

Technical Article

コボットからヒューマノイドまで:大電力ロボットにおけるシステム効率と安全性の推進



Sarah Anthraper

製造業でさらなる自動化が進み、消費者がこれらのシステムを家庭に実装するようになる中、ロボット市場は成長を続けています。企業は、工場や倉庫で製造システムを自動化し、ロボットが人間とより協調する将来に適応し始めています。

ロボットを設計するエンジニアは、数百種類のロボットシステムが存在することを理解しています。図 1 に示すように、数ワットの電力で動作する小型で便利なコボットから、自律移動型ロボットやヒューマノイドロボット、さらには最大 4kW 以上で動作する大型産業用ロボットまで、さまざまなロボットがあります。

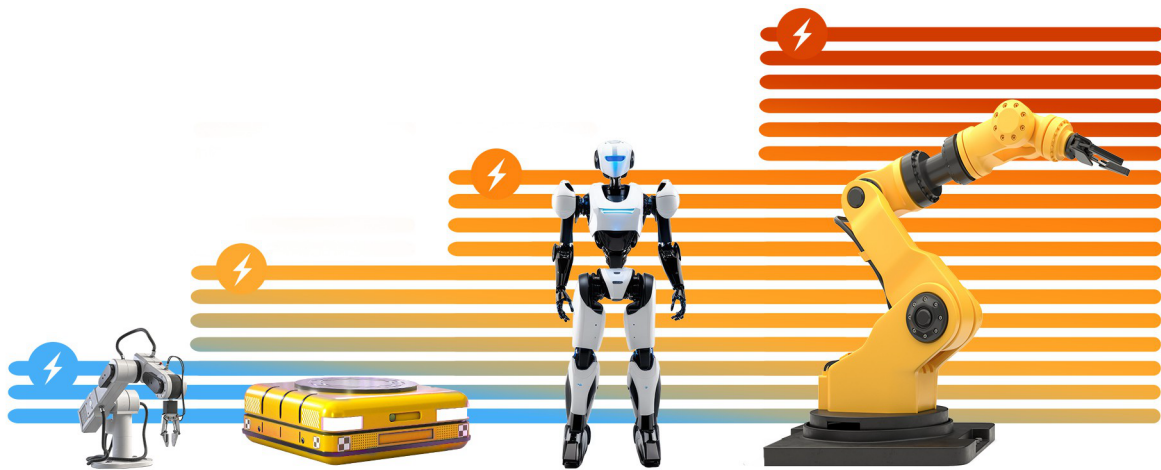


図 1. コボット、移動型ロボット、ヒューマノイド、産業用ロボットには、電力レベル 10W~4kW 以上のさまざまな形状とサイズのものが存在

ロボットメーカーは、高度なシステムを開発する際に、設計上のいくつかの課題に直面します。上記のロボットアプリケーションでは、通常 48V レールを使用し、2kg~40kg のペイロードをサポートします。さらに負荷の大きいシステムを設計する場合は、より大きい電力レベルに対応できるように、機械的要因と設計上の影響の両方を考慮する必要があります。電流が大きくなると、電磁干渉 (EMI) または高いスイッチング損失により、システム性能が低下する可能性があります。ロボットは多くの場合、人間のいる環境で使用されるため、機能安全も重要な要素です。製造現場でも消費者の家庭でも、必要に応じて安全にシャットダウンするシステムを設計することは非常に重要です。

テキサス・インスツルメンツの [DRV8162](#) のようなスマートシングル ハーフブリッジ ゲートドライバを採用すると、大電力と広い電圧範囲に耐える統合型システムを製作する柔軟性を確保しながら、EMI を低減し、各種機能安全規格に準拠できます。

広い電力レベルに対応できる設計

テキサス・インスツルメンツのスマートゲートドライバは、当社の IDRIVE 調整可能ゲートドライブ電流方式により、さまざまなレベルのゲート電流にわたって MOSFET のスルーレートを制御します。DRV8162 には、図 2 に示すように、制御用に 16 の調整可能な粒度設定があり、MOSFET および最終アプリケーションに合わせて選択できます。IDRIVE の詳細については、『スマートゲートドライブについて』を参照してください。

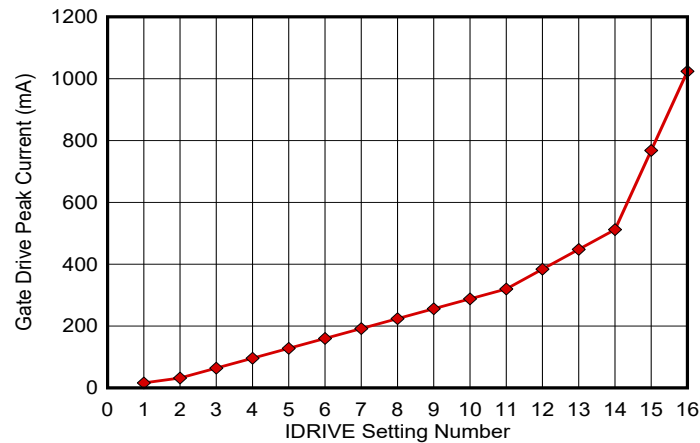


図 2. DRV8162 の 16 個の IDRIVE 設定、プログラマブルなシンク / ソース比を活用することで、外付け受動部品を排除し、設計を簡素化

式 1 を使用して、MOSFET のゲートドレインチャージ (Qgd) の仕様、および MOSFET のドレインとソースの間の最大電圧における立ち上がり / 立ち下がり時間を使用して、システムに最適な IDRIVE 設定を推定できます。これらの値は、システムの性能要件によって異なります。

$$\text{IDRIVE (A)} = \frac{\text{Qgd (nC)}}{\text{Trise or Tfall (ns)}} \quad (1)$$

