



テスト済み回路設計集“Circuits from the Lab™”は共通の設計課題を対象とし、迅速で容易なシステム統合のために製作されました。さらに詳しい情報又は支援は www.analog.com/jp/CN0179 をご覧ください

接続又は参考にしたデバイス

AD8657	18V、高精度、マイクロパワー、CMOS、レール to レール I/O、デュアル・オペアンプ
ADR125	TSOT パッケージ収納、高精度、マイクロパワー、LDO、電圧リファレンス
AD5621	2.7~5.5 V、<100 μ A、12 ビット nanoDAC、SPI インターフェース

200 μ A 以下、低電力、4 mA-20 mA、プロセス・コントロール電流ループ

回路の機能とその利点

図 1.の回路はプロセスコントロール・システムとそのアクチュエータ間の通信を行う 4 mA-20 mA 電流ループ・トランスミッタです。この回路はコスト・パフォーマンスが優れているとともに、産業界で最も低電力のソリューションです。4 mA-20 mA 電流ループはデジタル又はアナログ入力、出力のプログラマブル・ロジック・コントローラ (PLCs)や分散制御システム (DCS's) に広範囲に使用されてきました。電流ループ・インターフェースが一般的に利用される理由は長距離強ノイズ耐性データ伝送としてもっともコスト・パフォーマンスの良い方法だからです。低電力デュアル・オペアンプ AD8657、DAC の AD5621 とリファレンス ADR125 の組み合わせを使用する事によりマイクロコントローラやデジタル・アイソレータのようなより高電力のデバイスにより多くの電力を振り分ける事ができます。

回路の出力電流は 0 mA - 20 mA です。一般的に出力電流 4 mA - 20 mA の範囲は DAC 又はマイクロコントローラの入力コントロールの入力範囲に対応しており、0 mA - 4 mA の出力電流範囲は時折故障状態を診断するために使用されます。

12 ビット、5V 駆動の AD5621 の標準的な電源電流は 75 μ A です。AD8657 は入力/出力がレール to レールのデュアル・オペアンプで、18 V までの高電圧動作が可能なオペアンプとしては現在産業界で供給可能な最も低電力のオペアンプの 1 つです (フルの電源電圧と入力同相範囲に渡り 22 μ A)。高精度、マイクロパワー、5 V バンドギャップ・リファレンスの ADR125 は消費電流が 95 μ A のみです。これら 3 つのデバイスの消費電流の合計は 192 μ A type です。

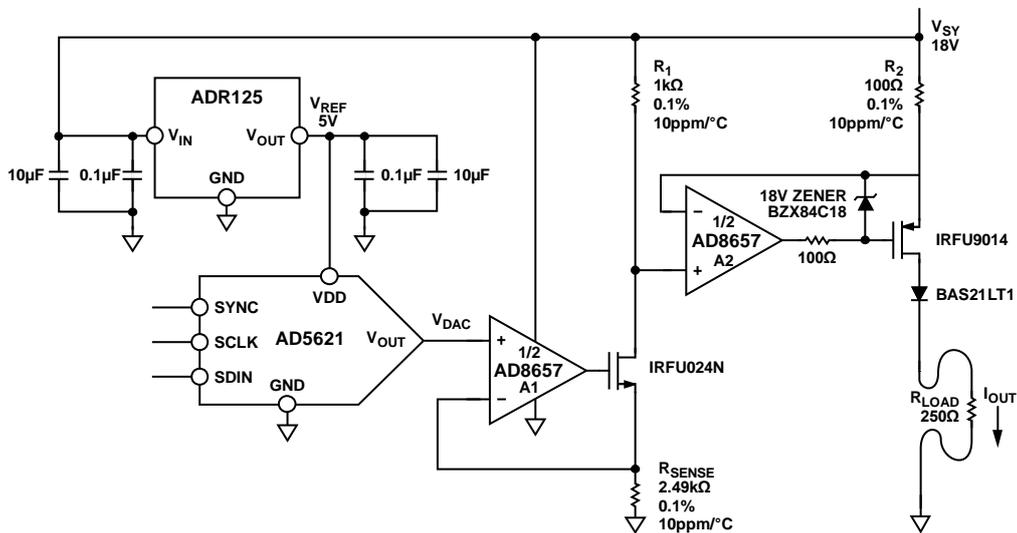


図 1.低電力 4mA-20mA プロセス・コントロール電流ループ (簡略化した回路:全部の接続やデカップリングは示されていません。)

アナログ・デバイス社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイス社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。※日本語資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

