PADAUK 應廣科技

PMD040

24 位 模 数 转 换 器

数据手册

第 0.01 版

2025 年 7 月 4 日

Copyright © 2025 by PADAUK Technology Co., Ltd., all rights reserved.

6F-6, No.1, Sec. 3, Gongdao 5th Rd., Hsinchu City 30069, Taiwan, R.O.C.

TEL: 886-3-572-8688 www.padauk.com.tw

重要声明

应广科技保留权利在任何时候变更或终止产品，建议客户在使用或下单前与应广科技或代理商联系以取得最新、最正确的产品信息。

应广科技不担保本产品适用于保障生命安全或紧急安全的应用，应广科技不为此类应用产品承担任何责任。关键应用产品包括，但不仅限于，可能涉及的潜在风险的死亡，人身伤害，火灾或严重财产损失。

应广科技不承担任何责任来自于因客户的产品设计所造成的任何损失。在应广科技所保障的规格范围内，客户应设计和验证他们的产品。为了尽量减少风险，客户设计产品时，应保留适当的产品工作范围安全保障。

提供本文档的中文简体版是为了便于了解，请勿忽视文中英文的部份，因为其中提供有关产品性能以及产品使用的有用信息，应广科技暨代理商对于文中可能存在的差错不承担任何责任，建议参考本文件英文版。

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

目录

修订历史 **4**

使用警告 **4**

1. 芯片特性 **5**

1.1. 主要特性 5
1.2. 应用 5
1.3. 概述 5

2. 系统概述和方框图 **6**

3. 引脚分配及说明 **7**

4. 器件电器特性 **8**

4.1. 电器特性 8
4.2. 绝对最大额定值 10

5. 功能说明 **10**

5.1. 模拟输入前端 11
5.2. 低噪声可编程增益放大器 12
5.3. 温度传感器 13
5.4. 高压侧电源开关 14
5.5. 掉电模式 14
5.6. 双线 SPI 通信 15
5.6.1. 沉淀时间 15
5.6.2. ADC 输出的数据速率 16
5.6.3. 数据格式 16
5.6.4. 数据就绪/数据输出 (DOUT) 17
5.6.5. 串行时钟输入 (SCLK) 17
5.6.6. 数据检索 17
5.6.7. 功能配置 19
5.6.8. SPI 命令 20
5.6.9. SPI 寄存器描述 20
5.6.10. 特殊说明 21

6. 应用电路 **22**

7. 封装 **22**

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

修订历史

修订	日期	描述
0.00	2025/02/17	初版
0.01	2025/07/04	1. 更新官网网址 2. 调整电器特性的数值及描述 3. 调整 5.6.3 章节的输出代码 4. 更新第 6 章节应用电路图标及说明

使用警告

在使用 IC 前，请务必认真阅读 PMD040 相关的 APN（应用注意事项）。

APN 下载地址为：https://www.padauk.com.tw/cn/product/search_list.aspx?kw=PMD

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

1. 芯片特性

1.1. 主要特性

- 供电电压: 3V ~ 5.5V
- 内部可编程增益放大器： 1x, 2x, 4x, 8x, 16x, 32x, 64x, 128x
- 可选输出数据速率：10Hz, 20Hz, 40Hz, 80Hz, 160Hz, 320Hz, 640Hz, 1280Hz
- 双线串行数字接口
- 掉电功能
- 内部振荡器
- 内部温度传感器
- 封装: SOP-8
- 工作温度范围： -40°C ~ 85°C

1.2. 应用

- 体重秤
- 称重传感器
- 应变计
- 仪器仪表
- 精密传感

1.3. 概述

- PMD040 是一款具有差分输入通道的 24 位 Delta-Sigma A/D 转换器。它包括可编程增益放大器 (PGA) 功能、精密 24 位元 Δ-Σ 调制器、振荡器和温度传感器。.
- PGA 具有 1x、2x、4x...、64x、128x 增益选项。Δ-Σ 模数转换器具有 24 位分辨率。输出数据速率可从 10Hz、20Hz、40Hz.....到 1280Hz 进行选择。
- PMD040 可通过 双线 SPI 接口由 MCU 控制。它还可以进入掉电模式，以节省电能。

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

2. 系统概述和方框图

PMD040 是一款低功耗、高精度 Δ-Σ ADC。它内置一个三角积分 ADC、一个差分输入通道和一个温度传感器。该 ADC 采用三角积分调制器和低噪声仪表放大器，可提供 128 倍的最大增益。PGA 增益为 128 倍时，有效分辨率可达 20.5 位，电源电压为 5V。

PMD040 内置 RC 振荡器，无需外部 Xtal。它可以通过 DOUT 和 SCLK 配置多种功能。例如，除了高精度差分信号检测外，它还可以检测温度、设置差分 PGA 增益和 ADC 输出数据速率。

