

# 電流検出における外部電流検出アンプと内蔵アンプとの比較

電流センシング製品担当、Scott Hill



電流測定の要件は、多くの種類のアプリケーションで共通です。電流測定は、運用システムの効率向上や、意図しない動作状況でのシステム保護に利用されます。この測定は、モータ制御、バッテリー充電管理、電源レギュレーション、突入電流制限によるホットスワップ時の保護などのアプリケーションで一般的です。この電流を測定する回路の設計は、電流測定専用設計された分離アンプから、電流検出機能の全ての機能が内蔵されているシステムデバイスまで、多岐にわたります。

システムデバイスの一般的な例は、バッテリー残量計です。図 1 に示すように、この特定アプリケーション向けデバイスで通常測定されるのは、温度、電圧、電流の3つの信号です。バッテリー監視デバイスは、必要なアンプおよびアナログ/デジタル・コンバータ(ADC)を内蔵し、これらの監視または測定作業をすべて単一の機能コントローラ内で行うことにより、利益を得られます。アルゴリズムを内蔵することで、この内部的に測定される情報を利用して、バッテリーの状態と健全性の最適化されたトラッキングを作成し、総合的に最適化されたソリューションを実現しています。

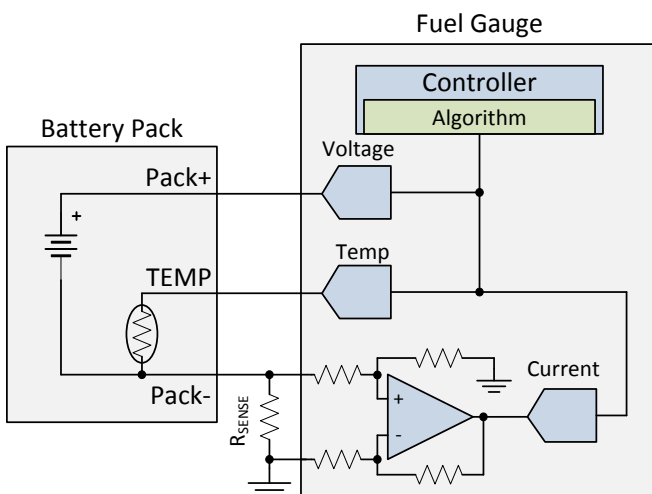


図 1. バッテリー残量計

これらの特定の信号の測定回路を統合することで、複数の特定機能デバイスを使用する分離手法と比べて単純明快で、部品数の少ないソリューションを実現できます。小さな外部の信号を測定し、増幅するための専用アナログ・フロント・エンド・アンプの数が少なくなるため、ソリューション全体が小型化し、バッテリー駆動のアプリケーションで一般的な、継続的なフォーム・ファクタ縮小に対応するため役立ちます。

モータ・ドライブ・アプリケーション用のゲート・ドライバでも、システム・レベルのコントローラに、オンボードの電流測定を実行するオペアンプを組み入れることが一般的です。モータの位相電流を測定し、その情報を外部のADCへ渡すため使用される、アンプ内蔵型の代表的な三相ゲート・ドライバを、図 2 に示します。

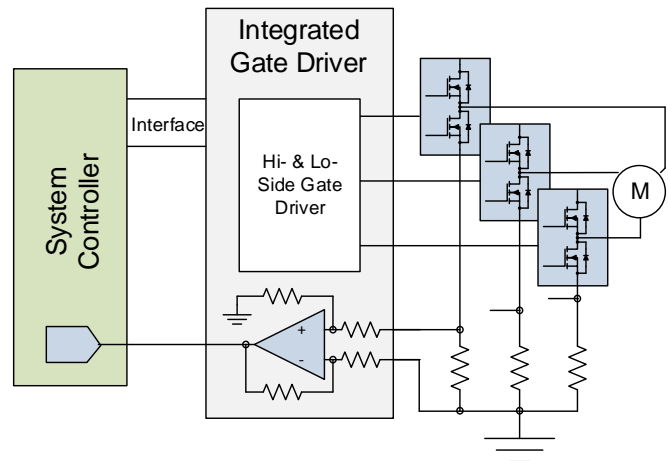


図 2. モータ・ドライブ・アプリケーション用のゲート・ドライバ

バッテリー残量計とモータ制御ゲート・ドライバのどちらも、これらの複雑なデバイスは関係する測定回路を統合し、総合的な設計を簡素化することにより利益を受けられます。しかし、どちらの機能についても電流測定回路の統合には1つ欠点があります。測定精度自体を最適化する能力が制限されることです。電流を測定するため使用されるアンプをデバイスに組み入れると、外付けの部品数が減少しますが、それらのデバイスの設計に使用されるシリコン・プロセス

