

分比功率架構和 V•I 晶片

靈活、優越的功率系統方案

內容	頁數	引言
引言	1	<p>當今電子系統如高端處理器及記憶體，對電源的需求是趨向更低電壓、更高電流的應用。同時、對負載的反應速度也要提高。因此功率系統工程師要面對的挑戰，是要設計出符合系統要求的細小、價廉但高效率的電源系統。而這些要求都不是傳統功率架構能夠完全滿足的。Vicor 提出的分比功率架構(Factoryed Power Architecture™ FPA)以及一系列的整合功率元件，可提供革命性的功率轉換方案，應付以上提及的各項挑戰。這些功率元件稱為 V•I 晶片。</p> <h4>功率轉換的結構問題</h4> <p>現在、每一代新推出的處理器、記憶體、DSP 或 ASIC，它們的電源需求趨向是更低工作電壓、更高電流、更高速度。同時、在同一系統內有更多應用電壓。系統設計師要面對的挑戰，是要應付數量激增的低電壓的同時，更要應付更快速的瞬變回應，改善整體電源系統的效率，但只可占更少的版面空間。</p> <p>過往、好幾個功率系統架構是一直沿用至現在，包括集中式功率架構(CPA)、分散式功率架構(DPA)及中轉母線架構(IBA)。</p> <p>集中式功率架構，是最古老的功率系統架構，是把系統上所有需要的電壓集中在一處，然後經由分佈母線把它們分佈至負載的位置上。這樣只是對高電壓低電流，或者是電源和負載距離非常接近的應用才會有效。但是若要為低電壓及分佈很廣泛的負載供電時，由於分佈功耗 = (I^2R)，分佈功耗變得難以承受。因此為了維持不變的分佈效率，必須把母線的橫切面以所減低的電壓的平方來增加 – 但以現今如此複雜的低電壓系統而言，這樣是不能實行的。</p> <p>在 80 年代初期，引進了模組式的高功率密度的轉換器，實現了分散式功率架構，解決集中式功率架構 (CPA) 的某些問題。在分散式功率架構 (DPA) 中，“磚式模組(Bricks)”包含了傳統 DC-DC 轉換器的所有功能 – 包括隔離、電壓轉換和負載點的穩壓。但當板上電壓數量激增時，採用分散式功率架構 (DPA) 方案便需要使用更多的磚式模組，這樣便要犧牲更多板上空間和付上更多金錢。還有典型分散式功率架構 (DPA) 所使用的磚式模組，它的拓撲是不足夠應付今日負載快速的瞬變回應要求。</p>
功率轉換上的結構問題	1	
分比功率架構(FPA)解決現今功率轉換的問題	2	
電壓轉換模組(VTM™): 正弦振幅轉換器	2	
VTM™ – 轉換及隔離	3	
預穩壓模組(PRM™)高效升壓 – 降壓	4	
PRM™ + VTM™ 架構和應用	4	
母線轉換模組	5	
(BCM™): 中轉匯流排轉換	5	
應用 FPA: 為何分比化?	6	
細小 – 更少的空間獲得更多功率	6	
靈活性 – 有更多設計電源系統選擇	6	
高效率 – 給負載更多功率, 但產生熱量更少	8	
更快的瞬態回應 – 對負載的快速變化提供更多功率	8	
由磚式模組及非隔離負載點轉換模組轉變到 V•I 晶片	8	
總結	8	

分比率架構(FPA): 解決現今功率轉換的問題

分比率架構 FPA 是 Vicor 對功率架構研究的成果，以專用積體電路為基礎開發的產品。而命名為“V•I 晶片”的集成功率元件是 FPA 的基本元件，能夠把功率密度，效率，回應和成本效益達到新的標準。並且更能讓電源設計師以一個全新的方法去解決功率問題。這元件以“V•I 晶片”為名，是由於它能夠倍增電流及分配電壓，從而使 V•I 的乘積維持常數不變。

電壓轉換模組(VTM™): 正弦振幅轉換器(SAC)

