

## 出力電流と出力電圧を1本の出力ピンに結合するように AD5422 を構成

著者 : Tracey Johnson、Mark Samera

### はじめに

技術の進歩に伴い、多様な出力範囲をサポートするために多種の派生製品を揃えなくても済むように、システムが出力範囲を変えられる構成をとる傾向があります。

図1の回路に使用している AD5422 は、シングル・チャンネル、16ビット、シリアル入力、ユニポーラ/バイポーラ電圧および電流出力の DAC です。使用可能な電圧出力範囲は 0V~5V、0V~10V、-5V~+5V、-10V~+10V で、これらは 10% のオーバーレンジが可能です。電流出力は個別のピンを介して、4mA~20mA、0mA~20mA、0mA~24mA のいずれかの範囲にプログラム可能です。

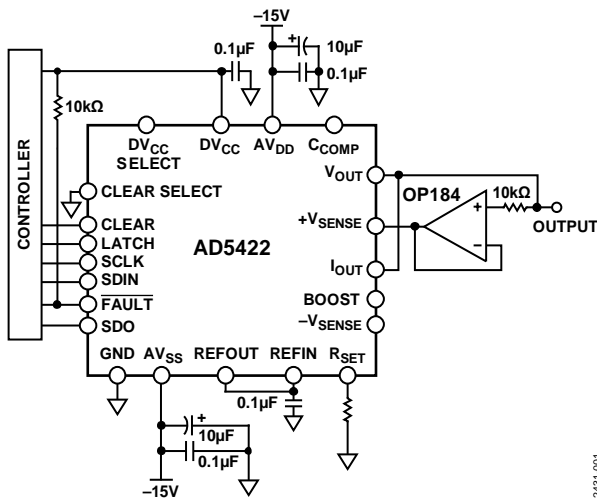


図 1. AD5422 の I<sub>OUT</sub> と V<sub>OUT</sub> を接続

電流出力と電圧出力は、エンド・アプリケーションの同一ねじ端子上で使用できるように、互いに接続することができます。この場合、デバイスが電流出力モードのとき、+V<sub>SENSE</sub> ピンの内部抵抗を通る漏洩電流パスをなくすために、バッファ・アンプあるいはその代用としてのスイッチが必要です。

電圧出力ブロックの内部構成を図2に示します。

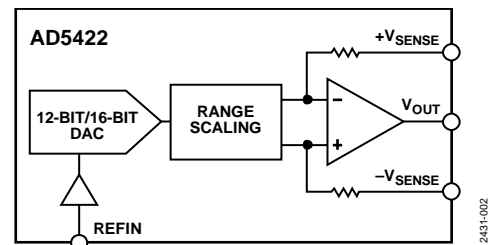


図 2. 電圧出力

アナログ・デバイセズ社は、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・デバイセズ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。本誌記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は 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。

## 目次

|                      |   |                        |   |
|----------------------|---|------------------------|---|
| はじめに .....           | 1 | 電源と出力の設定 .....         | 4 |
| 改訂履歴 .....           | 2 | オペアンプ .....            | 4 |
| 回路説明 .....           | 3 | オペアンプに関する検討事項 .....    | 4 |
| 外付けブースト・トランジスタ ..... | 3 | 別の外部バッファ・アンプの使用法 ..... | 5 |
| 外付けの電流設定抵抗 .....     | 3 | 参考文献 .....             | 5 |

## 改訂履歴

6/14—Revision 0: 初版

### 回路説明

このアプリケーション・ノートでは、積分非直線性 (INL) を使用して、この回路に関わるいくつかの可変要素の影響を検討します。

- オプションの外付けブースト・トランジスタ
- 内部/外付け R<sub>SET</sub> 抵抗
- ユニポーラ/バイポーラ電源
- 外付けバッファ・アンプの選択

最初の2つの可変要素、すなわち外付けブースト・トランジスタと R<sub>SET</sub> 抵抗を選択する場合、これらが影響を与えるのは電流出力モードにある AD5422 だけです。電圧出力モードはこれらの可変要素によって影響を受けません。

直線性のテストでは、0V~10V と 0mA~24mA の2つの範囲を検査しました。電流出力テストでは 500Ω の出力負荷を使用し、電圧出力テストは出力負荷なしで行いました。ユニポーラ電源の場合は 0V~15V の電源を使用し、バイポーラ電源の場合は ±15V の電源を使用しています。テストした外付けバッファは OP184 と OP1177 の2つです。

