

Application Brief

H-ブリッジでの電流センシング



Arjun Prakash and Mubina Toa

Current Sensing Products

半導体業界では常に、より電力密度の高いシステムを可能にするような、製造技術の改良が求められています。このような回路の 1 つに H-ブリッジがあります。図 1 に示すように、H-ブリッジは単純な回路で、負荷の間に相互接続された 4 つの FET トランジスタで構成されます。H-ブリッジは、電源から負荷への電流の方向について、制御と管理が必要な場合に多く使用されます。負荷の誘導性が高い場合、H-ブリッジの制御によって、負荷に蓄積されているエネルギーも安全にグランドへ放出できます。H-ブリッジ回路は、モーター制御、DC/DC コンバータ、オーディオ・サブシステム、LED ライティングの制御に広く使用され、システムの安全性と信頼性を高めます。シリコン FET トランジスタで構成される H-ブリッジは、多くの場合に 95% を超える効率を達成できます。これに対して、GaN FET トランジスタでは 99% を超える効率が可能です。高効率の H-ブリッジと電流センシング・アンプを組み合わせることで、負荷電流の監視、管理、制御を行い、最終機器の安全性、信頼性、および総合的な電力効率を高めることが可能です。

エネレータのデューティ・サイクルを調整すると、負荷への出力電流を正確に制御できます。

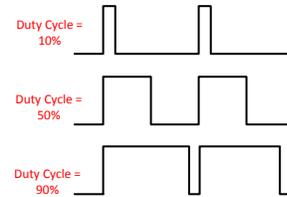


図 2. H-ブリッジのパルス幅変調方式

PWM 波形を使用して H-ブリッジを制御するときは、バッテリーからグランドへ短絡が発生しないことを確認するため、十分な検討が必要です。たとえば、図 1 では、Q1 と Q2 を同時にオンにしないでください。この場合、大電流の短絡が発生し、電子駆動回路が損害を受けます。完全な H-ブリッジ制御の可能な状態を、表 1 に示します。

表 1. H-ブリッジの動作状態

Q1	Q2	Q3	Q4	負荷の状態
オン	オフ	オフ	オン	H-ブリッジから負荷へ電流が流れる
オフ	オン	オン	オフ	負荷への電流の方向が逆転する
オフ	オン	オフ	オン	負荷からグランドへ放電するための安全なパスが提供される
オン	オフ	オン	オフ	負荷に蓄積されている電流の再循環
オフ	オン	オフ	オン	負荷に蓄積されている電流の再循環
オン	オン	オフ	オフ	バッテリーからグランドへの短絡
オフ	オフ	オン	オン	バッテリーからグランドへの短絡
オン	オン	オン	オン	バッテリーからグランドへの短絡

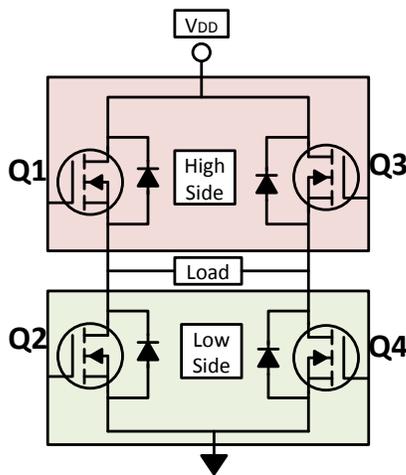


図 1. H-ブリッジ回路

完全な H-ブリッジ回路の構成と制御

H-ブリッジ回路は、FET のオン/オフによって制御できます。パルス幅変調 (PWM) 方式によって、電流フローを制御するための各種の波形を効率的に生成できます。PWM 波形のデューティ・サイクルを制御して、負荷へ流れる電流を効果的に制御できます。図 2 は、さまざまなデューティ・サイクルを持つ PWM 波形を示したものです。PWM ジ

H-ブリッジでのモーター制御用の電流測定

完全な H-ブリッジ・モーター制御での双方向電流センシングは、システムの監視と制御を安全性と信頼性の高い方法で行ううえで重要です。H-ブリッジでの正確な電流測定により、モーターのトルクを正確に制御、またはステッパ・モーターの位置を正確に設定できます。

図 3 に示すように、H-ブリッジで電流を測定する一般的な場所には、ハイサイド、インライン、ローサイドがあります。モーターは誘導性が高いため、PWM 出力は Low から High への遷移時にはオーバーシュートし、High から Low への遷移時にはアンダーシュートする傾向があります。アンプのオーバーシュートとアンダーシュートの特性は、正しい部品の選択に重要です。高速な応答時間でオーバーシュートとアンダーシュートの条件を維持でき、誘導性シス

システムの過酷な要件に耐えられる電流センス・アンプが重要です。貴重な電流センシング・データをシステムに提供することで、早期故障につながる可能性がある、モーターやその他の誘導性システム機能の異常を検出するのに役立ちます。

