

## DC-DC 轉換器的消逝？

一種具有多個獨立穩壓輸出的全新返馳式控制技術，正在逐漸淘汰某些應用中的 DC-DC 轉換器

白皮書



## 功率架構

現代工業和消費性產品的功率架構搭配 DC-DC 轉換器廣泛散佈，為各種電路子系統提供負載點調節。即使在採用前端 AC-DC 轉換器的產品中，電力系統也需要多個 DC-DC 進行後續調節，並向輸出電路提供正確的電壓和電流。不過，目前出現了變化。

一種全新的功率轉換器架構對輸出升壓式和降壓式轉換器的領先地位提出了挑戰，在某些情況下，甚至對目前激增的適度線性穩壓器提出了挑戰。這種新技術是以 Power Integrations 的 InnoSwitch™3-MX 和 InnoMux™ 晶片組所使用的新型 AC-DC 返馳式架構為基礎，提供了一種單級轉換器，該轉換器具有單一磁性元件的多個獨立穩壓輸出，而無需 DC-DC 後續調節，因此大幅提高了系統效率。一些最新一代的電腦螢幕已經使用這種方法生產。

為了說明這種新方法的影响，[圖 1](#) 顯示了在配備 LED 顯示器之現代設備 (如家用電器和電腦螢幕) 中所使用的傳統電力系統的區塊圖。AC-DC 級提供中間的 DC 輸出軌，然後對其進行後續調節，以饋入多個輸出，包括 LED 顯示器背光、音訊和模擬電路以及下游處理器。升壓式轉換器將中間電壓軌升壓至可變的 48 V – 60 V，以支援定電流 (CC) 控制的 LED 背光。降壓式裝置會降壓至定電壓 (CV) 5 V 電壓軌，其後通常接降壓式或線性穩壓器 (未顯示) 至 3.3 V 電壓軌以驅動微控制器。

[圖 2](#) 顯示了使用全新 InnoSwitch3-MX / InnoMux 晶片組架構實作的相同系統。透過消除 DC-DC 級，除了能夠減少元件數量和節省 PCB 空間之外，總系統功率消耗最多可降低高達 50%。

這種前所未有的系統節能水準可透過使用效率較低的顯示器來顯著降低系統成本，且同時仍滿足國際標準所定義的功耗限制，包括美國能源之星 (ENERGY STAR®) 8、日本的 Top Runner，以及最近宣佈用於電子顯示器產品的歐盟指令 2009/125/EC。

Power System Efficiency 78 – 80%

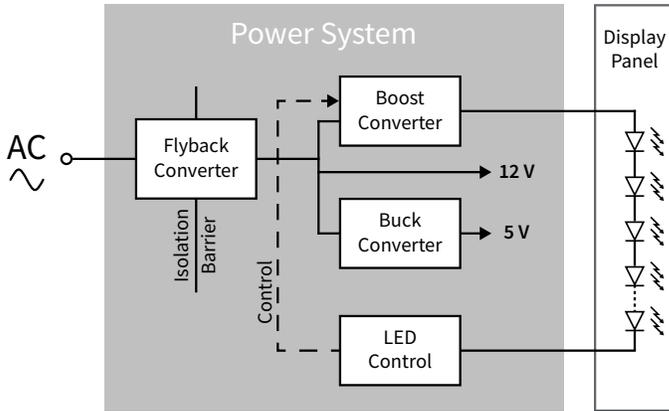


圖 1 傳統的基於 DC-DC 的多級系統

Power System Efficiency 87 – 90%

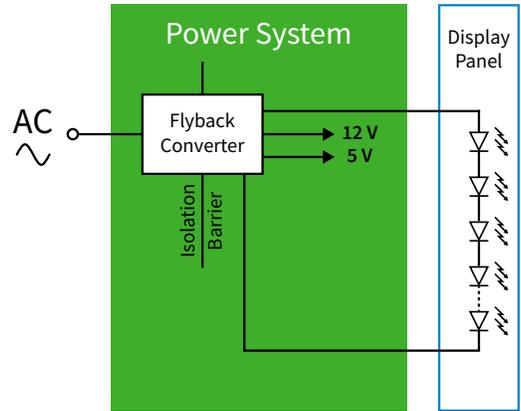


圖 2 基於 InnoMux 的單級系統

## 深入探究

大家可能會忍不住問：「既然有明顯的優勢，這是如何實現的，為什麼之前沒有做到呢？」這可以參考圖 3 所示的簡化系統電路圖設計進行解釋。儘管 InnoMux 系列包括能夠同時控制三個輸出的裝置（將在後面說明），但為了便於說明，此處僅顯示兩個輸出。

