

非レシオメトリック磁気電流センサによる高精度電流センシング回路の実現

Steven Loveless - 電流センシング製品



電子制御システムは、ローカルまたはリモートのセンサ素子を使用して動作パラメータを監視することでループ制御、診断、システム帰還を行います。この情報の品質と精度は、システムの性能と制御能力を左右する重要な要素です。従来、多くの電子機器はセンサの電源と基準電圧の制御が不十分なため、レシオメトリック方式を採用してパラメータ変動による誤差を低減していました。最新のシステムでは、アナログ / デジタル・コンバータ (ADC) などの信号チェーン素子の基準電圧を厳密に制御できるため、TMCS1100 磁気電流センサなどの非レシオメトリック・センサを使用してノイズ耐性、精度、設計の柔軟性を高めることができます。

感度 (S) をゲイン、ゼロ電流出力電圧をオフセットとして、電流センサの線形伝達関数を式 1 に示します。

$$V_{OUT} = I_{IN} \times S + V_{OUT,0A} \quad (1)$$

図 1 に示すとおり、完全レシオメトリック・デバイスでは、フルスケールの入力電流で常に出力がグランドまたは電源電圧レベルになるように感度とオフセットがどちらも電源電圧によって変化します。

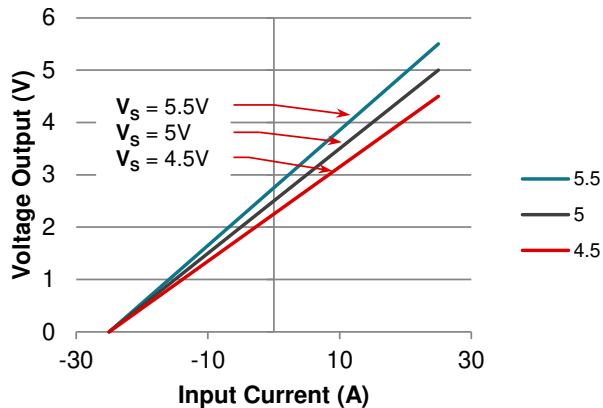


図 1. 完全レシオメトリック電流センサの応答

非レシオメトリック電流センサでは、図 2 に示すとおり、与えられた入力電流の変化に対する電圧出力の変化は電源電圧に依存せず、ゼロ電流出力電圧は常に一定の電圧です。

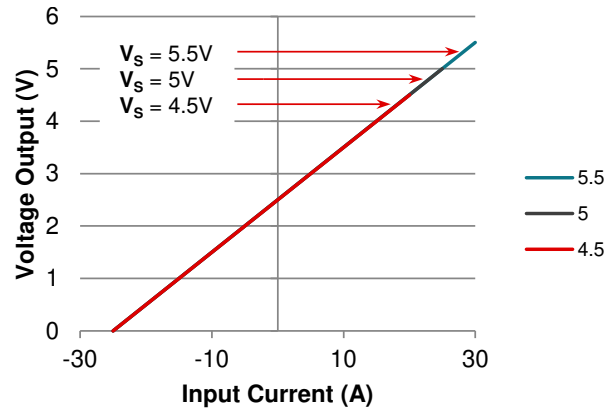


図 2. 非レシオメトリック電流センサの応答

レシオメトリック方式は、センサ電源と ADC の基準電圧 が共通で、動作時に大きく変動することが予想されるシステムで効果的です (図 3 参照)。レシオメトリック方式は、ADC のフルスケール基準電圧変動とセンサ出力範囲のスケールリングに起因する誤差の一部を軽減します。しかし、レシオメトリック方式のスケールリングは決して完璧ではないため、システムにさらなる誤差が加わります。センサの出力範囲が ADC の入力範囲と完全に一致する必要があるため、精度を高めるには制限のある電源電圧範囲の全域にわたって微調整する必要があります。そのため、設計の柔軟性は低下します。また、電源ノイズが出力信号に直接注入されるため、電源電圧変動除去 (PSR) 性能も低下します。