H-ブリッジのさまざまな場所について、電流測定における長所と短所を、表 2 に示します。

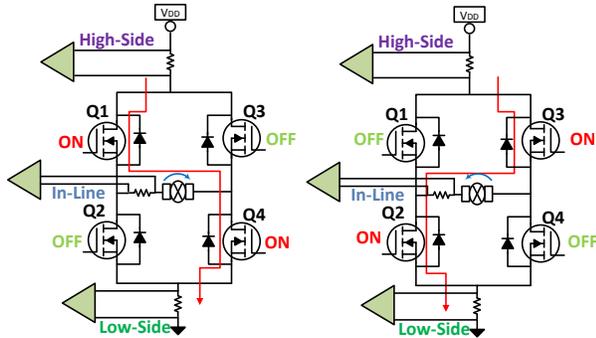


図 3. H-ブリッジ制御での電流センシング場所

表 2. H-ブリッジでの電流センシング

電流測定	長所	短所
ハイサイド	バッテリーからの短絡負荷を検出して診断可能	高電圧同相モード・アンプ
インライン	モーターの電流を直接測定、低い帯域幅のアンプ	高い dv/dt の信号 PWM のセッティング時間
ローサイド	低コスト、低同相電圧	短絡した負荷を検出不能

INA240 電流センス・アンプは、-4V~80V の同相電圧範囲で動作できます。H-ブリッジ・アプリケーションでは、測定場所がハイサイド、インライン、ローサイドのいずれであっても、INA240 を使用できます。オフセットが低く (25 μ V)、電圧オフセットのドリフト係数も低い (0.25 μ V/°C) ことに加えて、ゲイン誤差 (0.2%) やゲイン・ドリフト係数 (2.5ppm/°C) も低いため、システムの温度にかかわらず正確な測定を行えます。高パフォーマンスの DC 仕様に加えて、INA240 は dv/dt 過渡で動作し、除去するよう設計されているため、インラインの測定場所でリアルタイムの負荷電流を測定できます。インライン・センシングには、クローズドループ制御システムの処理電力の要件が減少し、高い電力密度を実現できるという、システム・レベルの利点があります。

その他の推奨デバイス

INA241 は超高精度アナログ電流センス・アンプです。INA241 は、高電圧双方向アプリケーションで 1Mhz の帯域幅と組み合わせて使用することができ、H-ブリッジ・アプリケーション内のインライン制御用の高精度な動作で高速な応答時間を実現します。INA241 は、-5V~110V の同相電圧で電流を測定でき、-20V~120V の電圧に耐えることができます。

INA253 または INA254 デバイスは、超高精度の電流センス・アンプで、低誘導性、高精度の 2m Ω または 400 μ Ω

シャントを内蔵しており、それぞれ精度は 0.1% または 0.5% で、温度ドリフトは 15ppm/°C未満です。INA253 は、 $T_A = 85^\circ\text{C}$ で $\pm 15\text{A}$ 未満の連続電流を必要とするアプリケーションに限定されており、INA254 は $T_A = 85^\circ\text{C}$ で $\pm 50\text{A}$ 未満の連続電流を必要とするアプリケーションに限定されています。INA253 および INA254 内蔵シャントは、INA240 アンプに内部でケルビン接続されています。INA253 および INA254 デバイスは、高精度シャントを内蔵した INA240 アンプの性能上の利点を提供し、未校正のシステム・ゲイン精度は 0.2% 未満です。

INA281 は、モーターのハイサイド電流センシングなどの高電圧アプリケーションで使用できます。INA281 は -4V~110V の同相電圧で電流を測定でき、-20V~120V の電圧に耐えることができるため、電圧が負にスイングする可能性があるさまざまなアプリケーションに対応できます。

ローサイド・センシングのオプションとしてコストが最適化された電流センス・アンプである INA381 があり、コンパレータが内蔵されており、PCB のフットプリント・サイズを低減し、設計を簡素化します。

表 3. 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
INA241	V_{cm} 範囲: -5V~110V 双方向	I_Q が多少大きくなる
INA281	V_{cm} 範囲: -4V~110V	単方向
INA381	コンパレータ内蔵	V_{cm} は 26V に制限
INA253	内蔵シャント 2m Ω 、 V_{CM} 範囲: -4V~80V	$\pm 15\text{A}$ の最大連続電流
INA254	400 μ Ω の内蔵シャント、 V_{CM} 範囲: -4V~80V	$\pm 50\text{A}$ の最大連続電流

表 4. 関連するテキサス・インスツルメンツのアプリケーション・ブリーフ

資料	タイトル
SBOA160	PWM リジェクション機能搭載、低ドリフト、高精度、インライン・モーター電流測定
SBOA176	スイッチング電源の電流測定
SBOA163	ハイサイド電流の過電流保護モニタリング
SBOA187	スイッチング電源の電流モード制御

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 © 2023, Texas Instruments Incorporated