

MOSFET性能顯著進步 滿足新應用的嚴格要求

Wharton McDaniel / 安森美半導體功率MOSFET產品行銷經理

低壓 MOSFET 器件 (<40V) 廣泛應用於可攜式電子設備 (如智慧手機和平板電腦)、家用電器、數據通信伺服器、醫療設備和電訊基礎設施等的電源系統。參與此類 MOSFET 設計的工程師面對更趨嚴格的要求。本文將探討影響的因素，以及如何解決可能彼此衝突的重大技術挑戰。

現時我們的日常生活幾乎完全依賴於使用各種電子設備，但這導致全球能源消耗上升，引起關注；包括耗盡石化燃料、影響環境 (碳排放等方面)，以及增加水電瓦斯帳單。消費者意識的提高、有力的立法措施 (如能源之星) 的實施、再加上 OEM 廠商的性能測試路線圖，均嚴重加重電源半導體製造商的壓力。因此，新一代電源系統將需具備一定數量的、具有高度有利屬性的元件。

重要的推動因素

目前，有兩大動力定義著 MOSFET 的發展。一方面，需要有伺服器集群所需的高端處理功能；這是指機架的微處理機的電力需求和密度已極大增長，帶來了電力消耗、房地產和熱管理等尚待克服的阻礙。但是電腦的處理能力並非是主要的關注。隨著電腦平台從笨重的桌上型電腦發展至輕巧、流線型的可攜式產品，如平板電腦和智慧手機；對於客戶來說，處理能力已經不再是主要賣點。電源系統的標準由此

改變，電池壽命和系統小巧程度成為優先考慮因素。必須提高這兩種類型的電源系統的轉換頻率，以便使用更小的磁性元件和無源元件，從而減少所需的空間。

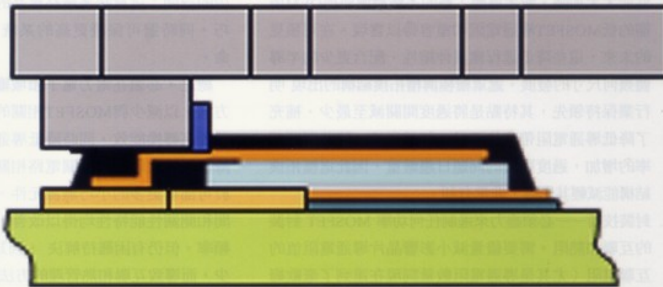
影響 MOSFET 規格的關鍵因素

確定了應用層面有哪些推動力後，如何把它們化為元件規格呢？當為電源系統規定 MOSFET 時，應仔細考慮三個主要參數：

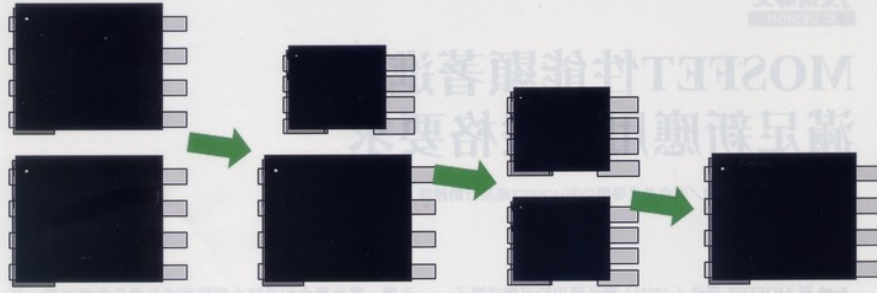
1. 導通電阻 (RDSON) —— 在減少 MOSFET 的傳導損耗時，導通電阻非常重要，因此該值應盡可能小。
2. 優質數 (FOM) —— 由總柵極電荷 (RDSON x QG) 決定，同是 MOSFET 開關損耗和導通損耗的指標，因此在此決定使用何種元件時，這是重要的選擇標準。
3. 開關性能 —— MOSFET 的開關特性越好，開關損耗就越小。隨著開關頻率的使用增加，在未來幾年，這將變得更加關鍵。

