

英飞凌IMC300 - iMOTION™ 电机控制器

带有附加微控制器的高性能电机控制 IC

IMC300

特性

- 运动控制引擎 (MCE) 作为调速驱动器的即用型控制解决方案
- 集成脚本引擎用于定制应用控制
- 集成驱动和系统保护功能
- 永磁同步电机 (PMSM) 的磁场定向控制 (FOC)
- 用于正弦电压控制的灵活空间矢量PWM
- 通过单电阻或相电阻进行电流检测
- 无传感器运行
- 采用模拟或数字霍尔的霍尔传感器运行
- 用于过流保护的集成模拟比较器
- 内置温度传感器
- 功率因数校正 (PFC) 控制 (可选)
- 灵活的控制输入选择: UART、频率、占空比或模拟信号
- 符合 IEC/UL 60730-1“B 类”认证的驱动安全功能

CPU 子系统

- 高性能32位ARM® Cortex® -M0内核
- 单周期32位硬件乘法器
- 96 MHz 数学协处理器 (MATH), 由用于三角函数计算的 CORDIC 单元和硬件除法器单元组成
- 嵌套向量中断控制器(NVIC)
- 事件请求单元 (ERU), 用于对外部和内部服务请求进行可编程处理
- 用于操作系统支持的系统定时器 (SysTick)
- 出厂调整的 48/96 MHz 内部时钟
- 独立的内部时钟, 用于窗口看门狗 (WDT) 和实时时钟 (RTC)
- 低功耗待机功能
- 串行线调试 (SWD) 或单引脚调试 (SPD)

片上存储器

- 具有 ECC 和预取功能的 128 KB 片上闪存
- 16 KB SRAM, 带奇偶校验

通讯外设

- 通用串行接口通道 (USIC), 可用作UART、SPI和I2C接口
- MultiCAN+, Full-CAN/Basic-CAN, 带 2 个节点、32 个信源对象 (最高 1 MBaud)

模拟前端外设

- 具有 12 位分辨率、1MSPS、2 个采样保持级和多输入的 ADC
- ADC 输入的可调增益
- 最多 6 个超范围比较器 (ORC) 通道
- 最多 3 个快速模拟比较器 (ACMP)
- 内部温度传感器 (TSE)

本数据手册的原文使用英文撰写。为方便起见, 英飞凌提供了译文; 由于翻译过程中可能使用了自动化工具, 英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性, 请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本 (控制文档)。

潜在应用

控制外设

- 捕获/比较单元 4 (CCU4)，用作通用定时器
- 捕获/比较单元 8 (CCU8)，用于电机控制和电源转换
- 霍尔传感器的位置接口 (POSIF)
- 适用于安全敏感应用的窗口看门狗定时器 (WDT)
- 带定时功能的实时时钟模块(RTC)
- 伪随机数生成器 (PRNG)，提供快速生成时间的随机数据

潜在应用

- 大小家电
- 风扇、泵、压缩机
- 通用调速驱动器

产品验证

符合JEDEC47/20/22相关测试的工业应用要求

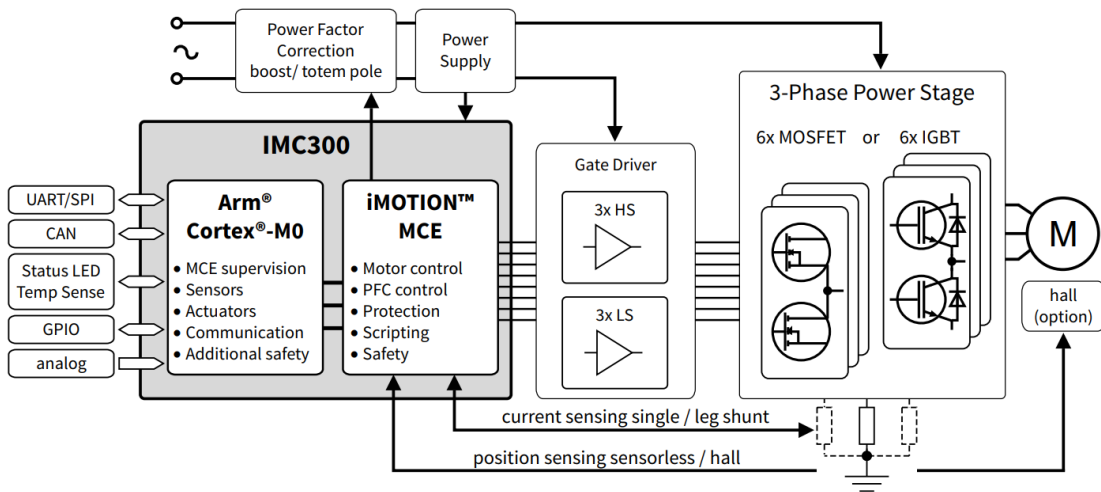
描述

描述

iMOTION™ IMC300 是一款高度集成的 IC 系列，用于控制带有附加集成微控制器的调速驱动器。通过集成控制永磁同步电机 (PMSM) 所需的硬件和软件，该系列产品能够以最低的系统 and 开发成本，为任何电机系统提供最短的上市时间。

电机控制器使用运动控制引擎 (MCE) 创建一个即用型解决方案来控制永磁同步电机 (PMSM)，以最低的系统 and 开发成本为任何电机系统提供最短的上市时间。集成脚本引擎允许增加应用灵活性，而不会干扰电机控制算法。

集成微控制器基于 ARM® Cortex® M0 内核，独立于 MCE 运行。



订购信息

Product Type	Application	Package
IMC301A-F048	single motor	LQFP-48
IMC301A-F064		LQFP-64
IMC302A-F048	single motor + PFC (boost, totem pole)	LQFP-48
IMC302A-F064		LQFP-64

目录

目录

	特性	1
	潜在应用	2
	产品验证	2
	描述	3
	目录	4
1	框图参考	6
2	引脚配置	7
2.1	引脚类型和焊盘结构	7
2.2	引脚配置 IMC301A/ IMC302A	8
2.3	IMC301A 引脚配置图	11
2.4	IMC302A 引脚配置图	13
3	功能说明	15
3.1	概述	15
3.2	单电阻检测的 IMC301A 应用联接	16
3.3	单电阻检测的 IMC302A 应用连接	17
3.4	相单组检测的 IMC302A 应用连接	18
4	电气特性及参数	19
4.1	常规参数	19
4.1.1	参数解释	19
4.1.2	绝对最大额定值	19
4.1.3	过载下的引脚可靠性	20
4.1.4	工作条件	21
4.2	直流特性	22
4.2.1	输入/输出特性	22
4.2.2	模数转换器 (ADC)	24
4.2.3	模拟比较器特性	24
4.2.4	电源电流控制器	25
4.2.5	闪存参数	25
4.2.6	嵌入式微控制器	26
4.2.6.1	模数字转换器 (ADC)	26
4.2.6.2	超范围比较器 (ORC) 特性	29
4.2.6.3	模拟比较器特性	30
4.2.6.4	温度传感器特性	31
4.2.6.5	振荡器引脚	32
4.2.6.6	闪存参数	34
4.2.6.7	电源电流	35
4.3	交流特性	40

目录

4.3.1	测试波形.....	40
4.3.2	上电和电源阈值特性.....	40
4.3.3	片上振荡器特性.....	42
4.3.4	嵌入式微控制器.....	43
4.3.4.1	上电和电源阈值特性	43
4.3.4.2	内部振荡器交流特性.....	44
4.3.4.3	串行线调试 (SWD) 端口时序.....	44
4.3.4.4	SPD 时序要求.....	45
4.3.4.5	同步串行接口 (USIC SPI) 时序	46
4.3.4.6	Inter-IC (I2C) 接口时序.....	47
4.4	电机控制参数.....	50
4.4.1	PWM特性	50
4.4.2	电流检测	50
4.4.3	故障时序.....	51
4.5	功率因数校正 (PFC) 参数.....	52
4.5.1	升压PFC特性	52
4.5.2	图腾柱PFC特性	52
4.5.3	PFC电流检测	52
4.5.4	PFC故障时序	52
4.6	设备接口.....	54
4.6.1	UART接口.....	54
4.6.2	过温输入	55
4.6.3	脉冲输出.....	55
4.6.4	LED 输出	55
5	设备和封装规格	56
5.1	质量声明.....	56
5.2	SBSL 和 芯片ID.....	56
5.3	热特性.....	57
5.4	封装外形.....	58
5.4.1	封装外形 PG-LQFP-48-11	58
5.4.2	封装外形 PG-LQFP-64-29	59
5.5	零件标记信息.....	59
6	修订记录	60
	免责声明	61

1 框图参考

1 框图参考

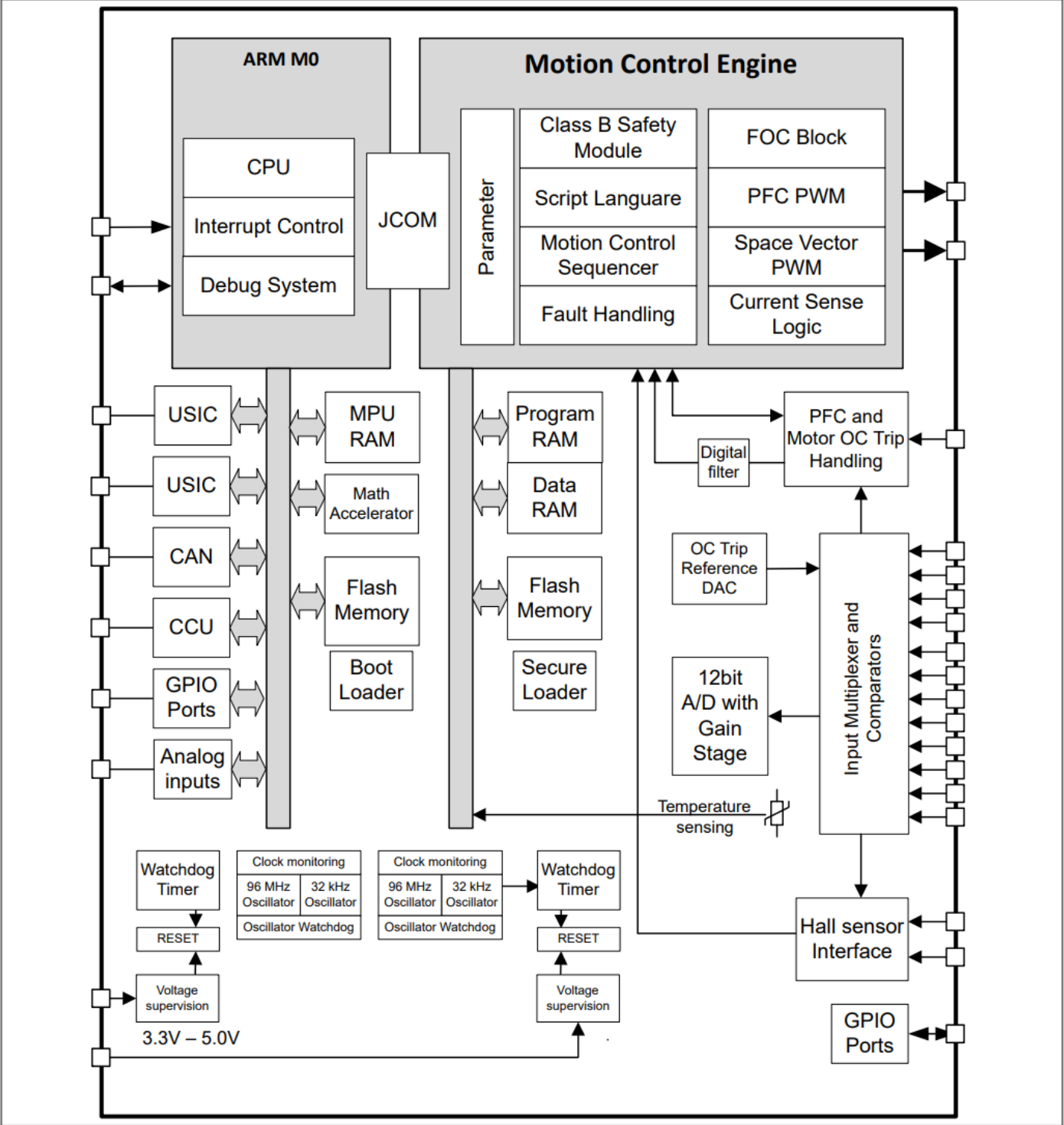


图1 框图参考

2 引脚配置

2 引脚配置

2.1 引脚类型和焊盘结构

引脚类型指定如下：

- P——功率
- I——数字输入
- O——数字输出
- IO——数字输入或输出
- AIN——模拟输入
- AO——模拟输出

图 2 显示了集成控制器的输入和输出引脚的焊盘结构和引脚功能控制配置。

引脚功能、类型和上拉/下拉电路配置均由运动控制引擎控制。未分配给 MCE 功能的数字输入、输出或模拟输入信号可以分配给脚本引擎。

引脚功能、类型和上拉/下拉电路配置通过各自的配置寄存器进行控制。详细信息请参阅硬件参考手册。

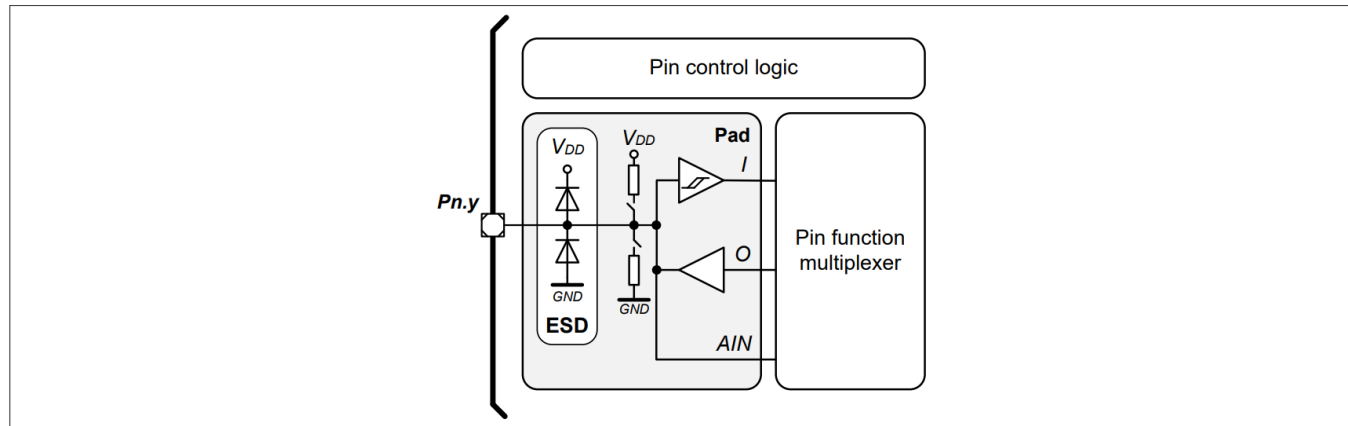


图2 引脚焊盘布局及功能配置

下面给出的引脚功能表是指标准配置。引脚控制或接口功能由下载到设备的软件版本定义，并且可能会发生变化。一些输入引脚可以配置为具有上拉或下拉电阻，一些输出引脚可以配置为推挽或开漏。这在相应的软件硬件参考手册中有描述。

引脚可以发挥多种功能，因此必须进行相应的配置。另请参阅本数据表中相应的引脚配置图以及硬件MCE软件参考手册中的说明。

未分配任何信号的引脚将保留以供将来使用。这些引脚应保持悬空，并且不要连接到地或正电源。

注意： 所有必需的参考电压均由内部DAC产生，因此IREF、REFU、REFV和REFW等AO引脚只需要一个阻断电容器。

2 引脚配置

2.2 引脚配置IMC301A/ IMC302A

表1 引脚列表

Signal	Type	IMC301A -F048	IMC301A -F064	IMC302A- F048	IMC302A -F064	Description
Supply						
VDD	Power	21, 28, 38	24, 25, 35, 50	21, 28, 38	24, 25, 35, 50	Supply Voltage
VSS	Power	20, 37	23, 49	20, 37	23, 49	Ground

电机控制

PWMUL	O	22	29	22	29	PWM output phase U low
PWMUH	O	23	30	23	30	PWM output phase U high
PWMVL	O	24	31	24	31	PWM output phase V low
PWMVH	O	25	32	25	32	PWM output phase V high
PWMWL	O	26	33	26	33	PWM output phase W low
PWMWH	O	27	34	27	34	PWM output phase W high
GK	I	29	36	29	36	Motor gate kill input
VDC	AIN	11	14	11	14	DC bus sensing input
ISS/IU	AIN	15	18	15	18	Current sense input single shunt / phase U
IV	AIN	12	15	12	15	Current sense input phase V
IW	AIN	8	11	8	11	Current sense input phase W
REFU	AO	14	17	14	17	Itrip phase U reference
REFV	AO	13	16	13	16	Itrip phase V reference
REFW	AO	7	10	7	10	Itrip phase W reference

霍尔传感器输入

AHALL1+	AIN	7	10	7	10	Analog Hall sensor input 1+
AHALL1-	AIN	8	11	8	11	Analog Hall sensor input 1-
AHALL2+	AIN	13	16	13	16	Analog Hall sensor input 2+
AHALL2-	AIN	12	15	12	15	Analog Hall sensor input 2-
HALL1	IO	-	26	-	26	Digital Hall sensor input 1
HALL2	IO	-	27	-	27	Digital Hall sensor input 2
HALL3	IO	-	28	-	28	Digital Hall sensor input 3

功率因数校正

PFCG0	O	-	-	33	44	PFC gate drive 0
PFCG1	O	-	-	32	43	PFC gate drive 1 (totem pole PFC)
IPFC	AIN	-	-	9	12	PFC current sensing
IPFCREF	AO	-	-	18	21	PFC Itrip reference
IPFCTRIP	AIN	-	-	19	22	PFC Trip

(表格续下页.....)

