M0-BLDC MCU

MDF151A

基于Arm® Cortex®-M0内核的32位微控制器

数据手册

版本: 0.1

This document contains information on a new product under development by Megawin.
Megawin reserves the right to change or discontinue this product without notice.
© Megawin Technology Co., Ltd. 2025 All rights reserved.

MDF151

特性

- 内置双路12V和5V输出的LDO稳压器
- 内置150V三组集成的NN栅极驱动器
- 内置MCU, 其内核: Arm® Cortex®-M0 32位MCU
  - 工作频率可达60MHz
- 硬件除法器(32位)
- 高达**32KB** Flash程序存储器
- 高达**4KB** SRAM
- **3KB** 独立Flash空间可用以程序或数据存储
- 2.5V ~ 5.5V宽电压工作范围
- 上电/掉电复位 (POR/PDR), 可编程电压监测器 (PVD)
- 内嵌经出厂校准的60MHz高速RC振荡器
- 40KHz LSI
- 低功耗(STOP)模式，功耗100uA
- 1个**12位ADC** (模数转换器)，转换速率可达**1M** SPS (11个输入通道)
  - 支持配置采样时间和分辨率
  - 片上温度传感器
  - 片上电压传感器
  - 转换范围: 0~VDD
  - 10个外部通道
  - 支持注入模式
  - 支持多组数据缓存
- 2个模拟比较器
- 2个轨对轨运算放大器
- 1个有2个通道的DMA控制器
  - 支持外设包括Timer, ADC 和USART
- 多达 **20**个快速I/O端口:
  - 所有I/O口可以映像到16个外部中断
  - 所有端口支持VDD信号输入/输出
- 7 个定时器
  - 1个16位4通道高级控制定时器(TIM1)，有着4通道PWM互补输出和死区产生，硬件移相和刹车功能。
  - 1个32位通用定时器(TIM2)，有着高达4个输入捕获/输出比较通道
  - 2个16位基本定时器 (TIM3, TIM4) ，有着1个输入捕获/输出比较通道
  - 1个16位定时器(TIM6)，支持中断触发
  - 1个独立看门狗定时器
  - 1个Systick定时器，24位自减型计数器
- 串行调试 (SWD) 接口支持调试模式
- 1个USART接口，支持UART和SPI通信
- 96位唯一芯片ID (UID)
- 可用QFN32、QFN40、LQFP48封装

目录

特性 3
目录 4
图目录 6
表目录 7
1 简介 8
1.1. 概述 8
2. 规格 9
2.1. 产品列表 9
2.1.1. 订购信息 9
2.1.2. 功能方框图 10
2.2. MDF151内置MCU功能说明 11
2.2.1. MCU(MDF101)功能方框图 11
2.2.2. MCU内核介绍 12
2.2.3. 总线简介 12
2.2.4. 存储器映像 12
2.2.5. 内置Flash 13
2.2.6. 内置SRAM 13
2.2.7. 嵌套的向量式中断控制器 (NVIC) 13
2.2.8. 外部中断/事件控制器(EXTI) 13
2.2.9. 时钟和启动 13
2.2.10. 启动模式 14
2.2.11. 供电方案 14
2.2.12. 电源监控器 14
2.2.13. 稳压器 14
2.2.14. 低功耗模式 14
2.2.15. 硬件除法器 (HWDIV) 15
2.2.16. 直接存储器访问控制器 (DMA) 15
2.2.17. 定时器和看门狗 (TIMs & WDG) 15
2.2.18. 高级控制定时器 (TIM1) 16
2.2.19. 32位通用定时器 (TIM2) 16
2.2.20. 基本定时器 (TIM6) 16
2.2.21. 基本定时器 (TIM13/14) 16
2.2.22. 独立看门狗 (IWDG) 16
2.2.23. SysTick定时器 (Systick) 16
2.2.24. 通用输入/输出 (GPIO) 16
2.2.25. 通用同步/异步收发器 (USART) 17
2.2.26. 模数转换器(ADC) 17
2.2.27. 温度传感器 17
2.2.28. 模拟比较器 (COMP) 17
2.2.29. 运算放大器 (OPAMP) 17
2.2.30. 串行调试 (SWD) 17
3. 引脚定义和复用功能 18
3.1. 引脚分布图-QFN32 18
3.2. 引脚分布图-QFN40 19
3.3. 引脚分布图-LQFP48 20
3.4. 引脚定义表- 21
3.5. MCU复用菜单 25
4. 电气特性 27
4.1. 测试条件 27
4.1.1. 负载电容 27
4.1.2. 引脚输入电压 27

4.1.3. 应用方案 28
4.2. 绝对最大额定值 30
4.3. 12V/5V LDO 工作条件 31
4.3.1. 12V LDO 电气特性 31
4.3.2. 5V LDO 电气特性 31
4.4. 预驱工作条件 32
4.4.1. 预驱电气特性 32
4.5. MCU 工作条件 34
4.5.1. 上电和掉电工作条件 34
4.5.2. 内嵌复位和电源控制模块特性 35
4.5.3. 内置参考电压 35
4.5.4. 供电电流特性 35
4.5.5. 内部时钟源特性 37
4.5.6. GPIO端口通用输入/输出特性 38
4.5.7. NRST引脚特性 39
4.5.8. 定时器特性 40
4.5.9. 通信接口 41
4.5.10. ADC特性 42
4.5.11. 比较器特性 44
5. 封装尺寸 46
5.1. 封装QFN32 (4mm X 4mm X 0.85mm) 尺寸 46
5.2. 封装QFN40 (5mm X 5mm X 0.75mm) 尺寸 47
5.3. 封装LQFP48 (7mm X 7mm X 1.4mm) 尺寸 48
6. 版本历史 49
7. 免责声明 50

图目录

图 1 MDF151功能方框图 10
图 2 MCU功能方框图 11
图 3 时钟树 14
图 4 QFN32 引脚分布 18
图 5 QFN40 引脚分布 19
图 6 LQFP48 引脚分布 20
图 7 引脚的负载条件 27
图 8 引脚输入电压 27
图 9 MDF151 VIN > 13V 应用方案 28
图 10 MDF151 VIN < 13V 应用方案 29
图 11 预驱输出波形图 33
图 12死区时间波形图 33
图 13 上电和掉电波形 34
图 14 输入/输出交流特性定义 39
图 15 NRST引脚保护建议 40
图 16 USART 同步时序 41
图 17 使用ADC典型的连接图 43
图 18 电源和参考电源去耦电路 44
图 19 QFN-32 (4mm X 4mm X 0.85mm) 46
图 20 QFN-40 (5mm X 5mm X 0.75mm) 47
图 21 LQFP-48 (7mm X 7mm X 1.4mm) 48

MDF151

表目录

表 1 订购信息 9
表 2 存储器映像 12
表 3 低功耗模式列表 15
表 4 定时器功能比较 15
表 5 引脚定义表 21
表 6 PA端口复用功能AF0-AF7 25
表 7 PB端口复用功能 AF0-AF7 25
表 8 比较器使用的IO端口 26
表 9 OP使用的IO端口 26
表 10 绝对最大额定值 30
表 11 12V LDO电气特性 31
表 12 5V LDO电气特性 31
表 13 预驱工作条件 (補上SC008) 32
表 14 预驱电气特性 (補上SC008) 32
表 15 预驱输入输出逻辑真值表 (x=1,2,3) 33
表 16 一般工作条件 34
表 17 上电和掉电工作条件(1) (2) (3) 34
表 18 内嵌复位和电源控制模块特性 (1) 35
表 19 内置参考电压 35
表 20 运行模式下的典型电流消耗 36
表 21 睡眠模式下的典型电流消耗 36
表 22 停止模式下的典型电流消耗 36
表 23 内置外设的电流消耗 (1) 37
表 24 低功耗模式唤醒时间 37
表 25 HIS振荡器特性 (1) 37
表 26 LSI振荡器特性 (1) 38
表 27 FLASH存储器特性 38
表 28 Flash存储器寿命和数据保存期限(1) 38
表 29 IO 静态特性(1) 38
表 30 输出电压特性(1) 39
表 31 输入/输出交流特性(1) 39
表 32 NRST引脚特性(1) 39
表 33 TIMx (1)特性 40
表 34 USART同步模式特性(1) 41
表 35 ADC特性(1) 42
表 36 f_{ADC}=15MHz (1)时的最大R_{AIN} 43
表 37 ADC静态参数(1) (2) 43
表 38 温度传感器特性(3) 44
表 39 比较器特性 44
表 40 运算放大器特性 45
表 41 版本历史 49

1 简介

1.1. 概述

MDF151A 是一个高度集成的马达控制MCU，其内部集成了三大功能区块：12V与5V输出的LDO稳压器、三组集成的NN栅极驱动器、与高性能32位运动控制MCU。MDF151提供使用者一个低成本、小体积的马达MCU解决方案。

MDF151A内置之MCU实体为MDF101，其使用Cortex®-M0内核，最高工作频率可达60MHz。它具有内置32KB高速内存和多达26个GPIO，其中6个GPIO作为内部预驱控制用，MDF151实际GPIO引脚为20个。MCU还集成了1个12位模数转换器(ADC）通道、2个模拟比较器(COMP)通道、2个运算放大器(OPAMP)通道、1个32位通用定时器、3个16位基本定时器和1个16位高级定时器。它还提供了一个USART接口，可用于UART或SPI通信。

本产品系列内置耐压150V的预驱，工作温度范围为-40°C ~ 105°C

该产品提供的封装形式：QFN32, QFN40, LQFP48 。

该MCU具有丰富的外设配置，适用于各种应用：

- 电机驱动和应用控制
- 伺服风扇、暴力风扇、二轮车、电动工具、园林工具

MDF151

2. 规格

2.1. 产品列表

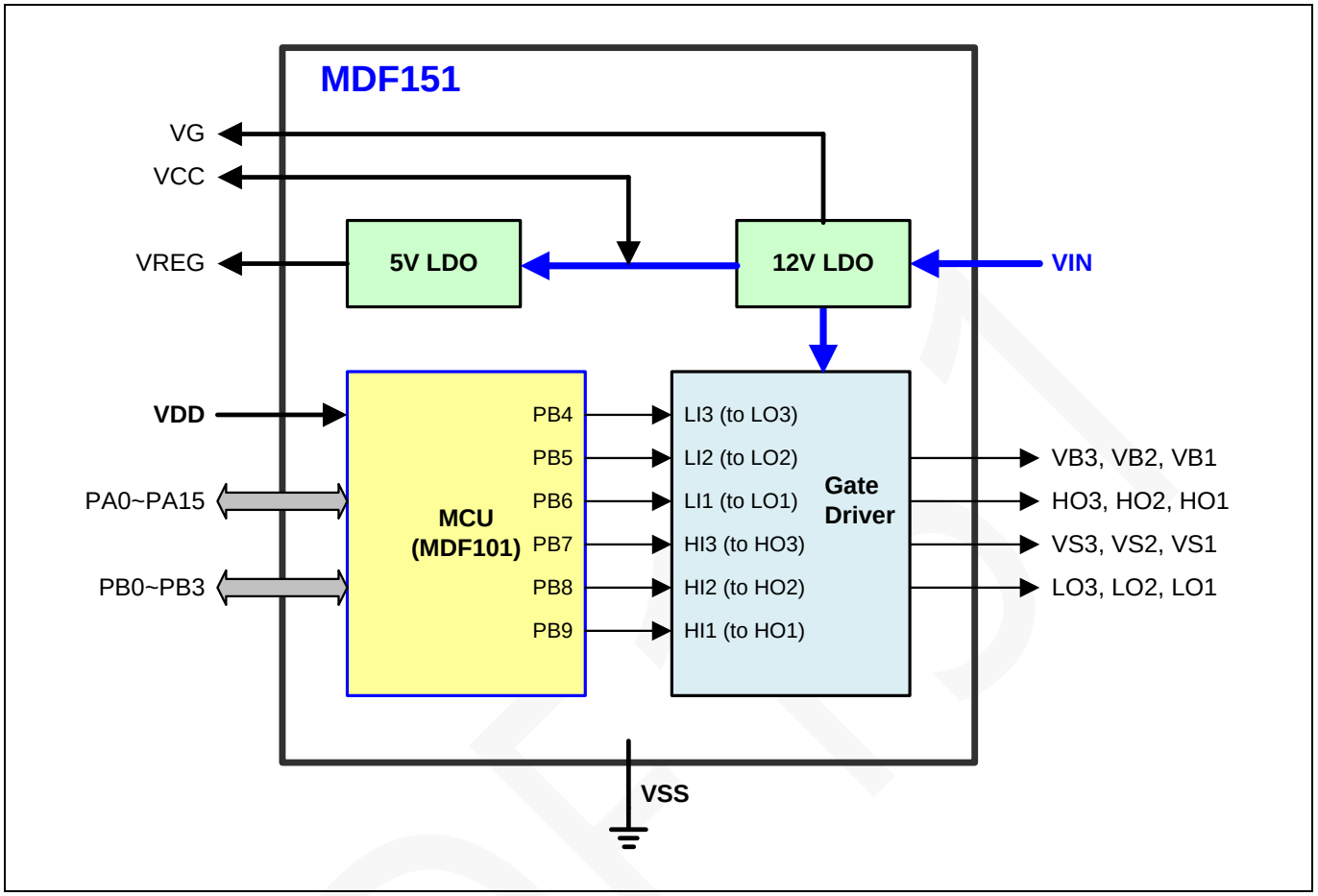
2.1.1. 订购信息

表 1 订购信息

产品信息/外设		MDF151AAZ32	MDF151AAY40	MDF151AAD48
CPU频率		60MHz	60MHz	60MHz
FLASH内存 - KB		32	32	32
SRAM - KB		4	4	4
定时器	通用 (32 bit)	1	1	1
	基本	3	3	3
	高级	1	1	1
通信接口	USART	1	1	1
GPIO端口数		20	20	20
12位ADC	数量	1	1	1
	通道数量	11	11	11
比较器		2	2	2
运算放大器		2	2	2
工作电压		9V~21V	9V~21V	9V~21V
工作温度		--40°C~ +105°C	--40°C~ +105°C	--40°C~ +105°C
封装		QFN32	QFN40	LQFP48

2.1.2. 功能方框图

图 1 MDF151功能方框图

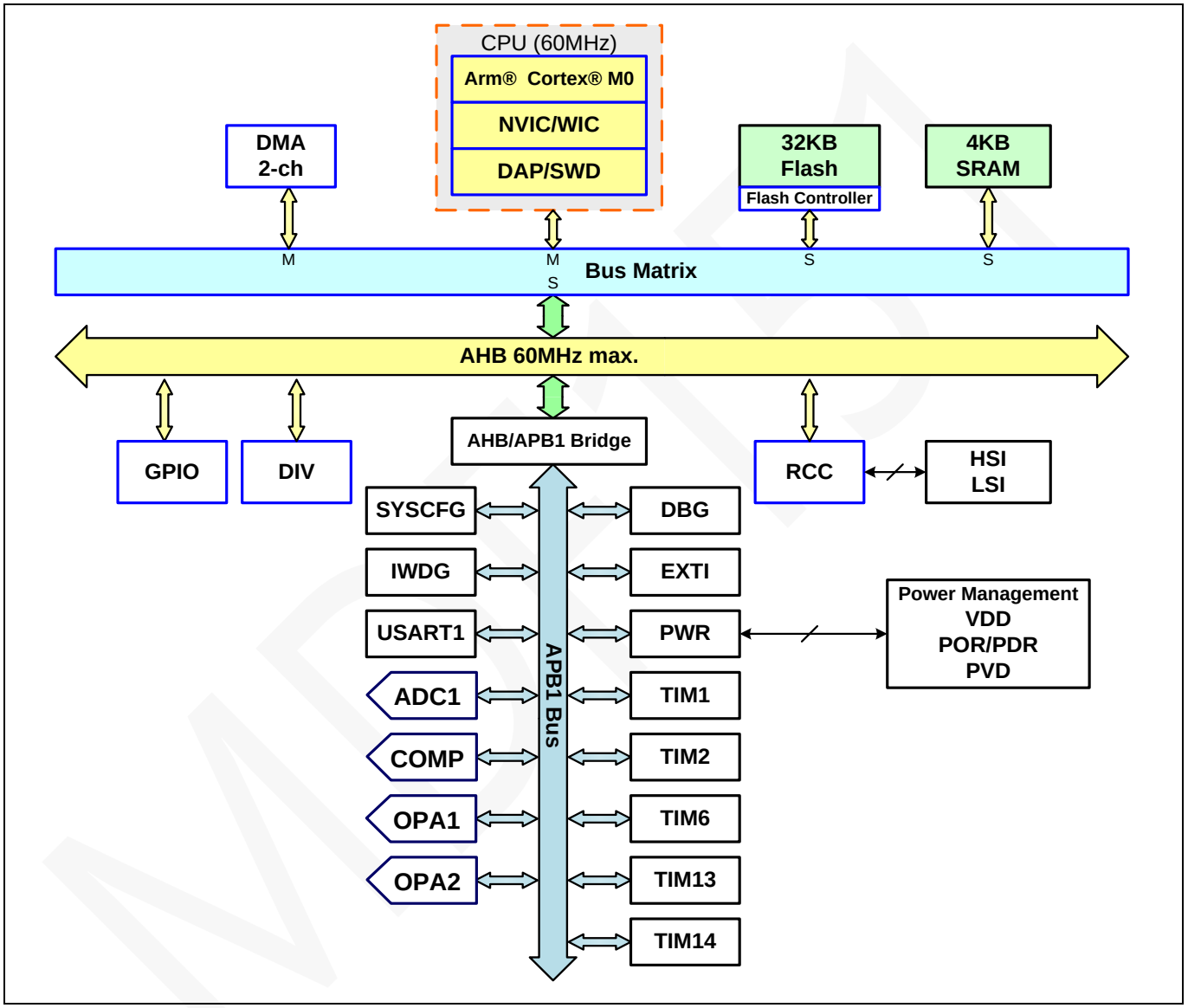


2.2. MDF151内置MCU功能说明

MDF151内置之MCU，为笙泉标准品MCU MDF101，有关MDF151内MCU之详细功能介绍与开发环境，可直接参考MDF101之相关数据，如使用手册与开发工具包，前述这些数据都可由笙泉官网上的MDF101产品介绍页面中获得。

2.2.1. MCU(MDF101)功能方框图

图 2 MCU功能方框图



2.2.2. MCU内核介绍

MDF101内核为Arm®Cortex®-M0处理器，是最新一代嵌入式Arm处理器，提供低成本的平台，减少引脚数，降低系统功耗，以满足MCU的需求。它提供了优异的计算性能和先进的中断系统响应。
该产品具有内置的Arm核心，使其与所有Arm工具和软件兼容。

2.2.3. 总线简介

MDF101A采用矩阵总线结构，包括AHB互连矩阵、AHB总线和桥接APB总线。

2.2.4. 存储器映像

表 2 存储器映像

	地址范围	大小	外设
Flash	0x0000 0000 - 0x0000 7FFF	32 KB	可以映射为主闪存、数据存储器、系统存储器或 SRAM，具体取决于 BOOT 的配置。
	0x0000 8000 - 0x07FF FFFF	~127 MB	保留
	0x0800 0000 - 0x0800 7FFF	32 KB	主存储区
	0x0800 8000 - 0x1FFD FFFF	~383 MB	保留
	0x1FE0 0000 - 0x1FE0 0BFF	3KB	数据存储区
	0x1FE0 0C00 - 0x1FFF F3FF	~2MB	保留
	0x1FFF F400 - 0x1FFF F7FF	1 KB	系统存储区
	0x1FFF F800 - 0x1FFF F9FF	0.5KB	选项字节
	0x1FFF FA00 - 0x1FFF FFFF	1.5KB	保留
SRAM	0x2000 0000 - 0x2000 0FFF	4 KB	SRAM
	0x2000 1000 - 0x2FFF FFFF	~255 MB	保留
APB1	0x4000 0000 – 0x4000 03FF	1KB	TIM2
	0x4000 0400 – 0x4000 0FFF	3KB	保留
	0x4000 1000 – 0x4000 13FF	1KB	TIM6
	0x4000 1400 – 0x4000 17FF	1KB	保留
	0x4000 1800 – 0x4000 1BFF	1KB	TIM13
	0x4000 1C00 – 0x4000 2FFF	5KB	保留
	0x4000 3000 – 0x4000 33FF	1KB	IWDG
	0x4000 3400 – 0x4000 6FFF	15KB	保留
	0x4000 7000 – 0x4000 73FF	1KB	PWR
	0x4000 7400 – 0x4000 8FFF	7KB	保留
	0x4000 9000 – 0x4000 93FF	1KB	OPA1
	0x4000 9400 – 0x4000 97FF	1KB	OPA2
	0x4000 9800 – 0x4000 FFFF	26KB	保留
	0x4001 0000 – 0x4001 03FF	1KB	SYSCFG
	0x4001 0400 – 0x4001 07FF	1KB	EXTI
	0x4001 0800 – 0x4001 0BFF	1KB	保留
	0x4001 0C00 – 0x4001 0FFF	1KB	USART1
	0x4001 1000 – 0x4001 23FF	5KB	保留
	0x4001 2400 – 0x4001 27FF	1KB	ADC1
	0x4001 2800 – 0x4001 2BFF	1KB	保留
	0x4001 2C00 – 0x4001 2FFF	1KB	TIM1
	0x4001 3000 – 0x4001 33FF	1KB	保留

	地址范围	大小	外设
	0x4001 3400 – 0x4001 37FF	1KB	DBG
	0x4001 3800 – 0x4001 3BFF	1KB	保留
	0x4001 3C00 – 0x4001 3FFF	1KB	COMP
	0x4001 4000 – 0x4001 43FF	1KB	TIM14
	0x4001 4400 – 0x4001 FFFF	47KB	保留
AHB	0x4002 0000 – 0x4002 03FF	1KB	DMA
	0x4002 0400 – 0x4002 0FFF	3KB	保留
	0x4002 1000 – 0x4002 13FF	1KB	RCC
	0x4002 1400 – 0x4002 1FFF	3KB	保留
	0x4002 2000 – 0x4002 23FF	1KB	Flash 接口
	0x4002 2400 – 0x4002 FFFF	55KB	保留
	0x4003 0000 – 0x4003 03FF	1KB	HWDIV
	0x4003 0400 – 0x47FF FFFF	~128MB	保留
	0x4800 0000 – 0x4800 03FF	1KB	PORT A
	0x4800 0400 – 0x4800 07FF	1KB	PORT B

2.2.5. 内置Flash

内置32KB + 3KB Flash，用于存放程序和数据。

2.2.6. 内置SRAM

内置4KB SRAM.

2.2.7. 嵌套的向量式中断控制器 (NVIC)

本产品具有一个内置嵌套的向量中断控制器，能够处理多个可屏蔽中断通道（不包括16个 Cortex®-M0中断线）和4个可编程优先级。

- 紧耦合的NVIC，用于低延迟的中断响应处理
- 中断向量入口地址直接进入核心
- 允许中断的早期处理
- 处理后面到达高优先级中断
- 支持中断尾链功能
- 自动保存处理器状态
- 在中断返回时自动恢复，不需要额外的指令

该模块以最小的中断延迟提供灵活的中断管理。

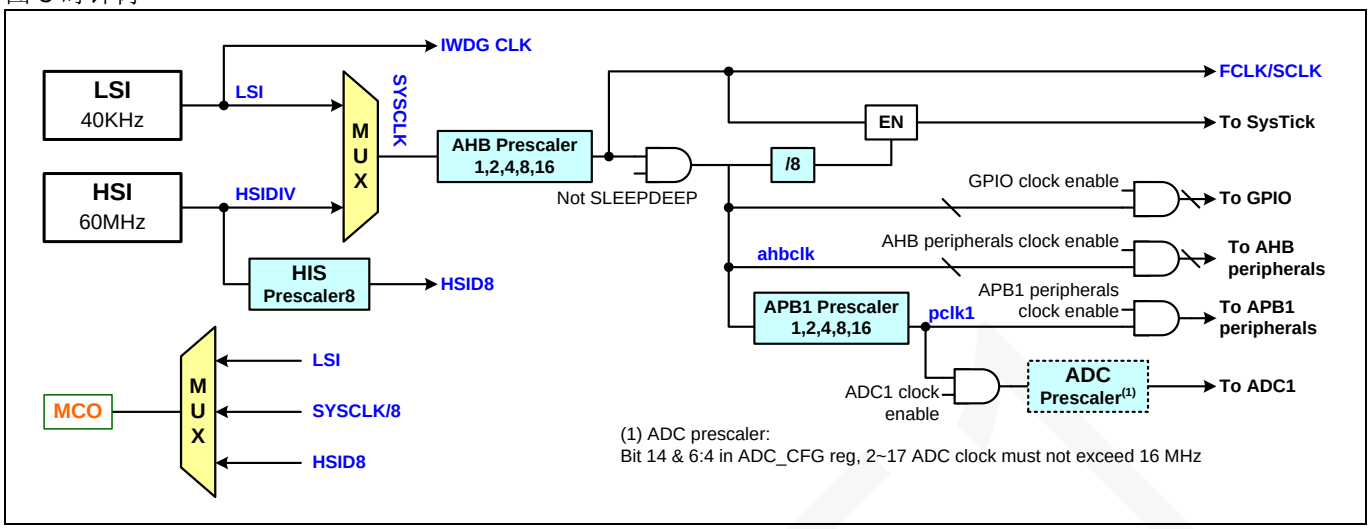
2.2.8. 外部中断/事件控制器(EXTI)

外部中断/事件控制器包括多个边缘检测器，用于从IO引脚捕获电平变化并生成中断/事件请求。所有IO引脚都可以连接到16条外部中断线。每个中断线可以独立启用或禁用，并配置自己的触发模式（上升沿，下降沿，或两者）。挂起状态寄存器维持所有中断请求的状态。
EXTI可以用比内部AHB总线时钟周期短的脉冲宽度检测电平变化。.

2.2.9. 时钟和启动

芯片启动后选择系统时钟。复位后，使用内部60mhz振荡器作为默认系统时钟，系统时钟配置8分频器。可以更改系统时钟分配器配置以增加系统频率（需考虑到Flash访问的等待控制）。
在时钟系统中，使用多个预分频器为AHB总线和高速APB1总线产生时钟。AHB和高速APB总线的时钟频率最高可达60mhz。时钟系统的时钟树如下图所示。

图 3 时钟树



2.2.10. 启动模式

在启动过程中，可以使用BOOT0引脚和BOOT0SEL位选择四种启动模式之一：

- 从程序存储区启动
- 从系统存储区启动
- 从数据存储区启动
- 从内部SRAM启动

引导程序位于系统存储区,可以通过串口编程,如USART1。

2.2.11. 供电方案

V_{DD} = 2.5V ~ 5.5V: The I/O引脚和内部稳压器通过V_{DD} 引脚供电。为ADC,复位模块和振荡器供电。

2.2.12. 电源监控器

本产品内置电源上电复位(POR)/掉电复位(PDR)电路，该电路始终有效，确保系统电压超过2.5V时正常工作。当V_{DD}低于设置的阈值(V_{POR}/V_{PDR})时，设备处于复位状态。
该器件还包括一个可编程电压检测器(PVD)，用于监控V_{DD}电源并将其与阈值电压(V_{PVD})进行比较。当V_{DD}低于或高于阈值时，会产生中断，中断处理程序可以发出警告消息或将微控制器转换到安全模式。PVD功能需要通过软件开启。

2.2.13. 稳压器

片上稳压器将外部电压转换为内部电路的工作电压。在芯片复位后，稳压器仍然有效。

2.2.14. 低功耗模式

产品支持低功耗模式，实现低功耗与快速启动的最佳平衡。

表 3 低功耗模式列表

模式	进入方式	唤醒方式	对 1.5V 域时钟的影响	对 V_{DD} 域时钟的影响	稳压器	对数据和寄存器的影响	注意事项
睡眠模式	WFI（等待中断）	任一中断	CPU 时钟关, 对其它时钟和 ADC 时钟无影响	无	开		外围时钟继续，寄存器和 SRAM 的内容保留
	WFE（等待事件）	唤醒事件					
停止模式	设置 SLEEPDEEP 位; WFI 或 WFE	任一外部中断(在外部中断寄存器中设置)或事件, IWDG 中断 (非复位)	关闭所有使用 1.5V 域的时钟	HIS 关闭	开	寄存器和 SRAM 的内容保持	在进入低功耗模式之前未使用的 GPIO 应设置为模拟输入状态

睡眠模式

在休眠模式下，CPU停止运行，但所有外设（包括NVIC、SysTick等CPU外设）仍在运行。

停止模式

停止模式实现更低的功耗，同时保留SRAM和寄存器的内容。在停止模式下，HSI被关闭。微控制器可以通过配置为EXTI的任何信号从停止模式唤醒，该信号可以是16个外部I/O引脚之一，也可以是来自PVD的唤醒信号。

2.2.15. 硬件除法器 (HWDIV)

内置硬件除法单元自动执行有符号或无符号32位整数除法操作。硬件除法在高性能应用程序中特别有用。

2.2.16. 直接存储器访问控制器 (DMA)

灵活的2信道通用DMA管理内存到内存、设备到内存和内存到设备之间的数据传输。DMA控制器支持循环缓冲区管理，避免控制器到达缓冲区的末端时产生中断。

每个通道都有专用的硬件DMA请求逻辑，也可以由软件触发。传输长度、源地址和目的地址都可以通过软件分别设置。

DMA可以与USART、ADC和通用/基本/高级控制定时器TIMx等主要外设一起使用。

2.2.17. 定时器和看门狗 (TIMs & WDG)

该产品包括1个高级控制定时器，1个通用定时器，3个基本定时器，以及1个看门狗定时器和1个SysTick定时器。下表比较了高级控制定时器、通用定时器和基本定时器的特点:

表 4 定时器功能比较

定时器类型	名称	计数器分辨率	计数器类型	预分频系数	DMA请求	捕获/比较通道	互补输出
高级	TIM1	16位	递增,递减, 递增/递减	1到 65536之间的任意整数	有	无/4	有
通用	TIM2	32位	递增, 递减, 递增/递减	1到 65536之间的任意整数	有	4/4	无
基本	TIM6	16位	递增	1到 65536之间的任意整数	有	无	无
	TIM13/14	16位	递增	1到 65536之间的任意整数	有	1/1	无

2.2.18. 高级控制定时器 (TIM1)

高级控制定时器由一个16位计数器、4个比较通道和一个三相互补PWM发生器组成。它提供带死区插入的互补PWM输出，也可以用作全功能的通用定时器。这四个独立的通道可用于:

- 输出比较
- 产生PWM (边沿和中心对齐模式)
- 单脉冲输出

当配置为16位通用定时器时，它具有与TIM2定时器相同的功能。当配置为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，PWM输出可以被禁用，切断由这些输出控制的开关。
许多功能与通用定时器相同，内部结构也相同。因此，高级控制计时器可以通过计时器链接功能与通用计时器结合使用，以提供同步或事件链接功能。

2.2.19. 32位通用定时器 (TIM2)

该产品内置一个可以同步运行的通用定时器(TIM2)。计时器具有32位自动重载递增/递减计数器，16位预分频器和4个独立通道。每个通道可用于输入捕获，输出比较，PWM和单脉冲模式输出。

2.2.20. 基本定时器 (TIM6)

基本定时器是基于一个16位可编程预分频器和一个16位自动重载计数器。它提供了便捷的计数和定时功能，通过用预分频器对时钟源进行分频得到计数器时钟信号。

2.2.21. 基本定时器 (TIM13/14)

基本定时器是基于一个16位可编程预分频器和一个16位自动重载计数器。计数器信号是通过用一个预分频器对时钟源进行分频而得到的。TIM13/14具有多种用途，如输入功能(测量输入信号的脉宽、频率等)和输出功能(PWM输出、比较输出等)。

2.2.22. 独立看门狗 (IWDG)

独立的看门狗是基于一个12位递减计数器和一个8位预分频器。它是由一个内部独立的40kHz振荡器时钟。该振荡器独立于主时钟运行，可以在所有工作模式下工作。IWDG可用于在出现问题时重置整个系统，或者用作应用程序中超时管理的自由运行计时器。它可以通过选项字节配置为软件或硬件启动看门狗。在调试模式下，计数器可以被冻结。

2.2.23. SysTick定时器 (Systick)

这个定时器专门用于实时操作系统，但也可以用作标准的递减计数器。它具有以下特性:

- 24位递减计数器
- 自动重载功能
- 当计数器为0时产生一个可屏蔽中断
- 可编程时钟源

2.2.24. 通用输入/输出 (GPIO)

每个GPIO引脚可以通过软件配置为输出（推挽或开漏），输入（带或不带，上拉或下拉）或多路外设功能端口。大多数GPIO引脚与数字或模拟多路外设共享。
在需要的情况下，可以通过特定操作锁定I/O引脚的外设功能，以防止意外写入I/O寄存器。

2.2.25. 通用同步/异步收发器 (USART)

USART支持异步模式（UART）和同步模式。UART支持单线半双工通信，UART和同步模式都支持调制解调器控制操作（CTS/RTS硬件自动流控制）。
USART接口支持DMA操作，并能在同步模式下与SPI实现数据通信。

2.2.26. 模数转换器(ADC)

该产品具有内置的12位模数转换器（ADC），具有10个可用的外部通道。它可以执行单次，单周期和连续扫描转换。在扫描模式下，它自动进行一组选定的模拟输入转换。ADC支持DMA操作。
模拟看门狗功能允许精确监控一个或所有选定的通道。当被监视的信号超过预定义的阈值时，就会产生中断。
定时器（TIMx）产生的事件可以连接到ADC的触发输入，可配置ADC转换与时钟同步。

2.2.27. 温度传感器

温度传感器产生随温度线性变化的电压，可以在内部连接到ADC输入通道。

2.2.28. 模拟比较器 (COMP)

该产品嵌入了两个比较器，可以独立使用或与计时器结合使用。COMP模块可用于各种功能，包括:

- 通过模拟信号触发低功耗模式唤醒事件
- 支持窗口控制功能，用于屏蔽PWM开启时产生的电流过冲毛刺
- 结合定时器的PWM输出，组成逐周期的电流控制回路
- 每个比较器都有可选择的阈值
- 内部8位CRV（比较参考电压）可以选择为VDD或从内部参考电压中分压的电压值
- 可编程迟滞电压
- 可实现固定周期的循环轮询功能
- 可编程速率和功耗
- 输出可以复位向到一个I/O端口或多个定时器输入端口，触发以下事件:
  - 捕获事件
  - OCref clr事件（逐周期电流控制）
- 支持快速PWM关断的刹车事件

2.2.29. 运算放大器 (OPAMP)

芯片内嵌两个运算放大器，每个运算放大器的输入和输出均连接到I/O，通过共享I/O与ADC和比较器连接。还支持轨到轨输入/输出。

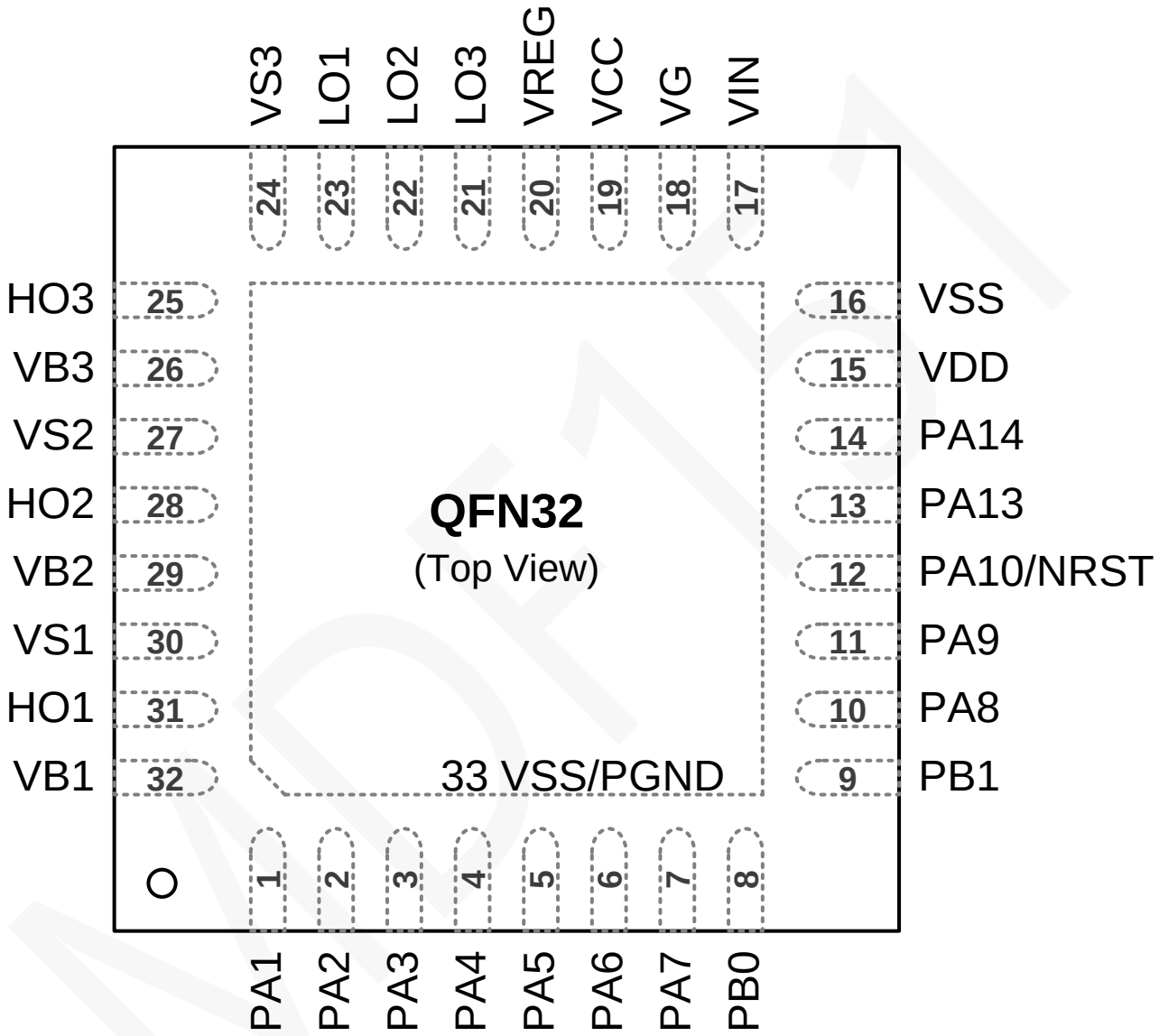
2.2.30. 串行调试 (SWD)

内置Arm标准双线串行调试接口（SW-DP）

3. 引脚定义和复用功能

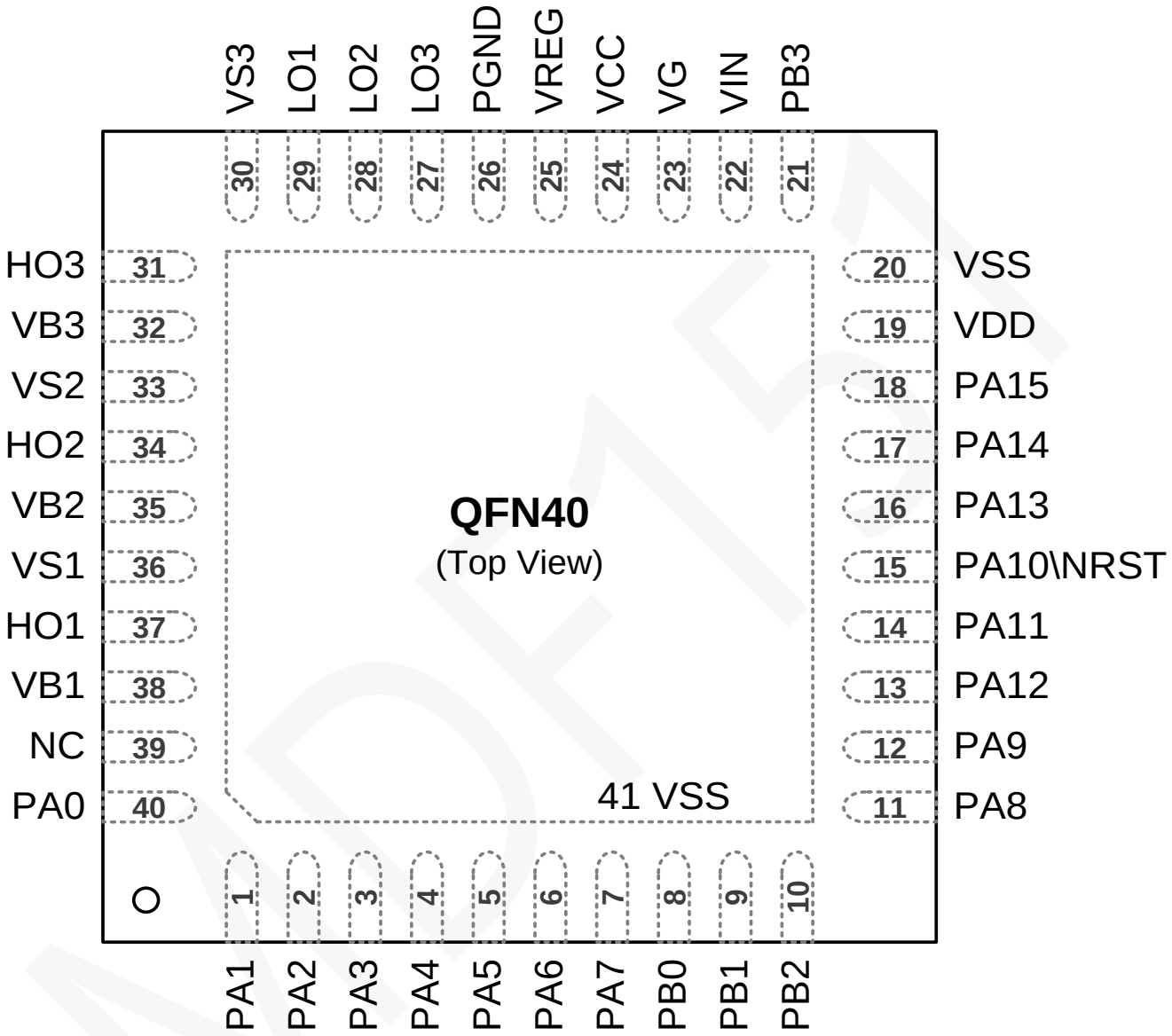
3.1. 引脚分布图-QFN32

图 4 QFN32 引脚分布



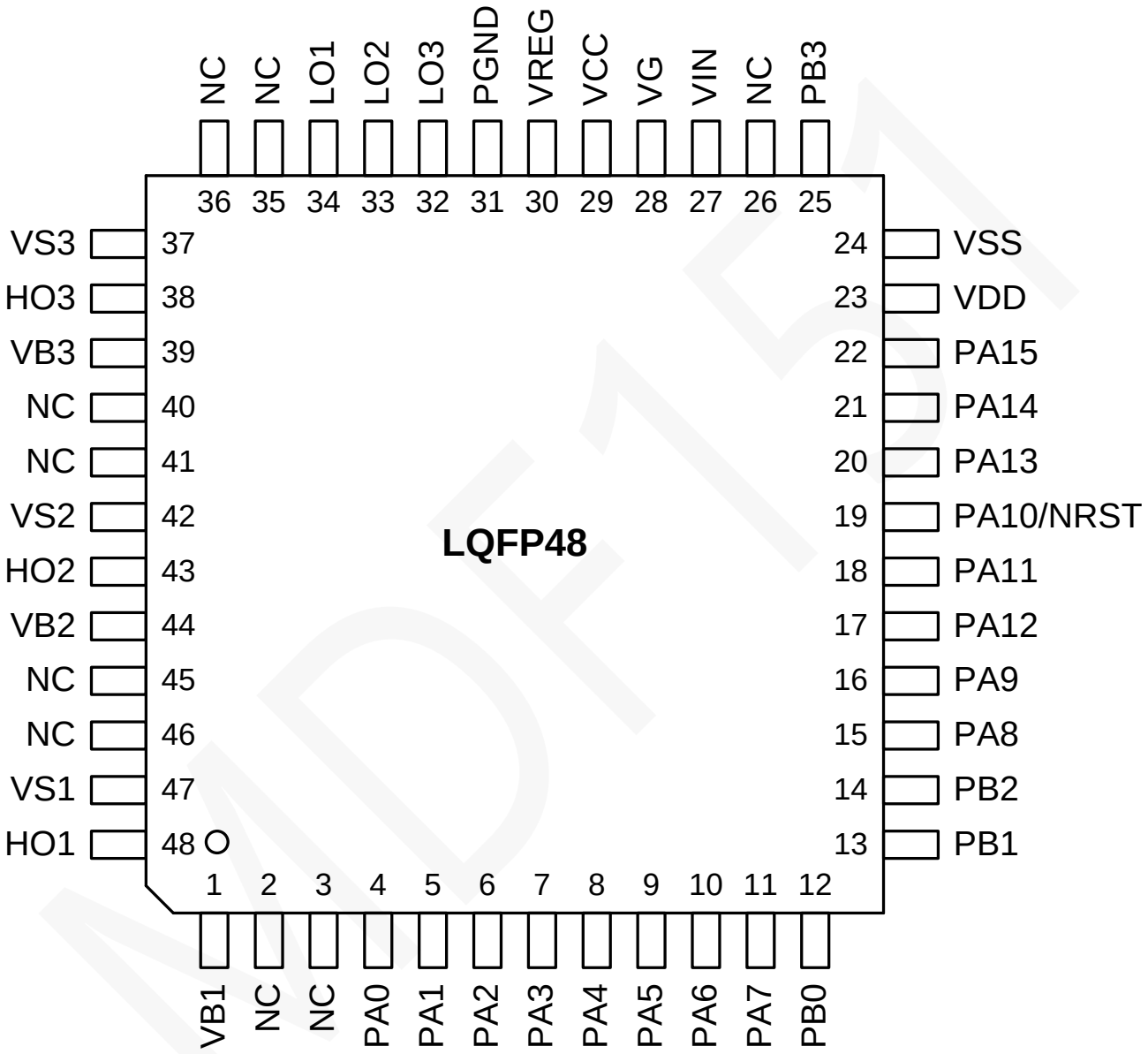
3.2. 引脚分布图-QFN40

图 5 QFN40 引脚分布



3.3. 引脚分布图-LQFP48

图 6 LQFP48 引脚分布



3.4. 引脚定义表-

表 5 引脚定义表

封装	封装	封装	名称	类型(1)	I/O电平(2)	主功能	复用功能	附加功能
LQFP48	QFN40	QFN32						
1	38	32	VB1	-	-	上桥端自举电源1	-	-
2	39	-	NC	-	-	NC	-	-
3	-	-	NC	-	-	NC	-	-
4	40	-	PA0	I/O	TC	PA0	TIM2_CH1 TIM13_CH1 TIM1_BKIN4 USART1_SCLK ADC_TRIG_O	BOOT0
5	1	1	PA1	I/O	TC	PA1	USART1_SCK USART2_TX I2C1_SDA SPI1_MOSI	-
6	2	2	PA2	I/O	TC	PA2	TIM2_ETR TIM14_CH1 TIM1_ETR TIM1_BKIN5 USART1_RX COMP2_OUT	ADC_IN1
7	3	3	PA3	I/O	TC	PA3	TIM2_CH1 TIM13_CH1 USART1_nCTS	ADC_IN2 COMP1_INP[0] OPA2_IN+
8	4	4	PA4	I/O	TC	PA4	TIM2_CH2 TIM14_CH1 USART1_nRTS	ADC_IN3 COMP1_INM[0]/ COMP2_INM[0] OPA2_IN-
9	5	5	PA5	I/O	TC	PA5	TIM2_CH3 TIM14_CH1 TIM1_ETR TIM1_BKIN6	ADC_IN4 COMP1_INP[1] OPA2_OUT
10	6	6	PA6	I/O	TC	PA6	TIM2_CH1 TIM13_CH1	COMP1_INP[2] OPA1_IN+
11	7	7	PA7	I/O	TC	PA7	TIM2_CH2 TIM14_CH1 MCO USART1_nCTS	COMP2_INM[1]/ COMP1_INM[1] OPA1_IN-
12	8	8	PB0	I/O	TC	PB0	TIM2_CH3 TIM13_CH1 USART1_nRTS	ADC_IN5 COMP2_INP[0]/C OMP1_INP[3] OPA1_OUT
13	9	9	PB1	I/O	TC	PB1	TIM2_CH4 TIM14_CH1 USART1_RX USART1_TX	ADC_IN6 COMP2_INM[2]

封装	封装	封装	名称	类型(1)	I/O电平(2)	主功能	复用功能	附加功能
LQFP 48	QFN 40	QFN 32						
14	10	-	PB2	I/O	TC	PB2	TIM2_CH3 TIM13_CH1 TIM1_BKIN7 USART1_SCLK	ADC_IN7 COMP2_INP[1]
15	11	10	PA8	I/O	TC	PA8	TIM2_CH2 TIM14_CH1 MCO USART1_TX	ADC_IN8 COMP2_INP[2]/COMP1_INM[2]
16	12	11	PA9	I/O	TC	PA9	TIM2_CH1 TIM13_CH1 USART1_RX	ADC_IN9 COMP2_INP[3]
17	13	-	PA12	I/O	TC	PA12	TIM2_ETR TIM1_BKIN1 TIM14_CH1 USART1_RX ADC_TRIG_O COMP2_OUT	-
18	14	-	PA11	I/O	TC	PA11	TIM2_ETR ADC_TRIG_O TIM1_ETR TIM13_CH1 USART1_TX TIM2_CH1 COMP1_OUT	-
19	15	12	PA10/ NRST	I/O	TC	PA10	SPI1_MISO TIM1_CH3 TIM1_CH2 MCO USART1_TX	-
20	16	13	PA13	I/O	TC	PA13	SWDIO TIM13_CH1 USART1_SCLK USART1_RX COMP1_OUT	-
21	17	14	PA14	I/O	TC	PA14	SWDCLK TIM14_CH1 USART1_nRTS USART1_TX COMP2_OUT	-
22	18	-	PA15	I/O	TC	PA15	TIM1_CH4N TIM1_CH3 TIM1_CH4 TIM1_CH1N TIM1_CH1 TIM1_CH3N TIM13_CH1 TIM14_CH1	-
23	19	15	VDD	S	-	内置MCU电源输入	-	-
24	20	16	VSS	S	-	Chip Ground	-	-
25	21	-	PB3	I/O	TC	PB3	TIM1_CH4 TIM1_CH2	-

封装	封装	封装	名称	类型(1)	I/O电平(2)	主功能	复用功能	附加功能
LQFP48	QFN40	QFN32						
							TIM1_CH1 TIM1_CH2N TIM1_CH1N TIM1_BKIN2 TIM1_CH3N TIM1_CH3	
26	39	-	NC	-	-	NC	-	-
27	22	17	VIN	-	-	电源	-	-
28	23	18	VG	-	-	12V LDO 栅极控制端	-	-
29	24	19	VCC	-	-	12V 输出端	-	-
30	25	20	VREG	-	-	5V 输出端	-	-
31	26	33	PGND	-	-	PGND	-	-
32	27	21	LO3	O	-	栅极驱动器的下桥臂输出3，其输入对应到PB4	-	-
33	28	22	LO2	O	-	栅极驱动器的下桥臂输出2，其输入对应到PB5	-	-
34	29	23	LO1	O	-	栅极驱动器的下桥臂输出1，其输入对应到PB6	-	-
35	39	-	NC	-	-	NC	-	-
36	39	-	NC	-	-	NC	-	-
37	30	24	VS3	-	-	上桥端悬浮地3	-	-
38	31	25	HO3	O	-	栅极驱动器的上桥臂输出3，其输入对应到PB7	-	-
39	32	26	VB3	-	-	上桥端自举电源3	-	-
40	39	-	NC	-	-	NC	-	-
41	39	-	NC	-	-	NC	-	-
42	33	27	VS2	-	-	上桥端悬浮地2	-	-
43	34	28	HO2	O	-	栅极驱动器的上桥臂输出2，其输入对应到PB8	-	-
44	35	29	VB2	-	-	上桥端自举电源2	-	-

封装	封装	封装	名称	类型(1)	I/O电平(2)	主功能	复用功能	附加功能
LQFP48	QFN40	QFN32						
45	39	-	NC	-	-	NC	-	-
46	39	-	NC	-	-	NC	-	-
47	36	30	VS1	-	-	上桥端悬浮地1	-	-
48	37	31	HO1	O	-	栅极驱动器的上桥臂输出1，其输入对应到PB9	-	-

MDF151

3.5. MCU复用菜单

表 6 PA端口复用功能AF0-AF7

引脚名称	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7
PA0	TIM2_CH1			TIM13_CH1	TIM1_BKIN4		USART1_SCLK	ADC_TRIG_O
PA1	TIM2_ETR		TIM13_CH1	TIM2_CH2			USART1_TX	COMP1_OUT
PA2	TIM2_ETR		TIM14_CH1		TIM1_ETR	TIM1_BKIN5	USART1_RX	COMP2_OUT
PA3	TIM2_CH1		TIM13_CH1				USART1_nCTS	
PA4	TIM2_CH2		TIM14_CH1				USART1_nRTS	
PA5	TIM2_CH3		TIM14_CH1		TIM1_ETR	TIM1_BKIN6		
PA6	TIM2_CH1			TIM13_CH1				
PA7	TIM2_CH2			TIM14_CH1	MCO		USART1_nCTS	
PA8	TIM2_CH2		TIM14_CH1		MCO		USART1_TX	
PA9	TIM2_CH1		TIM13_CH1				USART1_RX	
PA10/NRST								
PA11	TIM2_ETR	ADC_TRIG_O	TIM1_ETR	TIM13_CH1		USART1_TX	TIM2_CH1	COMP1_OUT
PA12	TIM2_ETR		TIM1_BKIN1	TIM14_CH1		USART1_RX	ADC_TRIG_O	COMP2_OUT
PA13	SWDIO			TIM13_CH1		USART1_SCLK	USART1_RX	COMP1_OUT
PA14	SWDCLK			TIM14_CH1		USART1_nRTS	USART1_TX	COMP2_OUT
PA15	TIM1_CH4N	TIM1_CH3	TIM1_CH4	TIM1_CH1N	TIM1_CH1	TIM1_CH3N	TIM13_CH1	TIM14_CH1

表 7 PB端口复用功能 AF0-AF7

引脚名称	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7
PB0	TIM2_CH3			TIM13_CH1			USART1_nRTS	
PB1	TIM2_CH4			TIM14_CH1			USART1_RX	USART1_TX
PB2	TIM2_CH3		TIM13_CH1			TIM1_BKIN7	USART1_SCLK	
PB3	TIM1_CH4	TIM1_CH2	TIM1_CH1	TIM1_CH2N	TIM1_CH1N	TIM1_BKIN2	TIM1_CH3N	TIM1_CH3
PB4	TIM1_CH3N	TIM1_CH3	TIM1_CH1N	TIM1_CH1	TIM1_CH2	TIM1_CH4N	TIM1_CH4	TIM1_CH2N
PB5	TIM1_CH3	TIM1_CH4	TIM1_CH1N	TIM1_CH1	TIM1_CH2N	TIM1_CH4N	TIM1_CH3N	TIM1_CH2
PB6	TIM1_CH2N	TIM1_CH1N	TIM1_CH3N	TIM1_CH4	TIM1_CH3	TIM1_CH2	TIM1_CH1	TIM1_CH4N
PB7	TIM1_CH2	TIM1_CH2N	TIM1_CH4	TIM1_CH3	TIM1_CH3N	TIM1_CH1	TIM1_CH1N	TIM1_CH4N
PB8	TIM1_CH1N	TIM1_CH3N	TIM1_CH3	TIM1_CH2	TIM1_CH1	TIM1_BKIN3	TIM13_CH1	TIM1_CH2N
PB9	TIM1_CH1	TIM1_CH1N	TIM1_CH3N	TIM1_CH4	TIM1_CH4N	TIM1_CH3	TIM14_CH1	TIM1_CH2

表 8 比较器使用的IO端口

	INP0	INP1	INP2	INP3	INM0	INM1	INM2	OUT
COMP1	PA3	PA5	PA6	PB0	PA4	PA7	PA8	PA1/PA11/PA13
COMP2	PB0	PB2	PA8	PA9	PA4	PA7	PB1	PA2/PA12/PA14

