

## Technical Article

## 使用 GaN 式馬達系統設計實現家庭能源效率並節省成本



Charlie Munoz

現今主要家用電器的市場與能源效率和相關品牌密切相關，例如 Energy Star 認證等。例如冰箱或暖氣、通風與空調 (HVAC) 系統等，消費者期望這類終端設備能具備高水準的電源效率與產品可靠性。因此在本文中，我們將探索氮化鎵 (GaN) 與無刷 DC (BLDC) 馬達系統的組合可如何協助提升消費者的生活。

图 1 顯示了能源效率在其中占有重要地位的一般家電。



图 1. 以線路供電的家電和 HVAC 馬達驅動器應用

就大量耗用家庭用電的家用電器而言，冰箱壓縮機和 HVAC 爐鼓風機是典型的例子，這類終端設備使用馬達系統來控制加熱和冷卻應用的空氣與液體流動。設計這類系統時，必須針對馬達將電力轉換為機械運動的作業，進行最佳化。馬達系統設計師通常會修改馬達組件的實體設計，調整屬性以達到特定的額定電壓與速度。系統的電氣設計也需要採用正確的印刷電路板 (PCB) 佈局，以及能實現適當訊號以進行馬達整流和電力傳輸的電子元件。

表 1 列出了部分家電馬達系統的需求以及其重要性何在。

表 1. 馬達系統的需求、影響和常見挑戰

系統需求	對性能的影響	技術挑戰
功率輸出和性能	實現預期的運動 將速度最佳化 輸出高扭矩	更快的電壓轉換速率與切換 更高的電壓 更高的電流
熱管理和電源效率	系統效率 將磨損降到最低 延長使用時間且不會過熱	系統傳導及反向復原的損耗 空間限制 散熱器效應
尺寸和成本	市場競爭力 便利性	功能整合 積體電路封裝技術
電磁干擾 (EMI) 和聲音	電氣干擾 對消費者帶來的噪音	電壓轉換速率控制 準確且反應靈敏的時序
可靠性和安全性	消費者危險 修理的成本 關於品質的品牌商譽	電氣額定值 保護和監控功能 製造品質

擁有適合手邊任務的正確元件，可簡化開發程序。例如，TI 已將其三層金屬 e-mode GaN 技術整合至全新的馬達驅動器產品中，以滿足專屬要求。DRV7308 可支援 650V，並能代管操作三相 BLDC 馬達所需的幾乎所有功能，且容納 DRV7308 的封裝尺寸夠小，讓您可將系統設計成非常小的尺寸。如果運作功率低於 250W，甚至不需要散熱器。如需詳細資訊，請下載白皮書「[三相整合式 GaN 技術如何實現最高的馬達驅動性能](#)」。

DRV7308 以 HVAC 壓縮機等 250W 家電應用為目標。圖 2 是此系統與我們 GaN 智慧型電源模組 (IPM) 的原理圖。這些線路供電系統通常包含 AC/DC 級、EMI 濾波器、馬達逆變器級與馬達。

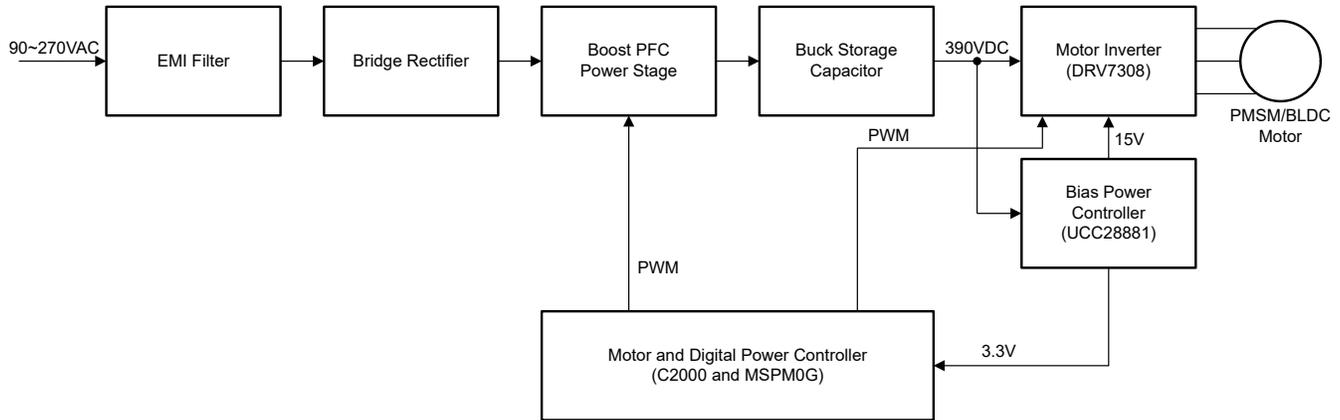


图 2. BLDC 馬達驅動器系統原理圖

如圖 2 中所示的高電壓系統具有主要成本元件，包括 PCB、散熱器與其組件、被動元件和馬達。TI 的 GaN IPM 技術可在前述所有主要元件中提供成本優勢，且最終可在系統使用壽命期間節省能源成本。

