

Analog Engineer's Circuit

デュアル電源、ディスクリートのプログラマブル ゲイン アンプ回路



Takahiro Saito

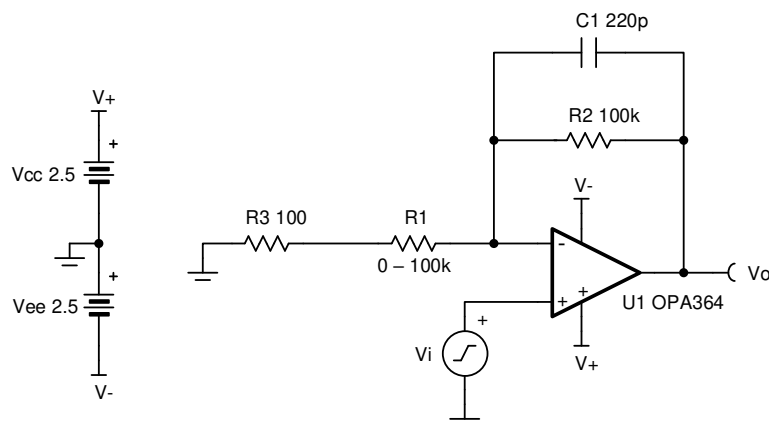
設計目標

入力		出力		電源	
V_{iMin}	V_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	V_{cc}	V_{ee}
-1.25 V	+1.25 V	-2.4 V	+2.4 V	+2.5 V	-2.5 V

ゲイン	カットオフ周波数
6dB (2V/V) から 60dB (1000V/V) まで	7 kHz

設計の説明

この回路は、可変入力抵抗を使用して **6dB (2V/V) ~ 60dB (1000V/V)** の範囲のプログラマブル非反転ゲインを実現します。この設計は、ゲイン範囲の全体にわたって同じカットオフ周波数を維持します。



デザイン ノート

1. R_1 に TPL0102 などのデジタル ポテンショメータを選択すると低コストのデジタル プログラマブル ゲイン アンプを設計できます。
2. R_3 は、 R_1 が 0Ω に近付いたときの最大ゲインを設定します。
3. 帰還コンデンサにより帯域幅が制限され、安定性の問題が回避されます。
4. 選択されたゲイン範囲全体にわたって、安定性を評価します。多くの場合、最小ゲイン設定は安定性の問題に最も大きく影響します。
5. 一部のデジタル ポテンショメータでは絶対値に $\pm 20\%$ 程度の誤差があることがあるため、ゲイン較正が必要な場合があります。

設計手順

1. R_2 と R_3 を選択し、 R_1 が 0 に近付いたときの最大ゲインを設定します。

$$G_{\max} = 1 + \frac{R_2}{R_3}$$

$$G_{\max} - 1 = \frac{R_2}{R_3} \rightarrow R_2 = (G_{\max} - 1) \times R_3$$

$$\text{Set } R_3 = 100 \Omega$$

$$R_2 = \left(1000 \frac{\text{V}}{\text{V}} - 1\right) \times 100 = 99 \text{ k}\Omega \rightarrow R_2 = 100 \text{ k}\Omega \quad (\text{Standard value})$$

2. ポテンショメータの最大値を選択し、最小ゲインを設定します。

$$G_{\min} = 1 + \frac{R_2}{R_{1,\max} + R_3}$$

$$G_{\min} - 1 = \frac{R_2}{R_{1,\max} + R_3}$$

$$R_{1,\max} + R_3 = \frac{R_2}{G_{\min} - 1}$$

$$R_{1,\max} = \frac{R_2}{G_{\min} - 1} - R_3 = \frac{100\text{k}\Omega}{2 - 1} - 100\Omega = 99.9\text{k}\Omega \rightarrow R_{1,\max} = 100\text{k}\Omega \quad (\text{Standard value})$$

$$R_{1,\min} = 0\Omega \quad (\text{Wiper resistance, typically } 25\Omega, \text{ will introduce some error})$$

3. 帰還コンデンサで帯域幅を選択します。

$$f_c = \frac{\text{GBW}}{G_{\max}} = \frac{7\text{MHz}}{1000 \frac{\text{V}}{\text{V}}} = 7\text{kHz}$$

$$f_c = 7\text{kHz} \rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi \times R_2 \times f_c} = 227\text{pF} \rightarrow C_1 = 220\text{pF} \quad (\text{Standard Value})$$

4. 最小ゲイン (2V/V) での安定性を確認します ($R_1 = 100\text{k}\Omega$ とします)。要件を満たすため、 f_c (回路の帯域幅) は f_{zero} (抵抗性帰還回路と差動および同相入力容量によって生じるゼロ) より小さい必要があります。

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times C_1 \times R_2} = 7 \text{ kHz}$$

