

# 電流センシングA/Dコンバータ

電流センシング製品担当者、Scott Hill



電流測定の実信号チェーン・パスは一般に、システム間で一貫しています。電流がコンピュータ、自動車、モータのどこで測定される場合も、ほとんどの機器で共通の機能ブロックが使用されます。

現実の世界では、すなわちこの例ならライト、温度、電流などのインターフェイスには、信号を比例値(電圧や電流)に変換し、簡単に測定できるようにするためのセンサが必要です。磁界センシングを使用して電流の影響を検出するセンサには、いくつかの種類があります。これらは、非常に大きな電流を検出する、または絶縁測定が必要な時には非常に効果的です。電流を測定するための最も一般的なセンサは、電流センシング(シャント)抵抗です。この部品を測定対象の電流と直列に接続すると、抵抗を通過する電流に比例する差動電圧が発生します。

信号パスの他のブロックは、この測定された電流情報をシステムでどのように使用するかに基づいて選択されます。一般的で、ほとんどのアプリケーションに搭載されるいくつかのブロックを、[図 1](#)に示します。これらのブロックは、センサからの小さな信号を増幅するアナログ・フロント・エンド(AFE)、センサからの増幅された信号をデジタル化するアナログ/デジタル・コンバータ(ADC)、およびセンサの情報を分析して、測定された電流レベルに従ってシステムが応答するためのプロセッサで構成されます。

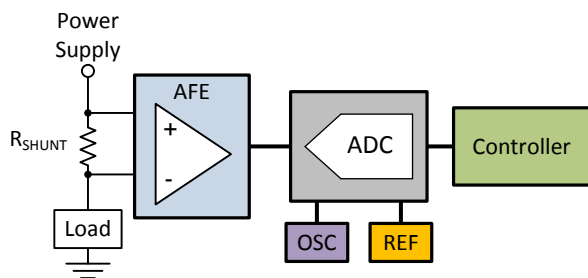


図 1. 電流センシングの信号チェーン

AFEの必要条件の1つは、センシング抵抗の両端に発生する差動信号に直接接続できることです。AFEのシングルエンドの出力により、以後のADCとの接続が簡単になります。差動アンプ構成に含まれるオペアンプは、この機能要件に一般的に使用されます。専用の電流センシング・アンプ、た

例えばINA210には、ゲイン設定用の部品が組み込まれており、この種のアプリケーションに特化して設計されています。INA210には、非常に小さな信号を正確に測定する能力があるため、センシング抵抗の消費電力要件を減らすことができます。

信号チェーンの次のブロックはADCで、増幅されたセンサの信号をデジタル化します。このデバイスには、より正確な測定能力のために外付け部品(基準電圧、発振器など)が必要になることがあります。AFEと同様に、ADCブロックにも各種のオプションが利用可能です。基準電圧と発振器を使用するのコンバータ単体も、ADCチャンネル内蔵のプロセッサも利用できます。

ADC内蔵デバイスとディスクリートADCのどちらのADCブロックにも、それぞれの利点と制限が存在します。プロセッサに組み込まれているADCの明らかな利点の1つは、基板上の部品数を減らせることです。内蔵しているADCチャンネルの既存の命令セットにより、外付けでのADCをサポートするため作成する追加ソフトウェアの負担はさらに減少します。ただし、デジタル・コントローラ用のシリコン・プロセス・ノードは多くの場合、正確なアナログ用に最適化されていないため、オンボード・コンバータの性能には限界があります。ディスクリートのアナログ/デジタル・コンバータには、分解能、ノイズ、変換速度など、特定の性能指標を最適化するようにデバイスを選択できるという利点があります。

この信号チェーンのバリエーションとして、ADCを使用して電流センシング抵抗の両端を直接測定し、電流センシング・アンプを一切使用しない方法もあります。標準のコンバータでは、AFEを使用せずシャント電圧を直接測定するのは困難です。1つの問題は、ADCのフルスケール範囲が大きいことです。センシング抵抗の電圧ドロップを増幅しないと、ADCのフル範囲を十分に活用できないか、抵抗の両端で大きな電圧ドロップが必要になります。大きな電圧ドロップは、センシング抵抗で多くの電力が消費されることを意味します。より小さな信号を直接測定するよう設計され、入力範囲が変更されているADCも存在し、これらのADCではシャント電圧を直接測定可能です。これらのデバイスには一般に、ADCのフルスケール範囲を活用するため、内部的なプログラマブル・ゲイン・アンプ(PGA)が組み込まれています。