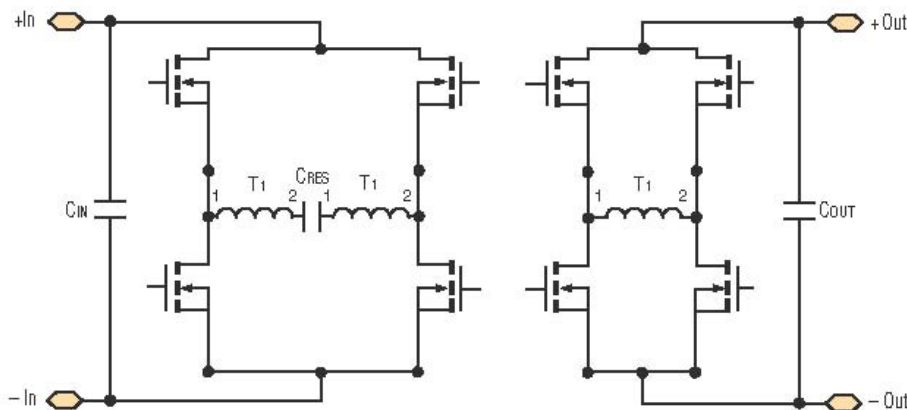
圖 1 所示的電壓轉換模組 VTM™ 是分比式功率架構(FPA)的其中一個基要元件。它是一個按專利的零電流 - 零電壓(ZCS-ZVS) 開關技術設計的闊範圍電壓輸入、高效率電壓轉換的正弦振幅轉換器。

圖 1
電壓轉換模組



圖 2 所示是正弦振幅轉換器的簡化電路。其功率轉換是一個低電荷(Q)，高頻的控制振蕩器。而且是共模對稱和具極高的頻譜純度，從而獲得接近不帶雜訊的操作。其控制架構是把工作頻率鎖定在功率轉換的諧振頻率，達至最佳的效率，和抵消電抗成份把輸出阻抗減至最低。單個 VTM™ 的 R_{out} 值可少至 0.8 毫歐母。如這還是不夠少，或需要更大功率時，可並聯多個 VTM™，倍大輸出，並且可以均流。以正弦振幅轉技術為基礎的 VTM™ 不單靜噪和功能強大，可以當作為一個線性電壓 / 電流轉換器，並且其輸出阻抗直至約 1MHz 都是平值的。

圖 2.
正弦振幅轉換器
的簡化電路圖



SAC VTM™ 的次級電流基本上是純正弦波。圖 3 所示是其中一個 VTM™ 的工作波形，顯示出其純正弦波，低輸出阻抗及快速的回應。注意圖 4a 所示的波形中，時間刻度只是每格 200 納秒，並且測試時負載是不帶任何輸出電容的。而圖 4b 則顯示 VTM™ 極少和非感性的輸出阻抗，差不多可以在 100% 負載階躍電流時做出即時回應。這是由於 VTM™ 內部是不帶穩壓電路，沒有環路延時或穩定性問題，也不需花時間在內部控制電路反應負載變化。內部 ASIC 控制器只需不斷地控制開關頻率同步化至諧振工作便可。

