

Analog Engineer's Circuit

MSP430 スマート アナログ コンボを使用した、半波整流回路



Matthew Calvo

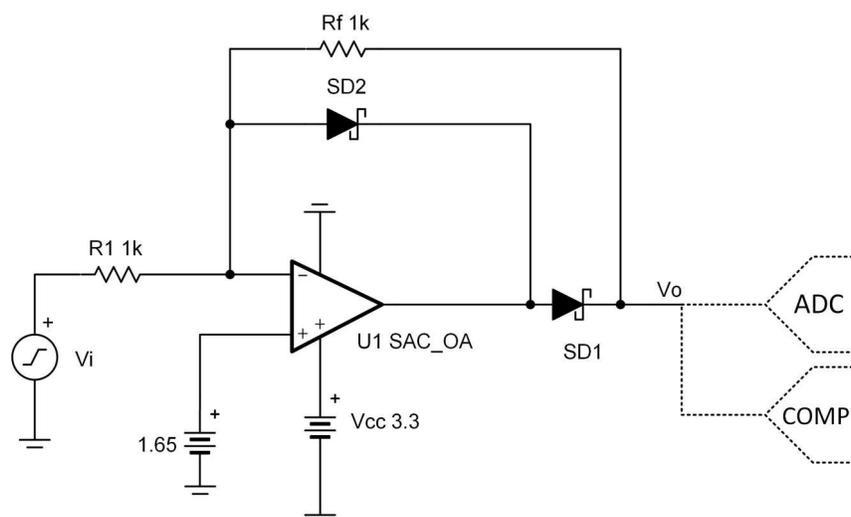
設計目標

入力		出力		電源	
V_{iMin}	V_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	V_{cc}	V_{ee}
0.2V _{pp}	2V _{pp}	0.1V _p	1V _p	3.3 V	0V

設計の説明

一部の MSP430™ マイコン (MCU) は、オペアンプ、DAC、プログラマブル ゲイン段など、構成可能な統合型信号チェーン要素を内蔵しています。これらの要素は、スマートアナログ コンボ (SAC) というペリフェラルを形成しています。さまざまな種類の SAC の詳細や、構成可能アナログ シグナル チェーン機能を活用する方法については、『MSP430 マイコンのスマートアナログ コンボのトレーニング』をご覧ください。設計を開始するには、『半波整流回路の設計ファイル』をダウンロードしてください。

この高精度の半波整流器は、変動する入力信号 (正弦波が望ましい) の負側の半分だけを反転して出力に転送します。この回路は、複数のダイオードを適切に配置して、反転アンプ構成の MSP430FR2311 SAC_L1 オペアンプを使用します。MSP430FR2355 SAC_L3 ブロック内の内蔵 DAC を使用し、オペアンプの非反転端子にバイアス電圧を供給する方法で、統合をさらに進めることができます。帰還抵抗の値を適切に選択することで、各種のゲインを実現できます。高精度の半波整流器は一般に、DC 出力電圧を生成するため、ピーク検出器や帯域幅の制限された非反転アンプなど、他のオペアンプ回路とともに使用されます。SAC_L3 オペアンプの出力を、MSP430FR2355 内にある他の 3 つの SAC_L3 ブロックとカスケード接続する方法でアナログ シグナル チェーン機能を拡張すること、またはオンボード ADC を使用して直接サンプリングすること、あるいはオンボード コンパレータを使用して監視したうえでマイコン内部でさらに処理を進めることができます。この構成は、最高 50kHz の周波数で、0.2V_{pp}~2V_{pp} の範囲の正弦波入力信号に対して動作するよう設計されています。



デザイン ノート

- リニア出力スイングに基づいて出力範囲を設定します (A_{ol} の仕様を参照)。
- 高速スイッチング ダイオードを使用します。高周波の入力信号は、ダイオードがブロッキングから順方向導通モードに移行する速度に応じて歪みます。ショットキー ダイオードは、PN 接合ダイオードよりも移行が高速なので望ましい選択となり得ますが、逆リーク電流が大きい欠点があります。
- 回路のゲイン誤差は、抵抗の公差により決定されます。
- 値の低い抵抗を選択し、ノイズ誤差を最小化してください。
- MSP430FR2311 を使用して修正を実装する場合、汎用モードの SAC_L1 オペアンプまたはトランスインピーダンスアンプ (TIA) を使用して回路を実現できます。どちらの場合も、抵抗デバイダまたは外部 DAC を使用してバイアス電圧を設定できます。
- TIA オペアンプを使用する場合、ペリフェラルの同相入力仕様内で動作するには、入力電圧を $V_{CC}/2$ よりも低く維持する必要があります。
- MSP430FR2355 を使用して修正を実装する場合、非反転オペアンプ端子でバイアス電圧を生成するために、4 個のオンボード SAC_L3 ペリフェラルのいずれかを DAC モードで使用して回路を実現できます。
- 入力信号の極性が変化したとき、アンプの出力は 2 つのダイオード電圧降下をスルーする必要があります。MSP430 SAC および TIA オペアンプを「高速モード」に構成すると、より高いスルーレートを実現できます。
- 『半波整流回路の設計ファイル』には、SAC ペリフェラルを適切に初期化する方法を示すサンプルコードが付属しています。