核心致能技術是稱為 FluxLink™ 的專利隔離數位回授介面。FluxLink 已整合到 InnoSwitch3-MX IC 中，可讓即時的逐週期輸出負載資訊穿透轉換器的絕緣屏障傳遞到一次側切換階段。這與隔離系統中通常用於提供回授資訊的光耦合器相反。光耦合器是一個類比元件，其回應速度不足以逐週期傳輸多個輸出的資訊。因此，透過使用 FluxLink，在返馳式轉換器的工作頻率（通常在 70 kHz – 100 kHz 範圍內）下，一次側控制器可獲得有關每個輸出狀態的回授。

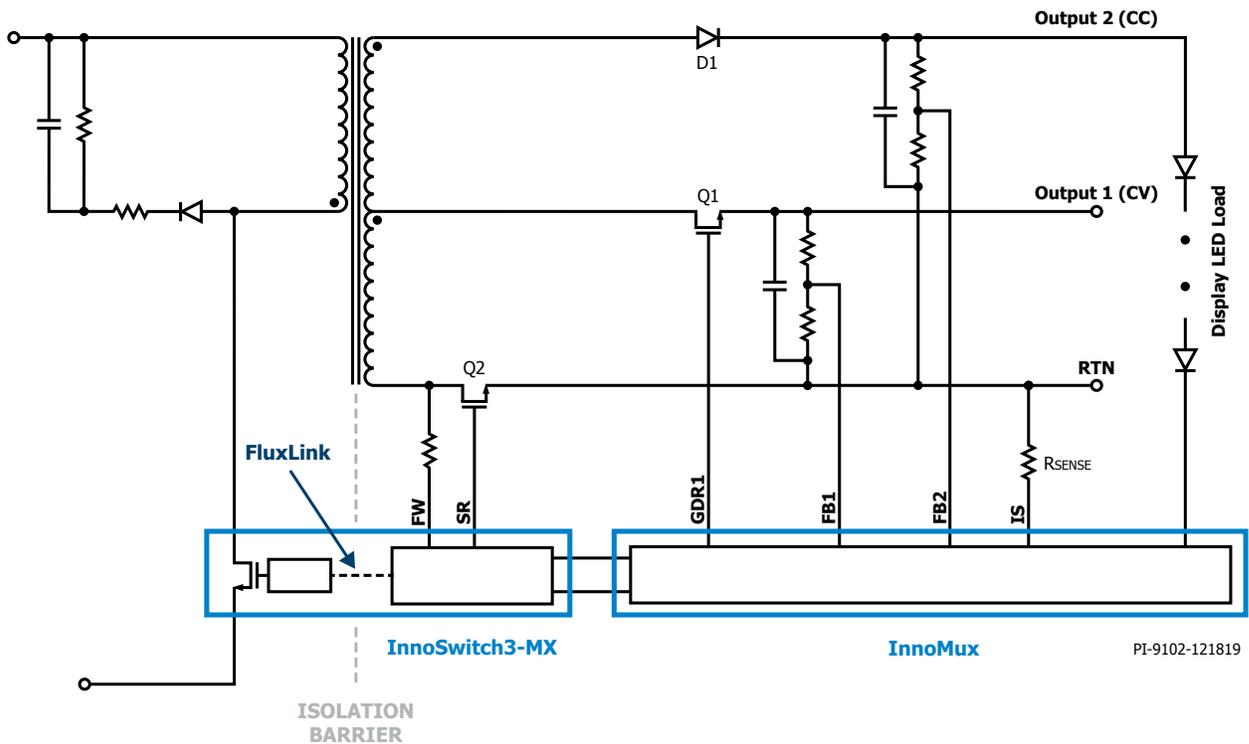


圖 3 基於 InnoMux 的系統的簡化電路圖

憑藉傳輸如此高頻寬資料的能力，InnoMux 技術和功能變得更加易於理解。根據應用於接腳 FB1、FB2 和 IS 的輸出回授，InnoMux 控制 IC 會持續監控每個輸出，並在任何輸出需要額外功率時使用 FluxLink 通訊鏈對一次側控制器提出逐週期能源要求。此類要求是根據每個輸出的負載條件決定的。如果在特定週期中不需要能源，則不會提出任何要求。在 InnoMux 決定特定輸出需要能源的週期中，將會透過 FluxLink 發出能源要求，並且一次側切換電路向變壓器提供能源套件。InnoMux 控制器採用諸如圖 3 中的 Q2 之類的負載切換開關 (FET)，將儲存的變壓器能源僅引導至有需要的輸出。閘極驅動輸出 (GDR1) 使用專利的 Level Shift 技術，可以將 n 通道 (而不是價格更高的 p 通道) FET 用作負載切換開關。