使用中のデバイス内で IDRIVE がゲートドライブ設定の近くでない場合、ゲート電流要件を達成するために追加の受動部品 (ゲート抵抗を含む) が必要になります。これらの追加部品は、部品表 (BOM) 全体のコストとプリント基板 (PCB) のサイズの増加につながり、コボット、移動型ロボット、ヒューマノイド関節の設計小型化において懸念となる可能性があります。

競合ハーフブリッジゲートドライバを使用する場合、固定電流または 2~4 個のディスクリート設定のみが可能であるため、外部ゲート抵抗が必要になります。DRV8162 ドライバの 16 個のゲートドライブ設定と、プログラム可能なソース / シンク比を活用すると、外付け受動部品を排除し、設計を簡素化する柔軟性を得ることができます。

広範な Qgd をサポートしているため、異なる MOSFET を搭載した、低電力、中電力、大電力のさまざまなロボットプラットフォームでこのドライバを使用でき、各システム内のゲートドライバの設計を変更する必要はありません。DRV8162 のソース / シンクゲート電流は、それぞれ 16mA および 32mA に設定でき、最大 1024mA および 2048mA に設定できます。たとえば、48V システムで 1V/ns のスルーレートをを使用すると、Trise/Tfall は 48ns と計算できます。この結果、デバイスでサポート可能な MOSFET Qgd は 0.77nC/1.54nC~49.15nC/98.30nC の範囲となります。

システム性能を向上

DRV8162 のシングル ハーフブリッジ アーキテクチャにより、3 相統合型ゲートドライバよりも FET の近くに配置できます。図 3 に示す 2 つの円形 PCB 設計は、3 相ハーフブリッジと単相ハーフブリッジの実装を比較しています。

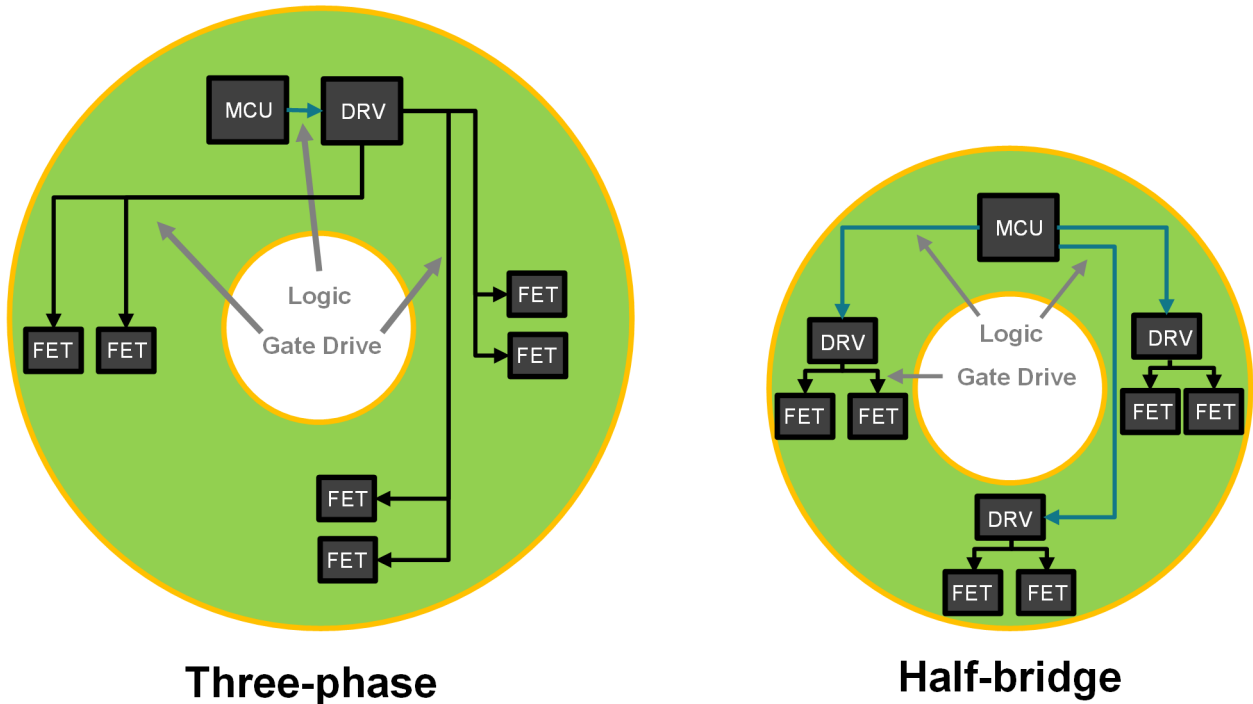


図 3. 3 相ゲートドライバを実装した MCU、ドライバ、FET 搭載の円形 PCB 設計 (左)、シングル ハーフブリッジ設計 (右)

