

Technical Article

以整合式 TOLL 封裝 GaN 裝置推動電源供應設計創新



Srijan Ashok



現今的電源供應設計需要高效率及高功率密度。因此，設計人員在各種電源轉換拓撲結構中使用氮化鎵 (GaN) 裝置。

GaN 可實現高頻率切換，縮減被動元件尺寸，進而增加密度。相較於矽和碳化矽 (SiC) 等技術，GaN 也可降低切換、閘極驅動和反向復原損耗，進而提升電源設計效率。

您可使用 650V GaN FET 進行 AC/DC 轉 DC/DC 轉換，或使用 100V 或 200V GaN FET 進行 DC/DC 轉換，以執行電源供應。

若您從事尖端產品，選擇體積符合業界標準的裝置也十分重要，如此才能為採購團隊簡化供應鏈。因此，在 650V 領域，變壓器外形無引腳 (TOLL) 封裝在高功率供應器設計中越來越普及。

除了選擇業界標準裝置外，TI 的 [LMG3650R035](#) GaN 場效應電晶體 (FET) 等整合式裝置，對於建立具高密度且能在各種電源拓撲結構中可靠運作的設計，能發揮重要作用。此裝置配備整合式閘極驅動器，以及過電流保護、過熱保護和短路保護等保護電路功能。整合保護電路有助於減少執行這些功能的外部元件。此裝置也可在高電壓空間支援多種電源拓撲結構，其中包括圖騰柱功率因數校正 (PFC)、電感器電容器、相移全橋轉換器和雙主動橋式轉換器。

整合閘極驅動器可幫助您建立簡易、高密度且清晰的配置，並可大幅減少寄生耦合，如 [圖 1](#) 所示。在高切換頻率電源轉換中，整合尤為重要，因為閘極迴路的電路寄生耦合會導致閘極雜訊及重疊損耗增加。透過使用整合式功率級，寄生耦合可忽略不計並簡化配置。

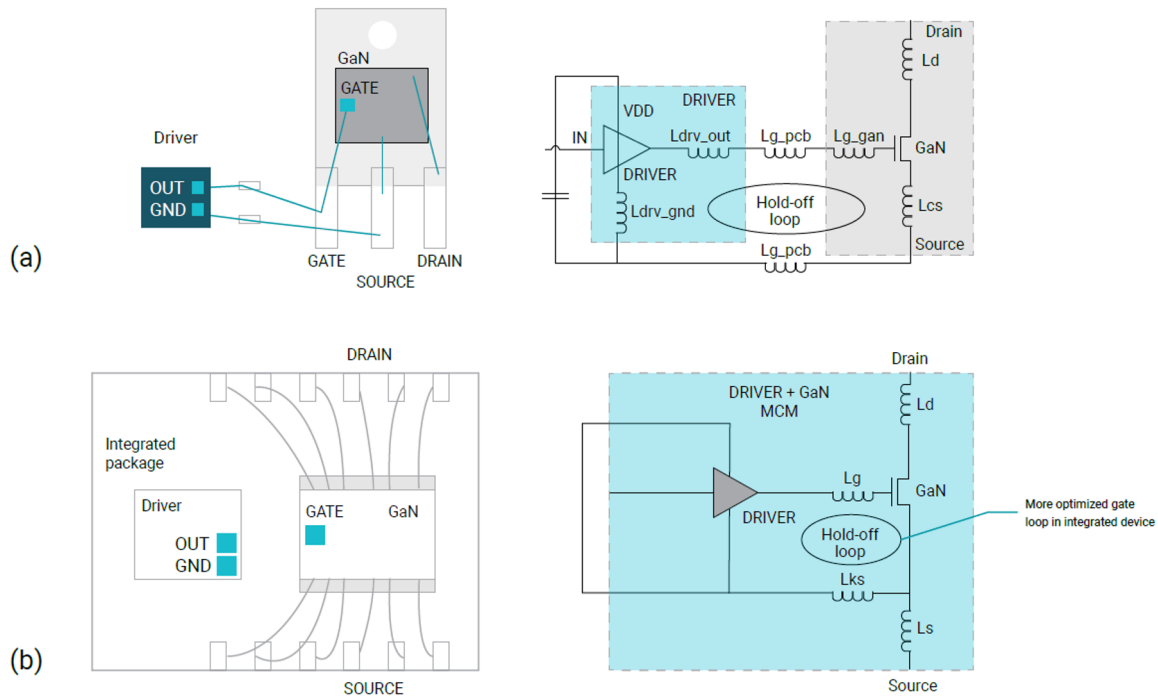


图 1. 电路寄生整合式 GaN 功率级与离散式 GaN 的比较

TI 高电压 TOLL 装置的应用领域

让我们回顾一下 TI TOLL 装置的几项主要应用领域，其中您可运用整合式保护功能、整合式零电压侦测（可减少第三象限损耗），以及可忽略的寄生耦合所造成的重叠切换损耗。

适用于数据中心和电信电源的 PSU

随着数据中心和超大规模运算需求增加，建立高效率、功率密集电源供应单元 (PSU) 的需求将呈指数成长。即使电信领域从 4G 发展到 5G（现在是 6G），设备的电源需求也持续增加，但体积大小保持不变。

这种情况使得整合式 650V TOLL 装置成为有力应用实例，其主要是透过 PFC 和 DC/DC 级将 AC 电源转换为 DC 直流排，如图 2 所示。我们采用 TOLL 封装的 GaN 装置，在我先前提到的拓撲结构中，可在 PFC 级实现超过 99% 的效率，并在 DC/DC 级达到超过 98% 的效率。

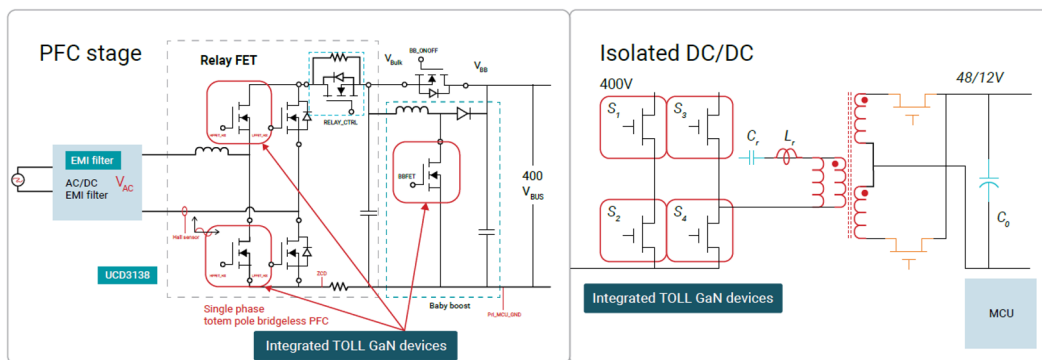


图 2. PSU 方块图

太阳能微转换器

以太阳能作为电源的趋势越来越普遍。如图 3 所示，双向 DC/DC 以及 PFC 和逆变器级都可使用整合式 GaN TOLL 装置将太阳能面板电压转换为 AC 电源。由于清洁能源需求快速增加，因此必须使用业界标准装置，运用小体积提供高效率与高功率。

TOLL GaN 裝置可透過業界標準體積與整合式功能來增加價值。由於多數感測和最佳化功能皆整合在功率級中，因此這些裝置可幫助您利用不同汲極至源極導通電阻，擴展到不同功率水準並使用不同拓撲結構，而無需為配置煩惱。

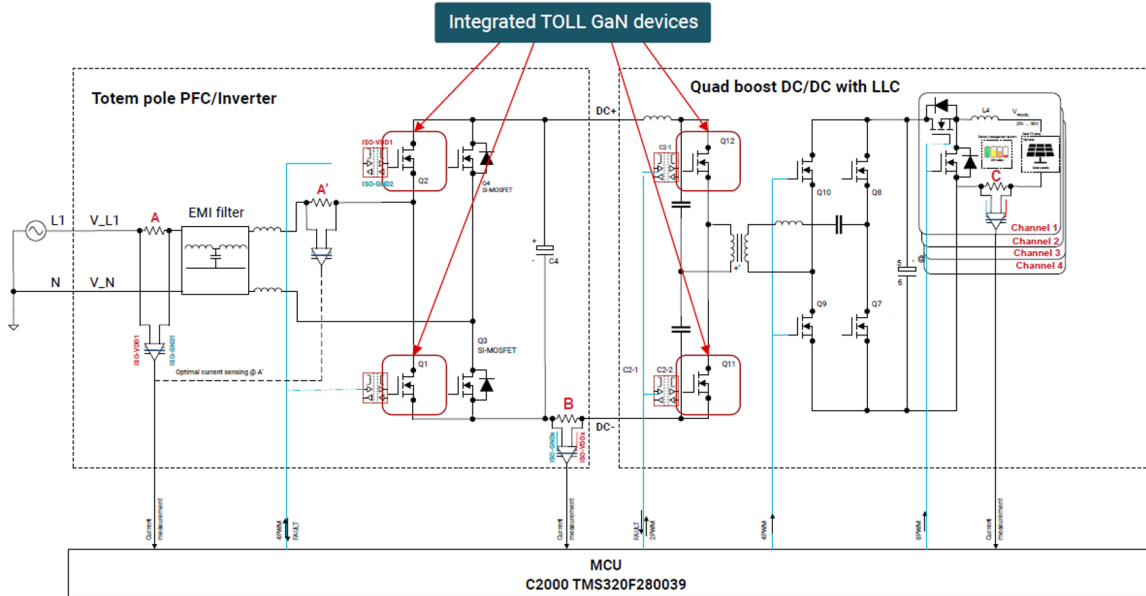


图 3. 微逆變器原理圖

TV 電源供應

大螢幕 (40 吋以上) 電視市場有相當大的成長潛力，同時出於美學考量，更輕更薄的螢幕也成為發展趨勢。由於螢幕越大，電源需求也隨之增加，但尺寸卻更薄，因此必須讓電視更具電源效率。AC/DC 轉換可在 PFC 和 DC/DC 級使用 TOLL 裝置。