表 9 OP使用的IO端口

	INP	INM	OUT
OP1	PA6	PA7	PB0
OP2	PA3	PA4	PA5

MDF151

4. 电气特性

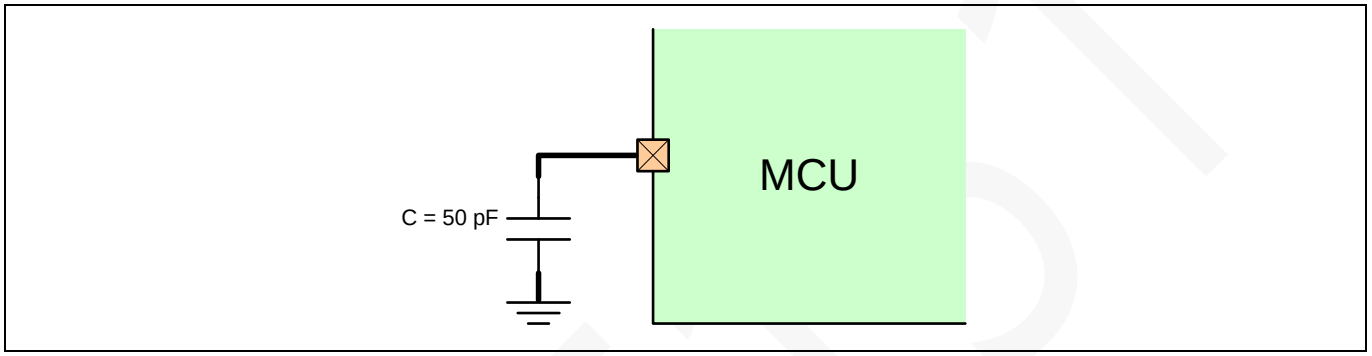
4.1. 测试条件

除非特别说明，所有电压都以VSS为基准。

4.1.1. 负载电容

用于引脚参数测量的负载条件如下图所示。

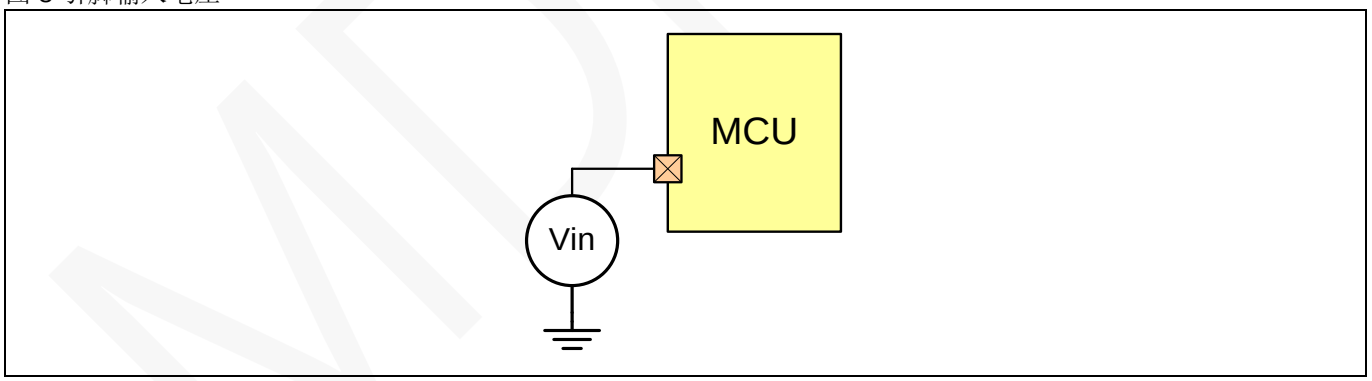
图 7 引脚的负载条件



4.1.2. 引脚输入电压

引脚输入电压的测量方法如下图所示。

图 8 引脚输入电压



4.1.3. 应用方案

MDF151应用方案如下图所示

图 9 MDF151 VIN > 13V 应用方案

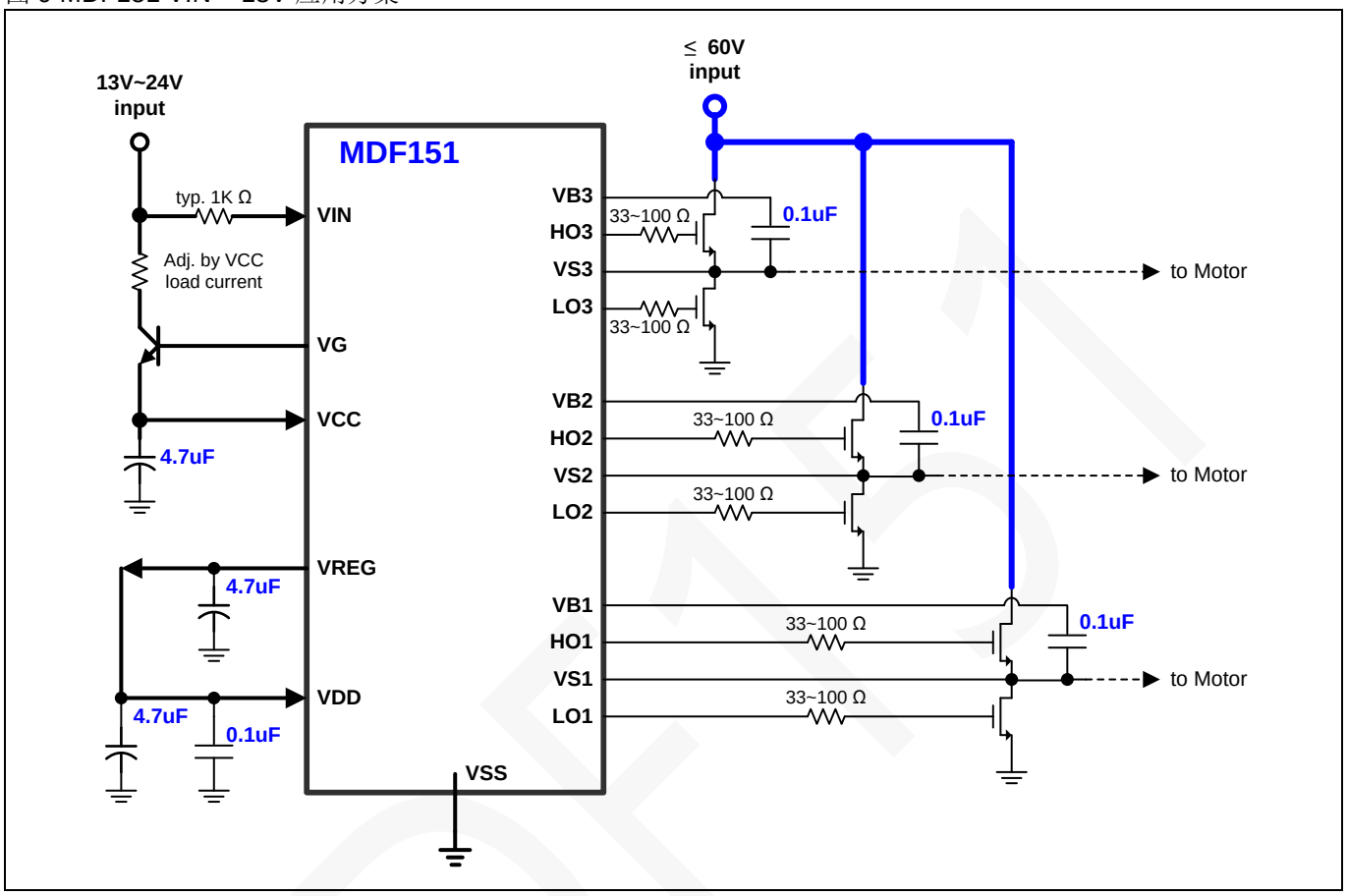
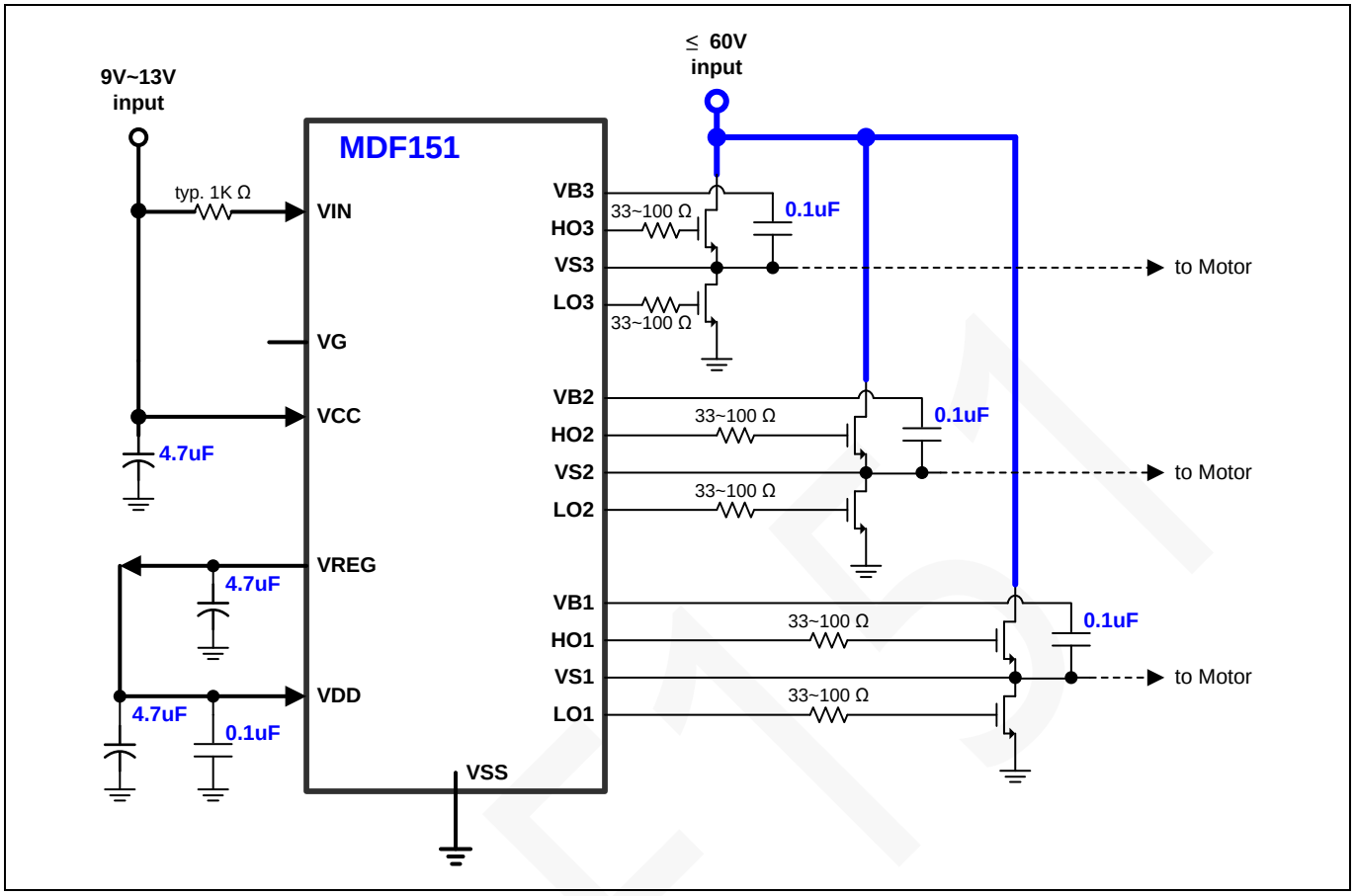


图 10 MDF151 VIN < 13V 应用方案



4.2. 绝对最大额定值

如果施加在设备上的负载超过“绝对最大额定值”表（表10）中规定的值，可能会对器件造成永久性损坏。这里给出的最大载荷仅是设备可以承受的极限，并不意味着在这些条件下完美的功能操作。器件在最大值下长时间运行会影响其可靠性

表 10 绝对最大额定值

标号	参数	最小	最大	单位
LDO 绝对最大额定值 (补上双路 LDO 12V 与 5V)				
VIN	LDO 与预驱主供电电压	-0.3	29	V
VCC	12V LDO 输出电压	-0.3	17	V
VG	下桥电源偏置电压	-0.3	25	
VREG	5V LDO 输出电压	-0.3	5.5	V
θ_{JA}	LQFP48 热阻		21	°C/W
	QFN40 热阻		29	
	QFN32 热阻		35	
T_J	结温度	-40	125	°C
预驱 绝对最大额定值 (补上 SC008)				
VB1,VB2,VB3	上桥自举电源	-0.3	150	V
VS1,VS2,VS3	上桥悬浮端	VB-17	VB+0.3	V
HO1,HO2,HO3	上桥输出电压	VS-0.3	VB+0.3	V
LO1,LO2,LO3	下桥输出电压	-0.3	VCC+0.3	V
MCU 绝对最大额定值				
V_{DD}-V_{SS}(1)	MCU主供电电压	-0.3	5.8	V
V_{IN}(2)	在其它引脚上的输入电压	-0.3	5.8	
I_{VDD}(1)	经 VDD 电源线的总电流 (供电流)		+60	mA
I_{VSS} (1)	经 VSS 地线的总电流 (流出电流)		+60	
I_{IO}	任意 I/O 和控制引脚上的输出电流		+20	
	任意 I/O 和控制引脚上的输入电流		-20	
$I_{INJ(PIN)}$ (3)(4)	NRST 引脚的注入电流		±5	
$\sum I_{INJ(PIN)}$ (3)(5)	其它引脚的注入电流		±10	

1) 所有电源（V_{DD}）和接地（VS_S）引脚必须始终在允许范围内连接到外部电源。
2) 引脚上的输入电压必须始终符合V_{IN}范围。有关允许的最大注入电流值的信息，请参阅表格内容。
3) 正向/反向注入电流会干扰器件的模拟性能。
4) 当$V_{IN} > V_{DD}$时，产生正向注入电流；当$V_{IN} < V_{SS}$时，产生反向注入电流。
5) 当多个输入同时有注入电流时，$\Sigma I_{INJ(PIN)}$的最大值等于正向注入电流和反向注入电流（瞬时值）的绝对值之和。

4.3. 12V/5V LDO 工作条件

4.3.1. 12V LDO 电气特性

VIN=21V, C_{IN}=C_{OUT}=4.7uF, T_J=25°C, 除非其它特别说明

表 11 12V LDO电气特性

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
VIN	电源电压			21	24	V
VCC	下桥电源			12		V
I_{max1}	输出最大电流			300		mA

4.3.2. 5V LDO 电气特性

VCC=12V, C_{IN}=C_{OUT}=4.7uF, T_J=25°C, 除非其它特别说明

表 12 5V LDO电气特性

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
VREG	5V 输出电源	空载	4.9	5.0	5.1	V
$\triangle V_{LINE}$	线性调整率	VCC = 8~15V			10	mV
$\triangle V_{LOAD}$	负载调整率	I_{LOAD}= 0~60mA		0.5	1.5	%
I_{SHORT}	短路电流	VREG = 0V		50		mA
V_{DROP}	压差	I_{OUT}=30mA, $\triangle V_{OUT}$= 2%		250		mV
I_{LIMIT}	最大输出电流			110		mA

4.4. 预驱工作条件

表 13 预驱工作条件 (补上SC008)

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
VS1,VS2,VS3	上桥臂悬浮端		-6		150	V
VB1,VB2,VB3	上桥臂自举电源			VS+12	VS+15	V

4.4.1. 预驱电气特性

表 14 预驱电气特性 (补上SC008)
(TA=25℃,VCC=15V)

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
I_{STBY}	静态电流	VIN=VCC, LIx=0		175		uA
I_{STBY1}	上桥臂静态电流	HIx=0		30		uA
$V_{HOH1,2,3}$	上桥臂输出高电平	与 VB 的差值，Io+=10mA			140	mV
$V_{HOL1,2,3}$	上桥臂输出高低平	与 VS 的差值，Io-=10mA			70	mV
$V_{LOH1,2,3}$	下桥臂输出高电平	与 VCC 的差值，Io+=10mA			140	mV
$V_{LOL1,2,3}$	下桥臂输出高低平	与 GND 的差值，Io-=10mA			70	mV
VCC_{UV+} VCC_{UV-}	VCC 欠压保护电压			4.3		V
	VCC 欠压保护电压			4.1		V
VBS_{UV+} VBS_{UV-}	VB 欠压保护电压			4.3		V
	VB 欠压保护电压			4.1		V
IO+	输出拉电流	VO=0V，V_{IN}=High PW≦10μS		1.0		A
IO+	输出灌电流	VO=15V，V_{IN}=Low PW≦10μS		1.2		A
R_{BSD}	自举二极管内阻	VCC=15V,VB=0V		40		Ω
T_{HON}	上桥臂输出HO上升延时			200		ns
T_{HOFF}	上桥臂输出HO下降延时			200		ns
T_{HR}	上桥臂输出HO上升时间			35		ns
T_{HF}	上桥臂输出HO下降时间			15		ns
T_{LON}	下桥臂输出LO上升延时			200		ns
T_{LOFF}	下桥臂输出LO下降延时			200		ns
T_{LR}	下桥臂输出LO上升时间			35		ns
T_{LF}	下桥臂输出LO下降时间			15		ns

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
DT	死区时间			100		ns
MT	上升和下降死区时间差值			10		ns

表 15 预驱输入输出逻辑真值表 (x=1,2,3)

输入端		输出端	
HIx	**LIx**	**HOx**	**LOx**
Low	Low	Low	Low
Low	High	Low	High
High	Low	High	Low
High	High	Low	Low

图 11 预驱输出波形图

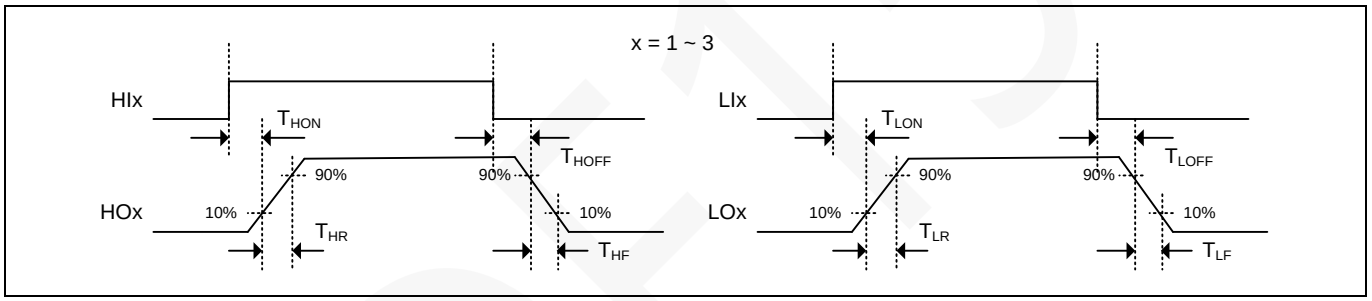
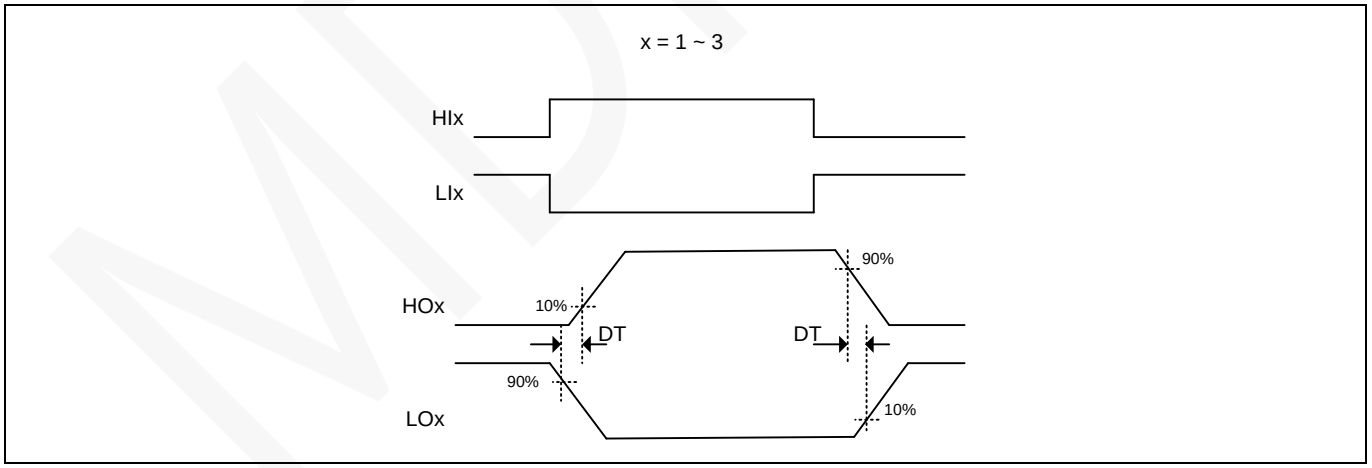


