

碳化矽的採用進入下一階段

專注於元件可靠性、柵極驅動創新和完整系統解決方案

■作者：Orlando Esparza/Microchip 戰略行銷經理

碳化矽 (SiC) 技術最大化了當下功率系統的效率，同時縮減了尺寸、重量和成本。但 SiC 解決方案並非直接替代矽，二者並不完全相同。要實現 SiC 技術的預期前景，開發人員必須基於品質、供應和支援情況，對產品和供應商進行審慎評估，並瞭解如何優化 SiC 功率元件與其終端系統的整合，以防止出現不必要的干擾。

採用率不斷增長

SiC 技術的採用率曲線呈急劇上升的趨勢。可供選擇的元件供應商範圍也不斷擴大，產品可用性隨之得到提升。在過去三年，該市場的規模已實現翻倍，預計在未來 10 年內將有 20 倍增長，價值將超過 100 億美元。採用範圍從 on-board hybrid 及純電動汽車 (H/EV) 應用，延伸到火車、重型車輛、工業設備和電動汽車充電基礎設施所使用的非汽車動力和馬達控制系統。航空航太和國防領域供應商也在推動 SiC 的品質和可靠性改進，以滿足這些領域對元件耐用性的嚴苛要求。

SiC 開發計畫的一個關鍵部分是，驗證 SiC 元件的可靠性和耐用性，因為這兩點在不同供應商之間存在巨大差異。隨著對整體系統的關注日益增加，設計人員還必須評估供應商的產品供應能力。對設計人員而言，重要的是與能夠在全球通路、支援以及綜合設計模擬和開發工具的支援下，能提供晶片、分離元件和模組等，各種靈活選項的解決方案供應商合作。在尋求能滿足未來需求的設計過程中，開發人員還必須探索數位可程式設計柵極驅動等最新功能，以便在解決早期實現問題的同時，實現一鍵式系統效能“調節”。

第一步：三個關鍵測試

三個測試提供的資料用於評估 SiC 元件的可靠性：突崩 (avalanche) 耐受性、短路承受能力和 SiC MOSFET 體二極體的可靠性。

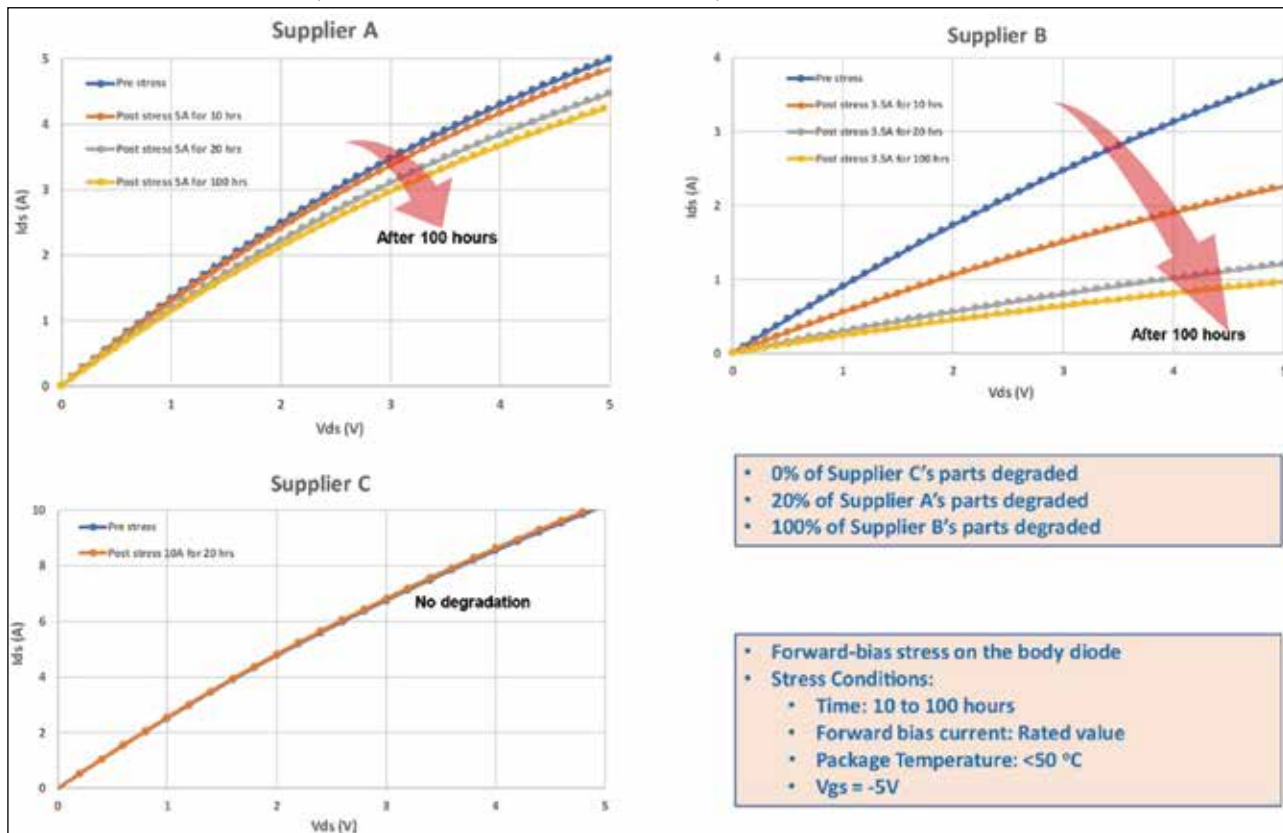
足夠的突崩耐受性至關重要：即使是被動元件的微小故障，也可能導致暫態電壓峰值超過額定崩潰電壓 (breakdown voltage)，最終導致元件甚至整個系統失效。突崩耐受性充足的 SiC MOSFET 可減少對緩衝電路的需求，並能延長應用的壽命。選擇額定值最佳的元器件，其 UIS 能力高達 25 焦耳 / 平方釐米 (J/cm^2)。即使在進行了 10 萬次重複性 UIS (RUIS) 測試後，這些元件也很少出現參數退化。

