

以 48V 提昇配電效能

Phil Davies



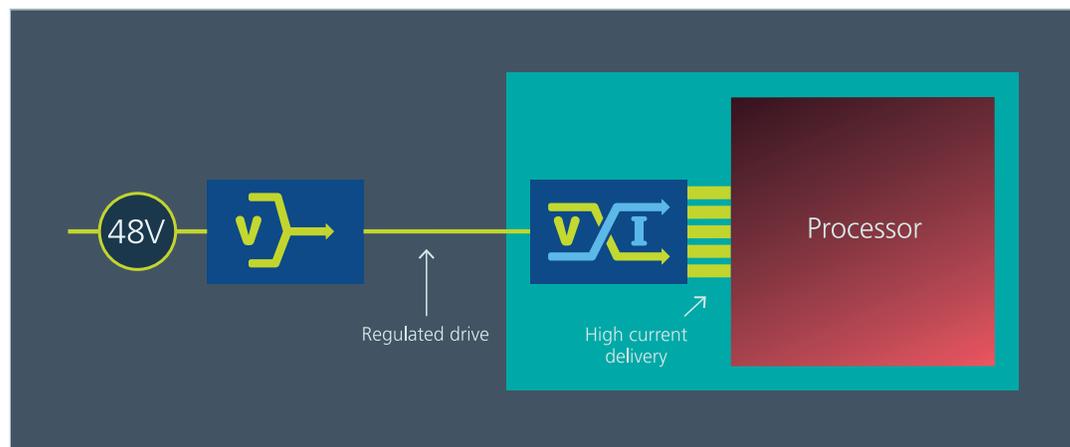
配電網路 (PDN) 是所有電源系統的主體。隨著系統電源需求的不斷上升，傳統 PDN 面臨提供足夠效能的巨大壓力。就功耗和熱管理而言，主要有兩種方法可以改善 PDN 對電源系統效能的影響。一是使用更大纜線、連接器和更厚主機板電源層減少 PDN 電阻；二是在給定的傳輸功率下，提高 PDN 電壓以減小電流，這允許使用更小的纜線、連接器和更薄的主機板銅箔電源層，從而可縮減相應的尺寸、成本和重量。

多年來，工程師一直使用第一種方法，因為該方法與數十年來為單相 AC 及 12V DC-DC 轉換器及穩壓器建構的大型生態系統相容。其它原因還包括 DC-DC 轉換器拓撲效能不足，無法有效率地將更高電壓直接轉換為負載點 (PoL) 電壓，以及這些高電壓轉換器及穩壓器的高昂費用等。

然而，現代電源設計越來越多使用第二種提高 PDN 電壓的方法。這一趨勢的推動力源於系統負載功率的顯著提升的需求。以資料中心為例，人工智慧 (AI)、機器學習和深度學習的加入，使機架功率迅速上升了兩倍，達到 20kW 範圍，而超級電腦伺服器機架則已接近 100kW 或更高。