設計手順

1. 半波整流器の目的のゲインを設定し、帰還抵抗を選択します。

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

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

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

- ここで、 R_{eq} は R_1 と R_f の並列結合です。
2. オペアンプの電圧広帯域ノイズと比較して、抵抗のノイズが無視できるよう、抵抗を選択します。

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

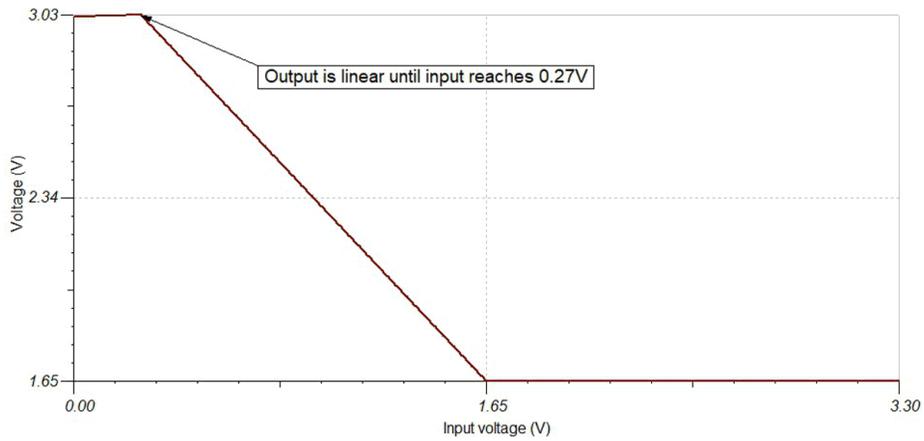
$$R_{eq} \leq \frac{E_{nbb}^2}{4 \times k_b \times T \times 3^2} = (E_{nbb})$$

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

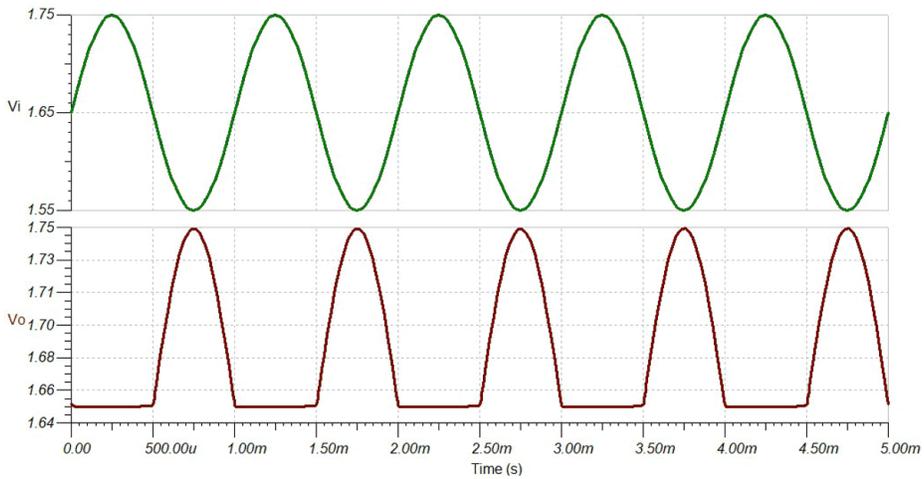
$$R_f = R_1 \leq 5.4 \text{ k}\Omega \rightarrow 1 \text{ k}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