圖 3
其中一款
SAC VTM™ 波形

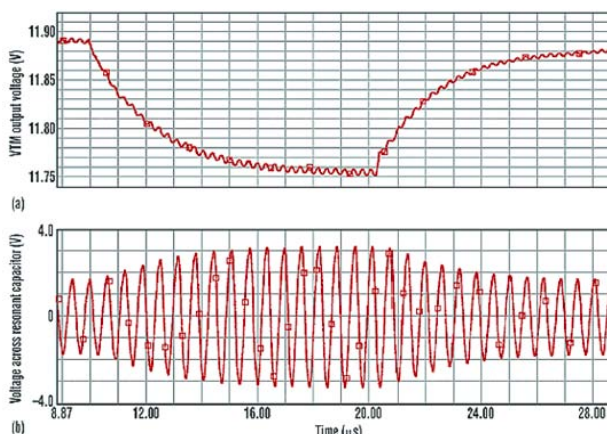


圖 4
VTM™ 動態回應

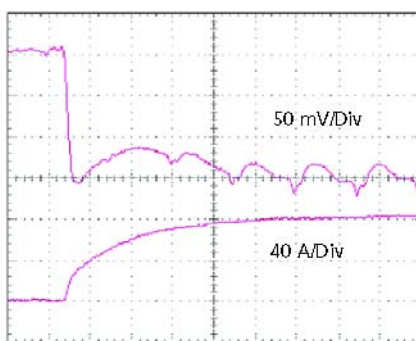


圖 4a
不帶輸出電容時 0-80A 負載階躍

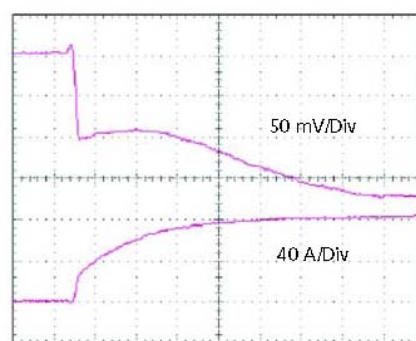


圖 4b
帶 100μF 輸出電容時 0-80A 負載階躍

VTM™ – 轉換及隔離

VTM™ 提供輸入對輸出隔離，可應付講求速度、高密度和高效率的負載點應用，如 DSP、FPGA、ASIC、處理器核心和微處理器等。它的回應時間更少於 1 微秒，能輸出 100A，效率非常高。

VTM™ 可以想象為一個固定比率的 DC-DC 變壓器並帶以下特點：

- 輸入範圍和 48V 和 24V PRM™ 相容
- 輸出高達 400W 或 100A
- 功率密度高達 1,095W/in³
- 效率達 97%
- 1.1in² 的封裝能承受 2,250Vdc 隔離
- 負載點處很少的功耗
- 輸出阻抗很少而獲很快的動態回應

在 DC-DC 的功率轉換，VTM™ 是和 PRM™ (下一節) 一同使用的。其中 PRM™ 提供了軟起動，穩壓及起動時發出 Vcc 脈衝給 VTM™ 的 VC(VTM Control) 控制阜。如系統可提供 Vcc 脈衝，VTM™ 仍可能單獨工作的。請參考應用文章 AN: 007。

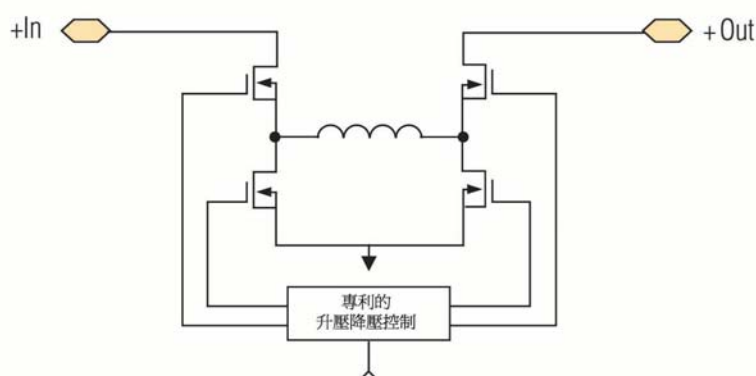
預穩壓模組(PRM™): 高效的升壓 – 降壓母線轉換

圖 5 所示是一個預穩壓模組 (PRM™)。它利用專利的 ZVS 降壓-升壓穩壓器的控制架構 (見圖 6)，提供高效率的升壓 / 降壓的電壓調節。當輸出電壓和輸入電壓相近時，它的效率是最高的。而 PRM™ 在約 1MHz (最高 1.5MHz) 固定頻率工作。如 VTM™ 一樣，PRM™ 可以並聯增加功率。PRM™ 控制架構上獨有的特點是不論在降壓或升壓模式時，開關的次序是不變的 – 只是控制轉變每一工作周期裏各相位的相對時間。

圖 5
預穩壓模組
PRM™



圖 6
PRM™
的簡化電路圖



PRM™ 把不穩定的輸入轉換為穩壓的輸出 – 稱為“分比化母線” (factorized bus)。PRM™ 和 VTM™ 組合起來便可提供帶隔離，穩壓輸出的 DC-DC 轉換器。而 PRM™ 也可單獨應用作為非隔離式穩壓器。

PRM™ 的特性包括：

- 18-36V 和 36-75V 輸入範圍
- 輸出高達 320W
- 功率密度高達 1,100W/in³
- 效率高達 97%
- 1.5MHz 開關頻率
- 工作溫度可達 125°C

PRM™ + VTM™ 架構和應用

PRM™ 的控制系統和內部的 ASIC 可用不同的方法控制 VTM™ 的輸出電壓。

本地環控制 (local loop control) 是最簡單的控制系統。在本地環控制下如圖 7 所示，PRM™ 只感應自身的輸出電壓並調節分比母線電壓為一個不變數值。負載電壓便因應 VTM™ 的輸出阻抗而按比例地“下降”。

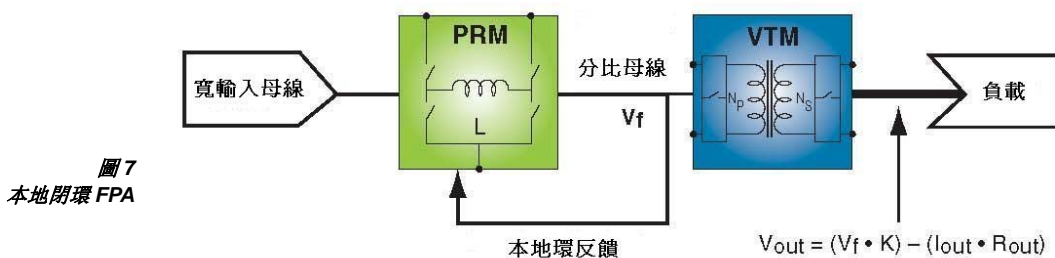


圖7
本地閉環 FPA

圖 8 所示是**自適應閉環控制 (adaptive loop control)**，VTM™ 會傳送一個訊號給 PRM™，PRM™ 從而調節分比母線電壓把因 VTM™ 輸出阻抗的壓降作出補償。自適應控制改善本地閉環控制的穩壓度 - 可在 +/- 1% 內，只需簡單、非隔離的反饋連線便可。

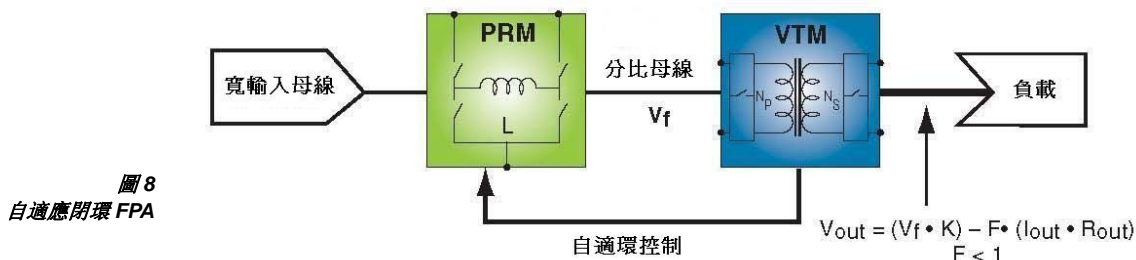


圖8
自適應閉環 FPA

圖 9 所示是**遙感閉環控制 (remote loop control)** 把負載點電壓感應並反饋至 PRM™。這種反饋協定提供最準確的電壓，更可穩壓在 +/- 0.2% 內，但反饋回路則需要隔離。