僅由於 FluxLink 通訊通道的頻寬很高，才有可能以這種方式在保持故障保護和最佳效率的同時，實現多工能源輸送中的精確定時。利用 FluxLink 實現的精確定時還能夠使用同步整流 (SR) (圖 3 中的 Q1)，透過減少輸出整流元件兩端的壓降來進一步提高系統效率。

乍看之下，圖 3 中的電路圖類似於傳統的多輸出返馳式轉換器，這當然不是什麼新鮮事。但是，在傳統的多輸出返馳式中，輸出電壓透過變壓器輸出繞組圈數比相對固定。缺點包括輸出之間的交叉調節效能不佳，其中負載較重的輸出上的電壓通常會下降，而負載較輕的輸出上的電壓則傾向於增加或「峰值電荷」。此類交叉調節挑戰正是使用 DC-DC 轉換器的多級轉換器之所以經常成為系統設計人員唯一選擇的確切原因。

相反地，圖 3 中的系統採用了「能源多工」的概念 (InnoMux 便由此得名)。根據單獨輸出的即時需求，將能源多工傳輸到各個輸出可對每個輸出進行精確、獨立的調節。此外，此功能還可以實現一些非常獨特的電源供應器特性。例如，會控制一些輸出以提供恆定的輸出電壓 (圖 3 中的 CV 輸出 1)，同時控制其他輸出以提供恆定的輸出電流 (圖 3 中的 CC 輸出 2)，例如，目的是控制 LED 顯示器照明或電池充電輸出。CC 負載需要根據負載條件改變輸出電壓以保持恆定的負載電流，而 CV 輸出電壓必須保持固定。這是透過逐週期能源多工實現的，它允許在 CC 輸出上進行 2:1 的電壓調整，並對每個單獨的輸出電壓/電流進行獨立調節，甚至進行動態調整。這是在不影響其他輸出調節的前提下實現的。例如，如果一個輸出的電壓需要在待機期間動態變化或滿足峰值負載條件，則可以透過簡單地變更該輸出的分壓電阻器調節目標來實現。輸送到其他輸出 (並因此進行調節) 的能源不受影響。這些是功能的所有範例，這些功能以前需要使用額外的 DC-DC 後續調節階段才能使多個轉換器正常工作。

同步降壓式 DC-DC 轉換器通常由兩個低阻 FET、一個功率電感器和幾個分離式元件組成。如上所述，InnoMux 架構保留了這些 FET 中的一個做為負載切換開關，以將變壓器能源引向所需的輸出，並且完全免去了功率電感器。更準確地說，具有  $n$  個輸出的 InnoMux 轉換器需要  $(n-1)$  個負載切換開關。這可以透過以下事實來解釋：較低的電壓輸出在其負載切換開關為「開啟」時轉移能源，這意味著最高的輸出電壓軌僅在對一次側提出能源要求且所有輸出負載切換開關為「關閉」時才接收能源。因此，最高輸出電壓軌可以保持傳統的僅二極體架構。

就系統 EMI 而言，消除 DC-DC 轉換器也很有吸引力。DC-DC 轉換器通常在 200 kHz – 500 kHz 的切換頻率範圍內運作，以將其自身的傳導性與輻射性 EMI 元件引入電力系統中。在 InnoMux 系統中，也消除了 PCB 佈局和電感器設計相關的 EMI 設計考量。

InnoMux 系統運作和變壓器設計的完整細節不在本文的討論範圍內，但提供免費的設計軟體和參考設計報告可供下載 [1]。圖 4 顯示了一次側切換開關汲極電壓波形。每個週期的反射電壓取決於將能源轉向哪些輸出。我們可以清楚地看到，這是在每個切換週期中，在 DCM 振盪之前關閉狀態 VDS 電壓振幅的變更。

