

# 抵抗内蔵の電流検出によるPCB設計の簡素化

電流センシング製品担当、Dennis Hudgins



電流を測定する最も一般的な方法は、シャントまたは電流検出抵抗の両端での電圧ドロップを検出することです。電流を高精度で測定するには、抵抗と電流検出アンプの両方のパラメータ値を調べる必要があります。また、電流検出抵抗と電流検出アンプとの間の接続が正しくレイアウトされていることも、精度の低下を避けるため重要です。両方のハイサイド電流検出用の接続を含む、電流センス・アンプの一般的な回路図を、[図 1](#)に示します。設計上重要な部分は、この図に影付きで示されています。

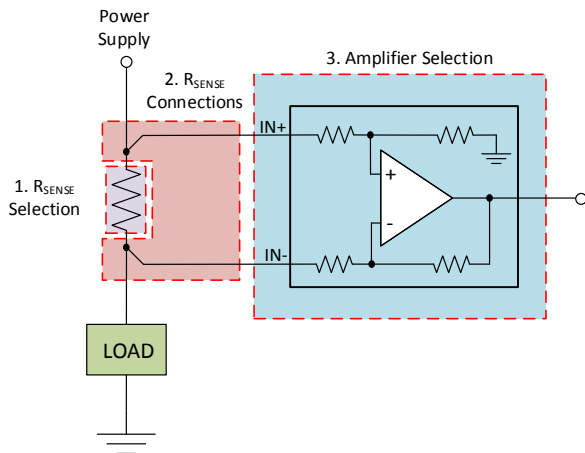


図 1. ハイサイド電流検出(影付きの部分がエラー源)

電流検出アンプを使用するとき、設計上の最も重要な決定の1つは、電流センスまたはシャント抵抗の選択です。設計における最初の決定は一般に、抵抗の値とワット数の選択です。抵抗の値は通常、予測される最大の電流において、目的の最大差動電圧が得られるよう決定されます。抵抗の電力損失バジェットに基づいて、抵抗の値を選択することもできます。電流検出抵抗の値とワット数を決定したら、2番目のパラメータとして抵抗の許容誤差を考慮します。この許容誤差は、検出される電圧および電流の測定値の精度に直接影響を及ぼします。ただし、とらえ難いパラメータとして多くの場合に見逃されるのが、抵抗の温度ドリフト係数です。温度ドリフト係数は多くの場合PPM/°Cで指定されま

す。電流がコンポーネントを流れるときの消費電力により抵抗の温度は上昇するため、この値は重要です。低コストの抵抗では多くの場合に1%未満の許容誤差が指定されていますが、実際の応用では抵抗の温度ドリフトによる影響を受けます。

抵抗を選択したら、正確な測定結果を得るため、抵抗のPCB上でのレイアウトに注意を払う必要があります。電流を正確に測定するには、電流センス抵抗との間に4つの接続が必要です。接続の2つは電流フローを処理し、他の2つは抵抗の両端で電圧ドロップを検出します。抵抗を流れる電流フローを監視するため使用可能な各種の方法を、[図 2](#)に示します。

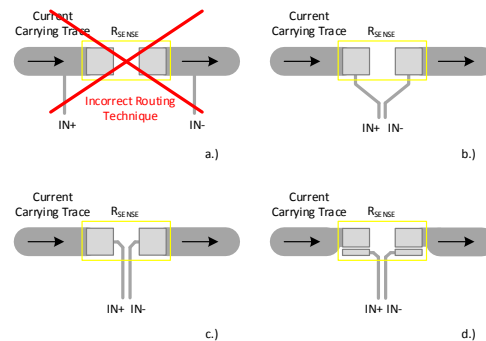


図 2. 電流検出抵抗のレイアウト技法

電流検出抵抗をレイアウトするときの最も一般的な過ちの1つは、電流検出アンプの入力を、電流v抵抗に直接接続するのではなく、[図 2a](#)に示すように電流が流れる配線に接続してしまうことです。電流検出抵抗への接続をレイアウトする、他の有効な方法を[図 2b-d](#)に示します。[図 2d](#)に示すレイアウトの特徴は、電流検出抵抗への独立した4線式(ケルビン)接続があることです。この技法は、シャント抵抗の値が0.5mΩ未満で、抵抗の接続と直列のハンダの抵抗が総合的なシャント抵抗に加算される影響が無視できないほど大きい場合に、最も一般的に使用されます。最終的なPCB設計において、どのレイアウト技法が最良の結果を得られるかを判定するのは困難です。これは、抵抗の精度が、その抵抗の製造時に使用された測定場所に大きく依存するためです。抵抗の値がパッド内で測定された場合、[図 2c](#)に示すレイアウトが最良の測定結果を得られます。抵抗の値が側面で測定された場合、[図 2b](#)に示すレイアウトの方が測定

精度が高くなります。最良のレイアウトの選択が難しいのは、多くの抵抗のデータシートでは、最良の電流センシング精度を得るためのレイアウト推奨事項や、製造プロセスで使用された測定ポイントについて言及されていないためです。