2 引脚配置

表 1 (续) 引脚列表

Signal	Type	IMC301A -F048	IMC301A -F064	IMC302A- F048	IMC302A -F064	Description
VAC1	AIN	-	-	17	20	AC voltage sensing input 1
VAC2	AIN	-	-	16	19	AC voltage sensing input 2

接口

PGOUT	O	31	42	31	42	Pulse output
NTC	AIN	10	13	10	13	External thermistor input
LED	O	30	41	30	41	Status LED

社区

RXD0	I	35	45	35	45	Serial port 0, device programming, receive input
TXD0	O	36	46	36	46	Serial port 0, device programming, transmit output
IR0	I	35	45	35	45	Infrared reception, pin 0
IR1	I	30	39	30	39	Infrared reception, pin 1

脚本

AIN1	AIN	7	10	7	10	Analog input 1
AIN2	AIN	8	11	8	11	Analog input 2
AIN3	AIN	9	12	-	-	Analog input 3
AIN4	AIN	10	13	10	13	Analog input 4
AIN7	AIN	13	16	13	16	Analog input 7
AIN8	AIN	14	17	14	17	Analog input 8
AIN10	AIN	16	19	-	-	Analog input 8
AIN11	AIN	17	20	-	-	Analog input 8
GPIO2	IO	32	-	-	-	Digital input/output 2
GPIO3	IO	33	-	-	-	Digital input/output 3
GPIO4	IO	34	-	34	-	Digital input/output 4
GPIO5	IO	18	-	-	-	Digital input/output 5
GPIO6	IO	19	-	-	-	Digital input/output 6
GPIO7	IO	-	21	-	-	Digital input/output 7
GPIO8	IO	-	22	-	-	Digital input/output 8
GPIO9	IO	-	26	-	26	Digital input/output 9
GPIO10	IO	-	27	-	27	Digital input/output 10
GPIO11	IO	-	28	-	28	Digital input/output 11
GPIO12	IO	-	37	-	37	Digital input/output 12
GPIO13	IO	-	38	-	38	Digital input/output 13
GPIO14	IO	-	39	-	39	Digital input/output 14
GPIO15	IO	-	40	-	40	Digital input/output 15

(表格续下页.....)

2 引脚配置

表 1 (续) 引脚列表

Signal	Type	IMC301A -F048	IMC301A -F064	IMC302A- F048	IMC302A -F064	Description
GPIO16	IO	-	43	-	-	Digital input/output 16
GPIO17	IO	-	44	-	-	Digital input/output 17
IR0	I	35	45	35	45	IR interface 0
IR1	I	30	39	30	39	IR interface 1

微控制器

P0.8	IO	39	51	39	51	Programmable I/O
P0.9	IO	40	52	40	52	Programmable I/O
P0.10 / (XTAL1)	IO	41	53	41	53	Programmable I/O / crystal input 1
P0.11 / (XTAL2)	IO	42	54	42	54	Programmable I/O / crystal input 2
P0.12	IO	43	55	43	55	Programmable I/O
P0.13	IO	44	56	44	56	Programmable I/O
P0.14 / (SWDIO)	IO	45	57	45	57	Programmable I/O / user serial debug I/O
P0.15 / (SWDCLK)	I	46	58	46	58	Programmable I/O / user serial debug clock
P1.0	IO	-	48	-	48	Programmable I/O
P1.1	IO	-	47	-	47	Programmable I/O
P2.0 / (TXD2)	IO/AIN	2	3	2	3	Programmable I/O / analog input / UART2 transmission
P2.1 / (RXD2)	IO/AIN	3	4	3	4	Programmable I/O / analog input / UART2 reception
P2.2	IO/AIN	4	5	4	5	Programmable I/O / analog input
P2.6	IO/AIN	5	6	5	6	Programmable I/O / analog input
P2.8	IO/AIN	-	7	-	7	Programmable I/O / analog input
P2.10	IO/AIN	-	8	-	8	Programmable I/O / analog input
P2.11	IO/AIN	6	9	6	9	Programmable I/O / analog input
P4.0	IO	-	59	-	59	Programmable I/O
P4.1	IO	47	60	47	60	Programmable I/O
P4.2	IO	48	61	48	61	Programmable I/O
P4.3	IO	1	62	1	62	Programmable I/O
P4.4 / (RXD1)	I	-	63	-	63	Programmable I/O / UART1 transmission
P4.5 / (TXD1)	O	-	64	-	64	Programmable I/O / UART1 reception
P4.6	IO	-	1	-	1	Programmable I/O
P4.7	IO	-	2	-	2	Programmable I/O

2 引脚配置

2.3 IMC301A引脚配置图

下图给出了可用封装的功能引脚位置。图中仅显示了各个引脚的主要功能。根据运动控制引擎 (MCE) 的版本，所使用的引脚可能会提供相应的引脚配置表中给出的附加功能。

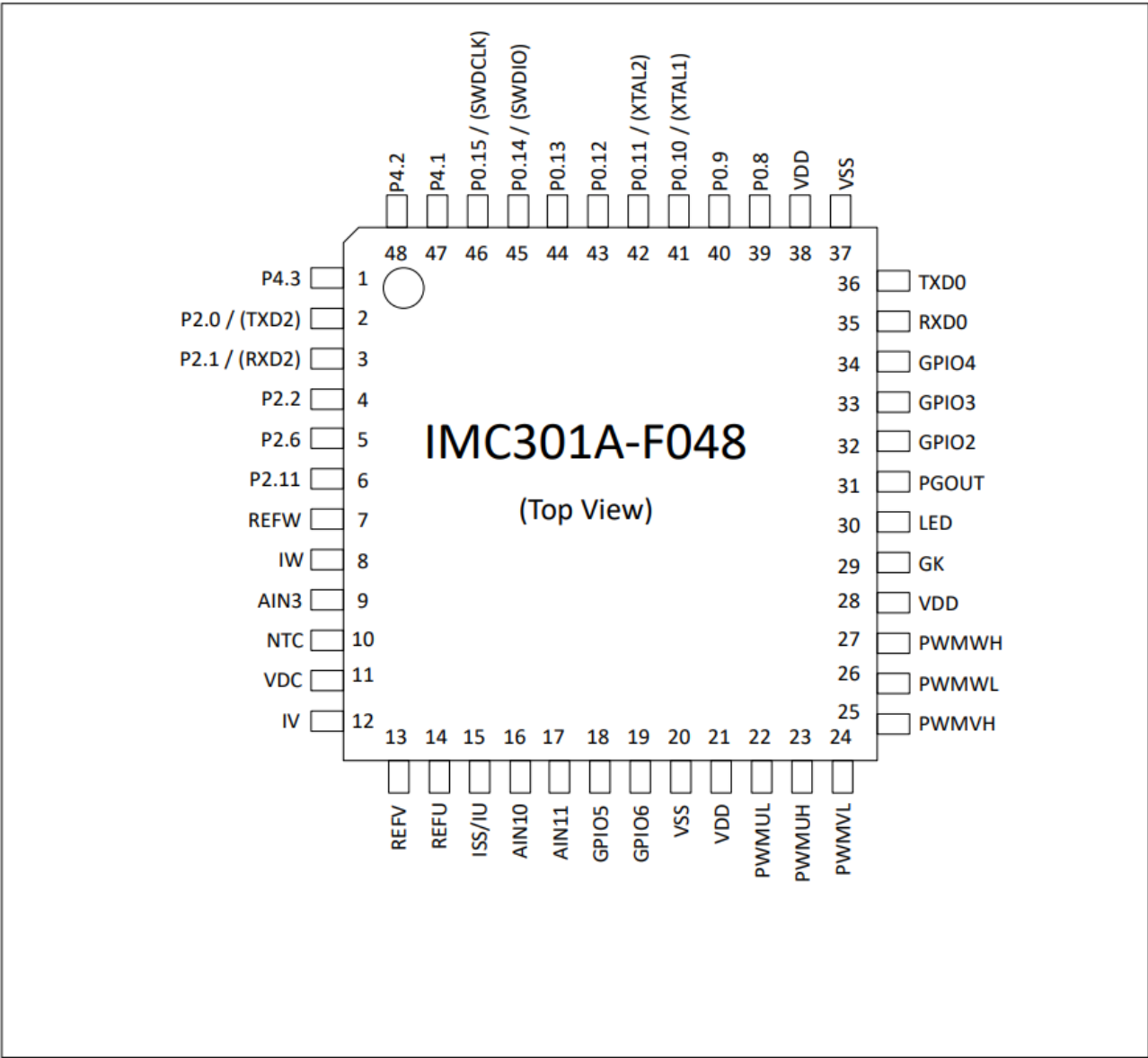


图3 IMC301A-F048

2 引脚配置

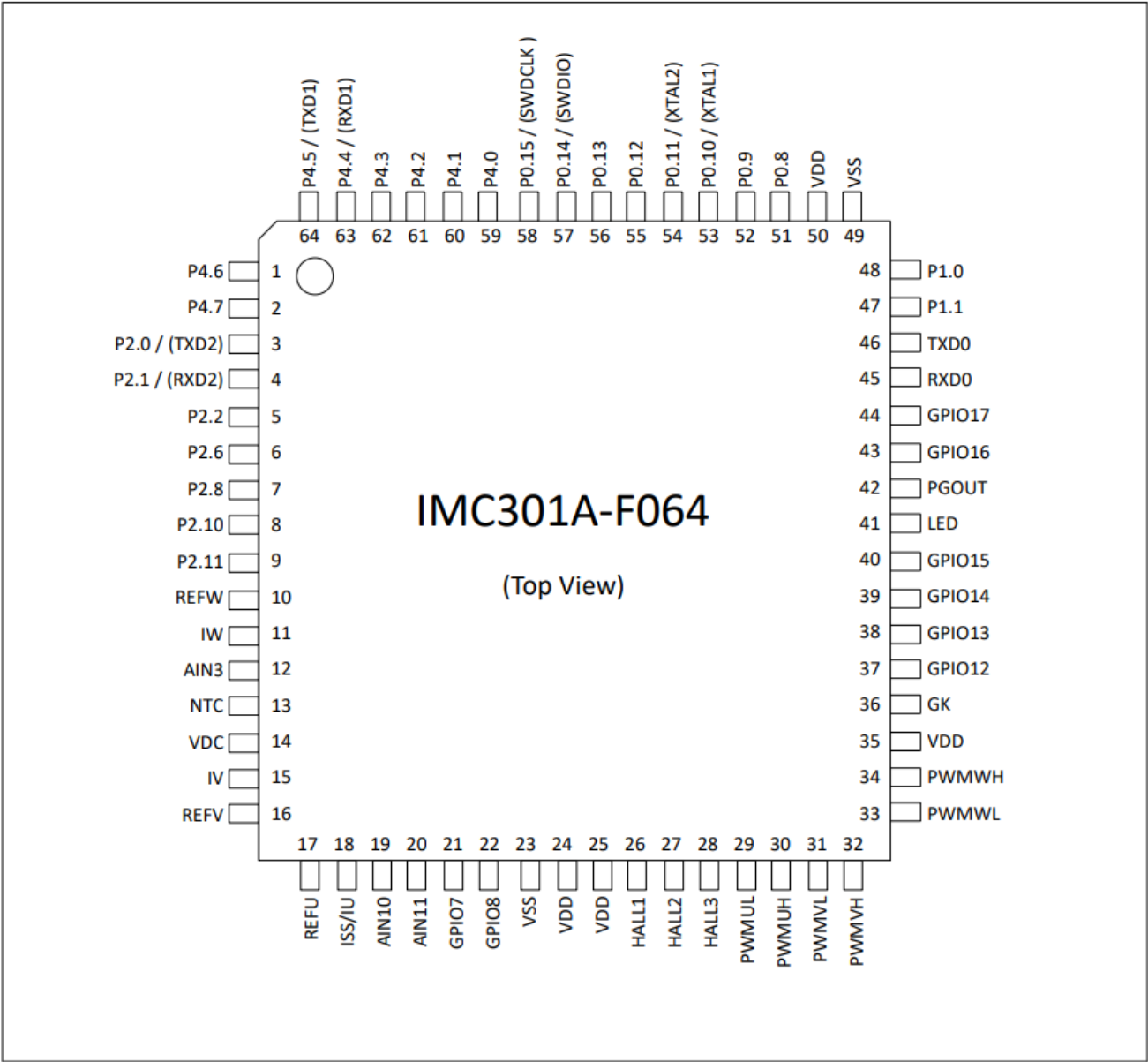


图4 IMC301A-F064

2 引脚配置

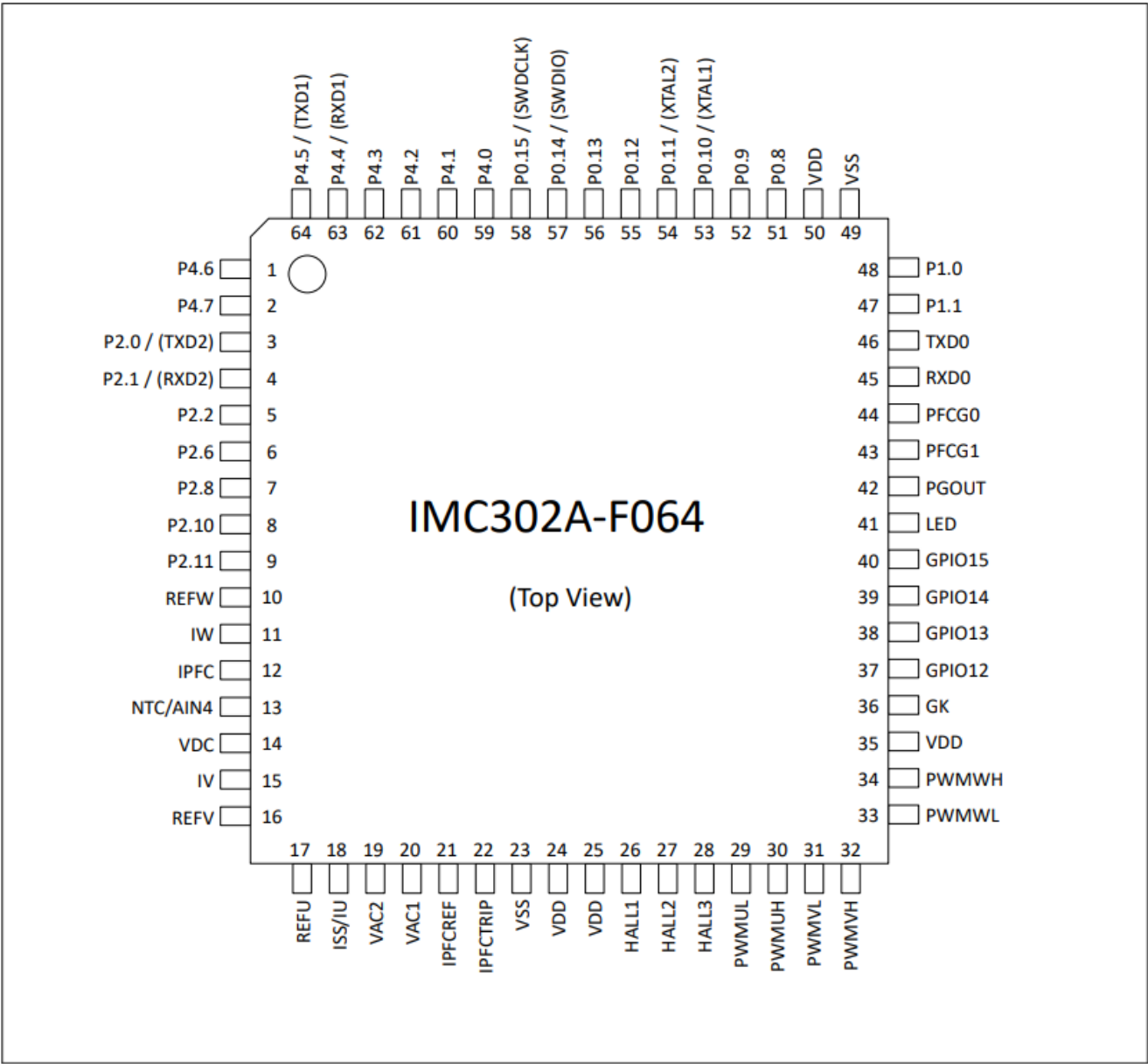


图6 IMC302A-F064

3 功能说明

3 功能说明

3.1 概述

IMC300 架构基于运动控制引擎 (MCE) 与附加微控制器的组合，使用 ARM® Cortex® -M0 内核，为永磁电机无传感器或有传感器控制和可选的 PFC 控制提供必要的计算能力。

MCE 电机控制算法在启动时采用快速角度感应，可实现低速和超高速运行，并提供单电组或相电阻电流检测算法。PFC 控制支持两种拓扑结构，即单级升压模式 PFC 和具有快速 PWM 速率切换的图腾柱 PFC，以最大限度地减小电感器尺寸。用户可以为每个特定电机配置电机和 PFC 参数并存储到板载闪存中。MCE 还包含 UL 607310-1 软件安全认证的库和模块。

