

## 应用 MSP430 智能模拟组合的半波整流器电路

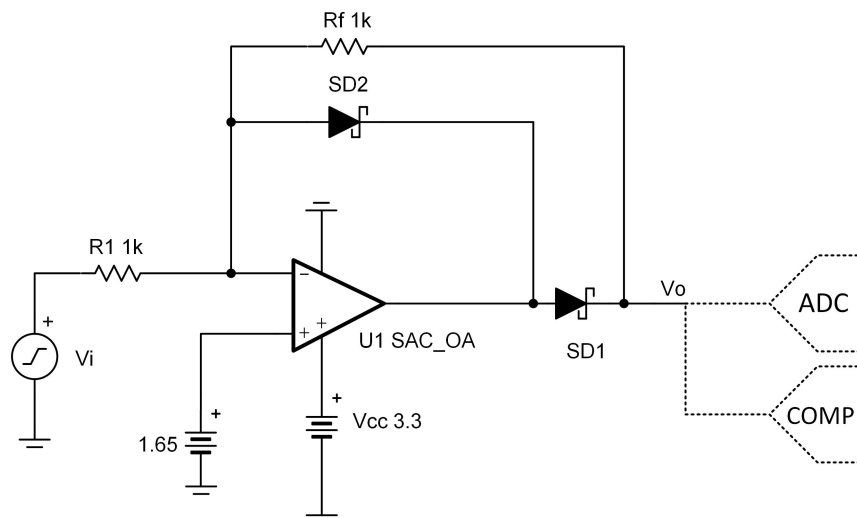
### 设计目标

输入		输出		电源	
$V_{iMin}$	$V_{iMax}$	$V_{oMin}$	$V_{oMax}$	$V_{cc}$	$V_{ee}$
$0.2 V_{pp}$	$2 V_{pp}$	$0.1V_p$	$1 V_p$	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，或由片上 ADC 直接采样或由片上比较器监控，以在 MCU 内部进行进一步处理。这个配置用来处理  $0.2 V_{pp}$  到  $2 V_{pp}$  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最大限度地降低噪声误差。
- 如果该解决方案是通过 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  $VCC/2$  以下，以在外设的共模输入规格范围内工作。
- 如果该解决方案是使用 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。

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

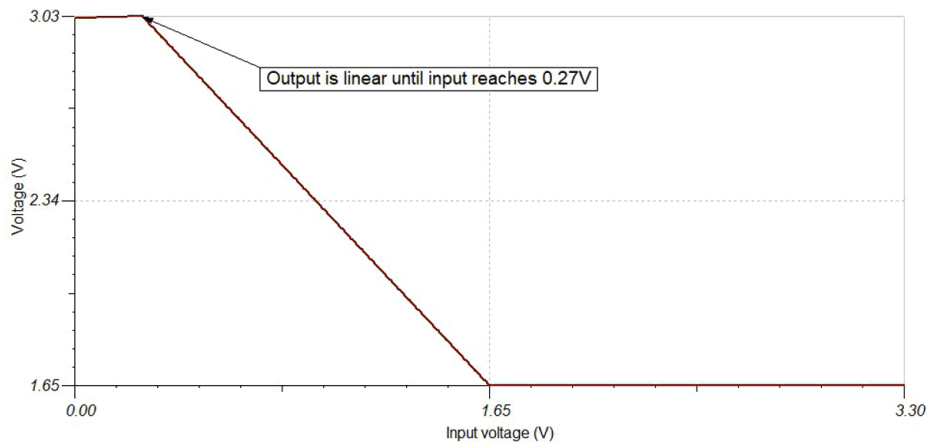
$$R_{eq} \leq \frac{E_{nbb}^2}{4 \times k_b \times T \times 3^2} = (E_{nbb})$$

