

Technical Article

GaN ベースのモーター システム設計で家電製品のエネルギー効率を改善し、コストを削減



Charlie Munoz

現在、主要な家電製品の市場はエネルギー効率と切り離せない関係にあり、Energy Star 認定など、関連するブランディングと強く結びついています。消費者は、このカテゴリの最終製品である冷蔵庫やエアコン (HVAC) システムに対して、高い水準の電力効率と信頼性を求めています。この記事では、窒化ガリウム (GaN) とブラシレス DC (BLDC) モーター システムを組み合わせることで消費者の生活を向上させる方法について検討します。

図 1 に、エネルギー効率が重要な役割を果たす代表的な家電製品を示します。



図 1. ライン電源を使用する家電や HVAC のモーター ドライバ アプリケーション

冷蔵庫のコンプレッサや HVAC 炉のプロワは、家庭の電力使用に大きく影響する家電製品の代表例です。この種の最終機器では、冷暖房アプリケーションにおける空気や液体の流れを制御するために、モーター システムを使用します。このようなシステムを設計する際には、モーターで電力を機械的な動きに変換する方法を最適化することが不可欠です。モーター システムの設計者は多くの場合、特定の定格電圧や定格速度を実現するために特性を調整して、モーター アセンブリの物理的設計に変更を加えます。また、システムの電気的設計には、適切なプリント基板 (PCB) レイアウトや、モーターの整流と電力供給用の適切な信号を生成できる電子部品も必要です。

表 1 に、家電モーター システムの要件とその重要性を示します。

表 1. モーター システムの要件、影響、一般的な課題

システム要件	性能への影響	技術的な課題
電力出力と性能	意図した動作の実現 速度の最適化 高トルクの出力	より高速なスルーレートとスイッチング より高い電圧 より大きな電流
熱管理と電力効率	システム効率 磨耗や破損の最小化 過熱なしでの長時間使用	システムの導通損失と逆回復 スペースの制約 ヒートシンクの影響
サイズとコスト	市場競争力 利便性	機能の統合 IC パッケージング技術
電磁干渉 (EMI) と音響特性	電氣的干渉 消費者にとっての可聴ノイズ	スルーレート制御 正確性と応答性に優れたタイミング
信頼性と安全性	消費者にとっての危険 修理コスト 品質に関するブランドの評判	電気定格 保護および監視機能 製造品質

目的のタスクに適した部品があれば、開発プロセスが簡素化されます。たとえば、テキサス・インスツルメンツでは、特殊な要件を満たすために、3層メタル E モード GaN テクノロジーを新しいモータードライバ製品に統合しました。650V をサポートし、3 相 BLDC モーターの動作に必要なほぼすべての機能を提供できる DRV7308 は、十分に小型化されたパッケージに封止されているため、システムの設計を非常に小さなサイズにすることができます。250W 未満の電力で動作させる場合は、サーマル ヒートシンクが不要になることもあります。詳細については、『[3 相統合型 GaN テクノロジーによりモータードライブ性能を最大化する方法](#)』ホワイトペーパーをダウンロードしてください。

DRV7308 は、HVAC コンプレッサなどの 250W の家電アプリケーションを対象としています。図 2 は、テキサス・インスツルメンツの GaN インテリジェント パワー モジュール (IPM) を使用したこのシステムのブロック図です。このようなライン電源システムは通常、AC/DC 段、EMI フィルタ、モーター インバータ段、モーターを備えています。