遙感閉環控制聯同 Picor 的負載點 IC，可以作為數位控制，相容最新的微處理器 VID 規格。

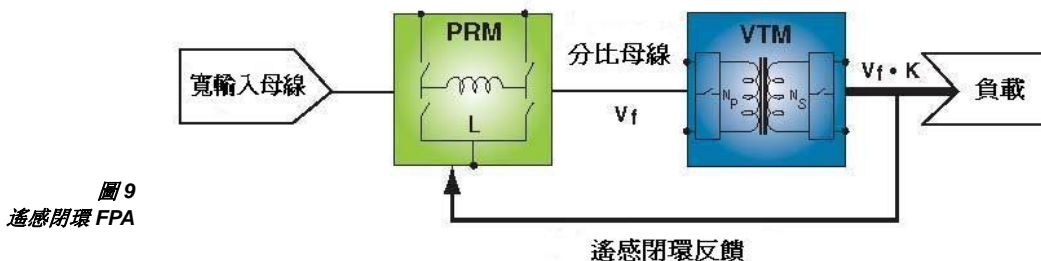


圖9
遙感閉環 FPA

母線轉換模組 (BCM™): 中轉匯流排轉換

圖 10 所示的 V•I BCM™ 也是正弦振幅轉換器(SAC)，將窄的輸入直流源轉換為帶隔離的中轉匯流排電壓供電給非隔離負載點轉換器，獲得最大的功率轉換。BCM™ 可當作為固定比率的 DC-DC 變壓器，並帶以下特性：

- 48V 和高電壓輸入範圍
- 輸出高達 300W 或 100A
- 功率密度高達 1,036W/in³
- 效率高達 97%
- 重量只 0.4 安士(12 克)
- 1.1in² 的封裝能承受 4,242Vdc 隔離



圖 10
母線轉換模組

BCM™ 可用作獨立直流源或供電給非隔離負載點轉換器。由於它的快速回應及低雜訊，因而可減少使用短壽命的鋁電解電容或鉭電容 – 甚至可完全屏棄 – 節省電路板空間、減少元件數量及整體系統成本。BCM™ 自行地支援均流，不需外加控制電路或特別連線便可並聯。

當高功率密度的 BCM™ 應用為母線轉換器時，可減少系統的總電容量，組成高密度的中轉匯流排架構(IBA)，見圖 11。在應用文章 AN:001 “利用 Vicor 的母線轉換模組(BCM™)配置低功率非隔離負載點轉換器(niPOLs)”中有更多關於應用 BCM™ 在中轉母線架構 (IBA)架構的資料。

BCM™ 系列也有高輸入電壓範圍型號(352V、384V，作為高密度 DC-DC 轉換)，特別適合帶功率因數校正(PFC)前端作為離線 AC-DC 轉換至 48V 或 12V。

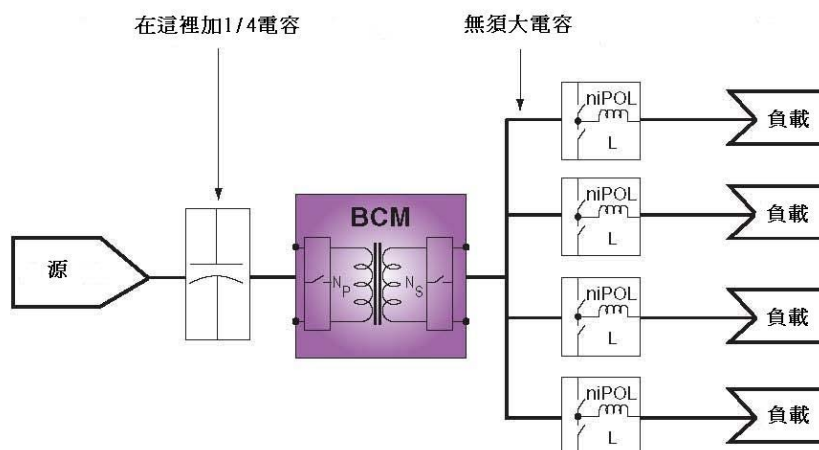


圖 11
利用 BCM™
作為匯流排轉換

應用 FPA: 為何分比化?

細小 – 更少的空間獲得更多功率

V•I 晶片是現時最細小的功率元件 – 約為 1/16 磚式模組 – 並且功率密度極高。它們可用作為基本轉換元件替代現有電路 (如 1/4 磚模和桌面電腦電源)。分比功率意義是令負載點節省更多空間 (只一半的功耗和把穩壓功能放在遠端)。

靈活性 – 有更多設計電源系統的選擇

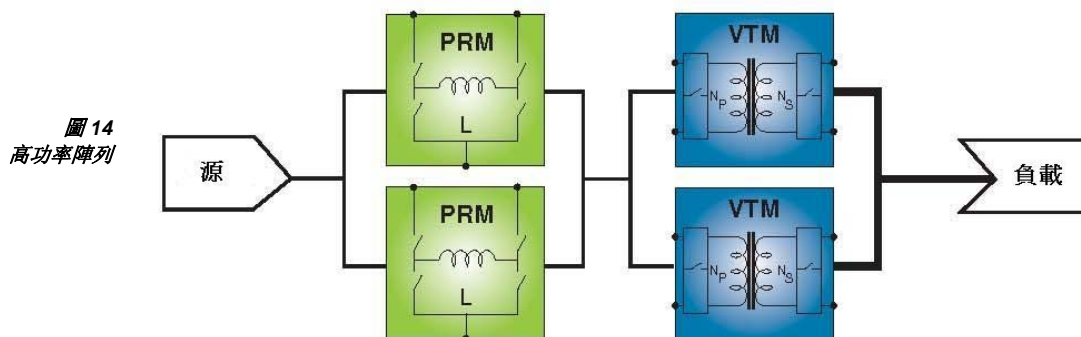
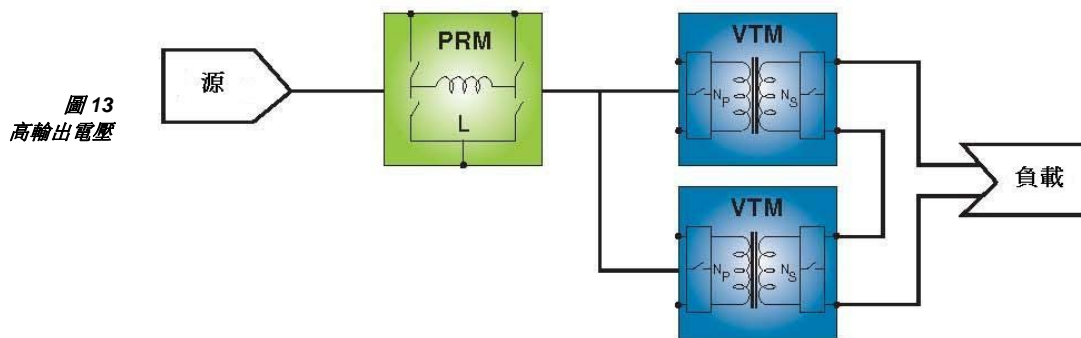
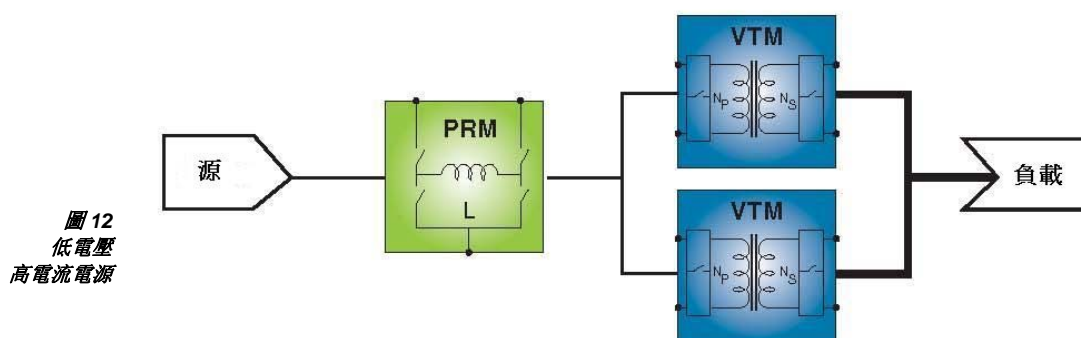
分比功率(FPA)和 V•I 晶片的其中一個要點是為了增加電源系統的靈活性。在分散式電源架構 (DPA)，DC-DC 轉換器把三個基要功能 (「隔離」、「轉換」和「穩壓」) 集合於一身成為磚式模組。但這種方法已不能夠滿足現今的應用，特別是對成本及性能表現的要求。在中轉匯流排架構 (IBA) 中，非隔離負載點轉換器放棄了隔離和高比例電壓轉換來減低成本。但它們仍依靠附近的匯流排模組提供較低電壓的功率。它們把對過壓敏感的負載暴露於一些致命的故障情形及存在接地環路等問題。

V•I 晶片系列中的 BCM™、VTM™ 和 PRM™，是特別針對不同額定輸入及輸出電壓、不同功率的封裝而設計。它提供一系列的功率轉換元件給電源系統設計者，達至低本地解決幾乎所有電源轉換的疑難。較複雜的系統可合併應用 V•I 晶片中不同的控制模式，便可快捷地做出既少外加元件而又高密度、低矮的方案。獲得低成本、高效率並且是最尖端的表現。

V•I 晶片可把隔離和穩壓功能配置到所需要的位置。把 VTM™ 配置到負載點而 PRM™ 則可放在附近或遠端，背板或甚至是子板上。

在多重輸入和輸出的應用時，在分比功率架構系統中所需要的獨特的元件可比磚式模組方案少。不論輸入電壓，你都可使用相同的 VTM™；或都不論輸出電壓，你都可使用相同的 PRM™。這裏所供應的是連續性輸出電壓的選擇。

你可使用 PRM™ 和 VTM™ 設計的電源系統滿足新的要求或者替代現行架構的電源。圖 12、13 及 14 闡明幾個設計的選擇。



高效率 – 更多功率給負載，但只有更少熱量產生

PRM™ 和 VTM™ 的效率可以達到超過 97%。因為整個系統的效率 – 包括 PRM™ 和 VTM™ 的組合，從非穩壓直流源至提供低電壓至負載是可在 90% 至 95% 間。而在很多應用中，即使是滿載情況時，亦可能達到整體效率達 95% 或更高。高效率代表電源系統中另一重要的要素 – 散熱的要求可進一步減少。

V•I 晶片的熱處理也是十分靈活的：V•I 晶片封裝的熱阻很低，同時它的封裝設計可簡化散熱器的設計。

更快的瞬態回應 – 對負載的快速變化提供更多功率

現今的負載已不單要求高電流，且是更快的瞬態回應。不論負載變化大小，有效開關頻率達 3.5MHz 的 VTM™ 可在一微秒內作出回應。這比現時最快回應的磚式模組還要快 20 倍(圖 15)。

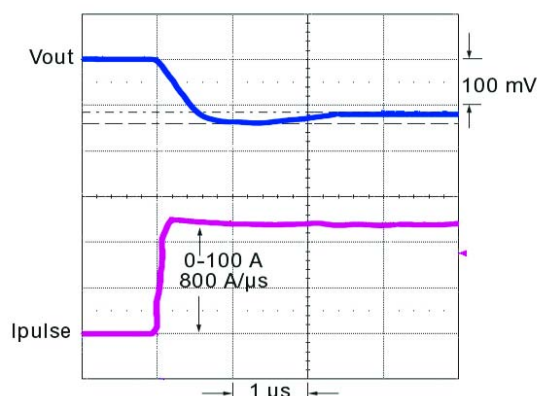


圖 15
快速的瞬態回應

由於 VTM™ 的高頻寬，可省減大量的負載點旁路電容。在瞬態的突變時，即使沒有任何輸出電容，VTM™ 輸出只有極小的擾亂。只需極少量的外加旁路電容，最好是低 ESR/ESL 的陶瓷電容，便可有效地減去因瞬態而產生的上沖電壓。

由磚式模組及非隔離負載點轉換模組轉變到 V•I 晶片

現在的電源需求趨向低負載電壓和低成本，中轉匯流排架構(IBA)可以是個有效的過渡期方案。但 IBA 是依賴非隔離負載點穩壓器(niPOL)，它只保留穩壓和轉換功能在負載點處，依靠中轉匯流排轉換模組提供中轉匯流排電壓和隔離。這樣，中轉母線架構 (IBA)便需要在分佈和轉換的損耗之間作取捨，這樣便間接令瞬變回應不佳。

總結

FPA 及 V•I 晶片提供了一個功率轉換架構及基要功率元件，克服了各電源架構的固有限制，令每一項重要的系統要求均能獲得更好的表現。分比化功率，其實就是透過提升系統靈活性，功率密度，轉換效率，瞬態回應，雜訊表及可靠性等，把電源系統的性能表現推至頂峰。

如需更多有關 FPA, V•I 晶片及有關產,請瀏覽 [Vicor 網站](http://www.vicor.com)