整合式 TOLL GaN 裝置可讓您維持被動元件大小不變，並透過簡易佈線將外部電路維持在最小，以提供更薄的印刷電路板。此外，此設計將更有效率，同時保持業界標準體積。

2W、3W 和 4W 車載充電器

隨著全球努力減少尾管排放，車輛電氣化一直是新聞焦點。若要輕鬆使用隨插即用充電，就必須具備電動車車載充電器 (OBC)。由於 OBC 位於電動車底盤，因此其應具高功率密度與高效率，以佔用最小空間並減少損耗，因為沒有主動冷卻可分散損耗。

图 4 所示為典型的 OBC 原理圖。整合式 TOLL GaN 裝置可透過整合與更高切換頻率將設計尺寸最佳化，並減少損耗 (閘極驅動與切換損耗) 以提升散熱效率，進而為 PFC 和 DC/DC 級提供協助。透過 TOLL GaN 裝置，也可在裝置層級啟用所有保護，有助於提升 OBC 設計的穩健性，同時保持業界標準體積。

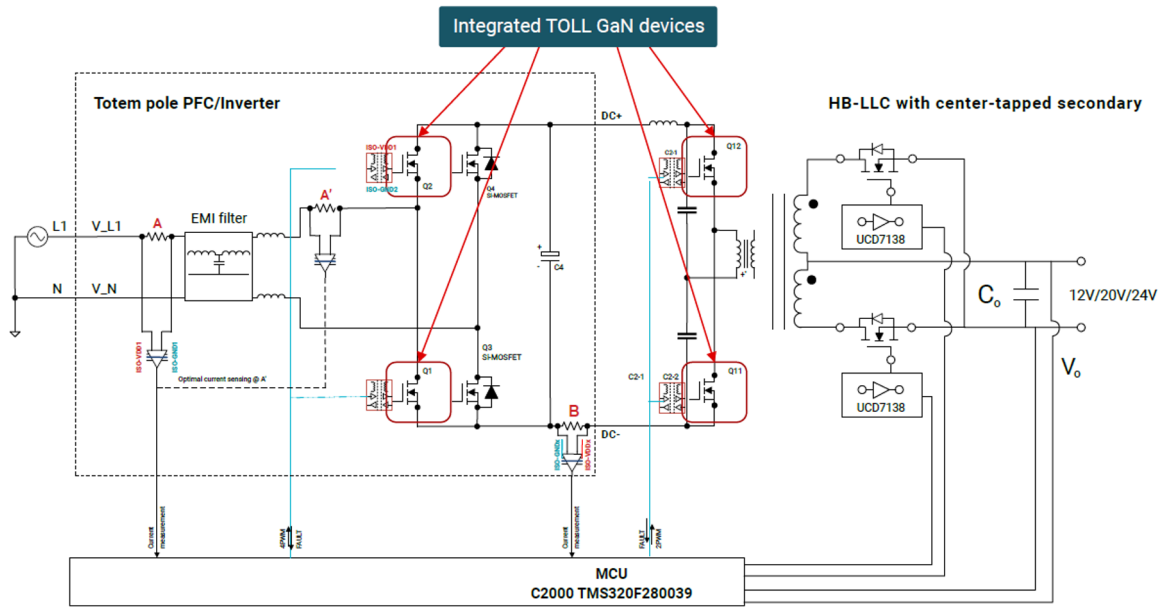


图 4. 車載充電器

結論

未來電源設計人員將面臨的最大設計挑戰之一，是運用高密度設計，以盡可能低的損耗提供不斷增加的功率位準。整合式 TOLL GaN 裝置結合了整合式 GaN 與業界標準體積，可消除額外電路和複雜 PCB 配置的麻煩，進而提供協助。這有助於降低設計的複雜度。此外，這也將強化其他終端設備領域的設計，例如馬達驅動、工業電源供應器和家電電源，這些領域同樣重視簡易、高密度設計。

隨著 GaN FET 技術的飛躍發展，我們未來將持續投資並改善 TOLL 裝置的品質因數，協助設計人員努力在相同領域提供更高功率。

其他資源

- 查看「[LMG3650R035 評估模組 EVM 使用手冊](#)」。
- 進一步了解 [LMG3650EVM-113 評估模組](#)。
- 進一步了解我們的 [GaN 技術](#)。

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 © 2025, 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated