

## Application Brief

# ディスクリート電流検出アンプの最大コモンモード範囲を超える



Arjun Prakash, Current Sensing Products

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。これを考慮した場合、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、低電圧の電流電圧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。

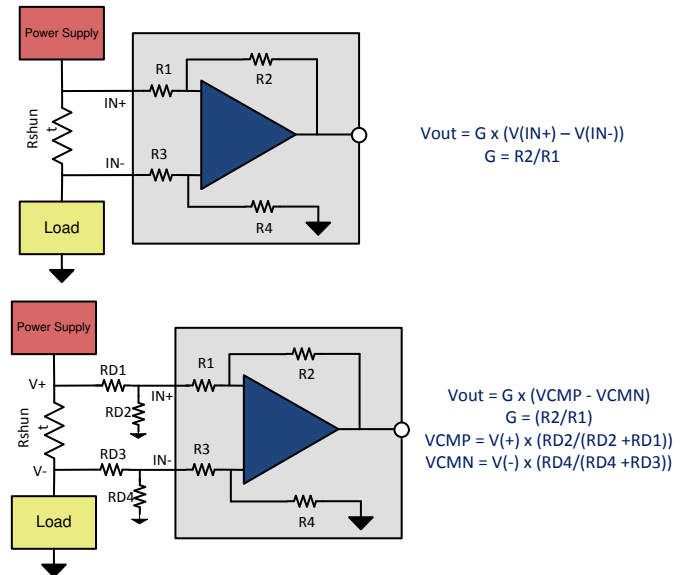


図 1. 分割抵抗によるコモンモード範囲の拡大

### 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 の静止電流仕様は 400V で最大 90μA と規定されています。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 のカソード接続により、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。

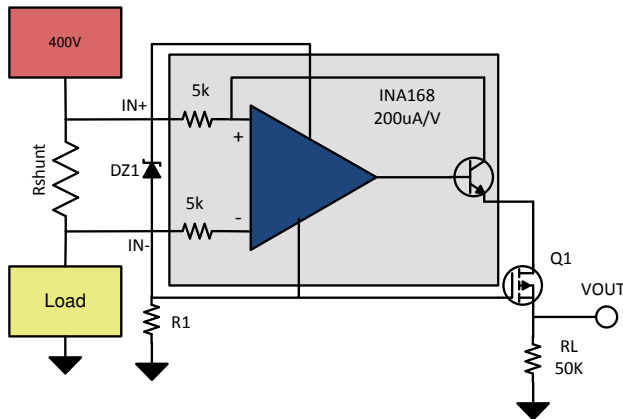


図 2. 400V システム用のハイサイド DC 電流測定

### 電力監視用の共通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 の共通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 の周囲の共通モード電圧のみを参照し、これは一般に 100mV 未満なので、電流モニタが高い共通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 の共通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。

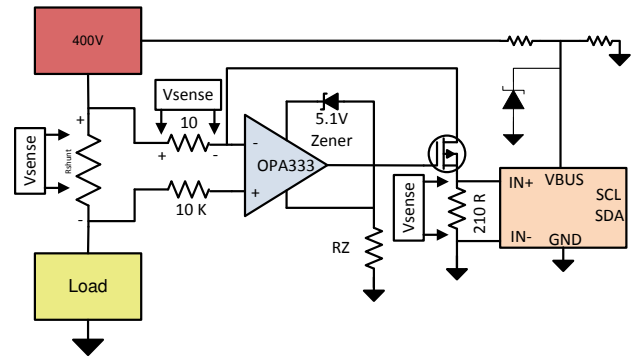


図 3. 高電圧の電力監視

表 1. その他の推奨デバイス

デバイス	最適化されたパラメータ	性能のトレードオフ
LMP8645HV	帯域幅: 900kHz、パッケージ: SOT-23-6	スルーレート: 0.5V/μs
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: 100μV
INA139	パッケージ: SOT-23、帯域幅: 4400kHz、コスト	オフセット電圧: 1mV

### 関連資料

- 『H-ブリッジでの電流センシング』
- 『スイッチング電源の電流測定』
- 『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』

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022, Texas Instruments Incorporated