

AD7403/AD7405 のゲインおよびオフセット温度ドリフト補償

Aidan Frost 著

はじめに

AD7403/AD7405 は、アナログ入力信号を高速の1ビット・データ・ストリームに変換する高性能の2次シグマ・デルタ ($\Sigma \Delta$) モジュレータで、アナログ・デバイセズの *iCoupler*® 技術を用いたデジタル絶縁回路を内蔵しています。AD7403 と AD7405 は、それぞれ CMOS デジタル・インターフェースと LVDS デジタル・インターフェースを備えています。このアプリケーション・ノートでは、システムに内蔵された統合型の温度センサーを AD7403/AD7405 とともに使用してキャリブレーションを行い、温度に対するオフセットおよびゲイン誤差ドリフトを大幅に低減する方法について説明します。モーター・コントロール・アプリケーションの場合、温度に対するオフセットおよびゲイン誤差のドリフトは、システムの安定性を損なう要因となるため特に問題となります。補償技法のセクションで説明している補償方法により、AD7403/AD7405 のデータシートに記載されているオフセット・ドリフト値を最大 30% 低減でき、ゲイン誤差ドリフト値を最大 90% 低減できます。

オフセットおよびゲイン誤差の影響

オフセットおよびゲイン誤差は、ADC での DC 誤差の発生源であり、コンバータの総合未調整誤差 (TUE) の要因となります。図1に、オフセットおよびゲイン誤差がどのように ADC 伝達関数に影響を与えるかを示します。ほとんどのデータ・コンバータ・システムでは、これらの誤差はユーザーが周囲温度でキャリブレーションを行って排除しますが、オフセットおよびゲイン誤差は温度にも応じてドリフトします。モーター・コントロール・アプリケーションの場合、AD7403/AD7405 など

の ADC のオフセットおよびゲイン誤差ドリフトは、トルク・リップルなどのシステム・エラーの要因となります。

トルク・リップルは、機械の振動、騒音、および過度な摩擦の原因となるため、モーター・コントロール・アプリケーションで好ましいものではありません。また、負荷外乱として機能するため、速度制御性能を低下させる原因ともなります。トルク・リップルは、平均トルク T_{AVG} に対する、最大トルク T_{MAX} と最小トルク T_{MIN} の差の割合 (パーセント) として定義されています。

$$T_{RIPPLE} = \frac{T_{MAX} - T_{MIN}}{T_{AVG}}$$

AC モーター・ドライブの場合、トルク・リップルによりモーター出力で速度リップルが発生します。電流計測でのオフセット誤差により、ステータの電気的周波数 f_E でモーターのトルクが振動するようになります。非対称ゲイン (またはスケール) 誤差により、モーターのトルクは $2 \times f_E$ で振動するようになります。

温度に対するオフセットおよびゲインの変化は、絶対オフセットおよびゲイン誤差よりも補償するのが困難です。オフセットおよびゲイン誤差ドリフトの補償は、直線的で予測可能なドリフト・プロファイルのコンバータで行えますが、システムの温度がわかっている場合に限りです。

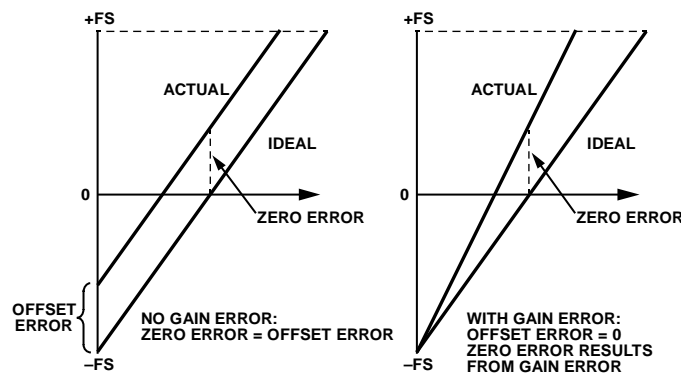


図 1. ADC 伝達関数のオフセットおよびゲイン誤差

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。本紙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。

Rev. A

©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル
電話 03 (5402) 8200
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー
電話 06 (6350) 6868

補償技法

モーター・コントロール・アプリケーションの多くの電流計測システムには、異常状態を監視するための温度センサーが組み込まれています。特にコンバータのドリフト・プロファイルが既知の予測可能（直線的）なものである場合、これらの温度情報を使用してオフセットおよびゲイン誤差ドリフト補償を行うことができます。AD7403/AD7405 絶縁型 Σ - Δ モジュレータのドリフト・プロファイルは、補償技法に適しています。次の解析はサンプルとして 18 個のデバイスを使用して実行したものです。サンプルとして使用したデバイスには、プロセス変動全体にわたる代表的な部品とデバイスの両方が含まれています。プロットは、代表的なデバイスのサンプルの結果を示しています。

オフセット誤差のキャリブレーション

代表的なデバイスのサンプルを動作温度範囲全体にわたって見ること、ADC のドリフト・プロファイルを判断することができます。図 2 に、AD7403 デバイスのサンプルのオフセット・ドリフト・プロファイルを示します。

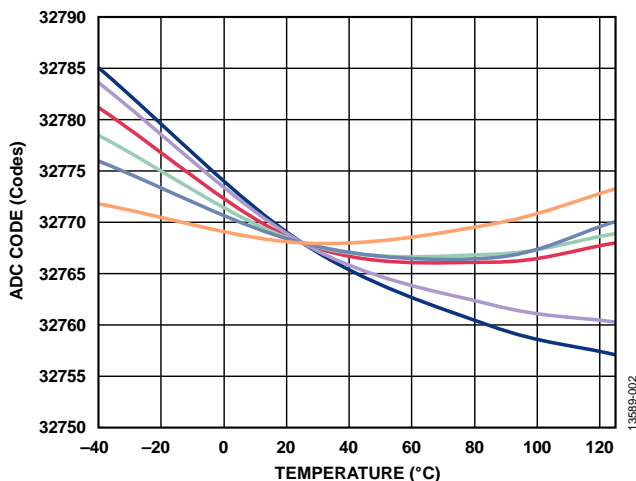


図 2. AD7403 のオフセット・ドリフト・プロファイル、25°C でキャリブレーション

AD7403/AD7405 の温度に関するオフセット・ドリフトの代表値は $1.6 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ です。図 2 に示しているように、デバイスは、温度範囲全体にわたって比較的直線的で予測可能なドリフト特性を持っています。ドリフト・プロファイルがわかっていて、25°C でのデバイスの絶対オフセット誤差をキャリブレーションして排除することで、プロファイルに補償係数を適用して可能な限り平坦にすることができます。補償係数により、プロファイルは 25°C のキャリブレーション・ポイントで揃えられます。実験で AD7403/AD7403-8/AD7405 の最高のオフセット・ドリフト性能が得られた補償係数を表 1 に示します。

例えば、AD7403 の場合、元の平均オフセット・ドリフトは $1.24 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ から約 $1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ に改善し、デバイスの指定された性能に対して 12.5% 改善することができました。

表 1. オフセット・ドリフト補償係数

Offset Drift	AD7403	AD7403-8	AD7405
Compensation Factor ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	0.84	1.8	0.5
Improvement (%)	12.5	33.5	11.5

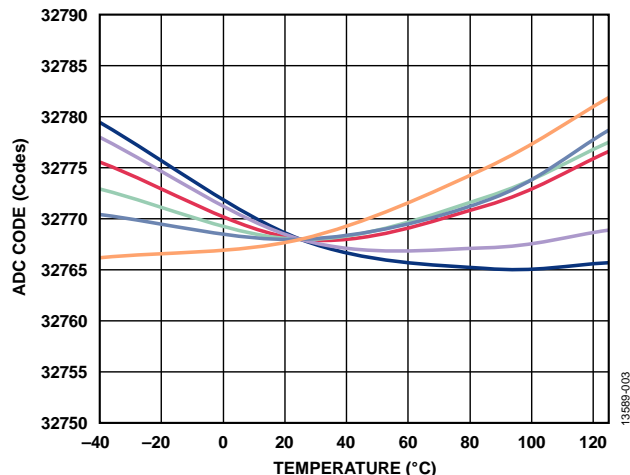


図 3. AD7403 の温度補償済みオフセット誤差ドリフト・プロファイル

ゲイン誤差の補償

同様かつさらに効果的な補償方法を AD7403 および AD7405 の両方のゲイン誤差ドリフトに適用することができます。温度に対するデバイスのゲイン誤差は、緊密な分布により非常に直線的で、補償しやすくなっています。図 4 に、動作温度範囲全体にわたる AD7403 のゲイン・ドリフト・プロファイルを示します。

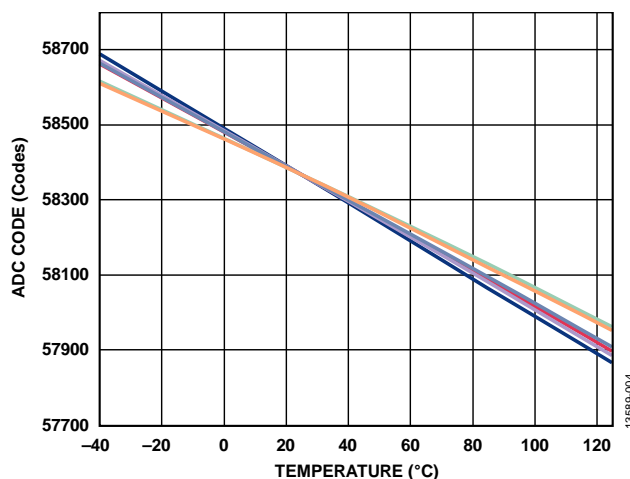


図 4. AD7403 のゲイン・ドリフト・プロファイル、25°C でキャリブレーション

実験で AD7403/AD7403-8/AD7405 の最高のゲイン・ドリフト性能が得られた補償係数を表 2 に示します。例えば、AD7403 の場合、元の平均ゲイン・ドリフトは $42.1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ から $4.9 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ に改善し、88% 改善することができました。

表 2. ゲイン・ドリフト補償係数

Gain Drift	AD7403	AD7403-8	AD7405
Compensation Factor ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	40	36	28
Improvement (%)	88	91	80

図5に、前の補償係数適用後の温度補償済みゲイン・ドリフト・プロファイルを示します。

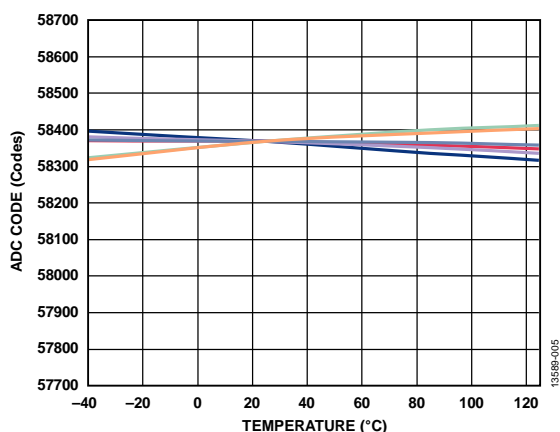


図5. AD7403 の温度補償済みゲイン誤差ドリフト・プロファイル

改訂履歴

9/15—Rev. 0 から Rev. A

補償技法セクションを変更 2
 図5のキャプションを変更 3

9/15—Revision 0:初版