



摘要

本应用手册简要介绍了 MSPM0 模拟特性。MSPM0 器件具有各种集成模拟特性，这些特性不是器件中的隔离式外设，而是支持多种内部连接配置选项。无需添加外部元件，并且应用软件可以轻松配置连接。系统设计的明显优势包括节省 BOM 成本、减小 PCB 尺寸、易于配置、提高可靠性和灵活性。

内容

1 MSPM0 系列概述	2
2 MSPM0 主要模拟特性	2
2.1 集成业界卓越的 12 位 ADC.....	2
2.2 具有基准 DAC 的双模式比较器.....	2
2.3 缓冲 12 位 1Msps DAC.....	3
2.4 零漂移和零交叉斩波器 OPA.....	3
3 使用 MSPM0 模拟外设轻松灵活地创建系统	4
3.1 ADC 采样和转换.....	4
3.2 差分和级联 OPA 配置.....	4
3.3 窗口比较器模式.....	5
3.4 不同模拟外设之间的内部连接.....	5
4 与 STM32 的模拟比较	7
5 参考文献	7

商标

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 MSPM0 系列概述

MSPM0 系列是新款 MSP 片上系统 (SoC) 器件，可提供基于 Arm® Cortex®-M0+ 32 位内核平台的高度集成、超低功耗 32 位 MCU。这些低成本 MCU 提供高性能模拟外设集成，支持 -40°C 至 125°C 的工作温度范围，并在 1.62V 至 3.6V 的电源电压下运行。在最新 MSPM0 系列中，有两个系列的器件：MSPM0G 的工作频率高达 80MHz，MSPM0L 的工作频率高达 32MHz。

2 MSPM0 主要模拟特性

MSPM0L 和 MSPM0G 器件均提供各种模拟特性，以支持不同的系统设计。MSPM0L 器件提供一个具有可配置内部电压基准的 12 位 1.45Msps ADC、一个具有内置基准 DAC 的双模 (快速模式和超低功耗模式) 比较器、两个具有可编程增益的零漂移零交叉运算放大器、一个通用放大器和一个片上温度传感器。MSPM0G 器件提供高性能模拟外设，例如两个 12 位 4Msps ADC、可配置内部共享电压基准、一个 12 位 1Msps DAC、三个具有内置基准 DAC 的双模式 (快速模式和超低功耗模式) 比较器、两个具有高达 32 倍可编程增益的零漂移零交叉和轨到轨运算放大器和一个通用轨到轨放大器。表 2-1 列出了这些模拟特性。

表 2-1. MSPM0L 和 MSPM0G 模拟特性

特性	MSPM0G	MSPM0L
ADC	12 位 4Msps SAR	12 位 1.45Msps SAR
OPA	两个具有 6MHz 增益带宽的 OPA	两个具有 6MHz 增益带宽的 OPA
比较器	最多 3 个，带 8 位 DAC	1 个，带 8 位 DAC
12 位 DAC	1 Msps	不支持
GPAMP	350kHz 增益带宽	350kHz 增益带宽

2.1 集成业界卓越的 12 位 ADC

MSPM0 ADC 可提供同类 MCU 任何 ADC 中出类拔萃的 ENOB 和 SNR 性能。该 ADC 在 MSPM0G 器件上提供 12 位 4Msps 采样和 14 位 250ksps 平均采样，在 MSPM0L 器件上提供 12 位 1.45Msps 采样。硬件值计算功能无需软件和 CPU 干预即可提高 ADC 的有效分辨率。该 ADC 还在低功耗模式下以这样的高速度运行，唤醒时间短。可直接从板载 OPA、DAC、温度传感器和多达 16 个外部输入通道采样的 ADC 信号。基准电压可连接至 VDD、外部基准或内部基准。可配置的 12 位、10 位和 8 位分辨率还支持更快的采样率。图 2-1 显示了 MSPM0 ADC 的关键属性。