### 外付けブースト・トランジスタ

図3に示すように外付けブースト・トランジスタを追加すると、内蔵出力トランジスタを流れる電流が減るので(外付け回路の電流ゲインでこの電流を除外)、AD5422 内の消費電力が減少します。ここで使用したのは、降伏電圧が 40V より大きいディスクリート NPN トランジスタです。外付けのブースト機能は AD5422 を電源電圧、負荷電流、温度範囲に関して非常に厳しい条件で使用したいユーザ向けに開発されました。

ブースト・トランジスタは、デバイスの温度ドリフトを減らすために使用することもできます。これは、内蔵電圧リファレンス、DAC、電流/電圧回路の温度ドリフトを最小限に抑えることで、ドリフトと直線性を改善します。

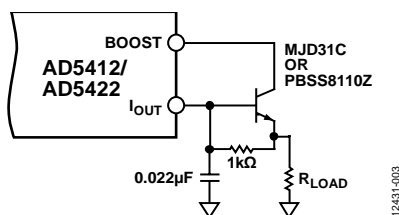


図3. 外付けブースト構成

外付けブースト・トランジスタ使用時と不使用時のコードと INL のプロットを図4に示します。

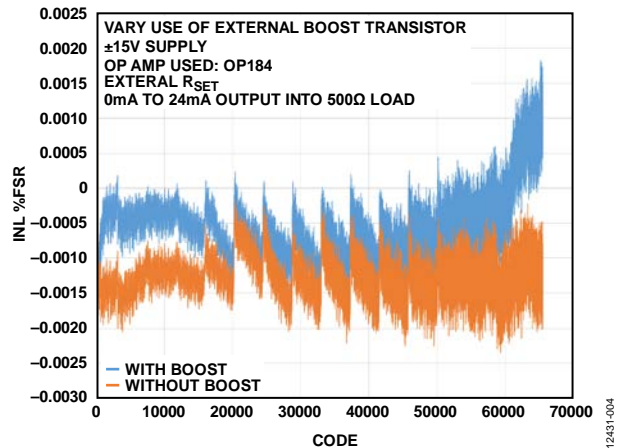


図4. ブースト・トランジスタ使用時/不使用時の電流出力モード

### 外付けの電流設定抵抗

R<sub>SET</sub> は、電圧電流変換回路の一部として使われる内部検出抵抗です (図5参照)。出力電流の温度に対する安定性は、R<sub>SET</sub> 値の安定性に依存します。出力電流を温度に対して安定させる1つの方法として、内部 R<sub>SET</sub> 抵抗の代わりに、外付けの高精度 15kΩ 低ドリフト抵抗を AD5422 の R<sub>SET</sub> ピンに接続して使用することができます。

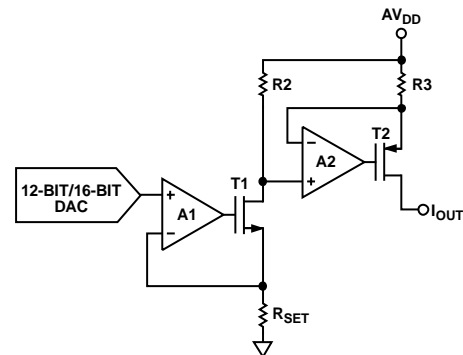


図5. 電圧電流変換回路

このアプリケーション・ノートに示す方法で外付けバッファ・アンプを使用して V<sub>OUT</sub> と I<sub>OUT</sub> を短絡するとき、最良の精度と負荷レギュレーションを実現するために、外付け R<sub>SET</sub> 抵抗を使用することを推奨します。

## 電源と出力の設定

ユニポーラ電源オプションには 0V~15V を使用し、バイポーラ電源には  $\pm 15V$  を使用します。これらの電源は、AD5422 の  $AV_{DD}/AV_{SS}$ 、および外付けバッファ・アンプの  $V_+$  と  $V_-$  へ給電するのに使用します。

$V_{OUT}$  と  $I_{OUT}$  が互いに短絡されているかどうかに関わらず、ユニポーラ電源を使用する場合はコード 256 から出力の直線性を測定します。これは、出力が  $AV_{SS}$  に近づくに伴いフトルームがなくなり、出力アンプのゲインが低下するからです。

$V_{OUT}$  と  $I_{OUT}$  を互いに短絡して OP184 を外付けバッファとして使用する場合はユニポーラ電源で OP184 を使用できますが、ユニポーラ・モードでの  $V_{OL}$  の仕様は 125mV になります。このため、実現可能な最小ゼロスケール出力電圧が制限されます。ユニポーラ電源とバイポーラ電源を使用したときの  $I_{OUT}$  の直線性を図 6 に示します。

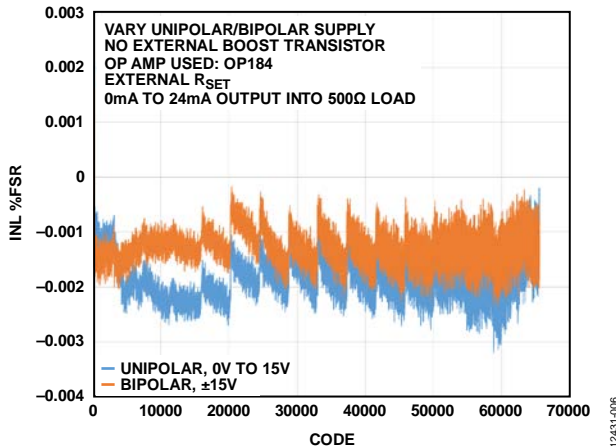


図 6. ユニポーラ/バイポーラ電源使用時の電流出力モード

## オペアンプ

OP184 はレール to レールの入力/出力を備えており、36V までの電源電圧で動作することが保証されています。また、スルーレートが高く  $4V/\mu s$  です。入力電圧ノイズは  $3.9nV/\sqrt{Hz}$ 、アンプの入力オフセット電圧は最大  $350\mu V$  です。

この廉価版が OP1177 で (レール to レール I/O ではありません)、入力オフセット電圧は最大  $100\mu V$  です。OP1177 のフトルームは 1V なので、バイポーラ電源のシステムに適しています。このデバイスのスルーレートは  $0.7V/\mu s$ 、入力電圧ノイズは  $7.9nV/\sqrt{Hz}$  です。

図 7 と図 8 はそれぞれ  $I_{OUT}$  と  $V_{OUT}$  の直線性を示したもので、ともに OP184 と OP1177 両方の結果が示されています。このアプリケーション・ノートでは、アプリケーションに最適な外付けバッファ・アンプ部品を選択する際の検討事項を示します。

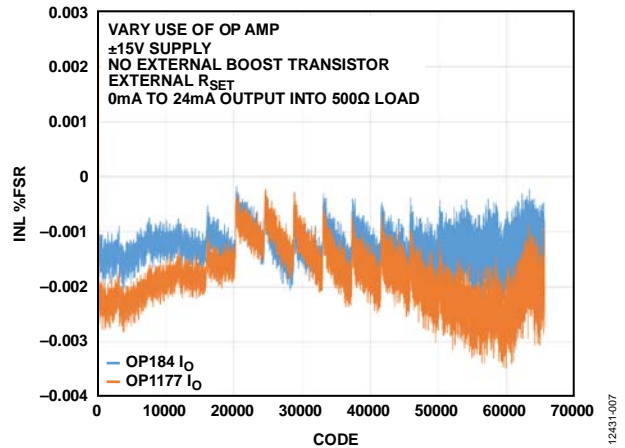


図 7. 電流出力の直線性 — OP1177/OP184

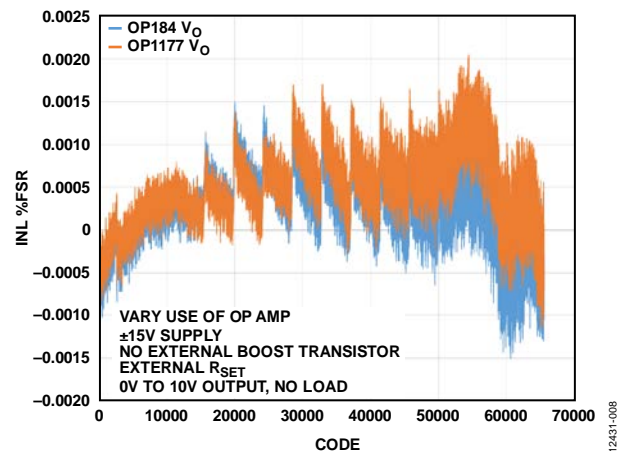


図 8. 電圧出力の直線性 — OP1177/OP184

## オペアンプに関する検討事項

考慮すべき重要なオペアンプ仕様は以下のとおりです。

- スルーレート
- レール to レール動作
- 最小出力電圧
- オフセット電圧/誤差

スルーレートは、アンプの出力がある電圧から他の電圧に変化する速度を決定します。各種アプリケーションに使用するアンプは十分な速度で出力を変化させることができる必要があります、少なくともその入力信号のスルーレートと同じ速度でなければなりません。

