

分比式電源架構：實現板載電源的高密度和高效率

Tom Curatolo
首席應用工程師



主機板負載和負載功率開始增加，而且密度變得更具挑戰性，因此電源系統架構從分散式 DC-DC 轉換器（或磚型解決方案）發展成了中間母線架構 (IBA)。有了 IBA，轉換器可將 48V 輸入降至 12V，而且多個非隔離式負載點穩壓器 (niPOL) 可將 12V 降壓至特定的負載電壓要求。電源系統架構適合解決不斷變化的通訊、運算及工業領域的最新挑戰，這些挑戰源於不斷成長的效能需求。

目前的功率要求和較低的 ($<<1V$) PoL 工作電壓對 IBA 提出了新的要求，這些要求現在會影響系統效能。目前許多負載（CPU、GPU、AI 處理器）功率及動態負載要求的增加，要求其穩壓器盡可能靠近負載輸入電源引腳。這可顯著降低透過稱之為配電網路 (PDN) 的印刷電路板或基板銅箔電源層的功率損耗。此外，許多負載需要極大電流的暫態響應 (di/dt)，主機板阻抗可能會對其產生影響。

然而，由於支援高功率需要大量的 VR (niPOL)，因此將大電流穩壓器部置在高功率負載附近，確實對 IBA 不利。這反過來需要更大的空間，不僅會導致負載距離（阻抗）增加，而且還會因為損耗增加及隨後更低的動態效能而降低整體效率。由於占空比限制，12 到 $<<1V$ 的轉換率也是多相降壓 niPOL 陣列的巨大障礙。

分比式電源：目前最新電源挑戰的解決方案

總結電源系統設計趨勢的挑戰：

1. 500 到 2000A 的極大電流傳輸能力
2. 要求高動態效能的負載
3. 較大 PDN 損耗和阻抗
4. 擴充 48V 母線基礎架構的使用範圍，需要 48V 至 1V 以下的轉換能力

解決這種大電流、高密度負載點 (PoL) 問題，需要一個不同的方法。分比式電源架構™ (FPA™) 就是解決方案。

分散式電源架構和 IBA 均由轉換級和穩壓級組成，以將電壓降至負載點電壓。在 IBA 使用案例中，穩壓及轉換級（降壓穩壓器，niPOL）連接在轉換級中間母線轉換器 (IBC) 之後。分解這些架構，可實現：

- 變壓（將電壓從一個位準變為另一個位準）
- 穩壓（即使輸入電壓發生變化，也能將轉換器輸出電壓控制在目標值下）

當 $V_{IN} = V_{OUT}$ 時，穩壓器效率最佳，而且在穩壓器輸入輸出比增加時，會降低效率。當典型輸入電壓在 36 和 60V 之間變化時，最佳輸出母線電壓將為 48V，而不是 IBA 典型的原有 12V 母線。48V 輸出母線所需的電流比 12V 母線 ($P = V \cdot I$) 低 4 倍，而且 PDN 損耗是該電流的平方 ($P = I^2 R$)，其可將損耗降低 16 倍。因此，先佈置穩壓器並穩壓至 48V 輸出，將實現最高的效率。透過本實例可以看出，該穩壓器必須接受有時擺幅低於 48V 的輸入，因而需要一個升降壓穩壓級來滿足這方面的設計需求。輸入電壓穩壓後，就需要將 48V 轉換為 1V。

在需要 1V 負載的情況下，最佳變壓比為 48：1。在這種情況下，穩壓器可將輸入降壓或升壓至 48V 輸出，而且變壓器可將電壓從 48 降至 1V。鑒於步降變壓器會以相同的比率增加電流，因此變壓器元件的等效名稱是電流倍增器。在這種情況下，1A 輸入電流將倍增至 48A 輸出。為了最大限度降低大電流輸出的 PDN 損耗，電流倍增器必須要小，才能盡可能靠近負載部署。

PRM™穩壓器和 VTM™電流倍增器相結合，形成了Vicor分比式電源架構™。這兩款裝置相互配合，每個裝置都可高效發揮其專業作用，實現完整的 DC-DC 轉換功能。

PRM 從未穩壓輸入電源提供穩壓輸出電壓或「分比式Bus」。該Bus可為 VTM 供電，將分比式Bus電壓變為負載所需的電壓位準。

與 IBA 不同，FPA 不能透過串聯電感從中間母線電壓降至 PoL。FPA 並非平均降低中間Bus電壓，而是使用電流增益為 1:48 或更高的高壓穩壓及「電流倍增器」模組 (VTM)，提供更高的效率、更小的尺寸、更快的回應以及 1000A 以上的可擴充性。