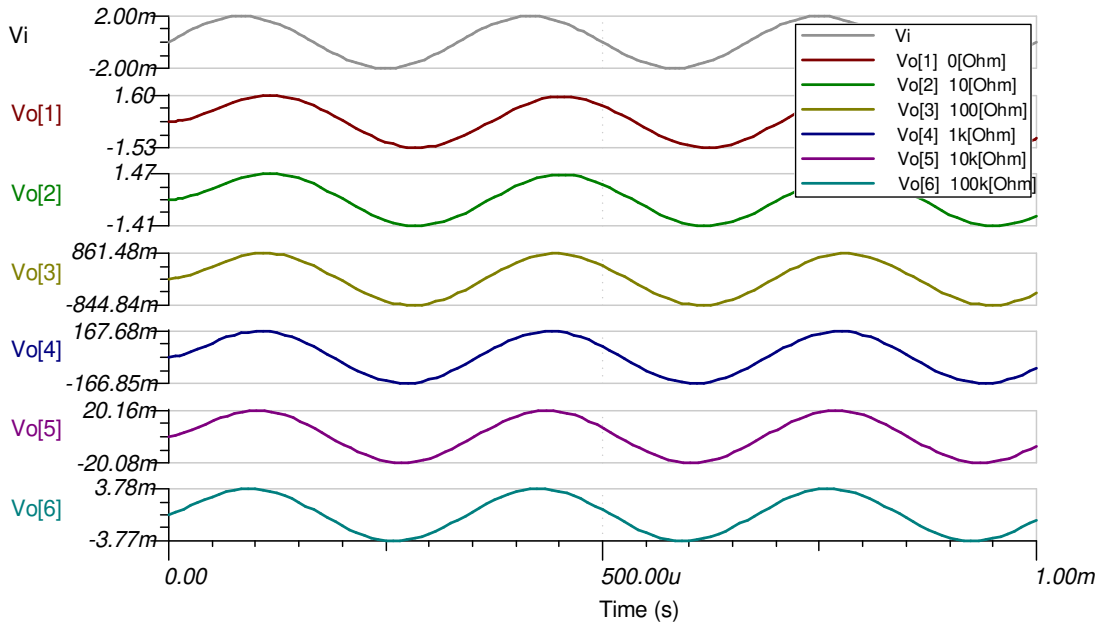
$$f_{\text{zero}} = \frac{1}{2\pi \times (C_{\text{cm}} + C_{\text{diff}}) \times (R_2 \parallel R_1)} = \frac{1}{2 \times \pi \times (3 \text{ pF} + 2 \text{ pF}) \times \left(\frac{100 \text{ k}\Omega \times 100 \text{ k}\Omega}{100 \text{ k}\Omega + 100 \text{ k}\Omega}\right)}$$

$$f_{\text{zero}} = 637 \text{ kHz}$$

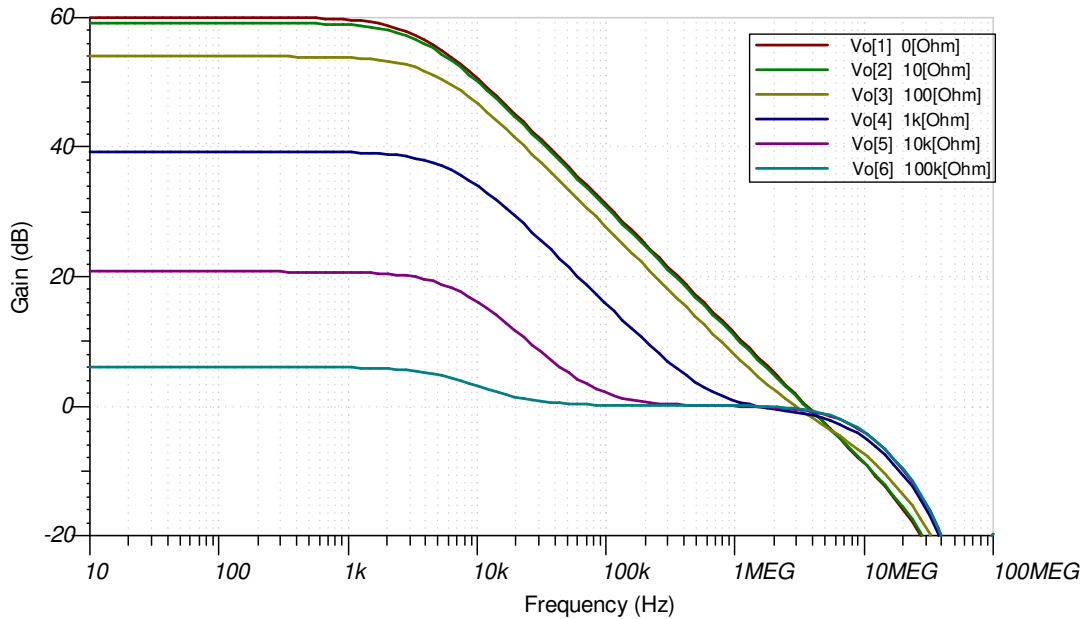
$$7 \text{ kHz} < 637 \text{ kHz} \rightarrow f_c < f_{\text{zero}}$$

設計シミュレーション

過渡シミュレーション結果



AC シミュレーション結果



参考文献:

1. テキサス・インスツルメンツ、[ディスクリート プログラマブル ゲイン アンプ回路のシミュレーション](#)、製品ページ
2. テキサス・インスツルメンツ、[低コストのデジタル プログラマブル ゲイン アンプのリファレンス デザイン](#)、製品ページ

設計に使用されているオペアンプ

OPA364	
V_{SS}	1.8V~5.5V
V_{inCM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	1 mV
I_q	1.1mA
I_b	1pA
UGBW	7 MHz
SR	5V/ μ s
チャンネル数	1、2、4
OPA364	

設計の代替オペアンプ

OPA376	
V_{SS}	2.2V~5.5V
V_{inCM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	5 μ V
I_q	760 μ A
I_b	0.2pA
UGBW	5.5 MHz
SR	2V/ μ s
チャンネル数	1、2、4
OPA376	

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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