PMD040 还有一个电源开关，用于提供称重传感器电流。在正常模式下，开关闭合，称重传感器电流流经开关。在掉电模式下，开关打开，可关闭电源电流。

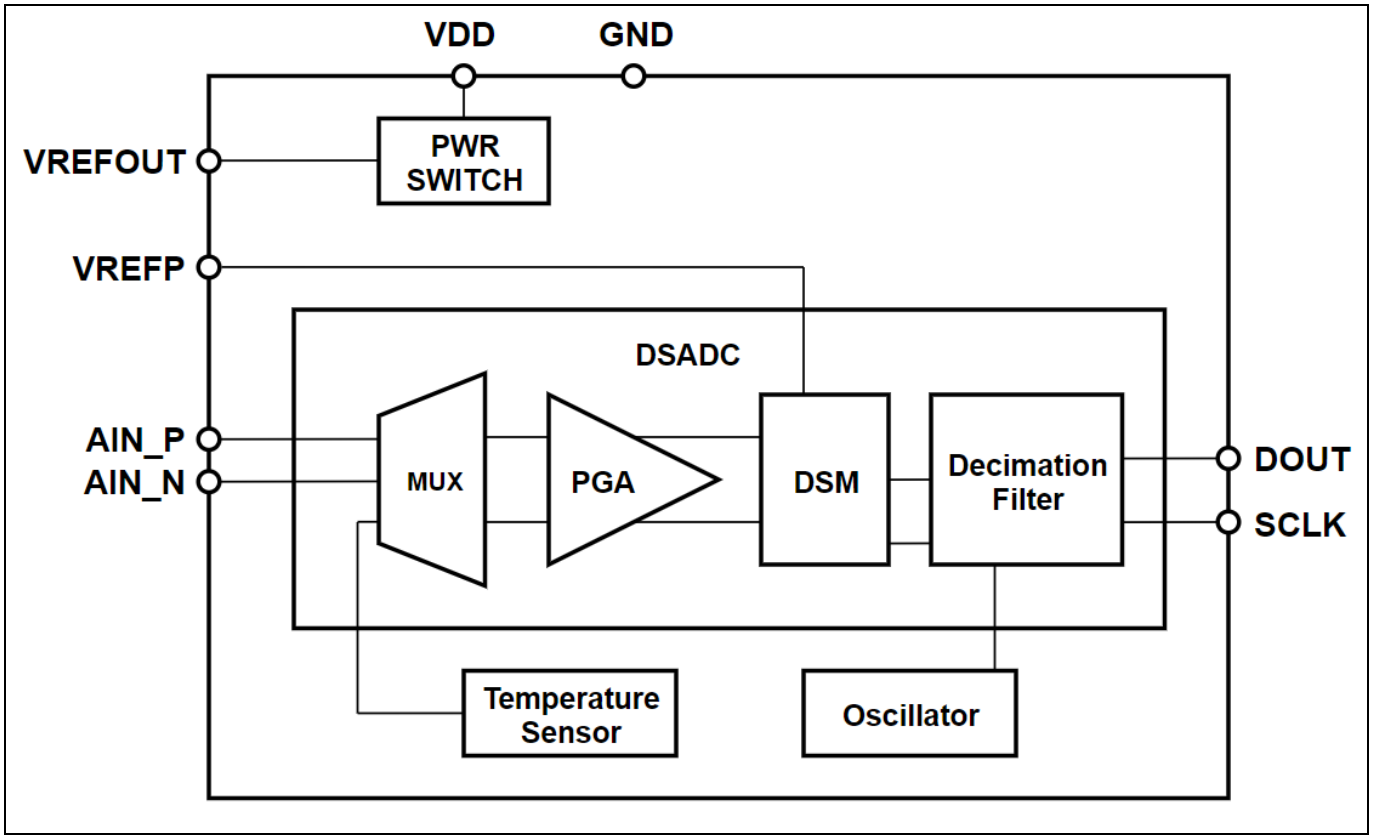
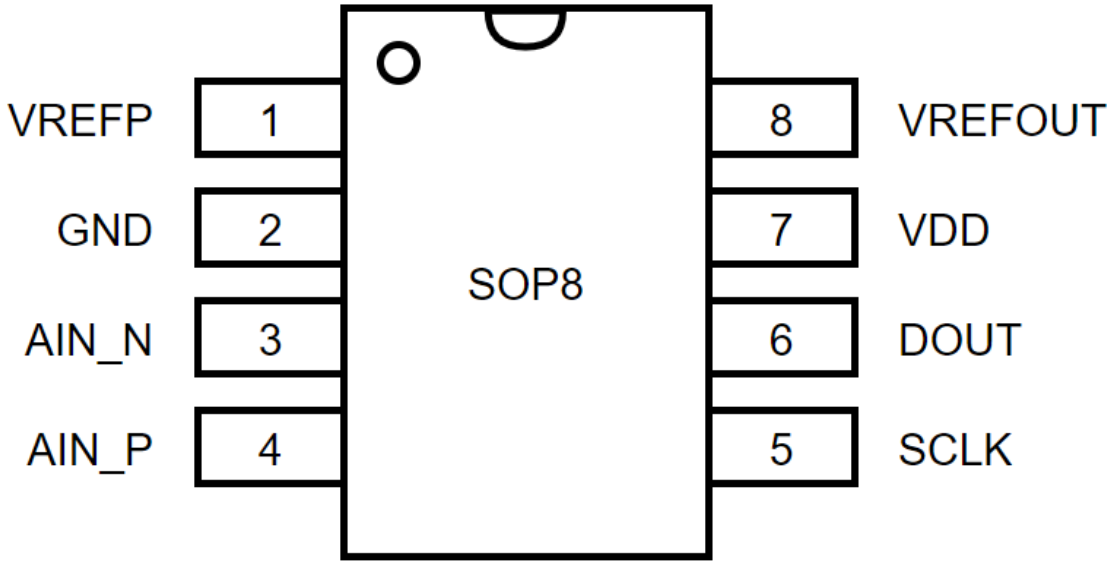


图 1: PMD040 框图

3. 引脚分配及说明



PMD040-S08A(SOP8)

引脚编号	引脚名称	输入/输出	说明
1	VREFP	AI	正向参考输入电压
2	GND	GND	地
3	AIN_N	AI	负模拟输入
4	AIN_P	AI	正模拟输入
5	SCLK	DI	SPI 时钟输入
6	DOUT	DI/DO	SPI 数据输入/输出
7	VDD	PWR	电源
8	VREFOUT	AO	正向参考输出电压

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

4. 器件电器特性

4.1. 电器特性

最低/最高限制规格适用于 -40°C 至 +85°C。+25°C 时为典型规格，除非注明否则所有数据均在 VDD=5.0V 条件下获得。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电电源					
电源	VDD	3	5	5.5	V
电源电流（VDD=5V）	PGA=1x, 2x		0.85		mA
	PGA=4x-128x		1.50		mA
	断电		0.1		uA
电源电流（(VDD=3.3V)	PGA=1x, 2x		0.65		mA
	PGA=4x-128x		1.20		mA
	断电		0.1		uA
模拟输入端					
满幅输入电压 (AINP-AINN)			±0.5VREF/Gain		
	VREF=VDD=5V			±19.5	mV
	VREF=VDD=3V			±11.7	mV
共模输入电压**	PGA=1x, 2x	GND+0.1		VDD-0.1	V
	PGA=4x-128x	GND+0.5		VDD-1	V
绝对输入电流***	PGA=1x		1.2		nA
	PGA=2x		1.8		nA
	PGA=4x		3.9		nA
	PGA=128x		4		nA
差动输入电流***	PGA=1x		3		nA
	PGA=2x		0.75		nA
	PGA=4x		2.2		nA
	PGA=128x		0.02		nA