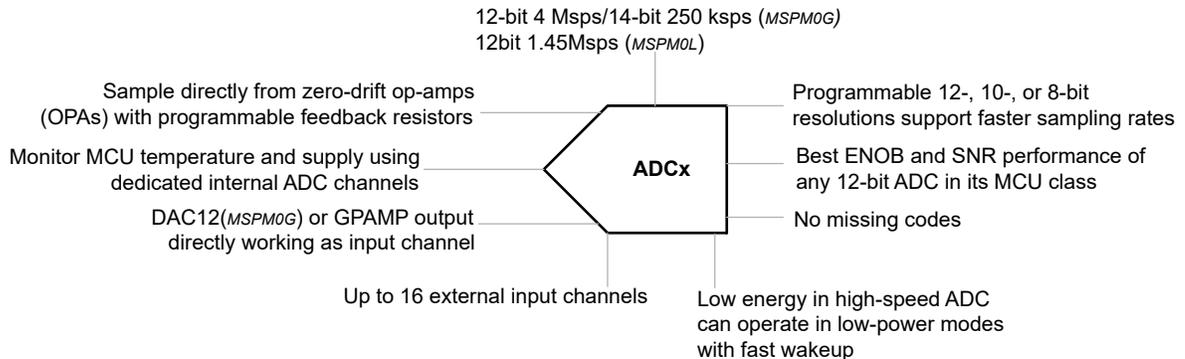


图 2-1. MSPM0 ADC 主要特性

2.2 具有基准 DAC 的双模式比较器

MSPM0 比较器提供超低功耗和快速工作模式，MSPM0L 集成了一个比较器，MSPM0G 器件集成了多达 3 个比较器。比较器具备一定的灵活性，可支持比较器输出的软件可选模拟滤波器、可编程迟滞和 8 位 DAC 中的两个输入代码，以配置基准电压发生器。在 MSPM0G 器件中，两个比较器可以结合起来创建一个窗口比较器。图 2-2 显示了 MSPM0 比较器的关键属性。

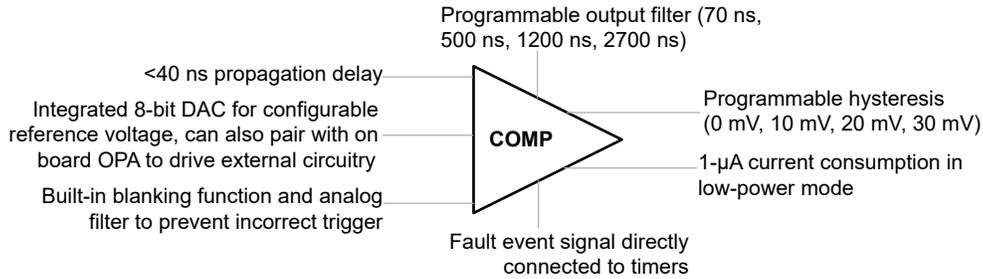


图 2-2. MSPM0 比较器主要特性

2.3 缓冲 12 位 1Msps DAC

除了集成了 8 位 DAC 的比较器，MSPM0G 器件还支持板载 12 位高性能 DAC，该 DAC 可配置为 8 位或 12 位电压输出分辨率。在 MSPM0G 12 位 DAC 中，完全支持 4x12 位内部 FIFO 以及与 DMA 控制器的操作，并且 DAC 输出在内部连接到板载 OPA、ADC 和 COMP。图 2-3 显示了 MSPM0 DAC 的关键属性。

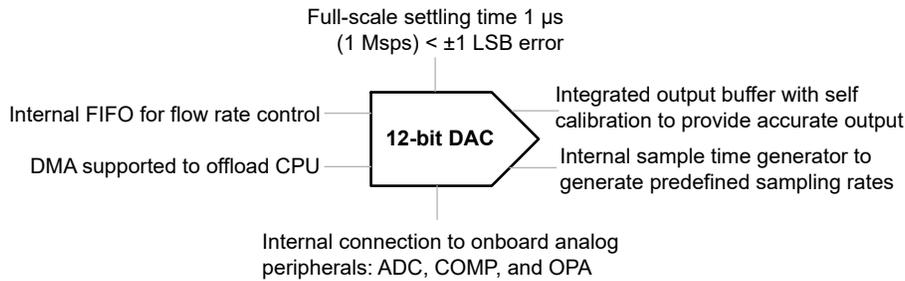


图 2-3. MSPM0 DAC 主要特性

2.4 零漂移和零交叉斩波器 OPA

MSPM0L 和 MSPM0G 器件集成了两个高性能 OPA，MSPM0L134x 型号支持 TIA。MSPM0 OPA 为同相和反相常见提供各种输入通道。MSPM0 OPA 支持斩波模式，该模式具有标准斩波和 ADC 辅助斩波。支持烧毁电流源 (BCS)，以监控传感器的输入信号并检测传感器是否正常工作。图 2-4 显示了 MSPM0 OPA 的关键属性。