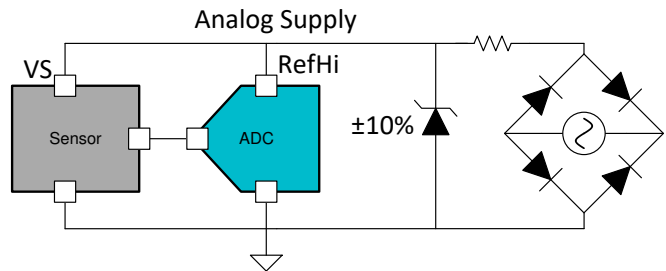


図 3. 安定化されていない電源向けのレシオメトリック・センサ・アーキテクチャ

専用内部電源と外部リファレンスのどちらかによる安定な ADC 基準電圧を利用できるシステムの場合、レシオメトリック方式を採用しても誤差とノイズを増大させるのみです。このような場合 (図 4 に示すアーキテクチャなど)、固定感度の電流センサは優れた解決策です。固定感度により、デバイスの PSR 性能が向上し、ADC のフルスケールとは異なる電源電圧にも対応できます。マイクロコントローラの内蔵 ADC を使用する場合、この方法は一般的です。これにより、固定感度の内部回路も最適化できるため、総合精度を高め、ドリフトを低減できます。

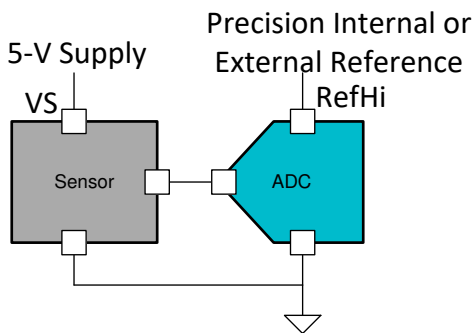


図 4. 高精度信号チェーン向けの非レシオメトリック・アーキテクチャ

TMCS1100 と TMCS1101 は、固定感度の高精度絶縁型磁気電流センサです。TMCS1100 は、ゼロ電流出力電圧を設定する外部供給リファレンス・ピンを備えているため、測定ダイナミック・レンジのカスタマイズと ADC までの完全差動信号チェーンの両方を実現できます (図 5 参照)。このアーキテクチャと高精度固定感度信号チェーンにより、 -40°C ~ 125°C の範囲で 1% 未満の精度を達成する業界最高レベルの温度安定性を実現しています。

電流センサは多くの場合、電流センサを ADC とコントローラから離して電力スイッチング素子の近くに配置した電源システムによく使用されています。その結果、スイッチング・ノイズおよび過渡イベントがアナログ電源および信号に直接結合します。外部リファレンスを備えた固定感度センサを使用すると、システムはこれらのノイズ経路をどちらも排除できます。PSR 性能の向上はアナログ電源からのノイズの注入

を阻止し、また外部リファレンスは疑似または完全差動センシングを可能にするため、出力信号へのノイズの結合を阻止できます。差動測定ではゼロ電流出力電圧のあらゆるドリフトが相殺されるため、結果的にシステムレベルのノイズを低減し、ダイナミック・レンジを拡大できます。

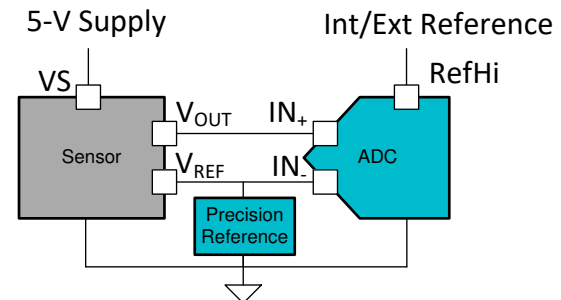


図 5. TMCS1100 により最適化された信号チェーン

このアーキテクチャでは、すべての使用条件に合わせてゼロ電流出力をカスタマイズできるため、設計の柔軟性が大幅に向上します。基準電圧を適切に選定することで、双方向、単方向、カスタム・センシングのダイナミック・レンジを実現できます。センサの電源電圧、基準電圧、ADC 基準電圧の間に一切の制約がないため、センサ出力はスケールリングを使用しなくても、電源電圧を超えることができます。

TMCS1101 は、ゼロ電流基準電圧を生成する抵抗分圧器を内蔵しています。その基準電圧には、双方向電流センシングと単方向電流センシングのためにそれぞれ電源電圧の 50% と 10% の製品バリエーションがあります。固定感度も特長としており、全温度範囲で 1.5% 未満の精度を実現しています。

表 1. 関連するTech Notes

| ドキュメント・タイプ | タイトル |
|--------------|--|
| アプリケーション・ノート | 『Low-Drift, Precision, In-Line Isolated Magnetic Motor Current Measurements』(英語) (SBOA351) |
| アプリケーション・ノート | 『Integrating the Current Sensing Signal Path』(英語) (SBOA167) |

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](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。

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 © 2022, Texas Instruments Incorporated