ARM® Cortex® -M0 CPU 提供计算能力，从而增加应用灵活性。

采用快速处理间通信 (JCOM) 来促进两个处理单元 (MCE 和 ARM® Cortex® -M0 MCU) 之间的信息共享。

3 功能说明

3.2 单电阻检测的 IMC301A 应用连接

下图显示了单电机配置的应用程序连接。此示例基于单电阻电流检测配置。

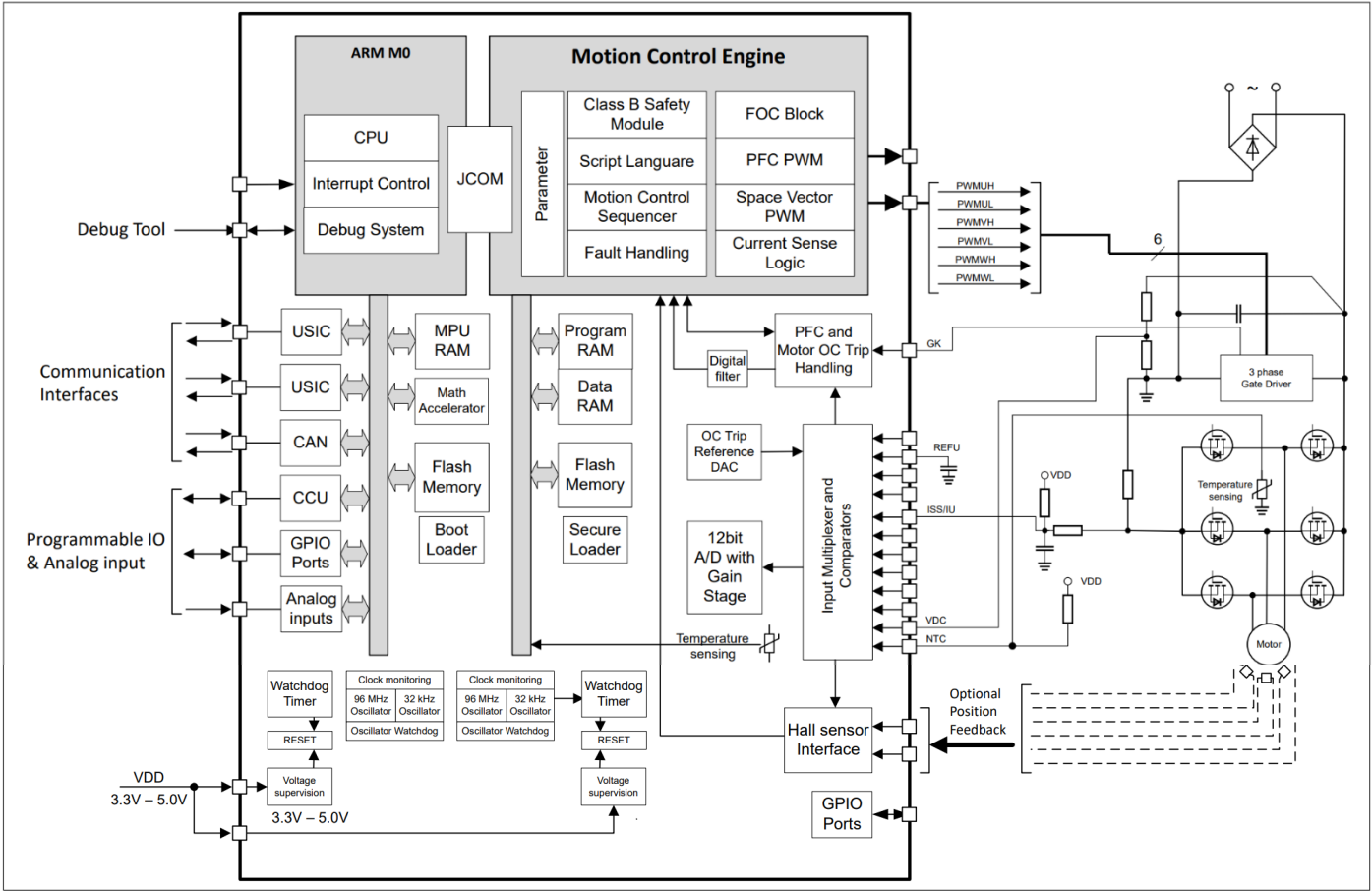


图7 IMC301A单电阻检测应用连接

3 功能说明

3.3 单电阻检测的 IMC302A 应用连接

下图显示了单电阻检测和升压模式 PFC 配置的应用连接，例如用于空调或热泵的室外机。

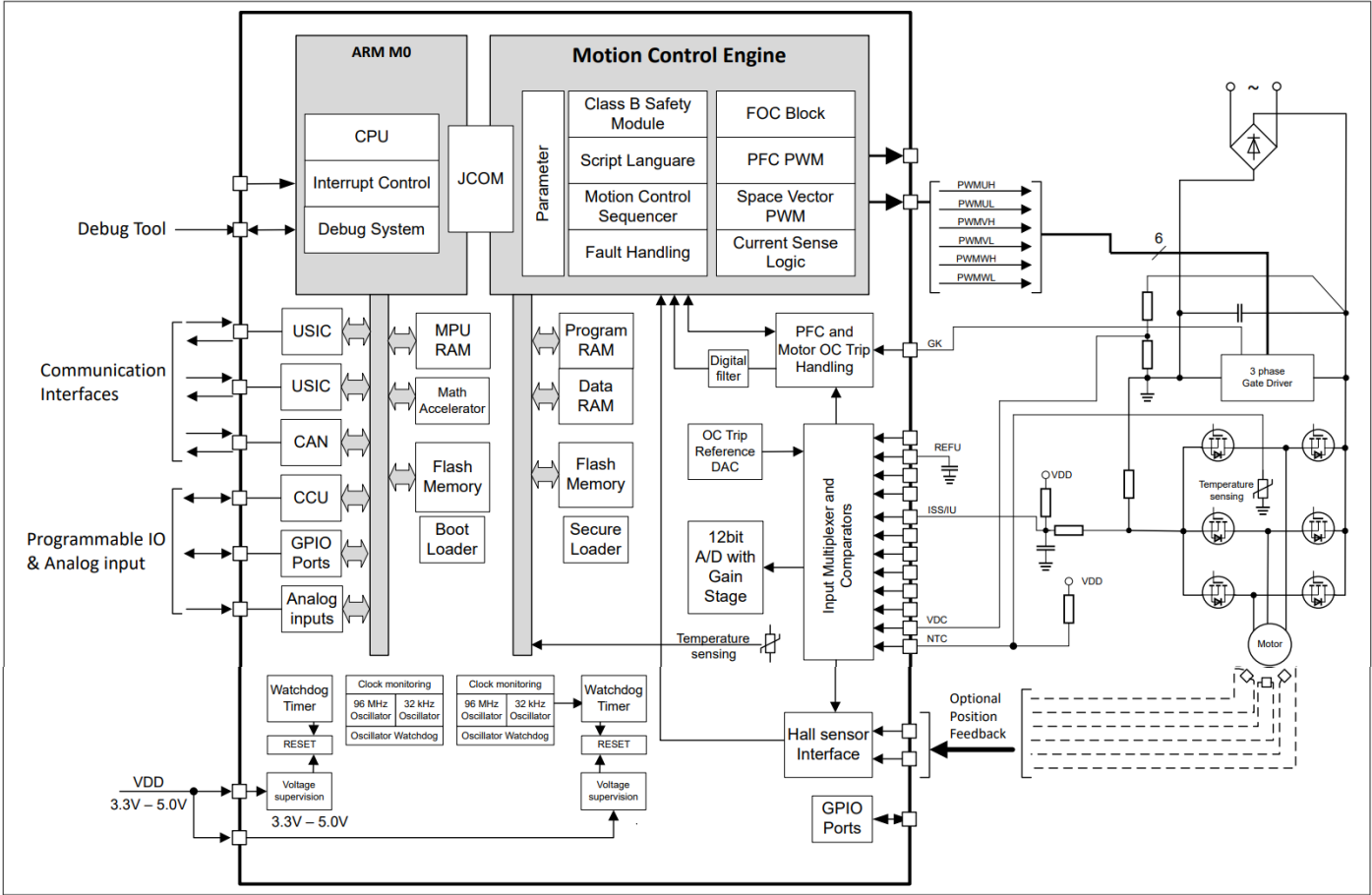


图8 IMC302A单电阻检测应用连接

4 电气特性及参数

4 电气特性及参数

4.1 常规参数

4.1.1 参数解释

本节列出的参数部分代表IMC300的特性，部分代表其对系统的要求。 为了帮助在评估设计时轻松解释参数，它们在“符号”列中用两个字母的缩写标记：

• CC

这些参数表明了控制器参数特性，这是 XMC300 的一个显著特点，在系统设计中必须加以考虑

• SR

这些参数表明了系统要求，必须由采用IMC300设计的应用系统提供。

4.1.2 绝对最大额定值

超过“绝对最大额定值”所列值的载荷可能会对器件造成永久性损坏。这仅仅是一个载荷额定值，并不意味着设备在这些条件下或任何其他高于本规范操作部分所示条件的情况下能够正常运行。暴露于绝对最大额定条件可能会影响器件的可靠性。

Table 2 Absolute maximum ratings

Parameter	Symbol	Values		Unit	Note or Test Condition
		Min.	Max.		
Ambient temperature	T_A SR	-40	105	°C	
Junction temperature	T_J SR	-40	115	°C	Digital controller
Storage temperature	T_{ST} SR	-40	125	°C	
Lead temperature (soldering, 30 seconds)	T_L SR	---	260	°C	
Digital Controller voltage	V_{DD} SR	-0.3	6	V	
Controller digital and analog pin voltage	V_{ID} SR	-0.3	$V_{DD}+0.3$	V	
Input current on any controller pin during overload condition	I_{IN} SR	-10	10	mA	
Absolute sum of all controller input currents during overload condition	ΣI_{IN} SR	-50	50	mA	

注：特性值，制造时未经测试。

注：如无特别说明，电压均以 V_{SS} 为参考。

4 电气特性及参数

4.1.3 过载下的引脚可靠性

当接收来自高压设备的信号时，低压设备会出现超出其自身 IO 电源规格的过载电流和电压。

下表定义了过载条件，在满足以下所有条件的情况下不会对可靠性造成任何负面影响：

- 不超过整个操作寿命
- 工作条件满足
 - 焊盘电源电平 (V_{DD})
 - 温度

如果引脚电流超出工作条件但在过载条件下，则无法再保证该引脚的参数符合操作状况中的规定。在大多数情况下仍可运行，但参数要宽松。

注意： 一个或多个引脚上的过载情况不需要复位。

注意： 引脚上的串联电阻将电流限制为最大允许过载电流，足以处理电池短路等故障情况。

表 3 过载参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input current on analog port pins during overload condition	I_{OVA} SR	-3	–	3	mA	
Input current on any port pin during overload condition	I_{OV} SR	-5	–	5	mA	
Absolute sum of all input currents during overload condition	I_{OVS} SR	–	–	25	mA	

图 10 显示了过载期间输入电流通过 ESD 保护结构的路径。接 V_{DD} 和地的二极管是这些 ESD 保护结构的简化表示。

4 电气特性及参数

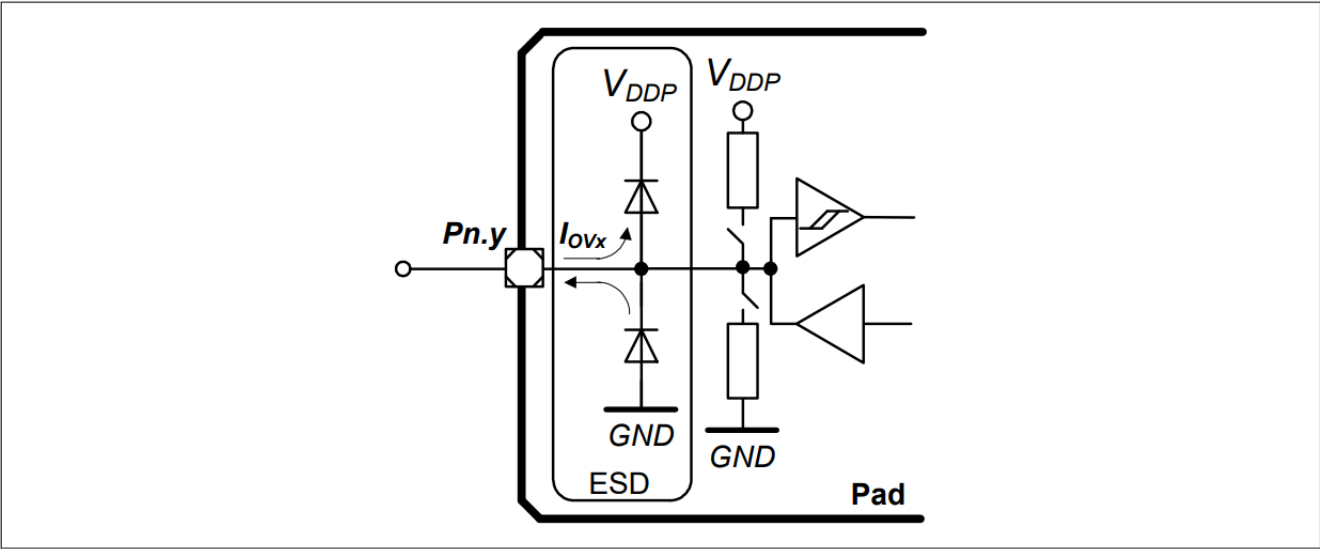


图 10 通过 ESD 结构的输入过载电流

表4和表5列出在过载条件下可以达到的输入电压。请注意，过载时不得超过在绝对最大额定值中规定的绝对最大输入电压。

表 4 正过载 PN 结特性

Pad Type	$I_{ov} = 5\text{ mA}$
Standard, High-current, AN/DIG_IN	$V_{IN} = V_{DD} + (0.3 \dots \dots \dots) \text{ V}$ $V_{AIN} = V_{DD} + 0.5 \text{ V}$ $V_{AREF} = V_{DD} + 0.5 \text{ V}$

表 5 负过载的 PN 结特性

Pad Type	$I_{ov} = 5\text{ mA}$
Standard, High-current, AN/DIG_IN	$V_{IN} = V_{SS} - (0.3 \dots 0.5) \text{ V}$ $V_{AIN} = V_{SS} - 0.5 \text{ V}$ $V_{AREF} = V_{SS} - 0.5 \text{ V}$

4.1.4 工作条件

为了确保 IMC300 的正确运行和可靠性，不得超过以下操作条件。除非另有说明，以下部分中指定的所有参数均指这些运行条件。

Table 6 Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Ambient Temperature	T_A SR	-40	–	105	°C	
Junction temperature	T_J SR	-40	–	115	°C	
Digital supply voltage ¹⁾	V_{DD} SR	3.0	3.3	5.5	V	

¹⁾ 所有电源引脚必须采用相同的电压驱动。

4 电气特性及参数

4.2 直流特性

4.2.1 输入/输出特性

下表提供了控制器输入/输出引脚的特性。

注意： 这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

注意： 除非另有说明，输入直流和交流特性（包括外设时序）均假设输入焊盘以标准滞后运行。

表7 HRC 参数（适用操作条件）

Parameter	Symbol		Limit Values		Unit	Test Conditions
			Min.	Max.		
Input low voltage on port pins (Standard Hysteresis)	V_{ILPS}	SR	–	$0.19 \times V_{DD}$	V	CMOS Mode
Input high voltage on port pins (Standard Hysteresis)	V_{IHPS}	SR	$0.7 \times V_{DD}$	–	V	CMOS Mode
Input low voltage on port pins (Large Hysteresis, scripting pins only)	V_{ILPL}	SR	–	$0.08 \times V_{DD}$	V	CMOS Mode
Input high voltage on port pins (Large Hysteresis, scripting pins only)	V_{IHPL}	SR	$0.85 \times V_{DD}$	–	V	CMOS Mode
Output low voltage on port pins	V_{OLP}	CC	–	1.0	V	$I_{OL} = 11 \text{ mA (5 V)}$ $I_{OL} = 7 \text{ mA (3.3 V)}$
			–	0.4	V	$I_{OL} = 5 \text{ mA (5 V)}$ $I_{OL} = 3.5 \text{ mA (3.3 V)}$
Output low voltage on PWM outputs	V_{OLP1}	CC	–	1.0	V	$I_{OL} = 50 \text{ mA (5 V)}$ $I_{OL} = 25 \text{ mA (3.3 V)}$
			–	0.32	V	$I_{OL} = 10 \text{ mA (5 V)}$
			–	0.4	V	$I_{OL} = 5 \text{ mA (3.3 V)}$
Output high voltage on port pins	V_{OHP}	CC	$V_{DD} - 1.0$	–	V	$I_{OH} = -10 \text{ mA (5 V)}$ $I_{OH} = -7 \text{ mA (3.3 V)}$
			$V_{DD} - 0.4$	–	V	$I_{OH} = -4.5 \text{ mA (5 V)}$ $I_{OH} = -2.5 \text{ mA (3.3 V)}$
Output high voltage on PWM outputs	V_{OHP1}	CC	$V_{DD} - 0.32$	–	V	$I_{OH} = -6 \text{ mA (5 V)}$
			$V_{DD} - 1.0$	–	V	$I_{OH} = -8 \text{ mA (3.3 V)}$
			$V_{DD} - 0.4$	–	V	$I_{OH} = -4 \text{ mA (3.3 V)}$
Rise/fall time on PWM outputs ²⁾	t_{HCPR} , t_{HCPF}	CC	–	9	ns	50 pF @ 5 V

（表格续下页.....）

4 电气特性及参数

表 7 (续) 输入/输出特性 (推荐运行条件)

Parameter	Symbol		Limit Values		Unit	Test Conditions
			Min.	Max.		
			–	12	ns	50 pF @ 3.3 V
Rise/fall time on standard pad	t_R, t_F	CC	–	12	ns	50 pF @ 5 V
			–	15	ns	50 pF @ 3.3 V.
Pin capacitance (digital inputs/outputs)	C_{IO}	CC	–	10	pF	
Pull-up/-down resistor on port pins (if enabled in software)	R_{PUP}	CC	20	50	k Ω	$V_{IN} = V_{SS}$
Input leakage current ³⁾	I_{OZP}	CC	-1	1	μ A	$0 < V_{IN} < V_{DD}$, $T_A 105^\circ\text{C}$
Maximum current per pin standard pin	I_{MP}	SR	-10	11	mA	–
Maximum current per PWM outputs pins	I_{MP1A}	SR	-10	50	mA	–
Maximum current into V_{DD} / out of V_{SS}	I_{MVDD}/I_{MVSS}	SR	–	260	mA	

² 上升/下降时间参数取自电源的 10% - 90%。

³ 如果过载电流流过相邻引脚，则会产生 额外的误差电流 (I_{INJ})。

4 电气特性及参数

4.2.2 模数转换器(ADC)

下表显示了模数转换器 (ADC) 的特性。此规范适用于所有模拟输入，包括引脚配置列表中给出的模拟霍尔传感器接口输入 (AHALLx+/AHALLx-，其中 x=1,2)。

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表 8 HRC 参数 (适用操作条件) ⁴⁾

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Supply voltage range	V_{DD} SR	3.0	–	5.5	V	
Analog input voltage range	V_{AIN} SR	$V_{SS} - 0.05$	–	$V_{DD} + 0.05$	V	
Conversion time	t_{C12} CC	–	1.0	–	μs	Defined by SW
Total capacitance of an analog input	C_{AINT} CC	–	–	10	pF	
Total capacitance of the reference input	C_{AREFT} CC	–	–	10	pF	
Sample time	t_{sample} CC	–	333	–	ns	Defined by SW
RMS noise	EN_{RMS} CC	–	1.5	–	LSB12	
DNL error	EA_{DNL} CC	–	±2.0	–	LSB12	
INL error	EA_{INL} CC	–	±4.0	–	LSB12	
Gain error	EA_{GAIN} CC	–	±0.5	–	%	
Offset error	EA_{OFF} CC	–	±8.0	–	mV	

4.2.3 模拟比较器特性

下表显示了模拟比较器的特性。

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表 9 模拟比较器特性 (适用操作条件)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Input Voltage	V_{CMP} SR	-0.05	–	$V_{DDP} + 0.05$	V	includes common mode and differential input voltages
Input Offset	V_{CMPOFF} CC	–	+/-3	–	mV	High power mode $\Delta V_{CMP} < 200$ mV
Input Hysteresis	V_{HYS} CC	–	+/-15	–	mV	Defined by SW

⁴⁾ 如无特别说明，所有参数均针对完整供应范围定义。

4 电气特性及参数

4.2.4 电源电流控制器

下面定义的总电源电流包括通过 V_{DD} 引脚 的 controllers 的漏电流和开关分量。

应用相关值通常低于下表给出的值，并且取决于客户的系统运行条件（例如热连接或使用的应用配置）。

注意： 这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表10 电源参数表 $V_{DD} = 5.0V$

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Active mode current motor control only	$I_{DD1\ CC}$	–	10	20	mA	$T_a = 25^{\circ}C$
Active mode current motor control plus PFC	$I_{DD2\ CC}$	–	16	20	mA	$T_a = 25^{\circ}C$

4.2.5 闪存参数

注意： 这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表 11 闪存参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Data Retention Time	$t_{RET\ CC}$	10			years	Max. 100 erase / program cycles
Erase Cycles	$N_{ECYC\ CC}$			$5 \cdot 10^4$	cycles	Sum of page and sector erase cycles a page sees
Total Erase Cycles	$N_{TECYC\ CC}$			$2 \cdot 10^6$	cycles	

4 电气特性及参数

4.2.6 嵌入式微控制器

4.2.6.1 模数转换器

表 12 显示了模数转换器 (ADC) 的特性。

注意： 这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

注意： 时序值调整为48MHz和32MHz的时钟速度。

表 12 ADC 参数 (适用操作条件) ⁵⁾

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Supply voltage range (internal reference)	V_{DD_int} SR	2.0	–	3.0	V	SHSCFG.AREF = 11 _B ; CALCTR.CALGNSTC = 0C _H for f_{SH} = 32 MHz, 12 _H for f_{SH} = 48 MHz
		3.0	–	5.5	V	SHSCFG.AREF = 10 _B
Supply voltage range (external reference)	V_{DD_ext} SR	3.0	–	5.5	V	SHSCFG.AREF = 00 _B
Analog input voltage range	V_{AIN} SR	V_{SSP^-} 0.05	–	V_{DDP^+} 0.05	V	
Auxiliary analog reference ground ⁶⁾	V_{REFGND} SR	V_{SSP^-} 0.05	–	1.0	V	G0CH0
		V_{SSP^-} 0.05	–	0.2	V	G1CH0
Internal reference voltage (full scale value)	V_{REFINT} CC	5			V	
Switched capacitance of an analog input	C_{AINS} CC	–	1.2	2	pF	GNCTRxz.GAINy = 00 _B (unity gain)
		–	1.2	2	pF	GNCTRxz.GAINy = 01 _B (gain g1)
		–	4.5	6	pF	GNCTRxz.GAINy = 10 _B (gain g2)
		–	4.5	6	pF	GNCTRxz.GAINy = 11 _B (gain g3)
Total capacitance of an analog input	C_{AINT} CC	–	–	10	pF	

(表格续下页.....)

