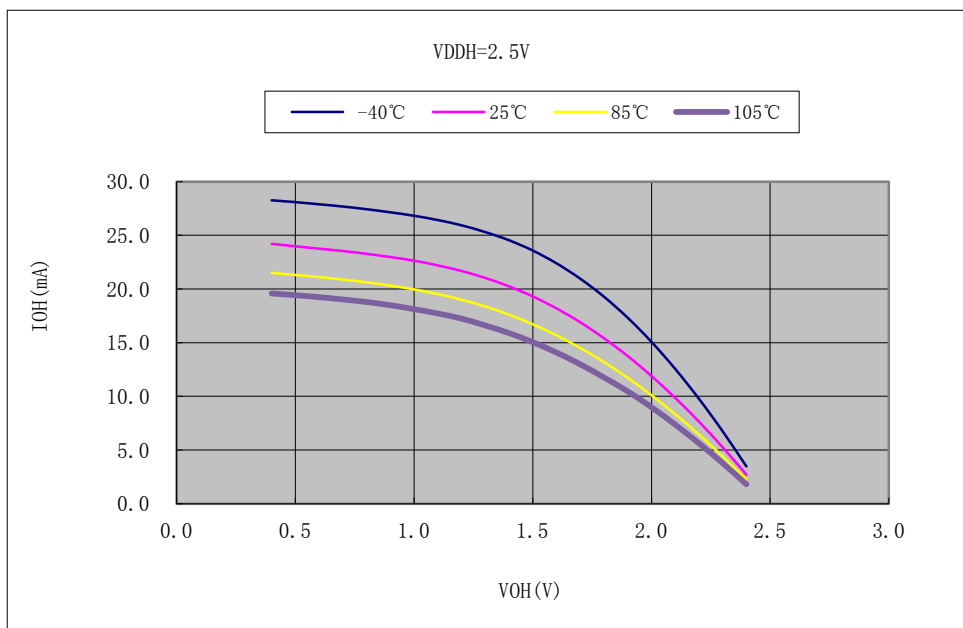


5.4.12.2 I/O输出特性图 (强驱动模式DS=1)

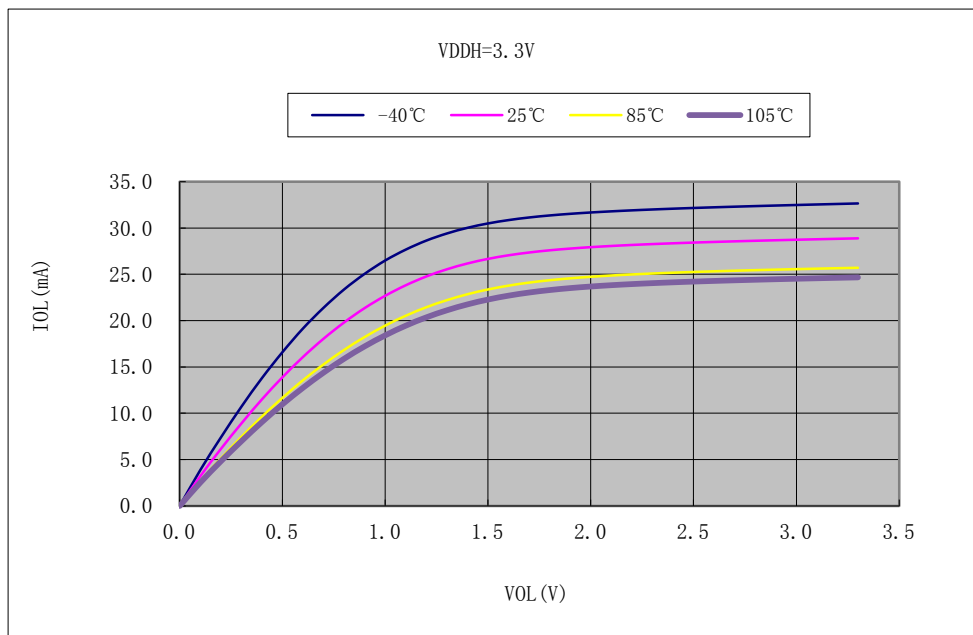
◇ I_{OL} vs V_{OL} @ $V_{DDH}=2.5V$ (强驱动)



