

電流センシング信号パスのインテグレーション

電流センシング製品担当者、Scott Hill



電流測定は、電子的なシステム内でフィードバックを行い、許容されるマージン内で動作していることを確認し、フォルトの可能性のある状況を検出するために使用されます。システムの現在のレベルを分析することで、意図しない、または予期しない動作モードを診断でき、信頼性の向上、またはシステムの部品を損傷から保護するための調整を行うことができます。

電流は、直接測定が困難な信号です。しかし、電流の影響を測定できる方法はいくつか存在します。配線を通る電流は磁場を発生させ、磁気センサにより検出できます(ホール効果やフラックスゲートなど)。また、電流が抵抗を通過するとき、抵抗の両端に発生する電圧を測定し、電流を測定することもできます。このタイプの抵抗は電流センシング抵抗、またはシャント抵抗と呼ばれます。

100V未満の電圧レールで、最大100Aまでの範囲の電流については、通常はシャント抵抗による電流測定が好まれます。シャント抵抗の手法は、磁気的なソリューションと比較して一般に、物理的に小さく、より正確で、温度に対して安定した測定を行えます。

システムの電流の情報を評価し分析するには、デジタル化してシステム・コントローラへ送信する必要があります。シャント抵抗の両端で発生する信号の測定と変換には、多くの方法があります。最も一般的な方法は、アナログ・フロントエンドを使用して、電流センシング抵抗の差分信号をシングルエンドの信号へ変化するものです。次に、このシングルエンドの信号がA/Dコンバータ(ADC)へ接続され、さらにマイクロコントローラへ接続されます。電流センシング信号チェーンの概要を、図1に示します。

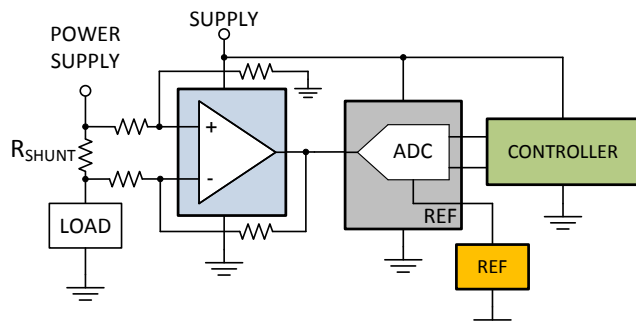


図 1. 電流センシング信号パス

電流センシング信号チェーンを最適化するため、電流の範囲とADCのフルスケール入力範囲に応じて、適切なシャント抵抗の値とアンプのゲインを選択する必要があります。シャント抵抗は、測定精度と、シャント抵抗による電力消費との間のバランスに基づいて選択されます。抵抗の値が大きいと、電流が通過することによって大きな差分電圧が発生します。アンプのオフセット電圧が固定であるため、測定誤差が小さくなります。しかし、信号が大きいと、シャント抵抗での電力損失も大きくなります($P = I^2R$)。シャント抵抗の値が小さいと、両端の間のドロップも小さく、消費電力の要件は減少しますが、アンプの固定オフセット誤差が信号の大きな割合を占めるようになるため、測定誤差も増大します。

アンプのゲインは、フルスケールの入力電流レベルにおいて、アンプの出力信号がADCのフルスケール入力範囲を超えないことを保証できるように選択します。

INA210は専用の電流センシング・アンプで、図2に示すようにゲイン設定抵抗が内蔵されています。これらのゲイン抵抗がデバイスに内蔵されていることで、一般的な外付けのゲイン設定抵抗に比べてマッチングが強化され、温度ドリフト安定性も高くなります。小さいQFNパッケージにより、オペアンプと外部ゲイン抵抗に必要な基盤面積も大幅に減少します。電流センシング・アンプは一般に、入力電流とADCのフルスケール入力範囲に基づいて、シャント抵抗の値とのマッチングを最適化できるよう、複数の固定ゲイン・レベルを持っています。

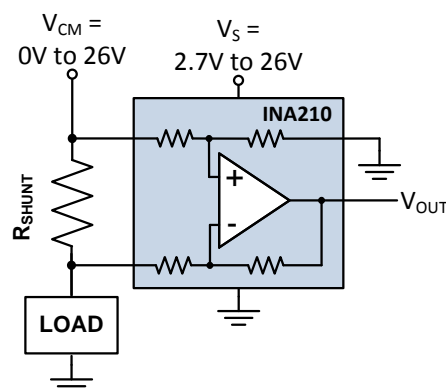


図 2. INA210: 電流センシング・アンプ

図 1 は、シャント抵抗の両端に発生した差分電圧を測定し、増幅された信号をシングルエンドのADCへ送信するオペアンプを示しています。完全差動入力ADCは、シャント抵抗の両端で差分電圧を直接監視できます。標準のADCを使用する欠点の1つは、入力範囲が減少することです。シャント抵抗の両端に発生する信号は、消費電力を最小限にするために、小さくする必要があります。ADCの分解能が低いと、小さな信号の測定精度に影響を及ぼします。

