

# 電流検出アンプでのコモンモード範囲外への拡大

電流センシング製品担当、Arjun Prakash



ハイサイドの電源電流センシングが必要な場合、電源の最大電圧定格を理解することが極めて重要です。最大電源電圧は、電流検出アンプの選択の要因となります。電流検出アンプのコモンモード電圧は、電源の最大電圧を超えている必要があります。たとえば、48V電源上で電流が測定され、トランジェント電圧が96Vを超えない場合、最大コモンモード電圧として96Vをサポートする電流検出アンプを設計する必要があります。同様に、400V電源では、コモンモード電圧として400Vをサポートする電流検出アンプを選択する必要があります。

高電圧のハイサイド電流検出を行うソリューションのシステム・コストは、目標として1%以内の精度を達成する必要があります。高価になる可能性があります。コモンモード電圧が90Vを超える場合、絶縁テクノロジーの電流検出アンプしか選択肢がない場合が多く、このテクノロジーは高価で、BOMが大量になる可能性があります。以下では、コモンモード電圧が低い電流検出アンプに、抵抗、ダイオード、PMOS FETなどいくつかの安価な外付け部品を追加することにより、最大定格を超える拡張を行う、いくつかの技法について紹介します。

## 抵抗を使用するコモンモード分割電圧

高電圧のハイサイド電流センシングを監視するための最も単純な方法は、低電圧の電流電流アンプと外付けの入力分割電圧を使用する設計です。たとえば、80Vのアプリケーション用に40Vコモンモード電圧アンプを選択すると、80Vの入力コモンモードを分割し、40Vのコモンモード電圧に降圧する必要があります。この電圧分割は、図1に示すように、外付けの分割抵抗により実現されます。これは単純な設計手法で、トレードオフが大きくなります。アンプのゲイン誤差とCMRRは、外付けの入力分割抵抗の精度と一致に依存します。ゲイン誤差とCMRR誤差を別にしても、外付け抵抗の許容誤差から入力電圧の不均衡が発生し、出力誤差が増大します。この誤差は、抵抗のドリフト係数仕様によっては、温度に応じて増大します。出力誤差を最小化する技法の1つは、精度0.1%で一致した、温度ドリフト係数の低い外付け分割抵抗を使用することです。

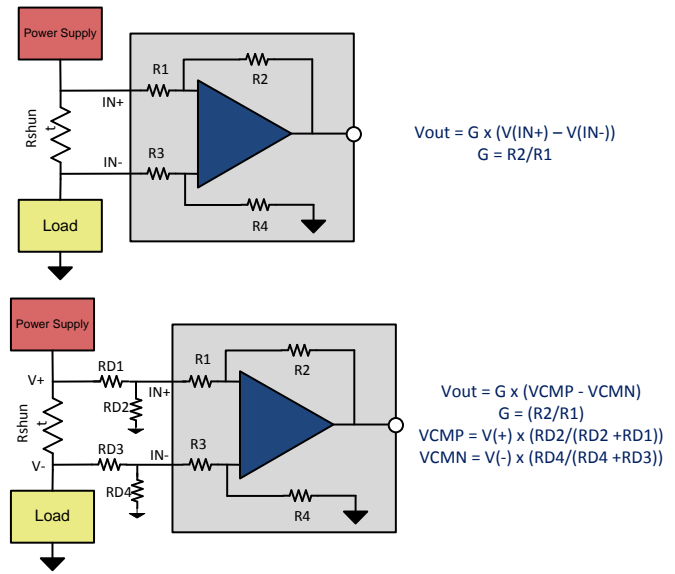


図 1. 分割抵抗によるコモンモード範囲の拡大

## 電流出力アンプのコモンモード範囲の拡大

分割電圧には出力誤差と性能低下の点で深刻な問題があるため、別の方法として図2に示すように、電流出力アンプのグラウンド基準電圧を、高い電圧コモンモードノードにシフトすることもできます。図2では、INA168の定格コモンモード電圧である60Vを超える電圧について、電流検出が可能です。この技法は、適切なPMOS FET (Q1)を設計することにより、60Vを超える任意の電圧に拡大できます。

図2では、ツェナー・ダイオードDZ1が電源電圧をレギュレートして、電流シャント・モニタが範囲内で動作するようにし、この電圧は電源電圧に相対的に移動します。予測される電源電圧範囲(通常は5.1V~56V)にわたって、IC1とQ1の組み合わせについて十分な動作電圧を供給できるよう、DZ1が選択されます。DZ1のバイアス電流が、IC1の最大静止電流よりも大きな値になるように、R1を選択します。図2に示すINA168は、400Vにおいて最大90μAに規定されています。DZ1のバイアス電流は400Vにおいて約1mAで、IC1の最大電流を十分に上回っています(バイアス電流の値は、R1での消費電力を0.1W未満に制限するよう選択されています)。図に示すように、PチャネルMOSFETのQ1を接続してIC1の出力電流をグラウンド電位、またはそれより

低くカスコードします。トランジスタQ1の電圧定格は、合計電源とDZ1との差分を数ボルト超えている必要があります。これは、Q1のソースで上向きに電圧スイングが存在するためです。IC1の負荷抵抗RLは、IC1が単独で使用される場合と同様に選択します。Q1のカスコード接続により、IC1を通常の60V定格を大幅に超えて使用できるようになります。図2に示すサンプル回路は、400Vで動作するよう特に設計されています。

