

## Application Brief

## 電流センシング抵抗の内蔵



Scott Hill

Current Sensing Products

電流は、電気的システムの動作効率の評価と診断のために最も一般的に使用される信号の1つです。ただし、この信号を直接測定することは非常に困難です。その代わりに、さまざまな種類のセンサを使用して、システムを電流が通過することによって発生する比例的な効果を測定します。

システムを流れる電流を検出するため使用される、最も一般的なセンシング要素は抵抗です。シャントと呼ばれる抵抗を電流の経路と直列に配置すると、その抵抗を電流が通過するときに、抵抗の両端で差分電圧が発生します。

電流信号を監視するための一般的な信号チェーン構成の1つは、アナログ・フロントエンド (AFE)、A/D コンバータ (ADC)、および図1に示すようなシステム・コントローラを使用するものです。オペアンプや専用の電流センシング・アンプなどの AFE は、シャント抵抗の両端に発生する小さな差分電圧を大きな出力電圧に増幅し、ADC はその出力電圧をデジタル化して、情報をコントローラへ送信します。システム・コントローラはその電流情報を使用して、システムの動作性能を最適化するか、または異常な状況が発生した場合に機能を低下させて、機器に損害を及ぼすような状況が発生することを防止します。

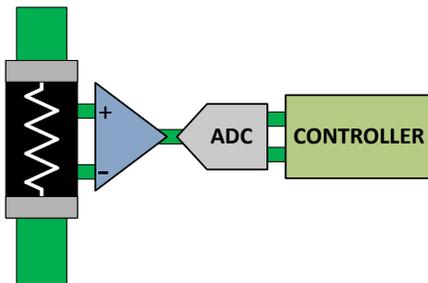


図 1. 電流センシングの信号チェーン

信号チェーン経路を最適化するには、正しい抵抗値の選択が非常に重要です。この抵抗値と、それによってシャントの両端に発生する電圧は、そのままシステムの電力損失になります。電力損失を制限するには、シャント抵抗を最小にします。抵抗値は、発生する信号に正比例し、電流センシング・アンプへ送信されます。

アンプには一定量の誤差、たとえば入力オフセット電圧があり、測定の精度に影響を及ぼします。入力信号が増大すると、このような内部誤差は総合的に測定精度に及ぼす影響は減少します。入力信号が減少すると、測定誤差は大きくなります。信号レベルと許容される測定精度との関係から、選択する電流センシング抵抗の値について、大ま

かな下限値が決定されます。この部品のアプリケーションで許容される電力損失に基づいて、電流センシング抵抗の上限値を制限しないでください。

電流測定に抵抗を使用する利点の1つは、精度の高い部品が利用できるため、精度が高く、温度に対して安定した測定が行えることです。非常に小さな信号の処理に最適化された測定能力を持つ、高精度の電流センシング・アンプが利用可能なため、小さな値の抵抗を使用でき、電力損失を小さくできます。

抵抗値が数 mΩ、さらにそれ以下に減少するにつれ、2つの傾向が発生します。抵抗のこの分野における傾向の1つは、利用可能なパッケージと抵抗値の組み合わせが減少することです。もう1つの傾向は、高精度で温度ドリフト係数の低い部品のコストが増大することです。抵抗値および温度ドリフト係数の低い電流センシング抵抗と、厳しい精度許容レベル (約 0.1%) の両方を求めると、設計のコストは数ドル増加し、それに高精度のアンプのコストが加わります。

図2に示す INA250 のような部品を使用すると、高精度で温度変化に対して安定した測定を必要とするアプリケーションにおいて、高精度でコストの高い抵抗を選択するという問題を軽減できます。このデバイスは、高精度かつゼロドリフトの電圧出力電流センスアンプと、2mΩ の内蔵電流センシング抵抗 (0.1% の最大許容誤差、-40°C ~ +125°C の全温度範囲にわたって 15ppm/°C の温度ドリフト) を組み合わせています。このデバイスは、オンボード抵抗を流れる最大 15A の連続電流に対応できます。

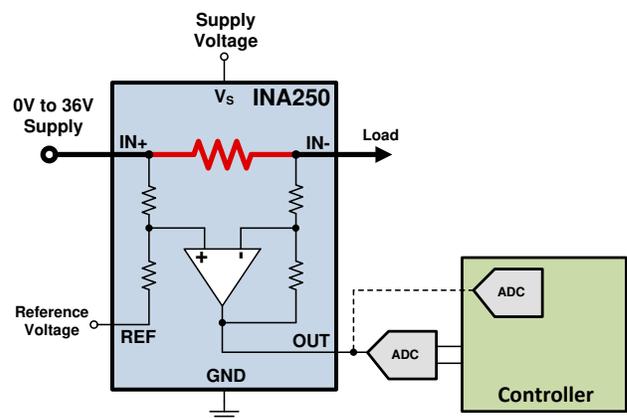


図 2. 電流センシング抵抗の内蔵

INA250 では、高精度の内蔵抵抗に加えて、電流センシング・ソリューションを実装するときに最も一般的な問題の1つに対処しています。電流センシングによる電力損失を減らすため、抵抗値の低いシャント抵抗が使用されます。このような低い抵抗値に適応するときの課題は、潜在的なPCBの寄生抵抗による影響です。寄生抵抗がシャント抵抗と直列な場合、抵抗を通過する電流によってシャント電圧が発生するため、測定誤差が増大する可能性があります。このような測定誤差の最も一般的な原因は、レイアウト手法が不適切なことです。アンプの入力ピン間に発生する差分電圧を変えるために必要な最小限の追加抵抗が存在することを確認するため、ケルビン接続 (4 端子接続またはフォースセンスとも呼ばれます) が必要です。寄生抵抗の影響を低減するための PCB レイアウト技法がいくつか存在しますが、INA250 ではその心配がなくなっています。

モーター制御とソレノイド制御のように高  $dv/dt$  同相過渡での電流測定を必要とするアプリケーション向けに、10 $\mu$ s 未満のセトリング時間の PWM 信号を除去するように INA253 および INA254 は特に設計されています。

すでに述べたように、標準的なセンシング信号チェーン経路には、電流センシング抵抗、アナログ・フロントエンド、ADC、システム・コントローラが含まれます。INA250 は、シャント抵抗と電流センシング・アンプを内蔵したものです。INA260 は、電流センシング抵抗、測定フロントエンド、ADC を内蔵したワンチップ・デバイスです。

図 3 に示す INA260 は、同じ精度の内蔵センシング抵抗を、電流センシング・アプリケーションに最適化された 16 ビットの高精度 ADC と内蔵したものです。これにより、INA250 よりもさらに高い性能の測定能力が得られ、温度範囲全体にわたって最大測定ゲイン誤差は 0.5%、最大入力オフセット電流は 5mA になります。

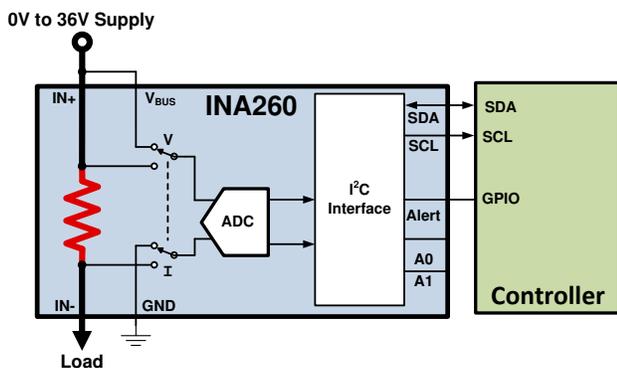


図 3. 信号パスの統合

高精度で低ドリフトの電流センシングと、これらの高精度電流センシング・デバイスを一体にすることで、別々のアンプと抵抗の組み合わせでは困難な電流測定を実現できます。このような高精度を持ち、温度に対して安定した測定に使用可能な電流センシング抵抗は、わずかながら存在しますが、TSSOP-16 パッケージの統合ソリューションと同

程度の設計サイズで、このレベルの精度を実現できる製品は存在しません。

### その他の推奨デバイス

さらに柔軟な設計を可能にするため、多くのスタンドアロンの電流センシング・アンプおよびデジタル電力モニタもあります。より電流要件の高い、低性能で問題のないのアプリケーションでは、INA210 スタンドアロン電流センシング・アンプがあります。スタンドアロンのデジタル電力モニタが必要なアプリケーションでは、INA226 が最適なデバイスです。過電流検出を実装するアプリケーションには、INA301 が最適なデバイスです。このデバイスはコンパレータが内蔵されており、最短で 1 $\mu$ s のオンチップ過電流を検出できます。

表 1. その他の推奨デバイス

| デバイス   | 最適化されたパラメータ                                  | 性能のトレードオフ   |
|--------|--|-------------|
| INA210 | 35 $\mu$ V $V_{OS}$ 、パッケージ:<br>SC70-6、QFN-10 | 電流センシング抵抗なし |
| INA226 | 10 $\mu$ V $V_{OS}$ 、パッケージ:<br>MSOP-10       | 電流センシング抵抗なし |
| INA301 | 信号帯域幅、コンパレータ内蔵                               | 電流センシング抵抗なし |

### 関連資料

- 『抵抗内蔵の電流検出による PCB 設計の簡素化』
- 『高電圧の電源レールにおける高精度の電流測定』
- 『電流センシング信号パスのインテグレーション』
- 『高精度のローサイド電流測定』

## 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 © 2023, Texas Instruments Incorporated