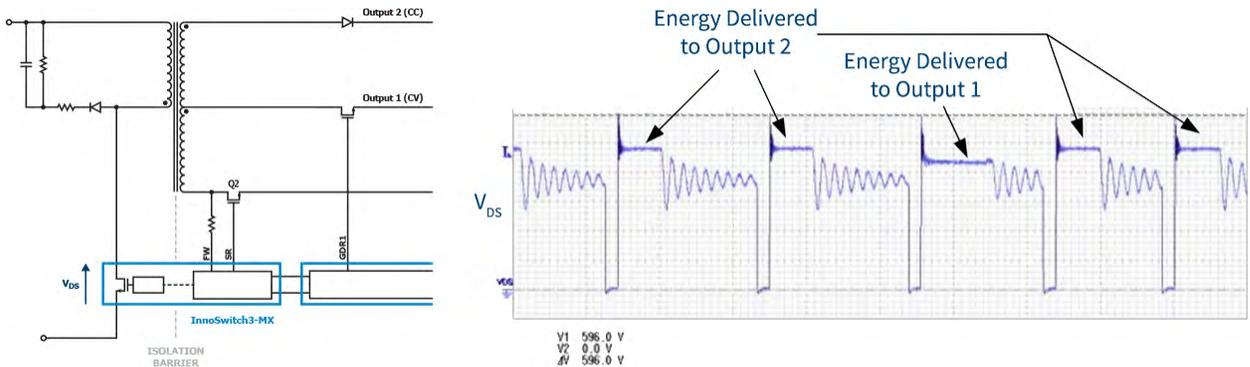


圖 4 典型的一次側汲極電壓波形，顯示了不同反射電壓的影響

圖 5 顯示了在具有兩個定電壓 (CV) 輸出和第三個定電流 (CC) 輸出的系統中，利用 InnoMux 系列產品全部功能的完整二次側電路圖。此電路代表電腦螢幕電力系統，其中兩個 CV 輸出 (通常為 12 V 和 5 V) 透過 FB1 和 FB2 接腳進行調節，而第三個輸出 VLED 則為四通道 LED 背光供電。ICC1-ICC4 接腳從每個 LED 燈串接收負載電流，並執行內部測量、調節和 VLED 調整，以準確地將 LED 燈串電流平衡在 3% 以內。調光輸入提供類比、PWM 或混合調光，可使誤差率低至每通道 5 mA LED 電流或最大值的 2%。

