

Technical Article

協作機器人到人形裝置：將系統效率與安全性推向更高功率的機器人



Sarah Anthraper

隨著製造業的自動化程度上升，消費者也開始將這些系統導入家用領域，機器人市場因而呈現欣欣向榮的趨勢。各大企業開始將工廠和倉庫中的製造系統自動化，並調整未來方針以應對機器人與人類密切互動的發展方向。

打造機器人的設計工程師深知有上百種不同類型的機器人系統。如圖 1 所示，機器人的範圍從功率只有幾瓦的小型實用協作機器人，到自主行動機器人，再到人形裝置和運作功率高達 4kW 以上的重型工業機器人。

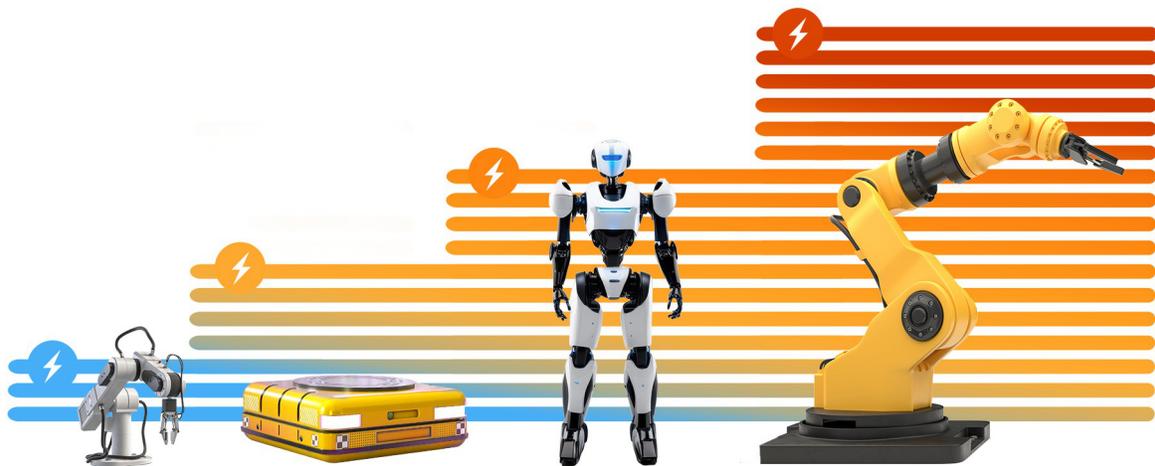


圖 1. 協作機器人、行動機器人、人形裝置和工業機器人的形狀和尺寸各異，功率位準範圍從 10W 至 4kW 以上都有

機器人製造商在開發進階系統時，會遇到數個設計挑戰。上述機器人應用通常使用 48V 軌，並支援 2kg 至 40kg 的酬載。當設計的負載較高時，工程師必須兼顧機械與設計層面的影響，以配合較高的功率位準。高電流會因電磁干擾 (EMI) 或高切換損耗而導致系統性能不佳。功能安全也是重要的因素，因為機器人經常用於與人類共事的環境中。無論是在生產廠房還是在消費者家中，設計出能在必要時安全關機的系统都是至關重要的。

例如 TI 的 [DRV8162](#) 等智慧型單半橋式開極驅動器，就能讓您靈活打造可承受大功率與電壓範圍的整合式系統，同時降低 EMI 並符合功能安全標準。

針對廣泛的功率位準進行設計

我們的智慧型開極驅動器搭載 TI IDRIVE 可調整開極驅動電流方案，可控制多個開極電流位準的 MOSFET 電壓轉換速率。DRV8162 具備 16 種可調整的粒度設定，如圖 2 所示，可在選擇 MOSFET 及終端應用時進行控制。更多與 IDRIVE 相關的詳細資訊，請閱讀「[了解智慧型開極驅動](#)」。

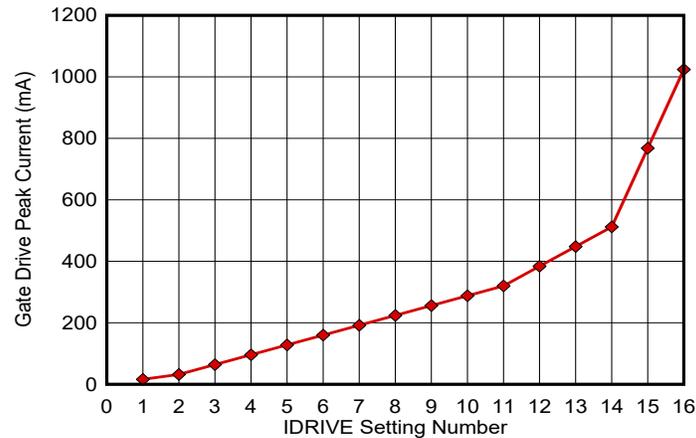


图 2. DRV8162 的 16 個 IDRIVE 設定及可編程 sink 與 source 比率，方便移除外部被動元件並簡化設計

有了方程式 1，您就可以利用 MOSFET 的閘極汲極電荷 (Qgd) 規格以及 MOSFET 在汲極和源極之間最大電壓的上升和下降時間，估算出最適合您系統的理想設定。這些值會因您的系統性能要求而異。

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

如果 IDRIVE 的設定無法接近您所使用裝置中的閘極驅動器設定，您將需要額外的被動元件 (包括閘極電阻器) 來達到所需的閘極電流。這些額外元件會增加整體物料清單成本及印刷電路板 (PCB) 的尺寸，這對於設計尺寸較小的協作機器人、行動機器人和人形裝置關節可能會產生疑慮。

其他品牌的半橋式閘極驅動器由於只提供固定電流或二至四個離散設定，因此必須使用外部閘極電阻器。DRV8162 驅動器的 16 種閘極驅動設定和可編程 source 與 sink 比率，讓您可以靈活移除外部被動元件並簡化設計。

其廣泛的 Qgd 支援範圍讓您在不同的低、中和高功率機器人平台上使用各種 MOSFET，而無需在各系統中變更閘極驅動器設計。DRV8162 的 source 與 sink 閘極電流最低可分別設為 16mA 與 32mA，最高則可達 1024mA 與 2048mA。舉例而言，48V 系統中的 1V/ns 電壓轉換速率可以用於計算 48ns Trise/Tfall。由此可知裝置支援的 MOSFET Qgd 範圍為 0.77nC/1.54nC 至 49.15nC/98.30nC。