第二個重要測試是短路耐受時間 (SCWT)，即在出現軌到軌 (Rail to Rail) 短路的情況下，最多經過多長時間後元件會失效。結果應接近功率轉換應用中所使用的 IGBT，此類應用中的大多數 SCWT 為 5-10 微秒 (us)。如果能確保 SCWT 足夠長，系統就有機會維修故障情況，而不會造成系統損壞。

第三個關鍵指標是 SiC MOSFET 固有體二極體的正向電壓穩定性。不同供應商的這一指標存在較大差異。如果元件的設計、加工和選材不當，則運行期間此二極體的導通性會下降，導致導通狀態時漏源極電阻 (RDSon) 增大。圖 1 展示了存在的差異。在由俄亥俄州州立大學開展的一項研究中，對來自三家不同供應商的 MOSFET 進行了評估。最終結果表明，來自供應商 B 的所有元件均呈現出正向電流下降的情況，而來自供應商 C 的 MOSFET 則未發現下降。

驗證了元件可靠性後，下一步是評估這些元件周圍的生態系統，包括產品選擇的廣泛性、穩定的

圖 1：SiC MOSFET 的正向特性 (按供應商顯示體二極體導電性下降的差異)。



資料來源：俄亥俄州立大學 Anant Agarwal 博士和 Min Seok Kang 博士

供應鏈和設計支援。

供應、支援和系統級設計

隨著 SiC 供應商數量日益增多，除了用於支援和供應汽車、航空航天和國防等很多嚴苛 SiC 市場的經驗和基礎設施外，如今的 SiC 公司在元件選擇方面也各有不同。

隨著時間的推移，功率系統設計也在一代又一代的設計中得到不斷改進。而 SiC 應用卻沒有什麼不同。在早期的設計中，可以在非常標準的通孔 (through-hole) 或表面貼裝封裝選項內使用廣泛採用的標準分離式功率產品。隨著應用數量的增加，設計人員專注於縮減尺寸、重量和成本，因此，他們通常會採用整合功率模組的設計方式，或者選擇協力廠商合作夥伴。協力廠商合作夥伴包括最終產品設計團隊、模組製造商和 SiC 晶片供應商。在實現整體設計目標的過程中，每一方都至關重要。

對於增長迅速的 SiC 市場，” 供應鏈問題 ” 是一個關鍵而合理的考量因素。在 SiC 晶片的製造流程中，SiC 基材是最昂貴的材料。此外，SiC 製造需要使用高溫製造設備，而這卻並非開發矽基功率產品和 IC 所需。設計人員必須確保 SiC 供應商採用包