MOSFET 設計及其含義

80 年代，MOSFET 的使用變得更加常見，自此之後的



圖一：耐熱增強型 SO8FL 散熱片封裝



圖二：封裝技術的進展

幾十年，這些器件的製造方式和性能規格發生了很大變化。雖然原因不同，但是我們前面討論的兩個不同應用用到的 MOSFET 都需要盡可能減小能耗（工作和停用狀態下），因此保持低導通電阻是基本目標之一。可攜式產品和伺服器實施板的空間極為可貴，因此能支持極高的轉換效率也是一個重點，而晶片尺寸較小是另一關鍵。問題是如何在元件層面實現這個性能“願望清單”。

MOSFET 設計可以分為兩個基本組成部分。過去，元件製造商可以先處理好其中一個問題，事後再處理另一個；但如今，他們則需要同時處理這兩個同等重要的問題。

1. 工藝技術——十年前，一個CPU通常需要10 A左右的電流來驅動，而現在它很可能需要100 A。這導致導通電阻的數量級降低，以便維持規定的外形因素和散熱位準，否則電子設備尺寸和成本將不可避免地大幅增大。此外，可通過減少MOSFET的電容使其整體開關性能大大加強。新半導體工藝的不斷發展使得OEM所需的低MOSFET導通電阻和電容得以實現。在可預見的未來，這些降低進程應具伸縮性，配合更少的半導體幾何尺寸的發展。遮罩柵極溝槽拓撲結構的出現，明行業保持領先，其特點是將過度開關減至最少，補充了降低導通電阻帶來的不足。如前所述，隨著開關頻率的增加，過度開關的問題日趨嚴重，因此這種拓撲結構能減輕其影響，非常有利。
2. 封裝技術——必須盡力來遏制任何功率 MOSFET 封裝的互聯和熱阻。需要儘量減小影響晶片導通電阻值的互聯電阻（尤其是導通電阻數量詞現在達到了毫歐姆以下），否則，對矽進行任何改進都是不值得的。使

用線夾代替鎊線已成為使互聯電阻只占總導通電阻小部分百分比的主要手段，表面封裝底部的裸焊盤提供了主要的低阻熱路徑；現在，表面貼裝封裝減小了到達封裝頂部的熱阻，因而可以從頂部封裝散熱。印刷電路板不能有效散熱時，這種類型的封裝極為重要。如果半導體技術成功地提供強大的優質性能卻受差的封裝拖累，很明顯無濟於事。

近年來，不斷減小的晶片尺寸使MOSFET的封裝從引線功率封裝，比如TO220，邁向單個MOSFET的表面貼裝封裝，及至到現在發展為雙封裝。高功率相位MOSFET現有5mmx6mm封裝。由於減少了互聯電阻和電感，性能得到提高。此外，在講究空間的情況下，這為設計人員提供了巨大的優勢，如圖二所示。

MOSFET的產品規格為工程師提供了傳導損耗特性和開關效率的最佳平衡，這對最終產品的開發非常重要。使用最新的半導體工藝和封裝技術，有助減少損耗和系統設計產生的能耗，從而使得相應的熱管理機制佔用較少的空間；這意味著最終產品的外形可以變得更精美小巧，同時還可保證更高的系統可靠性及更長的使用壽命。

總之，必須在電力電子領域繼續研究和實施更有效的方法，以減少與MOSFET相關的開關活動造成的損耗，並提高轉換能效，同時降低導通電阻。技術進展正大幅降低導通電阻和與開關電路相關的電容。其結果是，由於可部署更多的小巧無源元件，所用印刷電路板使用空間和開關性能特性均得以改善，且能夠提供更高的開關頻率。但仍有困難待解決，因為最終晶片尺寸將變得極少，而導致互聯和熱管理的方法需再次大幅改變。SST-AP/Taiwan