

## 4~20mA 電流ループ・トランスミッタ回路

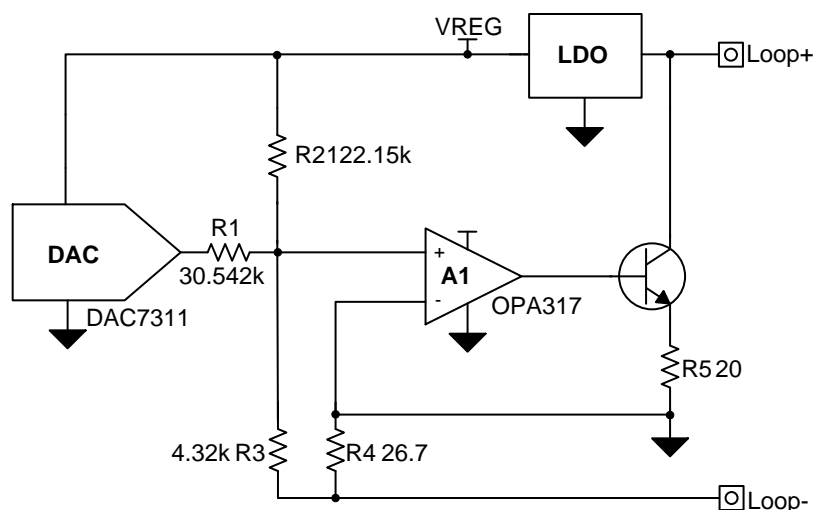
Garrett Satterfield

### 設計目標

ループ電源電圧	DAC 出力電圧	出力電流	誤差
12V~36V	0V~3V	4mA~20mA	<1% FSR

### 設計の説明

電流ループ・トランスミッタは、電源、トランスミッタ、負荷抵抗で構成される直列ループの電流をレギュレートします。トランスミッタのアクティブ回路は、ループ電流から電力を抽出します。これは、すべてのデバイスの消費電流がゼロスケール電流（一部のアプリケーションでは**3.5mA**程度です）より小さい必要があることを意味します。レギュレータはループ電圧を降圧して DAC、オペアンプ、その他の回路に供給します。オペアンプはトランジスタをバイアスし、Loop+ から Loop- に流れる電流をレギュレートします。この回路は、**2線式フィールド・センサ・トランスミッタ**、たとえば**流量トランスミッタ**、**レベル・トランスミッタ**、**圧力トランスミッタ**、**温度トランスミッタ**などで一般的に使用されます。



### デザイン・ノート

1. アプリケーションに必要な分解能と精度を持つ、シングル・チャンネルの DAC を選択します。誤差を最小化するため、オフセットとドリフト係数の小さいオペアンプを使用します。
2. センサ・トランスミッタの総静止電流が 4mA 未満になるように、低消費電力の DAC、オペアンプ、電圧レギュレータを選択します。
3. R3/R4 の比率を大きくすることで R1、R2、R3 を流れる電流を最小化し、抵抗の温度ドリフトを最小化します。
4. 誤差を最小化するため、R1~R5 には高精度で低ドリフトの抵抗を使用します。
5. 広い範囲のループ電源電圧を許容するため、入力電圧範囲が広く、ドロップアウト電圧の低い電圧レギュレータを使用します。

## 設計手順

出力電流の伝達関数は次のとおりです。

$$I_{OUT} = \left( \frac{V_{DAC}}{R1} + \frac{V_{REG}}{R2} \right) \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right)$$

1. R3/R4 に大きな比を選択します。

$$\frac{R3}{R4} = \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega}$$

2. ゼロスケール電流 (4mA)、レギュレータ電圧、ゲイン比率 (R3/R4) に基づいて、R2 を計算します。

$$R2 = \frac{V_{REG}}{I_{OUT,ZS}} \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) = \frac{3V}{4mA} \left( \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega} + 1 \right) = 122.10k\Omega$$

3. フルスケール DAC 電圧と、16mA の電流スパンに基づいて、フルスケール電流を設定する R1 を計算します。

$$R1 = \frac{V_{DAC,FS}}{I_{OUT,SPAN}} \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) = \frac{3V}{16mA} \left( \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega} + 1 \right) = 30.524k\Omega$$