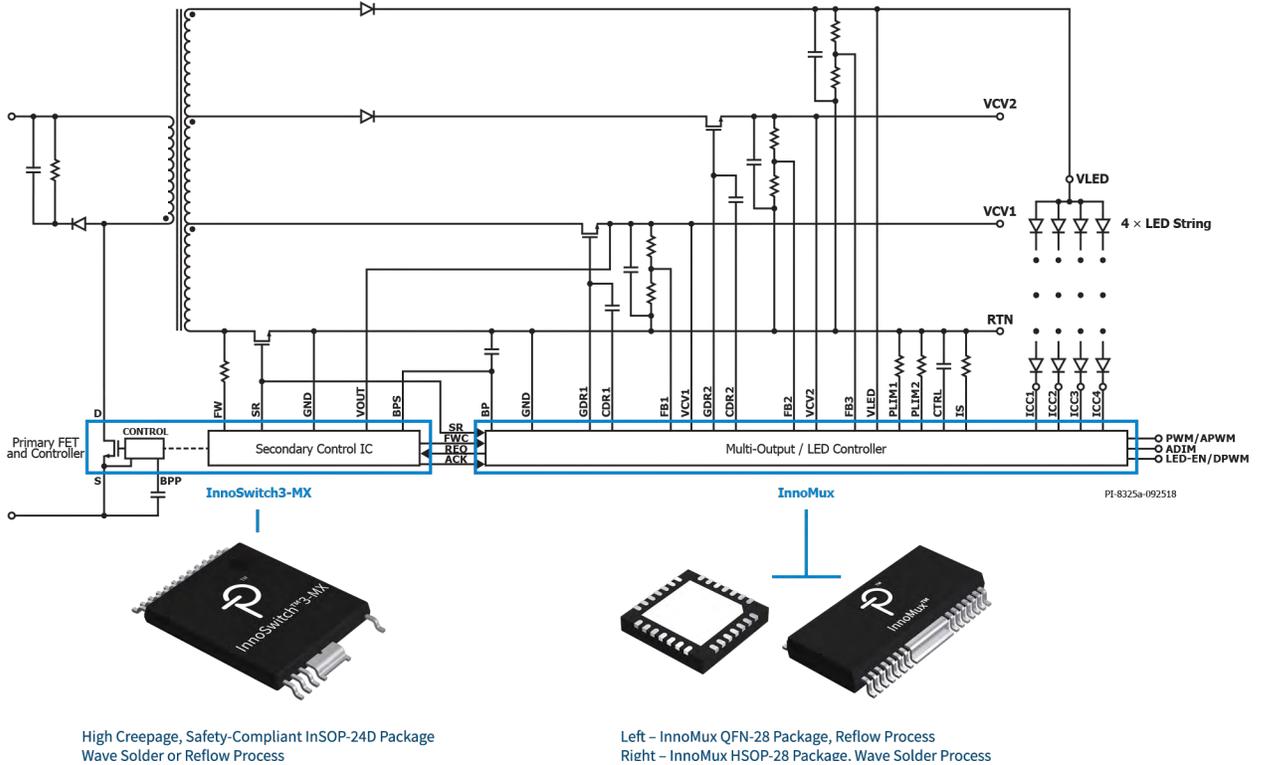


圖 5 兩個 CV 和一個 CC 的電路圖，顯示了四串 LED 電流平衡和 CV 輸出功率限制設定

多工電源供應器的另一個特點是，系統設計人員可以選擇每個輸出可用的過載功率。在圖 5 中，接腳 PLIM1 和 PLIM2 上的電阻器根據表 1 中所示的值分別控制能源輸送到輸出 VCV1 和 VLED 的最大頻率。一種新穎的方案是在 PLIM1 或 PLIM2 接腳上使用一個額外的電容器 (如表 2 所示)，用於設定能源輸送到輸出 VCV2 的最大頻率。與多輸出返馳式轉換器相比，這提供了非常有用的優勢，在傳統上，每個輸出上的元件都必須額定為在過載條件下接收一次側控制電路的全部輸出功率。在 InnoMux 設計中，可以透過表 1 調整輸出元件的大小，讓它只支援該特定輸出的最大功率傳輸。

頻率	CV1PLIM1	V <sub>LED</sub> PLIM2
30 kHz	5.1 kΩ	5.1 kΩ
41 kHz	10 kΩ	10 kΩ
56 kHz	22 kΩ	22 kΩ
78 kHz	39 kΩ	39 kΩ

表 1 CV1 和 VLED 輸出過載選擇

頻率	CV1PLIM1	V <sub>LED</sub> PLIM2
30 kHz	無電容器	無電容器
41 kHz	電容器	無電容器
56 kHz	無電容器	電容器
78 kHz	電容器	電容器

表 2 CV2 輸出過載選擇 (電容器值取決於表 1 電阻器值 [2])

圖 6 顯示了圖 5 所示類型的 2 個 CV 和 1 個 CC 應用中測得的輸出電流波形。

SR FET 電流波形是所有輸出的合成，因為該元件會傳導輸出電流，而與哪個輸出接收能源無關。頂部 Trace 顯示了各個輸出電流波形的彩色編碼版本。在所示的負載條件下，大約 50% 的能源要求佈線至 LED 輸出，33% 的能源要求佈線至 12 V，其餘 ~17% 的能源要求佈線至 5 V 輸出。在設計階段進行了滿載測量，如圖 6 中所示，以建立每個輸出的過載頻率限制。

LED 輸出中的峰值電流相對較低，因為該輸出與一次側繞組之間的圈數比是所有輸出中最低的，因此電流放大率也最低。但是，由於這是最高的輸出電壓，因此，此輸出上的功率很大。隨著較低電壓 12 V 和 5V 輸出的圈數比增加，峰值電流也增加。請注意，在一次側 FET 開啟之前，5 V 輸出上的電流不會達到零。如果出現這種情況，5 V 輸出繞組中的電流隨後會迅速降至零。此操作稱為連續導通模式 (CCM) 操作，而 12 V 和 LED 輸出上的電流波形為不連續導通模式 (DCM) 波形 (在一次側切換開關開啟之前電流降至零)。InnoSwitch3-MX 和 InnoMux IC 均設計為在 DCM 或 CCM 模式下運作，以大幅提高變壓器設計的靈活性。

