



Matthew Calvo

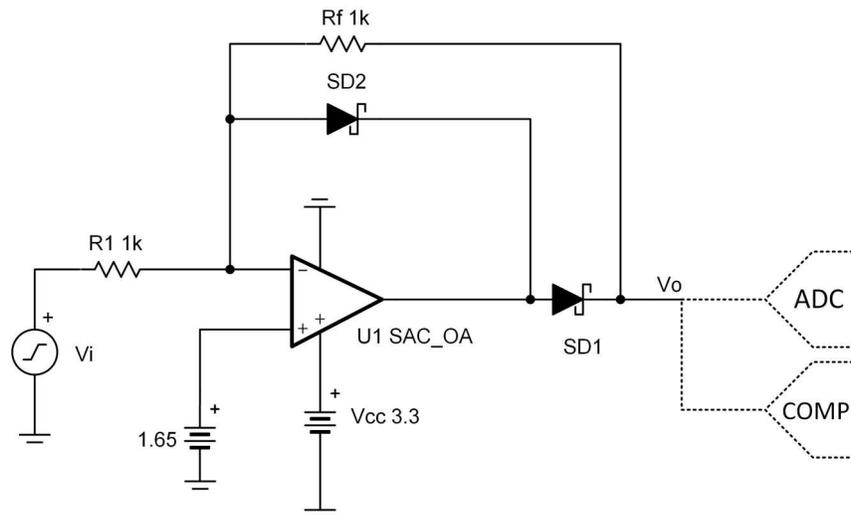
设计目标

输入		输出		电源	
V_{iMin}	V_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	V_{cc}	V_{ee}
0.2V _{pp}	2V _{pp}	0.1V _p	1V _p	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。这些组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，请访问 [MSP430 MCU 智能模拟组合培训](#)。要开始设计，请下载 [半波整流器电路设计文件](#)。

精密半波整流器仅会将随时间变化的输入信号（最好是正弦波）的负半输入反转并传输到其输出。此电路在反相放大器配置中使用了 [MSP430FR2311 SAC_L1](#) 运算放大器，并使用了适当的二极管。通过使用 [MSP430FR2355 SAC_L3](#) 模块中的集成 DAC 在同相运算放大器终端上提供偏置电压，可实现高度集成。通过适当地选择反馈电阻器值，可以实现不同的增益。精密半波整流器通常与其他运算放大器电路（例如峰值检测器或带宽受限的同相放大器）配合使用，以产生直流输出电压。SAC_L3 运算放大器的输出可与 MSP430FR2355 中的其他 3 个 SAC_L3 模块级联，以扩展模拟信号链功能，或由板载 ADC 直接采样或由板载比较器监控，以在 MCU 内部进行进一步处理。此配置用来处理 0.2V_{pp} 到 2V_{pp} 之间的低于 50kHz 的正弦输入信号。



设计说明

- 根据线性输出摆幅设置输出范围（请参阅 A_{ol} 规格）。
- 使用开关速度快的二极管。高频输入信号将会失真，具体的程度取决于二极管可以从阻断状态过渡到正向导通模式的速度。肖特基二极管可能是一个较好的选择，因为它们以较高的反向漏电流为代价实现了比 pn 结二极管更快的转换速度。
- 电阻器误差决定电路的增益误差。
- 通过选择低阻值电阻器来更大限度地降低噪声误差。
- 如果该修复方案是通过 MSP430FR2311 实现的，则可以在通用模式下通过 SAC_L1 运算放大器或跨阻放大器 (TIA) 来实现该电路。在这两种情况下，均可使用电阻分压器或外部 DAC 设置偏置电压。
- 如果使用的运算放大器是 TIA，则需要将输入电压保持在 $V_{CC}/2$ 以下，以在外设的共模输入规格范围内工作。
- 如果该修复方案是使用 MSP430FR2355 实现的，则可以在 DAC 模式下使用 4 个片上 SAC_L3 外设中的任何一个来实现该电路，以在同相运算放大器终端上生成偏置电压。
- 当输入信号改变极性时，放大器输出必须摆动两个二极管压降。MSP430 SAC 和 TIA 运算放大器可以配置为“高速模式”，以实现更高的压摆率。
- [半波整流器电路设计文件](#) 包含如何正确初始化 SAC 外设的代码示例。

设计步骤

1. 设置半波整流器的期望增益，以选择反馈电阻器。

$$V_o = \text{Gain} \times V_i$$

$$\text{Gain} = -\frac{R_f}{R_1} = -1$$

$$R_f = R_1 = 2 \times R_{eq}$$

- 其中 R_{eq} 是 R_1 和 R_f 的并联电阻阻值
2. 选择电阻器，使得电阻器噪声与运算放大器的电压宽带噪声相比可以忽略不计。

$$E_{nr} = \sqrt{4 \times k_b \times T \times R_{eq}}$$

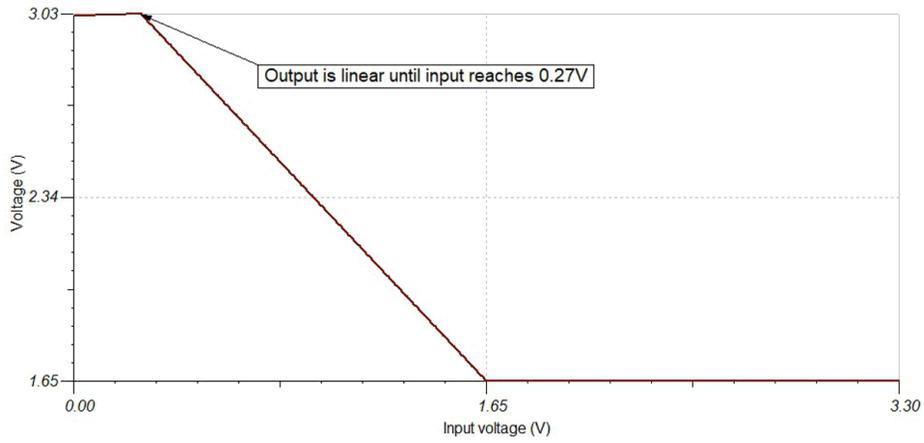
$$R_{eq} \leq \frac{E_{nbb}^2}{4 \times k_b \times T \times 3^2} = (E_{nbb})$$

$$= 20 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}} = \frac{(20 \times 10^{-9})^2}{4 \times 1.381 \times 10^{-23} \times 298 \times 3^2} = 2.7 \text{k}\Omega$$

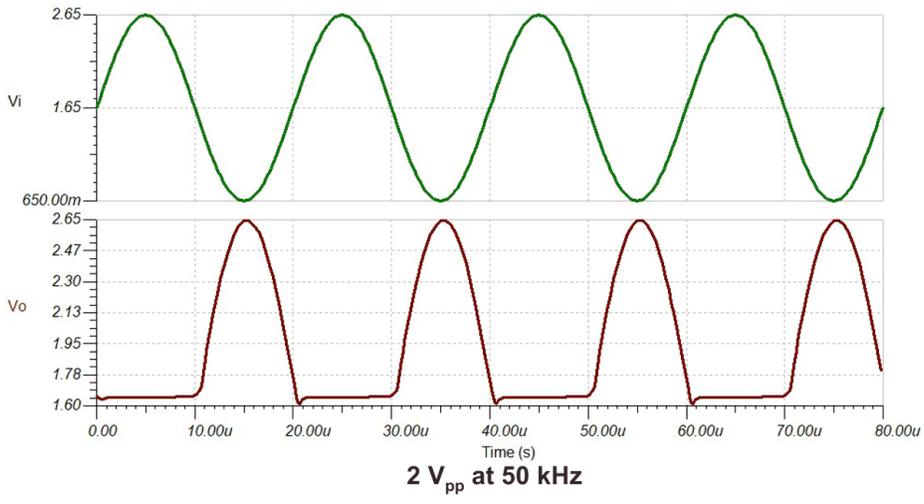
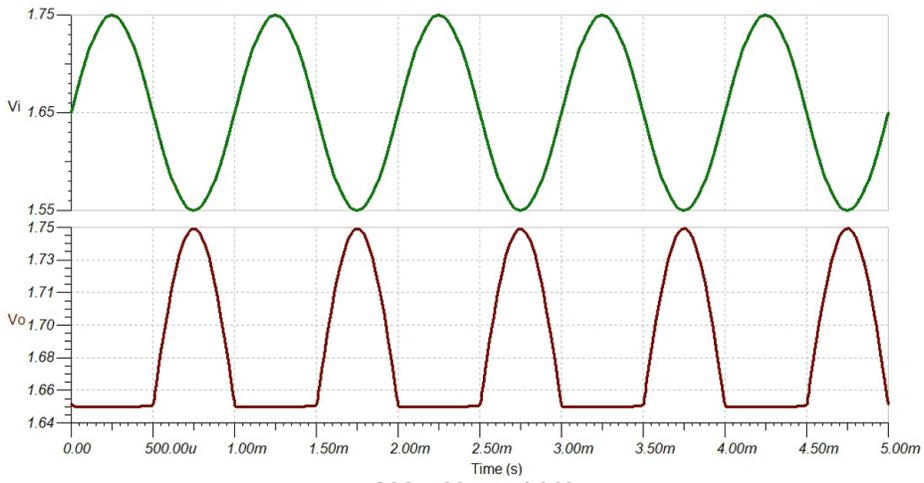
$$R_f = R_1 \leq 5.4 \text{k}\Omega \rightarrow 1 \text{k}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

设计仿真

直流仿真结果



瞬态仿真结果



目标应用

- 电池充电器
- 波形发生器

参考资料

- 德州仪器 (TI), [MSP430 半波整流器电路](#), 设计文件
- 德州仪器 (TI), [MSP430 MCU 智能模拟组合培训](#), 视频

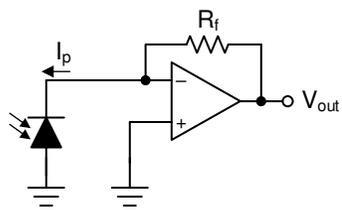
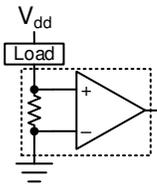
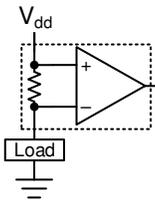
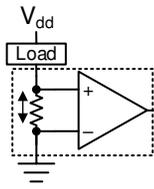
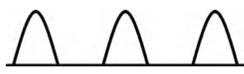
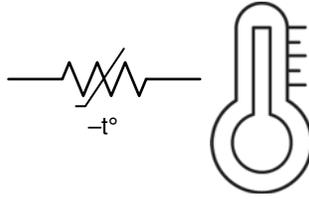
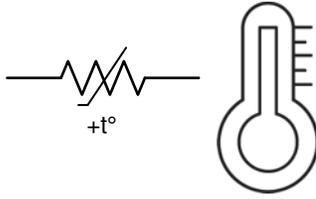
设计特色运算放大器

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}	±5mV	
A_{OL}	100dB	
I_q	350µA (高速模式)	
	120µA (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		

设计备选运算放大器

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}	±5mV
A_{OL}	100dB
I_q	350µA (高速模式)
	120µA (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	

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、单向电流检测电路</p> 	<p>带有分立式差分放大器的高侧电流检测电路</p> 	<p>低侧双向电流检测电路</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> 

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“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