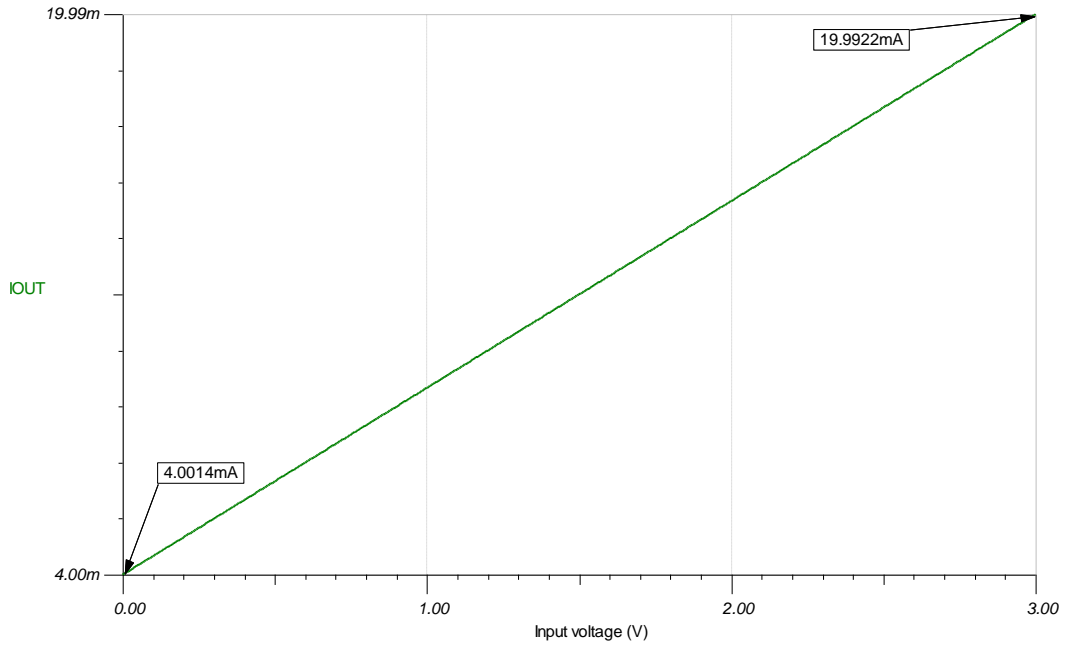
4. 選択した抵抗値に基づいて、ゼロスケール出力電流を計算します。

$$I_{OUT,ZS} = \frac{V_{REG}}{R2} \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) = \frac{3V}{122.15k\Omega} \left( \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega} + 1 \right) = 3.9983mA$$

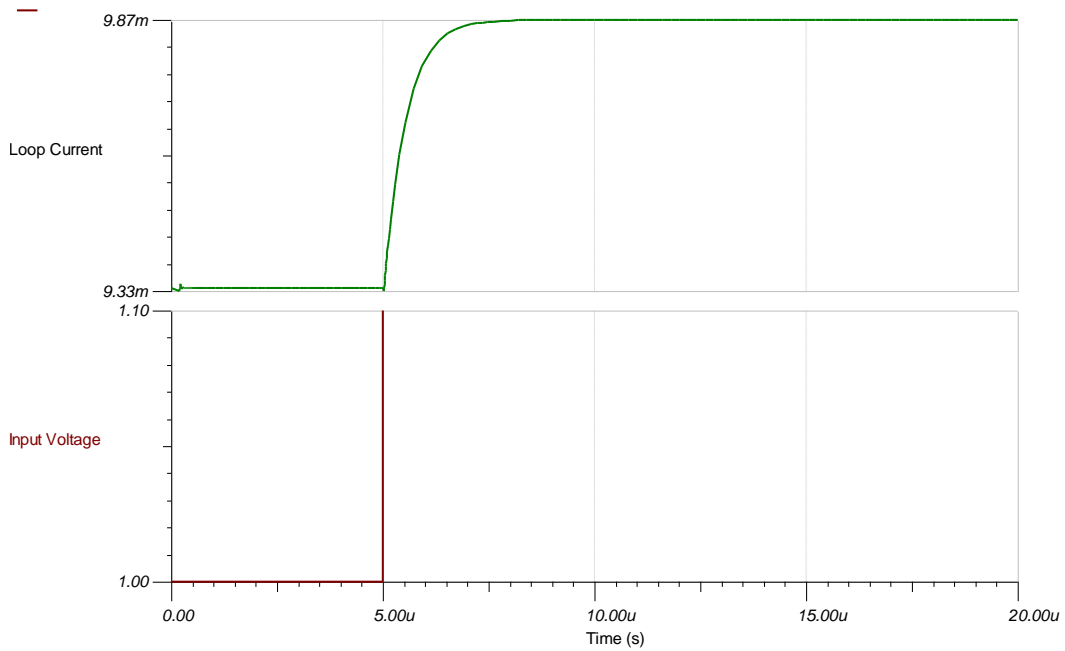
5. 選択した抵抗値に基づいて、フルスケール電流を計算します。

$$I_{OUT,FS} = \left( \frac{V_{DAC}}{R1} + \frac{V_{REG}}{R2} \right) \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) = \left( \frac{3V}{30.542k\Omega} + \frac{3V}{122.15k\Omega} \right) \left( \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega} + 1 \right) = 19.9891mA$$

DC 伝達特性



小信号ステップ応答



## デバイス

デバイス	主な特長	リンク	他の使用可能デバイス
<b>DAC</b>			
DAC7311	12ビット分解能、シングル・チャネル、超低消費電力、1LSB INL、SPI、2V～5.5V 電源	<a href="http://www.ti.com/product/DAC7311">http://www.ti.com/product/DAC7311</a>	<a href="http://www.ti.com/dacs">http://www.ti.com/dacs</a>
DAC8411	16ビット分解能、シングル・チャネル、基準電圧内蔵、超低消費電力、4LSB INL、SPI、2V～5.5V 電源	<a href="http://www.ti.com/product/DAC8411">http://www.ti.com/product/DAC8411</a>	<a href="http://www.ti.com/dacs">http://www.ti.com/dacs</a>
DAC8830	16ビット分解能、シングル・チャネル、超低消費電力、バッファなし出力、1LSB INL、SPI、2.7V～5.5V 電源	<a href="http://www.ti.com/product/DAC8830">http://www.ti.com/product/DAC8830</a>	<a href="http://www.ti.com/dacs">http://www.ti.com/dacs</a>
DAC161S997	16ビット、4～20mA 電流出力、100uA 電源電流、SPI、2.7V～3.3V 電源	<a href="http://www.ti.com/product/DAC161S997">http://www.ti.com/product/DAC161S997</a>	<a href="http://www.ti.com/dacs">http://www.ti.com/dacs</a>
<b>アンプ</b>			
TLV9001	低消費電力、0.4mV オフセット、レール・ツー・レール I/O、1.8V～5.5V 電源	<a href="http://www.ti.com/product/TLV9001">http://www.ti.com/product/TLV9001</a>	<a href="http://www.ti.com/opamps">http://www.ti.com/opamps</a>
OPA317	ゼロドリフト、低オフセット、レール・ツー・レール I/O、最大 35uA 電源電流、2.5V～5.5V 電源	<a href="http://www.ti.com/product/OPA317">http://www.ti.com/product/OPA317</a>	<a href="http://www.ti.com/opamps">http://www.ti.com/opamps</a>
OPA333	マイクロパワー、ゼロドリフト、低オフセット、レール・ツー・レール I/O、1.8V～5.5V 電源	<a href="http://www.ti.com/product/OPA333">http://www.ti.com/product/OPA333</a>	<a href="http://www.ti.com/opamps">http://www.ti.com/opamps</a>

### 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。

#### 主要なファイルへのリンク

TI Designs TIPD158、「[低コスト、4～20mA 電流ループ・トランスミッタ、EMC/EMI テスト済み、リファレンス・デザイン](#)」

TI Designs TIDA-00648、「[4～20mA 電流ループ・トランスミッタ、リファレンス・デザイン](#)」

TI Designs TIDA-01504、「[HART® モデム搭載、高精度、4～20mA 電流ループ・フィールド・トランスミッタのリファレンス・デザイン](#)」

[4～20mA 電流ループ・トランスミッタのソース・ファイル](http://www.ti.com/lit/zip/slac782) – <http://www.ti.com/lit/zip/slac782>

TI エンジニアから直接サポートを受けるには、[E2E コミュニティ](#)をご利用ください。

[e2e.ti.com](http://e2e.ti.com)

#### その他のリンク

[高精度 DAC ラーニング・センター](#)

<http://www.ti.com/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html>

## 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