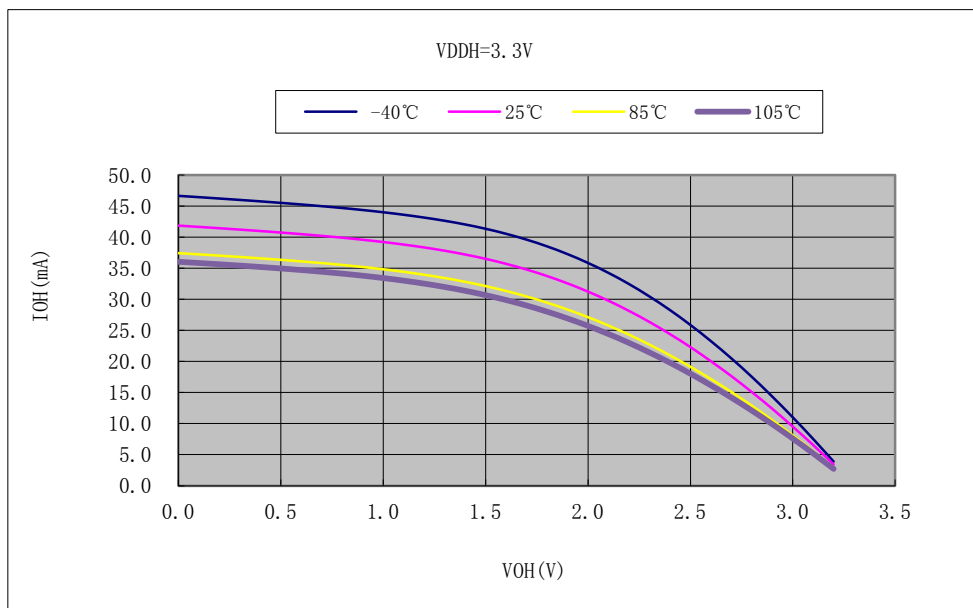
◇ I_{OH} vs V_{OH} @ $V_{DDH}=2.5V$ (强驱动)



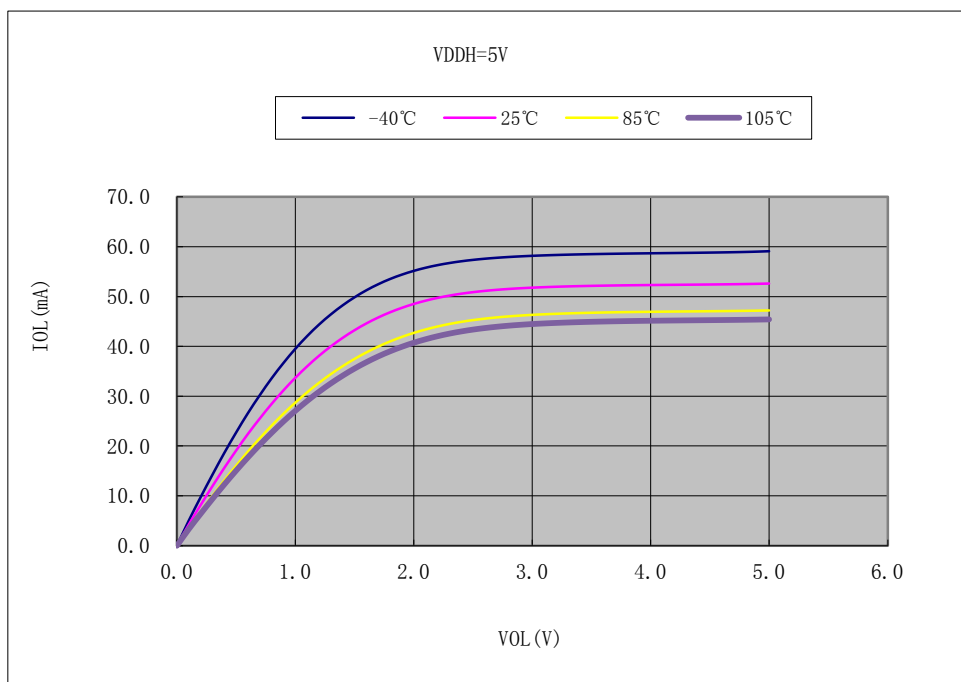
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDDH=3.3V (强驱动)



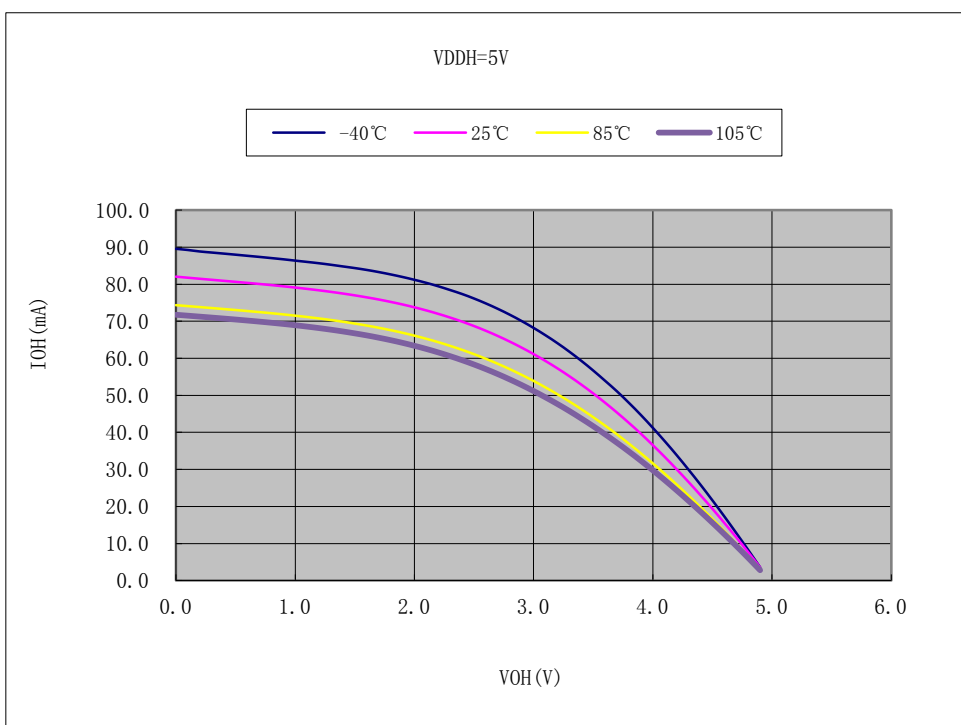
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDDH=3.3V (强驱动)