图 12死区时间波形图



4.5. MCU 工作条件

MDF151内置MCU一般工作条件。

表 16 一般工作条件

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
f_{HCLK}	内部AHB时钟频率	-	-	-	60	MHz
f_{PCLK1}	内部APB1时钟频率	-	-	-	60	
V_{DD}	MCU工作电压	-	2.5	-	5.5	V
T_A	环境温度	VIN=24V，I_{LDO_OUT}=30mA	-40		105	°C
		VIN=12V，I_{LDO_OUT}=30mA	-40		105	°C

4.5.1. 上电和掉电工作条件

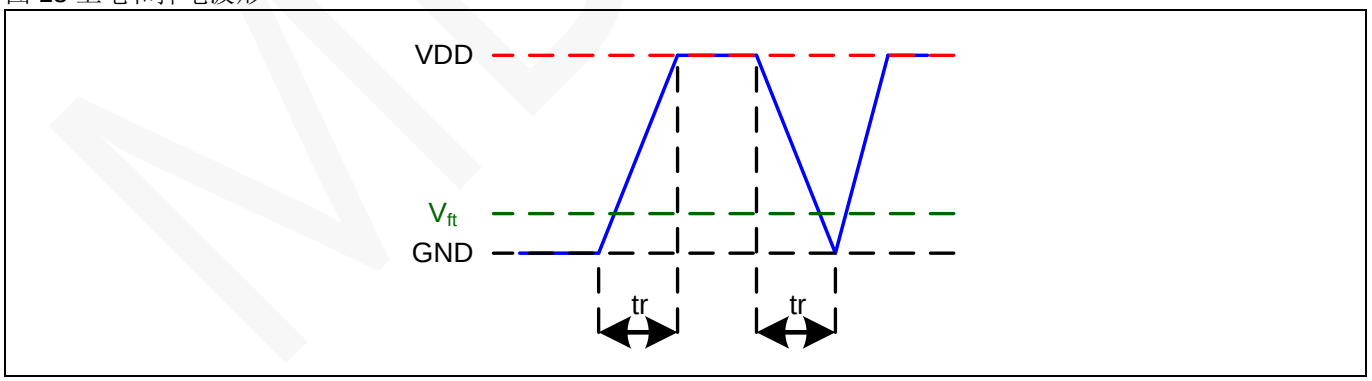
下表中给出的参数是在一般工作条件下进行的试验得出的。

表 17 上电和掉电工作条件(1) (2) (3)

标号	条件	最小	典型	最大	单位
t_{VDD}	V_{DD} 上升时间 t_r	300	-	50000	us
	V_{DD} 下降时间 t_f	300	-	50000	
V_{ft}	掉电阀值电压	0	-	-	mV

1) 从总体评估中得出，未在生产中测试。
2) 掉电时的片上VDD波形应遵循t_r和t_f阶段，如下图所示。
3) 芯片从0V开始上电，确保上电可靠。

图 13 上电和掉电波形



4.5.2. 内嵌复位和电源控制模块特性

下表中给出的参数是依据一般工作条件表列出的环境温度和V_{DD}电源电压下进行的试验得出的。

表 18 内嵌复位和电源控制模块特性 (1)

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
V_{PVD}	可编程电压检测器的电平选择	PLS[3:0]=0010 (上升沿)	-	2.4	-	V
		PLS[3:0]=0010 (下降沿)	-	2.3	-	
		PLS[3:0]=0011 (上升沿)	-	2.7	-	
		PLS[3:0]=0011 (下降沿)	-	2.6	-	
		PLS[3:0]=0100 (上升沿)	-	3.0	-	
		PLS[3:0]=0100 (下降沿)	-	2.9	-	
		PLS[3:0]=0101 (上升沿)	-	3.3	-	
		PLS[3:0]=0101 (下降沿)	-	3.2	-	
		PLS[3:0]=0110 (上升沿)	-	3.6	-	
		PLS[3:0]=0110 (下降沿)	-	3.5	-	
		PLS[3:0]=0111 (上升沿)	-	3.9	-	
		PLS[3:0]=0111 (下降沿)	-	3.8	-	
		PLS[3:0]=1000 (上升沿)	-	4.2	-	
		PLS[3:0]=1000 (下降沿)	-	4.1	-	
		PLS[3:0]=1001 (上升沿)	-	4.5	-	
		PLS[3:0]=1001 (下降沿)	-	4.4	-	
		PLS[3:0]=1010 (上升沿)	-	4.8	-	
		PLS[3:0]=1010 (下降沿)	-	4.7	-	
V_{POR}	上电复位阀值	-	-	2.2	-	V
$V_{hyst_POR/PDR}$	POR/PDR 迟滞	-	-	60	-	mV
$T_{RSTTEMPO}$(2)	复位持续时间	-	-	1.84	-	ms

1) 从总体评估中得出，未在生产中测试。
2) 复位持续时间：从POR释放到执行用户的第一个应用程序代码的时间。

4.5.3. 内置参考电压

下表中给出的参数是依据一般工作条件表列出的环境温度和V_{DD}电源电压下进行的试验得出的

表 19 内置参考电压

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
V_{REFINT}(1)	内置参考电压	$T_{A=25°C}$	1.14	1.2	1.26	V
$T_{s_vrefint}$	读取内部参考电压时，ADC 采样和保持时间	-	-	11.8	-	us

4.5.4. 供电电流特性

电源电流消耗是各种参数和因素的综合指标，包括工作电压、环境温度、I/O引脚负载、产品的软件配置、工作频率、I/O引脚开关速率、程序在存储器中的位置、执行代码等。
本节中所有工作模式下的所有测量电流消耗值都是通过执行简化代码获得的

电流消耗

微控制器处于下列条件:

- 所有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}).
- 所有的外设都处于关闭状态，除非特别说明。

- Flash访问时间调整为f_{HCLK}频率 (f_{HCLK} 为0~30 MHz时0个等待周期, f_{HCLK} 为30~60 MHz时2个等待周期).
- 指令预取功能已开启。当开启外设时：$f_{HCLK} = f_{PCLK}1$。

注意：指令预取功能必须在设置时钟和总线分频器之前设置。
下表中给出的参数是依据一般工作条件表列出的环境温度和V_{DD}电源电压下进行的试验得出的

表 20 运行模式下的典型电流消耗

标号	参数	条件	f_{HCLK}(HZ) (1)	典型 使能所有外设				典型 关闭所有外设				单位
				-40°C	25°C	85°C	105°C	-40°C	25°C	85°C	105°C	
I_{DD}	运行模式下的供电电流	内部时钟	60MHz	8.44	8.61	8.78	8.80	7.00	7.08	7.27	7.35	mA
			30MHz	5.29	5.33	5.38	5.41	4.58	4.61	4.67	4.71	
			15MHz	3.42	3.41	3.43	3.45	3.05	3.02	3.05	3.07	
			7.5MHz	2.44	2.40	2.41	2.42	2.25	2.20	2.21	2.22	
			40KHz(2)	1.10	1.02	1.00	1.01	1.09	1.00	0.98	0.99	

1) HCLK频率由HSI 60MHz分频得到AHB时钟
2) LSI时钟设置为40KHz作为系统时钟, 此时HIS关闭

表 21 睡眠模式下的典型电流消耗

标号	参数	条件	f_{HCLK}(HZ) (1)	典型 使能所有外设				典型 关闭所有外设				单位
				-40°C	25°C	85°C	105°C	-40°C	25°C	85°C	105°C	
I_{DD}	睡眠模式下的供电电流	内部时钟	60MHz	3.55	3.52	3.53	3.54	2.31	2.25	2.25	2.26	mA
			30MHz	2.51	2.46	2.46	2.47	1.89	1.83	1.82	1.83	
			15MHz	1.96	1.90	1.89	1.90	1.65	1.58	1.57	1.58	
			7.5MHz	1.69	1.62	1.61	1.61	1.54	1.46	1.45	1.46	
			40KHz(2)	1.08	1.00	0.99	1.00	1.08	1.00	0.99	1.00	

1) HCLK频率由HSI 60MHz分频得到AHB时钟
2) LSI时钟设置为40KHz作为系统时钟, 此时HIS关闭

表 22 停止模式下的典型电流消耗

标号	参数	条件	典型				单位
			-40°C	25°C	85°C	105°C	
I_{DD}(1)	停止模式下的供电电流	复位后进入停止模式，V_{DD}=3.3V	113.3	106.8	111.3	118.4	μA

1) I/O状态为模拟输入

内置外设电流消耗

内置外设电流消耗如表21所示。MCU的工作条件如下：

- 所有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}).
- 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所得:
  - 关闭所有外设时钟
  - 只开启一个外设的时钟
- 环境温度和V_{DD} 供电电压条件如表10所示

表 23 内置外设的电流消耗 (1)

标号	外设	总线	典型	单位
I_{DD}	GPIOB	AHB	0.30	uA/MHz
	GPIOA		0.31	
	HWDIV		0.88	
	DMA		0.86	
	TIM1	APB1	4.65	
	TIM2		3.72	
	ADC1		2.98	
	USART1		1.86	
	TIM14		1.61	
	TIM13		1.60	
	TIM6		1.29	
	COMP		0.51	
	SYSCFG		0.11	
	DBG		0.05	
	PWR		0.01	
	EXTI		0.01	
	IWDG		0.01	

1) f_{HCLK} = 60MHz, f_{APB1} = f_{HCLK}, 每个外设的预分频系数为默认值.

低功耗模式唤醒时间

下表中列出的唤醒时间是在内部时钟HSI的唤醒阶段测量的。所有时间都是在一般工作条件下测量的，环境温度和电源电压在规定范围内。

表 24 低功耗模式唤醒时间

标号	参数	条件	典型	单位
$t_{WUSLEEP}$	从睡眠模式唤醒	系统时钟为 HSI	1.5	μS
t_{WUSTOP}	从停止模式唤醒	系统时钟为 HSI	65	μS

4.5.5. 内部时钟源特性

下表所列特性是在一般工作条件下，在规定范围内的环境温度和电源电压下测量的。

高速内部 (HSI)振荡器

表 25 HIS振荡器特性 (1)

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
f_{HSI}	频率	-	-	60	-	MHz
ACC_{HSI}	HSI 振荡器的精度	T_A = -40°C~ 105°C	-2.5	-	2.5	%
		T_A=-10°C~85°C	1.5	-	1.5	%
		T_A = 25°C	-1	-	1	%
$t_{SU(HSI)}$	HSI 振荡器启动时间	-	-	61	-	μS
$I_{DD(HSI)}$	HIS 振荡器功耗	-	145.7	183.2	239.3	μA

1) 综合评价得出，未在生产中测试

低速内部(LSI)振荡器

表 26 LSI振荡器特性 (1)

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
f_{LSI}(2)	频率	T_A = - 40°C~ 105°C	20	40	80	KHz
$t_{SU(LSI)}$(2)	LSI 振荡器启动时间	-	-	-	300	μS
$I_{DD(LSI)}$(2)	LSI 振荡器功耗	-	-	0.34	-	μA

1) V_{DD} =3.3V, 除非特别说明
2) 综合评价得出，未在生产中测试

存储器特性

表 27 FLASH存储器特性

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
t_{prog}	16 位编程时间	-	-	164	-	μS
	21 位编程时间		-	177	-	
t_{ERASE}	页(1024 字节)擦除时间	-	-	5.18	-	mS
t_{ME}	整片擦除时间	-	-	50.98	-	mS

表 28 Flash存储器寿命和数据保存期限(1)

标号	参数	条件	最小	单位
N_{END}	擦写次数		2	万次
T_{DR}	数据保存	T_A = 105°C	10	年

1) 综合评价得出，未在生产中测试

4.5.6. GPIO端口通用输入/输出特性

除非另有说明，下表中列出的参数均来自在表中总结的条件下进行的试验。所有I/O端口都是兼容CMOS。

表 29 IO 静态特性(1)

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
V_{IL}	输入低电平电压	3.3V CMOS 端口	-	-	0.8	V
V_{IL}	输入低电平电压	5V CMOS 端口	-	-	0.3 * V_{DD}	V
V_{IH}	输入高电平电压	3.3V CMOS 端口	2.0	-	-	V
V_{IH}	输入高电平电压	5V CMOS 端口	0.7 * V_{DD}	-	-	V
V_{hy}	I/O引脚施密特触发器电压迟滞	3.3V	0.1 * V_{DD}	0.50	-	V
V_{hy}	I/O引脚施密特触发器电压迟滞	5V	0.1 * V_{DD}	0.60	-	V
I_{lkg}	输入漏电流 (2)	3.3V	-1	-	1	μA
I_{lkg}	输入漏电流(2)	5V	-1	-	1	μA
R_{PU}	弱上拉等效电阻	3.3V V_{IN} = V_{SS}	50	60	75	kΩ
R_{PU}	弱上拉等效电阻	5V V_{IN} = V_{SS}	50	60	75	kΩ
R_{PD}	弱下拉等效电阻	3.3V V_{IN} = V_{DD}	50	60	75	kΩ
R_{PD}	弱下拉等效电阻	5V V_{IN} = V_{DD}	50	60	75	kΩ
C_{IO}	I/O引脚的电容	-	-	-	10	pF

1) 综合评价得出，未在生产中测试
2) 如果相邻引脚有负电流回流，则泄漏电流可能超过最大值。

输出驱动电流

GPIO (通用输入/输出)可以吸收或输出多达±20mA电流.
在用户应用中，I/O引脚的数量必须确保驱动电流不超过第4.2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从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}.
- 所有I/O端口从V_{SS}上流出的电流总和,加上MCU从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}.