設計 250W HVAC 壓縮機馬達逆變器級時，目前有兩種選項：使用金屬氧化半導體場效電晶體 (MOSFET) 或絕緣閘極雙極電晶體 (IGBT) IPM，或是選擇離散式實作。這兩種解決方案的最大馬達逆變器級效率為 96% 或 97%，典型功率損耗則為 6W 至 7.5W。這種偏低的效率水準需要如散熱器、較大的 PCB 等冷卻元件來散熱，並且需要較昂貴的馬達才可達到指定系統效率。DRV7308 GaN IPM 可透過更小的封裝，協助減少 50% 以上的功率損耗，進而實現高於 99% 的馬達逆變器效率，如圖 3 所示。

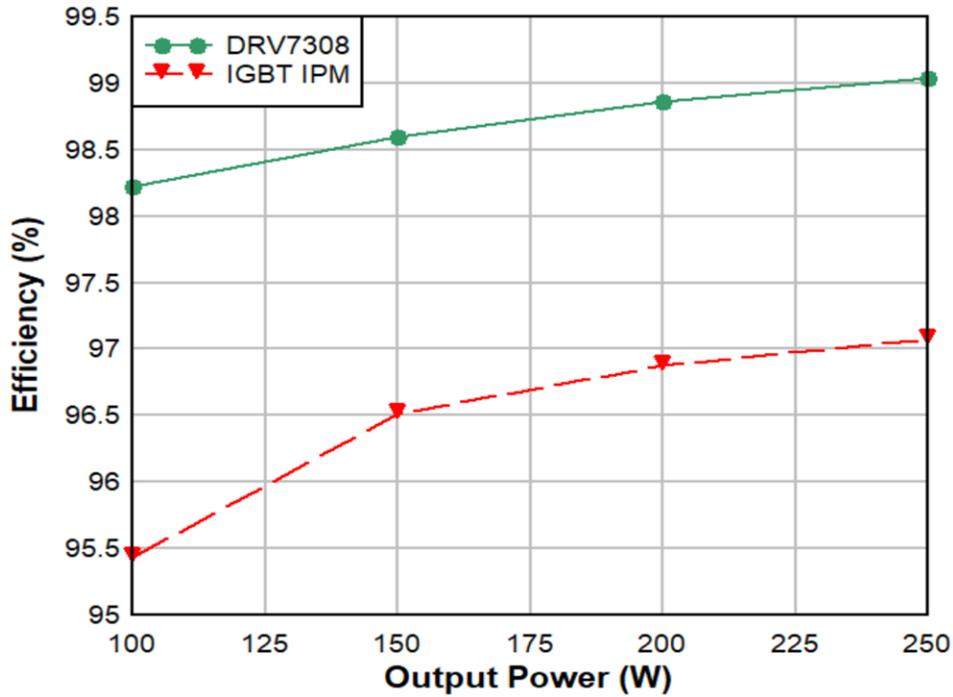


图 3. DRV7308 GaN IPM 與 IGBT IPM 在 250W 系統中的效率比較

DRV7308 可讓功率損耗減少 2 倍的原因，在於 GaN 所具備的固有技術優勢：無反向復原損耗、低輸出電容、無尾電流、高電壓轉換速率能力，以及 205mΩ 的低汲極至源極導通電阻。功率損耗減少 50% 以上，即可免除因功率損耗所造成的熱量，而需使用散熱器散熱的需求。

DRV7308 採用 12mm x 12mm 封裝，這比 250W IPM 的競爭產品小了 55%；請參閱 图 4 以查看比較。前述 GaN IPM 優勢與小巧的封裝尺寸，最終可讓您將 PCB 尺寸縮小 65% 以上，進而降低 PCB 與冷卻元件的成本。表 2 列出了在 250W 系統中使用 DRV7308 時可節省的成本。