AD5422 の場合、電圧出力のスルーレートは  $0.8V/\mu s$  です。

すべてのアンプがレール to レールで動作できるわけではなく、ヘッドルームとフトルームの要件を考慮する必要があります。ユニポーラ電源アプリケーションでは、入出力がレール to レールのオペアンプの使用を推奨します。

出力を 0V までドライブする必要がある場合は、特にアンプの最小出力電圧を考慮する必要があります。

AD5422 のゼロスケール誤差は、出力電圧と理想値である 0V との差です。アンプの最小出力電圧能力は予想されるゼロスケール出力に顕著な影響を与える可能性があります。ここでアプリケーションごとに許容できるマージンを考慮する必要があります。

理想的には、アンプの両方の入力が全く同じ電圧の場合、出力は 0V になるはずですが、実際は、出力を強制的にゼロにするために、入力電圧にわずかな差を持たせる必要があります。これは入力オフセット電圧と呼ばれます。これも、ターゲットの全体的なアプリケーション仕様を評価する際に考慮すべき事項です。

### 別の外部バッファ・アンプの使用方法

AD5422 の  $V_{OUT}$  端子と  $I_{OUT}$  端子を互いに短絡させる際に考えられるもう 1 つの方法は、図 9 に示すように外付けスイッチを使用することです。AD5422 が  $I_{OUT}$  モードのときはスイッチが開くので、AD5422 に戻る電流パスはありません。AD5422 を  $I_{OUT}$  モードにプログラムすると、 $V_{OUT}$  ピンは高インピーダンス状態になります。

また、AD5422 が  $V_{OUT}$  モードのときはスイッチが閉じるので、 $V_{OUT}$  帰還ループは閉じた状態になります（同様に、この場合に AD5422 を  $V_{OUT}$  モードにプログラムすると、 $I_{OUT}$  ピンが高インピーダンス・モードになります）。

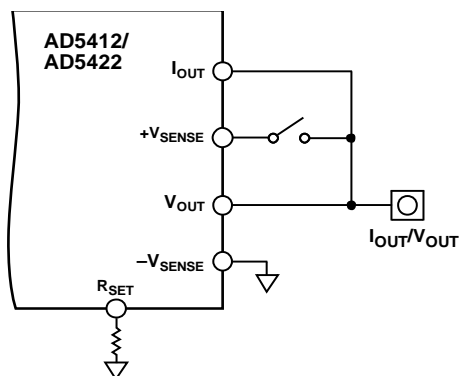


図 9. 外付けスイッチの使用

アプリケーションに適したスイッチを選択するときには、スイッチのオン抵抗と電源範囲を考慮に入れる必要があります。たとえば、AD5422 の  $+V_{SENSE}$  帰還パスの標準抵抗が  $70k\Omega$ 、外付けスイッチのオン抵抗が  $10\Omega$  のときに生じる誤差はわずか  $0.014\%$  です。しかし、選択したスイッチのオン抵抗によっては、アプリケーション内でこの誤差がかなり大きくなる可能性があります。この方法を使用する際に考慮すべきもう 1 つの点は、スイッチを駆動する制御ラインが必要になることです。

このアプリケーションには ADG5401 を使用できます。このデバイスはオン抵抗が  $6.5\Omega$  と低く、 $\pm 22V$  までのデュアル電源で動作させることができます。これに代わる安価なデバイスの 1 つが標準オン抵抗  $25\Omega$  の ADG417 で、 $\pm 22V$  までのデュアル電源で使用できます。

### 参考文献

以下のデータシートまたは回路ノートが参考となります。

[AD5420](#) : 1 チャンネル、12/16 ビット、シリアル入力  $4mA \sim 20mA$  電流源 DAC

[ADG417](#) : LC<sup>2</sup>MOS Precision Mini-DIP Analog Switch (LC<sup>2</sup>MOS 高精度ミニ DIP アナログスイッチ)

[ADG5401](#) : 高電圧ラッチアップ保護シングル SPST スイッチ

[CN-0278](#) : 電圧出力機能を追加したフル機能の  $4mA \sim 20mA$  HART ソリューション

[CN-0321](#) : HART 接続機能を備えた完全絶縁型シングル・チャンネル電圧および  $4mA \sim 20mA$  出力

[OP184](#) : 高精度レール to レール入力/出力オペアンプ

[OP1177](#) : 低ノイズ、低入力バイアス電流の高精度オペアンプ