ゲートドライバを FET の近くに配置すると、トレース長が短縮され、信号の整合性が向上し、ゲート ノードとソース ノードの寄生成分が低減されます。パスを短くすると、トレースのインダクタンスの影響を低減し、リングングと EMI の低減にも役立ちます。

また、DRV8162 は 20ns のデッドタイムでシステム効率と音響特性を向上させることができ、動作パルス幅変調のデューティ サイクル範囲を拡大して速度範囲を広げると同時に、モーターに供給可能な電圧も増大させます。デッドタイムが短いと、ダイオードの導通損失も最小限に抑えられ、システム効率が向上し、モーター電流の歪みが低減されるため、可聴ノイズが低減されます。これにより、システム全体の性能と効率が向上します。

ロボティクスの STO

多くのロボットが人間の近くで動作するので、電源入力の欠損、電力サージ、短絡が発生した場合にシステムをシャットダウンすることが不可欠です。モータードライブ アプリケーションでデバイスのトルクが予測できない場合、危険な状況を招く可能性があります。一部の機械は重負荷を伴う産業環境で動作するため、予期しない起動を防止するだけでなく、安全にシャットダウンできることが重要です。

国際電気標準会議 (IEC) 61800-5-2 規格では、回路設計でセーフトルク オフ (STO) と呼ばれる安全機能が定義されており、これによりモーターへの電力供給を防止します。DRV8162 とテキサス・インスツルメンツの DRV8162L には分割電源アーキテクチャが組み込まれており、システムへの STO の実装に役立ちます。

大電力の設計では、『統合型モータードライブ向け、48V、4kW 小型フォーム ファクタ、3 相インバータのリファレンス デザイン』(TIDA-010956) を参照してください。このリファレンス デザインは、48V_{DC} 入力、85A_{RMS} 出力電流の DRV8162L を採用しています。図 4 に示すように、このデザインには、提案された STO コンセプト、並列 FET、大電力、シングル ハーフブリッジ ゲートドライバが含まれています。

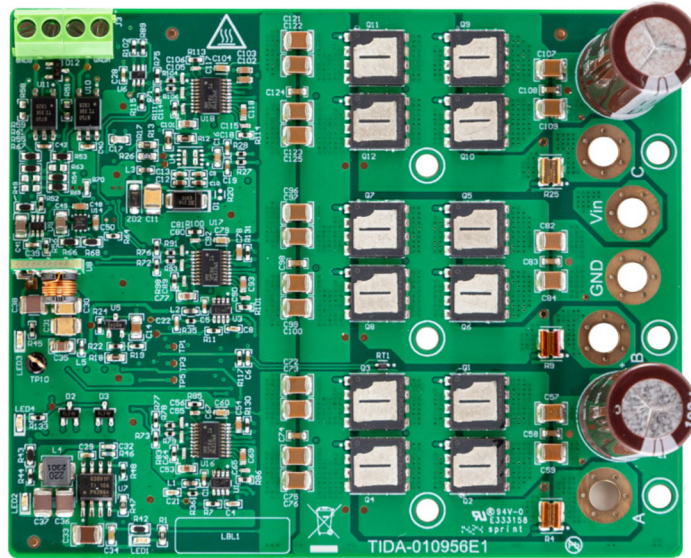


図 4. テキサス・インスツルメンツの 3 相インバータのリファレンス デザイン (TIDA-010956)

まとめ

ロボット向けの既存のモーター設計は、安全要件を満たすためにディスクリート実装を使用しているため、基板サイズと部品表 (BOM) が増加します。あらゆる形状とサイズのロボットの効率と安全性を向上させるには、DRV8162 のような小型で安全な統合型ゲートドライバが必要です。新しいスマート シングル ハーフブリッジ ゲートドライバを使用すると、電力を 10W~4kW 以上の範囲でスケールできると同時に、PCB のサイズの小型化、性能と安全性の向上に貢献します。また、今後長年にわたってロボットの革新を加速する柔軟性も提供します。

その他の資料

- 『3 相とシングル ハーフブリッジ ゲートドライバの比較』アプリケーション ブリーフ (資料番号 SLVAFZO) を参照してください。
- STO の詳細については、『産業用固定ロボットおよび移動ロボットの安全な電力実装のために電圧監視機能を統合』ホワイト ペーパーを参照してください。
- [DRV8161EVM](#) 評価基板を注文して、30A、3 相ブラシレス DC ドライブ段の設計を開始してください。

商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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、テキサス・インスツルメンツ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 テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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ます。

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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツ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 © 2024, Texas Instruments Incorporated

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](#) 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 © 2024, Texas Instruments Incorporated