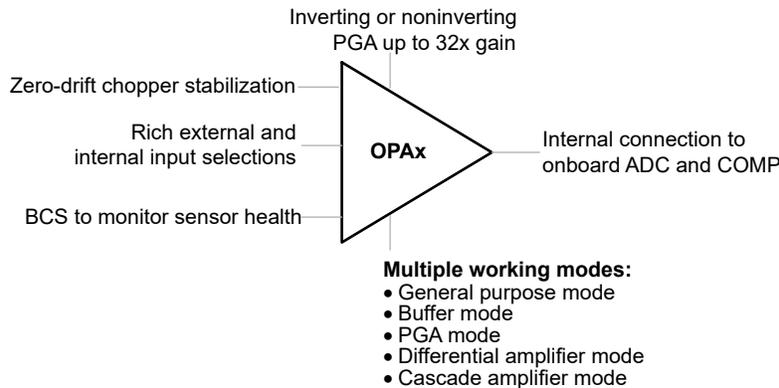


图 2-4. MSPM0 OPA 主要特性

3 使用 MSPM0 模拟外设轻松灵活地创建系统

MSPM0 器件支持针对单个模拟特性和多个模拟外设的灵活组合的不同方案。无需添加外部器件即可实现额外电路来支持这些功能 - 所有配置都可以在一个器件中轻松完成。下一节中的示例演示了使用 MSPM0 器件构建模拟特性时的易用性和灵活性。

3.1 ADC 采样和转换

采样保持时间决定了在执行数字转换之前对信号进行采样的时间。在采样阶段，内部开关允许对输入电容器充电。电容器充满电所需的时间取决于连接到 ADC 输入引脚的外部电容器。图 3-1 显示了 MSPM0 ADC 的模型。

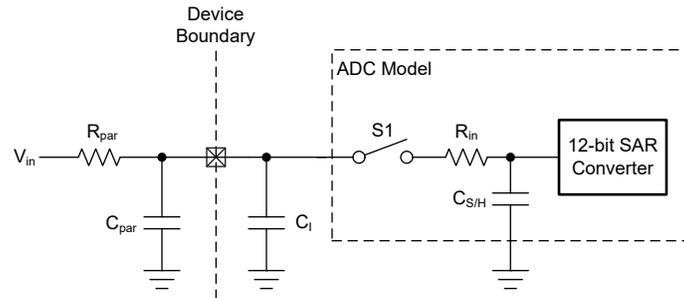


图 3-1. ADC 连接图

ADC 输入阻抗 R_{in} 和采样保持电容 $C_{S/H}$ 的值可在器件特定数据表的 **ADC 电气特性** 部分中找到。IO 输入电容 C_{in} 的值可在器件特定数据表的 **数字 IO 电气特性** 部分中找到。ADC 模型前面的 R_{par} 和 $C_{par}|C_i$ 的功能是为电荷注入提供一条路径，并在 V_{in} 和 ADC 模型之间进行一些滤波。 C_i 仅专用于 IO 输入电容，并被视为 RC 滤波器的一部分。

3.2 差分 and 级联 OPA 配置

某些 MSPM0G 和 MSPM0L 器件支持两个 OPA。如果器件上有两个运算放大器，则将其用作差分放大器或级联模式。

图 3-2 显示了如何在 MSPM0 器件中使用两个 OPA 构成差分放大器的示例。

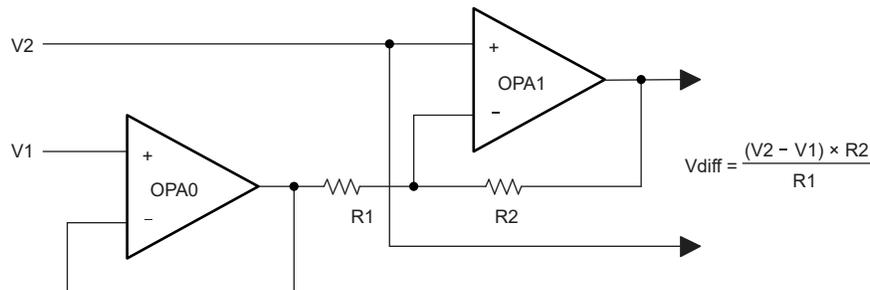


图 3-2. MSPM0 OPA 作为差分放大器

该电路根据电阻器 $R1$ 和 $R2$ 添加或减去电压。电压差可通过图中的公式计算，OPA 输出也可通过板载 ADC 上的 MSPM0 或作为比较器的输入进行测量。