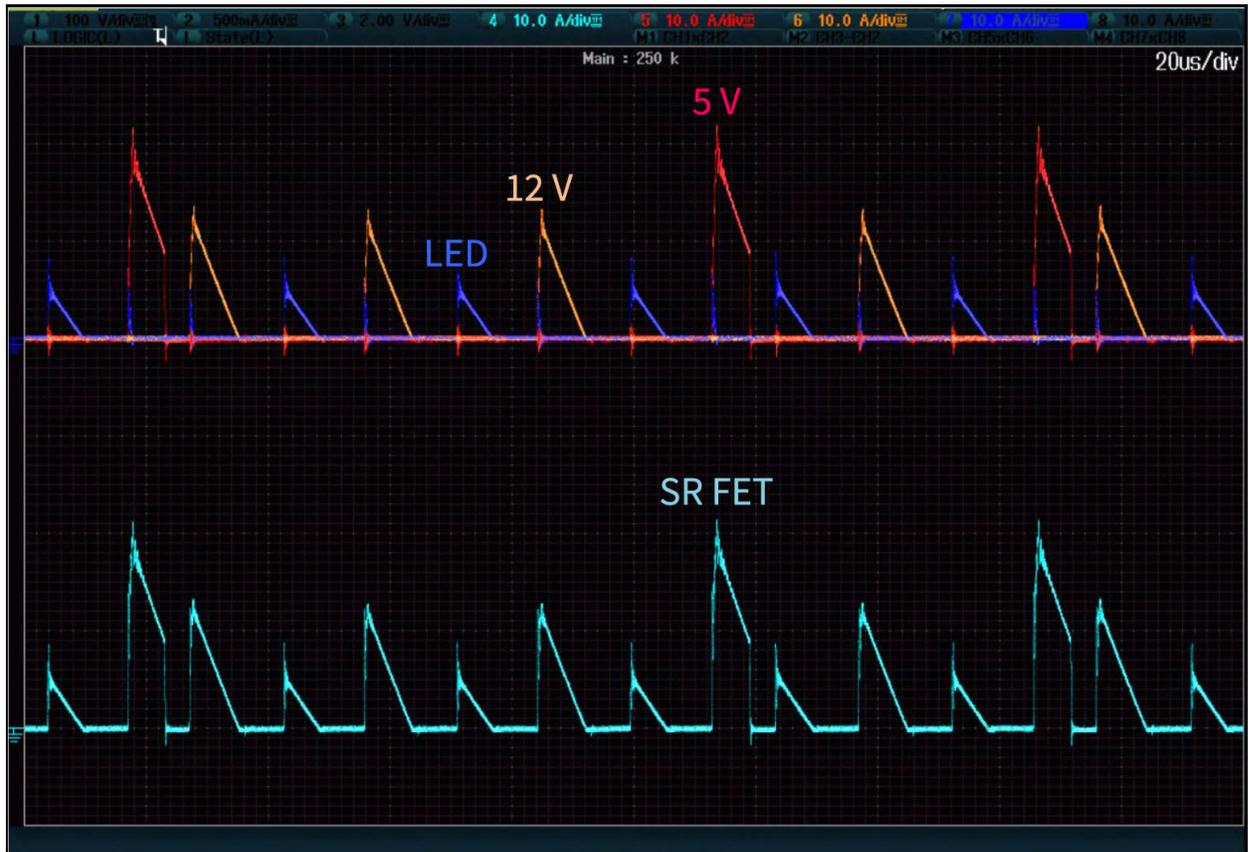
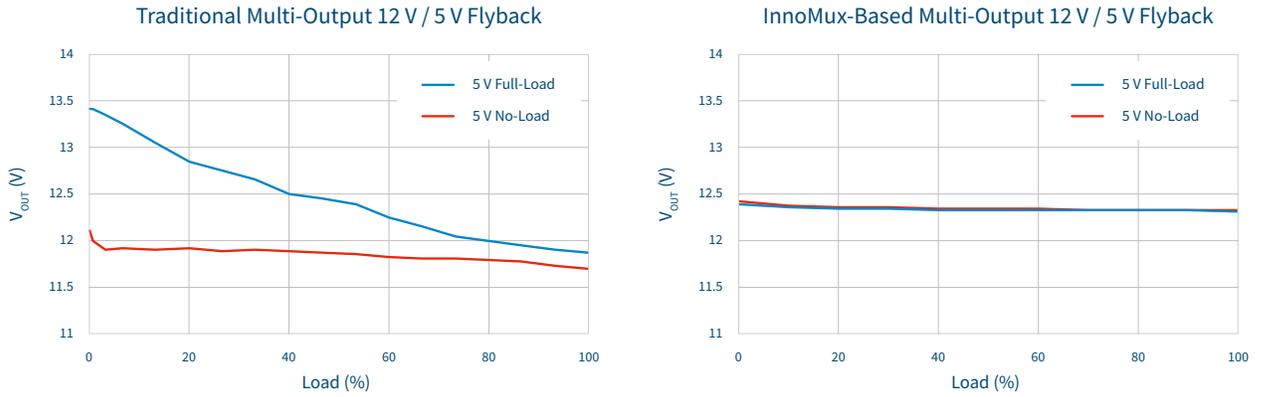