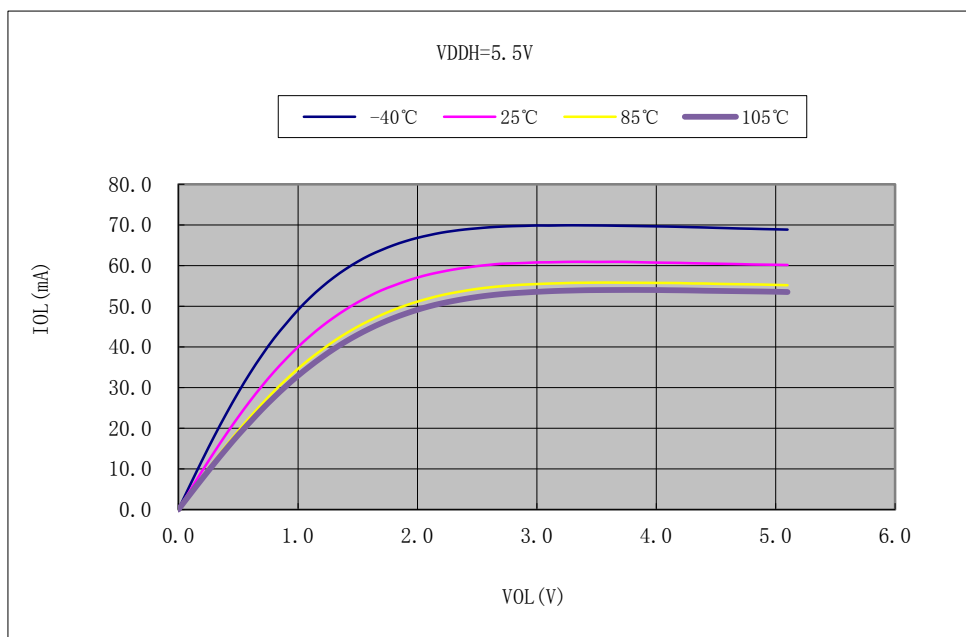
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDDH=5.0V (强驱动)



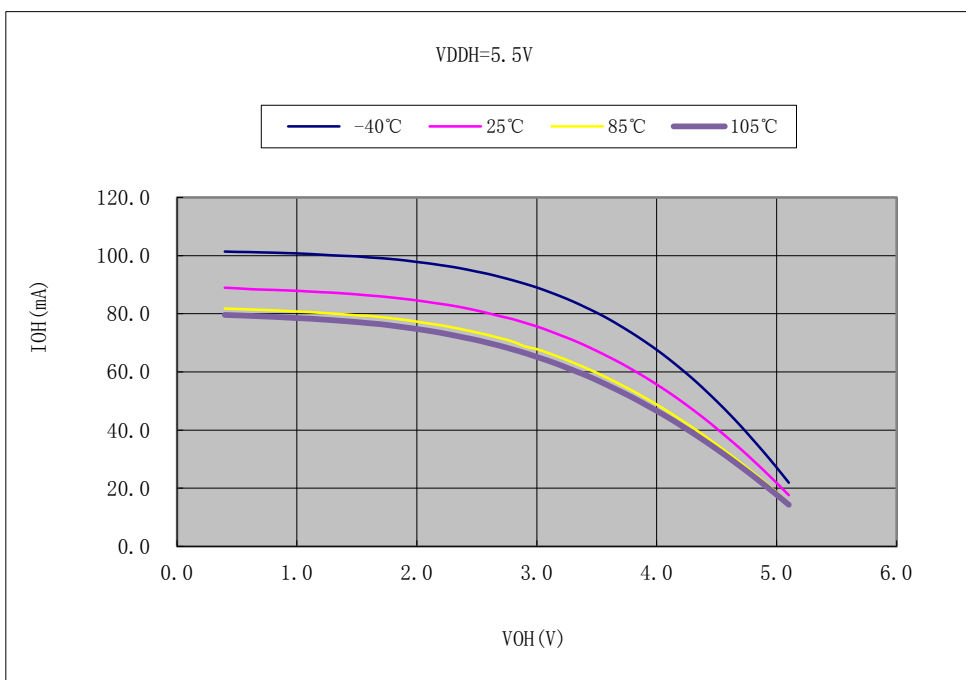
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDDH=5.0V (强驱动)



◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDDH=5.5V (强驱动)



◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDDH=5.5V (强驱动)



5.4.13 NRST特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IL}(\text{NRST})$	NRST 输入低电平电压	—	—	—	$0.3 \cdot V_{DDH}$	V
$V_{IH}(\text{NRST})$	NRST 输入高电平电压	—	$0.7 \cdot V_{DDH}$	—	—	V
$V_{HYST}(\text{NRST})$	NRST 施密特触发器迟滞电压	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{DD} = 5\text{V}$	—	0.4	—	V
R_{PU}	内部上拉电阻	$V_{IN} = V_{SSH}$	—	40	—	K Ω
$t_{FIR}(\text{NRST})$	NRST 输入脉冲滤波	—	—	—	100	ns
t_{NRSTPL}	内部产生的复位脉冲持续时间	无外接电容	—	32	—	μs

表 6-23 NRST 特性参数

以下为 NRST 参考应用电路：

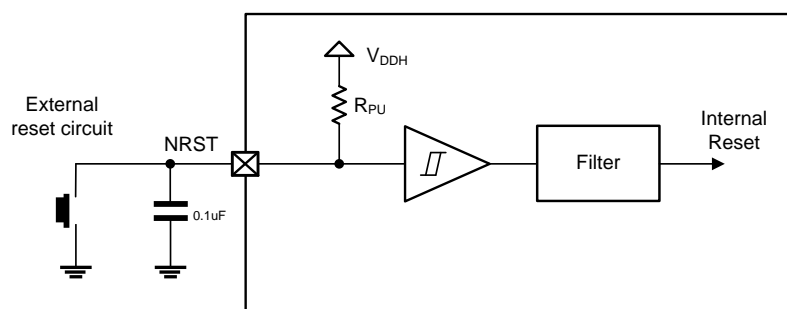


图 6-4 NRST 应用电路

5.4.14 定时器特性参数

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
$t_{res}(\text{TIMER})$	定时器分辨率	APB1 预分频= 1, $f_{\text{TIMERCLK}} = 72 \text{ MHz}$	1	—	t_{TIMERCLK}
			13.89	—	ns
$t_{EXT}(\text{TIMER})$	定时器 CH1 至 CH4 外部输入频率	—	0	$f_{\text{TIMERCLK}}/2$	MHz
		$f_{\text{TIMERCLK}} = 72 \text{ MHz}$	0	36	MHz
$t_{COUNTER}$	16 位计数器周期 (关闭预分频器)	—	1	2^{16}	t_{TIMERCLK}
		$f_{\text{TIMERCLK}} = 72 \text{ MHz}$	—	910.22	μs
	32 位计数器周期 (关闭预分频器)	—	1	2^{32}	t_{TIMERCLK}
		$f_{\text{TIMERCLK}} = 72 \text{ MHz}$	—	59.65	s

表 6-24 定时器特性参数

5. 4. 15 通信特性参数

5. 4. 15. 1 内部集成电路总线I2C特性参数

标号	参数	标准模式		快速模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	
t_{WSCLL}	SCL 时钟低电平时间	4.7	—	1.3	—	μs
t_{WSCLH}	SCL 时钟高电平时间	4.0	—	0.6	—	μs
t_{SUSDA}	SDA 数据建立时间	250	—	100	—	ns
t_{HSDA}	SDA 数据保持时间	—	3450	—	900	ns
t_{RSDA}, t_{RSCL}	SDA 和 SCL 信号上升时间	—	1000	—	300	ns
t_{FSDA}, t_{FSCL}	SDA 和 SCL 信号下降时间	—	300	—	300	ns
t_{HSTA}	START 条件的保持时间	4.0	—	0.6	—	μs
t_{SUSTA}	重复 START 条件的建立时间	4.7	—	0.6	—	μs
t_{SUSTO}	STOP 条件的建立时间	4.0	—	0.6	—	μs
$t_{WSTOSTA}$	STOP 至 START 条件之间的总线空闲时间	4.7	—	1.3	—	μs
C_{BUS}	总线电容负载 (注意: SCL 和 SDA 电容负载应尽量保持一致)	—	400	—	400	pF