输出电压

除非另有说明，下表中列出的参数均来自在表中总结的条件下进行的试验。所有I/O端口都是兼容CMOS

表 30 输出电压特性(1)

标号	参数	条件	典型	单位
V_{OL}	输出低电平	$\|I_{IO}\|$= 6mA，V_{DD}=3.3V	0.15	V
V_{OH}	输出高电平		3.0	
V_{OL}	输出低电平	$\|I_{IO}\|$= 8mA，V_{DD}=3.3V	0.21	
V_{OH}	输出高电平		2.98	
V_{OL}	输出低电平	$\|I_{IO}\|$=20mA，V_{DD}=3.3V	0.59	
V_{OH}	输出高电平		2.31	

1) 综合评价得出，未在生产中测试

输入/输出交流特性

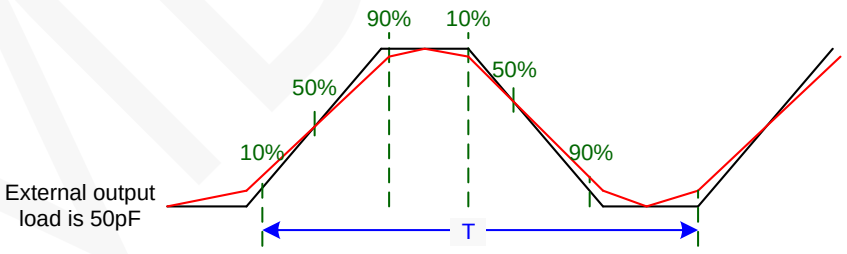
输入输出交流特性的定义和数值见图10和表29。
除非另有说明，表中所列参数均在一般工作条件表列出的环境温度环境温度和电源电压条件下测量。

表 31 输入/输出交流特性(1)

标号	参数	条件	典型	单位
$t_{f(IO)out}$	输出下降时间	C_L = 50pF VDD=3.3V	5.3	ns
$t_{r(IO)out}$	输出上升时间		5.8	ns

1) IO最大输出频率在图11中定义.
2) 由设计保证,未在生产中测试

图 14 输入/输出交流特性定义



If ((tr+tf)≦2/3)T, and duty cycle is (45 ~ 55%)
when load is 50pF, can achieve maximum efficiency

4.5.7. NRST引脚特性

除非另有说明，下表所列参数均为在表规定的环境温度和V_{DD}电源电压条件下测量的。

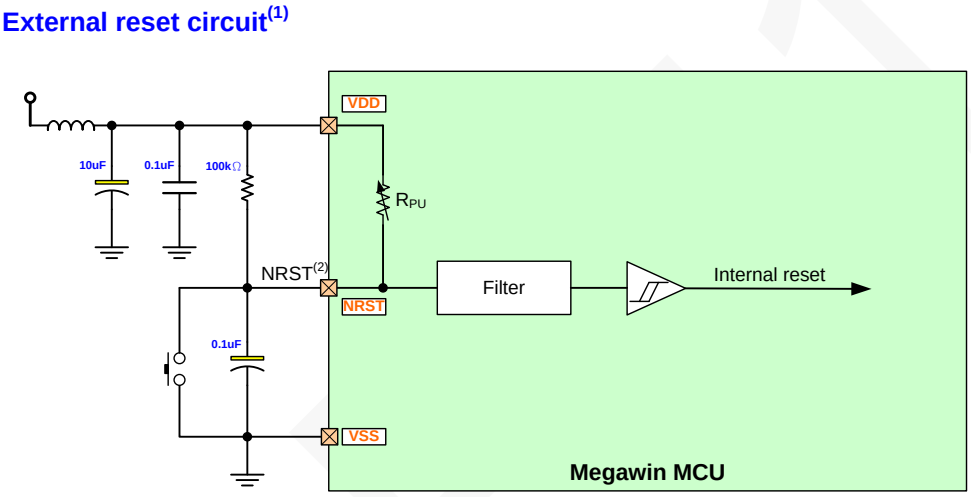
表 32 NRST引脚特性(1)

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
$V_{IL(NRST)}$	NRST 输入低电平电压	VDD=3.3V	-	-	0.8	V

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
$V_{IH(NRST)}$	NRST 输入高电平电压	VDD=3.3V	0.7 * V_{DD}	-	-	V
$V_{hys(NRST)}$	NRST 施密特触发器电压迟滞	VDD=3.3V	-	0.50	-	V
R_{PU}	弱上拉等效电阻	$V_{IN} = V_{SS}$	50	60	75	kΩ
$V_{F(NRST)}$	NRST 输入滤波脉冲	-	-	-	0.5	uS
$V_{NF(NRST)}$	NRST 输入非滤波脉冲	-	0.7	-	-	uS

1) 由设计保证,未在生产中测试.

图 15 NRST引脚保护建议



1) 复位网络是为了防止寄生复位
2) 用户必须确保NRST引脚的电位低于表30所列的最大$V_{IL(NRST)}$，否则MCU无法复位。

4.5.8. 定时器特性

表 33 TIMx (1)特性

标号	参数	条件	最小	最大	单位
$t_{res(TIM)}$	定时器分辨率时间	-	1	-	$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK}$ = 60MHz	16.7	-	nS
f_{EXT}	定时器 CH1 至 CH4 的外部时钟频率	-	0	-	MHz
		$f_{TIMxCLK}$ = 60MHz	-	30	
Res_{TIM}	定时器分辨率	-	-	16/32	位
$t_{COUNTER}$	16 位计数器时钟周期	-	1	65536	$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK}$ = 60MHz	0.0167	1092.3	μS
t_{MAX_COUNT}	16 位计数器最大可能计数周期 (TIM_PSC 可调)	-	-	65536	$t_{TIMxCLK}$
		$f_{TIMxCLK}$ = 60MHz	-	71.6	S
t_{MAX_IN}	TIM 最高输入频率	f_{HCLK} = 60MHz	-	60	MHz

1) 由设计保证,未在生产中测试.

4.5.9. 通信接口

USART特性

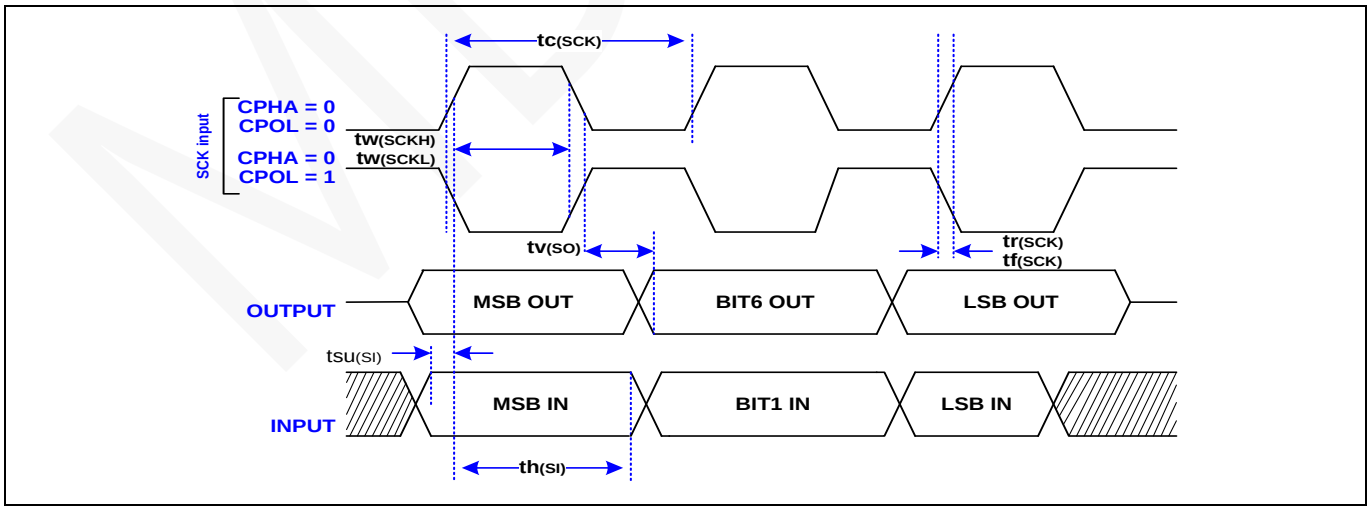
除非另有说明，表32中的各项参数均为表中环境温度、f_{PCLK1}频率和V_{DD}电源电压条件下的测量值

表 34 USART同步模式特性(1)

标号	参数	条件	最小	最大	单位
$f_{SCK}1/t_{c(SCK)}$	SPI 时钟频率	主模式	-	7.5	MHz
		从模式	-	7.5	
$t_{r(SCK)}$	SPI 时钟上升时间	负载电容：C = 15pF	-	6	ns
$t_{f(SCK)}$	SPI 时钟下降时间	负载电容：C = 15pF	-	6	nS
$t_{w(SCKH)}$(1)	SCK 高时间	-	$t_{c(SCK)/2}$- 6	$t_{c(SCK)/2}$+ 6	nS
$t_{w(SCKL)}$(1)	SCK 低时间	-	$t_{c(SCK)/2}$- 6	$t_{c(SCK)/2}$+ 6	nS
$t_{su(MI)}$(1)	数据输入建立时间	主模式，f_{PCLK} = 60MHz，预分频= 8 高速模式	5	-	nS
$t_{su(SI)}$(1)		Slave mode	5	-	nS
$t_{h(MI)}$(1)	数据输入保持时间	主模式，f_{PCLK} = 60MHz，预分频 = 8 高速模式	5	-	nS
$t_{h(SI)}$(1)		从模式	5	-	nS
$t_{v(MO)}$(1)	数据输出有效时间	主模式（使能边沿之后）	-	10	nS
$t_{v(SO)}$(1)	数据输出有效时间	从模式（使能边沿之后）	-	26	nS

1) 由设计保证,未在生产中测试.
2) 最小值表示驱动输出所需的最小时间，最大值表示正确获取数据所需的最大时间。
3) 最小值表示关闭输出的最小时间，最大值表示数据线处于高阻抗状态的最大时间。

图 16 USART 同步时序



4.5.10. ADC特性

除非另有说明，表中所列参数均在一般工作条件表列出的环境温度、f_{PCLK1}频率和V_{DD}电源电压条件下的测量值

表 35 ADC特性(1)

标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
V_{DD}	电源电压	-	2.5		5.5	V
f_{ADC}	ADC 时钟频率	V_{DD}≥2.5V	-	-	15	MHz
f_S	采样速率	12bits; V_{DD}≥2.8V	-	-	1	MHz
		12bits; V_{DD}<2.8V			400	KHz
f_{TRIG}	外部触发频率(2)	12bits; f_{ADC}=15MHz	-	-	1	MHz
		12bits	-	-	15	$1/f_{ADC}$
V_{AIN}	转换电压范围	V_{DD}≥2.5V	0	-	VDD	V
R_{AIN}	外部输入阻抗	-	见下面公式			kΩ
R_{ADC}	采样开关电阻	-	-	-	1.5	kΩ
C_{ADC}	内部采样和保持电容	-	-	-	5	pF
t_{STAB}	上电时间	-	-	-	10	μS
t_{lat}	注入触发转换延时	-	-	-	512	$1/f_{ADC}$
t_{latr}	常规触发转换延时	-	-	-	512	$1/f_{ADC}$
ts	采样时间	f_{ADC}=15MHz	0.167	-	16.03	μS
		-	-	-	-	$1/f_{ADC}$
t_{CONV}	总得转换时间 (包括采样时间)	12bits; f_{ADC}=15MHz	1	-	16.87	μS
		12bits	-			$1/f_{ADC}$
ENOB	有效位数	12bits; VDD≥3.3V; f_{ADC}=15MHz	-	10.9	-	bit

1) 由设计保证,未在生产中测试.
2) 对于外部触发，必须在时序上增加一个$1/f_{ADC}$ 延时.

输入阻抗列表

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

上述公式用于确定最大的外部阻抗，以确保误差小于 1/4 LSB。在此，n=12(表示 12 位分辨率)，且是在f_{ADC}=15MHz时进行测量的。

表 36 f_{ADC}=15MHz (1)时的最大R_{AIN}

Ts (周期)	t_S (μS)	最大 R_{AIN} (kΩ)
2.5	0.167	1.9
3.5	0.233	3.3
4.5	0.300	4.7
5.5	0.367	6.1
6.5	0.433	7.4
7.5	0.500	8.8
8.5	0.567	10.2
14.5	0.967	18.4
29.5	1.967	39.0
42.5	2.833	56.9
56.5	3.767	76.1
72.5	4.833	98.1
240.5	16.033	328.9

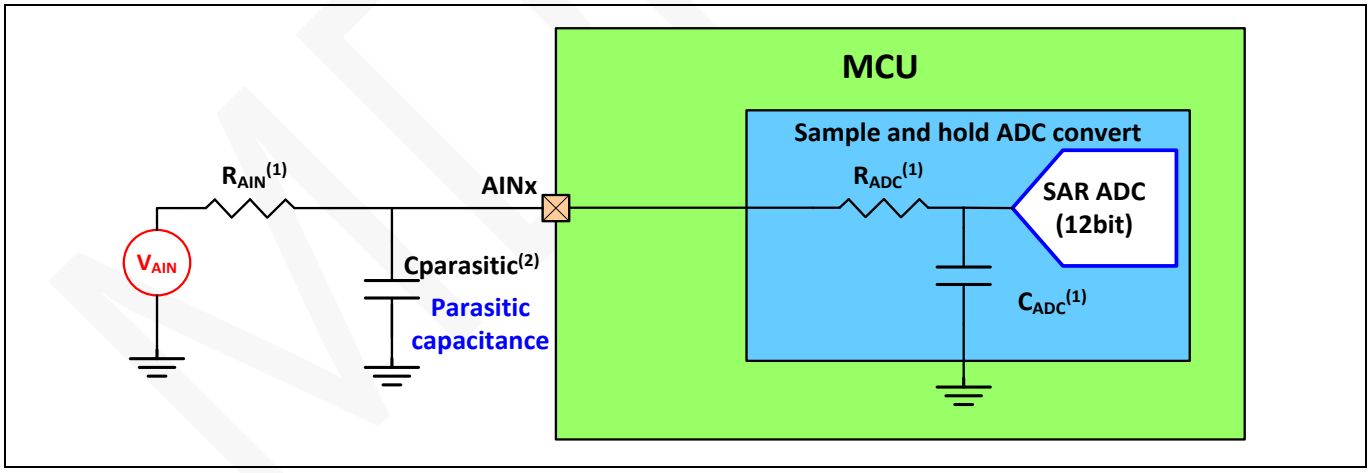
1) 由设计保证,未在生产中测试.

表 37 ADC静态参数(1) (2)

标号	参数	条件	典型	单位
ET	综合误差	f_{PCLK1} = 60MHz， f_{ADC} = 15MHz，R_{AIN} < 0.1 kΩ， V_{DD} = 3.3V，T_A = 25°C	-6/+11	LSB
EO	偏移误差		-4.8/+10.1	
EG	增益误差		-1.2/+7.1	
ED	微分线性误差		-0.9/1.5	
EL	积分线性误差		-4/+4.2	

1) ADC精度与反向注入电流之间的关系：有必要避免向任何标准模拟输入引脚注入反向电流，因为它会显着降低在另一个模拟输入引脚上执行的转换的精度。建议在可能发生反向注入电流的标准模拟引脚和地之间添加肖特基二极管。
2) 由设计保证,未在生产中测试.