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

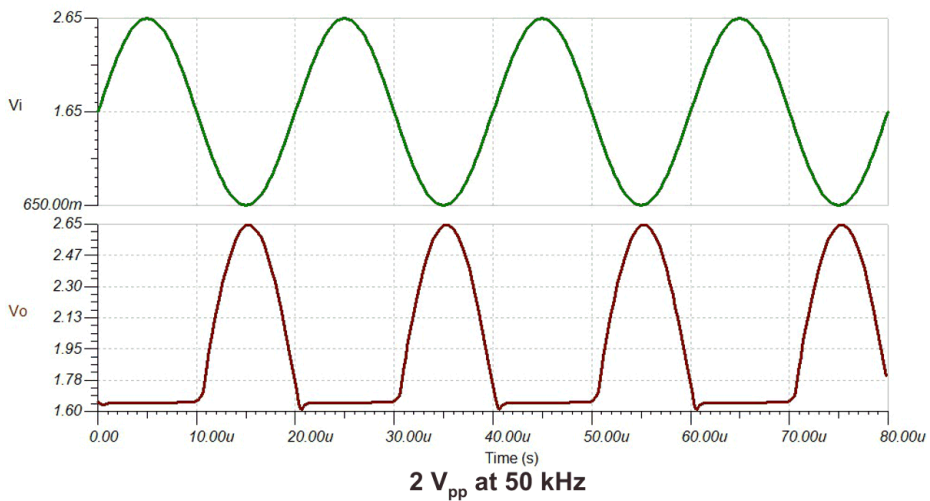
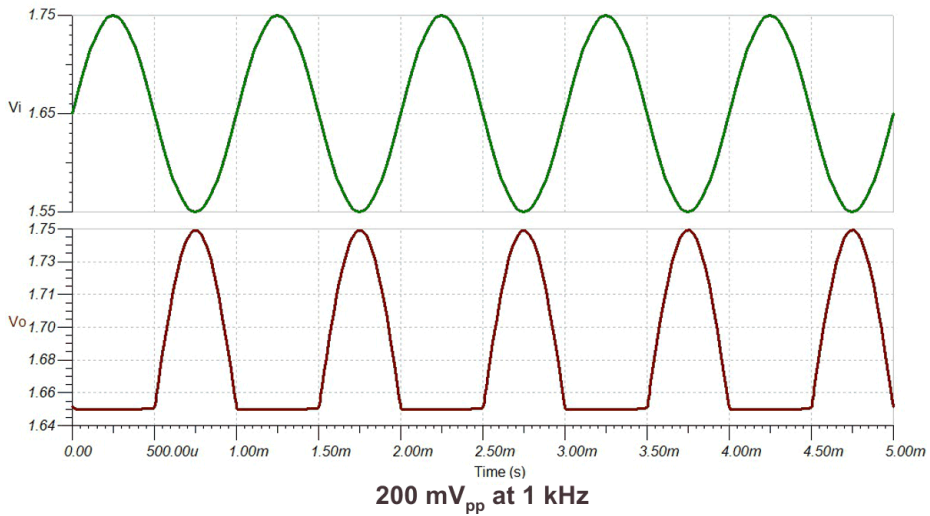
$$R_f = R_1 \leq 5.4k\Omega \rightarrow 1k\Omega \text{ (Standard Value)}$$

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

## 参考文献

1. [MSP430 半波整流器电路代码示例和 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](#)



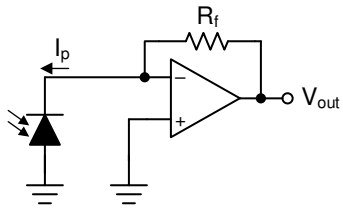
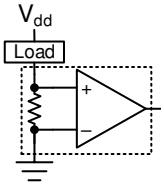
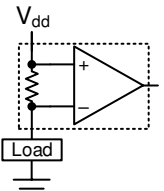
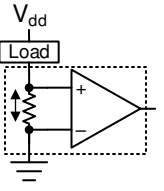

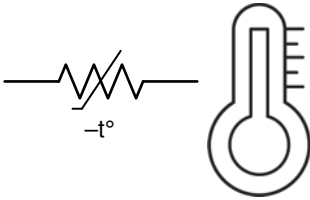
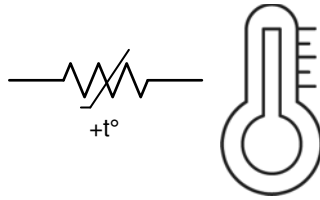
## 设计特色运算放大器

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>		

## 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>	

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。

<b>Changes from December 19, 2019 to March 6, 2020</b>	<b>Page</b>
• 添加了 <i>MSP430</i> 相关电路部分.....	<b>5</b>

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122

Copyright © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司