

Analog Engineer's Circuit

電圧から低レベル電流へのコンバータ回路



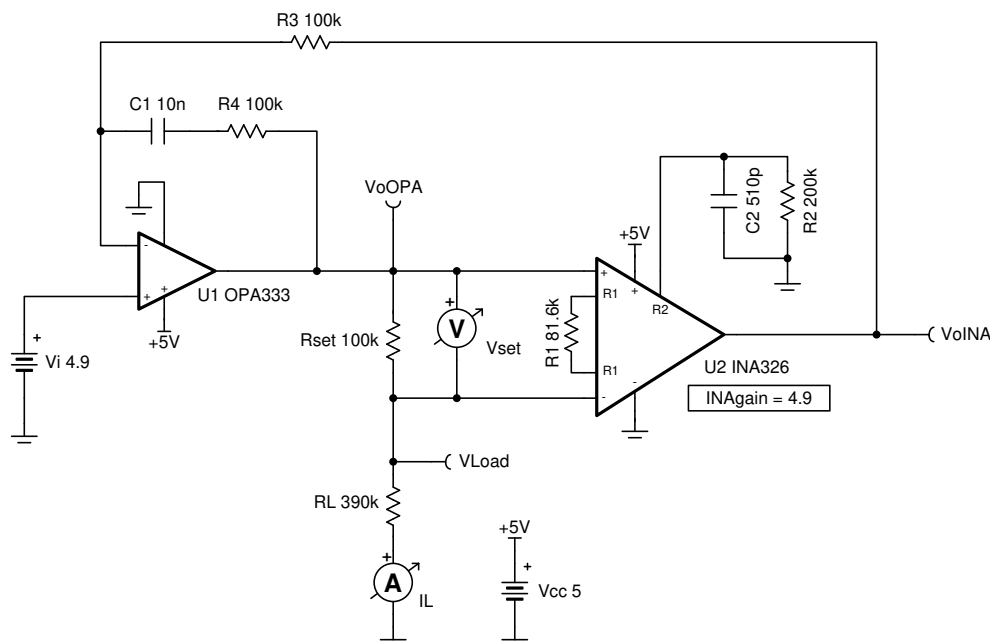
Masashi Miyagawa

設計目標

入力		出力		電源		負荷抵抗 (R_L)	
V_{iMin}	V_{iMax}	I_{LMin}	I_{LMax}	V_{cc}	V_{ee}	R_{LMin}	R_{LMax}
0.49 V	4.9 V	1 μ A	10 μ A	5 V	0 V	0 Ω	390 k Ω

設計の説明

この回路は、高精度の低レベル電流 I_L を負荷 R_L に供給します。この設計は 5V 単一電源で動作し、1 つの高精度、低ドリフトのオペアンプと、1 つの計装アンプを使用します。簡単な変更を加えることで、電圧 / 電流 (V-I) コンバータの範囲と精度を変更できます。



デザイン ノート

1. 電圧範囲は主に、オペアンプの線形出力スイング (データシートの A_{OL} テスト条件を参照) と計装アンプの線形出力スイングに支配されます。詳細については、[アナログ技術者向けカリキュレータ](#)を参照してください。
2. 電圧範囲は、 R_{LMin} 、 R_{LMax} 、 R_{set} とともに、 I_L の範囲に影響します。
3. オペアンプと計装アンプの入力同相電圧範囲をチェックしてください。
4. 安定した動作のため、安定性解析を行って、 R_4 と C_1 を選択する必要があります。
5. R_4 と C_1 を選択するためのループの安定性解析は、設計ごとに異なります。ここで示す補償は、この設計に使用される抵抗性の負荷範囲に対してのみ有効です。他の種類の負荷の場合、オペアンプ、計装アンプ、またはこれらの両方には、異なる補償設計が必要です。オペアンプの安定性に関する他の資料については、「設計の参考資料」セクションを参照してください。