表 6-25 I2C 特性参数

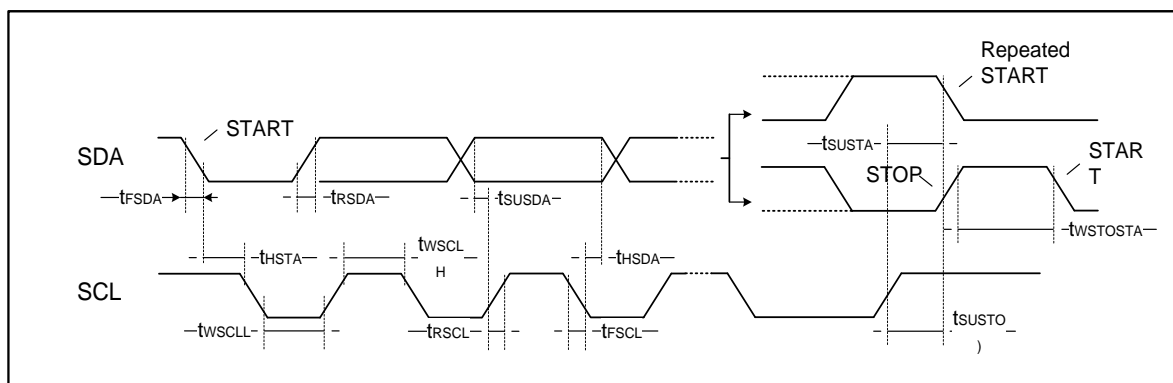


图 6-5 I2C 时序图

5. 4. 15. 2 串行外设接口SPI特性参数

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
f_{SCK}	SPI 时钟频率	主模式, $f_{PCLK}=72MHz$	—	36	MHz
		从模式, $f_{PCLK}=56MHz$	—	28	MHz
t_{RSCK}/t_{FSCK}	SPI 时钟上升和下降时间	电容负载 30pF	—	8	ns
$DUTY_{SCK}$	SPI 输入时钟占空比	从模式	30	70	%
t_{SUNSS}	NSS 建立时间	从模式	10	—	ns
t_{HNSS}	NSS 保持时间	从模式	10	—	ns
t_{WSCKH} t_{WSCKL}	SCK 高电平和低电平时间	主模式, $f_{PCLK}=72MHz$, 4 分频	$t_{PCLK}/2-2$	$t_{PCLK}/2+1$	ns
t_{SUMI}	输入数据建立时间	主模式	10	—	ns
t_{SUSI}	输入数据建立时间	从模式	5	—	ns
t_{HMI}	输入数据保持时间	主模式	5	—	ns
t_{HSI}	输入数据保持时间	从模式	5	—	ns
t_{ASO}	输出数据访问时间	从模式	0	$3t_{PCLK}$	ns
t_{DISSO}	输出数据禁止时间	从模式	2	10	ns
t_{VSO}	输出数据有效时间	从模式	—	5	ns
t_{VMO}	输出数据有效时间	主模式	—	5	ns
t_{HSO}	输出数据保持时间	从模式	5	—	ns
t_{HMO}	输出数据保持时间	主模式	5	—	ns