圖 6 輸出電流波形 2 個 CV 和 1 個 CC 的電源供應器

在只需要跨多個輸出進行 CV 輸出調節的系統中，InnoMux 晶片組可用於在每個輸出的整個滿載範圍內提供準確的調節。如前所述，傳統的多輸出返馳式會遭受交叉調節效能不佳的困擾，因為它們的輸出電壓受輸出相對於彼此的變壓器圈數比所決定。圖 7 顯示了將具有 12 V 和 5 V 輸出的傳統多輸出返馳式與基於 InnoMux 的系統進行比較的測量波形。透過傳統的返馳式轉換器，電源供應器設計人員通常會透過將兩個輸出的回授資訊組合到單個回授節點以折衷調節一個輸出，如圖 8 所示。此類方案通常確保來自一個輸出（通常為 5 V）的回授佔優勢，並確保該輸出實現最精確的調節。然而，這樣的方案總是折衷的，其中每個輸出上的電壓調節不僅受到該輸出負載的影響，而且還受到其他輸出負載的影響。如圖 7 中所示。

另一方面，使用 InnoMux 時，每個輸出真正獨立的回授和調節獨立確保了每個單獨輸出在整個負載範圍的精確調節。如前所述，如果需要，此功能集還可以動態調整輸出。

### 12 V Load Regulation



### 5 V Load Regulation

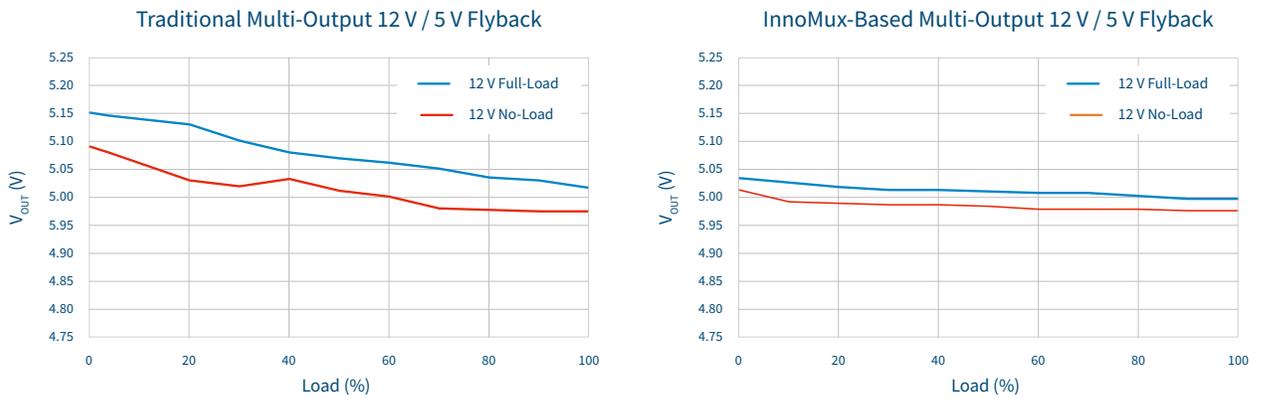


圖 7 使用傳統的多輸出返馳式測量的 12 V / 5 V 電源供應器的負載調節特性，與基於 InnoMux 的系統的更精確調節相比

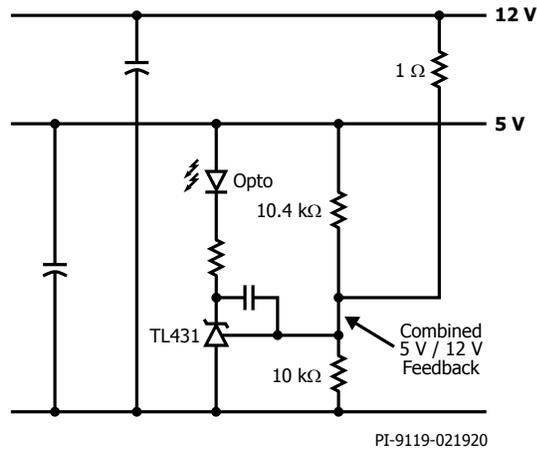


圖 8 傳統的多輸出返馳式組合回授方案，折衷了 5 V 輸出的調節以改善 12 V 輸出的調節

很少有一項新技術能夠完全消除電力系統中的整個轉換階段，而這正是 InnoMux 架構的能力。配電設計人員首次有了多級功率架構的替代方案，可以使用單個 AC-DC 級來取代多個 DC-DC 下游轉換器。

隨著使用 InnoMux 技術的新一代更節能的電腦螢幕問世，以及電視和家用電器的開發，這項技術已然獲得確立。隨著技術的成熟，新的應用和增強型控制方案將繼續出現，而可能為未來的電力系統提供更顯著的效率和節省空間的優勢。

## 參考資料

- [1] [InnoMux 產品頁面](#)
- [2] [InnoMux 產品規格型錄](#)