設計手順

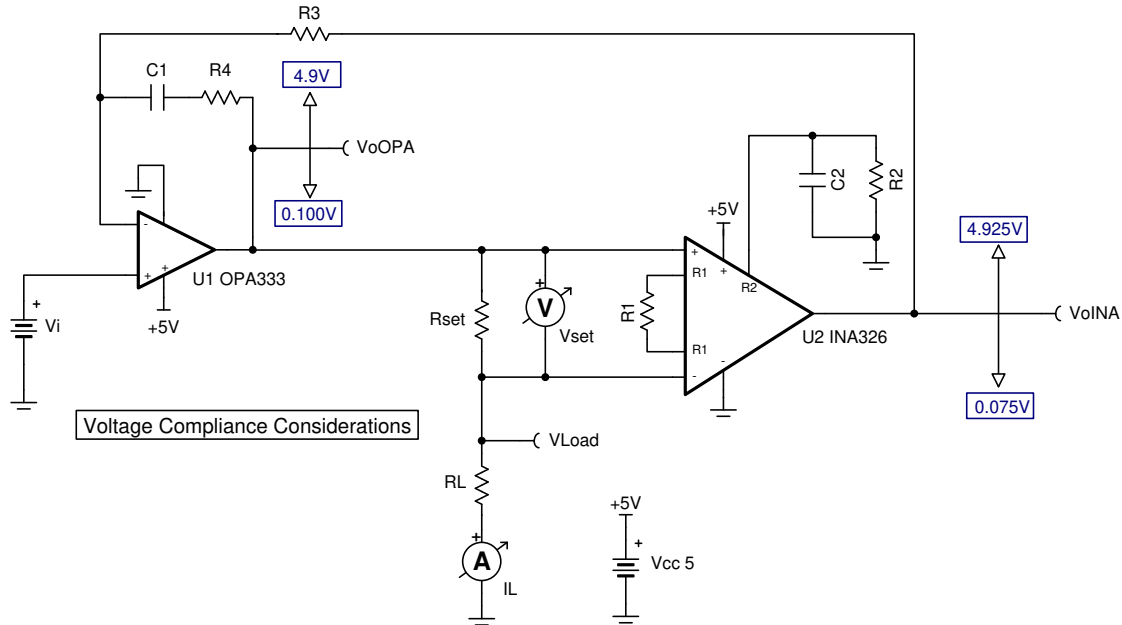
1. 電圧範囲に基づいて R_{set} を選択し、 I_{LMin} をチェックします。

$$I_{LMax} = \frac{V_{oOPAMax}}{R_{set} + R_{LMax}}$$

$$10\mu A = \frac{4.9V}{R_{set} + 390k\Omega} \rightarrow R_{set} = 100k\Omega$$

$$I_{LMin} = \frac{V_{oOPAMin}}{R_{set} + R_{LMin}}$$

$$I_{LMin} = \frac{0.1V}{100k\Omega + 0\Omega} = 1\mu A$$



2. 計装アンプのゲイン G を計算します。

$$V_{setMin} = I_{LMin} \times R_{set} = 1\mu A \times 100k\Omega = 0.1V$$

$$V_{setMax} = I_{LMax} \times R_{set} = 10\mu A \times 100k\Omega = 1V$$

$$G = \frac{V_{iMax} - V_{iMin}}{V_{setMax} - V_{setMin}}$$

$$G = \frac{4.9V - 0.49V}{1V - 0.1V} = 4.9$$

3. INA326 計装アンプのゲイン G に応じて R_1 を選択します。データシートの推奨 $R_2 = 200k\Omega$ および $C_2 = 510pF$ を使用します。

$$G = 2 \times \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$R_1 = \frac{2 \times R_2}{G}$$

$$R_1 = \left(\frac{2 \times 200k\Omega}{4.9} \right) = 81.6327k\Omega \approx 81.6k\Omega$$