**共模输入范围的规格是基于 PGA（可编程增益放大器）输入的动态工作范围，以及当 PGA 的输出处于满量程电压范围内时其输出的线性度。

***模拟输入电流的规格是仿真结果。

系统性能					
分辨率	无失码数据		24		Bits
数据速率			10		SPS
数字滤波沉淀时间			4		Conversions
P-P 噪声	DR=10, PGA=128x		174 (VREF=5V)		nv, p-p
ENOB	DR=10, PGA=128x		20.5 (VREF=5V) 20.0 (VREF=3.3V)		Bits
INL	PGA=128x		±15		ppm
输入偏移误差	PGA=128x		±5		uV
输入偏移漂移	PGA=128x		±20		nV/˚C
增益误差	PGA=128x		±0.5		%
增益漂移 Gain drift	PGA=128x		±4		ppm/˚C
基准电压					
电压基准输入 (VREFP)		1.5	VDD	VDD	V
电压基准输出 (VREFOUT)			VDD		V
高侧电源开关					
导通电阻 (Ron)	VDD=5V, Isw=20mA		6		ohm
	VDD=3V, Isw=20mA		10		ohm
通过开关的电流				20	mA

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

数字输入/输出					
VIH		0.6*VDD		VDD	V
VIL		GND		0.4*VDD	V
VOH	IOH=1mA	VDD-0.5		VDD	V
VOL	IOL=1mA	GND		0.2*VDD	V
时钟					
OSC 时钟频率			5.243		MHz
OSC 时钟频率漂移			100		ppm/˚C
温度传感器					
温度测量误差			±3		˚C

* 通过设计和最终测试的结合来确定规格。

4.2. 绝对最大额定值

- 电源电压 ……..... 3V ~ 6V
  *如果 VDD 超过最大额定值，可能会损坏 IC。
- 输入电压…… -0.3V ~ V_{DD} + 0.3V
- 工作温度 .....…… -40°C ~ 85°C
- 节点温度 …… 150°C
- 存储温度…… -50°C ~ 125°C

5. 功能说明

PMD040 是一款精密的 24 位 ADC，包括低噪声 PGA、内部振荡器、三角积分调制器和数字滤波器。数据输出速度为 10 SPS，具有出色的 50Hz 和 60Hz 抑制能力，在需要更高速度时，数据输出速度可高达 1280 SPS。

5.1. 模拟输入前端

ADC 的输入信号源可通过配置寄存器 cfgr1[1:0] 从 AIN_P、AIN_N 或温度传感器输出信号中选择外部差分信号。

PMD040 可提供 1x、2x、4x、...、64x、128x 等不同的增益设置。选择 1x 或 2x 增益时，PGA 将关闭以节省功耗。模拟输入路径将绕过 PGA，仅使用 PGA 缓冲器放大信号。当选择更高的增益设置时，PGA 将开启，并提供 4 倍至 128 倍的增益选项。配置寄存器 cfgr2[0]、cfgr2[4] 和 cfgr2[7:5] 用于控制增益设置。

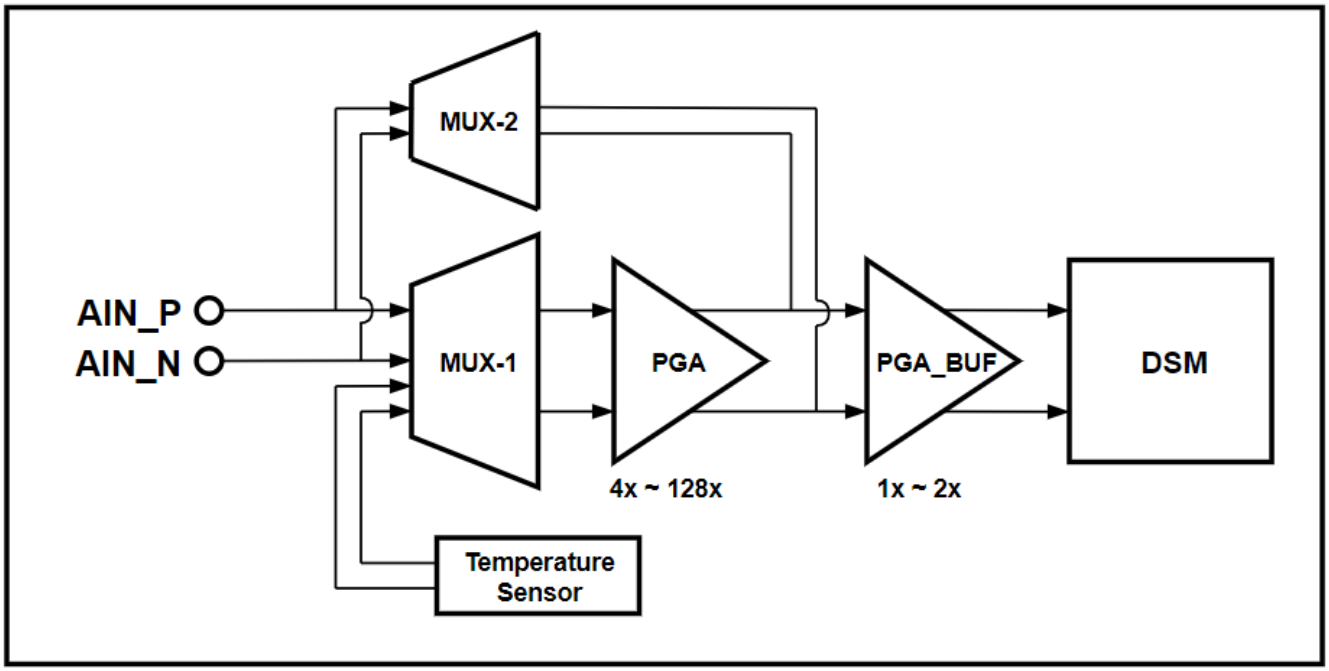


图 2：模拟输入前端示意图

5.2. 低噪声可编程增益放大器

PMD040 采用低噪声仪表放大器，适用于电桥传感器应用。放大器简图如图 3 所示。低噪声放大器包括两级放大器。第一级放大器由 Amp1、Amp2 和 RF1、RF2、R0 组成，提供低噪声和高增益功能。增益 1 选项（4x~128x）可通过配置寄存器 cfgr2[7:5]设置。第二级放大器是一个低噪声缓冲放大器，提供增益 2 选项（1x、2x）。当 PGA 增益选择 1x 和 2x 时，第一级放大器将旁路以节省功耗，只有第二级放大器提供 1x 和 2x 增益选项。表 1 列出了由寄存器 cfgr2[0]、cfgr2[4]、cfgr2[7:5] 控制的 PGA 增益选项。