電流センス抵抗が内蔵された電流検出アンプを使用すると、抵抗の選択とPCBのレイアウトに関する困難を軽減できます。INA250およびINA260デバイスは、電流検出アンプと同じパッケージに電流検出抵抗を内蔵した製品です。電流検出抵抗への接続は、最良の測定精度と温度安定性が得られるよう最適化されています。INA250はアナログ出力の電流vアンプ、INA260はデジタル出力の電流vで、I<sup>2</sup>C/SMBUSインターフェイス経由で電流、電力、バス電圧を報告します。INA250のブロック図と、抵抗の接続を図3に示します。INA250には外部検出用の接続があり、シャント電圧のフィルタリングや、電流検出アンプへの直接接続が可能です。シャント抵抗への接続は内部的に固定されているため、PCBレイアウトの難度が低減します。アンプのゲインはそれぞれの抵抗に最適化されているため、システムの合計ゲイン誤差は、0.1%またはそれ以上の精度の電流検出抵抗を使用した場合と同等です。INA250およびINA260に使用されている統合シャント・テクノロジーは、最大15Aの動作電流をサポートできます。

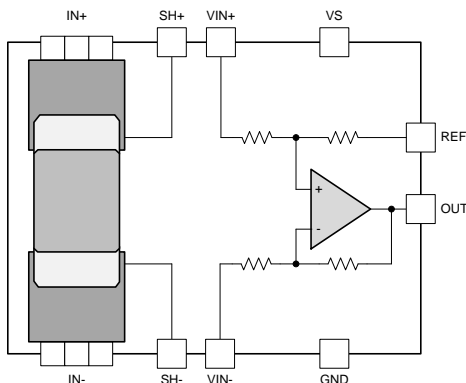


図 3. 内部の抵抗接続を含むINA250のブロック図

INA250およびINA260の精度仕様には抵抗が含まれているため、コンポーネントの選択が容易になります。INA250の最大合計システム・ゲイン誤差は、室温において0.3%で、-40°C~125°Cの温度範囲で0.75%を維持します。シャント抵抗が内蔵されていないデバイスの精度を計算する場合、デバイスのゲイン誤差、ゲイン誤差のドリフト係数、抵抗の許容誤差、抵抗のドリフト係数を考慮して、システムの合計ゲイン誤差を計算する必要があるため、総合的なシステムの精度仕様に合致する部品の選択が困難な場合があります。INA260はデジタル電流出力デバイスで、室温にお

ける合計ゲイン誤差は最大0.15%です。この合計ゲイン誤差には、内蔵のレジスタの差異や、電流検出アンプのゲイン誤差が既に含まれています。電流検出抵抗への接続はパッケージの内部で行われ、抵抗の接続ポイントによる差異を取り除くため、デバイスごとに較正が行われています。

設計で高精度の電流測定が要求される場合、内蔵のシャント製品により高い精度が得られ、ソリューション全体のコストを低減できます。INA260と同等の精度を得るには、ゲイン誤差が0.1%未満の電流検出アンプと、初期許容誤差が0.05%未満で低ドリフト係数の抵抗が必要です。一般に、ワット数が大きく、精度が0.1%未満の抵抗はコストが高く、1000個単位で数ドルに達することもあります。

INA260の内蔵抵抗にはもう1つ利点があり、抵抗の値が較正済みで内部的に設定されているため、電流について返される値をアンペア単位に簡単に変換できます。他のデジタル・ソリューションでは、電流検出抵抗の値を内部またはホスト・プロセッサでプログラムし、返される電流の読み出し値を適切にスケールリングする必要があります。

INA250およびINA260で使用される内蔵のシャント・テクノロジーにより、高精度の電流測定、レイアウトの複雑性の低減、合計システム誤差についてのよりの確かな理解、および同等の精度を持つソリューションと比較したコストの削減が可能になります。高精度が要求され、15Aを超える電流のサポートが必要なアプリケーションでは、製品のデータシートに示されているように、複数のINA250デバイスをデジタイズ・チェーン構成で並列接続できます。または、ホスト・プロセッサが報告された電流読み出し値を合計できるなら、複数のINA260デバイスも使用できます。複数のデバイスを並列化して15Aを超える電流を監視するのが、ソリューションのサイズの関係で現実的でない場合は、表1のリストに示すデバイスを使用して、外部シャント抵抗を使用し、大電流を監視できます。

表 1. その他の推奨デバイス

デバイス	最適化されるパラメータ	性能のトレードオフ
INA226	I <sup>2</sup> Cインターフェイスによるデジタル出力、0.1%のゲイン誤差、10μVのオフセット	シャント抵抗が外付け
INA233	PMBus/I <sup>2</sup> Cインターフェイスによるデジタル出力、0.1%のゲイン誤差、10μVのオフセット	シャント抵抗が外付け
INA210C	アナログ出力、0.5%のゲイン誤差、35μVのオフセット	シャント抵抗が外付け

表 2. 関連するTech Note

SBOA170	電流検出抵抗の内蔵
SBOA167	電流検出信号パスの統合

## 表 2. 関連するTech Note (continued)

SBOA160	高精度のローサイド測定
---------	-------------

## TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供するものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的にのみ使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的で、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他どのような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、あるいはTIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示的保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁済または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。