表 6-26 SPI 特性参数

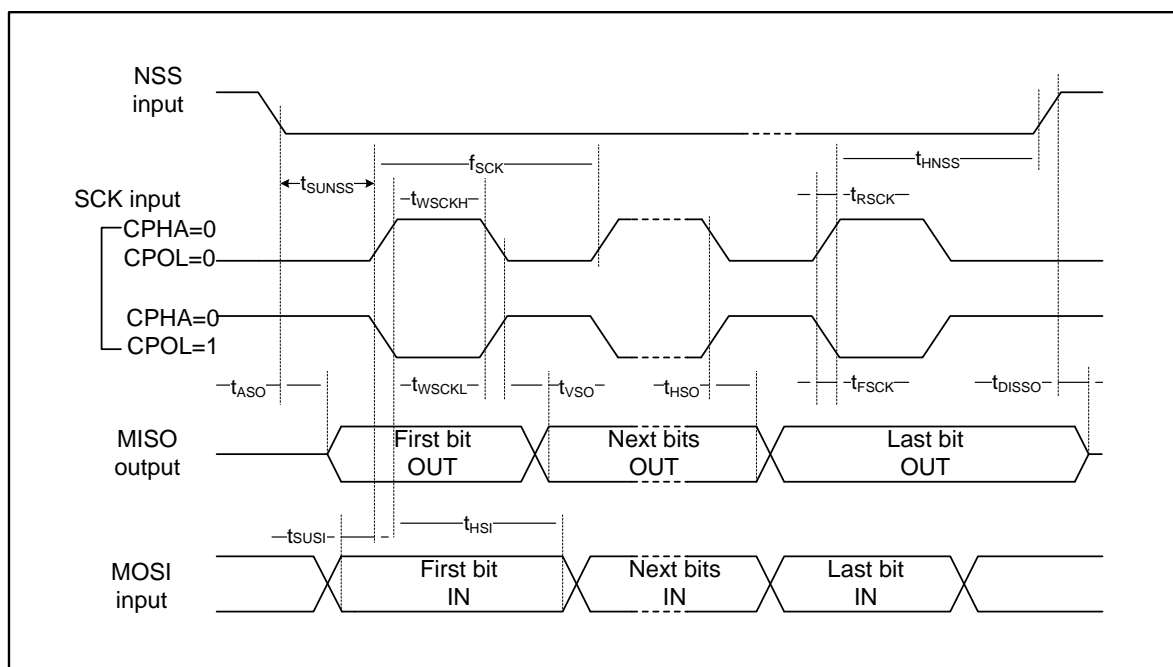


图 6-6 SPI 时序图（从模式）和 CPHA = 0

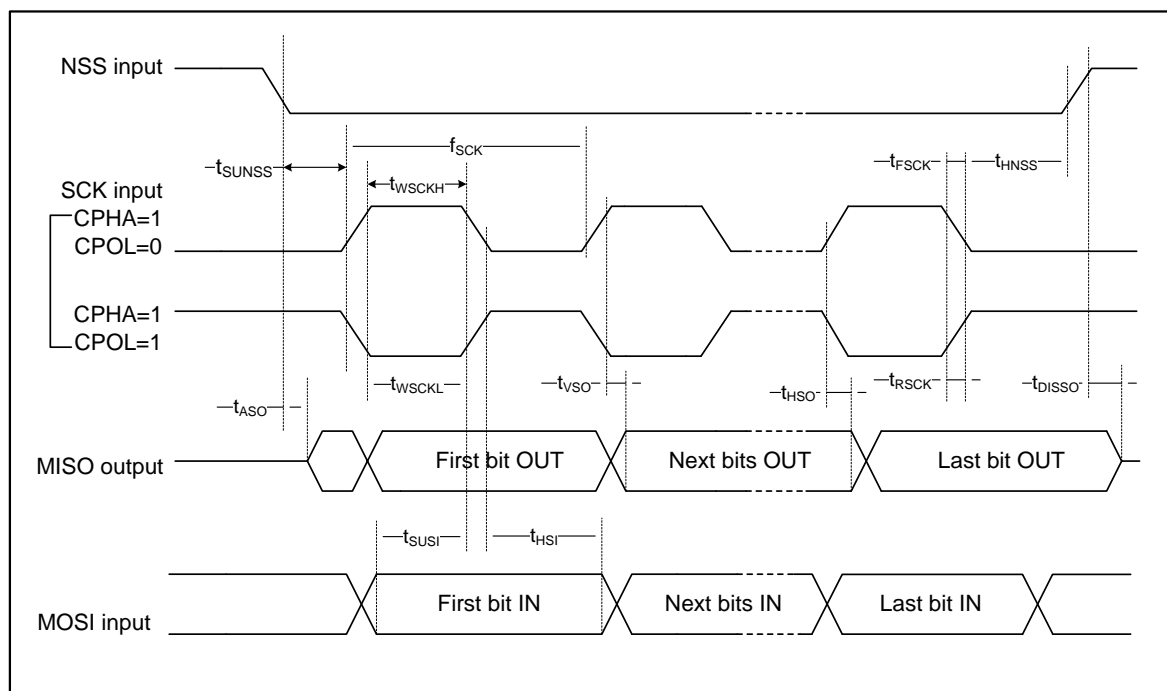


图 6-7 SPI 时序图（从模式）和 CPHA = 1

5.4.16 模拟数位转换器ADC特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DDA}	工作电压范围	—	2.4	—	5.5	V
V _{REFP}	ADC 参考电压	V _{DDA} = V _{REFP}	2.4	—	5.5	V
I _{ADC}	ADC 消耗电流	V _{DDA} =5V	—	3.5	—	mA
f _{ADC}	ADC 时钟频率	—	0.6	—	48	MHz
f _s	采样率	12 位分辨率	—	—	2.4	MHz
		10 位分辨率	—	—	2.67	
		8 位分辨率	—	—	3	
		6 位分辨率	—	—	3.43	
V _{AIN}	转换电压范围	—	0	—	V _{REFP}	mV
R _{AIN}	外部输入阻抗	—	—	—	571.96	KΩ
R _{ADC}	采样开关电阻	—	—	—	3.34	KΩ
C _{ADC}	内部采样保持电容	—	—	3.84	—	pF
t _s	采样时间	f _{ADC} = 48MHz	0.073	—	19.91	μs
		—	3.5	—	955.5	1/f _{ADC}
t _{START}	稳定时间	f _{ADC} =48MHz	—	2	—	μs
t _{CONV}	总转换时间 (包括采样时间)	f _{ADC} = 48 MHz, 12 位分辨率	0.354	—	20.187	μs
		12 位分辨率	17~969(采样周期数 T _s + 转换周期数 13.5)			1/f _{ADC}
ERR _{DNL}	差分线性误差	f _{ADC} =48MHz	—	±2	—	LSB
ERR _{INL}	积分线性误差	f _{ADC} =48MHz	—	±7	—	LSB

表 6-27 ADC 特性参数

◆ 外部输入阻抗 R_{AIN} 公式

$$R_{AIN} = \frac{T_s}{f_{ADC} \times C_{ADC} \times \ln(2^{N+1})} - R_{ADC}$$

周期数 T _s (1/f _{ADC}) @48MHz	采样时间 t _s (μs)	最大值 R _{AIN} (KΩ)
3.5	0.07292	N/A
6.5	0.13542	0.58
10.5	0.21875	2.99
16.5	0.34375	6.60
26.5	0.55208	12.62
34.5	0.71875	17.44
82.5	1.71875	46.34
178.5	3.71875	104.44
306.5	6.38542	181.2
955.5	19.90625	571.96

表 6-28 最大值 R_{AIN} (f_{ADC} = 48 MHz, 12 位分辨率)