输入差分通道还有一个低通滤波器作为 EMI 滤波器，用于阻隔不必要的高频噪声，并提高 ESD 性能。EMI 滤波器的截止频率为 20MHz。

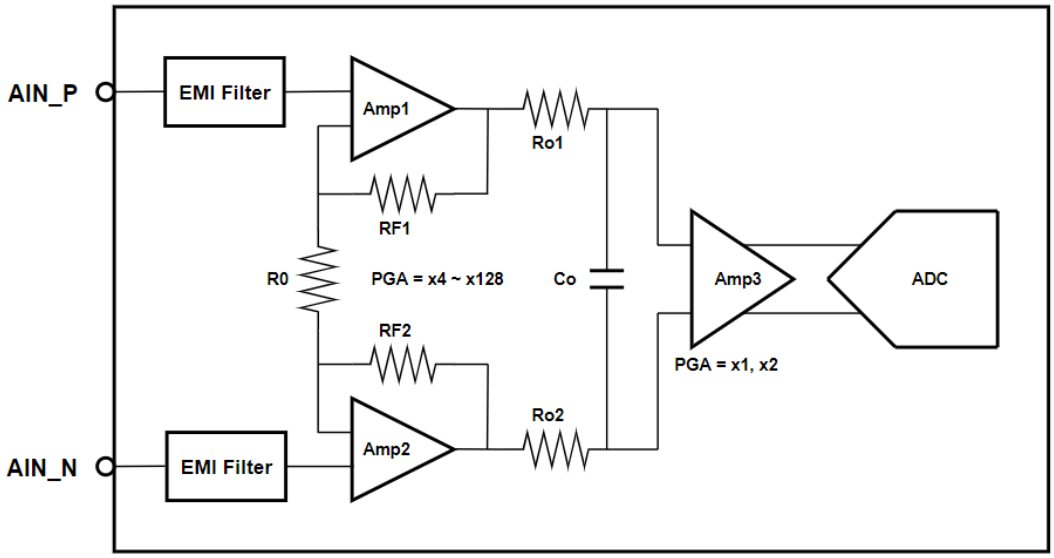


图 3：可编程增益放大器示意图。

PGA 总增益	PGA_GSEL			PGABUF_GSEL	PGA_BYPASS
	cfgr2 [7]	cfgr2 [6]	cfgr2 [5]	cfgr2 [4]	cfgr2 [0]
1x	-	-	-	0	1
2x	-	-	-	1	1
4x	0	1	0	0	0
8x	0	1	1	0	0
16x	1	0	0	0	0
32x	1	0	1	0	0
64x	1	1	0	0	0
128x	1	1	1	0	0

表 1：PGA 增益设置

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

5.3. 温度传感器

PMD040 内置温度传感器，用于测量环境温度。通过选择温度传感器信号的模拟输入通道，A/D 转换器可获得电压信息，然后利用该结果得出温度。温度传感器需要进行 2 点校准。

校准方法：

温度与温度传感器输出值的关系式为

Yx + OS = SL * (273.15 + Tx) ……等式(1)

在某一温度 Ta 下，记录温度传感器的输出值 Ya。

在一定温度 Tb 下，记录温度传感器输出值 Yb。

OS：ADC Offset

SL：ADC Slope (Ya-Yb) / (Ta - Tb)

然后，根据上述公式 (1) 计算，可以得出

Ya + OS = SL * (273.15 + Ta) ……等式 (2)

Yb + OS = SL * (273.15 + Tb) ……等式 (3)

等式(2) / 等式 (3)

(Ya + OS) / (Yb + OS) = (SL * (273.15 + Ta)) / (SL * (273.15 + Tb))

Ya * (273.15 + Tb) + OS * (273.15 + Tb) = Yb * (273.15 + Ta) + OS * (273.15 + Ta)

OS(Ta - Tb) = Ya * (273.15 + Tb) – Yb * (273.15 + Ta)

OS = (Ya * (273.15 + Tb) – Yb * (273.15 + Ta)) / (Ta – Tb)

因此，如果使用温度传感器，则可根据等式（1）计算出环境温度。

表 2 列出了使用温度传感器时的配置寄存器 1 设置。

TS_DIFF	TS_EN	DSADC_DR			MUX_SEL	
cfgr1 [6]	cfgr1 [5]	cfgr1 [4]	cfgr1 [3]	cfgr1 [2]	cfgr1 [1]	cfgr1 [0]
0	1	1	0	1	0	1

表 2： 温度传感器的配置寄存器 1 设置

5.4. 高压侧电源开关

PMD040 内置开关，可与外部电桥传感器配合使用。在正常转换期间，开关关闭，桥式传感器由开关供电。在待机或掉电模式下，开关打开。通过打开开关，消除了电桥中的功率耗散，从而节省了功耗。

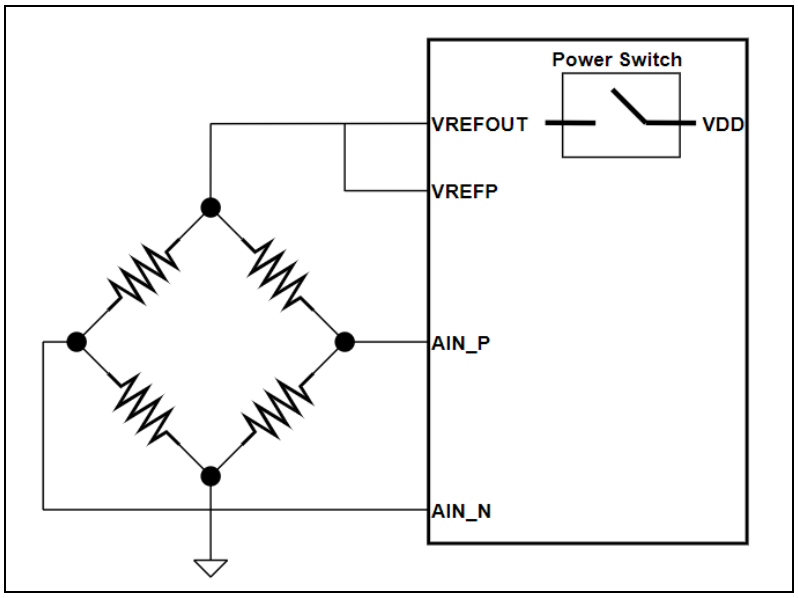


图 4：高压侧电源开关示意图

5.5. 掉电模式

掉电模式关闭整个 ADC 电路，将总功耗降至接近零。当 SCLK 从低电压电平变为高电压电平并保持高电平超过 100us 时，PMD040 将进入掉电模式。当 SCLK 恢复到低电压电平时，芯片将回到正常模式。

