

ローサイド電流検出回路のインテグレーション

電流センシング製品、Dennis Hudgins



ディスクリートの電流検出アンプは、ローサイドの電流センシング用途で一般的に使用されます。ローサイドの電流センシングでは、負荷とグラウンドとの間に配置された検出抵抗の両側で電圧が測定されます。ローサイド電流センシングの構成を、[図 1](#)に示します。

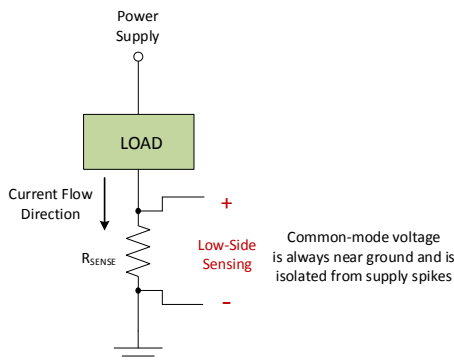


図 1. ローサイド電流センシング

電流検出アンプとして使用するとき、ディスクリートソリューションはローサイドの検出抵抗の両側に発生する電圧を検出し、増幅します。ローサイドの電流を検出するため使用できる2つの技法を、[図 2](#)に示します。

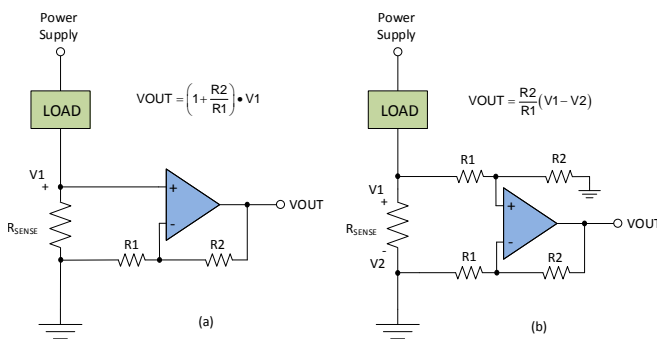


図 2. ローサイド・センシング構成用のディスクリート実装

[図 2a](#)に示す最初の技法では、2つの外付けゲイン設定抵抗を使用して、片側の測定を行います。片側の測定は、使用する部品は少なくなりますが、抵抗のグラウンド側が検出されません。検出抵抗の値が小さい場合、またはグラウンド電流が大きくなる可能性がある設計では、この技法は精度が

低下します。[図 2b](#)に示す2番目の手法では、従来型の差分アンプ・トポロジを使用して、検出抵抗の両端で直接電圧ドロップを検出します。この方法では、抵抗からPCBグラウンドへの電圧ドロップが除去されるため、特に大電流の検出において高い精度が得られます。

ディスクリート実装はローサイド電流センシングを実装するため一般的に使用されますが、最適の性能を実現するにはオペアンプを注意深く選択する必要があります。たとえば、LM321など広く使用されているオペアンプについて考えてみます。このデバイスには、7mVの入力オフセット電圧があります。電流センシング・アプリケーションでは、小さな差動電圧信号を測定するとき、このオフセット電圧が精度に大きな影響を及ぼします。差動信号を大きくし、測定誤差を減らすには、検出抵抗の値を大きくする必要があります。検出抵抗の値を大きくすると消費電力が増大し、より大きく高価な、ワット数の大きい抵抗が必要になります。またLM321はスルー・レートが0.4V/μsで、ゲイン帯域幅積が1MHzです。ゲインが20の電流検出アンプとして構成した場合、帯域幅は約50kHzに低下します。LM321は帯域幅とスルー・レートが低いため、高速な電流信号の監視が必要であるアプリケーションや、過電流イベントの検出が必要なアプリケーションの設計には適していません。この出力スイングおよび入力共通モード範囲の制限により、デバイスが動作可能な分野も制限されます。特に、電流検出アンプの出力が低い電圧のアナログ/デジタル・コンバータ(ADC)に接続されている場合には、この制限が問題となります。

これに対して、INA180は最大オフセットが150μVで、ワット数が小さくコスト効果の高い抵抗を使用して、正確な電流センシング測定が可能です。また、INA180は帯域幅350kHz (G=20)で、スルー・レートが2V/μsであるため、入力電流の変化にすばやく追従でき、モータ制御や過電流検出用途に適したデバイスです。INA180は正の電源から30mV以内までスイング可能で、デバイスの電源電圧にかかわらず26Vまでの共通モード電圧で動作するため、低い電圧のADCとも適切に連携動作できます。