⁵⁾ 参数定义为 ADC 时钟频率 f_{SH} = 32 MHz (全电源范围)，以及 f_{SH} = 48 MHz (V_{DD_int} 、 V_{DD_ext} = 5 V. 使用任何其他频率可能会影响 ADC 性能。

⁶⁾ 每个转换器的备用参考地连接都是独立的。因此，此模式可将噪声影响降至最低。

4 电气特性及参数

表 12 (续) VADC 参数 (适用工作条件) ⁵⁾

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Total capacitance of the reference input	$C_{AREFT\ CC}$	–	–	10	pF	
Gain settings	$G_{IN\ CC}$	1			–	GNCTRxz.GAINy = 00 _B (unity gain)
		3			–	GNCTRxz.GAINy = 01 _B (gain g1)
		6			–	GNCTRxz.GAINy = 10 _B (gain g2)
		12			–	GNCTRxz.GAINy = 11 _B (gain g3)
Sample Time	$t_{sample\ CC}$	5	–	–	$1 / f_{ADC}$	$V_{DD} = 5.0\ V$, $f_{ADCI} = 48\ MHz$
		3	–	–	$1 / f_{ADC}$	$V_{DD} = 5.0\ V$, $f_{ADCI} = 32\ MHz$
		3	–	–	$1 / f_{ADC}$	$V_{DD} = 3.3\ V$, $f_{ADCI} = 32\ MHz$
		30	–	–	$1 / f_{ADC}$	$V_{DD} = 2.0\ V$, $f_{ADCI} = 32\ MHz$ ⁵⁾
Conversion time in fast compare mode	$t_{CF\ CC}$	9			$1 / f_{ADC}$	⁷⁾
Conversion time in 12-bit mode	$t_{C12\ CC}$	20			$1 / f_{ADC}$	⁷⁾
Maximum sample rate in 12-bit mode ⁸⁾	$f_{C12\ CC}$	–	–	$f_{ADC} / 42.5$	–	1 sample pending
		–	–	$f_{ADC} / 62.5$	–	2 samples pending
Conversion time in 10-bit mode	$t_{C10\ CC}$	18			$1 / f_{ADC}$	⁷⁾
Maximum sample rate in 10-bit mode ⁸⁾	$f_{C10\ CC}$	–	–	$f_{ADC} / 40.5$	–	1 sample pending
		–	–	$f_{ADC} / 58.5$	–	2 samples pending
Conversion time in 8-bit mode	$t_{C8\ CC}$	16			$1 / f_{ADC}$	⁷⁾

(表格续下页.....)

⁵⁾ 参数定义为 ADC 时钟频率 $f_{SH} = 32\ MHz$ (全电源范围), 以及 $f_{SH} = 48\ MHz$, V_{DD_int} 、 $V_{DD_ext} = 5\ V$. 使用任何其他频率可能会影响 ADC 性能。

⁷⁾ 假设没有待处理的样本, 不包括采样时间和校准。

⁸⁾ 包括同步和校准 (增益和偏移校准的平均值)。

4 电气特性及参数

表 12 (续) ADC特性 (推荐运行条件⁵⁾)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Maximum sample rate in 8-bit mode ⁸⁾	$f_{C8\ CC}$	–	–	$f_{ADC} / 38.5$	–	1 sample pending
		–	–	$f_{ADC} / 54.5$	–	2 samples pending
RMS noise ⁹⁾	$EN_{RMS\ CC}$	–	1.5	–2.7	LSB12	DC input, SHSCFG.AREF = 00 _B , GNCTRxz.GAINy = 00 _B (unity gain), $V_{DD} = 5.0\ V$, $V_{AIN} = 2.5\ V$, 25°C
DNL error	$EA_{DNL\ CC}$	–	±2.0	–	LSB12	
INL error	$EA_{INL\ CC}$	–	±4.0	–	LSB12	
Gain error with external reference	$EA_{GAIN\ CC}$	–	±0.5	–	%	SHSCFG.AREF = 00 _B (calibrated)
Gain error with internal reference ¹⁰⁾	$EA_{GAIN\ CC}$	–	±3.6	–	%	SHSCFG.AREF = 1X _B (calibrated), –40°C - 110°C
		–	±2.0	–	%	SHSCFG.AREF = 1X _B (calibrated), 0°C - 85°C
Offset error	$EA_{OFF\ CC}$	–	±8.0	–	mV	Calibrated, $V_{DD} = 5.0\ V$

⁵ 参数定义为 ADC 时钟频率 $f_{SH} = 32\ MHz$ (全电源范围), 以及 $f_{SH} = 48\ MHz$, V_{DD_int} 、 $V_{DD_ext} = 5\ V$. 使用任何其他频率可能会影响 ADC 性能。

⁸ 包括同步和校准 (增益和偏移校准的平均值)。

⁹ T此参数也可定义为 SNR 值: $SNR[dB] = 20 \times \log(A_{MAXeff} / N_{RMS})$. 当 $A_{MAXeff} = 2^N / 2$, $SNR[dB] = 20 \times \log(2048 / N_{RMS})$ [$N = 12$]. $N_{RMS} = 1.5\ LSB12$, 因此, 等于 $SNR = 20 \times \log(2048 / 1.5) = 62.7\ dB$.

¹⁰ 包括参考电压的误差。

4 电气特性及参数

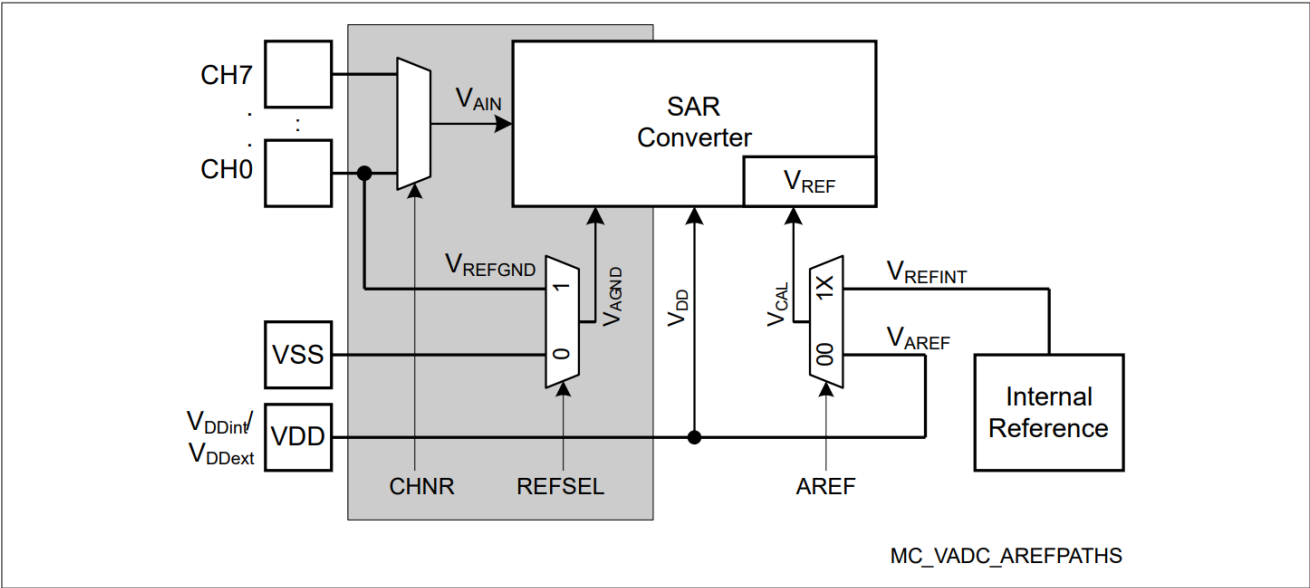


图 11 ADC 电压供应

4.2.6.2 超范围比较器 (ORC) 特性

超范围比较器 (ORC) 在选定输入引脚 (ORCx.AIN) 上触发高于 V_{DDP} 的模拟输入电压 (V_{AIN})，并生成服务请求触发器 (ORCx.OUT)。

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表13 中的参数 适用于最大参考电压 $V_{AREF} = V_{DDA} + 50 \text{ mV}$ 。表13中参数适用最大参考电压 $V_{AREF} = V_{DDA} + 50 \text{ mV}$ 。

表 13 超范围比较器 (ORC) 特性（适用工作条件； $V_{DDP} = 3.0 \text{ V} - 5.5 \text{ V}$ ； $C_L = 0.25 \text{ pF}$ ）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
DC Switching Level	$V_{ODC \text{ CC}}$	–	–	180	mV	$V_{AIN} \geq V_{DDP} + V_{ODC}$
Hysteresis	$V_{OHYS \text{ CC}}$	15	–	54	mV	
Always detected Overvoltage Pulse	$t_{OPDD \text{ CC}}$	103	–	–	ns	$V_{AIN} \geq V_{DDP} + 150 \text{ mV}$
		88	–	–	ns	$V_{AIN} \geq V_{DDP} + 350 \text{ mV}$
Never detected Overvoltage Pulse	$t_{OPDN \text{ CC}}$	–	–	21	ns	$V_{AIN} \geq V_{DDP} + 150 \text{ mV}$
		–	–	11	ns	$V_{AIN} \geq V_{DDP} + 350 \text{ mV}$
Detection Delay	$t_{ODD \text{ CC}}$	39	–	132	ns	$V_{AIN} \geq V_{DDP} + 150 \text{ mV}$
		31	–	121	ns	$V_{AIN} \geq V_{DDP} + 350 \text{ mV}$
Release Delay	$t_{ORD \text{ CC}}$	44	–	240	ns	$V_{AIN} \leq V_{DDP}$; $V_{DDP} = 5 \text{ V}$
		57	–	340	ns	$V_{AIN} \leq V_{DDP}$; $V_{DDP} = 3.3 \text{ V}$
Enable Delay	$t_{OED \text{ CC}}$	–	–	300	ns	$\text{ORCCTRL.ENORCx} = 1$

4 电气特性及参数

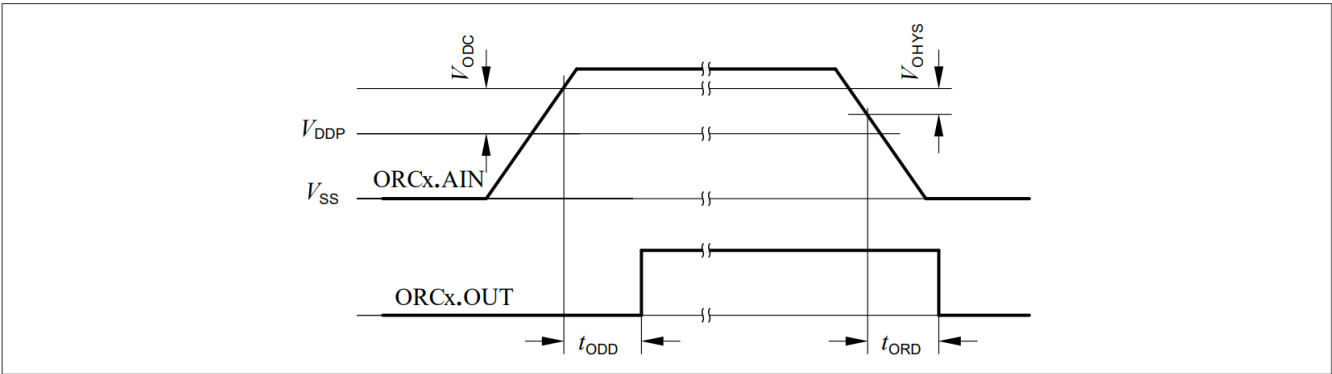


图 12 ORCx.OUT 触发生成

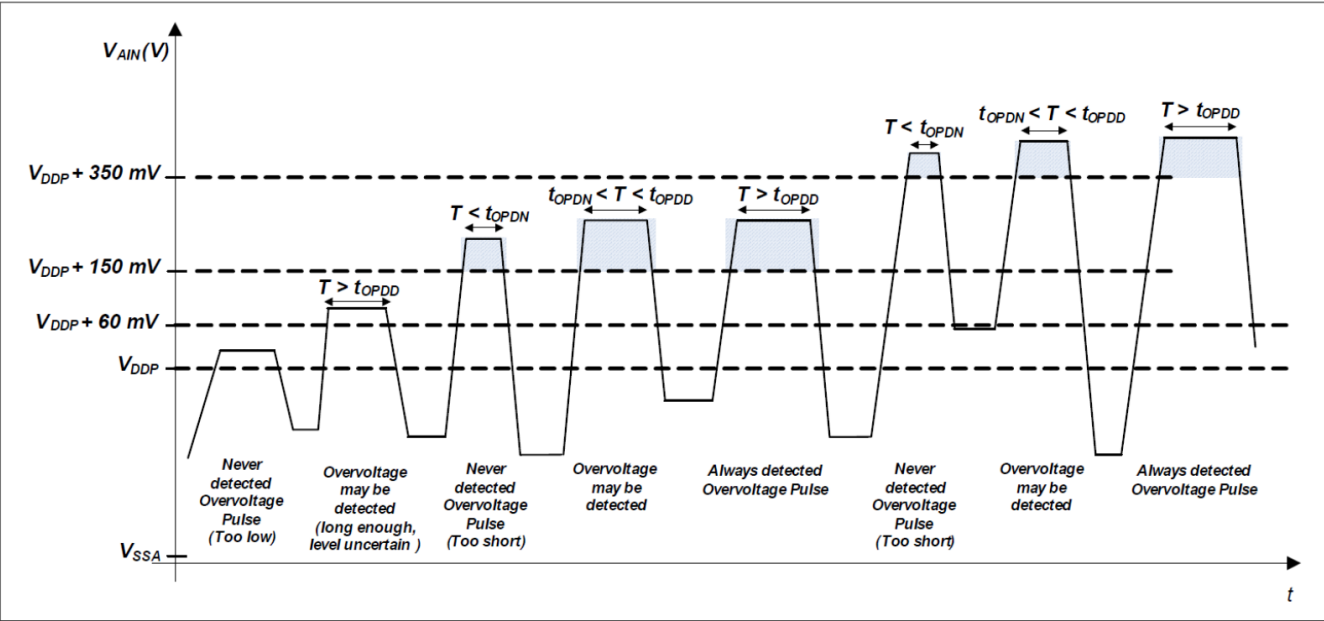


图 13 ORC 检测范围

4.2.6.3 模拟比较器特性

表 14 下面显示了模拟比较器的特性。

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表 14 模拟比较器特性（适用工作条件）

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Notes/ Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Input Voltage	$V_{CMP\ SR}$	-0.05	-	$V_{DDP} + 0.05$	V	
Input Offset	$V_{CMPOFF\ CC}$	-	+/-3	-	mV	High power mode $\Delta V_{CMP} < 200\text{ mV}$

（表格续下页.....）

4 电气特性及参数

表 14 (续) 模拟比较器特性 (适用工作条件)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Notes/ Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Propagation Delay ¹¹⁾	$t_{PDELAY\ CC}$	–	25	–	ns	High power mode, $\Delta V_{CMP} = 100\text{ mV}$
		–	80	–	ns	High power mode, $\Delta V_{CMP} = 25\text{ mV}$
		–	250	–	ns	Low power mode, $\Delta V_{CMP} = 100\text{ mV}$
		–	700	–	ns	Low power mode, $\Delta V_{CMP} = 25\text{ mV}$
Current Consumption	$I_{ACMP\ CC}$	–	100	–	μA	First active ACMP in high power mode, $\Delta V_{CMP} > 30\text{ mV}$
		–	66	–	μA	Each additional ACMP in high power mode, $\Delta V_{CMP} > 30\text{ mV}$
		–	10	–	μA	First active ACMP in low power mode
		–	6	–	μA	Each additional ACMP in low power mode
Input Hysteresis	$V_{HYS\ CC}$	–	+/-15	–	mV	
Filter Delay ¹¹⁾	$t_{FDELAY\ CC}$	–	5	–	ns	

4.2.6.4 温度传感器特性

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表 15 温度传感器特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Measurement time	$t_M\ CC$	–	–	10	ms	
Temperature sensor range	$T_{SR}\ SR$	-40	–	115	°C	
Sensor Accuracy ¹²⁾	$T_{TSAL\ CC}$	-6	–	6	°C	$T_J > 20^\circ\text{C}$
		-10	–	10	°C	$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 20^\circ\text{C}$
		–	-/+8	–	°C	$T_J < 0^\circ\text{C}$
Start-up time	$t_{TSST}\ SR$	–	–	15	μs	

¹¹ 总模拟比较器延迟是传播延迟与滤波器延迟之和。

¹² 温度传感器精度与电源电压无关。

4 电气特性及参数

以下公式根据 ANATSEMON 寄存器的 TSE_MON 位字段计算温度传感器测量的温度（以开尔文 [K] 为单位）。

$$\text{Temperature}[^{\circ}\text{C}] = \frac{k1 - \sqrt{(k1)^2 - 4(k2 - rx \times k3)}}{2(k2 - rx \times k3)}$$

