

## 应用 MSP430™ 智能模拟组合的跨阻放大器电路

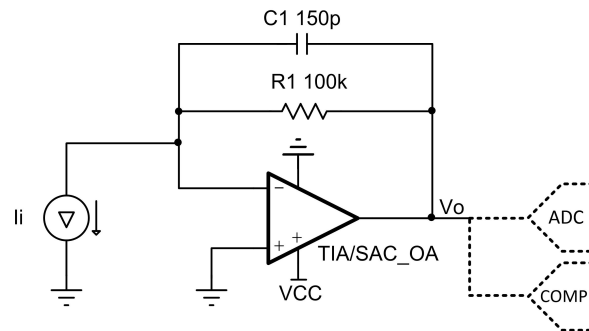
### 设计目标

输入		输出		BW	电源	
$I_{Min}$	$I_{Max}$	$V_{oMin}$	$V_{oMax}$	$f_p$	$V_{cc}$	$V_{ee}$
0A	30 $\mu$ 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 和可编程增益器。这些元件组成了一个称为智能模拟组合 (SAC) 的外设。有关如何使用 SAC 的模拟信号链功能的信息，请访问 [MSP430 MCU 智能模拟组合培训](#)。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于此功能；然而，此电路也可以通过 MSP430FR2311 SAC\_L1 或具有额外片上集成的 DAC 和 PGA 功能的 MSP430FR2355 SAC\_L3 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，从而最大程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。

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

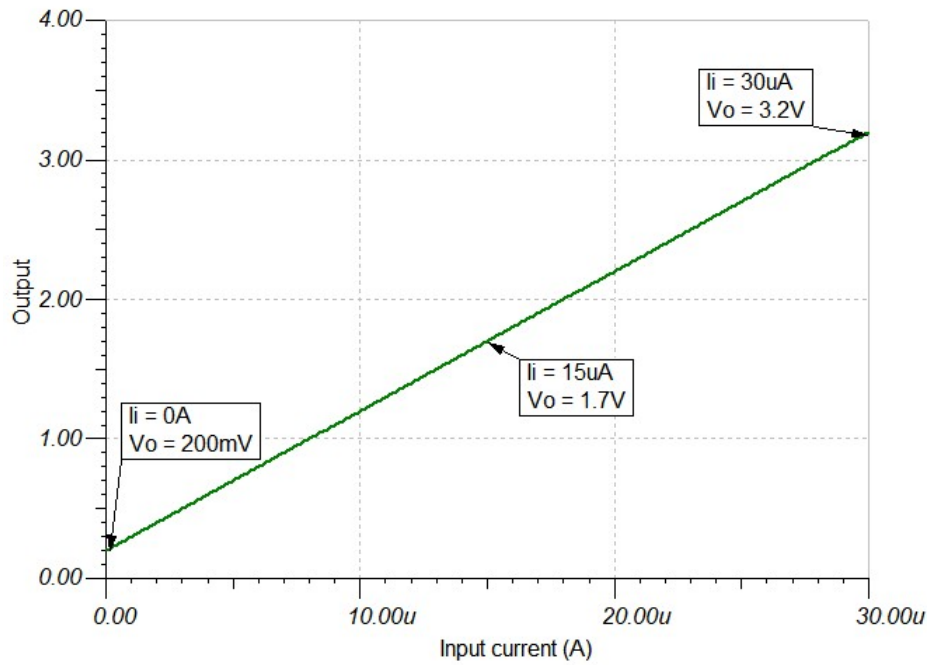
$$C_1 \leq \frac{1}{2 \times \pi \times 100k\Omega \times 10kHz} \leq 159pF \approx 150pF \text{ (Standard Value)}$$

