

電源管理大躍進

TI：製程、封裝相助集成，氮化鎵伺機而起

■文：任苙萍

德州儀器 (TI) 在類比領域傾注相當多的心力，約佔總投資六成比重；迄今擁有近 10 萬種組合的多元類比及嵌入式處理產品，被多達 10 萬家的一流創新企業採用，對電源管理趨勢知之甚詳、且往往是產業風向球。TI Broad Market Power 副總裁暨總經理 Hagop Kozanian 以舉世矚目的工業 4.0 為例，指出感測、高精度類比、處理、通訊、隔離元件與電源管理等關鍵技術皆圍繞一個主旋律行進：可靠度、精確度、安全和節能；而「產品和系統級可靠度」是主要驅動因子，展現於工廠／建築自動化、馬達驅動和控制，以及智慧電網應用。

功率器件趨向「高整合」與「寬幅操作」

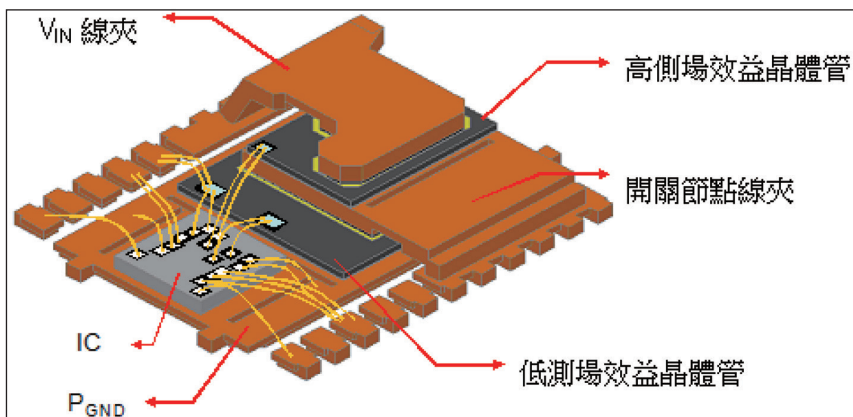
當工程師需要使用超過 10A ~ 15A 的大電流負載點 (POL) 設計時，通常會放棄使用簡便的高密度轉換器 (搭配整合式 MOSFET 電晶體)，轉而選擇較複雜、佔空間的外加 MOSFET 電晶體作為控制器；這是因為高密度轉換器只能



照片人物：TI Broad Market Power 副總裁暨總經理 Hagop Kozanian

提供有限電量，根本不足以應付路工業系統所需之故。那麼，大電流由器、開關、企業伺服器 and 嵌入式應用的轉換器何處尋？TI 主張可

圖 1：控制器匯集成電路和 MOSFET 垂直堆疊在 PowerStack 封裝中



資料來源：TI

用新一代的 MOSFET 電晶體和封裝技術解決。TI「NexFET」電源 MOSFET 在矽晶體內有較低的電阻率 ($R_{ds(on)}$)，透過 PowerStack 封裝技術堆疊 IC 和 MOSFET 電晶體，可提高電子流動能力。

為此，TI 以「輸入電壓」與「最大輸出電流」為兩軸，根據不同應用的核心需求歸納出幾大族群，並據以交集出超過 200 種的 DC/DC 解決方案供選擇，將電感 (inductor)、場效電晶體 (FET)、功率因數補償和被動元件集成到單一封裝晶片，例如：可多頻段操作的 TPS54A20 DC/DC 串聯電容降壓轉換器、加入 40A 大電流 DC/DC SWIFT 的 TPS548D22 DC/DC 降壓轉換器，以及工業級 LM5165 和車用級 LM5165-Q1 同步 DC/DC 降壓型穩壓器，可簡化原型設計、製造和驗證的工程時間，且採用者不需琢磨高深電源知識，可將資源集中在重點研發項目。

談到高功率的發展，

Kozanian 再度重申整合的必要性，強調將驅動器與 FET 封裝在一起，可降低電壓應力和 EMI 等寄生效應。TI 認為，24V 雖是工控／自動化生產的主流標準，但某些應用若電壓不足將造成不穩定，需外加轉換元件以滿足高壓需求，更促使功率產品朝「高整合」與「寬幅操作」方向靠攏。他並預期，「氮化鎵」(GaN) 可望逐漸成為「高功率模組」的首選；未來更將擴及低電壓應用，如：高端音訊放大器、無人機、電動車、照明、運算、太陽能板、汽車影像技術，以及任何能接上插座的電器裝置。

GaN 應用看好，但仍存在技術瓶頸

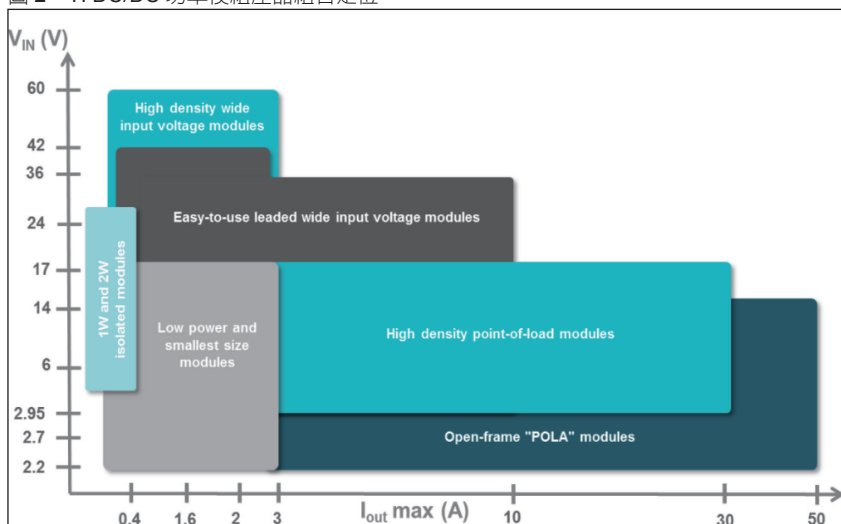
GaN 是一種由「鎵」和「氮」兩種元素合成的超高速半導體材料，近年來成為學術界和產業界共同關注和著力研發的熱點，矽基 GaN 功率器件更被視作聖杯。與傳統矽元件相較，GaN 在物理特