和：

rx = ANATSEMON 寄存器中的 TSE_MON 值

其中 k1、k2 和 k3 值可以在闪存配置扇区中找到

4.2.6.5 振荡器引脚

注意：强烈建议测量最终目标系统（布局）中的振荡裕度（负阻），以确定振荡器运行的最佳参数。请参考晶体或陶瓷谐振器供应商指定的限制。

注意： 这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

振荡器引脚可采用外部晶体/谐振器进行操作（见图14），也可以采用直接输入模式（见图15）。

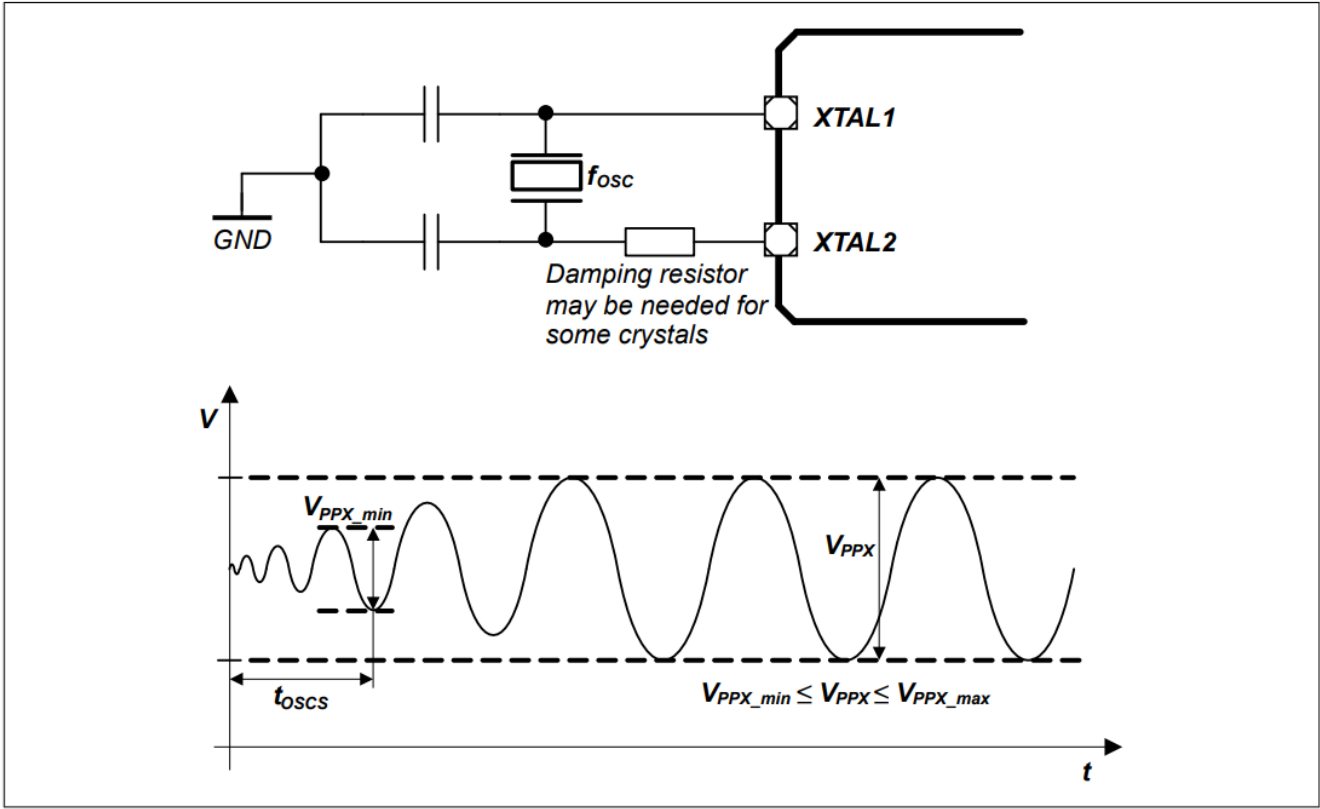


图 14 晶振模式下的振荡器

4 电气特性及参数

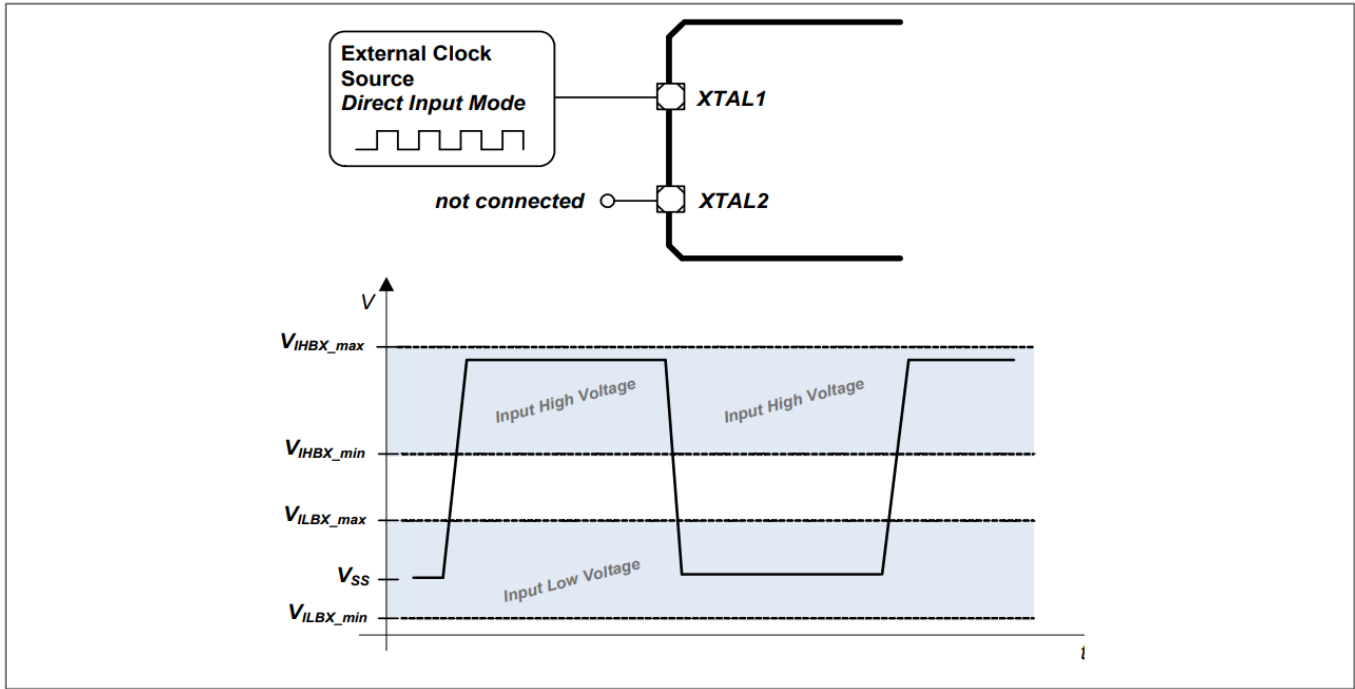


图 15 直接输入模式下的振荡器 表

16 OSC_XTAL 参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input frequency	f_{OSC} SR	4	–	48	MHz	Direct Input Mode
		4	–	20	MHz	External Crystal Mode
Oscillator start-up time ¹³⁾¹⁴⁾	t_{OSCS} CC	–	–	10	ms	
Input voltage at XTAL1	V_{IX} SR	-0.3	–	1.5	V	External Crystal Mode
		-0.3	–	5.5	V	Direct Input Mode
Input amplitude (peak-to- peak) at XTAL1 ¹⁴⁾¹⁵⁾	V_{PPX} SR	0.6	–	1.7	V	External Crystal Mode
Input high voltage at XTAL1 ¹⁶⁾	V_{IHBX} SR	0.8	–	5.5	V	Oscillator disable
Input low voltage at XTAL1 ¹⁶⁾	V_{ILBX} SR	-0.3	–	0.3	V	Oscillator disable

表 17 RTC_XTAL 参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input frequency	f_{OSC} SR	–	32.768	–	kHz	
Oscillator start-up time ¹⁷⁾¹⁸⁾	t_{OSCS} CC	–	–	5	s	

¹³ t_{OSCS} 的定义是从用户使用SCU-ANAO SCHPCTRL.MODE启用振荡器开始，直到振荡在XTAL1处打到0.9* V_{PPX} 的幅度。
¹⁴ 外部振荡器电路必须由客户进行优化，并检查负阻和振幅由晶体供应商推荐和指定。
¹⁵ 如果整形器单元被启用并且没有被绕过。
¹⁶ 如果绕过整形器单元，则必须满足专用的直流阈值。



4 电气特性及参数

4.2.6.6 闪存参数

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表 18 闪存参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Erase time per page / sector	$t_{\text{ERASE CC}}$	6.8	7.1	7.6	ms	
Program time per block	$t_{\text{PSEB CC}}$	102	152	204	s	
Wake-Up time	$t_{\text{WU CC}}$		32.2		s	
Read time per word	$t_{\text{a CC}}$		50		ns	
Data Retention Time	$t_{\text{RET CC}}$	10			years	Max. 100 erase / program cycles
Flash Wait States ¹⁹⁾²⁰⁾	$N_{\text{WSFLASH CC}}$	0	0	0		$f_{\text{MCLK}} = 8 \text{ MHz}$
		0	1	1		$f_{\text{MCLK}} = 16 \text{ MHz}$
		1	2	2		$f_{\text{MCLK}} = 32 \text{ MHz}$
		2	2	3		$f_{\text{MCLK}} = 48 \text{ MHz}$
Erase Cycles ²¹⁾	$N_{\text{ECYC CC}}$			$5 \cdot 10^4$	cycles	Sum of page and sector erase cycles
Total Erase Cycles	$N_{\text{TECYC CC}}$			$2 \cdot 10^6$	cycles	

¹⁷ t_{OSCS} 的定义是从用户使用SCU-ANAOSCHPCTRL.MODE启用振荡器开始，直到振荡在XTAL1处打到0.9* V_{PPX} 的幅度。

¹⁸ 外部振荡器电路必须由客户进行优化，并检查负阻和振幅由晶体供应商推荐和指定。

¹⁹ 页面经历的页面擦除和扇区擦除周期总和。

²⁰ 在需要读取内存时，Flash 模块会自动插入20个Flash 等待状态。典型值是通过执行 Dhrystone 基准测试程序计算得出的。

²¹ 页面经历的页面擦除和扇区擦除周期总和。

4 电气特性及参数

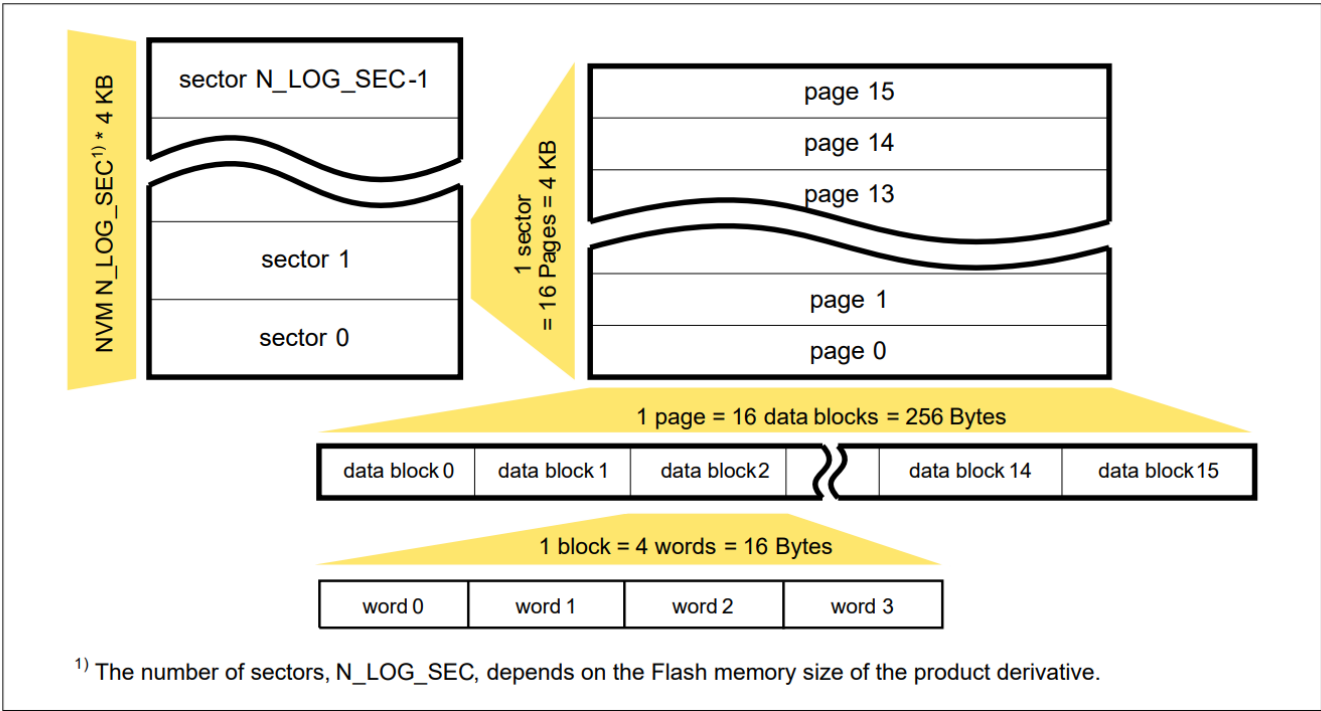


图16 Flash逻辑结构

4.2.6.7 电源电流

下面定义的总电源电流由漏电流和开关分量组成。
应用相关值通常低于下表给出的值，并且取决于客户的系统运行条件（例如热连接或使用的应用配置）。
注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表19 电源参数表； $V_{DDP} = 5V$

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Active mode current Peripherals enabled $f_{MCLK}f_{PCLK}$ in MHz ²²⁾	$I_{DDPAE\ CC}$	–	14.1	20 ²³⁾	mA	48 / 96
		–	9.8	–	mA	24 / 48
		–	7.8	–	mA	16 / 32
		–	6.4	–	mA	8 / 16
		–	4.4	–	mA	1 / 1
Active mode current Peripherals disabled $f_{MCLK}f_{PCLK}$ in MHz ²⁴⁾	$I_{DDPAD\ CC}$	–	6.2	²⁵⁾	mA	48 / 96
		–	4.6	–	mA	24 / 48

(表格续下页.....)

²² CPU 和所有外设时钟使能，Flash 处于活动模式。
²³ 在 T_J 恒定的情况下，当 f_{MCLK} 降低 tbd MHz 时， I_{DDPA} 通常降低 tbd mA
²⁴ CPU 启用，所有外设时钟禁用，Flash 处于活动模式。
²⁵ 在 T_J 恒定的情况下，当 f_{MCLK} 降低 tbd MHz 时， I_{DDPA} 通常降低 tbd mA

4 电气特性及参数

表 19 (续) 电源参数表; $V_{DDP} = 5V$

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
		–	3.6	–	mA	16 / 32
		–	3.1	–	mA	8 / 16
		–	1.8	–	mA	1 / 1
Active mode current Code execution from RAM Flash is powered down $f_{MCLK}f_{PCLK}$ in MHz	$I_{DDPAR\ CC}$	–	9.6	–	mA	48 / 96
Sleep mode current Peripherals clock enabled $f_{MCLK}f_{PCLK}$ in MHz ²⁶⁾	$I_{DDPSE\ CC}$	–	11.0	–	mA	48 / 96
		–	7.6	–	mA	24 / 48
		–	6.4	–	mA	16 / 32
		–	5.3	–	mA	8 / 16
		–	4.2	–	mA	1 / 1
Sleep mode current Peripherals clock disabled Flash active $f_{MCLK}f_{PCLK}$ in MHz ²⁷⁾	$I_{DDPSD\ CC}$	–	2.8	–	mA	48 / 96
		–	2.2	–	mA	24 / 48
		–	2.0	–	mA	16 / 32
		–	1.9	–	mA	8 / 16
		–	1.7	–	mA	1 / 1
Sleep mode current Peripherals clock disabled Flash powered down $f_{MCLK}f_{PCLK}$ in MHz ²⁸⁾	$I_{DDPSR\ CC}$	–	2.2	–	mA	48 / 96
		–	1.7	–	mA	24 / 48
		–	1.4	–	mA	16 / 32
		–	1.2	–	mA	8 / 16
		–	1.1	–	mA	1 / 1
Deep Sleep mode current ²⁹⁾	$I_{DDPDS\ CC}$	–	0.27	–	mA	
Wake-up time from Sleep to Active mode ³⁰⁾	$t_{SSA\ CC}$	–	6	–	cycles	
Wake-up time from Deep Sleep to Active mode ³¹⁾	$t_{DSA\ CC}$	–	290	–	μsec	

²⁶⁾ CPU 处于休眠状态, 所有外设时钟启用且 Flash 处于活动模式。

²⁷⁾ CPU 处于休眠状态, Flash 处于活动模式。

²⁸⁾ CPU 处于睡眠状态, Flash 断电, 唤醒后从 RAM 执行代码。

²⁹⁾ CPU 处于睡眠状态, 外设时钟禁用, Flash 断电, 唤醒后从 RAM 执行代码。

³⁰⁾ CPU 处于休眠状态, Flash 在休眠模式下处于活动模式。

³¹⁾ CPU 处于睡眠状态, 深度睡眠模式下 Flash 处于断电模式。

4 电气特性及参数

图 17 显示了不同时钟频率下 $V_{DDP} = 5\text{ V}$ 、 $V_{DDP} = 3.3\text{ V}$ 、 $V_{DDP} = 1.8\text{ V}$ 的有源模式电源电流的典型图表。