当系统从掉电模式重新进入正常模式时，所有功能都将配置为掉电前的状态。

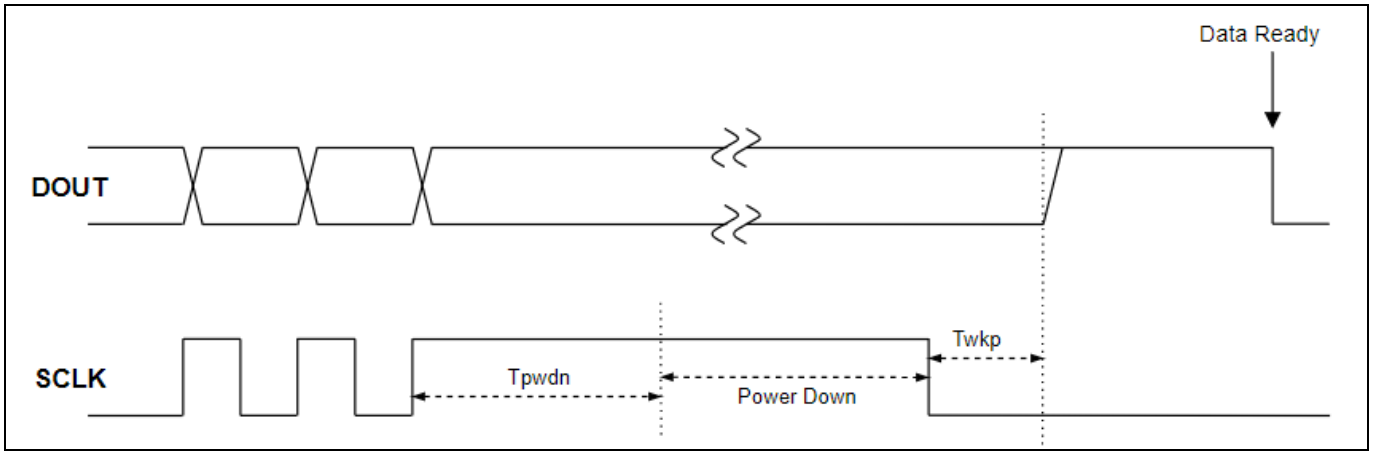


图 5：掉电模式时序图

符号	描述	最小值	典型值	单位
Tpwdn	输入断电模式时间 (SCLK 保持高电平时间)	100		us
Twkp	掉电模式后的唤醒时间 (SCLK 低电平保持时间)	10		us

表 3：掉电模式时序表

5.6. 双线 SPI 通信

PMD040 采用两线制 SPI 通信。数据接收和功能配置可通过 SCLK 和 DOUT 实现。

5.6.1. 沉淀时间

PMD040 需要 4 个数据转换周期，才能在上电、断电恢复和寄存器配置后创建正确的数据。

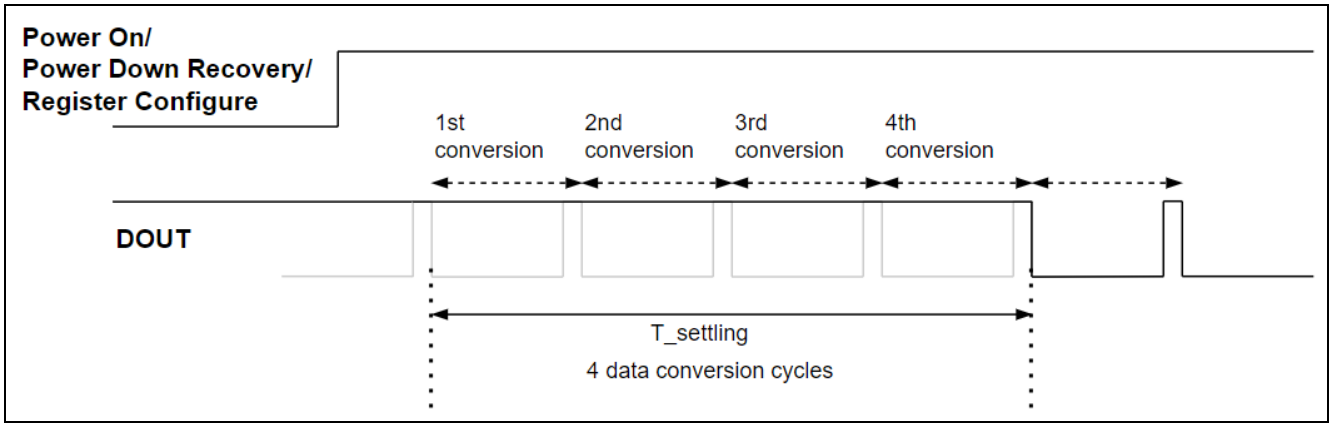


图 6：上电、掉电恢复和寄存器配置后的数据结算时序图

PMD040 在连续转换模式下工作时，模拟输入信号的任何变化都需要时间来沉淀。它需要 4 个数据转换周期才能满足模拟输入信号和数字滤波器对沉淀时间的要求。

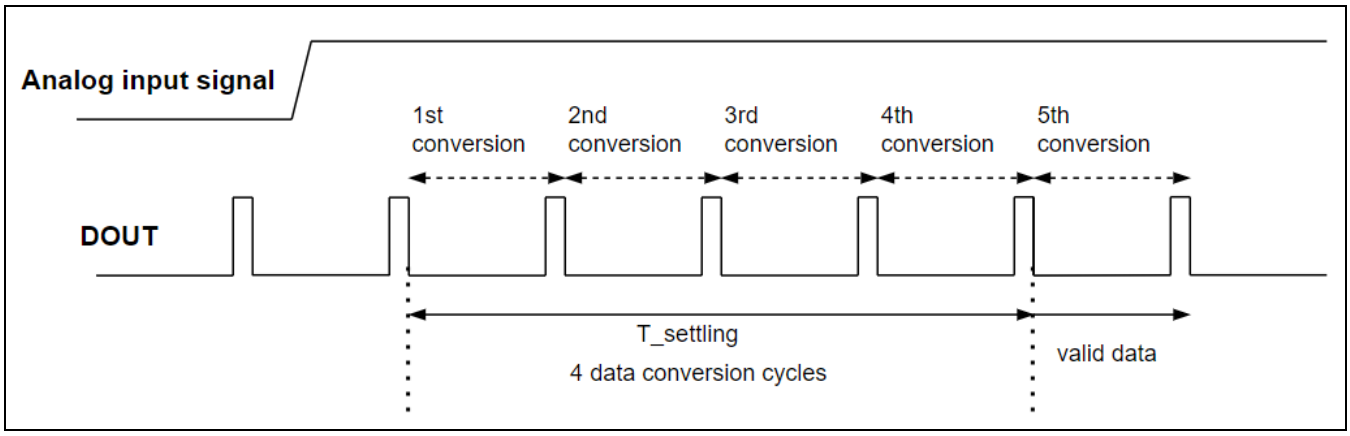


图 7：模拟输入信号发生变化时的数据结算时序图

5.6.2. ADC 输出的数据速率

PMD040 的数据速率可通过配置寄存器 cfgr1 [4:2]进行配置。默认设置为 10Hz。该数据速率的噪声最低，对 50Hz 和 60Hz 线周期干扰的抑制也很出色。