設計シミュレーション

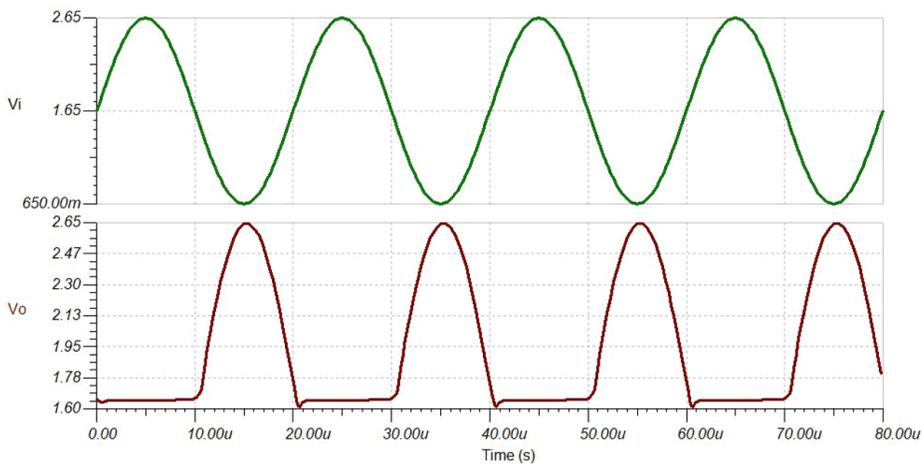
DC シミュレーション結果



過渡シミュレーション結果



200 mV_{pp} at 1 kHz



2 V_{pp} at 50 kHz

ターゲット アプリケーション

- [バッテリー チャージャ](#)
- [波形生成器](#)

参考資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『[MSP430 半波整流回路](#)』、設計ファイル
2. テキサス・インスツルメンツ、『[MSP430 MCU スマート アナログ コンボ トレーニング](#)』、ビデオ

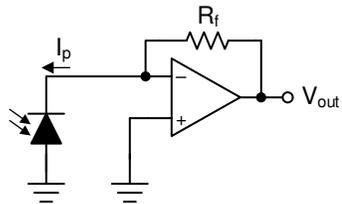
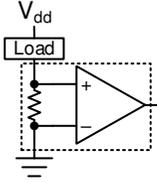
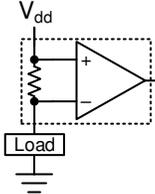
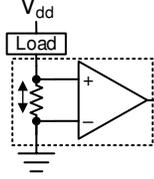
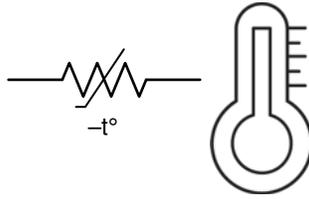
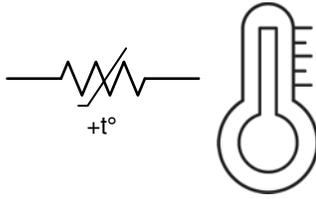
設計に使用されているオペアンプ

MSP430FRxx スマート アナログ コンボ		
	MSP430FR2311 SAC_L1	MSP430FR2355 SAC_L3
V_{CC}	2.0V~3.6V	
V_{CM}	-0.1V~ $V_{CC} + 0.1V$	
V_{out}	レール ツー レール	
V_{os}	±5 mV	
A_{OL}	100 dB	
I_q	350µA (高速モード)	
	120µA (低消費電力モード)	
I_b	50pA	
UGBW	4MHz (高速モード)	2.8MHz (高速モード)
	1.4MHz (低消費電力モード)	1MHz (低消費電力モード)
SR	3V/µs (高速モード)	
	1V/µs (低消費電力モード)	
チャンネル数	1	4
MSP430FR2311		
MSP430FR2355		

設計の代替オペアンプ

MSP430FR2311 トランスインピーダンス アンプ	
V_{CC}	2.0V~3.6V
V_{CM}	-0.1V~ $V_{CC}/2V$
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	±5 mV
A_{OL}	100 dB
I_q	350µA (高速モード)
	120µA (低消費電力モード)
I_b	5pA (TSSOP-16、OA 専用ピン入力付き)
	50pA (TSSOP-20 および VQFN-16)
UGBW	5MHz (高速モード)
	1.8MHz (低消費電力モード)
SR	4V/µs (高速モード)
	1V/µs (低消費電力モード)
チャンネル数	1
MSP430FR2311	

関連 MSP430 回路

<p>低ノイズ、長距離の PIR センサコンディショナー回路</p> 	<p>ブリッジアンプ回路</p> 	<p>トランスインピーダンスアンプ回路</p> 
<p>単一電源、ローサイド、単方向電流センシング回路</p> 	<p>ディスクリート差動アンプ回路搭載ハイサイド電流センシング</p> 	<p>ローサイド双方向電流センシング回路</p> 
<p>半波整流回路</p> 	<p>NTC サーミスタ回路搭載温度センシング</p> 	<p>PTC サーミスタ回路搭載温度センシング</p> 

商標

MSP430™ is a trademark of Texas Instruments.
 すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision A (March 2020) to Revision B (October 2024)	Page
<ul style="list-style-type: none"> 文書全体にわたって表、図、相互参照の書式を更新..... 	1

Changes from Revision * (December 2019) to Revision A (March 2020)	Page
<ul style="list-style-type: none"> 「関連する MSP430 回路」セクションを追加..... 	1

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](#) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated