

Analog Engineer's Circuit

具有 MSP430™ 智能模拟组合的跨阻放大器电路



Luis Reynoso

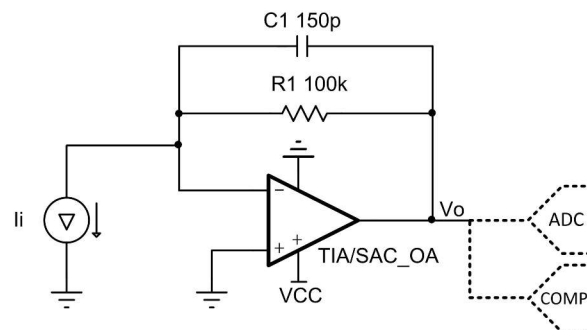
设计目标

输入		输出		BW	电源	
I_{iMin}	I_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	f_p	V_{cc}	V_{ee}
0A	30 μ A	0.2V	3.2V	10kHz	3.3V	0V

设计说明

某些 MSP430™ 微控制器 (MCU) 包含可配置的集成信号链元件，例如运算放大器、DAC 和可编程增益级。这些元件组成了一个称为智能模拟组合 (SAC) 的外设。有关 SAC 的不同类型以及如何利用其可配置模拟信号链功能的信息，请查看 [MSP430 MCU 智能模拟组合](#) 视频。要开始设计，请下载 [MSP430 跨阻放大器电路设计文件](#)。

跨阻运算放大器电路可以将输入电流源转换为输出电压。电流到电压的增益基于反馈电阻。当输入电流发生变化时，该电路可在输入源两端保持恒定的电压偏置，此特性对许多传感器都很有用。[MSP430FR2311](#) 中跨阻放大器 (TIA) 模块的特性使其特别适合用于此功能；然而，此电路也可以通过 [MSP430FR2311](#) 或具有额外内置 DAC 和 PGA 功能的 [MSP430FR2355](#) 来实现。这些集成放大器的输出可以直接通过片上 ADC 采样或通过片上比较器进行监测，以在 MCU 内部进行进一步处理。



设计说明

- 具有低输入偏置电流的运算放大器可减少直流误差。
- 可以向同相输入添加偏置电压，从而得到 0A 输入电流的输出电压。[MSP430FR2355 SAC_L3](#) 中的集成 12 位 DAC 可以用于实现此目的。
- 在线性输出电压摆幅 (请参阅 A_{oi} 规格) 内运行，从而更大幅度地降低非线性误差。
- 如果该解决方案是通过 [MSP430FR2311](#) 实现的，则该电路可以由跨阻放大器 (TIA) 模块或 [SAC_L1](#) 实现。
- 如果该解决方案是通过 [MSP430FR2355 SAC_L3](#) 实现的，则应将运算放大器配置为通用模式。
- [MSP430 跨阻放大器电路设计文件](#) 包含展示如何正确初始化外设的代码示例。

设计步骤

1. 选择增益电阻器。

$$R_1 = \frac{V_{oMax} - V_{oMin}}{I_{iMax}} = \frac{3.2V - 0.2V}{30\mu A} = 100k\Omega$$

2. 选择满足电路带宽要求的反馈电容器。

$$C_1 \leq \frac{1}{2 \times \pi \times R_1 \times f_p}$$

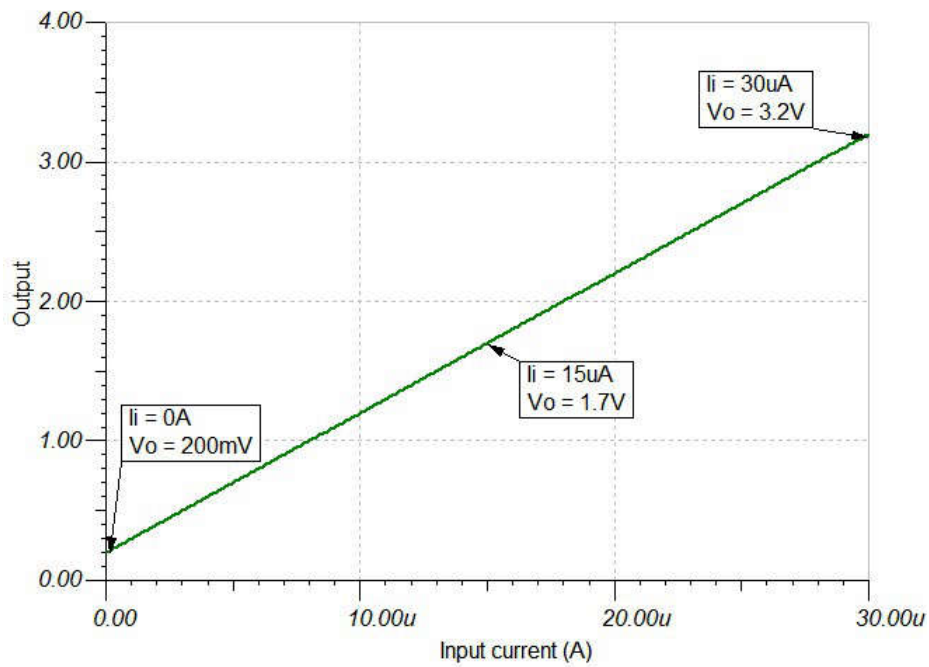
$$C_1 \leq \frac{1}{2 \times \pi \times 100k\Omega \times 10kHz} \leq 159pF \approx 150pF \text{ (Standard Value)}$$