数据速率	输出数据速率选择		
	cfgr1 [4]	cfgr1 [3]	cfgr1 [2]
10Hz	0	0	0
20Hz	0	0	1
40Hz	0	1	0
80Hz	0	1	1
160Hz	1	0	0
320Hz	1	0	1
640Hz	1	1	0
1280Hz	1	1	1

表 4：输出数据速率的寄存器设置

5.6.3. 数据格式

PMD040 以二进制补码格式输出 24 位数据。最小有效位 (LSB) 的权重为 (0.5*Vref/Gain)/(2^{23}-1) 。正全量程输入产生的输出代码为 800000h，负全量程输入产生的输出代码为 800000h。表 4 总结了不同输入信号的理想输出代码。

输入信号（AINP-AINN）	理想输出
≥+0.5*VREF/Gain	800000h
(+0.5*VREF/Gain)/(2^23-1)	000001h
0	000000h
(-0.5*VREF/Gain)/(2^23-1)	FFFFFFh
≤-0.5*VREF/Gain	800000h

表 5：理想输出码与输入信号的关系。

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

5.6.4. 数据就绪/数据输出 (DOUT)

数字输出引脚-DOUT 有四个功能：

1. 当新数据准备就绪时，输出低电平。

2. 就绪信号发出后，在 SCLK 的第一个上升沿，DOUT 引脚开始输出转换数据，最显著 (MSB) 位在前。在随后的每个 SCLK 上升沿，数据都会被移出。取回全部 24 位数据后，如果此时暂停 SCLK 传输，DOUT 将保持最后一位数据，直到新数据就绪。在新数据就绪之前，DOUT 将再次拉高，然后在新数据转换完成时拉低。之后，可在随后的 SCLK 上升沿读取下一个新数据。

3. 在第 25 和 26 个 SCLK 时钟，DOUT 输出寄存器是否更新的信息。

4. 作为寄存器数据读写引脚，当需要配置或读取寄存器数据时，SPI 需要发送 46 个 SCLK 时钟。判断其处于寄存器写操作还是读操作的依据是 DOUT 输入的命令字符。

5.6.5. 串行时钟输入 (SCLK)

该数字输入每个边沿都会将串行数据移出。该输入端具有内置迟滞，但仍需注意确保信号干净。杂波或上升缓慢的信号会导致不必要的额外移位。因此，最好确保 SCLK 的上升和下降时间均小于 50ns。

5.6.6. 数据检索

PMD040 可以连续转换模拟输入信号。当 DOUT 变为低电平时，转换后的数据准备输出，如图 7 所示。ADC 通过 SCLK 开始移出数据。数据先移出 MSB。无需移出全部 24 位数据，但必须在新数据更新之前（Tconv 内）取回数据，否则数据将被覆盖。避免在更新期间（Tupdate）检索数据。如果只应用了 24 个 SCLK，DOUT 将保持最后一位移出时的状态，直到被置为高电平，表明新数据正在更新。在第 25 和 26 个 SCLK 时钟，如果寄存器更新，DOUT 将输出信息。当第 25 个 SCLK 时钟对应的 DOUT 为 1 时，表明配置寄存器已被写入新值。第 26 个 SCLK 对应的 DOUT 保留用于扩展，现在始终为 0。第 27 个 SCLK 之后，DOUT 可以被拉高。之后，当 DRDY/DOUT 再次被拉低时，表明新数据已准备好输出。图 8 显示了这一读取过程的时序图。