性上具有明顯優勢：

1. 轉換效率高：GaN 的禁帶寬度是矽的 3 倍、臨界擊穿電場是矽 10 倍，意謂在同樣額定電壓下，GaN 的導通電阻約比矽元件低 1,000 倍，大幅降低開關的導通損耗、使功率密度倍增；
2. 工作頻率高：GaN 的電子渡越時間比矽低 10 倍，電子速度比在矽中高兩倍以上、反向恢復時間基本可以忽略，因此 GaN 開關功率器件的工作頻率是矽的 20 倍以上！大幅減少電路中電容、電感等儲能元件的體積、模組尺寸可縮小 50%，連帶減少設備體積和原材料消耗，而開關頻率高可減少開關損耗，進一步降低總功耗；
3. 耐受溫度高：GaN 的禁帶寬度高達 3.4eV，本徵電子濃度極低，電子很難被激發，理論上 GaN 可耐受 800°C 以上的高溫。

為降低 GaN 元件成本，業界設法從製程尋求變通：透過外延技術在更大尺寸的矽基取得 GaN 外延片。如此便可使用成熟的矽製程和設備大量生產，再將矽基 GaN 與光電元件、數控電路整合，集成直接面向終端應用的功能性模組。GaN-on-Si 晶圓仍有三大技術瓶頸待克服：一是失配問題，矽基與 GaN 之間存在晶格常數、熱膨脹係數和晶體結構不匹配；二是極性迥異，由於矽原子間形成的是「純共價鍵」，屬非極性半導體，而 GaN 原子間卻是極性鍵、屬極性半導體；三是矽基上的矽原子擴散，會降低外延層的晶體品質。

圖 2：TI DC/DC 功率模組產品組合定位



資料來源：TI 網站 (ti.com/powermodules)

TI 以「增壓引擎」來比喻 GaN，只要搭配適合的驅動程式、封裝與其他元件，確實能提升伺服器與資料中心的系統效能；且可避免電子裝置或設備「散熱不佳」，拖累系統運作。當連網已成為日常生活的一部分，人們對高耗電的數位裝置，以及電力和發電廠的依賴也隨之激增；藉由 GaN 改善電路效率，既環保又節能。此外，小自手機，大至高端工業機具和伺服器，各種系統的電路皆需切換數百萬計的小型開關；每一次動作，都會產生熱能、減損供電效率。GaN 可減少生熱，讓開發者能在更小的電路板空間、納入更多的開關設計。

結語

GaN 未能迅速普及的另一個原因，來自於無法確切掌握 GaN 的應力測試和故障模式，包括電源管理的開關條件，傳統矽材料 qual 測試並無法應對。有鑑於此，

圖 3：TI 致力推廣 GaN

TI 決意投入整合工作，日前發佈首款含 GaN 開關的功率模組——LMG3410，不僅在功率密度領先最先進的矽基功率因數修正轉換器，更優於分立式 GaN 器件，可實現全新開關拓樸，並內建保護功能，可預防過熱、短路並因應各種電壓條件。Kozanian 統整，電源管理有四大要點：




1. 能源效率：資料儲存須更具成本效益且節能，極低的待機或關機「靜態電流」(Quiescent Current)、同步整流、寬電壓操作是必要條件，但還須針對工廠或汽車等不同應用進行輕載效率最佳化；
2. 高度整合：為減少物料和製程、在更小的電路板空間實現功能設計，寬幅輸入電壓的 DC/DC 電源模組可簡化設計並符合設計限制；
3. 高壓作業：考慮工廠中的人員、設備安全，首重電路系統的穩定性，而整合驅動器的氮化鎵

(GaN)，將是高電壓的理想方案；

4. 功率密度：電動車的伺服電源供應器和電池必須在更小的尺寸提供更多電力，具高功率密度的 DC/DC 轉換器不可或缺。

Kozanian 透露，TI 正將 GaN 擴及類比和數位電源轉換控制器，以建立完整的生態系統，包括去年發佈的 LMG5200——集成 80V GaN FET 和驅動器 IC，以及 TPS53632G GaN FET 控制器。特別一提的是，TI 相當看重支援服務，備有 WEBENCH 線上設計工具，支援八種語言，可實現端到端電路設計，針對封裝、價格和效率的模擬和優化，並可將電路圖和 PCB 佈線檔下載到電腦輔助設計 (CAD) 工具；元件庫內含 120 家廠商所生產的 40,000 多種產品，TI 經銷商每小時會更新價格和供貨情況，便於使用者比較整個系統設計並決定供應鏈。CTA

TI is developing a complete ecosystem of GaN solutions

| | | |
|---|---|---|
| LMG5200 | LMG3410 | TPS53632G |
|  |  |  |
| <p>Announced in March 2015, this is the industry's first 80-V half-bridge GaN FET module.</p> | <p>The first TI-manufactured 600-V GaN, 70mΩ FET power stage enabling smaller, more energy-efficient power supplies</p> | <p>When combined in a 48-V to 1-V application, the TPS53632G and LMG5200 can achieve high frequency and efficiency as high as 92 percent.</p> |

資料來源：TI