

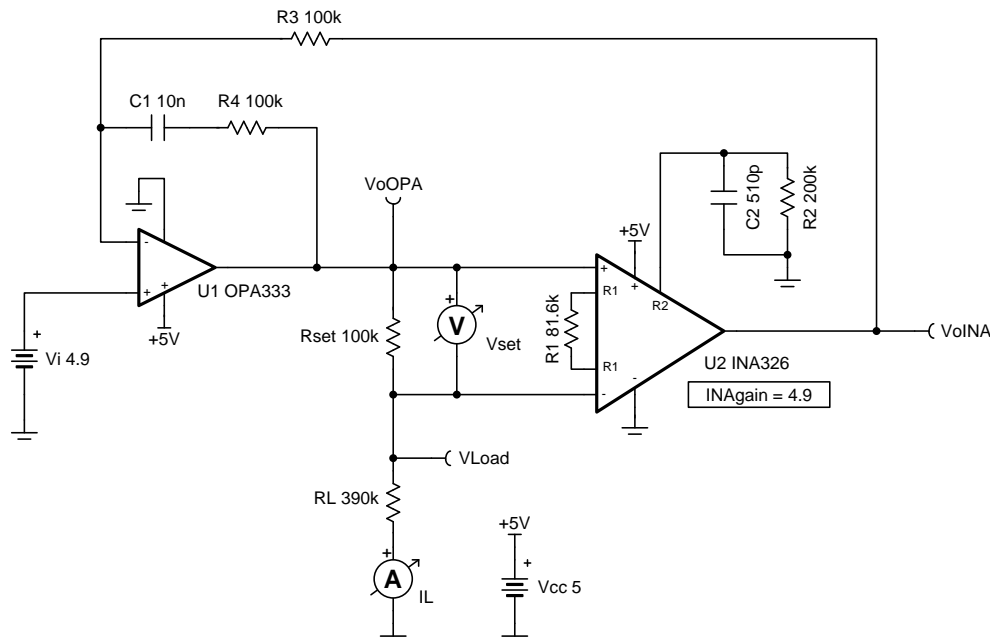
## 電圧から低レベル電流へのコンバータ回路

### 設計目標

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

### 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. 電圧の追従性は主に、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よって決定されます。詳細については、『計装アンプの入力同相範囲を計算』を参照してください。
2. 電圧の追従性は、 $R_{LMin}$ 、 $R_{LMax}$ 、 $R_{set}$  とともに、 $I_L$  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、「設計の参照資料」セクションを参照してください。

## 設計手順

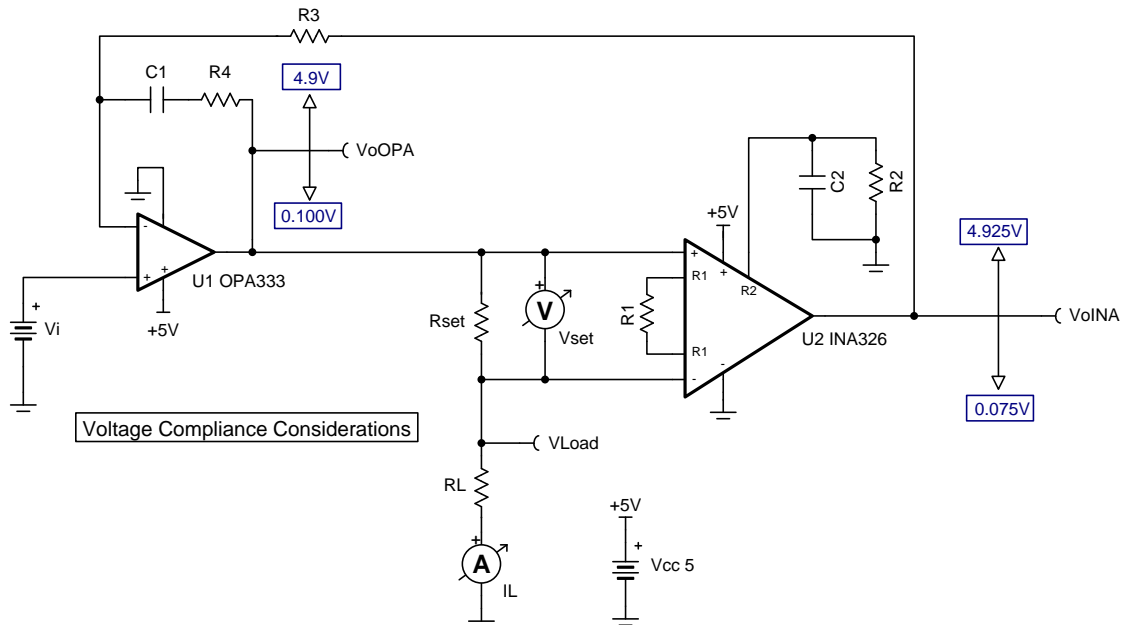
1.  $R_{set}$  を選択し、電圧の追従性に基づいて  $I_{LMin}$  をチェックします。