これらの小信号用コンバータの制限は、コモンモード入力電圧範囲が限られていることです。これらのADCの入力電圧範囲は電源電圧により制限され、対応しているコア・プロセッサの電圧に基づいて、通常は3V~5.5Vの範囲です。図2に示すINA226は、電流センシングに特化したアナログ/デジタル・コンバータで、このコモンモードの制限を解決できます。このデバイスには16ビットのデルタ・シグマ・コアが搭載されており、2.7V~5.5Vの電源電圧により、最高36Vのコモンモード電圧レールの小さな差動シャント電圧を監視できます。

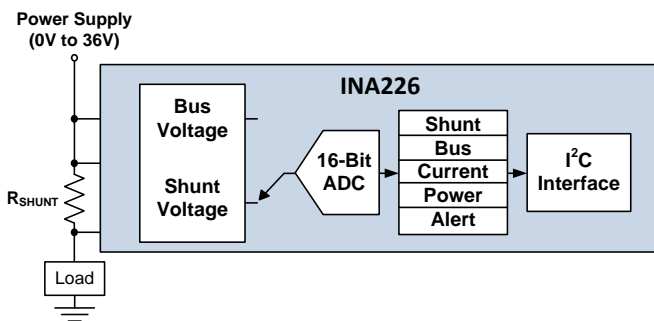


図 2. IAN226、高精度の電流/電圧/電力センシングADC

入力範囲能力が小さなものに変更されているADCと同様に、INA226のフルスケール入力範囲は約80mVで、電流センシング抵抗の両端の電位差を直接測定できます。INA226には小さな電流の変化を極めて正確に解決する能力があり、LSBステップ・サイズは2.5μV、最大入力オフセット電圧は10μVです。オフセット・ドリフト係数は0.1μV/°Cで、温度が125°Cまで上昇しても、オフセットの増加はわずか12.5μVであるため、高い測定精度が維持されます。最大ゲイン誤差が0.1%で、フルスケール信号レベルでも同様に高い測定精度が維持されます。

INA226は小さなシャント電圧を正確に測定できますが、この部品の設計には、電流センシング用途にも便利な追加機能が組み込まれています。このデバイスには内部レジスタが組み込まれており、PCB上に存在する電流センシング抵抗の固有の値をユーザーがプログラムできます。電流センシング抵抗の値を認識することで、INA226はシャント電圧を測定するたびに、その測定値に対応する電流の値に直接変換し、追加の出力レジスタに保存できます。また、INA226には内部マルチプレクサも搭載されているため、差動入力測定からシングルエンドの電圧構成への切り替えが可能で、コモンモード電圧を直接測定できます。この電圧

測定機能と、既に述べたシャント電圧および対応する電流の計算機能により、このデバイスは電力を計算できます。デバイスは計算した電力を保存し、この値をシャント電圧、電流、コモンモード電圧の情報とともに、2線式のシリアル・バスでプロセッサへ出力します。

オンチップでの電流および電力の計算に加えて、INA226にはプログラム可能なアラート・レジスタがあり、変換されたそれぞれの値を定義済みの制限値と比較し、異常な状況が発生したかどうかを判定できます。このアラート・モニタは、過電流、過電圧、過電力などの異常状況を測定するよう構成が可能です。また、デバイスにはプログラム可能な信号平均化機能があり、さらに高い測定精度を実現できます。

INA226は、高精度の電流測定をサポートするよう最適化されています。このデバイスに搭載されている追加機能によって、電流測定機能に必要な信号管理や監視機能がサポートされるため、システム・プロセッサの負荷を減らすことができます。

#### その他の推奨デバイス

パフォーマンス要件が低い用途では、INA230を使用しても、専用の電流センシング・アナログ/デジタル・コンバータの利点を活用できます。測定される電流が15A未満で、さらに高精度の測定能力が要求される場合、INA260はINA226と同様の機能を持ち、パッケージに高精度の2mΩ電流センシング抵抗が内蔵されています。大幅に高いコモンモード電圧に対応する必要のある用途では、絶縁機能があるAMC1305が最適で、最高1.5kV DCの動作電圧と、最高7kVのピーク・トランジェントに対応できます。AFEのパフォーマンス要件が低い用途では、INA210を使用しても、専用の電流センシング・アンプの利点を活用できます。

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
INA230	低コスト	高いV <sub>OS</sub> およびゲイン誤差、低いV <sub>CM</sub> 範囲
INA260	低いシステム・レベルのゲイン誤差とオフセット	パッケージサイズ: TSSOP-16
AMC1305	絶縁測定、高い信号帯域幅	高いコスト、高いV <sub>OS</sub> およびゲイン誤差
INA210	低コスト	高いV <sub>OS</sub> およびゲイン誤差

表 2. 関連するTech Note

SBOA162	電流測定による異常状況の検出
SBOA165	高電圧電源レールの正確な電流測定
SBOA167	電流センシング信号バスのインテグレーション
SBOA170	電流センシング抵抗のインテグレーション

## 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/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。