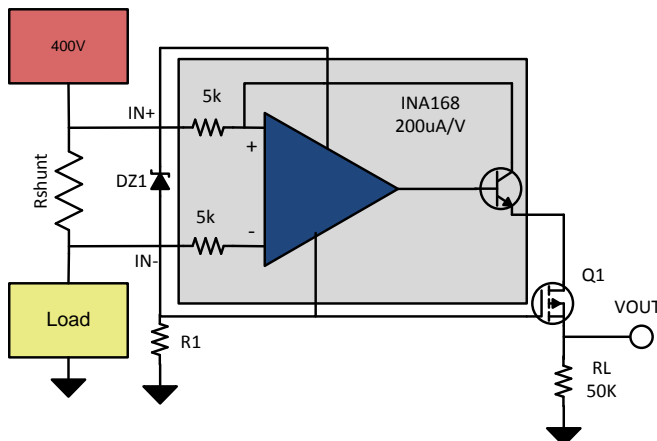


図 2. 400Vシステム用のハイサイドDC電流測定

### 電力監視用のコモンモード電圧範囲の拡大

高電圧システム(40V~400V)でのシステム最適化と電力の監視は、正確に実装されれば、システムの総合的な電力管理および効率の向上を実現できます。電流、電圧、およびシステムの電力情報は、障害を診断するための予防的手順の実行や、システムの合計消費電力の計算に役立ちます。障害の監視や電力の最適化は、高電圧のシステムにおいて早期の障害が発生した場合に役立ち、またシステムのシャットダウンおよびウェークアップを最適化することにより、消費電力を大幅に減らすことができます。

36Vのコモンモード電圧電力監視デバイスのINA226を使用して、40V~400Vのシステムをサポートするアプリケーションの方式を、図3に示します。図2は、高精度のフルスイング・オペアンプOPA333を使用して、シャント抵抗の両端で電圧を検出し、高精度の抵抗R1にミラーリングする例を示しています。OPA333は、電源ピン間の5.1Vのツェナー・ダイオードを使用し、400Vに昇圧されます。このオペアンプは、電流フォロワ構成で、600V P-FETのゲートを駆動します。測定の下端でも正確な読み取り値を得られるよう、リーク電流の低いP-FETが選択されます。R1の両端の電圧は、FETのドレイン電流を設定し、FETのドレインの抵抗R2

をR1と一致させることで、R2の両端にVSENSE電圧が発生します(VR2)。電流モニタINA226の入力は、電流センシングのためR2の両端に接続されます。このため、電流モニタはVSENSEの周囲のコモンモード電圧のみを参照し、これは一般に100mV未満なので、電流モニタが高いコモンモード能力を持つ必要はありません。INA226はI2Cインターフェイスを持つ高精度の電流、電圧、電力モニタであるため、電流、電圧、電力の監視用に選択されています。またINA226は、36V未満のバス電圧を検出できます。ここで採用されているバス電圧は400Vなので、高電圧のバスをINA226のコモンモード範囲内まで降圧するため、分圧器が使用されます。この場合、64の比率が選択され、バス電圧のLSBがそれに応じてスケールされ、実際のバス電圧読み取り値が得られます。この場合、80mVに変更されたLSBを使用できます。バス測定の精度を維持するため、分圧器には高精度の抵抗が選択されます。

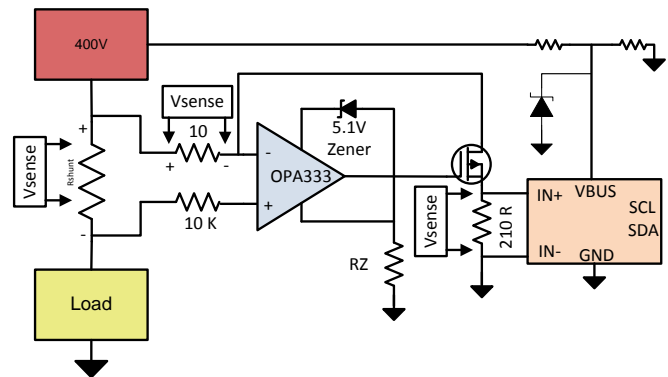


図 3. 高電圧の電力監視

表 1. その他の推奨デバイス

| Device    | Optimized Parameter                  | Performance/トレードオフ            |
|-----------|--------------------------------------|-------------------------------|
| LMP8645HV | 帯域幅: 900kHz、パッケージ: SOT-23-6          | スルー・レート: 0.5V/uS              |
| INA220    | MSOP-8パッケージ、I2Cインターフェイス、選択可能なI2Cアドレス | ゲイン誤差(1%)、シャントのオフセット電圧: 100uV |
| INA139    | パッケージ: SOT-23、帯域幅: 4400kHz、コスト       | オフセット電圧: 1mV                  |

表 2. 関連するTI Tech Note

|         |   |
|---------|---|
| SBOA174 | H-ブリッジでの電流検出                            |
| SBOA176 | スイッチング電源の電流測定                           |
| SBOA166 | PWMリジェクション機能付きのハイサイド駆動、ハイサイド・ソレノイド電流モニタ |

## 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。