圖 2：模組適配器板與柵極驅動器核心相結合，提供了一種透過增強型開關快速評估和優化新 SiC 功率元件的平臺



圖 3：使用數位可程式設計柵極驅動器實現最新增強型開關技術，協助解決 SiC 雜訊問題，提高短路回應速度，協助管理電壓過沖問題，最大程度地減少過熱情況

設計挑戰	挑戰的緣由	增強型開關如何說明解決問題
故障警報：短路（雜訊電壓下）	雜訊	穩定的檢測和保護電路
短路回應速度過慢	短路回應	快速且精確的數字解決方案
電壓過沖無法控制	過電壓	精密的軟體可配置“調節”
模組效能資料不足	受限的現有驅動器故障回饋	提供了 7 種具體故障代碼，包括溫度和電壓監測

含多個製造地的強大供應鏈模式，從而確保即使發生自然災害或重大產量問題，供應也始終能夠滿足需求。許多元器件供應商還會停產 (EOL) 較早的幾代元件，這迫使設計人員花費時間和資源重新設計現有應用，而不是開發有助於降低最終產品成本和提高收入的全新創新設計。

設計支援也極為重要，這包括有助於縮短開發週期的模擬工具和參考設計。借助可解決 SiC 元件的控制和驅動問題的解決方案，開發人員可以探索一些新功能，例如可實現整體系統方法全部價值的增強型開關。圖 2 顯示基於 SiC 的系統設計，其中整合了一個數位可程式設計柵極驅動器，不但可以進一步加快生產速度，同時還能創造優化設計的新方式。

設計優化的新選擇

數位可程式設計柵極驅動選項透過增強型開關最大程度發揮 SiC 的優勢。利用這些選項，可以輕

鬆配置 SiC MOSFET 的導通 / 關斷時間和電壓大小，使設計人員能夠提高開關速度、提高系統效率，同時減少與柵極驅動器開發相關的時間和複雜性。設計人員無需手動更改 PCB，而是利用配置軟體一鍵優化基於 SiC 的設計，在滿足未來需求的同時，加快上市速度、提升效率並強化故障保護。

隨著在更多應用領域中的採用率不斷提高，SiC 的早期採用者已經在汽車、工業、航空航天和國防領域受益。成功的關鍵依然是驗證 SiC 元件可靠性和耐用性的能力。隨著開發人員採用整體系統解決方案策略，他們將需要掌握全面的產品組合資訊，而完整可靠的全球供應鏈以及所有必要的設計模擬和開發工具會為這些產品組合提供支援。借助數位可程式設計柵極驅動帶來的全新功能（如軟體可配置設計優化等），他們還獲得了把握面向未來的投資的新機遇。CTA

Microchip 推出全新 TSN 乙太網路交換器系列，為工業自動化網路提供統包解決方案

從減少搬運和儲存到提高產量，工廠自動化正全面提高生產效率。具有資訊科技 (IT) 和營運科技 (OT) 融合架構的聯網倉儲和其他工業生態系統依靠時效性網路 (TSN) 和乙太網路實現精確計時、同步和設備連接，包括相機鏡頭、條碼閱讀器、掃描器和輸送機。這些生態系統需要下一代網路技術來實現設備、感測器和設備通信的連結。為了滿足這一要求，Microchip 宣佈推出 LAN9668 系列 TSN 交換器元件。作為業界首個提供符合 IEEE 標準的功能的交換器解決方案，LAN9668 系列 TSN 交換器元件可實現更低延遲的資料流量和更高的時鐘精度。

Microchip 的 LAN9668-I/9MX 和 LAN9668-9MX 元件分別是面向工業和商業應用的 8 埠交換器，配置了 Arm Cortex-A7 中央處理單元 (CPU)，支援工業環境中的 TSN IEEE 通信標準。這些標準包括用於精確計時的 IEEE 1588v2 和 IEEE 802.1AS-2020、用於每個資料流程過濾和監控的 IEEE 802.1Qci、用於流量整形 (Traffic Shaping) 的 IEEE 802.1Qav 和 IEEE 802.1Qbv、用於無縫備援的 IEEE 802.1CB，以及用於媒體備援的 IEC-62439-2 (媒體備援協議) 和 ODVA-DLR 及 IEC-61158-6-10。

Microchip 還提供相關的 IStaX/SMBStaX 和 WebStaX 網路作業系統，打通硬體和軟體，有助於實現快速上市的目的。這包括一個可複製的參考設計，可作為 Microchip 部件 (包括 TSN 交換器、乙太網路 PHY、時鐘設備和振盪器) 的板卡設計或套件。作為一種整合解決方案，它符合所有網路標準，簡化了開發人員的首次設計。