回路説明

工業用プロセス・コントロールのモジュールでは、4 mA-20 mA 電流ループ・トランスミッタがコントロール・ユニットとアクチュエータ間の通信手段として使用されます。12ビット DAC の **AD5621** はコントロール・ユニットに配置され、入力コードの関数として 0 V ~ 5 V の出力電圧 (V_{DAC}) を発生します。コードは **SPI** インターフェースを介して設定されます。入力コードと出力電圧の理想的な関係は次式で与えられます。

$$V_{DAC} = V_{REF} \times (D/2^{12}) \quad (1)$$

ここで:

V_{REF} は **ADR125** の出力で **AD5621** の電源になります。

D は、**AD5621** にロードされるバイナリ・コードの 10 進数相当値です。

DAC 出力電圧は検出抵抗 R_{SENSE} を流れる電流を設定します。

$$I_{SENSE} = V_{DAC}/R_{SENSE} \quad (2)$$

R_{SENSE} を流れる電流は V_{DAC} の関数として 0 mA から 2 mA まで変化します。この電流は $R1$ を流れて電圧を発生し、アンプ **AD8657** (A2) の非反転入力電圧を決定します。A2 の **AD8657** は閉ループなので反転入力電圧は非反転入力と同じ電圧になります。従って、 $R1$ を流れる電流は $R2$ を流れる電流に対してファクタ 10 でミラーの関係になっています。この関係を式 3 に示します。

$$I_{OUT} = I_{R2} = (V_{DAC}/R_{SENSE}) \times (R1/R2) \quad (3)$$

V_{DAC} の 0 V ~ 5 V の範囲で、回路は 0 mA ~ 20 mA の電流出力を発生します。

AD5621 は **nanoDAC** ファミリーの 12 ビット DAC でリファレンス **ADR125** の 5 V 出力電圧で駆動します。この DAC は出力バッファを内蔵しているので出力はレール to レールに振れ、高ダイナミック出力範囲になっております。**AD5621** の標準的な電源電流は 5V の電源電圧で 75 μ A です。

この回路ソリューションにはレール to レール入力のアンプを必要とします。デュアル・オペアンプ **AD8657** は低電力、レール to レールなので最適な選択です。このオペアンプは規定の電源電圧、入力同相電圧範囲で動作する時、電源電流は 22 μ A_{typ} です。このオペアンプは又単位電流当たりの優れたノイズと帯域幅を提供します。**AD8657** は 18 V までの電源電圧で動作するオペアンプとしては電力が最も小さなオペアンプの 1 つです。

ADR125 は高精度、マイクロパワー、低ドロップアウト

(LDO) の電源リファレンスです。18 V の入力電圧で、静止電流は 95 μ A_{typ} のみです。LDO 電圧リファレンスを選択した理由はコントロール・ユニットからアクチュエータへのループ線全体の電圧ドロップをより大きくとれるからです。

ADR125 は安定化のために出力に小さな 0.1 μ F コンデンサを必要とします。さらに 0.1 μ F ~ 10 μ F のコンデンサを並列に追加する事により、負荷の過度応答特性を向上する事ができます。(要求はされませんが) 入力コンデンサの接続をお勧めします。入力に 1 μ F ~ 10 μ F のコンデンサを接続すると、突然の電源電圧変化があった場合の過度応答を改善します。さらにコンデンサ 0.1 μ F を並列に追加すると電源ノイズの低減に役立ちます。

(図 1.にはは示されていませんが) バイパス用コンデンサが必要です。この場合、0.1 μ F セラミック・コンデンサと並列の 10 μ F タンタルコンデンサは各デュアル・オペアンプの各電源ピンに接続する必要があります。適切なデカップリング技術の詳細は **Tutorial MT-101** に記述されています。

この回路は 0 mA - 20 mA の電流を出力します。図 2.はこの回路から 250 Ω 負荷抵抗に流れる出力電流の測定値を示します。図 3.は出力電流の誤差曲線です。

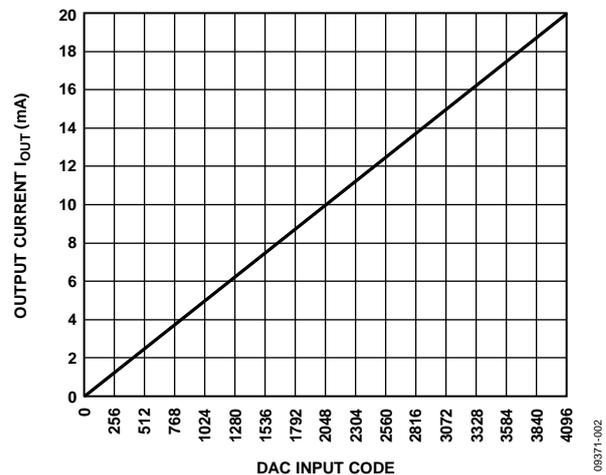


図 2.0 mA - 20 mA 出力電流

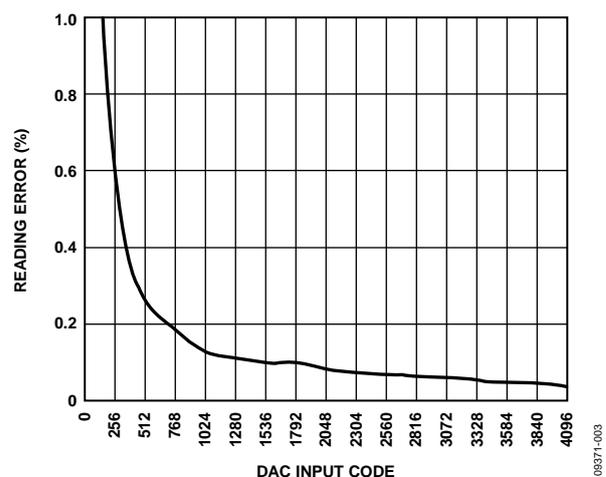


図 3.出力電流誤差曲線

バリエーション回路

14ビット又は16ビット分解能ソリューションには、それぞれ [AD5641](#) 又は [AD5662](#) をご検討ください。AD8657の代わりに6V CMOS オペアンプの [ADA4665-2](#) を使用する事もできます。

[ASA4665-2](#) はコスト・パフォーマンスがより優れており、電圧ノイズもさらに低くなりますが、電源電流は高くなります。

このアプリケーションのためにオペアンプを選択する時、入力同相電圧範囲や電源電圧が常にオペアンプの仕様を超えない事を確認してください。

より高い電源電圧に対しては、36V までの電源電圧で動作可能な電圧リファレンス [ADR02](#) をご検討ください。

さらに詳しくは

- [AN-202](#) : デカップリング、グラウンディング、変更をうまく行うためのIC アンプ・ユーザズ・ガイド.
- [AN-345](#) : 低周波回路と高周波回路のグラウンド設計.
- [AN-347](#) : シールドリングとガーディング.
- Colm Slattery, Derrick Hartmann, and Li Ke, "PLC Evaluation Board Simplifies Design of Industrial Process Control Systems," *Analog Dialogue* (April 2009).
- Jung, Walt. *Op Amp Applications*, Analog Devices. Also available as *Op Amp Applications Handbook*, Elsevier.

- Kester, Walt. 2005 *The Data Conversion Handbook*. Chapters 3 and 7. Analog Devices.
- MT-015 Tutorial, *Basic DAC Architectures II: Binary DACs*. Analog Devices.
- MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND."* Analog Devices.
- MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*. Analog Devices.
- [Voltage Reference Wizard Design Tool](#).

データシート

[AD8657 Data Sheet](#)
[ADR125 Data Sheet](#)
[AD5621 Data Sheet](#)
[AD5641 Data Sheet](#)
[AD5662 Data Sheet](#)
[ADA4665-2 Data Sheet](#)
[ADR02 Data Sheet](#)

改訂履歴

11/10—Revision 0: 初版

「[Circuits from the Lab/実用回路集](#)」はアナログ・デバイセズ社製品専用で作られており、アナログ・デバイセズ社またはそのライセンスの供与者の知的所有物です。お客さまは製品設計で「[Circuits from the Lab/実用回路集](#)」を使用することはできますが、その回路例を利用もしくは適用したことにより、特許権またはその他の知的所有権のもとでの暗示的許可、またはその他の方法でのライセンスを許諾するものではありません。アナログ・デバイセズ社の提供する情報は正確でかつ信頼できるものであることを期しています。しかし、「[Circuits from the Lab/実用回路集](#)」は現状のまま、かつ商品性、非侵害性、特定目的との適合性の暗示的保証を含むがこれに限定されないいかなる種類の明示的、暗示的、法的な保証なしで供給されるものであり、アナログ・デバイセズ社はその利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許権もしくはその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。アナログ・デバイセズ社はいつでも予告なく「[Circuits from the Lab/実用回路集](#)」を変更する権利を留保しますが、それを行う義務はありません。商標および登録商標は各社の所有に属します。