

白皮書作者：Tom Curatolo，首席現場應用工程師

# 新創基板供電網路

**VICOR**

每一款電子設備或系統都有一個由纜線、母線、連接器、電路板銅箔電源層以及 AC-DC 和 DC-DC 轉換器及穩壓器組成的供電網路 (PDN)。決定 PDN 效能的是其整體架構，例如對 AC 或 DC 電壓配電的使用、特定電壓和電流等級，以及網路需要進行電壓轉換和穩壓的時間與次數。經過多年的發展，PDN 已在很多特定產業中實現了標準化，例如國防與航空航天工業中的 270V 和 28V，通訊基礎設施應用中的 -48V 以及汽車中使用的 12V PDN，這些後來都成了電腦伺服器 and 工業應用中的標準。因此，圍繞著標準 PDN 建立起了數十億美元的產業。

當標準 PDN 再也無法滿足系統電源的需求時，就會出現嚴重斷層。這種需求斷層的出現，為電源系統設計人員帶來了巨大的機會，比如他們可以在以 48V 為基礎的最新 PDN 上實現創新，48V 標準現已出現在混合動力汽車、資料中心、人工智慧 (AI) 加速卡、照明以及無人駕駛汽車行業。隨著各行各業向最新 PDN 的轉變，通過新型供電架構和技術來實現性能突破的機會越來越多。

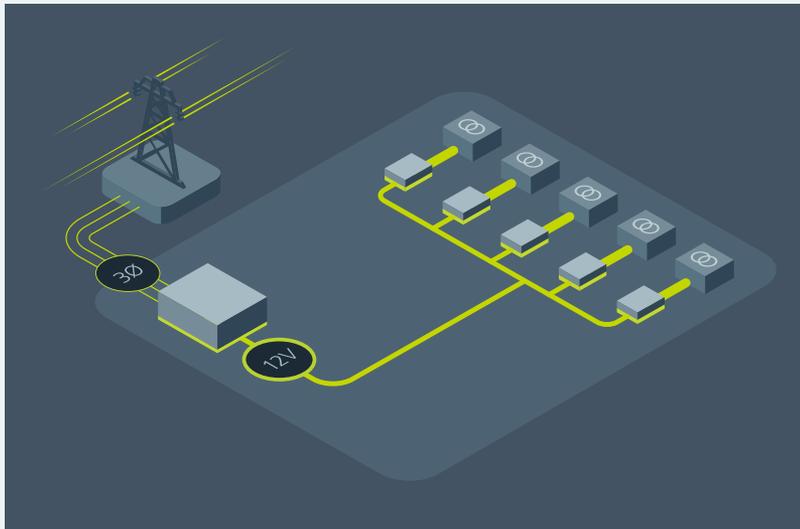


圖1：為典型三相交流供電和標準 12V 母線（為下游負載點 (PoL) 轉換器饋送電源）供電網路

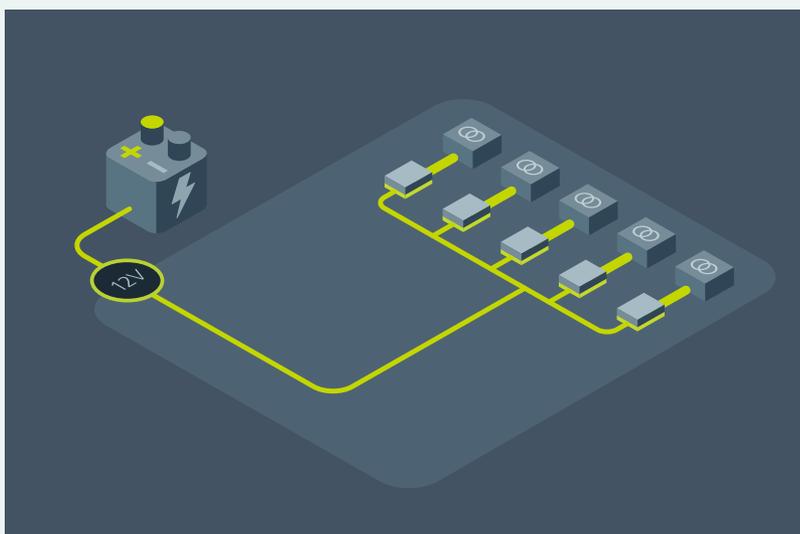


圖2：典型 12V 電池電源至負載點轉換器。12V 可充電鉛酸電池，汽車應用常見的配電架構。

# PDN 的功能

PDN 旨在為系統內各種準位電源需求負載提供從特定的供電源頭轉換至特定的電壓和電流。要完成這項工作必須在靜態電壓峰值條件下以及特定溫度範圍條件內。當電源從源頭傳送到負載端的旅程中，PDN 的效率是由其功率損耗，體積大小，重量和成本來衡量。

企業及高效能運算的先進系統、通訊與網路基礎設施、自駕車以及大量交通運輸等等應用只是高成長產業中需要更大功率的少數幾個例子。隨著負載數量和負載功率不斷增加，當 PDN 基於 12V 時，這些系統對實現高效能的需求面臨了嚴峻的設計挑戰。將當欲將較高電壓運用在 PDN 中，會須面對巨大的挑戰，會有許多抵制變革的阻力。畢竟幾十年來 12V PDN 已經建立了龐大的生態系統來支持這些行業的運用。

主要的半導體、連接器及線纜產業已基於 12 伏 DC 網絡的需求建立了非常穩固完整的供應鏈。這種供電網絡出現在上世紀 60 年代的汽車市場。在汽車電源很快超過了 6V 電池所能提供的電源後，PDN 改用 12V 電壓。最初使用的是兩個串聯的 6V 電池。隨著 12 伏電壓成為大容量乘用車的標準，12 伏 PDN 組件迅速商品化，現已成了數十億美元的市場，進入門檻很高。12 伏組件的大量供貨，為 12 伏標準進入工業和電腦服務器市場起了推波助瀾的作用，而卡車市場則推動了 24V 標準進入更高功率的工業應用領域。

這段簡短的歷史，介紹了系統功率的提升推動了高性能供電網絡的發展情況。供應鏈的成本要求、多電源供電和風險帶來了改變 PDN 的阻力。然而，這種阻力可能會成為系統性能以及保持競爭優勢的限制因素。

## 48V 的出現

電信產業使用 48V PDN 已有幾十年了。48V 是最好的選項，因為：

- 它屬安全超低電壓 (SELV) 範圍內
- 可以用較細的纜線進行遠距離電流傳輸，線電壓衰減也較小
- 「常態開」的需求促使該產業使用大型充電型的 48V 電壓鉛酸蓄電池

“當 PDN 採用 12V 時，負載及負載功耗不斷增長的高級系統為實現高性能帶來了複雜的設計挑戰。”

隨著網際網路、筆記型電腦和行動電話的出現，通訊網路基礎架構已變得越來越複雜，利用現有 48V PDN 基礎架構為新設備供電，變得越來越合理。然而，用 48V 電源為很多新型需求複雜的負載，包括網路處理器、記憶體、控制器供電是一項挑戰。因為幾乎所有現有科技都支援 12V 供電系統。在該電壓等級下對半導體轉換器、穩壓器件等的供應與設計均已達最佳化狀態。

為解決這個 48V 至 12V 問題，一種名為中間母線的架構 (IBA) 被部署起來，並迅速成為通訊及網路基礎架構應用中的事實標準。這種類型的中間母線轉換器 (IBC) 是非穩壓固定比

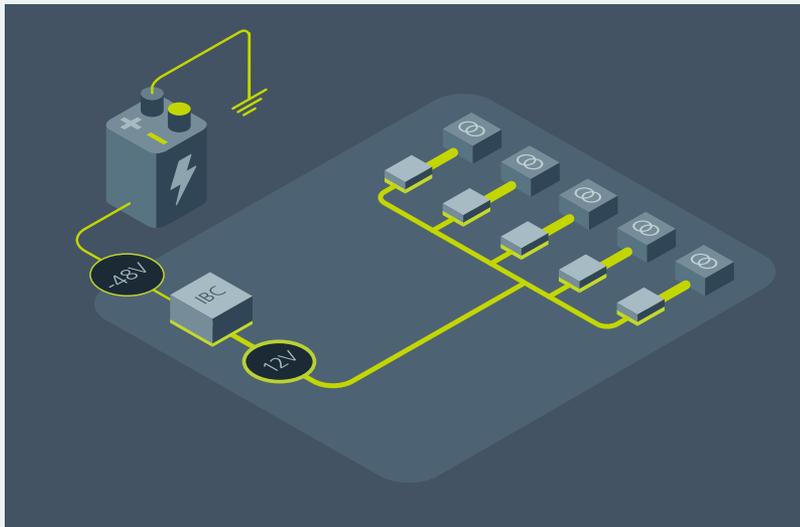


圖3：支持IBC™模塊中間母線轉換器的中間母線架構 (IBA) 將 48V 電池電壓轉換為隔離 12V 母線電壓，為 PoL 轉換器供電。這是通信與網路設備的典型 PDN，在 90 年代，在 niPoL 磚型轉換器廣泛應用之後，變得非常普遍。

率 (1/4) 轉換器，採用符合 DOSA 和 POLA 引腳輸出標準的開放式框架封裝，可實現多源輸出。IBA 屬於安全低電壓，因此安規上並不要求隔離。為了避免電極腐蝕，將電池的正極接地，從而產生了 -48V 電壓。而透過隔離型 IBC，可以將 -48V 母線電壓轉換為 +12V，為下游的負載供電。將隔離式固定比率母線轉換器用作 DC-DC 變壓器，隨後使用 a-48V 輸入為下游負載點 (PoL) 穩壓器提供 +12V 輸出。

電源系統工程師花大量時間來構建和優化供電網絡，以提供高系統性能和高可靠性。如果系統負載功耗較高，採用較高電壓為中間母線設計大容量供電，可減少電流 ( $I = P/V$ )、

壓降 ( $V = I \cdot R$ ) 和功耗 ( $P_{LOSS} = I^2 R$ )，從而可為 PDN 縮小尺寸，減輕重量並降低成本 (線纜、母線排、連接器、主機板銅箔電源層)。在轉換成低壓大電流之前，構建系統，最大限度延長較高電壓的運行時間是一個巨大的優勢。

每個行業 (和應用) 都是不同的，然而圍繞特定 PDN 電壓或架構 (如 IBA) 進行標準化，會限制 PDN 效能的提高。在大多數情況下，通過新特性和新功能來超越和獲得競爭優勢的需求可促進針對 PDN 的變革。例如，資料中心的人工智慧 (AI) 等先進應用正在推動資料中心從 12V 轉向 48V PDN 並從 IBA 轉向新的架構。處理器及相關伺服器機架功率級的顯著提升已明顯超過了 12V 和 IBA 所能達到的水準。

對於汽車市場而言，滿足要求降低汽車 CO<sub>2</sub> 排放的立法和新標準的需求，是探索汽車電氣化的催化劑。政府立法的要求加上對車輛更高效能的要求催生了 48V 電池，以支援全新輕度混合動力系統、安全及娛樂系統設計。

在大型 LED 顯示系統中，線纜運行時間長、功率較高以及需要SELV等典型問題使得 48V PDN 成了這個新興產業的標準。

## 更高電壓的全新 PDN

許多 12V PDN 的設計都使用非常簡單的 AC 至 12V、然後 12V 至 PoL 的雙重結構。在 12V 電池電源的使用案例中，大型 12V 配電提供給 12V PoL 轉換器和穩壓器。

隨著更高系統功率需求的出現，基於 380V 和 48V 的 PDN 現已變得更加複雜，因為許多產業仍試圖在負載點保留原有的 12V PDN 基礎架構。其它 PDN 挑戰來自新的大功率電源，如電動 (EV) 汽車及高效能汽車中的 800V 電池等。

在這些新系統及新應用中，供電可分為三個基本部分：

- 大功率電源轉換為 48V
- 中間母線在 48V 下供電，然後進行轉換，有時候會穩壓至 12V
- 負載點電源從 12V 或者 48V 電壓進行轉換，為負載供電

新增的 48V 至 12V 轉換，會增加損耗、PCB 空間和成本。但是，高壓 PDN 的供電優勢，以及高壓所帶來的效率提升，超過了 48V 轉 12V 帶來的損耗。此外，還有多種將 48V 直接轉換給負載供電的模組化解決方案，採用不同的拓撲和體系，讓兩種供電管道都能實現最佳效果。

## 大功率電源創新

大功率電源轉換為中間 48V PDN 的創新機會主要看以下幾個方面：

- 實現更高功率密度
- 使用模組化方法實現冗餘並簡化散熱管理
- 通过散热良好的平面封装实现高级散热技术
- 使用固定比率轉換器



隨著功率級數準位的不斷提高，大功率電源系統設計的挑戰現已變得越來越複雜。管理大功率電源轉換器的尺寸和重量，並針對高功耗進行散熱，是大多數應用關注的主要方面。如果尺寸和重量不是問題，就可實現非常高的效率並可透過風扇散熱實現熱管理。

然而，大多數應用都在要求提高功率密度。電源系統工程師應該考慮使用電源模組設計和建構這些大功率轉換器的優勢，而不是從頭建構離散式設計。電源模組與創新架構、拓撲、控制系統及封裝相結合，可提供改善大功率 PDN 效能的新方法。

如果大功率源為 AC 或高壓 DC，則需要隔離。在任何轉換器中，隔離級都會增加功耗，但如果中間母線 PDN（即 48V 至 12V）包含 PoL 級的穩壓，則中間母線可能不需要具備穩壓輸出。這種方法有兩個考慮因素：

- 電源的輸入範圍：固定比率轉換器會根據其匝數比或 K 因數將該輸入電壓反映至輸出，就像變壓器一樣
- 對於三相和單相 AC 電源，功率因數校正 (PFC) 是否仍是需要的

利用固定比率轉換器的高功率密度和高效率來改善大功率電源轉換器的尺寸和重量的另一種方法是將其用作轉換和隔離級功能，其中 PFC 和穩壓由前級完成。由於 BCM 輸出阻抗的溫度係數為正，因此固定比率轉換器可輕鬆並聯，實現高功率。

資料中心和超億高效運算通常需要在有限的空間內獲得最大的處理能力，因此它們從高密度元件及先進的散熱技術中獲得了極大的優勢。在某些情況下，完全浸入式散熱是將整個伺服器部署在一個氟惰性溶液槽中。另外，其它高效能運算應用也在開發利用熱導管和冷卻板散熱技術。在這些應用中，大功率電源系統的電源轉換及穩壓級都需要纖薄的平面封裝。

## 中間母線及負載點供電的創新

要為 48V 中間母線 PDN 實現創新，主要看以下幾個方面：

- 利用非隔離固定比率母線轉換器實現 48V 至 12V 的轉換
- 部署高功率密度的穩壓電源模組轉換器
- 整合 IBA 的不同架構：分比式電源架構 (FPA™)

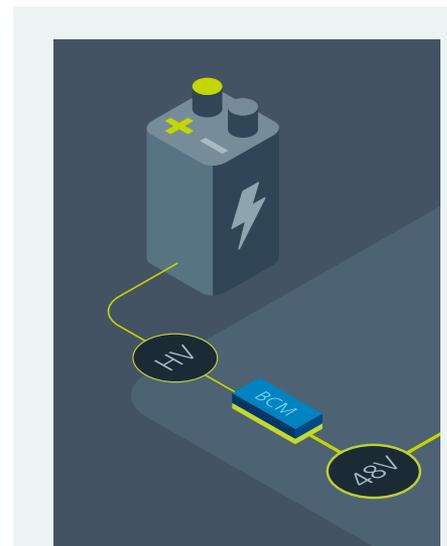


圖4：鋰離子及其它新型電池化學成份的變體可為生成高壓電源提供優勢。BCM® 母線轉換器可為固定比率轉換器保持業界領先的高效率電源轉換，這與從電池到隔離 48V 母線的高電壓相容。

從 12V 中間母線 PDN 過渡到 48V PDN，既有挑戰，也有優勢。極度提升讓供電盡可能接近 PoL 的 48V 穩壓供電，將減少纜線、連接器和 PCB 銅箔電源層、尺寸、重量以及成本。PoL 的空間限制是普遍都存在的問題，因此轉換器必須具備高功率密度和高效率。只要 PoL 穩壓器可以處理其輸入端電壓變化（等於母線轉換器的電壓輸入範圍除以匝數比或 K 因數  $(V_{IN} / K = V_{OUT})$ ），非隔離式固定比率母線轉換器就是最好的選項。如果大功率電源轉換器設計有合理的穩壓公差，那麼這種設計方法不僅可行，而且很有優勢。

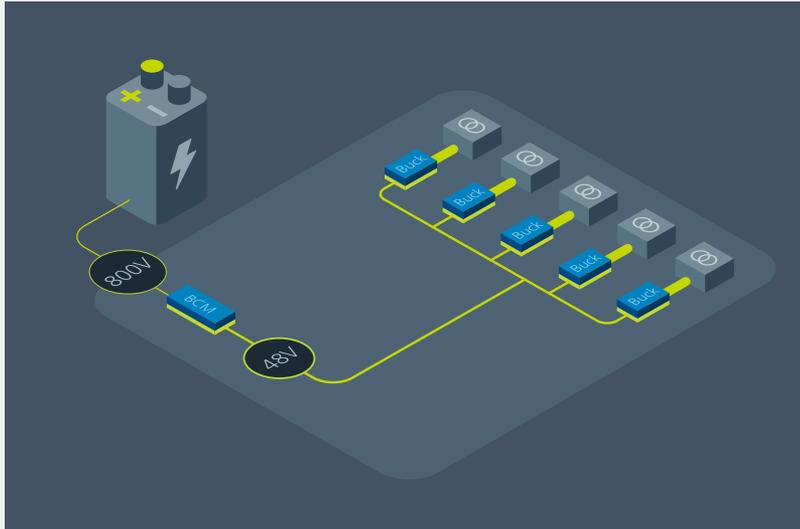


圖5：800V DC 母線電壓在減輕重量和節省充電時間方面具有顯著優勢，因此在電動汽車市場上越來越受歡迎。靈活的 BCM<sup>®</sup> 母線轉換器提供與 800V 電池電源的協同作用，可轉換為隔離的 48V 中間母線。

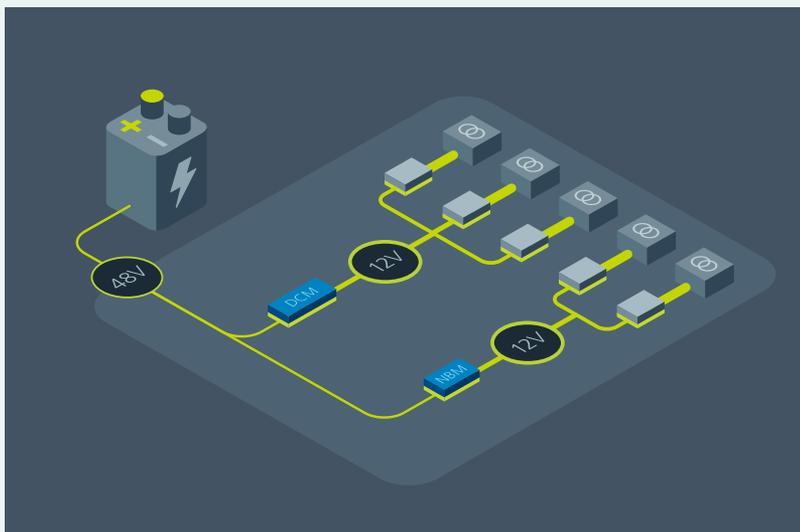


圖6：這是典型汽車 PDN 設計的最新發展，在全新汽車系統中與原有 12V 電子產品保持相容。48V 電池電壓可通過 DCM™ DC-DC 轉換器和非隔離 NBM 母線轉換器高效轉換為 12V，以應對尺寸、重量和功率密度的挑戰。

有些設計中大功率電源轉換器或大容量電源（如 48V 電池）具有寬輸出電壓範圍，則可能需要根據 PoL 穩壓器輸入電壓規格使用穩壓 DC-DC 轉換器。在 48V 至 12V 階段新增穩壓，可能會將轉換器效率降低 2% 到 4%，端視拓撲而定。此外，穩壓還可能降低整體功率密度，在極高功率應用中新增處理功耗的熱管理挑戰。最好的選項是找到一款採用散熱良好型封裝，具有高效率、高功率密度的穩壓 48V 至 12V 轉換器。

為了真正推動 PDN 設計發展，顯著提高 PoL 的效能和高電流密度，我們需要考慮一種全新的架構，那就是 Vicor 分比式電源架構（FPA）。在 FPA 中，有一種名為電流倍增器的新型轉換器，其不僅可高效率、高密度地直接將 48V 轉換為負載電壓，而且還可部署在離負載很近的位置。這在大電流應用中很有優勢，因為它可降低轉換器至負載之間的 PDN 阻抗，該阻抗不僅造成了高的導通損耗，也會影響負載的 di/dt 暫態效能。電流倍增器是固定比率轉換器，因此其輸入必須由上游穩壓級進行穩壓。為了最大限度提高效率和密度並最大限度降低功耗，穩壓器模塊（PRM）在選擇電流倍增器的 K 因數為負載提供所需的輸出電壓級的同時，還提供 48V 至 48V 穩壓。



圖7：分比式電源架構™ 將兩模塊分離，分別用於穩壓和電流倍增，以提高常規轉換器的效能。雙晶片組的概念是針對特定功能進行優化，現已顯著提高了競爭標準優勢。PRM™ 穩壓器經過精準設計，主要為下游 VTM™ 電流倍增器提供嚴格穩定的 48V 母線電壓，而電流倍增器則提供負載高效電壓轉換輸出因數為負載提供所需的輸出。

## 結論

隨著許多產業功率等級需求的提升，採用更高電壓的 PDN 可減少電源系統工程師們面臨的挑戰。電源系統工程師應該評估來自新供應商的新拓撲和架構，以實現顯著的系統效能優勢。發展、進步及創新總是需要新思維、新理念和新方法。當您的業務需求變革時，要接受一切可能。探索和研究備選方案，在很多方面都可達到很高的成效。

**VICOR**

[www.vicorpower.com](http://www.vicorpower.com) 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。Rev 1.0 10/2020