

## Analog Engineer's Circuit

## ループ電源使用 4mA ~ 20mA トランスミッタ回路



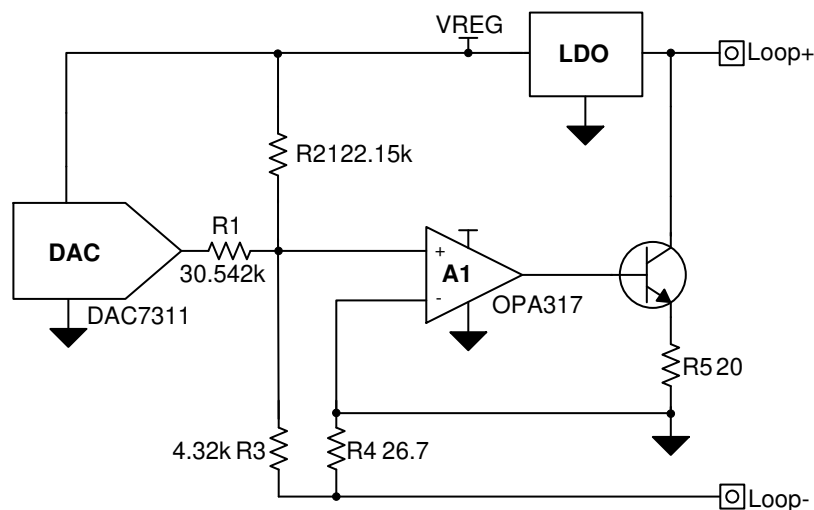
Garrett Satterfield

## 設計目標

ループ電源電圧	DAC の出力電圧	出力電流	エラー
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、圧カトランスミッタ、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。

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

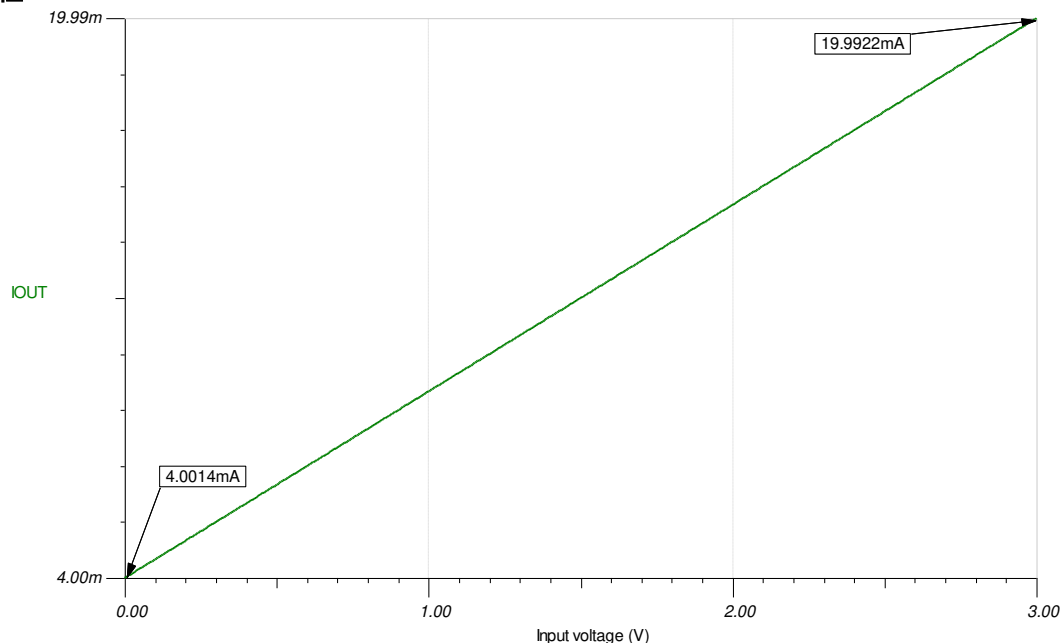
4. 選択した抵抗値に基づいて、ゼロスケール出力電流を計算します。

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

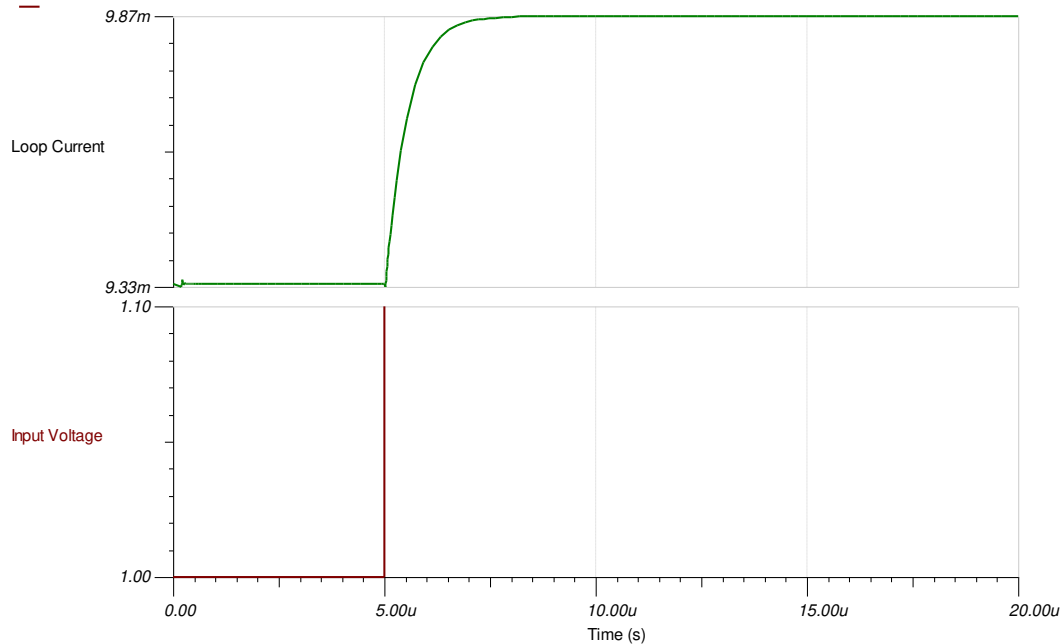
5. 選択した抵抗値に基づいて、フルスケール電流を計算します。

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

## 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="#">6 ビン SC70 パッケージ封止、バッテリー動作アプリケーション向け、12 ビット、シングルチャネル、超低消費電力 DAC</a>	高精度 DAC (≦ 10MSPS)
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="#">16 ビット、シングル チャネル、80uA、2.0V~5.5V DAC、SC70 パッケージ</a>	高精度 DAC (≦ 10MSPS)
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="#">16 ビット、シングルチャネル、超低消費電力、電圧出力 DAC</a>	高精度 DAC (≦ 10MSPS)
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="#">基準電圧内蔵、4mA~20mA 電流ループで駆動、16 ビット、高精度 DAC</a>	高精度 DAC (≦ 10MSPS)
<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="#">1 チャネル、1MHz、レール ツー レール 入出力 (RRIO)、1.8V~5.5V のオペアンプ</a>	オペアンプ
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="#">低オフセット、レール ツー レール I/O オペアンプ</a>	オペアンプ
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="#">マイクロパワー、1.8V、17μA、ゼロドリフト CMOS 高精度オペアンプ</a>	オペアンプ

## 主要なファイルへのリンク

テキサス・インスツルメンツ、[低コスト、ループ電源使用 4~20 mA トランスミッタ、EMC/EMI テスト済み、TIPD158 リファレンス デザイン](#)

テキサス・インスツルメンツ、[4~20mA 電流ループ トランスミッタ、TIDA-00648 リファレンス デザイン](#)

テキサス・インスツルメンツ、[HART® モデム搭載、高精度、ループ電源使用 4mA~20mA フィールド トランスミッタ、TIDA-01504 リファレンス デザイン](#)

テキサス・インスツルメンツ、[SLAA866 用のソース ファイル、SLAC782 ソフトウェア サポート](#)

## 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