電流検出アンプを分離実装するときを考慮すべきもう1つの点は、PCBレイアウトです。R1およびR2は、オペアンプおよび電流検出抵抗と可能な限り近くに配置する必要があります。これらの部品をオペアンプの近くに配置することで、オペアンプの正入力にノイズを拾う可能性が減少します。多くの電流検出アンプはDC/DCコンバータとともに使用されるため、DC/DC電源により放射されるノイズを避けるよう、電流検出回路全体の配置を注意深く検討する必要があります。差動アンプのゲインは、図2に示す式で計算できます。ただし、ゲインの増大または減少は、安定性および帯域幅に影響します。容量性負荷が存在するアプリケーションでは、発振や過剰なリングングを回避するため、オペアンプの安定性について特別な考慮が必要です。

このディスクリートソリューションによる電流測定の前点は、図3に示す回路で対処されます。INA180にはゲイン設定抵抗が内蔵され、PCB面積の削減とともに、外付け抵抗を使用するディスクリート実装よりも精度が向上しています。これらの抵抗は集積回路に組み込まれているため、抵抗のマッチングとドリフト特性が非常に優れています。これにより、低コストのディスクリート実装よりもゲイン誤差が減少し、コモンモード除去が改善されています。INA180は20、50、100、200V/Vの高精度のゲインで利用可能です。

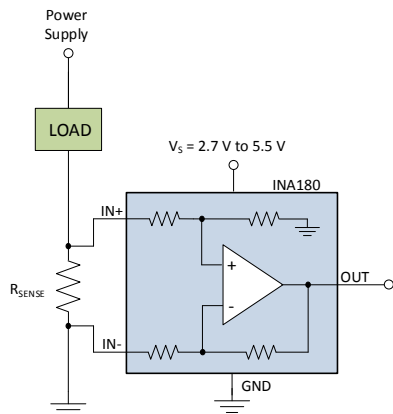


図 3. INA180電流検出アンプを使用するローサイド電流センシング

INA180にはゲイン設定抵抗が内蔵されているため、ディスクリート実装で問題となっていたレイアウトの考慮事項の多くが解消します。帯域幅およびコンデンサの負荷安定性は、各ゲイン設定について、データシートに規定されている最大の容量性負荷で最適化されています。ゲイン設定抵抗が内蔵されているため、PCB面積の削減、ノイズ感受性の低減、レイアウトの簡素化に有効です。

INA180は、既存のディスクリート設計からのアップグレードを容易にします。電流検出ソリューションの利点を得るための最初の手順は、ディスクリートソリューションをINA180に置き換えることです。

INA180は、SOT23とSC70の両方のパッケージで供給されます。SOT23には2つのピン配列のバージョンがあり、このパッケージを使用するオペアンプと最大の互換性が得られます。INA180のピン配列は、ほとんどのディスクリートソリューションと一致しているため、インテグレーションによる性能の利点を得るためにPCBレイアウトを変更する必要はありません。次の手順として、外付けのゲイン設定抵抗を取り外し、入力抵抗として0オームの抵抗を取り付けます。片側および完全差動オペアンプの設計の一般的なレイアウト、およびINA180へ移行するために必要な変更点を、図4に示します。

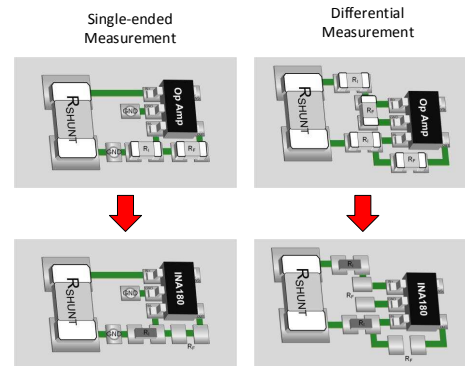


図 4. ディスクリートソリューションからINA180へのPCB移行の技法

その他の推奨デバイス

INA180の性能を双方向電流センシング機能で必要とするアプリケーションでは、INA181を使用します。INA199シリーズのデバイスはオフセット(12Vコモンモードで最大150μV)とゲイン誤差(最大1%)が低く、より高い性能が必要なアプリケーション向けです。

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
INA199	精度	コスト
INA210 - INA215	高精度	高コスト

表 2. 関連するTech Note

SBOA161	三相システムでの低ドリフト・ローサイド電流測定
SBOA167	電流センシング信号パスのインテグレーション
SBOA169	高精度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。