提升系統性能

DRV8162 的單一半橋式架構相較於三相整合式閘極驅動器，可配置位置會更接近 FET。圖 3 比較了三相與單半橋式實作的兩個圓形 PCB 設計。

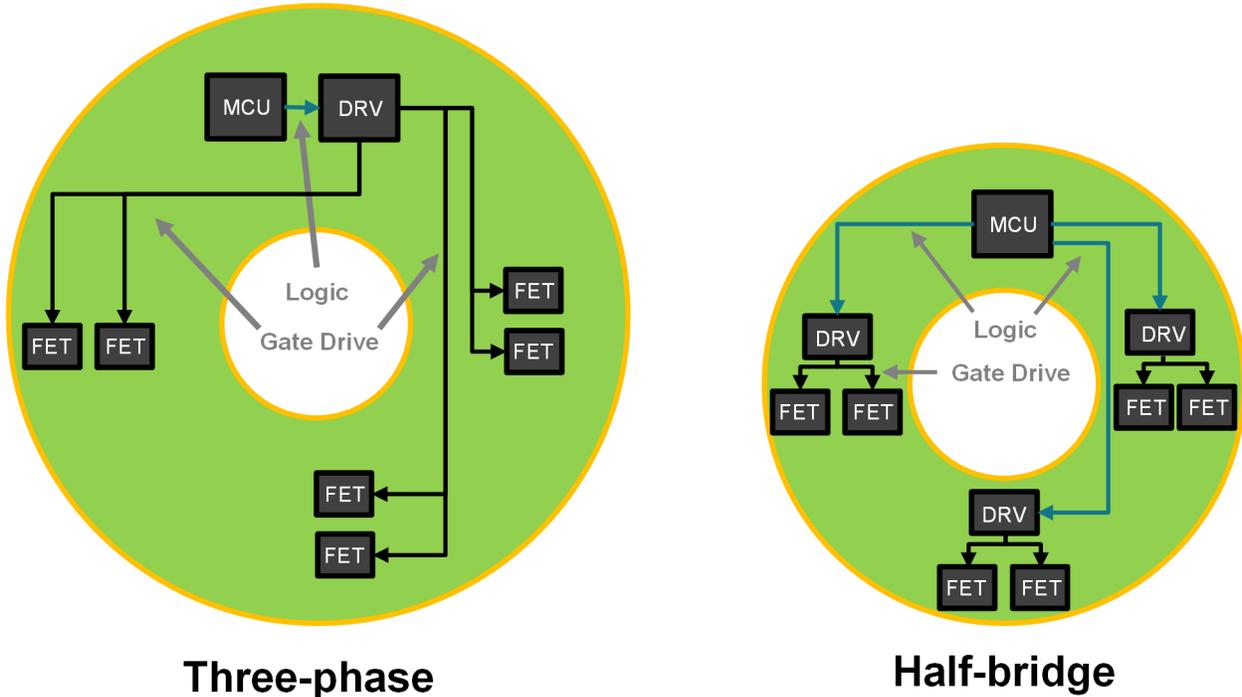


圖 3. 左側是包含 MCU、驅動器和 FET 的三相閘極驅動器圓形 PCB 設計，右側則為單半橋式圓形 PCB 設計

將閘極驅動器置於更靠近 FET 的位置可減少走線長度、改善訊號完整性，並減少閘極與源極節點的寄生。較短路徑也有助於降低走線電感的影響，進而降低振鈴及 EMI。

此外，DRV8162 的失效時間為 20ns，有助於提升系統效率與聲學表現，同時強化脈衝寬度調變的工作週期範圍，進而提升速度範圍，並增加提供給馬達的可用電壓。更低的失效時間也可將二極體傳導損耗降到最低、提升系統效率，並減少馬達電流失真，進而降低噪音。這些效果可改善系統的整體性能和效率。

機器人領域中的 STO

許多機器人需要與人類共事，因此在電源故障、電壓突升或短路時，關閉系統至關重要。若馬達驅動應用發生故障且裝置的扭力無法預測，可能會導致危險情況發生。由於部分機械會在承受重負載的工業環境中運作，因此能夠安全關閉並防止意外啟動的功能是不可或缺的。

國際電子電機委員會 (IEC) 61800-5-2 標準在電路設計中定義了稱為「安全扭矩關閉 (STO)」的安全功能，可防止向馬達供電。DRV8162 和 TI 的 DRV8162L 採用分離電源架構，可協助您在系統中實現 STO 功能。

在更高功率的設計中，工程師可參考「[適用於整合式馬達驅動的 48V、4kW 小型三相逆變器參考設計 \(TIDA-010956\)](#)」，該設計搭載提供 48V_{DC} 輸入與 85A_{RMS} 輸出電流的 DRV8162L。如圖 4 所示，此設計包括建議的 STO 概念、並聯 FET、高功率和單半橋式閘極驅動器。

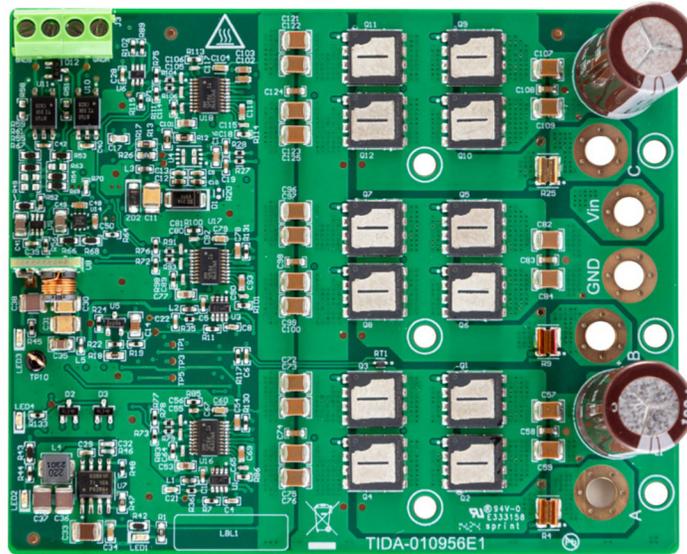


图 4. TI 的三相變流器參考設計 (TIDA-010956)

結論

現有的機器人馬達設計多半採用離散式實作來滿足安全要求，因此會增加電路板尺寸和物料清單。因此，像 DRV8162 這樣更小型、更安全且整合式的閘極驅動器是提升各種類型、尺寸機器人效率與安全性的關鍵。全新智慧型單半橋式閘極驅動器可幫助設計人員將功率從 10W 擴展到 4kW 以上，同時縮小 PCB 尺寸、提升性能與安全，並提供靈活性，加速未來多年的機器人創新。

其他資源

- 閱讀三相閘極驅動器相對於三單半橋式閘極驅動器的應用簡介 (文獻編號 SLVAFZO)。
- 透過「[整合電壓監控以實現工業固定式與行動機器人中的安全電源實作](#)」白皮書進一步了解 STO。
- 訂購 [DRV8161EVM](#) 評估模組，開始設計 30A 三相無刷 DC 驅動平台。

註冊商標

所有商標皆屬於其各自所有者之財產。

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