

作者：Vicor 公司產品市場行銷總監 Ian Mazza

# BCM 將高壓電池 轉化至 SELV 系統

**VICOR**

# 消除電動汽車電源架構中的中間儲能級

## 簡介

純電動汽車和混合動力汽車的電源架構以混合電壓儲存並分配電源，以便為各種感測、控制、安全及資訊娛樂子系統供電。這為電源儲存和供電網路帶來了一個成本、空間及重量挑戰，該問題混合動力汽車可透過 48V 電池和 48V 配電系統解決，而電動汽車則可透過高電壓電池（800V、400V）和 48V 配電系統解決。雖然 48V 電池可立即提供所需的電源，但電動汽車架構中的任何中間電池都會為重量、空間和成本帶來不利影響。

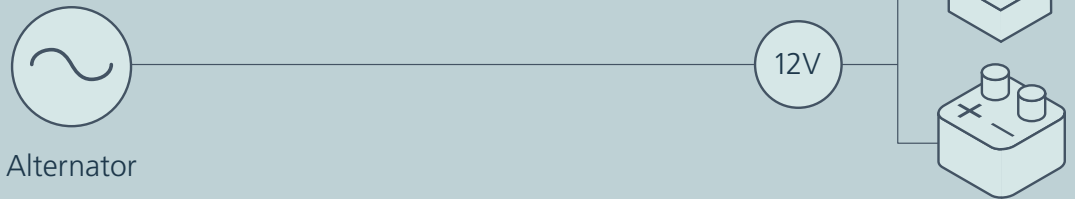
EV 電源架構創新的機會在於：不僅可使用高壓電池保持高壓儲能的優勢，同時還可透過使用 DC-DC 轉換器在 SELV 範圍內供電來消除對中間電池的需求。一般的轉換器可提供電壓轉換，但缺乏快速響應時間，無法滿足各種子系統的功耗需求。Vicor BCM 可提供低路徑阻抗 (PDN) 和快速響應時間 (Transient)，從而可將高壓電池轉化為供電網路中的 48V 電池，無需 48V 中間電池。

本文不僅將詳細介紹 Vicor BCM 轉換器與一般 DC-DC 轉換器相比時的作用、工作和功能情況，而且還將提出一個用於電動汽車電源架構時的架構實現方案。

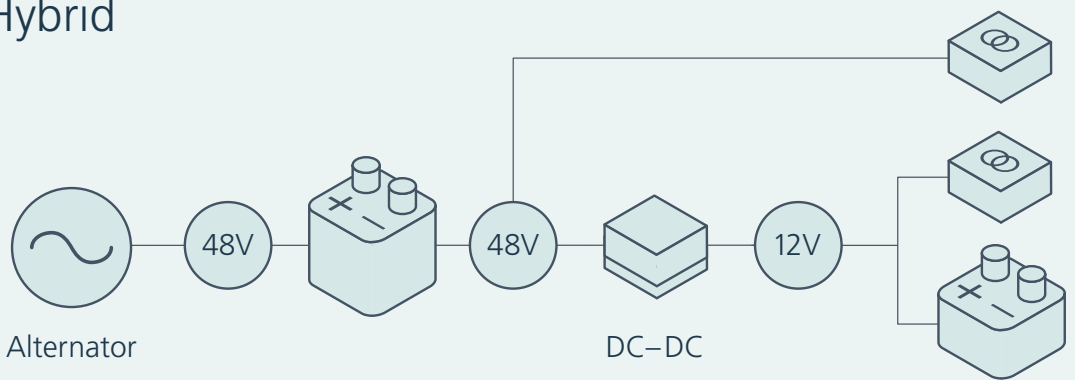
## ICE、混合動力和電動汽車架構的配電及儲能比較

與之前的架構相比，電動汽車的電源架構非常複雜，因為在原有 12V 及最新 48V 輸入下，各種子系統都有動態及靜態功率級。為了避免增加中間儲能階段的成本和重量，需要一款具有快速暫態響應的高效率轉換器，將電池的高壓轉換為可以安全地在整個汽車中分配的電壓。