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

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

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

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



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  $G$  に対して  $R_1$  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。

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

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

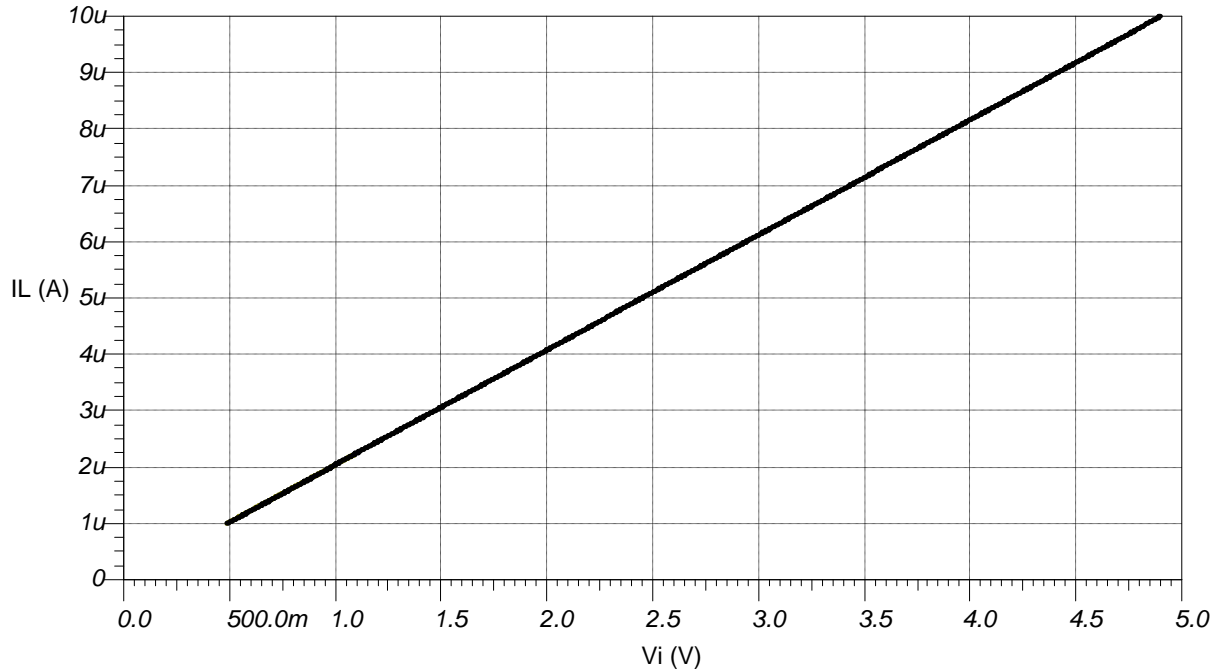
$$V_i = 0.49V \rightarrow I_L = 1\mu A$$

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

## 設計シミュレーション

**DCシミュレーション結果**

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



## 設計の参照資料

TIの総合的な回路ライブラリについては、「[アナログ・エンジニア向け回路クックブック](#)」を参照してください。

TINA-TI™ 回路シミュレーション・ファイル、[SBOMAT8](#) を参照してください。

TIPD107、<http://www.tij.co.jp/tool/jp/tipd107> を参照してください。

『[Solving Op Amp Stability Issues - E2E FAQ](#)』(英語) を参照してください。

[TI プレジジョン・ラボ - オペアンプ](#)

## 設計に使用されるオペアンプ

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 $\mu$ V
$I_q$	17 $\mu$ A/Ch
$I_b$	70pA
UGBW	350kHz
SR	0.16V/ $\mu$ s
チャンネル数	1, 2
<a href="http://www.ti.com/product/opa333">http://www.ti.com/product/opa333</a>	

## 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 $\mu$ V
$I_q$	2.4mA
$I_b$	0.2nA
UGBW	1kHz (1kHz フィルタにより設定)
SR	0.012V/ $\mu$ s (1kHz フィルタにより設定)
チャンネル数	1
<a href="http://www.ti.com/product/INA326">http://www.ti.com/product/INA326</a>	

## 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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、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 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 の販売約款 (<https://www.tij.co.jp/ja-jp/legal/terms-of-sale.html>)、または [ti.com](https://www.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。

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ合同会社  
Copyright © 2021, Texas Instruments Incorporated