5.4.17 模拟比较器CMP特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	工作电压范围	$V_{DDA}=V_{DDH}$	2.4	—	5.5	V
V_{IN}	输入电压范围	—	0	—	V_{DDA}	V
t_{START}	启动时间	—	—	1.8	—	μs
$V_{OFFSET}^{(1)}$	偏移误差	—	-6	—	6	mV
t_D	传播延迟	—	—	275	—	ns
I_{CMP}	消耗电流	—	—	140	—	μA
V_{HYST}	比较器迟滞	$V_{DDA}=5V$	10	12	15	mV

表 6-29 CMP 特性参数

注

1. 用户必须开启 EXTI 输入去抖动寄存器中的 CMP 位配置为 1，并将 EXTI 输入去抖动采样率控制寄存器中的 DBCNT 位配置为 0x7。

5.4.18 运算放大器OPAMP特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDA}	工作电压范围	—	2.4	5	5.5	V
V_{OUT}	输出电压范围	—	0.1	—	$V_{DDA}-0.1$	V
V_{IN}	输入电压范围	—	0	—	V_{DDA}	V
I_{OPA}	消耗电流	—	—	520	—	μA
GBW	增益带宽乘积	OPAHSM=0, 普通模式	—	8.8	—	MHz
		OPAHSM=1, 高速模式	—	35.4	—	MHz
C_{LOAD}	输出电容最大负载	—	—	—	10	pF
SR	回转率 (Slew Rate), OP1/OP2	OPAHSM=0, 普通模式	—	9.6	—	V/ μs
		OPAHSM=1, 高速模式	—	19.2	—	V/ μs
	回转率 (Slew Rate), OP3/OP4	OPAHSM=0, 普通模式	—	15.3	—	V/ μs
		OPAHSM=1, 高速模式	—	41.6	—	V/ μs
I_{OPA_LOAD}	输出电流负载	—	—	—	500	μA
V_{OS}	偏移误差	$V_{IN}=2.5V$	—	—	± 3.5	mV
ERR_{GAIN}	增益误差	—	—	—	± 2.1	%
t_{START}	启动时间	—	—	5	—	μs
t_{S_OPA}	读取 OPA 输出时 ADC 采样时间	—	0.2	—	—	μs

表 6-30 OPAMP 特性参数

5.4.19 温度传感器特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DDA}	工作电压范围	—	2.4	5	5.5	V
T _L	V _{TSENSE} 与温度的线性度	—	—	—	± 5	°C
Avg_Slope	温度平均斜率	—	3.34	—	4	mV/°C
V _{TSENSE30}	30°C 时输出电压值(±5°C)	—	1.03	1.094	1.16	V
t _{START}	启动时间	—	—	—	25	μs
t _{S_TSENSE}	读取温度时 ADC 采样时间	—	3	—	—	μs
I _{TSENSE}	消耗电流	—	—	60	—	μA

表 6-31 温度传感器特性参数

5.4.20 内部电压源特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{REFINT} ⁽¹⁾	内部参考电压(BandGap)	T _A =-40 to 105°C, V _{DDH} =5V	1.14	1.22	1.30	V
t _{S_VREFINT}	读取内部参考电压时 ADC 采样时间	—	3	—	—	μs
V _{RESSRC} ⁽²⁾	内部电阻分压电压源	—	—	V _{DDA}	—	V
V _{RES1} ⁽³⁾	内部电阻分压 VRES1	VRESEN=1	—	VRES1 SEL/32	—	V _{RESSRC}
V _{RES2} ⁽³⁾	内部电阻分压 VRES2	VRESEN=1	—	VRES2 SEL/32	—	V _{RESSRC}
t _{S_VRES}	读取内部电阻分压时 ADC 采样时间	—	0.8	—	—	μs

表 6-32 内部电压源特性参数

注：

1. V_{REFINT} 内部参考电压,直接连接到 ADC1_IN17 通道,提供 ADC 当作内部参考电源;搭配 SYSCFG_ADCVREF 配置字,可推算 V_{DDA} 实际电压,详情可参考应用手册。
2. V_{RESSRC} 内部电阻分压电压源,可选择 V_{REFINT} 内部参考电压或 V_{DDA},由 SYSCFG_PWR.RESSRC 寄存器配置选择。
3. V_{RES1}/V_{RES2} 内部电阻分压,提供独立的 31 种分压电阻,分别提供给 ADC1/2、CMP 与 OPAMP,可分别选择需要的分压电源,每区段电压误差±0.5%,其中最低 3 个区段电压误差分别约 2.5%, 1.3%, 0.8% (对应的 VRES1SEL/VRES2SE 的值分别为 1, 2, 3)。