圖 1

理想的負載點電源系統。穩壓器在 $V_{in} = V_{out}$ 時提供最高效率。大電流低電壓在供電最接近負載點時效率最高，從而可最大限度降低 PR 損耗。

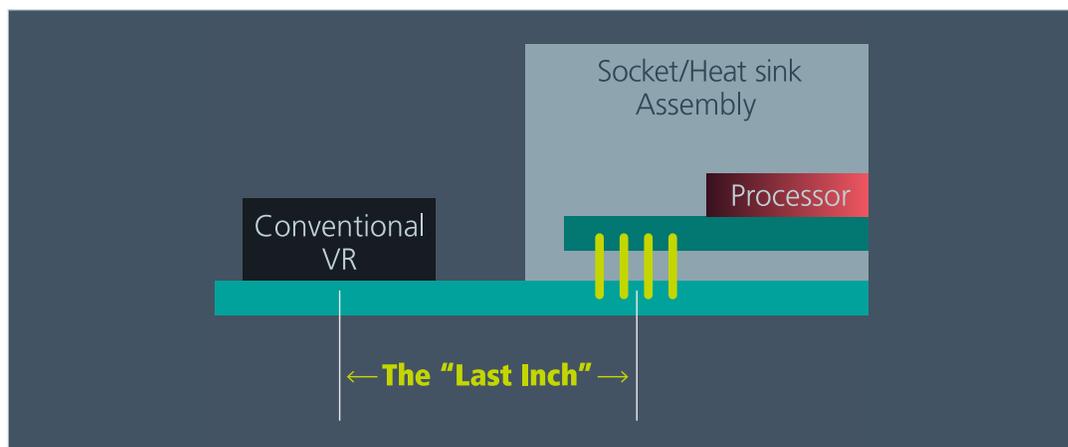


這一電源需求的成長促使系統工程師對其整個 PDN 進行了重新評估，從機架到機架內部的配電，乃至刀鋒伺服器上的 PDN，無一例外，因為現代 CPU 和 AI 處理器功耗更大。機架功率為 5kW 水準時，單相 AC 到機架是最常見的，再將 AC 轉換為 12V，配送到刀鋒伺服器。功率為 5kW 時，PDN 電流為 416A (5kW/12V)，配電則透過大徑值纜線進行。

處理器功率大約從 2015 年開始急劇上升，機架電壓上升到了 12kW。所以，必須在 12V PDN 的機架內對 1kA 電流進行管理。OCP 聯盟成員主要包括雲端運算、伺服器和 CPU 公司，該聯盟持續開發精進其 12V 機架設計。OCP 機架從纜線轉移到了母線排 (Bus Bar)，並在機架內分配多個單相 AC 至 12V 轉換器，以最大限度縮減機架到刀鋒伺服器的 PDN 距離以及阻抗。與以往機架供電的主要改變是其中的單向交流電是取自三相交流電中的單相而來。

能夠自主建構自己的機架及資料中心解決方案的公司開始轉而採用 48V 配電。此一策略將 12kW 機架的大電流 PDN 問題削減到了 250A，但刀鋒伺服器的功率轉換卻也帶來了新的難題。

圖 2
傳輸大電流的「最後一英吋」
的優點為高功率處理器障礙提
出了新挑戰。Vicor 的技術不僅
解決了這個問題，而且還可簡
化主機板設計。



機架電源超過 20kW 的範圍時，伺服器機架 PDN 設計須不斷精進發展。人們為了維持 12V 原有系統的設計，在許多方面都得有創新，但資料中心引入 AI 的處理器穩態電流超過 1000 安培、峰值電流接近 2000 安培時，就會讓基於 12V 傳統的 PDN 不切實際。AI 的核心是效能，而 12V PDN 則會限制效能和競爭力。

為了解決高功率機架的諸多難題，OCP 聯盟正在向可運用 48V PDN 的機架發展。從 12V 配電轉向 48V，可將輸入電流需求降低 4 倍 ($P=V \times I$)，將損耗銳減 16 倍 (功耗 = I^2R)。此外，汽車、5G、LED 照明和顯示幕市場以及工業應用，也在向 48V 配電轉型。因此，48V 電源轉換器生態系統正在迅速發展，轉用 48V 有很好的商業意義。但不是所有的 48V 轉換器拓撲及架構都相同。48V 轉換器市場效能參差不齊，這是一個值得仔細考慮的現實情況。

由於高效能和電源效率位居高功率機架及資料中心需求的榜首，有幾家公司正在採用三相 AC 至 48V，為刀鋒伺服器配電。另外，也可使用機架內傳輸的高電壓 DC (源自整流三相輸入的 380V)。多家高效能運算公司正在將 HVDC PDN 用於功率高達 100kW 的機架。

刀鋒伺服器供電的 PDN 轉換為 48V 時，板上的電源轉換也必須改變。這種轉變導致了 DC-DC 轉換器與穩壓器在架構、拓撲與封裝的多種選擇。

48V 模式對於資料中心伺服器而言還很陌生，但在路由器和網路交換機等通訊應用中卻很普及，因為它們使用可充電的 48V 鉛酸備用電池系統。資料中心伺服器中以前使用的通用架構叫中間母線架構或 IBA。IBA 包括隔離式非穩壓母線轉換器，可將 -48V 轉換為 +12V，提供給一系列多相降壓穩壓器，用於負載點。一些雲端運算公司和 HPC 公司最初為其 48V 系統複製了這一架構，但在功率增加而 PoL 電壓降至 1V 以下時，設計人員開始尋找可替代的架構和拓撲。