3. 计算使电路保持稳定所必需的运算放大器增益带宽 (GBW)。

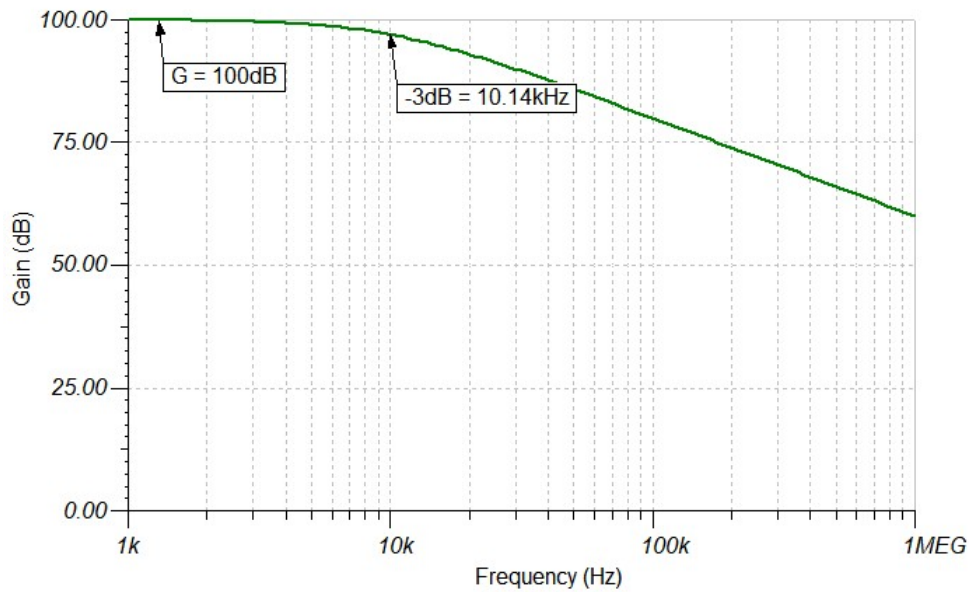
$$GBW > \frac{C_{in} + C_1}{2 \times \pi \times R_1 \times C_1^2} > \frac{7pF + 150pF}{2 \times \pi \times 100k\Omega \times (150pF)^2} > 11.10kHz$$

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
- 空气质量和气体检测
- 气体检测器
- 运动检测器

- 脉动式血氧计
- 血糖监测仪

#### 设计参考资料

1. [MSP430 跨阻放大器电路代码示例和 SPICE 仿真文件](#)
2. 《模拟工程师电路设计指导手册》
3. [MSP430FR2311 TINA-TI Spice 模型](#)
4. [MSP430 MCU 智能模拟组合培训](#)



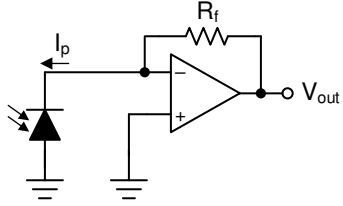
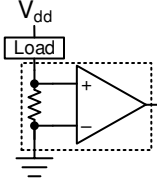
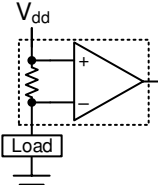
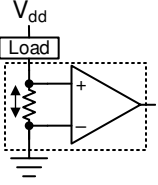

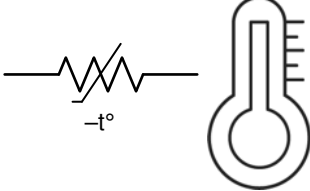
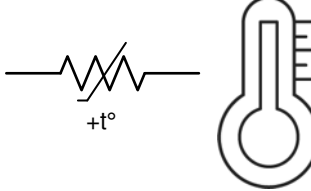
#### 设计特色运算放大器

MSP430FR2311 跨阻放大器	
$V_{CC}$	2.0V 至 3.6V
$V_{CM}$	-0.1V 至 $V_{CC}/2V$
$V_{out}$	轨至轨
$V_{os}$	$\pm 5mV$
$A_{OL}$	100dB
$I_q$	350 $\mu A$ (高速模式)
	120 $\mu A$ (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/ $\mu s$ (高速模式)
	1V/ $\mu s$ (低功耗模式)
通道数量	1
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/MSP430FR2311">http://www.ti.com.cn/product/cn/MSP430FR2311</a>	

#### 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 $V_{CC} + 0.1V$	
$V_{out}$	轨至轨	
$V_{os}$	$\pm 5mV$	
$A_{OL}$	100dB	
$I_q$	350 $\mu A$ (高速模式)	
	120 $\mu A$ (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/ $\mu s$ (高速模式)	
	1V/ $\mu s$ (低功耗模式)	
通道数量	1	4
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/MSP430FR2311">http://www.ti.com.cn/product/cn/MSP430FR2311</a>		
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/MSP430FR2355">http://www.ti.com.cn/product/cn/MSP430FR2355</a>		

MSP430 相关电路

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

## 修订历史记录

注：之前版本的页码可能与当前版本有所不同。

**Changes from December 13, 2019 to March 6, 2020****Page**

- 
- 添加了 *MSP430* 相关电路部分..... 5
-

## 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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司