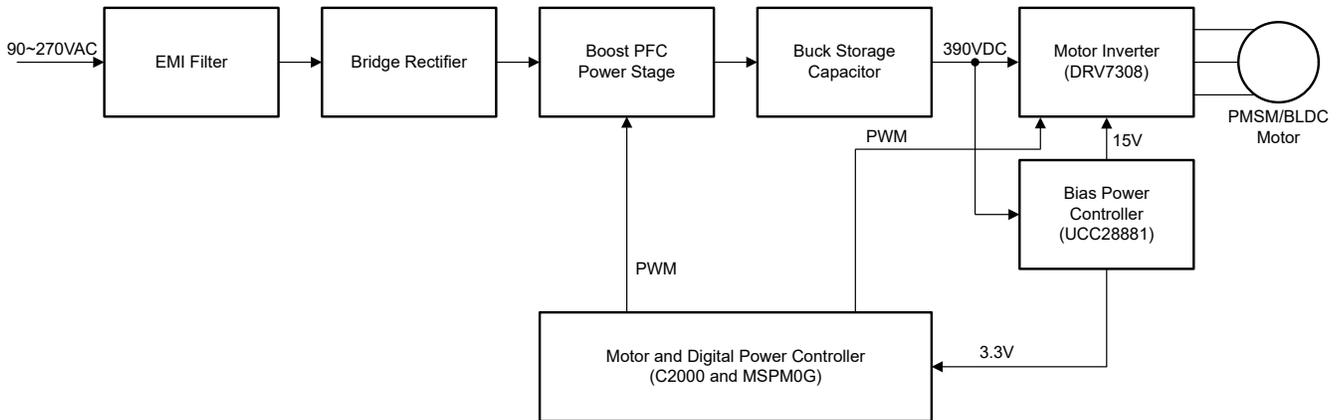


図 2. BLDC モーター ドライバ システムのブロック図

図 2 に示されているような高電圧システムには、PCB、ヒートシンクとそのアセンブリ、受動部品、モーターなど、コストのかかる主要部品が含まれています。テキサス・インスツルメンツの GaN IPM テクノロジーは、これらの主要部品すべてでコスト上の利点をもたらし、最終的にはシステムの寿命全体にわたってエネルギーコストを削減できます。

現在、250W HVAC コンプレッサのモーター インバータ段を設計する際には、2 つのオプションがあります。つまり、金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) または絶縁型ゲートバイポーラトランジスタ (IGBT) を使用するか、ディスクリット実装を選択するかです。どちらのソリューションでも、モーター インバータ段の最大効率率は 96% か 97% であり、標準的な電力損失は 6W~7.5W です。このように効率が低い水準であるため、ヒートシンクなどの冷却部品、放熱を目的とする大型の PCB、特定のシステム効率を実現する高価なモーターが必要になります。DRV7308 GaN IPM は、より小型のパッケージで電力損失を 50% 以上低減でき、99% を上回るモーター インバータ効率を実現できます (図 3 を参照)。

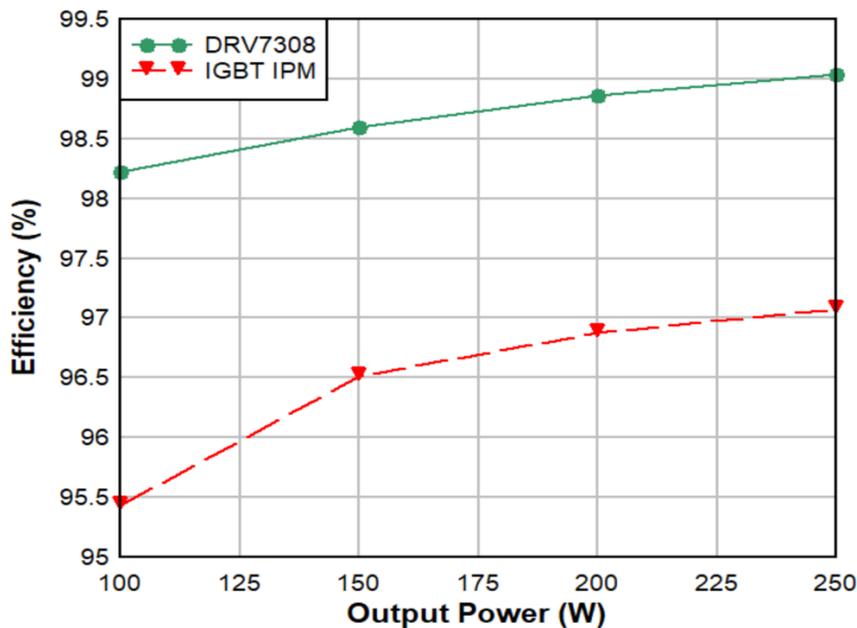


図 3. 250W システムでの DRV7308 GaN IPM と IGBT IPM の効率比較

DRV7308 を採用すると、GaN 固有の技術的利点 (逆回復損失がない、出力容量が小さい、テール電流がない、スルーレート能力が高い、ドレイン - ソース間オン抵抗が 205mΩ と低い) により、電力損失を半減できます。電力損失が 50% 以上削減されるので、電力損失によって発生する熱を放散するためのヒートシンクも不要になります。

DRV7308 は 12mm x 12mm のパッケージで供給され、競合する 250W IPM と比較して 55% 小型化されています。比較については、図 4 を参照してください。最終的に、GaN IPM のこのような利点と小型パッケージサイズにより、PCB のサイズを 65% 以上縮小し、PCB と冷却部品のコストを削減できます。表 2 に、DRV7308 を 250W のシステムで使用した場合の節約効果を示します。