電源系統架構、開關拓撲和封裝散熱對於高效能高密度設計而言非常重要。隨著 AI 及 CPU 處理器電流的增加，由於穩壓器和 PoL 之間的 PDN 電阻影響，PoL 處功率傳遞電路的密度成為人工智慧應用中最關鍵的元素。

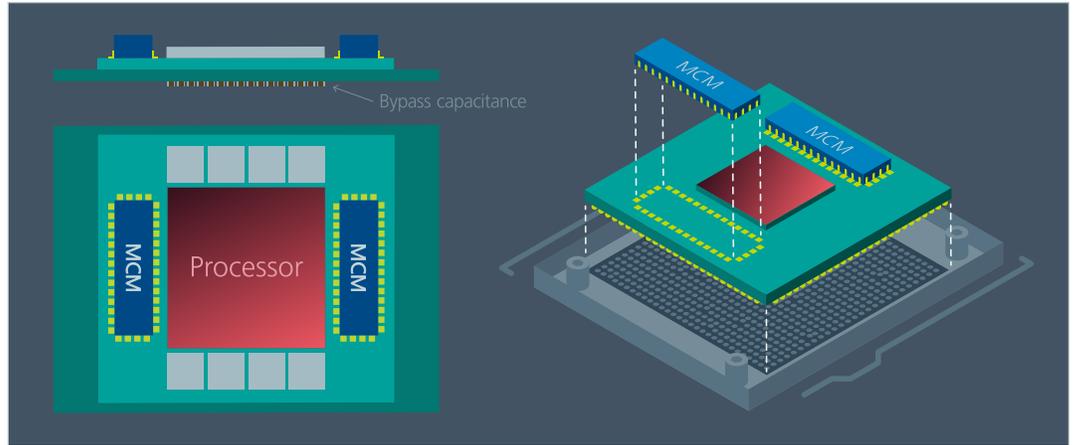
業界一流的最新 AI 處理器具具有大約 1kA 的穩態電流需求，峰值電流達 1.5kA 至 2kA。考慮到處理器多相降壓穩壓器輸出的典型 PDN 電阻在 200 至 400 $\mu\Omega$ 之間，所帶來的 PCB 功耗為穩態 ($P = I^2R$) 200-400W，對於任何系統來說，都太高了，根本無法處理。

PDN 損耗成了 DC-DC 穩壓器設計效率及效能的主導因素。這是一個負載點問題，而且提高電壓根本不切實際 (PoL 電壓正在快速下降，以維持摩爾定律的有效性)，因此唯一可行的方法是減少 PDN 電阻，將穩壓器儘量靠近處理器佈置。在多相降壓穩壓器的案例中，通常會使用 16-24 個相位，才能支援 AI 處理器所需的大電流。這不是一種高電流密度方案，無法解決 PDN 功耗問題。

分比式電源架構

IBA 的替代方案是 Vicor 的分比式電源架構 (FPA)，它包含前置穩壓級 (PRM) 和緊隨其後的變壓級 (VTM)。這一專有架構可最佳化每個階段的效能。PRM 執行非隔離 (48V 為安全超低電壓 SELV) 穩壓。其 48V 輸入經過嚴格穩壓，可提供準確的 48V 輸出，所需的 PoL 電壓在 VTM 中轉換，VTM 是一款固定比率轉換器，輸出電壓為輸入電壓的固定比例。