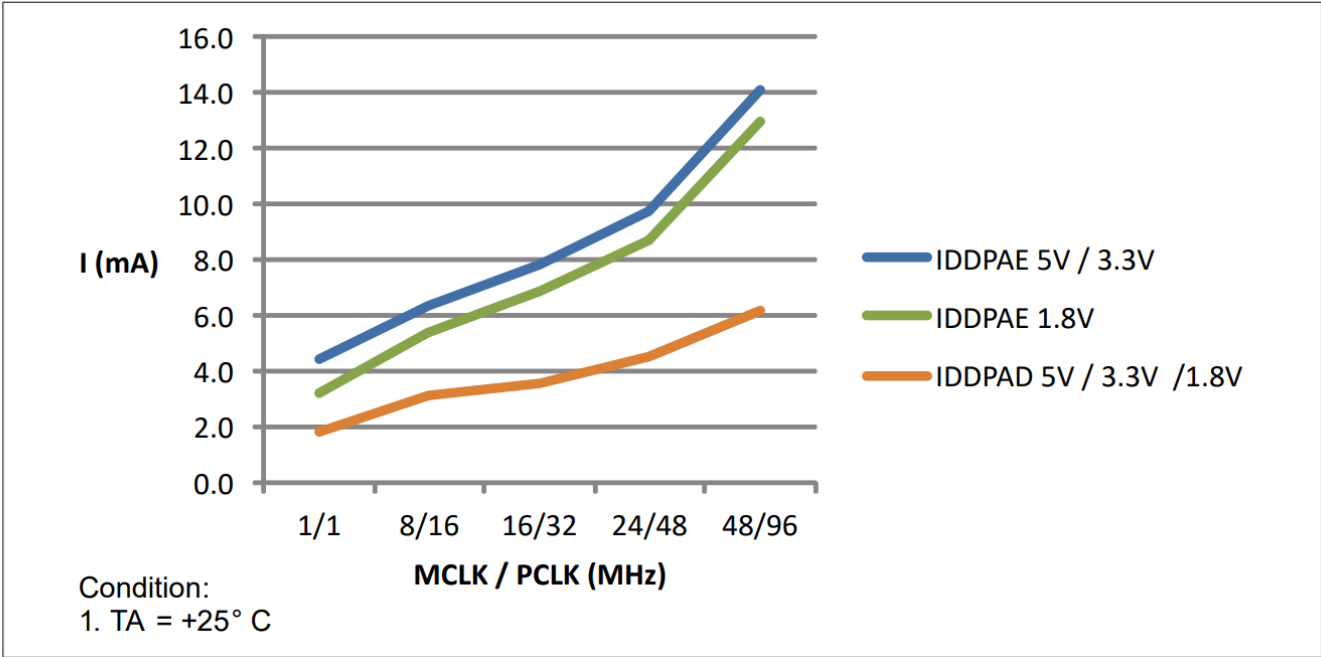


图 17 活动模式，a) 外设时钟启用，b) 外设时钟禁用：不同时钟频率下的电源
电流 I_{DDPA} 与电源电压 V_{DDP} 的关系

4 电气特性及参数

图 18 显示了 不同时钟频率下 $V_{DDP} = 5\text{ V}$ 、 $V_{DDP} = 3.3\text{ V}$ 、 $V_{DDP} = 1.8\text{ V}$ 的睡眠模式电流典型图表。

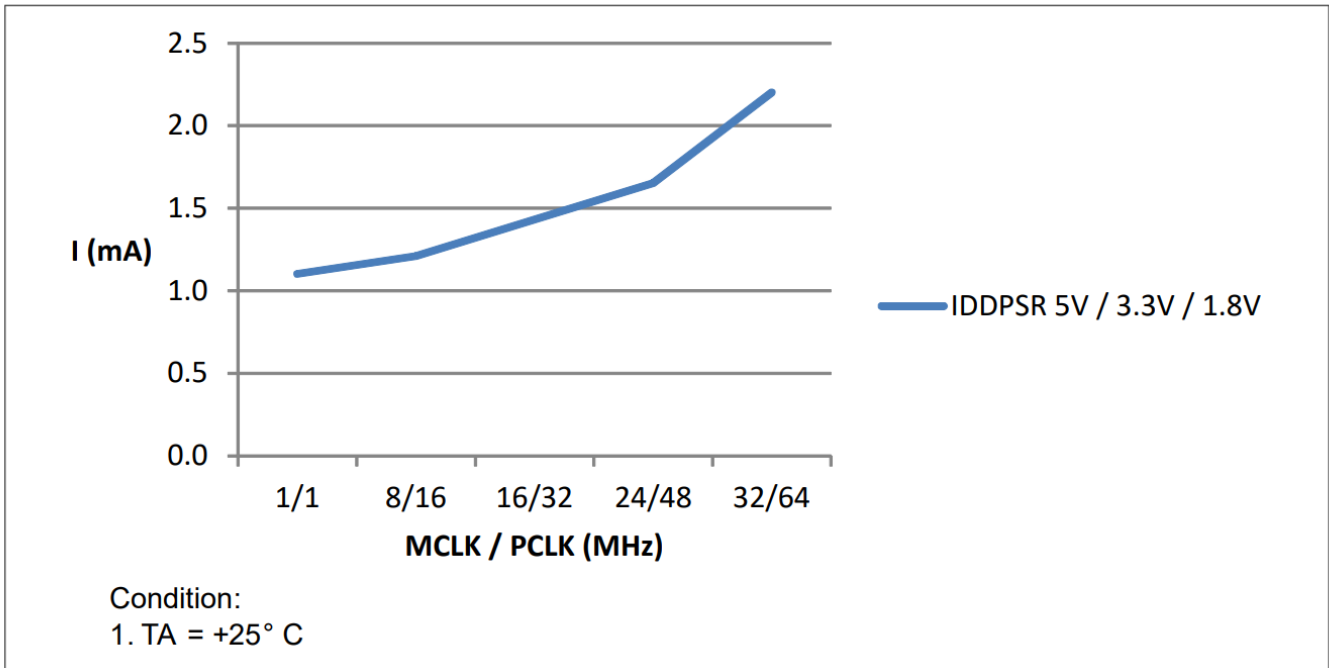


图 18 睡眠模式，外设时钟禁用，Flash 断电： 不同 时钟频率 下的电源电流 I_{DDPSD} 与电源电压 V_{DDP} 的关系



4 电气特性及参数

表 20 提供部分模块在 25°C 时，在 5 V 电源下工作时的有效电流消耗。所示典型值仅供这些模块启用时的电流消耗参考。

表20 典型有功电流参数表

Active Current Consumption	Symbol	Limit Values	Unit ³²⁾	Test Condition
		Typ.		
Baseload current	I _{CPUDDC}	4.14	mA	Modules including Core, SCU, PORT, memories, ANATOP ³³⁾
VADC and SHS	I _{ADCDDC}	3.73	mA	Set CGATCLR0.VADC to 1 ³⁴⁾
USICx	I _{USIC0DDC}	1.35	mA	Set CGATCLR0.USIC0 to 1 ³⁵⁾
CCU4x	I _{CCU40DDC}	0.99	mA	Set CGATCLR0.CCU40 to 1 ³⁶⁾
CCU8x	I _{CCU80DDC}	1.00	mA	Set CGATCLR0.CCU80 to 1 ³⁷⁾
POSIFx	I _{PIF0DDC}	1.05	mA	Set CGATCLR0.POSIF0 to 1 ³⁸⁾
LEDTSx	I _{LTSxDDC}	1.14	mA	Set CGATCLR0.LEDTSx to 1 ³⁹⁾
BCCU0	I _{BCCU0DDC}	0.29	mA	Set CGATCLR0.BCCU0 to 1 ⁴⁰⁾
MATH	I _{MATHDDC}	0.50	mA	Set CGATCLR0.MATH to 1 ⁴¹⁾
WDT	I _{WDTDDC}	0.03	mA	Set CGATCLR0.WDT to 1 ⁴²⁾
RTC	I _{RTCDDC}	0.01	mA	Set CGATCLR0.RTC to 1 ⁴³⁾
MultiCAN	I _{MCANDDC}	1.38	mA	Set CGATCLR0.MCAN0 to 1 ⁴⁴⁾

32 测量以 1MHz 的 MCLK/PCLK 为步长进行，并由模块预分频器产生可能的最大模块/计数器/定时器频率

33 基本负载电流是在设备运行于用户模式、MCLK=PCLK=48 MHz 且闪存中无限循环的情况下测量的。重置时的默认时钟设置为 8MHz，并且测量以 1MHz 的步长进行。CGATSTAT0 中所述模块的时钟是门控的。

34 有效电流的测量条件：模块启用，MCLK=48 MHz，在自动扫描转换模式下运行

35 有效电流的测量方式：模块启用，2 个 USIC 通道每 200 毫秒以 57.6 kbaud 的速率发送交替消息

36 有效电流的测量条件：模块启用，MCLK=PCLK=48 MHz，1 个 CCU4 切片用于 20kHz PWM 开关，占空比在 10%-90% 之间变化，1 个 CCU4 片处于捕获模式，用于读取周期和占空比

37 有效电流的测量条件为：模块启用，MCLK=PCLK=48 MHz，3 个 CCU8 切片，PWM 频率为 20kHz，周期匹配中断用于在 10% 和 90% 之间切换占空比

38 有效电流的测量条件：模块启用，MCLK=48 MHz，PCLK=96 MHz，霍尔传感器模式

39 有效电流的测量条件为：模块启用，MCLK=48 MHz，1 个 LED 列，6 个 LED/TS 线，焊盘方案 A，具有大焊盘滞后配置，时间片持续时间 = 1.048 ms

40 有效电流的测量条件为：模块启用，MCLK=48 MHz，PCLK=96MHz，FCLK=0.8 MHz，正常模式（BCCU 时钟 = FCLK/4）、4 个启用了封装器的 BCCU 通道和 1 个调光引擎，每 1 秒改变颜色或调光一次

41 有功电流测量方法：模块启用，MCLK=48 MHz，PCLK=96 MHz，while 循环中的正切计算；CORDIC 循环旋转，无保持，自动启动；32×32 位有符号 DIV，自动启动，DVS 右移 11 位

42 有效电流的测量条件为：模块启用，MCLK=48 MHz，超时模式；WLB = 0，WUB = 0x00008000；WDT 服务每 1 秒

43 有效电流的测量条件：模块启用，MCLK=48 MHz，周期性中断启用

44 有效电流的测量条件为：模块启用、MCLK=48 MHz、以 20 MHz 波特率发生器运行、1 个节点激活、1 个发送对象和 1 个接收对象激活。

4 电气特性及参数

4.3 交流特性

4.3.1 测试波形

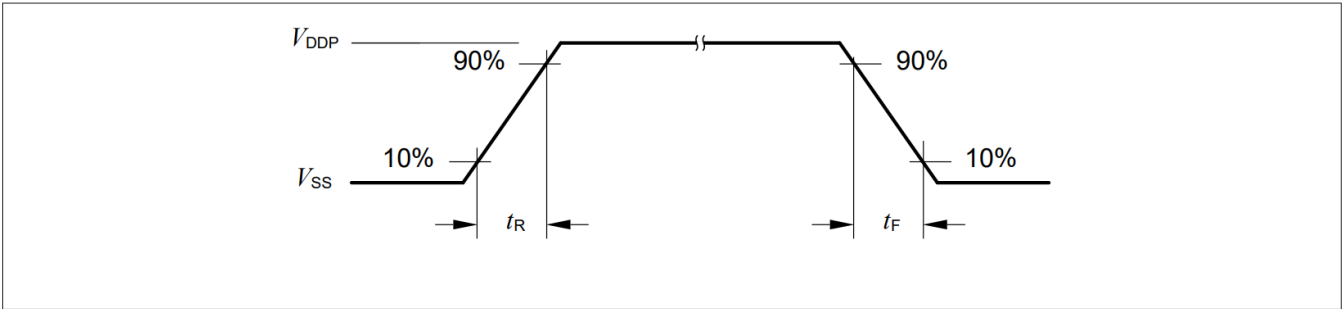


图 19 上升/下降时间参数

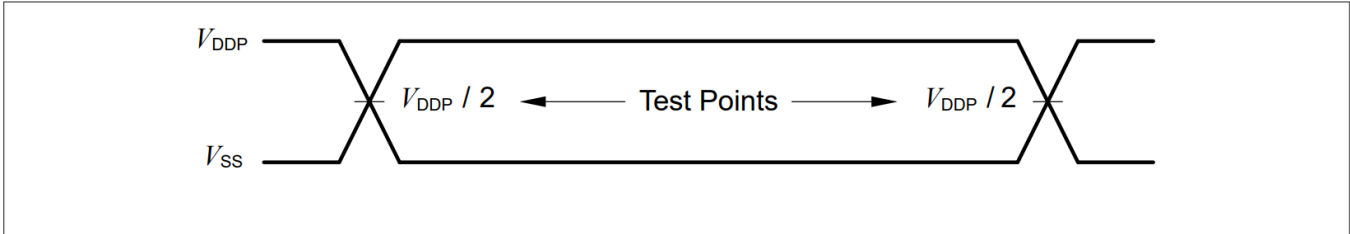


图20 测试波形，输出延迟

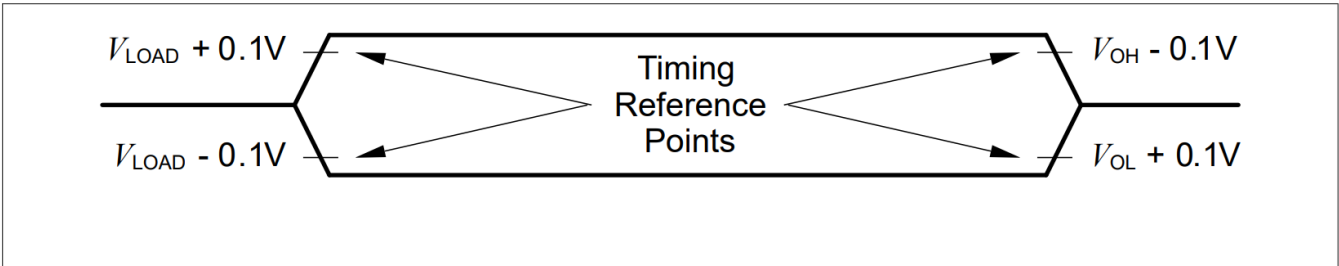


图21 测试波形，输出高阻

4.3.2 上电和电源阈值特性

本章提供了控制器供电阈值的特性。
最低有效工作电压与掉电复位阈值之间的保护带提供了抗噪和滞后的裕度。当 VDD 超出其工作范围时，电气参数可能会受到影响。
掉电检测会在定义范围内触发重置。预警检测可用于在发生严重电源电压下降时触发早期预警并发出纠正和/或故障安全措施。

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

注意：适用运行条件。

4 电气特性及参数

表 21 上电和电源阈值参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
V_{DD} ramp-up time	t_{RAMPUP} SR	$V_{DD}/S_{VDDrise}$	–	10^7	μs	
V_{DD} slew rate	S_{VDDOP} SR	0	–	0.1	V/ μs	Slope during normal operation
	S_{VDD10} SR	0	–	10	V/ μs	Slope during fast transient within +/-10% of V_{DD}
	$S_{VDDrise}$ SR	0	–	10	V/ μs	Slope during power-on or restart after brownout event
	$S_{VDDfall}^{45)}$ SR	0	–	0.25	V/ μs	Slope during supply falling out of the +/-10% limits ⁴⁶⁾
V_{DD} prewarning voltage	V_{DDPW} CC	2.1	2.25	2.4	V	ANAVDEL.VDEL_SELECT = 00 _B
		2.85	3	3.15	V	ANAVDEL.VDEL_SELECT = 01 _B
		4.2	4.4	4.6	V	ANAVDEL.VDEL_SELECT = 10 _B
V_{DD} brownout reset voltage	V_{DDBO} CC	1.55	1.62	1.75	V	calibrated, before user code starts running
V_{DD} voltage to ensure defined pad states	V_{DDA} CC	–	1.0	–	V	
Start-up time from power-on reset	t_{SSW} CC	–	260	–	μs	Time to the first user code instruction ⁴⁷⁾
Start-up time to PWM on	t_{PWMON} CC	5.2	–	360	ms	Time to PWM enabled



图 22 供电阈值参数

⁴⁵⁾ 必须在 VDD 和 VSS 之间添加至少 100 nF 的电容器才能满足此参数的规定要求。
⁴⁶⁾ 适用于连接到电源引脚的 100 nF 缓冲电容，此时电容电流仅流向芯片。如果电源吸收电流，则必须选择更大的电容值。
⁴⁷⁾ 此值不包括上升时间。在启动固件执行期间，MCLK 以 48 MHz 运行，并且时钟寄存器 CGATSTAT0 中指定的外设是门控的。

4 电气特性及参数

4.3.3 片上振荡器特性

表 22 提供 96 MHz 数控振荡器 DCO1 的特性。正常工作期间，DCO1 用作时基。

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表 22 96 MHz DCO1 特性

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Nominal frequency	$f_{\text{NOM CC}}$	-	96	-	MHz	under nominal conditions after trimming
Accuracy with adjustment algorithm ⁴⁸⁾ based on temperature sensor	$\Delta f_{\text{LTTS CC}}$	-0.6	-	+0.6	%	with respect to $f_{\text{NOM}}(\text{typ})$, T_A from 0 °C to 105 °C
		-1.9	-	+1.0	%	with respect to $f_{\text{NOM}}(\text{typ})$, T_A from -25 °C to 105 °C
		-2.6	-	+1.3	%	with respect to $f_{\text{NOM}}(\text{typ})$, T_A from -40 °C to 105 °C
Accuracy	$\Delta f_{\text{LT CC}}$	-1.7	-	+3.4	%	with respect to $f_{\text{NOM}}(\text{typ})$, T_A from 0 °C to 85 °C
		-3.9	-	+4.0	%	with respect to $f_{\text{NOM}}(\text{typ})$, T_A from -40 °C to 105 °C

表 23 提供内部使用的 32 kHz 数字控制振荡器的特性，作为内部看门狗的辅助时钟源。

表 23 32 kHz DCO2 特性

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Nominal frequency	$f_{\text{NOM CC}}$	-	32.75	-	kHz	under nominal conditions ⁴⁹⁾ after trimming
Accuracy	$\Delta f_{\text{LT CC}}$	-1.7	-	+3.4	%	with respect to $f_{\text{NOM}}(\text{typ})$, T_A from 0 °C to 85 °C
		-3.9	-	+4.0	%	with respect to $f_{\text{NOM}}(\text{typ})$, T_A from -40 °C to 105 °C

⁴⁸⁾ MCE 版本更新或等于 V1.03.00，启用时钟调整算法以提高精度
⁴⁹⁾ 该偏差是相对于标称 V_{DDC} 和 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 下的工厂调整频率而言的。

4 电气特性及参数

4.3.4 嵌入式微控制器

4.3.4.1 上电和电源阈值特性

最低有效工作电压与掉电复位阈值之间的保护带提供了抗噪和滞后裕度。当 V_{DD} 超出其工作范围时，电气参数可能会受到干扰。掉电检测会在定义的范围内触发复位。预警检测可用于在发生临界电源电压下降时触发预警并发出纠正和/或故障安全措施。

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。

表 24 上电和电源阈值特性

除非另有说明， $V_{DD} = 5\text{ V}$ ， $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 。 V_{DD} 和 V_{SS} 之间电容 $C = 100\text{ nF}$ 。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
V_{DD} ramp-up time	t_{RAMPUP}	---	---	10^7	μs	---
V_{DD} slew rate	S_{VDDPOP}	---	---	0.1	$\text{V}/\mu\text{s}$	Slope during normal operation
	S_{VDDP10}	---	---	10	$\text{V}/\mu\text{s}$	Slope during fast transient within +/- 10% of V_{DD}
	$S_{VDDPrise}$	---	---	10	$\text{V}/\mu\text{s}$	Slope during power-on or restart after brownout event
	$S_{VDDPfail}$	---	---	0.25	$\text{V}/\mu\text{s}$	Slope during supply falling out of the +/- 10% limits
V_{DD} prewarning voltage	V_{DDPPW}	2.85	3	3.15	V	ANAVDEL.VDEL_SELECT = 01 _B
		4.2	4.4	4.6	V	ANAVDEL.VDEL_SELECT = 10 _B
V_{DD} brownout reset voltage	V_{DDPBO}	1.55	1.62	1.75	V	Calibrated, before user code starts running
V_{DD} voltage to ensure defined controller pad states	V_{DDPPA}	---	1.0	---	V	---
Start-up time from power on reset	t_{SSW}	---	260	---	μs	Time to the first user code instruction

4 电气特性及参数

4.3.4.2 内部振荡器交流特性

表 25 96 MHz DCO1 振荡器特性

除非另有说明, $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Nominal frequency and accuracy	$DCO1f_{\text{NOM}}$	---	96	---	MHz	$T_A = 25^\circ\text{C}$
		-1.7	---	3.4	%	$0^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$
		-3.9	---	4.0	%	$-40^\circ\text{C} < T_A < 105^\circ\text{C}$

表 26 32 kHz DCO2 振荡器特性

除非另有说明, $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Nominal frequency and accuracy	$DCO2f_{\text{NOM}}$	---	32.75	---	kHz	$T_A = 25^\circ\text{C}$
		-1.7	---	3.4	%	$0^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$
		-3.9	---	4.0	%	$-40^\circ\text{C} < T_A < 105^\circ\text{C}$

注意: 这些参数不经过生产测试, 但经过设计和/或特性验证。

4.3.4.3 串行线调试 (SWD) 端口时序

表 27 DSD 接口时序参数

除非另有说明, $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
SWDCLK high-time	t_1	50	---	500000	ns	---
SWDCLK low-time	t_2	50	---	500000	ns	---
SWDIO input setup to SWDCLK rising edge	t_3	10	---	---	ns	---
SWDIO input hold after SWDCLK rising edge	t_4	10	---	---	ns	---
SWDIO output valid time after SWDCLK rising edge	t_5	---	---	68	ns	$C_L = 50\text{ pF}$
SWDIO output hold time from SWDCLK rising edge	t_6	4	---	---	ns	---

4 电气特性及参数

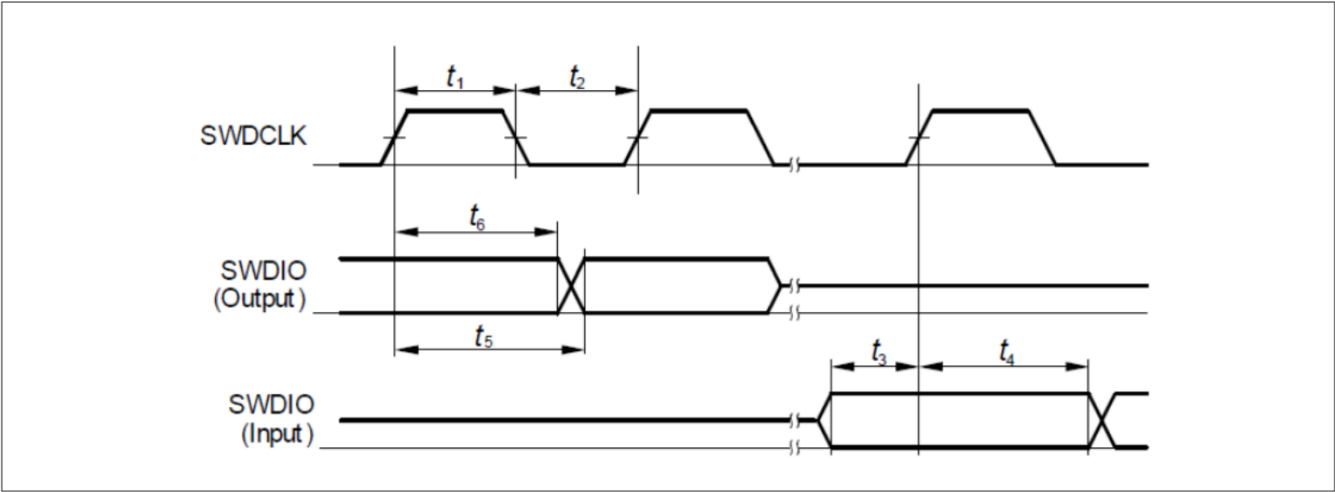


图 23 SWD 时序

4.3.4.4 SPD 时序要求

基于 SPD 协议的工具接口访问允许仅使用单个引脚来调试系统。位频率为 2 MHz，允许有效的 SWD 电报为 1.4 Mbits/s。该协议对于工具和设备之间的时钟偏差具有非常强的鲁棒性。

0B 和 1B 之间的最佳 SPD 决策时间为 0.75 μ s。在此值下，系统能够最大程度地抵御工具端和设备端采样时钟的频率偏差。然而，该值并不总是能够与给定的采样时钟约束完全匹配。例如，对于 4 的过采样率，采样时钟将为 8 MHz，在这种情况下，最接近的有效决策时间为 5.5 个时钟周期（0.69 μ s）。

表 28 SPD 的最佳采样时钟数

除非另有说明， $V_{DD} = 5\text{ V}$ ， $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

Sample frequency	Sampling factor	Sample clocks 0 _B	Sample clocks 1 _B	Effective decision time	Remark
8 MHz	4	1 to 5	6 to 12	0.69 μ s	The other closest option (0.81 μ s) for the effective decision time is less robust

为了在工具和设备之间平衡分配SPD的时序稳健性，对工具的时序要求是：

- 采样时钟的频率偏差为+/- 5%
- 有效决策时间在0.69 μ s和0.75 μ s之间（以标称采样频率计算）

4 电气特性及参数

4.3.4.5 同步串行接口 (USIC SSC) 时序

表 29 USIC SSC 主模式时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
SCLKOUT master clock period	t_{CLK}	4/MCLK	---	---	ns	---
Slave select output SELO active to first SCLKOUT transmit edge	t_1	$t_{CLK}/2-28$	---	---	ns	---
Slave select output SELO inactive after last SCLKOUT receive edge	t_2	0	---	---	ns	---
Data output DOUT[3:0] valid time	t_3	-28	---	---	ns	---
Receive data input DX0/DX[5:3] setup time to SCLKOUT receive edge	t_4	75	---	---	ns	---
Data input DX0/DX[5:3] hold time from SCLKOUT receive edge	t_5	0	---	---	ns	---

表 30 USIC SSC 从机模式时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
DX1 slave clock period	t_{CLK}	4/MCLK	---	---	ns	---
Select input DX2 setup to first clock input DX1 transmit edge	t_{10}	16	---	---	ns	---
Select input DX2 hold after last clock input DX1 receive edge	t_{11}	17	---	---	ns	---
Receive data input DX0/DX[5:3] setup time to shift clock receive edge	t_{12}	21	---	---	ns	---
Data input DX0/DX[5:3] hold time from clock input DX1 receive edge	t_{13}	15	---	---	ns	---
Data output DOUT[3:0] valid time	t_{14}	---	---	71	ns	---

4 电气特性及参数

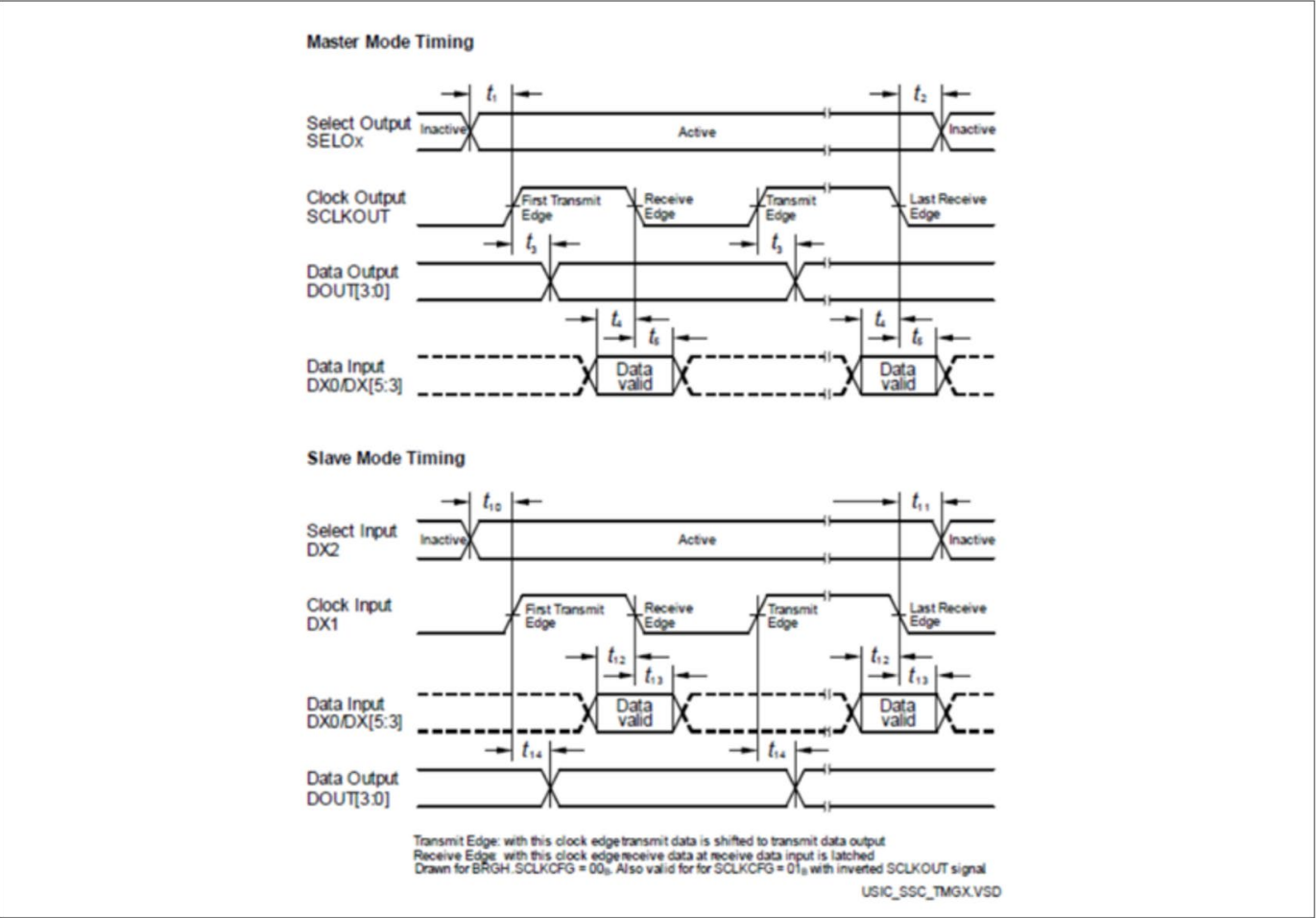


图 24 USIC - SSC 主/从模式时序

4.3.4.6 Inter-IC (I2C) 接口时序

表 31 USIC I2C 标准模式时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fall time of both SDA and SCL	t_1	---	---	300	ns	---
Rise time of both SDA and SCL	t_2	---	---	1000	ns	---
Data hold time	t_3	0	---	---	μ s	---
Data set-up time	t_4	250	---	---	ns	---
LOW period of SCL clock	t_5	4.7	---	---	μ s	---
HIGH period of SCL clock	t_6	4.0	---	---	μ s	---
Hold time for (repeated) START condition	t_7	4.0	---	---	μ s	---
Set-up time for repeated START condition	t_8	4.7	---	---	μ s	---

(表格续下页.....)

4 电气特性及参数

表 31 (续) USIC I2C 标准模式时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Set-up time for STOP condition	t_9	4.0	---	---	μs	---
Bus free time between a STOP and START condition	t_{10}	4.7	---	---	μs	---
Capacitive load for each bus line	C_b	---	---	400	pF	---

表 32 USIC I2C 快速模式时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fall time of both SDA and SCL	t_1	$20 + 0.1 \times C_b$	---	300	ns	---
Rise time of both SDA and SCL	t_2	$20 + 0.1 \times C_b$	---	300	ns	---
Data hold time	t_3	0	---	---	μs	---
Data set-up time	t_4	100	---	---	ns	---
LOW period of SCL clock	t_5	1.3	---	---	μs	---
HIGH period of SCL clock	t_6	0.6	---	---	μs	---
Hold time for (repeated) START condition	t_7	0.6	---	---	μs	---
Set-up time for repeated START condition	t_8	0.6	---	---	μs	---
Set-up time for STOP condition	t_9	0.6	---	---	μs	---
Bus free time between a STOP and START condition	t_{10}	1.3	---	---	μs	---
Capacitive load for each bus line	C_b	---	---	400	pF	---

4 电气特性及参数

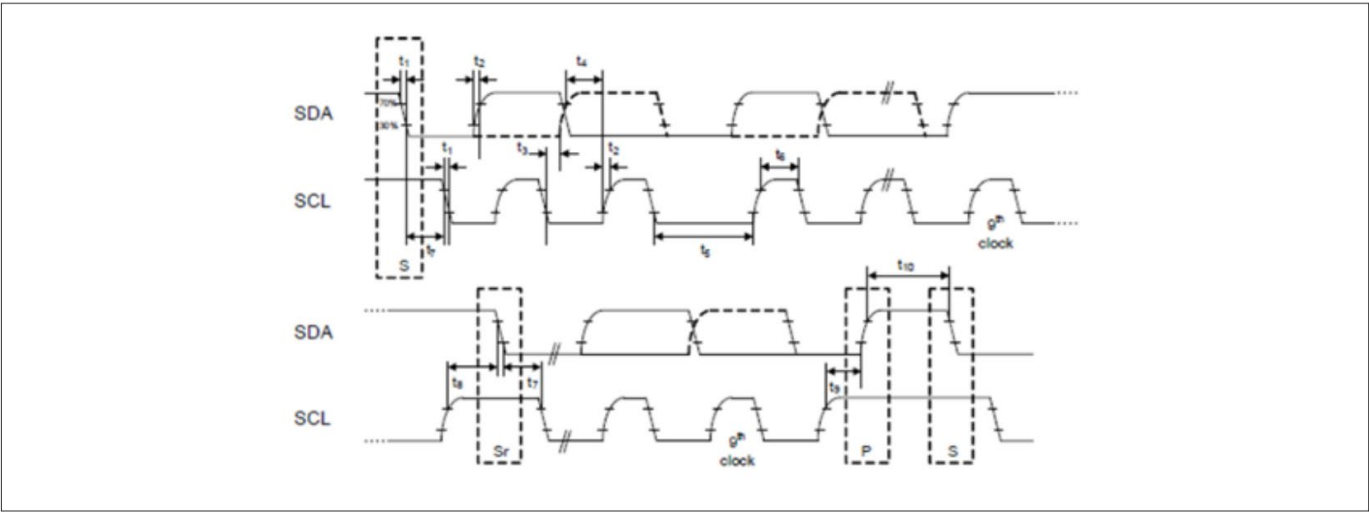


图25 USIC I2C时序

4 电气特性及参数

4.4 电机控制参数

以下数值仅供参考，具体参数定义在 iMOTION™ 运动控制引擎 (MCE) 软件中。

4.4.1 PWM特性

表33 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Motor PWM Frequency ⁵⁰⁾	f _{PWM}	5	16		kHz	

4.4.2 电流检测

表 34 电机电流感应

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input range	I _{PWM}	V _{SS} -0.05	-	V _{DD} +0.05	V	
Configurable analog gain		-	1/ 3/ 6/ 12	-		
Itrip input range	I _{PWMTRIP}	V _{SS} -0.05	-	V _{DD} +0.05	V	
Itrip offset		-	±8	-	mV	
Input capacitance	C _{REF}	-	-	10	pF	REFU, REFV, REFW capacitor

⁵⁰⁾ 实际最小和最大限值在相应的软件版本中定义

4 电气特性及参数

4.4.3 故障时序

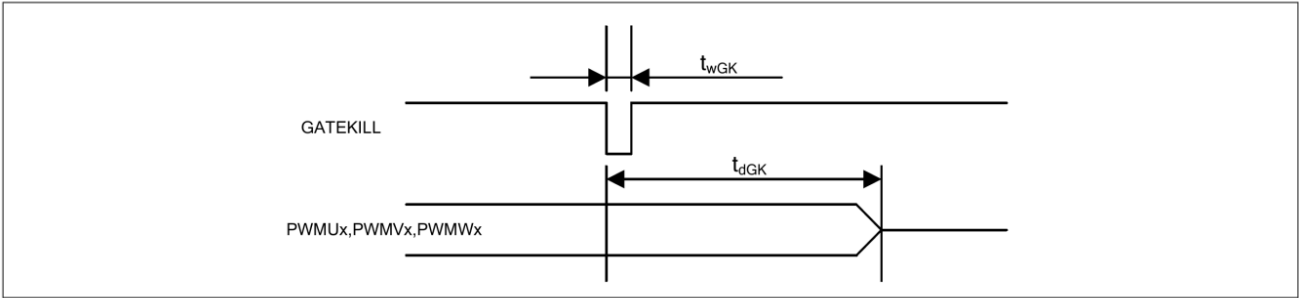


图26 故障时序

表 35 Gatekill 时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
GK pulse width	t_{wGK}	1	-	-	μs	
GK input to PWM shutoff	t_{GK}	-	1.3	-	μs	
Motor Fault reset timing	t_{RESET}	-	1.84	-	ms	fault reset command via UART to PWM reactivation
MCE digital ITRIP filter window	t_{PWMOFF}	0.075	1.0	10	μs	Configurable in software

注意：ITRIP 滤波窗口必须根据相应功率级的额定短路耐受时间进行配置，并考虑外部电路的任何延迟。对于集成功率级的iMOTION™设备，该值在设备的“绝对最大额定值”中指定。

4 电气特性及参数

4.5 功率因数校正 (PFC) 参数

功率因数校正指定的参数仅指集成了相应控制算法的产品。PFC 开关频率可配置，范围取决于具体的固件版本。

4.5.1 升压PFC特性

表36 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
PFC frequency	f_{PFC}	-	20	50	kHz	MCE rev. 1.3
		-	40	120	kHz	MCE rev. 5.1

4.5.2 图腾柱PFC特性

表 37 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
PFC frequency	f_{PFC}	-	40		kHz	Max defined by SW

4.5.3 电流检测

电流感应规范适用于两种 PFC 算法、升压模式和图腾柱。

表 38 PFC 电流检测

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input range	I_{PFC}	$V_{SS} - 0.05$	-	$V_{DD} + 0.05$	V	$V_{DD} = 3.3$ or 5.0 V
Configurable analog gain		-	1/ 3/ 6/ 12	-		
PFC Itrip input range	I_{PFC_TRIP}	$V_{SS} - 0.05$	-	$V_{DD} + 0.05$	V	$V_{DD} = 3.3$ or 5.0 V
Itrip offset		-	± 3	-	mV	Input voltage difference > 200mV
Input capacitance	C_{REF}	-	-	10	pF	PFCREF capacitor

4.5.4 PFC 故障时序

表 39 PFC 故障时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Itrip to PFC PWM shutoff	t_{PFCOFF}	-	1.18	-	μs	

(表格续下页.....)