分比式電源背後的元件

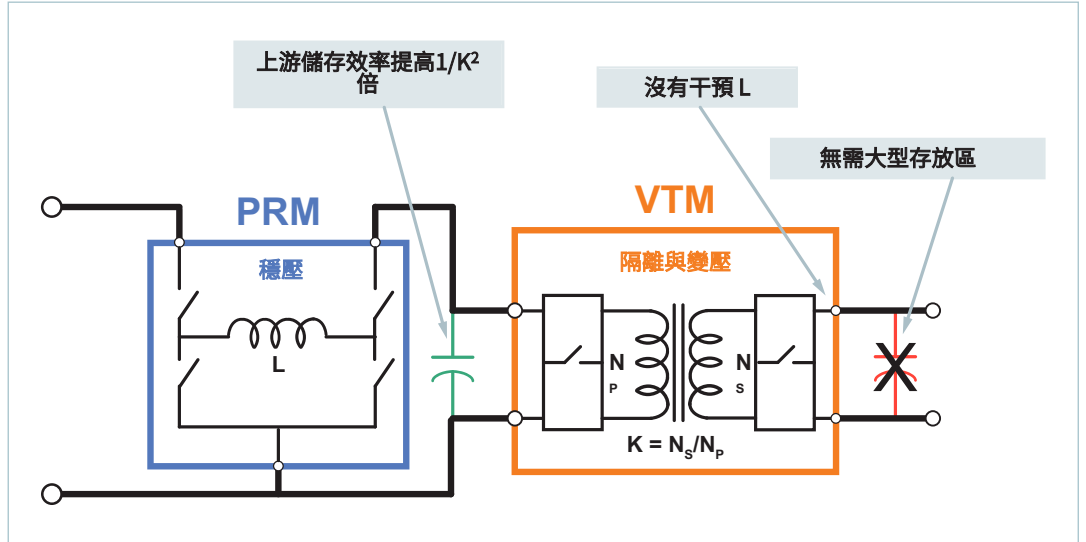
PRM 和 VTM 是實現 FPA 的組件。PRM 使用獲得專利的零電壓切換 (ZVS) 升降壓穩壓器控制架構提供高效率升降壓穩壓和軟啟動；當 $V_{IN} = V_{OUT}$ 時，可實現最高效率，最新 PRM 可實現 99.3% 的峰值效率。

VTM 電流倍增器是一款採用專有零電流切換／零電壓切換 (ZCS / ZVS) 正弦振幅轉換器 (SAC™) 的高效率變壓模組。它工作波形為純正弦，擁有譜純度高和共模對稱性等優勢。這些特性意味著它不僅不會產生典型 PWM 類轉換所具有的諧波含量，而且幾乎不會產生雜訊。控制架構將工作頻率鎖定至功率級諧振頻率，不僅支援高達 97% 的效率，而且還可透過有效消除無功部分來最大限度降低輸出阻抗。這種極低的非感抗輸出阻抗使其幾乎可以瞬間響應負載電流的變化。

VTM 能夠以 3.5MHz 的有效切換頻率回應負載變化，無論幅度時間是否小於 1 微秒都是如此。VTM 的高頻寬可取消對大型負載點電容的需求。即使沒有任何外部輸出電容器，VTM 的輸出在功率突增時，電壓擾動也會很有限。極少量的外部旁路電容（低 ESR/ESL 陶瓷電容的形式）足以消除任何暫態電壓過衝。

FPA™方式的能量儲存和動態響應

圖 1



對於在自動測試設備測試頭和雷達等要求嚴苛的應用中經常需要的更快負載暫態響應，採用固定比率轉換器的 SAC™拓撲的優勢在於不會對難以維持穩壓的內部控制迴路施加頻寬限制。因此，VTM™功率級可提供獨特的電容倍增特性。

例如，當使用 K 為 1/48 的 VTM 時，有效輸出電容是輸入電容的 2300 倍。這就意味著需要在 VTM 下游新增的電容明顯減少。

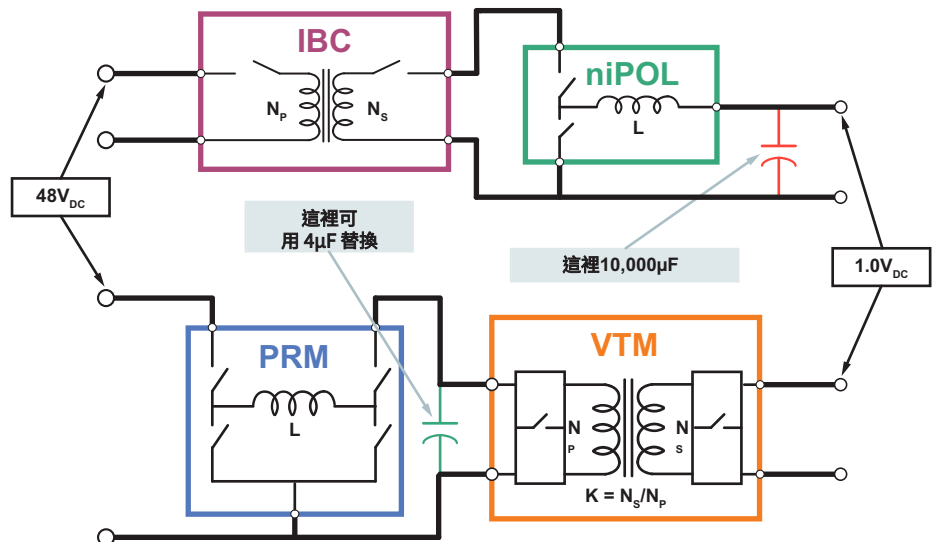
儲存在電容器中的能量 (E) 是：

$$E = 1/2 CV^2 \quad (1)$$

因此，VTM 48V 輸入端少量電容的作用與通常新增到多相降壓轉換器（通常是用於 IBA 的 niPOL）1V 輸出端的大電容相同。

FPA 不僅可減少電容，而且還可節省電路板空間

圖 2



FPA™的優勢

分比式電源架構™可使電源系統密度和大電流需求與快速發展的 CPU、GPU 和 ASIC 技術保持同步。採用這些電源元件設計系統時，主要優勢包括：

- CPU/GPU 附近的基板消耗銳減 50%以上
- PDN 及相關電路板損耗減少一個數量級
- 將 PRM™和數位控制器部署在不重要的電路板邊緣區域，可帶來佈線最大利用化的效能
- 簡化的 CPU I/O 路由安排
- 由於 VTM™較低雜訊的效能，降低了在處理器串列解串器附近佈置的風險
- VTM 可輕鬆並聯，因此可滿足更高功率的需求

電源系統（包括 PRM 和 VTM 的組合）的整體效率，其不僅可從未穩壓 DC 電源工作，而且還可提供通常為 90%到 95%的低壓 DC 輸出。效率越高，總體熱耗散就越低，這是電源系統設計中的另一個重要考慮因素。

FPA：可擴充解決方案滿足未來板載電源的需求

隨著負載電流不斷增加，Vicor不斷增強 FPA，以最大化電流輸送並進一步減少密度以及負載點的 PDN。現在，Vicor提供分比式合封電源解決方案，包括模組化電路驅動器 (MCD) 和模組化電流倍增器 (MCM)，其中只有先前的 VTM 變壓級的二次側位於負載點。VTM 的穩壓級和一次側現已合封在 MCD 中。MCM 安裝在與大電流處理器相同的封裝／基板上。與 PRM 的情況一樣，MCD 可採用不會影響密度的電路板基板安裝在遠離電流倍增器級的位置。

越來越多的應用正在利用分比式電源架構，為 CPU、GPU、ASIC 和記憶體負載提供 48V 直接至 PoL 的功率轉換。這一增強效能現已成了人工智慧 (AI) 運算、雷達和汽車自主駕駛及安全性 (ADAS) 應用的福音，在這些應用中，對高密度、高效率和低雜訊的要求是常規功率轉換方法無法滿足的。

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

Vicor Corporation

9FL.,#79-1, Zouzhi Street,
Neihu, Taipei

電話: +886 2-8751 6139

www.vicorpower.com

電子郵件

客服: taiwan@vicorpower.com

©2019 年 Vicor 公司版權所有。保留一切權利。Vicor 名稱是 Vicor 公司的註冊商標。
所有其它商標、產品名稱、標誌及品牌均是其各自所有者的財產。