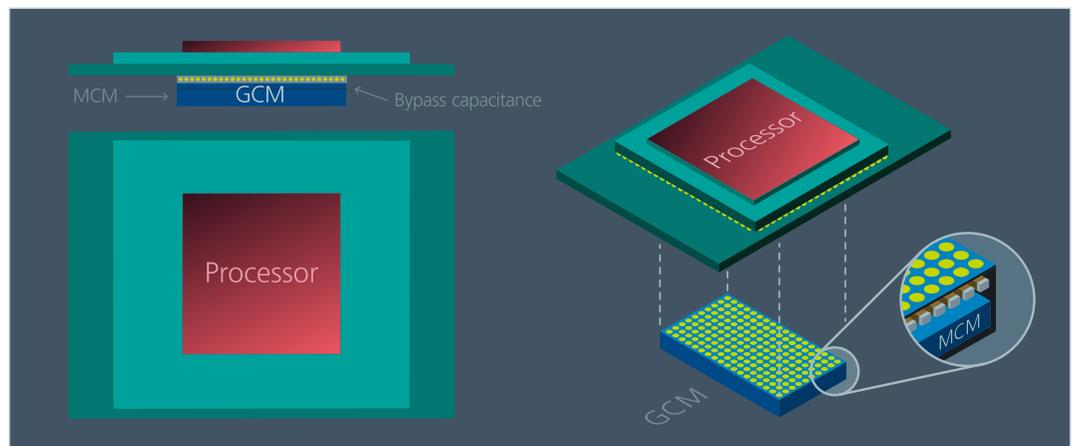
圖 3
MCM 模組能夠提供大電流，其可緊挨著處理器部署，可以在主機板上，也可以在處理器基板上。這種近距離佈置不僅可最大限度降低 PDN 損耗，而且還可減少電源所需的處理器基板 BGA 引腳數量轉作其他用途。



這種架構及其效能都可透過 PRM 及 VTM 中使用的專有拓撲增強。PRM 使用零電壓切換拓撲，而 VTM 則使用專有高頻諧振正弦振幅轉換器 (SAC) 拓撲。轉換為 PoL 電壓，均使用零電壓和零電流切換。VTM 實際上是一款 DC-DC 變壓器，電壓以 1/K 的比率降低，電流則按 K 因子增加。VTM 也叫電流倍增器，是一種高電流密度 PoL 轉換器。（新產品目前可達到 2A/mm²。）它可緊挨著處理器佈置，因為它採用創新 ChiP 封裝技術並支援高密度整合磁性元件。

這種位準的高電流密度可為設計人員提供極大的靈活性。工程師可根據處理器電流，在橫向供電或縱向供電 (LPD 及 VPD) 之間做出選擇。在 LPD 中，電流倍增器佈置在 AI 處理器的幾公釐範圍內，可在處理器基板上，也可以在主機板上，從而可將 PDN 電阻降至大約 50μΩ。

圖 4
縱向供電 (VPD) 可進一步消除配電損耗及 VR PCB 板面佔用空間。VPD 與 Vicor LPD 解決方案類似，在電流倍增器或 GCM 模組中則更整合了對旁路電容。



為了進一步提高效率，VPD 將電流倍增器移到了處理器的正下方，在那裡其輸出功率引腳點陣圖與其上方的處理器電源引腳的間距和位置吻合。此外，電流倍增器封裝還整合高頻大容量電容器，其一般位於主機板或基板上的處理器的正下方。這種電流倍增器簡稱為 (GCM)。VPD 可將 PDN 電阻降至令人難以置信的 5 至 7μΩ，從而可幫助 AI 處理器實現其真正的效能極致。

結論

對於如此複雜的電源問題，一個整體的設計方法才能確保獲得成功的高效能結果。需要對架構、拓撲以及封裝進行創新，才能解決最艱巨的電源挑戰。提高 PDN 的電壓，可解決大量系統效能挑戰。降低 PDN 電阻是開啟新一代 HPC 電源大門、兌現 AI 承諾的關鍵。

聯絡我們：<http://www.vicorpower.com/zh-tw/contact-us>

Vicor Corporation

台北市內湖區114

洲子街79-1號9樓

電話：+886 2-8751 6139

www.vicorpower.com

電子郵件

客戶支援：taiwan@vicorpower.com

©2020 Vicor 公司。保留所有權利。Vicor名稱是Vicor公司的註冊商標。其他商標、產品名稱、logo和品牌均為其各自所有者的財產。