は一般にレギュレータ、スイッチング電源、パワー・トランジスタの電力効率に、より最適化されています。これらの電力ベースのシリコン・プロセスでは一般に、電源コンポーネントと並んで構築されるアナログ回路で高い測定精度を得る能力が制限されます。

電流センス・アンプの測定精度に最も大きな影響を及ぼすパラメータは、入力オフセット電圧とゲイン誤差、およびデバイスの動作温度範囲におけるそれらの対応するドリフト係数です。電流測定に使用される多くの内蔵アンプでは、入力オフセット電圧が3mV～5mVの範囲です。100mVの信号(電流がシャント抵抗を通過するとき、シャント抵抗の両端に発生する差動電圧)では、5mVのオフセットは5%の測定誤差になります。アンプのオフセット電圧の最大温度ドリフト係数は、100 $\mu$ V/°Cに達することがあります。アンプのドリフト特性が100 $\mu$ V/°Cの場合、温度が50°C変化すると、オフセットが5mV増え、100mVの入力信号をベースとすると、測定誤差がさらに5%増えることになります。

アンプのゲイン・ネットワーク内の抵抗値の不一致も、測定の不確実性を増やすことになります。抵抗性のゲイン・ネットワークに関連する測定誤差は、一般に2%の範囲内です(+/-1%の抵抗により2%の不一致)。これらの部品の温度係数は、一般に数十ppm/°Cから数百ppm/°Cで、抵抗値の差異に加算されます。200ppm/°Cのそれぞれの抵抗は、温度が50°C変化した場合、抵抗のドリフト係数からだけでも+/-1%の測定の不確実性(合計で2%の追加誤差)を引き起こします。

例として、内蔵オペアンプの入力オフセット電圧が5mV、ドリフト係数が100 $\mu$ V/°Cで、ゲイン設定抵抗が1%、200ppm/°Cの場合、温度が50°C変化すると、測定誤差は約10.8%です(電流センス・アンプの合計測定誤差を計算する方法の詳細については、[ビデオ・シリーズ](#)を参照)。この測定誤差のうち5%は、システムの温度変化による部品のドリフトによるものです。

多くのアプリケーションでは、10%の測定誤差は、必要なレベルの制御を得るため十分です。他のものでは、システムを較正して初期誤差を除去できます。しかし、システムの温度が変化すると、測定に新たな誤差が発生します。専用の電流センス・アンプを使用すると、これらのシステム・レベルのデバイスに組み込まれているアンプに存在する制限の多くを解決できます。

INA199電流センシング・アンプは、[図 3](#)に示すように、0V～26Vの範囲の電圧レール上で電流を正確に測定でき、最低2.7Vの電源電圧で動作します。このデバイスには高精度の一致抵抗が内蔵されており、最大ゲイン誤差1%、ゲイン・ドリフト係数10ppm/°C(温度が100°C変化した場合の追加誤差0.1%)を実現しています。また、このデバイスの入力オフセット電圧は150 $\mu$ V、ドリフト係数仕様は0.5 $\mu$ V/°C(温度が100°C変化した場合に追加で50 $\mu$ V)です。上と同じ条件で、INA199の最大測定誤差は約1.1%で、そのうち温度変化による誤差はわずか0.05%です。

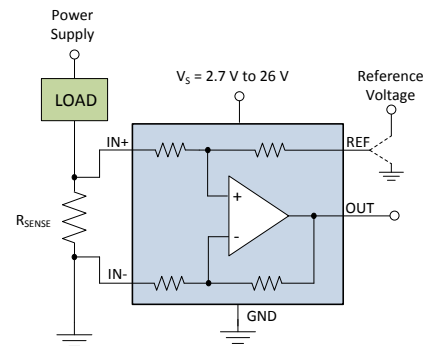


図 3. INA199電流センス・アンプ

### その他の推奨デバイス

より高い測定精度が必要なアプリケーション向けに、他のデバイスも用意されています。INA210はINA199とほぼ同じですが、入力オフセット電圧(35 $\mu$ V)とゲイン誤差(0.5%)がさらに低くなっています。INA301にはオンボードのコンパレータが搭載されており、範囲外の状況や短絡イベントを簡単に検出できます。INA226には16ビットADCが内蔵されており、最大入力オフセット電圧が10 $\mu$ V、最大ゲイン誤差が0.1%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
INA210	オフセット電圧、ゲイン誤差	若干のコスト増大
INA301	オフセット電圧、ゲイン誤差、帯域幅、オーバーリミット・コンパレータ	パッケージ・サイズ、コスト
INA226	デジタル・インターフェイス、高精度	パッケージ・サイズ、コスト

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
SBOA169	高精度のローサイド電流測定
SBOA179	統合された電流センシングA/Dコンバータ

## 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、お客様への弁護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。