

Analog Engineer's Circuit

MSP430™ スマート アナログ コンボ搭載、トランスインピーダンス
アンプ回路

Luis Reynoso

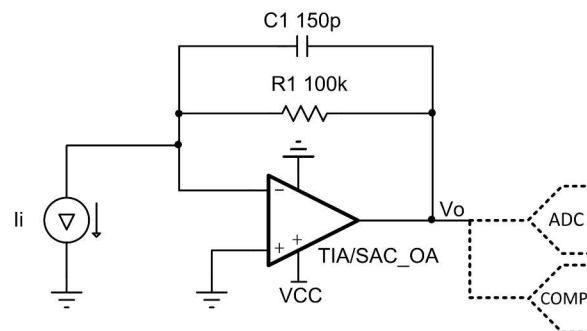
設計目標

入力		出力		BW	電源	
I_{iMin}	I_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	f_p	V_{cc}	V_{ee}
0A	30 μ A	0.2 V	3.2 V	10 kHz	3.3 V	0 V

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、ビデオ『[MSP430 マイコンのスマート アナログ コンボ](#)』をご覧ください。設計を開始するには、[MSP430 トランスインピーダンス アンプ回路の設計ファイル](#)をダウンロードしてください。

このトランスインピーダンス オペアンプ回路構成は、入力電流ソースを出力電圧に変換します。電流から電圧へのゲインは、帰還抵抗に基づきます。この回路は、入力電流が変化しても、入力信号源の両端間で一定の電圧バイアスを維持できるので、多くのセンサにとって役に立ちます。MSP430FR2311 のトランスインピーダンス アンプ (TIA) モジュールの特性は、この機能に特に適しています。ただし、この回路は MSP430FR2311 を使用して実装することや、追加の内蔵 DAC 機能と PGA 機能を搭載した MSP430FR2355 を使用して実装することもできます。これらの内蔵アンプの出力を、オンボード ADC を使用して直接サンプリングすること、またはオンボード 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もできます。



デザイン ノート

- 入力バイアス電流の低いオペアンプにより、DC 誤差が減少します。
- 0A の入力電流に対する出力電圧を設定するため、非反転入力にバイアス電圧を追加できます。MSP430FR2355 SAC_L3 に内蔵された 12 ビット DAC をこの目的で使用できます。
- 非線形誤差を最小限に抑えるため、リニア出力電圧スイングの範囲内 (A_{oi} 仕様を参照) で使用してください。
- MSP430FR2311 を使用して修正を実装する場合、この回路は、トランスインピーダンス アンプ (TIA) モジュールまたは SAC_L1 によって実現できます。
- MSP430FR2355 SAC_L3 を使用して修正を実装する場合は、オペアンプを汎用モードに構成する必要があります。

- [MSP430 トランスインピーダンス アンプ回路の設計ファイル](#)には、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. ゲイン抵抗を選択します。

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

2. 回路の帯域幅を満たすよう、帰還コンデンサを選択します。

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

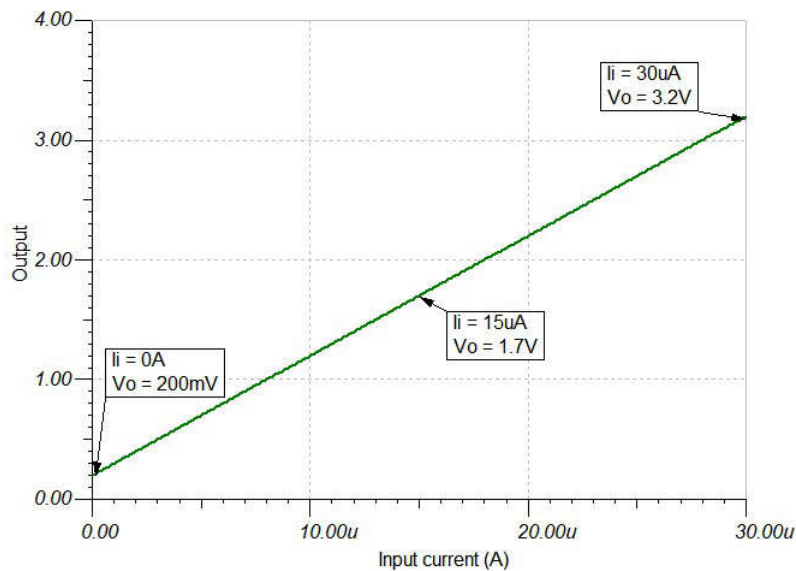
$$C_1 \leq \frac{1}{2 \times \pi \times 100k\Omega \times 10kHz} \leq 159pF \approx 150pF \text{ (Standard Value)}$$

3. 回路が安定するために必要な、オペアンプのゲイン帯域幅(GBW)を計算します。

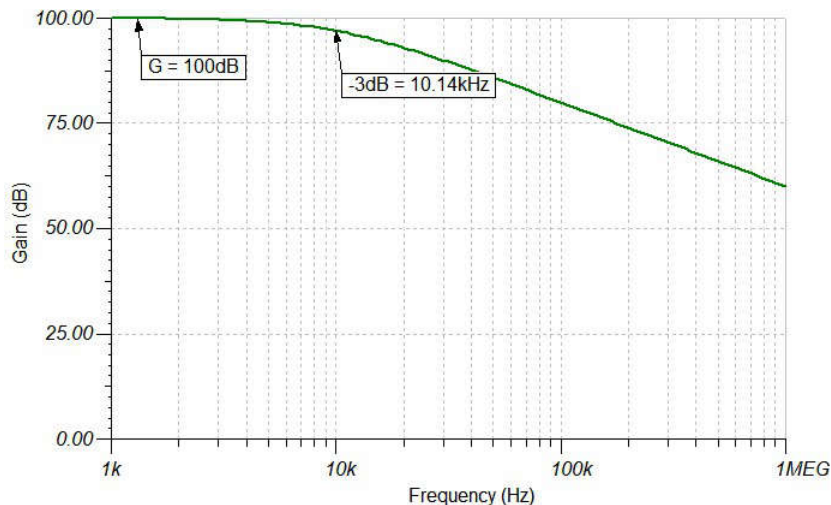
$$GBW > \frac{C_{in} + C_1}{2 \times \pi \times R_1 \times C_1^2} > \frac{7pF + 150pF}{2 \times \pi \times 100k\Omega \times (150pF)^2} > 11.10kHz$$

設計シミュレーション

DC シミュレーション結果



AC シミュレーション結果



ターゲット アプリケーション

- 煙および熱検出器
- ガス検出器
- モーション センサ
- パルス オキシメータ (血中酸素飽和度計)
- 血糖値測定器

設計の参照資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『[MSP430 トランスインピーダンス アンプ](#)』、サンプル コードおよび SPICE シミュレーション ファイル
2. テキサス・インスツルメンツ、『[MSP430FR2311 16MHz 内蔵型アナログ マイクロコントローラ、3.75KB FRAM、オペアンプ、TIA \(トランスインピーダンス アンプ\)、DAC 搭載コンパレータ、10 ビット ADC 付き](#)』製品 ページ
3. 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](#)』、ビデオ



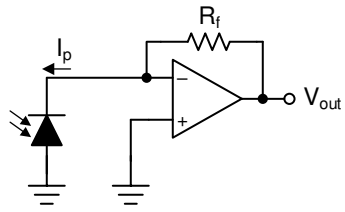
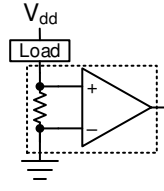
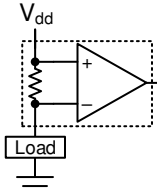
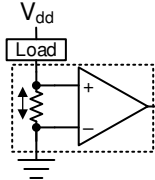

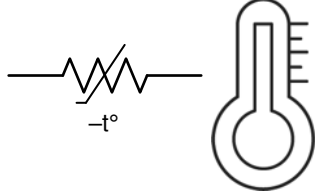
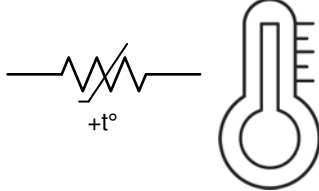
設計に使用されているオペアンプ

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}	±5mV
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	

設計の代替オペアンプ

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}	±5mV	
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

関連 MSP430 回路

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

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

- 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

- 「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

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 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