3. 计算使电路保持稳定所必需的运算放大器增益带宽 (GBW)。

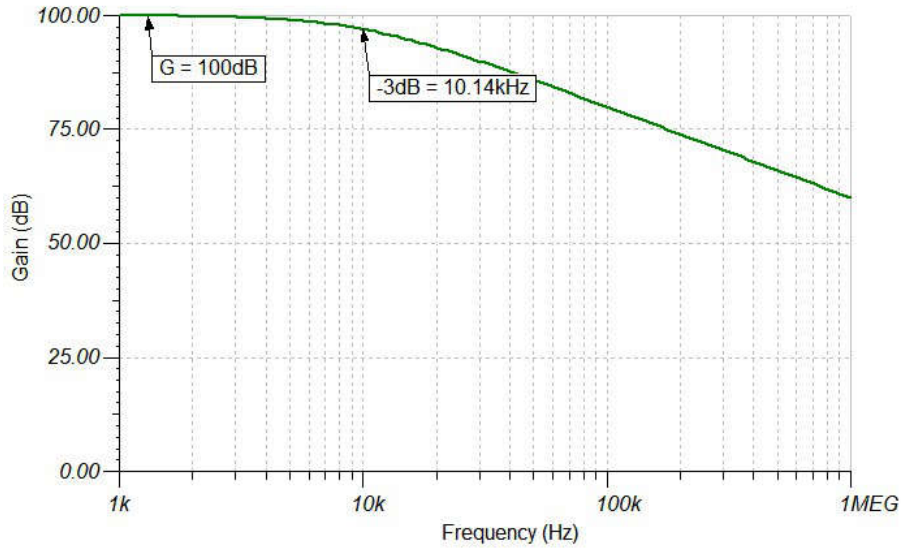
$$GBW > \frac{C_{in} + C_1}{2 \times \pi \times R_1 \times C_1^2} > \frac{7pF + 150pF}{2 \times \pi \times 100k\Omega \times (150pF)^2} > 11.10kHz$$

设计仿真

直流仿真结果



交流仿真结果



目标应用

- 烟雾和热量探测器
- 气体检测仪
- 运动检测器
- 脉搏血氧仪
- 血糖监测仪

设计参考资料

1. 德州仪器 (TI), [MSP430 跨阻放大器](#), 代码示例和 SPICE 仿真文件
2. 德州仪器 (TI), [MSP430FR2311 具有 3.75KB FRAM、运算放大器、TIA、具有 DAC 的比较器、10 位 ADC 的 16MHz 集成模拟微控制器](#), 产品页面
3. 德州仪器 (TI), [MSP430 MCU 智能模拟组合](#), 视频



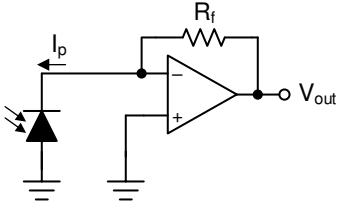
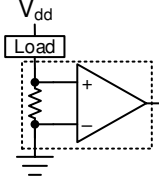
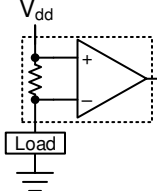
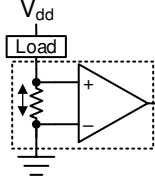

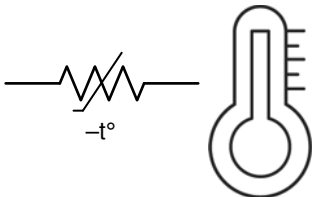
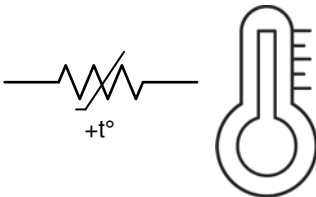
设计特色运算放大器

MSP430FR2311 跨阻放大器	
V_{CC}	2.0V 至 3.6V
V_{CM}	-0.1V 至 $V_{CC}/2V$
V_{out}	轨到轨
V_{os}	$\pm 5mV$
A_{OL}	100dB
I_q	350 μA (高速模式)
	120 μA (低功耗模式)
I_b	5pA (TSSOP-16, 带 OA 专用引脚输入)
	50pA (TSSOP-20 和 VQFN-16)
UGBW	5MHz (高速模式)
	1.8MHz (低功耗模式)
SR	4V/ μs (高速模式)
	1V/ μs (低功耗模式)
通道数量	1
	MSP430FR2311

设计备选运算放大器

MSP430FRxx 智能模拟组合		
	MSP430FR2311 SAC_L1	MSP430FR2355 SAC_L3
V_{CC}	2.0V 至 3.6V	
V_{CM}	-0.1V 至 $V_{CC} + 0.1V$	
V_{out}	轨到轨	
V_{OS}	$\pm 5mV$	
A_{OL}	100dB	
I_q	350 μA (高速模式)	
	120 μA (低功耗模式)	
I_b	50pA	
UGBW	4MHz (高速模式)	2.8MHz (高速模式)
	1.4MHz (低功耗模式)	1MHz (低功耗模式)
SR	3V/ μs (高速模式)	
	1V/ μs (低功耗模式)	
通道数量	1	4
	MSP430FR2311	MSP430FR2355

MSP430 相关电路

低噪声、远距离 PIR 传感器调节器电路 	桥式放大器电路 	跨阻放大器电路 
单电源、低侧、单向电流检测电路 	带有分立式差分放大器的高侧电流检测电路 	低侧双向电流检测电路 
半波整流器电路 	通过 NTC 热敏电阻电路检测温度 	通过 PTC 热敏电阻电路检测温度 

商标

MSP430™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (March 2020) to Revision B (October 2024) Page

- 通篇更新了表格、图和交叉参考的格式..... 1
-

Changes from Revision * (December 2019) to Revision A (March 2020) Page

- 添加了 *MSP430* 相关电路 部分..... 1
-

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司