第6章 封装信息

6.1 LQFP32(7x7mm)封装尺寸图

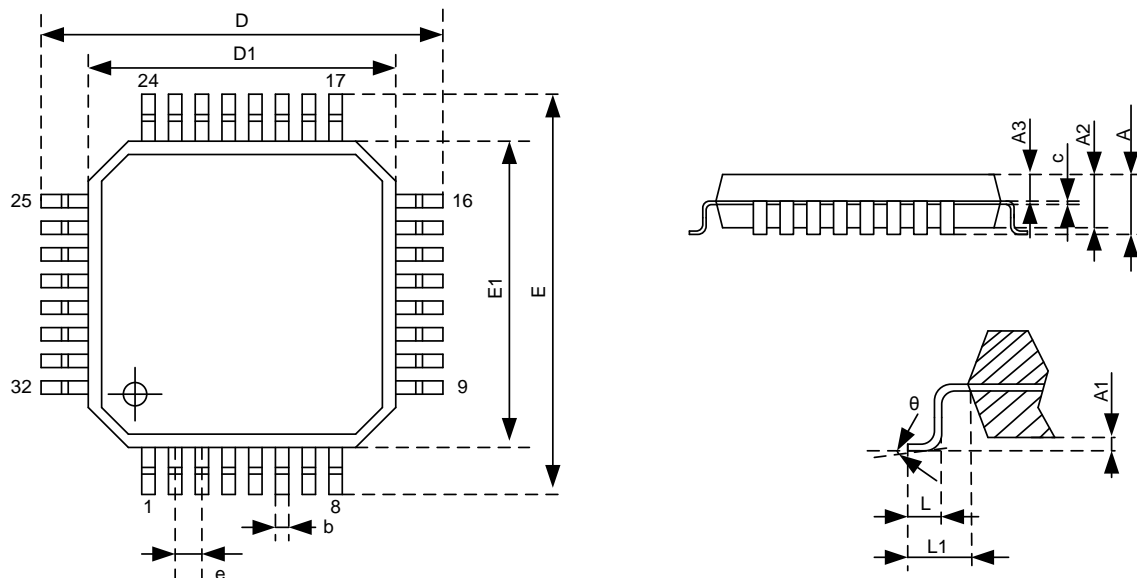


图 7-1 LQFP32(7x7mm)封装尺寸图

标号	公制(mm)		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.60
A1	0.05	—	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
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
b	0.32	—	0.43
e	0.80BSC		
L	0.40	0.60	0.75
L1	1.00REF		
θ	0	—	7°

6.2 LQFP48(7x7mm)封装尺寸图

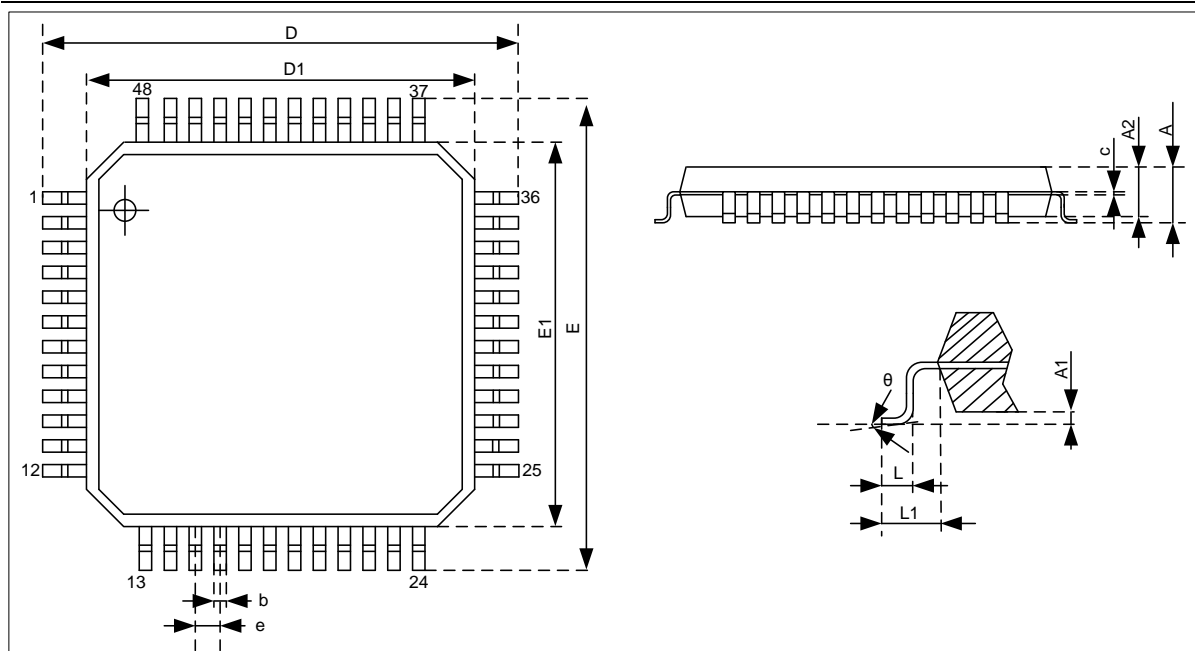


图 7-2 LQFP48(7x7mm)封装尺寸图

标号	公制(mm)		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.60
A1	0.05	—	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
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
b	0.17	0.22	0.27
e	0.50BSC		
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00REF		
θ	0°	—	7°

修订历史

版本	修改日期	更改概要
V1.0	2025-03-19	初版