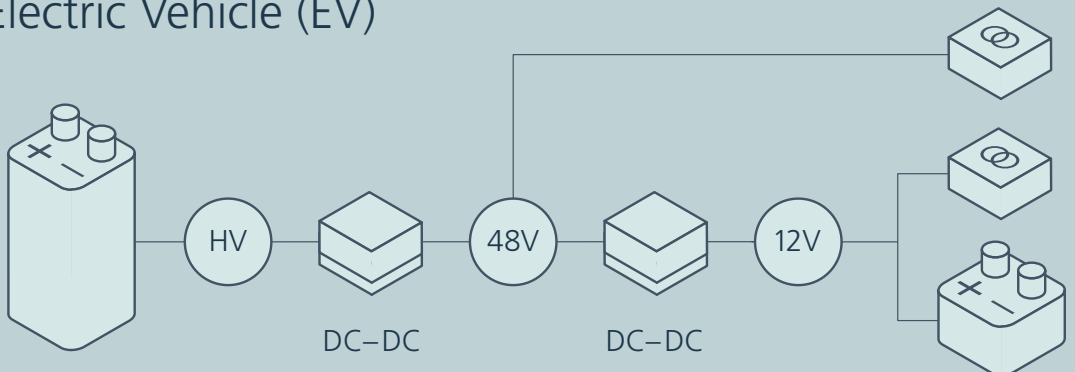
### Internal Combustion Engine (ICE)



### Hybrid



### Electric Vehicle (EV)



## BCM 轉換器

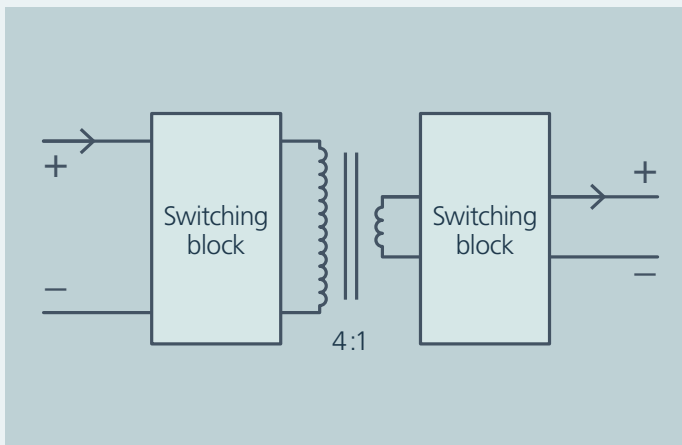
BCM 轉換器作為固定比率轉換器工作，其中輸出電壓（也稱二次側電壓）是輸入電壓（也稱一次側電壓）的一個固定比值。該固定比值可大於、等於或小於 1；我們將其稱為 K 值，定義為輸入電壓除以輸出電壓 ( $V_{SEC} / V_{PRI}$ )。K 值小於 1 時，輸入電壓減小，輸入電流增大；當 K 值大於 1 時，輸入電壓增大，輸入電流減小。

透過 K 值轉換電壓和電流的實例

K 值	1/32	1/4	1/1	4/1
$V_{PRI}$	384	48	8	12
$V_{SEC}$	12	12	48	48
$I_{PRI}$	1	1	1	4
$I_{SEC}$	32	4	1	1

從概念上講，BCM 轉換器的內部工作分 3 個階段：

1. 一次側開關級將一次側 DC 輸入轉換成正弦波。
2. 一個理想的變壓器級，可將 AC 轉換為 AC，並可根據一次側與二次側的匝數比（K 值）調整電壓。
3. 將理想變壓器的正弦波轉換成 DC 輸出的二次側開關級。開關級在變壓器中正弦波的零電流、零電壓交叉位置進行轉換，可最大限度減少切換造成的損耗。



BCM 轉換器的功能方塊圖

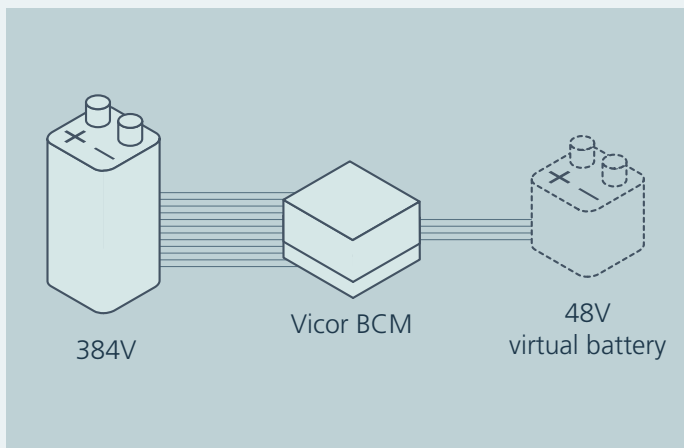
BCM 不僅可進行 DC-DC 轉換，但它還可使用變壓器進行高效的 AC-AC 轉換，不僅可按 K 值縮放大小，而且還可使用開關模組在 AC 與 DC 之間進行轉換。切換在高頻率下完成，而且由於具有和變壓器一樣的能量傳輸特性，因此轉換不僅能對暫態負載變化做出快速回應，還可在輸入和輸出之間提供一條低阻抗路徑。

BCM 具有對稱性，透過適當的排序與控制，既可用作降壓轉換器（從高到低轉換）也可用作升壓轉換器（從低到高轉換）。這種固有的雙向功能有助於 BCM 以相同的效率在任何方向進行電源轉換。這可為電源轉換的各種應用創造無限可能，例如在這些應用中會從儲存單元快速充放電，但對於本文而言，其重點是高低轉換應用。

BCM 轉換器使用零電流、零電壓切換 (ZCS/ZVS)，工作頻率比一般轉換器高，例如，BCM6135 與一般 ZV/ZC 諧振轉換器不同，工作頻率為 1.2MHz，BCM 工作在窄帶頻率下。BCM 的高頻率工作可實現對負載電流的變化以及從輸入到輸出的低阻抗路徑的變化快速做出回應。固定比率轉換、雙向工作、快速暫態響應和低阻抗路徑是 BCM 使 384V 電池看起來像 48V 電池的一系列特性，我們將其稱為變壓(transformation)。與一般轉換器相比，對電源進行變壓的此一功能既是重要優勢，也是重要的差異化特性。

## 電源變壓轉換

BCM 可透過固定比例縮放將輸入電壓轉換為輸出電壓，其數學運算式為  $V_{OUT} = K \cdot V_{IN}$ 。也就是從一個 384V 的高壓電池轉換獲得 48V 電源的配電系統，48V 母線電壓是電池輸出電壓的一個比例固定值的輸出。一款隔離型 BCM(1/8) 可將 HVDC 電池的輸出轉換為一個與 48V 配電相容的電壓範圍。BCM 的響應時間很短，從任何低側負載端的角度來看，384V 電池都像是在 48V 下放電的電池。BCM 轉換器有效改變了高壓電池，因此整個系統可整合更高電壓電池的所有能量儲存優勢，例如與 48V 能量儲存同等的電池相比，支援更快的充電時間和更高的能量密度。

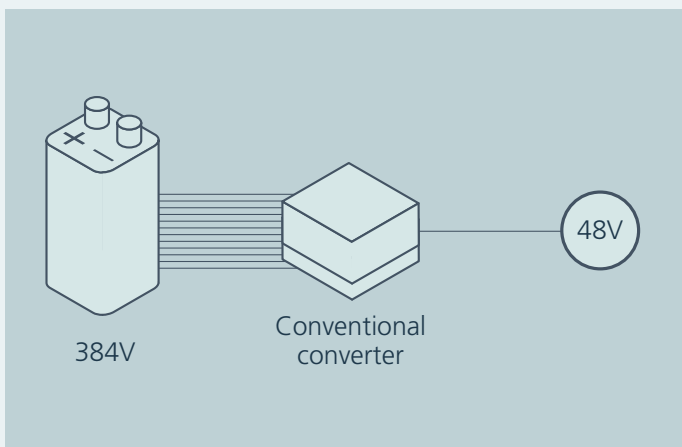


### 高壓電池的變壓

1/8 K 值 BCM 轉換一個 384V 電池的輸出時，建立一個 48V 虛擬電池。這種轉換保持了 384V 電池的能量密度和暫態供電功能，而且其 SELV 電壓與下游配電相容。

現在考慮使用一般轉換器的同等應用，其可將電壓範圍內的輸入穩壓至一個特定的輸出電壓，其可從輸入的變化去耦(decoupled)。輸入端的電壓波動不會傳播至穩壓的輸出。低頻寬穩壓轉換器可阻止配電系統以電池的直接連線速度供電。從低側的角度看，只有一個理想化的 48V 電源電壓。雖然這種轉換有其實用性，但也要承認兩個相對的不足之處。首先，較低的頻寬需要一些額外的中間能量儲存（電容或額外的電池），在高  $di/dt$  放電事件中提供電流。其次，無需穩壓級，因為低側的負載輸入電壓是高側電池的一個固定比例。一般轉換器無需穩壓，其會浪費能源，增加成本並降低整體系統效率。此外，穩壓轉換器的有限頻寬會縮短對配電系統快速用電的反應時間。

將電源的電壓範圍設計為配電過程中負載輸入範圍的一個固定比例，可使用高壓（具有與低路徑損耗相關的優勢）來配電，無需在具有一般轉換器的系統中使用不必要的穩壓級。進而，設計一款系統（其中所有針對電源、負載和各種配電路徑的電壓範圍均為相互之間的固定比率），有助於為電源儲存、配電以及子系統功能做出業界一流技術的最佳選擇。這可在高效能電動汽車的電源架構中實現。這些系統使用鋰離子電池（針對高容量和高電壓進行排列，可實現快速充電），採用 48V 配電（根據 SELV 配電的 LV148V 規範）並使用原有 12V 低成本子系統與最新 48V 供電 AI 技術的混合。BCM 可將所有這些電壓橋接在一款單個高效率系統中。



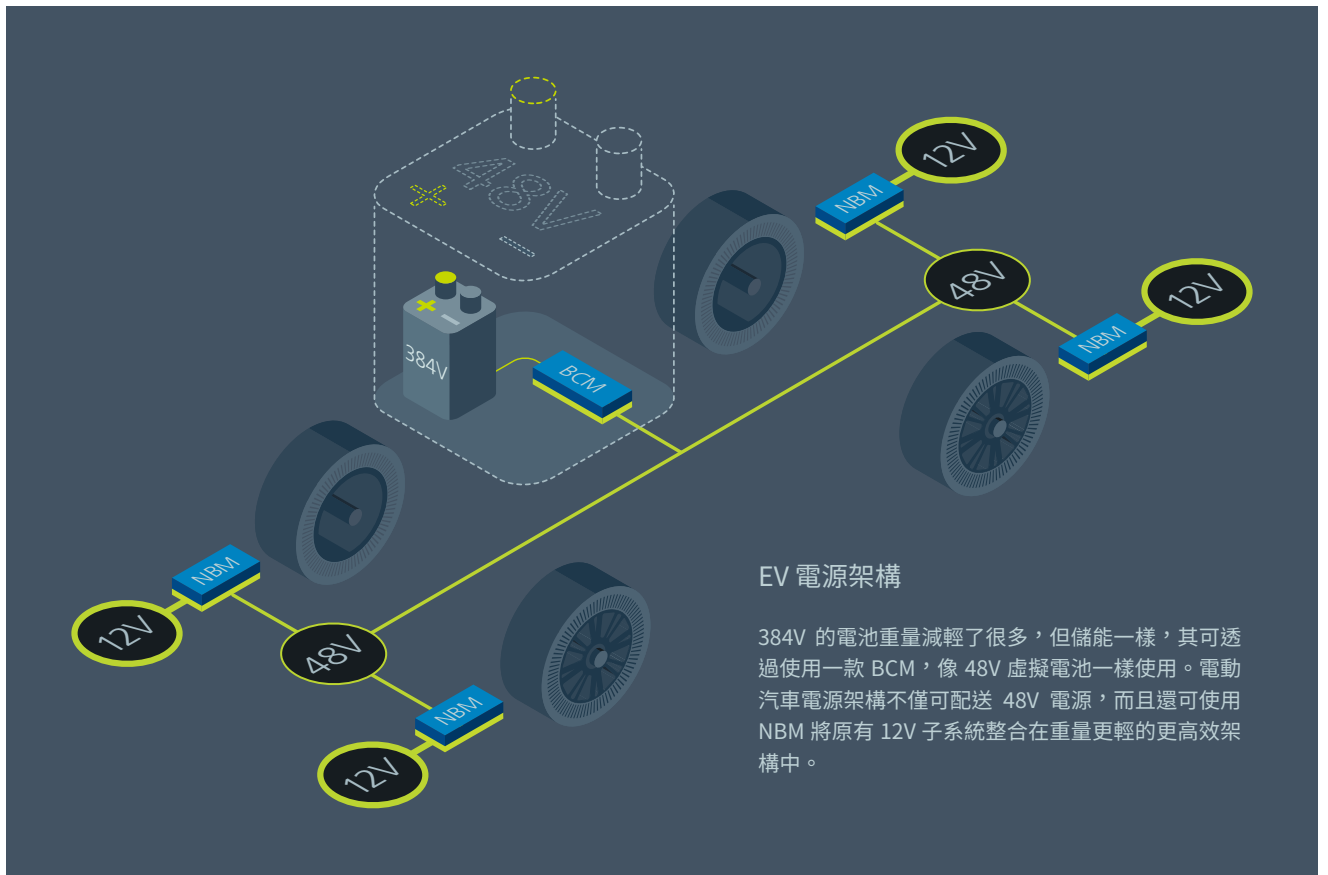
#### 從高壓電池去耦 轉換至48V 電源

常規轉換器產生 48V 電壓時，該轉換器的較低頻寬不能像以前那樣快速輸出功率，而且還會在不必要的穩壓級中耗損更多能量。

## 48V 虛擬電池架構

電動汽車的電源架構可使用 BCM 建立高效率、輕量級的電源系統。高壓電池陣列是主要的儲能單元，可逐步降低（從高到低轉換）至最高效的電壓來進行配電。該高壓陣列有優勢（與較低電壓陣列相比，具有能量密度及充電時間優勢），也有不足（不支援 SELV），因此是電動汽車應用的理想選擇，但也會為整個汽車中的負載配電造成危險。相反，針對 LV148 規範實施配電系統，有助於電源在安全電壓 (SELV) 下配送。從電池維護這種電壓可能比高壓更容易，而且對於較小的電流而言，與在原有 12V 電壓下配電相比，安全電壓所需的銅箔會更少。

BCM 轉換器反映了由 1/8 K 值調整的高壓電池放電特徵。這種虛擬電池為符合 LV148 標準的配電系統供電的效率和真實 48V 電池一樣，但可在系統中提供高電壓電池的能量密度及相關優勢。



### EV 電源架構

384V 的電池重量減輕了很多，但儲能一樣，其可透過使用一款 BCM，像 48V 虛擬電池一樣使用。電動汽車電源架構不僅可配送 48V 電源，而且還可使用 NBM 將原有 12V 子系統整合在重量更輕的更高效架構中。

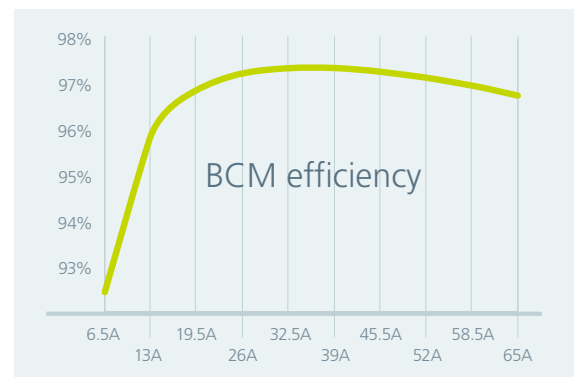
Vicor BCM6135 隔離型轉換器，在將高壓電源連轉換至 SELV 配電時可提供必要的保護，並且在額定電流超過 30% 的情況下工作時，其峰值效率超過 97%，效率超過 96%。BCM6135 轉換器陣列可持續提供高達 65A（功率超過 3000W）的電流，能夠在 HVDC 和 SELV 電壓範圍之間建立高功率轉換級。該 BCM6135 具有 260 到 410V 的輸入範圍和 1/8 的固定比率轉換，能夠提供與 48V 配電相容的輸出。

BCM6135 的封裝尺寸為 61 x 35 x 7.5 公釐，有機殼安裝或通孔安裝的封裝選項，重量為 68 克。這種高功率密度 (3400w/in<sup>3</sup>) 有利於實體佈局，以便針對汽車中的電源架構及重量分配進行最佳化。該封裝旨在熱傳導及液冷系統中工作，封裝上下部熱耗散大致相等，可在安裝及散熱解決方案中提供更高的靈活性。

機殼安裝版BCM6135 視圖



BCM6135 在整個輸出負載電流下的效率



## 擴展 48V 配電

雖然系統電源可以從 48V 虛擬電池提供，但對於各種子系統負載而言，它仍然必須分佈在整個車輛中，這些子系統負載不僅具有不同的電源需求，而且混合使用了 48V 輸入和原有 12V 輸入。雖然 48V 相較 12V 供電的優勢顯而易見（效率更高，纜線更輕），但這種組合將隨時間的推移發生怎樣的變化則還未知。隨著 12V 逐漸邊緣化，汽車電源架構必須足夠靈活，才能在最佳化所有所需走線的重量和成本的同時，適應新的子系統。

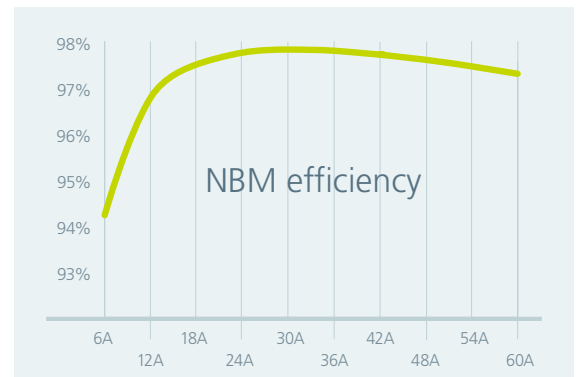
理想的解決方案是盡可能地擴展 48V 配電，並在必要的地方和時間將其轉換為 12V。LV148 規範的工作範圍可透過 1/4 K 值轉換轉化為與輸入相容的 12V 配電，因此 BCM 轉換器是極致提高效率的理想解決方案。另外，這兩種電壓都是安全超低電壓，因此不需要隔離，可使用非隔離轉換器在整個系統中將 48V 轉換為 12V。一款稱之為 NBM 的非隔離式 BCM 所有其它特性均相同，具有前面描述的所有特性：快速暫態響應、低阻抗和雙向工作。

這種分散式電源架構在為平台保持高靈活性的同時，可提供所有 48V 配電的優勢，無論採用的是 48V 輸入，還是 12V 輸入，均可根據需要採用新的子系統。NBM 可將 48V 輸入轉換成 12V 原有系統的 12V 電源。NBM 可以廣泛地整合在汽車中，其實體尺寸非常小，完全可以在其已經佈置的地方增加現有的原有子系統，而且如果為了將來系統升級到原生 48V 子系統而刪除它們，其干擾性也極低。

表面貼裝 NBM2317 視圖



NBM2317 在整個輸出負載電流下的效率



Vicor NBM2317 尺寸為 23 x 17 x 7.4 公釐，重 12 克（不足半盎司），因此可佈置在任何擴展 48V 配電的最佳位置。在超過額定電流 30% 的電流下工作時，峰值效率超過 97.5%。NBM2317 能夠持續提供高達 60A（800W 的功率）的電流，採用能夠以最小干擾適應現有佈局的表面黏著相容性封裝，具有極高的散熱靈活性，既可透過頂部散熱，也可透過底部散熱。功率密度 (4500 W/in<sup>3</sup>) 比同類競爭模組高，而且與分立式解決方案相比，在功率級不變的情況下，整合的元件更多。

BCM6135 和 NBM2317 聯合使用，可為電動汽車的電源架構提供高度的靈活性，從而可在最大限度發揮 SELV 48V 配電和 HVDC 電源儲存優勢的同時，採用 48V 和 12V 子系統的最佳組合，實現高效能電動汽車設計的願景。



## 結論

與一般轉換器相比，BCM 對電源（尤其是電池）的轉換功能是重要的優勢和最緊要的差異化特性。如果電源架構的一次電源輸出電壓與任何下游子系統輸入電壓的比值是固定的，就可以在最高的最佳電壓下配電，然後可根據需要由 BCM 對其進行轉換，不會因為不必要的穩壓級出現損耗。為電動汽車架構實現的優勢是消除了中間電池，因為可將高壓儲能電池轉換為相容的 SELV 範圍，以便在整個汽車中提供穩定高效的供電。雖然 BCM 和 NBM 都在電動汽車電源系統中找到了歸屬，但任何其它由電池供電的系統（從超輕無人機到自主工廠機器人，再到尖端人工智慧運算平台）也都可以利用其變壓效能優勢。

The logo for Vicor, featuring the word "VICOR" in a bold, blue, sans-serif font.

[www.vicorpower.com](http://www.vicorpower.com) 客戶支援: [taiwan@vicorpower.com](mailto:taiwan@vicorpower.com)

©2020 Vicor 公司, 版權所有。Vicor名稱是Vicor公司的註冊商標。其他商標、產品名稱、徽標和品牌均為其各自所有者的財產。

07/2020 Rev 1.0