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

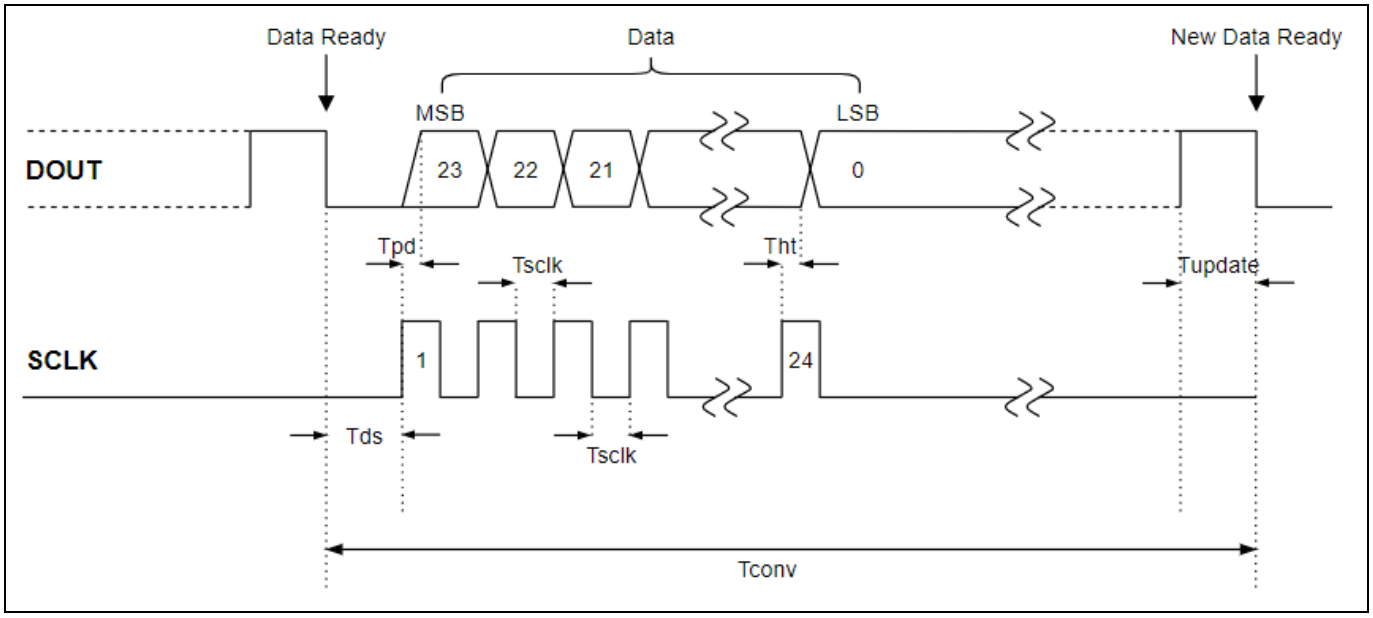


图 8：读取数据过程的时序图（24 个 SCLK）

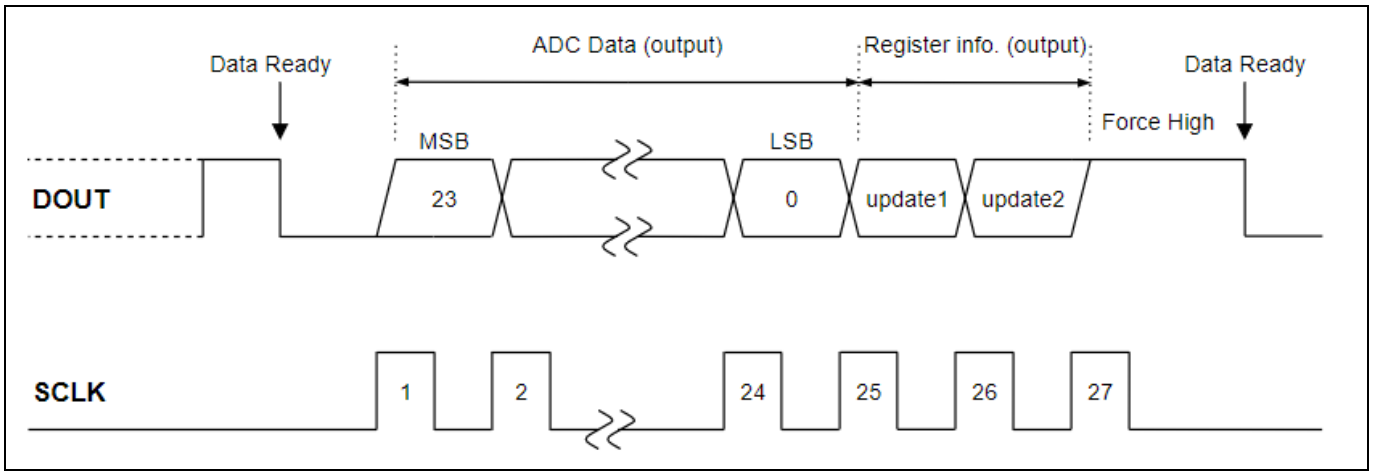


图 9：读取数据过程的时序图（27 个 SCLK）

符号	说明	最小值	典型值	最大值	单位
Tds	DOUT 低至第一个 SCLK 上升沿	0			ns
Tsclk	SCLK 正或负脉冲宽度	100			ns
Tpd	SCLK 上升沿至新数据位有效：传播延迟			50	ns
Tht	SCLK 上升沿至旧数据位有效：保持时间	20			ns
Tupdate	数据更新：禁止回读		30		us
Tconv	转换时间：（1/数据率），默认=10Hz		100		ms