如果一个 OPA 的增益不足以获得额外增益，则可以将两个 OPA 配置为级联模式。图 3-3 显示了级联放大器的图。总增益基于电阻器 $R1$ 、 $R2$ 、 $R3$ 和 $R4$ 的配置。

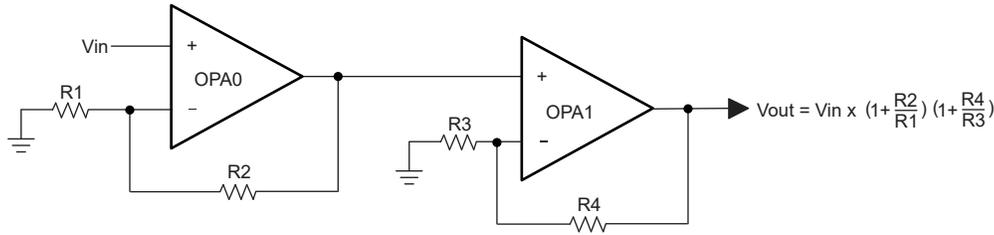


图 3-3. 级联模式下的 MSPM0 OPA

3.3 窗口比较器模式

MSPM0G 器件支持多个比较器，并且可以组合两个比较器来创建一个窗口比较器。窗口比较器中使用了两种不同的阈值电压。如果输入信号处于窗口范围内，则比较器输出为高电平。如果信号超出窗口范围，则输出低电平。

图 3-4 显示了窗口比较器模式。

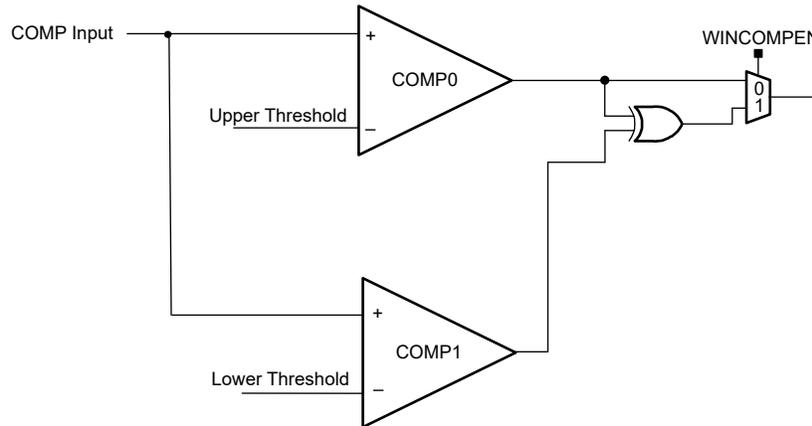


图 3-4. MSPM0 窗口比较器模式

3.4 不同模拟外设之间的内部连接

软件可以配置 MSPM0 器件中的内部模拟连接。以下示例显示了 MSPM0 器件内部的内部路径，可轻松灵活地为不同用例创建模拟特性。

1. 将 OPA 路由到 ADC 和 COMP 以放大输入信号 (请参阅图 3-5)。

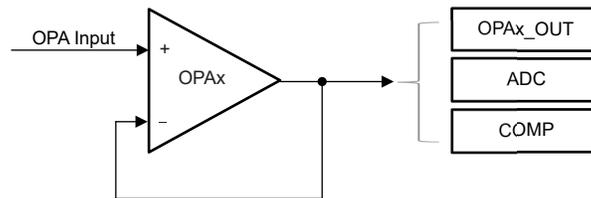


图 3-5. 到 ADC 和比较器的 OPA 连接

OPA 斩波模式可显著改善失调电压和漂移性能。当 OPA 连接到 ADC 时，如果需要斩波模式，除了 OPA 内的标准斩波之外，还可以支持 ADC 辅助斩波模式。