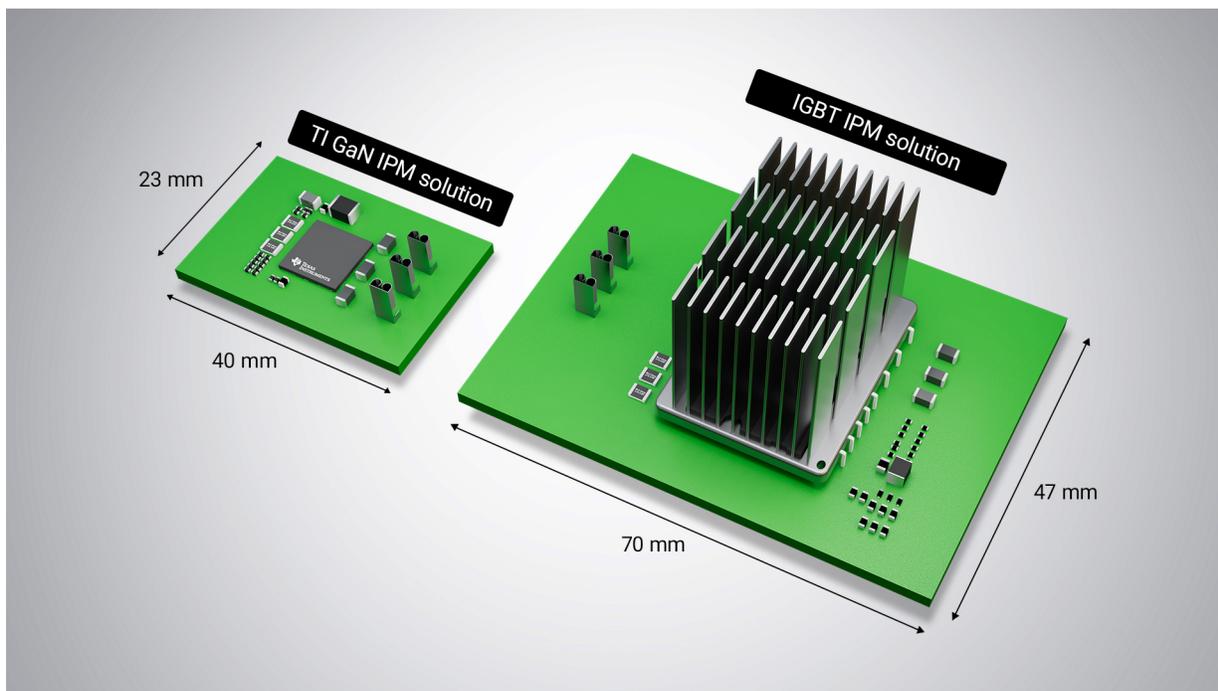


図 4. DRV7308 ボードと 250W IGBT ソリューションの比較

250W のシステムのコストを \$2 以上削減

表 2. 250W のシステムでの DRV7308 による PCB、ヒートシンク、統合のコスト削減

値	コスト削減
ヒートシンクの除去 (コスト + アセンブリ)	\$1.00
より効率的なモーターでシステム効率規格を満たすことによる、モーターコストの削減	\$0.90
統合型シングル シャント オペアンプ ディスクリート部品点数の低減 PCB サイズの縮小 : 12mm x 12mm 対 32mm x 12.5mm	\$0.10

このようなアプリケーションでのモーターの設計は、システム コスト全体に大きな役割を果たすことがあります。HVAC システムに関する 2023 年の季節エネルギー効率比 (SEER) である 14 という値を満たすには、85% の効率 (5% 上昇) が必要になります。DRV7308 では 99% を超える効率を得られるため、モーター コストの増加なしに 85% の効率要件を上回ることができます。

HVAC モーターの製造では、モーター効率が 1% 向上するごとに、巻線とより太い銅線によって推定 \$0.35 の節約が可能になります。したがって、DRV7308 を使用した場合、モーター銅線のコストを最大 \$0.63 節約できると推計されます。表 3 を参照してください。

表 3. IGBT または DRV7308 を使用した 250W HVAC コンプレッサ システムの効率

	モーター出力電力 (W)	モーター効率 (%)	IPM 効率 (%)	システム効率 (%)	備考
IGBT	250	85.0%	97.0%	80.8%	SEER 定格 13 に対応する既存のソリューション (従来)
IGBT	250	89.4%	97.0%	85.0%	SEER 13 での IGBT ソリューション (2023 年以降)
DRV7308	250	87.6%	99.0%	85.0%	SEER 14 での GaN ベースのソリューション (2023 年以降)
		DRV7308 を使用すると、効率の低いモーターでも SEER 定格 14 を満たすことができる			1

1. システム内の他部品の効率を 98% と仮定しています。

まとめ

効率と信頼性が向上した新しい家電システムや HVAC システムが市場に投入され続けています。DRV7308 は、このような製品に対するモーター インバータの長年にわたる課題を解決し、限界を押し広げて、電力密度と信頼性の向上や可聴ノイズの低減を一層進めることができます。

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

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 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