4 电气特性及参数

表 39 (续) PFC 故障时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
PFC fault reset timing	t _{RESET}	-	1.0	-	ms	fault reset command via UART to PWM reactivation

4 电气特性及参数

4.6 设备接口

iMOTION™设备提供多个接口，用于控制应用中的电机驱动器或报告其状态。特定接口的可用性取决于所选的具体设备以及所应用的运动控制引擎 (MCE) 的版本。以下章节和表格详细说明了这些接口及其各自的限制。这些接口的配置设置在 MCE 参考手册中进行了说明。

IMC300系列在MCE和嵌入式微控制器之间有一个基于高速串行链路的内部接口。相应协议的驱动程序在源代码中提供。有关规格请参阅参考手册。

注意：这些参数不经过生产测试，但经过设计和/或特性验证。
适用操作条件。

4.6.1 UART接口

UART接口配置如下。

表 40 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
UART baud rate		1200	57600	-	Bps	
UART mode		-	8-N-1	-		data-parity-stop bit
UART sampling filter period ⁵¹⁾	T_{UARTFIL}	-	1/16	-	T_{BAUD}	

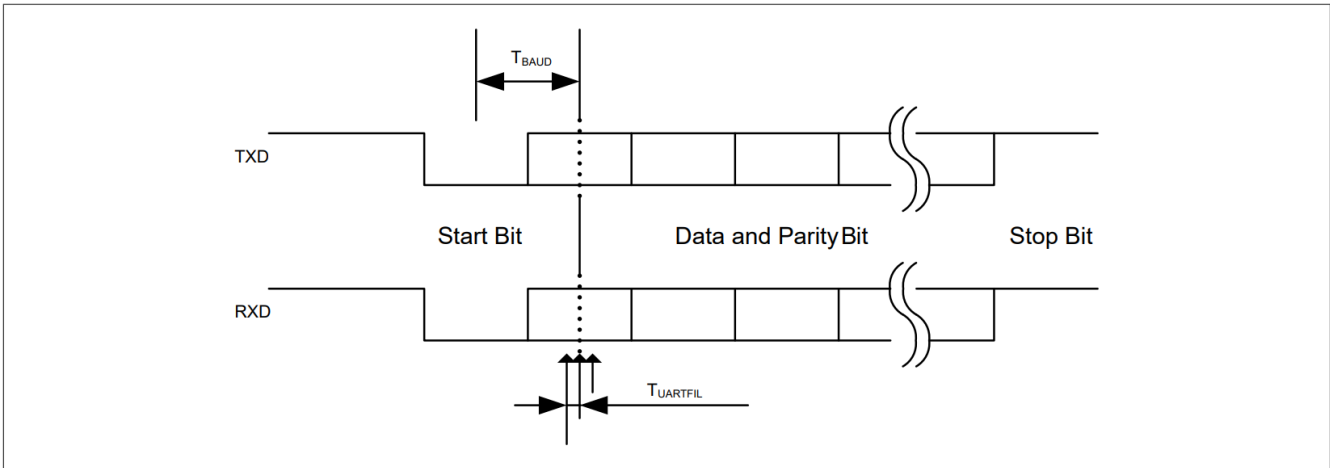


图27 UART时序

⁵¹⁾ 每个位（包括起始位和停止位）以 $1/16 T_{\text{BAUD}}$ 的间隔在位中心进行三次采样。如果三个采样值不一致，则会产生 UART 噪声错误。

4 电气特性及参数

4.6.2 过热输入

过热输入可用于持续监测外部温度传感器（如 NTC）。

表 41 过温输入

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Over Temperature to PWM shutdown	t_{OT}		1.0	2.1	ms	

4.6.3 脉冲输出

IMC300 系列可以产生与电机旋转同步的方波脉冲输出，可用于监控电机转速。可以配置整个旋转产生的脉冲数。

表 42 脉冲输出

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Pulses per Rotation	PPR	4	-	24		
Pulse duty cycle	t_{PPR}	-	50	-	%	

4.6.4 LED 输出

IMC300 系列提供可连接到 LED 的输出，以直观地指示电机驱动器的状态。

表 43 LED 输出

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fault to LED delay	$t_{LEDFAULT}$	-	53	-	ms	
Fault reset to LED delay	$t_{LEDRESET}$	-	1.84	-	ms	
LED blinking frequency	f_{LED}	1		1000	Hz	
LED blinking duty cycle	t_{LED}	5		95	%	

5 器件和封装规格

5 器件和封装规格

5.1 质量声明

表 44 质量参数

Parameter	Symbol		Limit Values		Unit	Notes
			Min.	Max.		
ESD susceptibility according to Human Body Model (HBM)	V_{HBM} SR		–	2000	V	ANSI/ESDA/JEDEC-JS-001
ESD susceptibility according to Charged Device Model (CDM) pins	V_{CDM} SR		–	500	V	ANSI/ESDA/JEDEC-JS-002
Moisture sensitivity level	MSL CC		–	3	–	JEDEC J-STD-020D
Soldering temperature	T_{SDR} SR		–	260	°C	JEDEC J-STD-020D

5.2 SBSL 和芯片 ID

下表列出了 IMC300 系列中各个设备的 ID。根据具体模式，可以使用 SBSL-ID（安全引导加载程序）或 Chip-ID 来识别设备。详情请参阅参考手册或 iMOTION™ 编程手册。

表 45 SBSL-ID 和 Chip-ID

Product Type	Package	Chip-ID	SBSL-ID
IMC301A-F048 (MCE)	LQFP-48	0x1B010006	026add3f080ad5abfb67af2271ea4973
IMC301A-F048 (MCU)	LQFP-48	0x13011006	-
IMC301A-F064 (MCE)	LQFP-64	0x1B01000B	0207810c349410e8be51722b81520cf8
IMC301A-F064 (MCU)	LQFP-64	0x1301100B	-
IMC302A-F048 (MCE)	LQFP-48	0x1B020006	024747b4b61060cf95f7b14a05b1decc
IMC302A-F048 (MCU)	LQFP-48	0x13021006	-
IMC302A-F064 (MCE)	LQFP-64	0x1B02000B	0216ebe1d4cc0767684bacceefae29b2
IMC302A-F064 (MCU)	LQFP-64	0x1302100B	-

5 器件和封装规格

5.3 热特性

表 46 封装的热特性

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Package Types
		Min.	Max.		
Thermal resistance Junction- Ambient ⁵²⁾	$R_{\Theta JA \text{ CC}}$	-	t.b.d.	K/W	PG-LQFP-48-11
		-	66.7	K/W	PG-LQFP-64-29

注意：出于电气原因，需要将裸露焊盘连接到电路板接地 V_{SSP} ，这与 EMC 和热要求无关。

在系统中操作 XMC300 时，芯片产生的全部热量必须消散到周围环境中，以防止过热和由此造成的热损坏。
可耗散的最大热量取决于封装及其与目标板的集成。“热阻 $R_{\Theta JA}$ ”量化了这些参数，必须限制功率耗散，以使平均结温不超过115°C。

结温和环境温度之间的差异取决于

$$\Delta T = (p_{INT} + p_{IOSTAT} + p_{IODYN}) \times R_{\Theta JA}$$

内部功耗定义为

$$P_{INT} = V_{DD} \times I_{DDP} \text{ (开关电流和漏电流) 。}$$

输出驱动器引起的静态外部功耗定义为

$$P_{IOSTAT} = \sum((V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}) + \sum(V_{OL} I_{OL})$$

输出驱动器引起的动态外部功耗(P_{IODYN}) 取决于连接到各个引脚的电容负载及其开关频率。

如果给定系统配置的总功耗超过定义的限制，则必须采取对策以确保系统正常运行：

- 如果可能的话，降低系统中的 V_{DD}
- 降低系统频率
- 减少输出引脚数量
- 减少有源输出驱动负载

⁵² 器件安装在 4 层 JEDEC 板上 (JESD 51-5) ； VQFN 裸露焊盘已焊接。

5 器件和封装规格

5.4 封装外形

所有尺寸均以毫米为单位。

您可以在我们的英飞凌互联网页面“封装”中找到有关英飞凌封装、包装和标记的完整信息：
[//www.infineon.com/packages](http://www.infineon.com/packages)

5.4.1 封装外形 PG-LQFP-48-11

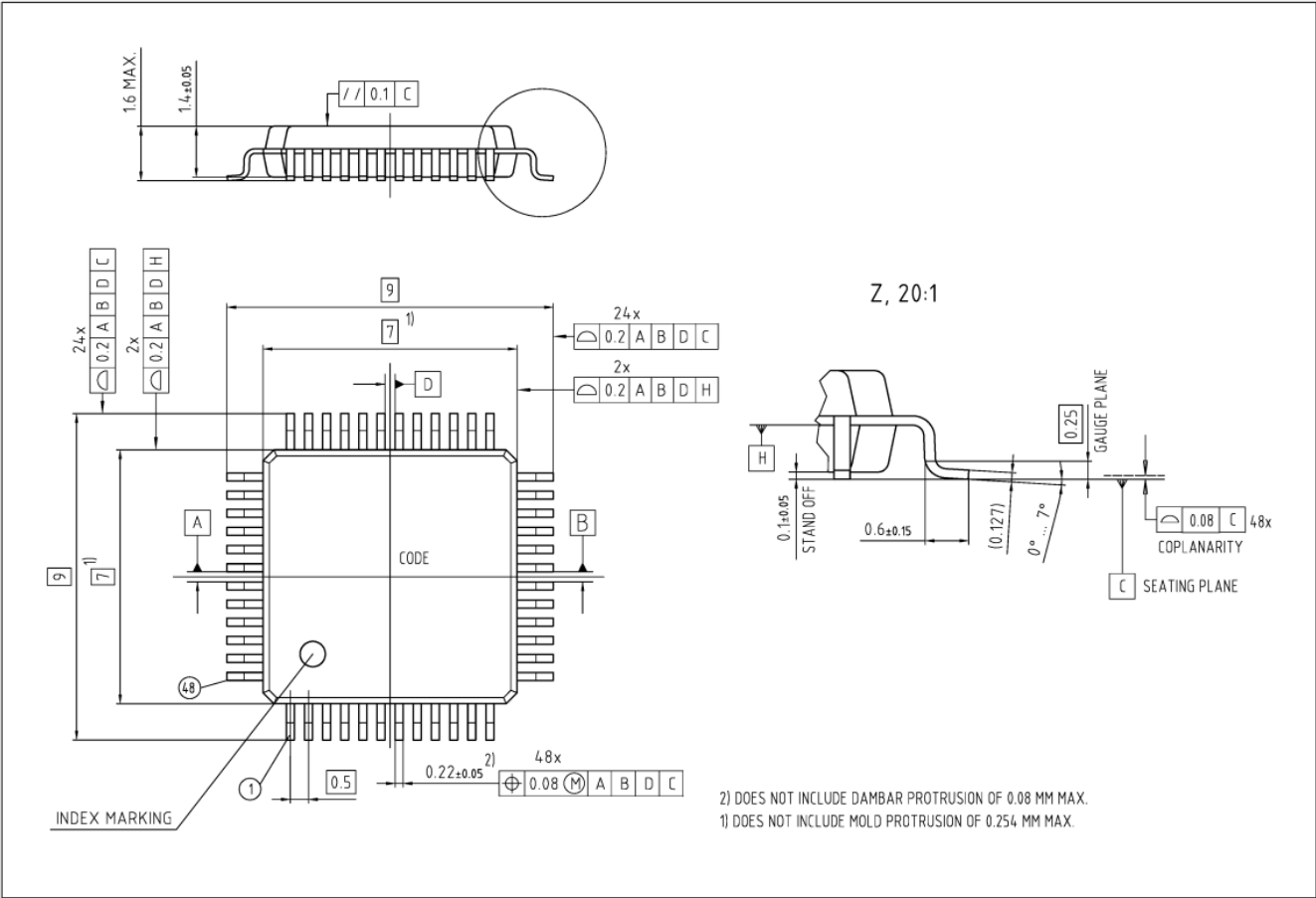


图 28 PG-LQFP-48-11

5 器件和封装规格

5.4.2 封装外形 PG-LQFP-64-29

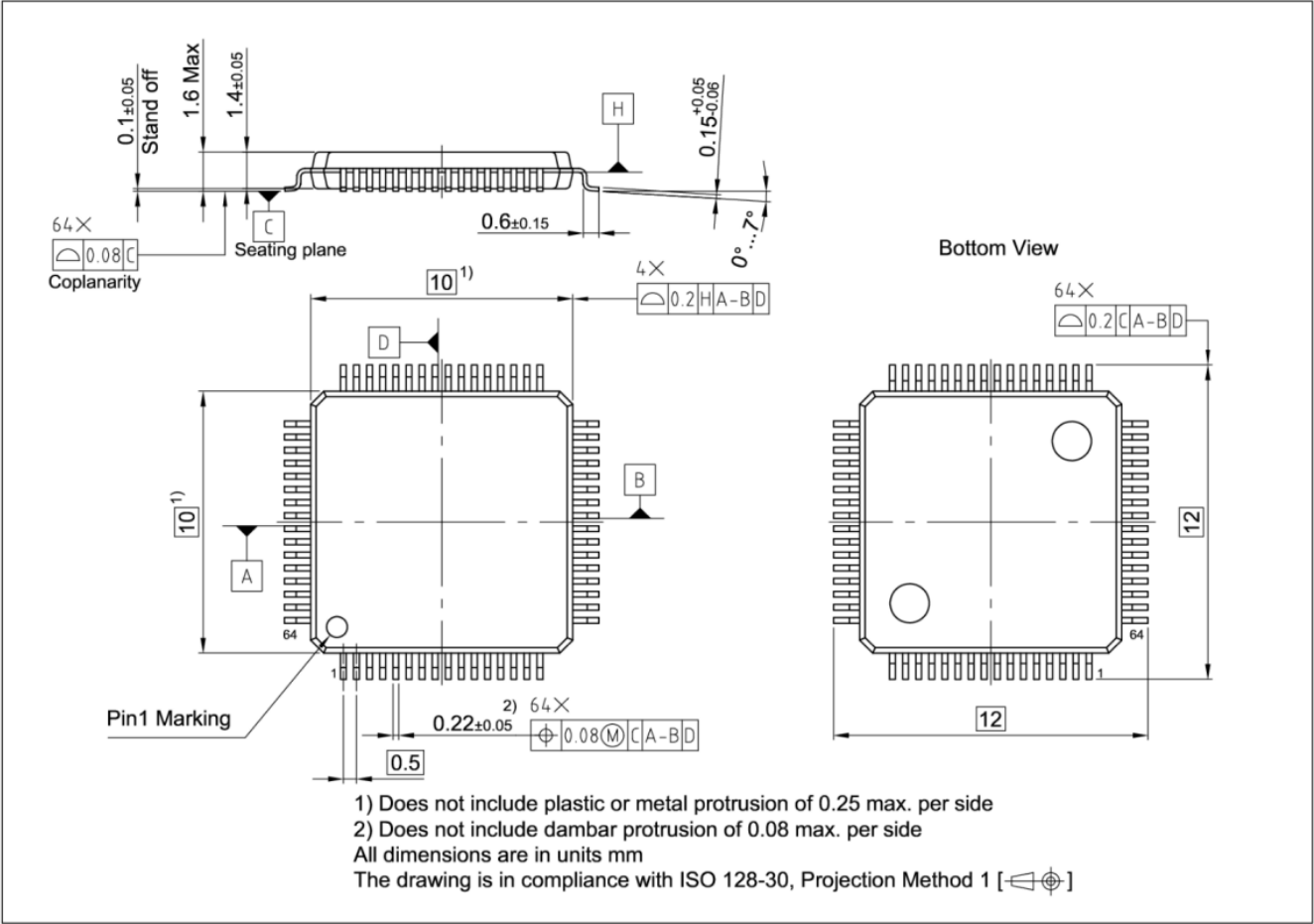


图 29 PG-LQFP-64-29

5.5 零件标记信息

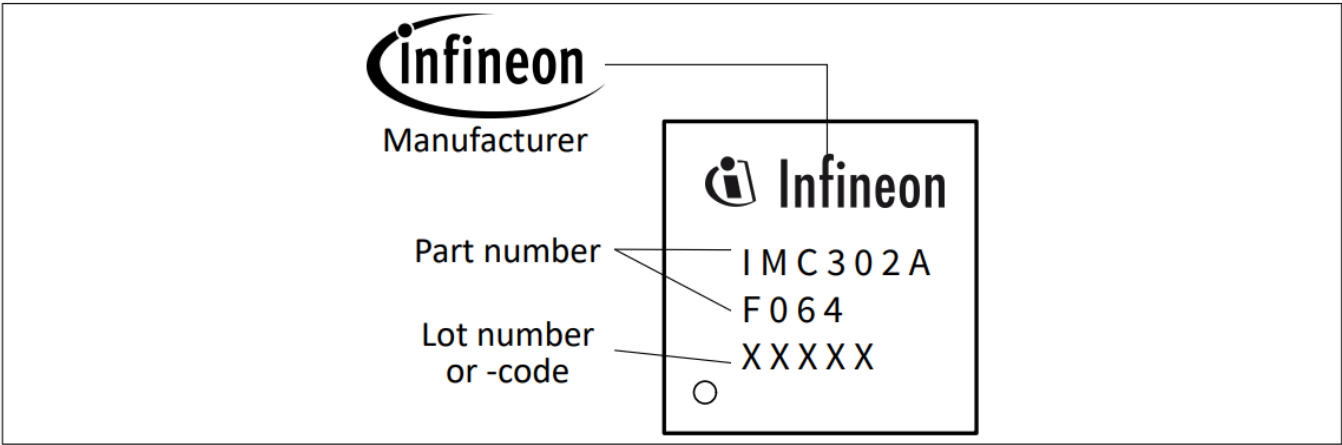


图 30 元件标记

6 修订记录

6 修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
1.0	2019-12-12	Initial version
1.1	2020-05-11	- Figure and table numbers updated - Table 1 (Pin List) updated - Pin configuration drawings updated - Added DCO accuracy with calibration - Increased maximum motor PWM frequency up to 40 kHz - Application schematics drawings in section 3 updated - Section 5 (Quality Declaration) updated
1.2	2020-10-20	Table 1 (Pin List) updated
1.3	2023-09-18	New features pin mapping of IR added



免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

重要通知

版本 2025-09-16

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2025 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

Do you have a question about this
document?

Email:
erratum@infineon.com

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上述合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据勘探（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文件包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。