## 全球銷售支援地點

### 全球總部

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138 USA

電話: +1 408 414 9200

傳真: +1 408 414 9201

#### 客戶服務

電話: +1 408 414 9520

電子郵件: [usasales@power.com](mailto:usasales@power.com)

### 美國 - 東部

7360 McGinnis Ferry Road, Suite 225  
Suwanee, GA 30024 USA

電話: +1 678 957 0724

電子郵件: [usasales@power.com](mailto:usasales@power.com)

### 美國 - 中部

3100 Dundee Road, Suite 204  
Northbrook, IL 60062 USA

電話: +1 847 721 6293

電子郵件: [usasales@power.com](mailto:usasales@power.com)

### 中國 (上海)

中國上海漕溪北路 88 號  
聖愛廣場 1601-1603 室  
郵遞區號: 200030

電話: +86 021 6354 6323

電子郵件: [chinasales@power.com](mailto:chinasales@power.com)

### 中國 (深圳)

中國深圳南山區  
科技南八道 2 號路豪威大廈 17 層  
郵遞區號: 518057

電話: +86 755 8672 8689

電子郵件: [chinasales@power.com](mailto:chinasales@power.com)

### 德國 (AC-DC/LED 銷售)

Einsteinring 24  
85609 Dornach / Aschheim  
Germany

電話: +49 89 5527 39100

電子郵件: [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)

### 德國 (開極驅動器銷售)

HellwegForum 1  
59469 Ense  
Germany

電話: +49 29 3864 39990

電子郵件: [gate-drivers.sales@power.com](mailto:gate-drivers.sales@power.com)

### 印度 (班加羅爾)

Bangalore 560052 India

電話: 1 +91 80 4113 8020

電話: 2 +91 80 4113 8028

電子郵件: [indiasales@power.com](mailto:indiasales@power.com)

### 印度 (孟拜)

Unit 106-107, Sagar Tech Plaza-B  
Sakinaka, Andheri Kurla Road  
Mumbai-400072, Maharashtra, India

電話: 1 +91 22 4003 3700

電話: 2 +91 22 4003 3600

電子郵件: [indiasales@power.com](mailto:indiasales@power.com)

### 印度 (新德里)

#45, Top Floor  
Okhla Industrial Area, Phase-III  
New Delhi, India  
Pin-110020

電話: 1 +91 11 4055 2351

電話: 2 +91 11 4055 2353

電子郵件: [indiasales@power.com](mailto:indiasales@power.com)

### 義大利

Via Milanese 20  
20099 Sesto San Giovanni (MI)  
義大利

電話: +39 02 4550 8708

電子郵件: [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)

### 日本

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Building  
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku,  
Yokohama-shi, Kanagawa  
Japan 222-0033

電話: +81 45 471 1021

電子郵件: [japansales@power.com](mailto:japansales@power.com)

### 韓國

Room 602, 6th Floor, #22  
Teheran-ro 87-gil, Gangnam-gu  
Seoul 06164, Korea

電話: +82 2 2016 6610

電子郵件: [koreasales@power.com](mailto:koreasales@power.com)

### 新加坡

51 Newton Road  
#20-01/03 Goldhill Plaza  
Singapore 308900

電話: +65 6358 2160

#### 客戶服務

電話: +65 6356 4480

電子郵件: [singaporesales@power.com](mailto:singaporesales@power.com)

### 瑞士

Johann-Renfer-Strasse 15  
2504 Biel/Bienne, Switzerland

電話: +41 32 344 47 47

電子郵件: [gate-drivers.sales@power.com](mailto:gate-drivers.sales@power.com)

### 台灣

114 台灣台北市內湖區  
內湖路 1 段  
318 號 5 樓

電話: +886 2 26594570

電子郵件: [taiwansales@power.com](mailto:taiwansales@power.com)

### 英國

Building 5, Suite 21  
The Westbrook Centre  
Milton Road, Cambridge CB4 1YG

電話: +44 7823 557484

電子郵件: [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)



Power Integrations、Power Integrations 標誌、BridgeSwitch、CAPZero、ChiPhy、CHY、DPA-Switch、EcoSmart、E-Shield、eSIP、eSOP、FluxLink、HiperPLC、HiperPFS、HiperTFS、InnoMux、InnoSwitch、功率轉換技術的創新、InSOP、LinkSwitch、LinkZero、LYTSwitch、SENZero、TinySwitch、TOPSwitch、PI、PI Expert、SCALE、SCALE-1、SCALE-2、SCALE-3、SCALE-iDriver 和 SCALE-iFlex 均為 Power Integrations, Inc. 的商標。其他商標為其各自公司之財產。

©2020, Power Integrations, Inc.