2. 将 COMP 的 8 位 DAC 或 12 位 DAC 路由到 OPA 以生成偏置。

一些 MSPM0G 器件支持将 12 位 DAC 用作器件中的独立外设。此 DAC 可直接连接到 OPA 输入以生成偏置电压 (请参阅图 3-6)。

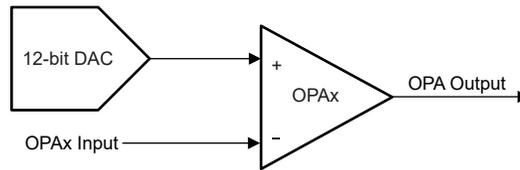


图 3-6. 12 位 DAC 连接到 OPA

不仅 12 位 DAC 能够生成偏置电压。比较器中的 8 位 DAC 还与 OPA 连接 (请参见图 3-7)。

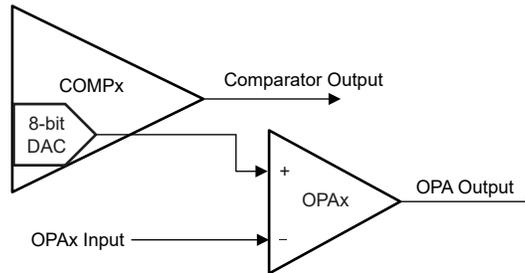


图 3-7. 比较器 8 位 DAC 连接到 OPA

3. 将 GPAMP 输出连接到 ADC 和 OPA 以放大输入信号。

支持从 GPAMP 直接连接到其他模拟外设，如 OPA。连接到 ADC 时，GPAMP 中还支持标准和 ADC 辅助斩波模式 (请参阅图 3-8)。

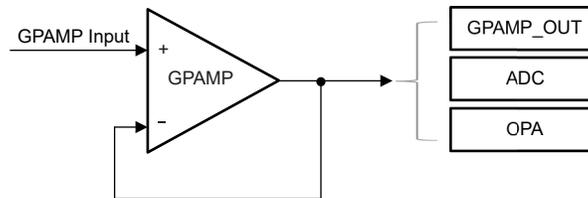


图 3-8. GPAMP 与 ADC 和 OPA 的连接

4 与 STM32 的模拟比较

MSPM0 和 STM32 在特性或引脚数方面不是完全相同的器件，但是器件是相似的，并且针对类似的应用。表 4-1 列出了 MSPM0 和 STM32F0/G0/C0 之间模拟特性比较的详细信息。STM32F0/G0/C0 中不支持 OPA，MSPM0L 和 MSPM0G 都提供两个零漂移零交叉和轨到轨运算放大器。

表 4-1. MSPM0 与 STM32 模拟特性

特性	MSPM0G	MSPM0L	STM32F0	STM32G0	STM32C0	
CPU	Cortex M0+ 80MHz	Cortex M0+ 32MHz	Cortex-M0 48MHz	Cortex M0+ 64MHz	Cortex M0+ 48MHz	
VDDA	1.62 V 至 3.6 V	1.62 V 至 3.6 V	2.4 V 至 3.6 V	1.62 V 至 3.6 V	2 V 至 3.6V	
ADC	通道和采样率	16 通道 12 位 4Msps	10 通道 12 位 1.45Msps	16 通道 12 位 1Msps	16 通道 12 位 2.5Msps	
	ENOB	11.2 位	11.2 位	未提供	10.2 位	
	SNR (Vref = VDD)	70dB	70dB	未提供	64dB	
	INL	±2 LSB	±2 LSB	±1.7 LSB	±1.5 LSB	
	DNL	±1 LSB	±1 LSB	±1.3 LSB	±3 LSB	
比较器	输入滞后	0.4、10、20、30mV	0.4、10、20、30mV	0、8、15、31mV	0、10、20、30mV	不支持
	传播延迟	49ns	49ns	240ns	50ns	
	启动时间	1.2 μs	1.2 μs	60 μs	15 μs	
	集成型 DAC	8 位 DAC	8 位 DAC	不支持	不支持	
DAC	数据速率	12 位 1Msps	不支持	1Msps	12 位	不支持
	ENOB	11 位		未提供	11.5 位	
	SNR	70dB		未提供	71.6dB	
	INL	±4 LSB		±4 LSB	±4 LSB	
	DNL	±1LSB		±2LSB	±2LSB	
OPA	V _{CM}	-0.1V 至 (VDD - 0.3V)		不支持		
	GBW	6 MHz				
	压摆率	4 V/μs				
	THDN	0.005%				

为了提高模拟特性的性能，噪声是多余的信号，因为它会干扰原始消息信号并破坏信号的性能参数。例如，ADC 噪声误差对 ENOB 有很大影响（有效位数）。MSPM0 器件提供 70dB SNR（信噪比），因此 ENOB 可以通过 12 位 SAR ADC 达到 11.2 位。

5 参考文献

1. MSPM0 G 系列 80MHz 微控制器技术参考手册
2. MSPM0 L 系列 32MHz 微控制器技术参考手册

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司