图 17 使用ADC典型的连接图

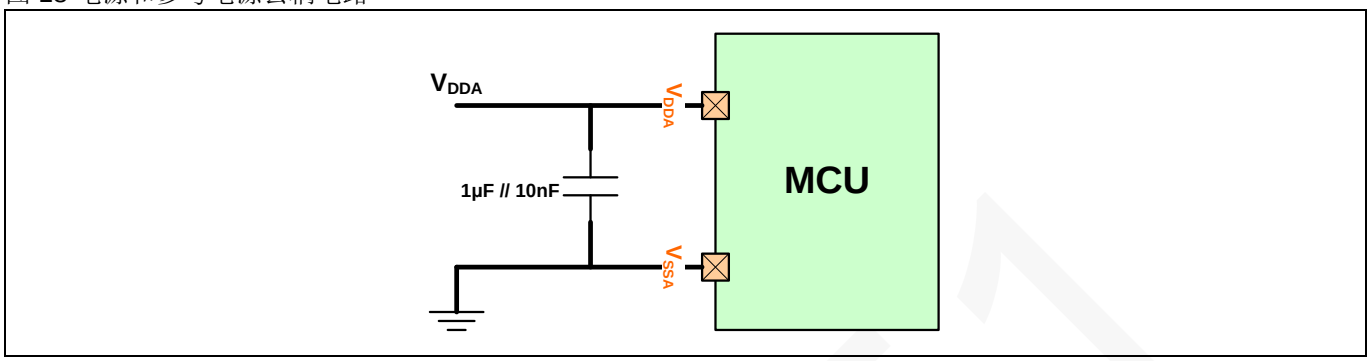


1) R_{AIN}, R_{ADC} 和 C_{ADC}的数值，参见表 36.
2) CParasitic表示PCB与焊盘之间的电容(取决于焊接和PCB布局质量)，以及焊盘之间的电容(大约为7pF)。较高的寄生电容会降低转换精度。为了解决这个问题，建议降低f_{ADC}

PCB设计建议

电源的去耦必须如下图所示连接。图中所示的10nf电容器必须是陶瓷电容器，并应尽可能靠近MCU芯片。

图 18 电源和参考电源去耦电路



温度传感器特性

表 38 温度传感器特性(3)

标号	参数	最小	典型	最大	单位
T_L(1)	V_{SENSE} 相对于温度的线性度	-	±5	-	°C
Avg_Slope(1)	平均斜率	-	-3.89	-	mV/°C
$V_{25°C}$(1)	25℃下的电压	-	1.289	-	V
t_{START}(2)	建立时间	-	1	-	μS
t_{S_temp}(2)	读取温度时，ADC 采样时间	-	11.8	-	μS

1) 综合评价得出，未在生产中测试
2) 由设计保证,未在生产中测试.
3) 温度公式: Tsensor = 25 + (ADCvalue * vdd - offset * 3300) / (4096 * Avg_Slope), offset记录于0x1FFFF7F6低12位中.

4.5.11. 比较器特性

表 39 比较器特性

比较器特性						
标号	参数	寄存器配置	最小	典型	最大	单位
V_{IN}	输入电压	-	0.6	-	V_{DD}-1	V
t_{HYST}	Hysteresis	00(迟滞) 高功率	-	0	-	mV
		00(迟滞) 低功率	-	0	-	mV
		01(迟滞) 高功率	15	22	43	mV
		01(迟滞) 低功率r	13	15	23	mV
		10(迟滞) 高功率	32	45	92	mV
		10(迟滞) 低功率	25.2	32	46.7	mV
		11(迟滞) 高功率	55	85	182	mV
		11(迟滞)	25.5	60	83.9	mV

比较器特性						
标号	参数	寄存器配置	最小	典型	最大	单位
		低功率				
V_{OFFSET}	偏移电压	-	-	+/-6	+/-10.4	mV
t_{DELAY}	传播延时 (1)	00（高功率）	3.7	10.7	43	ns
		01（中功率）	10.5	34.9	83	ns
		10（低功率）	13.8	49	114	ns
		11（极低功率）	22.2	86	194.5	ns
I_q	工作电流均值	00（高功率r）	6.5	45	205.4	uA
		01（中功率）	3.3	21.7	81.3	uA
		10（低功率）	2.6	15.3	59.6	uA
		11（极低功率）	1.7	8.8	35.3	uA

1) 输出翻转50%与输入翻转的时间差

运算放大器特性

表 40 运算放大器特性

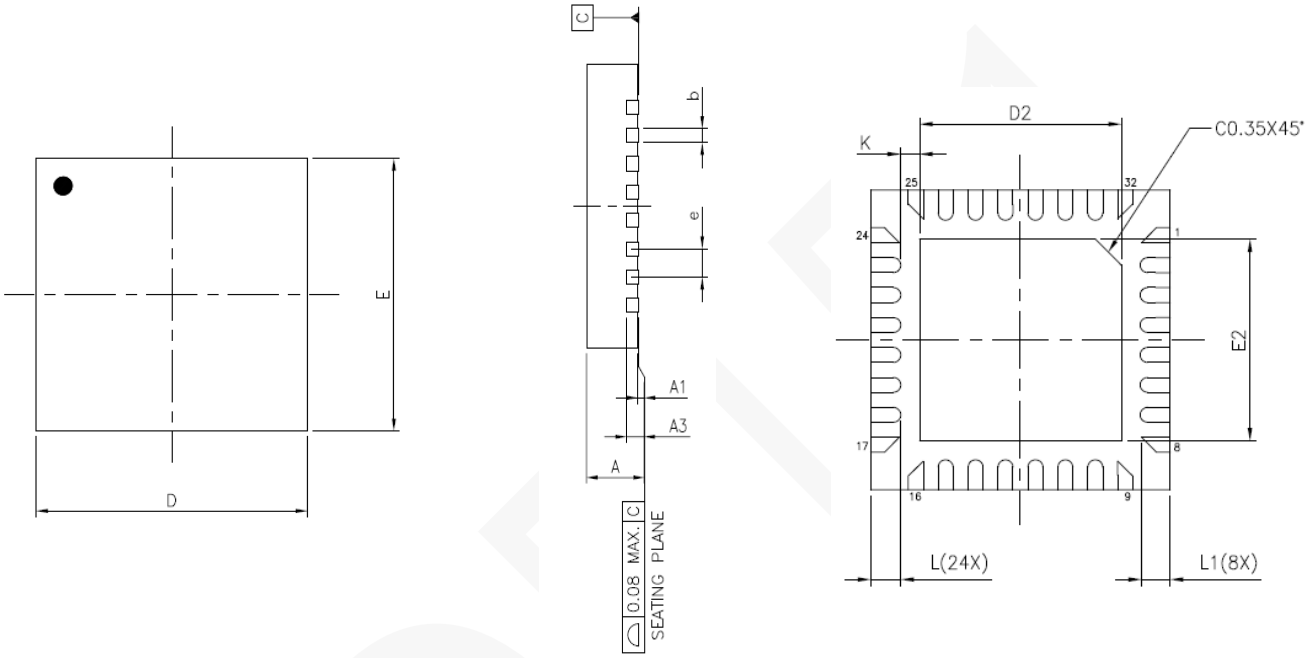
标号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
V_{DD}	电源电压	-	2.5	-	5.5	V
V_{OFFSET}	输入偏置电压	Common mode input 1/2 * V_{DD}	-6	-	6	mV
I_{LOAD}	驱动电流	Drive current (sinking current) (V_{DD}=5V VOUT=1V）	-	-	15	mA
C_{LOAD}	电容负载	-	-	-	30	pF
CMRR	共模抑止比	-	-	80	-	dB
PSRR	电源抑止比	-	-	80	-	dB
GBW	增益带宽积	-	-	12	-	MHz
SR	压摆率	-	-	7	-	V/us
GOL	开环增益	-	90	110	120	dB

1) 由设计保证,未在生产中测试.

5. 封装尺寸

5.1. 封装QFN32 (4mm X 4mm X 0.85mm) 尺寸

图 19 QFN-32 (4mm X 4mm X 0.85mm)

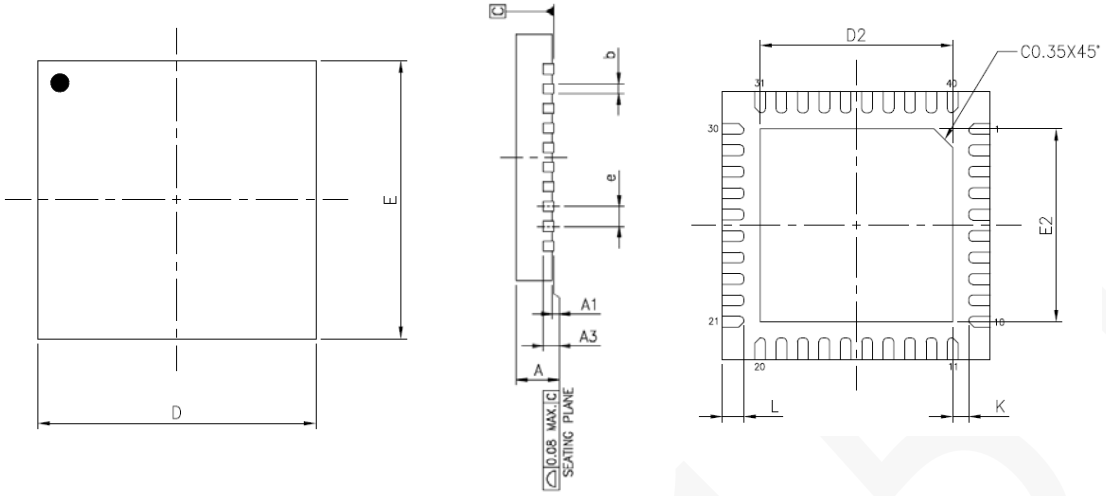


Unit	mm		
JEDEC	N/A		
Symbols	Min.	Nom.	Max.
A	0.80	0.85	0.90
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.203 REF.		
b	0.15	0.20	0.25
D	3.90	4.00	4.10
E	3.90	4.00	4.10
e	0.40 BSC		
L	0.25	0.30	0.35
L1	0.23	0.28	0.33
K	0.20	----	----
D2	2.65	2.70	2.75
E2	2.65	2.70	2.75

此为参考尺寸，各型号IC 请参阅 data sheet
This is the dimension for reference ,see the data sheet for the exact dimension for each model of IC.

5.2. 封装QFN40 (5mm X 5mm X 0.75mm) 尺寸

图 20 QFN-40 (5mm X 5mm X 0.75mm)



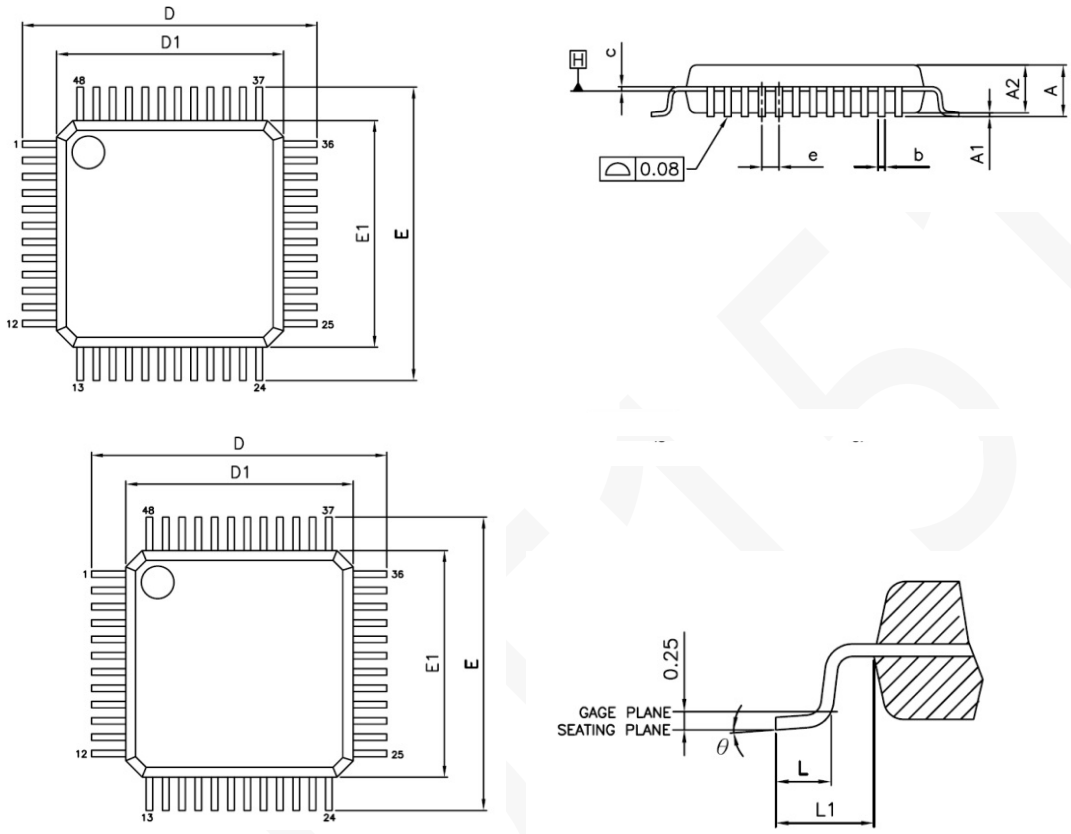
Unit	mm		
JEDEC	MO-220		
PKG	WQFN(X540)		
SYMBOLS	Min.	Nom.	Max.
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A3	0.203 REF.		
b	0.15	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10
e	0.40 BSC		
L	0.35	0.40	0.45
K	0.2	----	---

PAD SIZE	D2			E2			LEAD FINISH	
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	Pure Tin	PPF
153X15 MIL	3.25	3.30	3.35	3.25	3.30	3.35	V	X

此为参考尺寸，各型号IC 请参阅 data sheet
This is the dimension for reference, see the data sheet for the exact dimension for each model of IC.

5.3. 封装LQFP48 (7mm X 7mm X 1.4mm) 尺寸

图 21 LQFP-48 (7mm X 7mm X 1.4mm)



Unit	mm		
Symbols	Min.	Nom.	Max.
A	---	---	1.60
A1	0.05	---	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
b	0.17	0.22	0.27
c	0.09	---	0.20
D	9.00 BSC		
D1	7.00 BSC		
E	9.00 BSC		
E1	7.00 BSC		
e	0.50 BSC		
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00 REF		
ɵ	0˚	3.5˚	7˚

此为参考尺寸，各型号IC 请参阅 data sheet
This is the dimension for reference ,see the data sheet for the exact dimension for each model of IC.

6. 版本历史

表 41 版本历史

版本	描述	日期
V0.1	1. 初始版本	2025/06/01

MDF151

7. 免责声明

在此，笙泉(Megawin)代表“***Megawin Technology Co., Ltd.***”

生命支持—此产品并不是为医疗、救生或维持生命而设计的，并且当设备系统出现故障时，并不能合理地预示是否会对人身造成伤害。因此，当客户使用或出售用于上述应用的产品时，需要客户自己承担这样做的风险，笙泉公司并不会对不当地使用或出售我公司的产品而造成的任何损害进行赔偿.

更改权—笙泉保留产品的如下更改权，其中包括电路、标准单元、与/或软件 – 在此为提高设计的与/或性能的描述或内容。当产品在大批量生产时，有关变动将通过工程变更通知(ECN)进行通知.

MDF151