4. 回路の最終的な伝達関数は次の式で示されます。

$$I_L = \frac{V_i}{G \times R_{set}}$$

$$I_L = \frac{V_i}{4.9 \times 100k\Omega} = \frac{V_i}{490k\Omega}$$

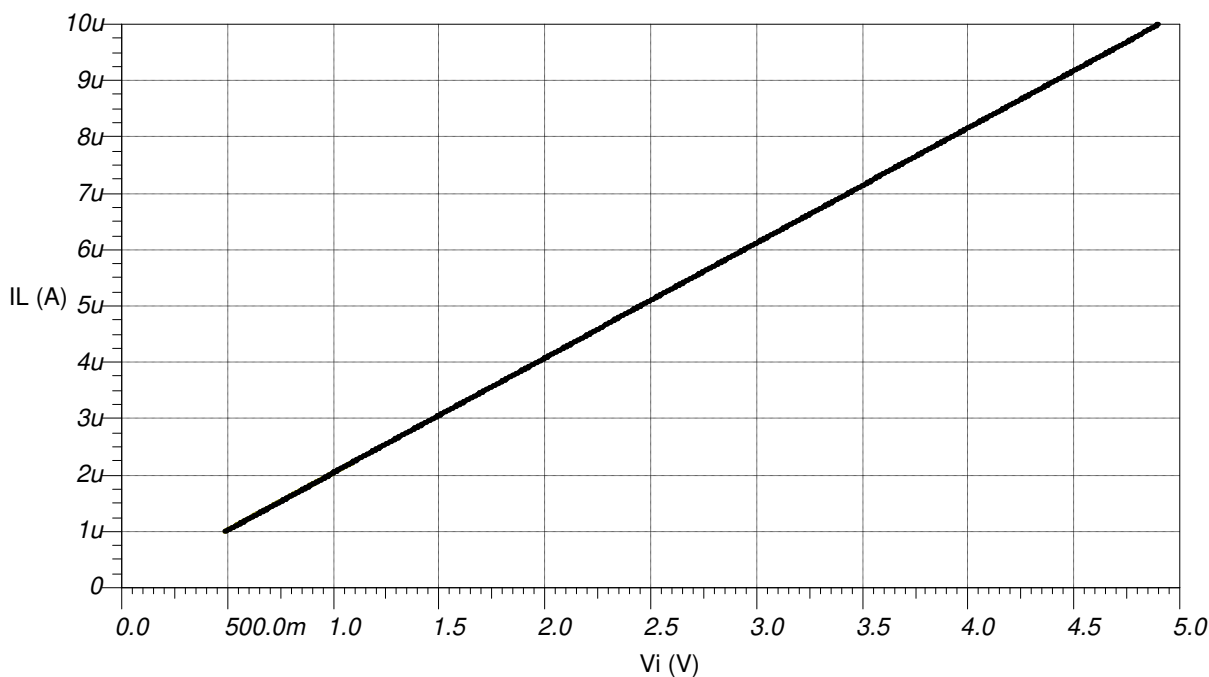
$$V_i = 0.49V \rightarrow I_L = 1\mu A$$

$$V_i = 4.9V \rightarrow I_L = 10\mu A$$

設計シミュレーション

DC シミュレーション結果

V_i	R_L	I_L	V_{oOPA}	V_{oOPA} の範囲	V_{oINA}	V_{oINA} の範囲
0.49 V	0Ω	0.999627μA	99.982723 mV	100mV~4.9V	490.013346 mV	75mV~4.925V
0.49 V	390kΩ	0.999627μA	489.837228 mV	100mV~4.9V	490.013233 mV	75mV~4.925V
4.9 V	0Ω	9.996034μA	999.623352 mV	100mV~4.9V	4.900016 V	75mV~4.925V
4.9 V	390kΩ	9.996031μA	4.898075 V	100mV~4.9V	4.900015 V	75mV~4.925V



設計の参照資料

テキサス・インスツルメンツ、[SBOMAT8 TINA-TI™ 回路シミュレーション](#)、ファイル ダウンロード

テキサス・インスツルメンツ、[0V~5V 入力、0μA~5μA 出力の低レベル V-I コンバータのリファレンス デザイン](#)、製品ページ

テキサス・インスツルメンツ、[オペアンプの安定性の問題の解決方法](#)、E2E™ アンプ フォーラム

設計に使用されているオペアンプ

OPA333	
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}	2 μ V
I_q	17 μ A/Ch
I_b	70pA
UGBW	350 kHz
SR	0.16V/ μ s
チャンネル数	1 および 2
OPA333	

設計に使用されている計装アンプ

INA326	
V_{ss}	2.7V~5.5V
V_{inCM}	レール ツー レール
V_{out}	レール ツー レール
V_{os}	20 μ V
I_q	2.4mA
I_b	0.2nA
UGBW	1kHz (1kHz フィルタにより設定)
SR	0.012V/ μ s (1kHz フィルタにより設定)
チャンネル数	1
INA326	

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