表 6： 读取数据时序表

5.6.7.功能配置

PMD040 可通过 SCLK 和 DOUT 配置不同的功能。图 10 和图 11 显示了功能配置的时序图。

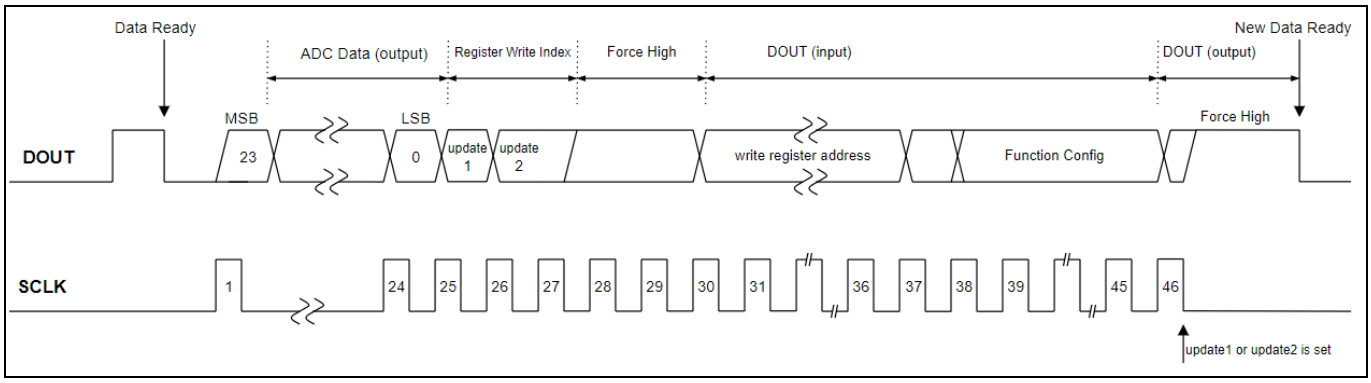


图 10：PMD040 配置时序图（写入程序）

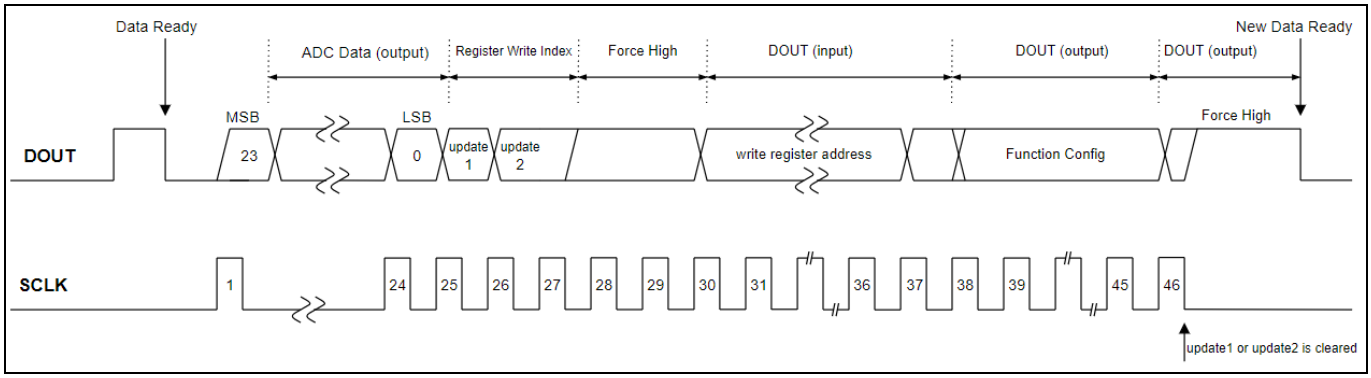


图 11：PMD040 配置时序图（读取程序）

PMD040 的 I/O 状态在功能配置过程简述如下。DOUT 状态从高电平变为低电平后：

1. 第 1 至 24 个 SCLK，读取 ADC 转换数据。如果不需要配置或读取寄存器，则可跳过以下步骤。
2. 第 25 至 26 个 SCLK，如果寄存器更新，则读取信息。
3. 第 27 个 SCLK，DOUT 拉高。
4. 第 28 至 29 个 SCLK，将 DOUT 变为输入引脚。
5. 第 30 至 36 个 SCLK，输入命令以确定读/写和寄存器地址。(先输入高位）。
6. 第 37 个 SCLK，改变 DOUT 的 I/O 方向。(如果写寄存器，DOUT 设置为输入引脚。如果读寄存器，DOUT 设置为输出引脚）。
7. 第 38 至 45 个 SCLK，输入寄存器配置数据或输出寄存器配置数据。(优先高先输入/输出）。
8. 第 46 个 SCLK，将 DOUT 改为输出引脚，并将 DOUT 拉至高电平。更新 1/ 更新 2 将被设置或清除。

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

5.6.8. SPI 命令

PMD040 有 4 条命令，命令字节长度为 7 位，命令说明如下：

指令名称	命令字串	SCLK						
		指令			地址			
		30th	31th	32th	33th	34th	35th	36th
写入配置寄存器-1	0x61	6 (0b_110)			1 (0b_0001)			
写入配置寄存器-2	0x62	6 (0b_110)			2 (0b_0010)			
读取配置寄存器 -1	0x51	5 (0b_101)			1 (0b_0001)			
读取配置寄存器-2	0x52	5 (0b_101)			2 (0b_0010)			

表 7：PMD040 命令说明表。

5.6.9. SPI 寄存器描述

有两个寄存器控制 PMD040 的运行。

配置寄存器 1: (cfgr1), address = 0b0001

位	默认值	名称	描述
[7]	0	PWRSW_ENB	**电源开关 ENB 控制：** 0: 启用电源开关。 1 :禁用电源开关。
[6]	0	TS_DIFF	**温度传感器输出开关。** 0: VBEH->P VBEL->N 1: VBEH->N VBEL->P
[5]	0	TS_EN	**启用温度传感器：** 0: 关闭 1: 启用
[4:2]	000	DSADC_DR	**DSADC 输出数据速率选择：** 000: 10Hz 001: 20Hz 010: 40Hz 011: 80Hz 100: 160Hz 101: 320Hz 110: 640Hz 111: 1280Hz

©Copyright 2025, PADAUK Technology Co. Ltd

位	默认值	名称	描述
[1:0]	00	MUX_SEL	**MUX 输入 测量信号源选择：** 00: ADC 输入 01: 温度传感器输入 10: 内部 Vref 测试。 11: 输入短路到 VMID。

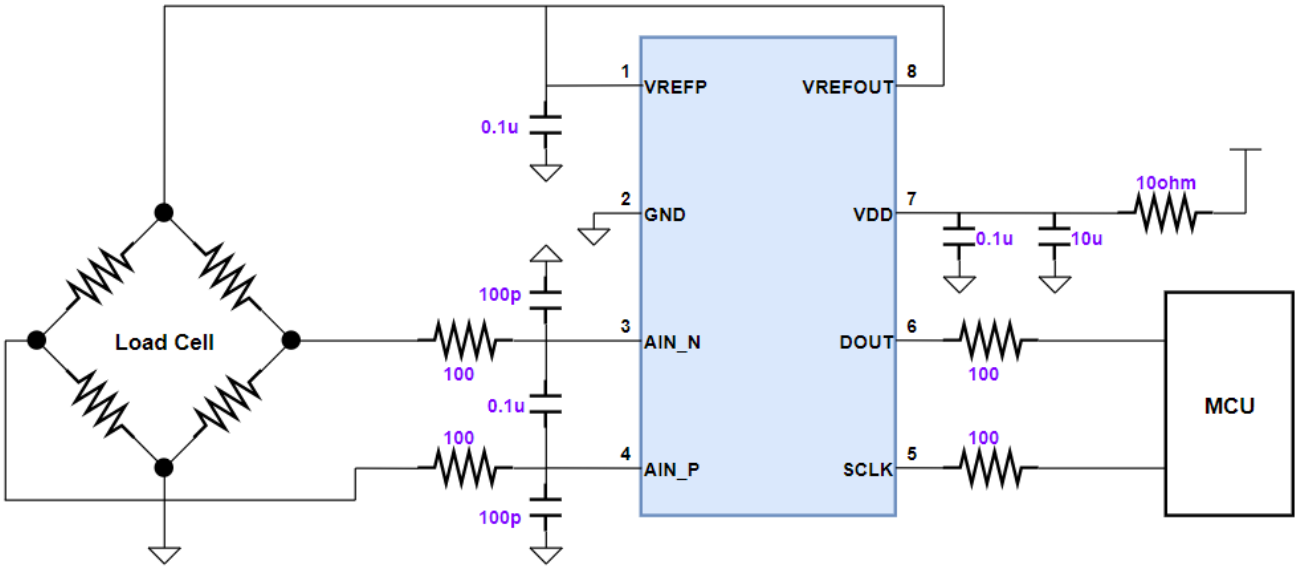
配置寄存器 2:(cfgr2), address = 0b0010

位	默认值	名称	描述
[7:5]	111	PGA_GSEL	**PGA Gain 选择**: 000 : x1 (不开放） 001 : x2 (不开放） 010 : x4 011 : x8 100 : x16 101 : x32 110 : x64 111 : x128
[4]	0	PGABUF_GSEL	**PGABUF Gain 选择:** 0: x1 1: x2
[3]	-	-	-
[2]	0	-	-
[1]	0	-	-
[0]	0	PGA_BYPASS	**PGA Bypass 选择:** 0: 普通模式。 PGA+PGABUF+DSM 1:PGA 关闭。 PGABUF+DSM

5.6.10. 特殊说明

a. PMD040 需要在上电后由 MCU 通过 SPI 进行初始化，并向 PMD040 发送命令字符串 “ 0x6A、0x04、0x63、0x04” 。(仅为工程样品）

6. 应用电路



注意：如果在快速开机时出现启动问题，可以在电源路径中串联一个 10 奥姆的电阻来抑制此问题。

7. 封装

PMD040 采用 SOP8 封装。