ADCの基準電圧も別の誤差の要因となり、この信号パスで評価が必要です。標準的なADCの入力範囲は、コンバータの基準電圧に基づいています。実際の基準電圧範囲はデバイスごとに異なりますが、一般には2V~5Vの範囲です。LSB (Least Significant Bit)は、フルスケール範囲とコンバータの分解能に基づいて決定されます。たとえば、16ビットのコンバータでフルスケール入力範囲が2.5Vなら、LSBの値は約38 μ Vです。

INA226は、双方向の電流センシング・アプリケーションに特化したADCです。一般的なADCとは異なり、この16ビットのコンバータはフルスケール入力範囲が ± 80 mVで、ADCのフルスケール入力範囲を最大化するため入力信号を増幅する必要はありません。INA226は、最大入力オフセット電圧10 μ Vと、LSBサイズの2.5 μ Vにより、小さなシャント電圧を正確に測定できます。INA226は、フルスケール入力範囲が2.5Vの標準的な、同等の16ビットADCと比べて、15倍の分解能を実現します。INA226は、図 3 に示すような電流センシング抵抗での電圧低下を直接監視するために特化したデバイスです。

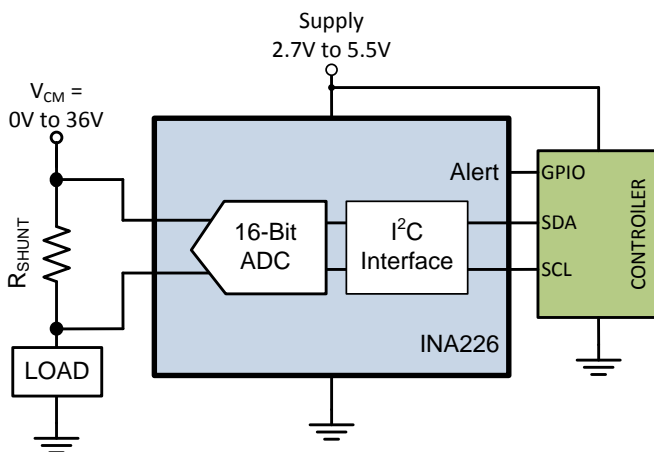


図 3. デジタル電流/電力監視

シャント抵抗を電流が通過するときに発生する電圧を直接測定する以外に、INA226はコモンモード電圧も測定できます。INA226には入力マルチプレクサがあり、ADC入力回路を、差分シャント電圧測定と、シングルエンドのバス電圧測定に切り替えることができます。

システムに存在する電流センシング抵抗の値は、INA226の内蔵レジスタにプログラム可能です。この電流センシング抵抗の値と、測定されたシャント電圧に基づいて、デバイス内部で計算をしシャント電圧を電流に戻し、システムの対応する電力レベルを直接読み出すことが可能です。計算をデバイス内で行うため、通常はこの情報の変換に必要なプロセッサのリソースが低減します。

その他の推奨デバイス

性能要件が低いアプリケーションでも、INA199を使用して専用の電流センシング・アンプとしての利点を得られます。過電流検出を実装するアプリケーションの場合、INA301に内蔵されているコンパレータにより、最短で1 μ sのオンチップ過電流を検出できます。性能要件が低いアプリケーションでも、INA219を使用して電流センシングADCとしての利点を得られます。

表 1. その他の推奨デバイス

Device	Optimized Parameter	Performance Trade-Off
INA199	低コスト	高い V_{OS} およびゲイン誤差
INA301	信号帯域幅、コンパレータ内蔵	大きなパッケージ: MSOP-8
INA219	小パッケージのデジタル・モニタ、低コスト	高い V_{OS} およびゲイン誤差

表 2. 関連するTI TechNote

SBOA162	電流測定による範囲外状況の検出
SBOA165	高電圧電源レールの正確な電流測定
SBOA160	高精度、低ドリフトのインライン・モータ電流の測定
SBOA161	三相システム用の低ドリフトのローサイド電流測定

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のみに使用し、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の、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の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。

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係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の、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/sampterms.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。