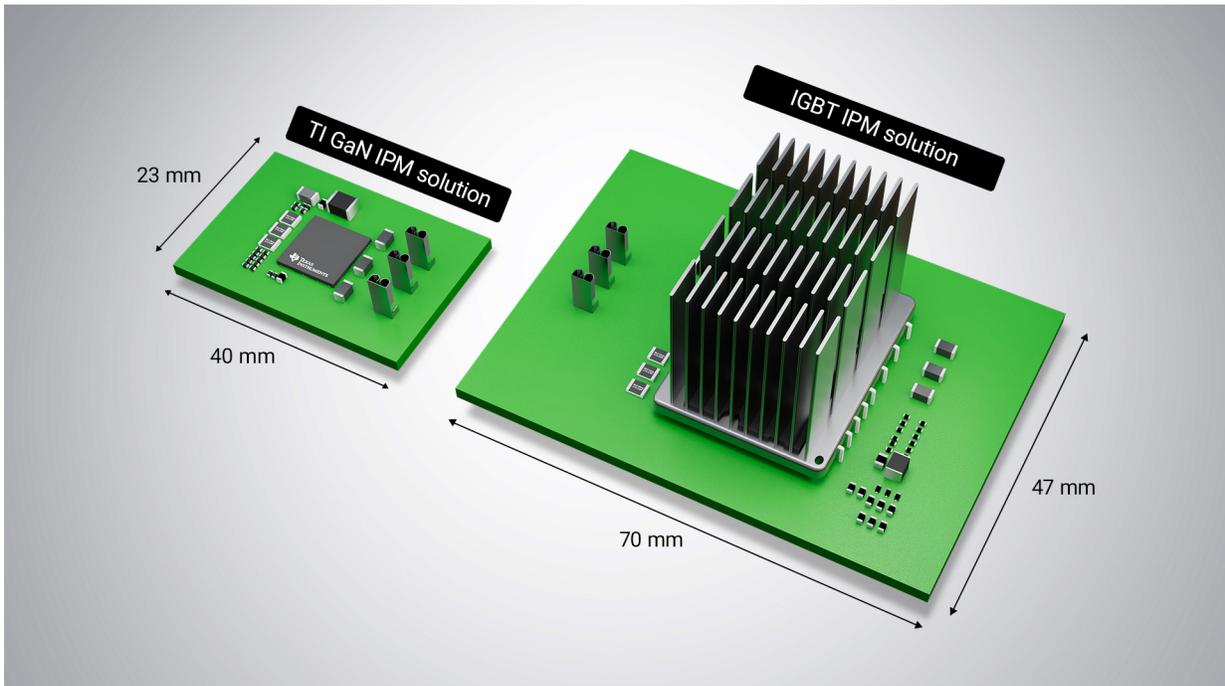


图 4. DRV7308 電路板與 250W IGBT 解決方案的比較

## 250W 時的系統成本可節省 >\$2

**表 2. 在 250W 系統中，DRV7308 PCB、散熱器和整合可節省的成本**

益處	節省的成本
免除散熱器 (成本 + 組件)	\$1.00
利用更有效率的馬達符合系統效率標準，進而降低馬達成本	\$0.90
整合式單分流運算放大器 減少離散式元件 縮減 PCB 尺寸：12mm x 12mm，相對於 32mm x 12.5mm	\$0.10

這類應用中的馬達設計有時在整體系統成本中扮演了主要角色。HVAC 系統的 2023 年季節能效比 (SEER) 為 14，其要求的效率為 85%，增加了 5%。DRV7308 可實現 >99% 的效率，這超過了 85% 的效率要求，而且不會提高馬達成本。

在 HVAC 馬達製造中，由於繞組和較粗的銅規線，所以馬達效率每提升 1% 就可節省約 \$0.35；因此我們估計若利用 DRV7308，馬達銅成本最高可節省 \$0.63。請參閱 [表 3](#)。

**表 3. 使用 IGBT 或 DRV7308 的 250W HVAC 壓縮機系統效率**

	馬達輸出功率 (W)	馬達效率 (%)	IPM 效率 (%)	系統效率 (%)	說明
IGBT	250	85.0%	97.0%	80.8%	SEER 等級 13 的現有解決方案 (目前)
IGBT	250	89.4%	97.0%	85.0%	SEER 13 的 IGBT 解決方案 (2023 年以後)
DRV7308	250	87.6%	99.0%	85.0%	SEER 14 的 GaN 式解決方案 (2023 年以後)
		DRV7308 有助於以效率較低的馬達達到 SEER 等級 14			(1)

1. 假設系統中其他元件的效率為 98%。

### 結論

新的家電和 HVAC 系統繼續以更高的效率和可靠性進入市場。DRV7308 可解決這類產品的馬達逆變器長期面臨的挑戰，並協助進一步突破極限，以獲得更優異的功率密度與可靠性，同時減少噪音。

### 註冊商標

所有商標均為其各自所有者的財產。

## 重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated