

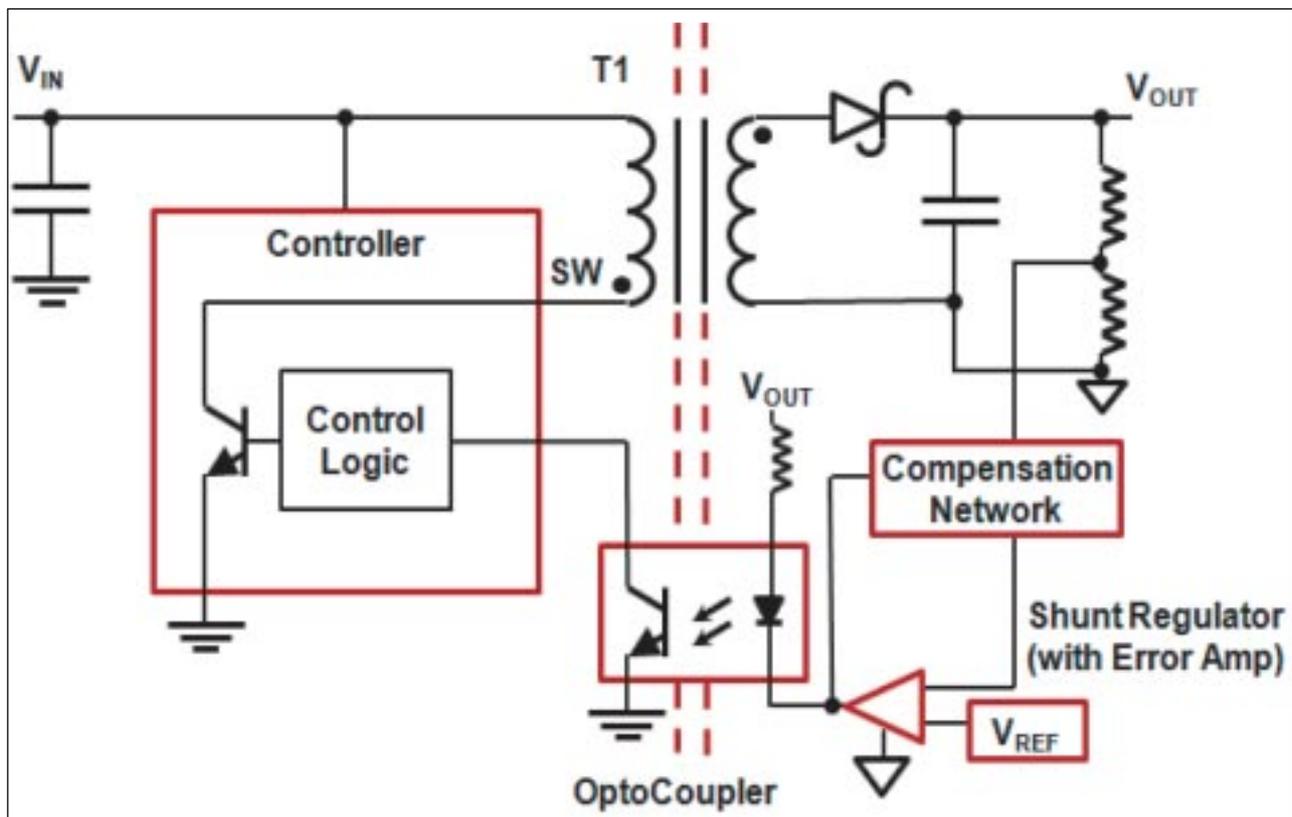
數位隔離器提供另一種設計 2 瓦隔離型 DC-DC 電源供應器的方法

作者：Brian Kennedy/ADI 應用工程師

本文探討了多種設計 2 瓦隔離型 DC-DC 電源供應器的方法。這包括具有內建回授的隔離型交換式穩壓器的相關資訊。凡是想要在工作溫度範圍很大的情況下提高輸出電壓準確度，又不想為了穩定控制迴路，增加設計補償網路複雜度的電源供應器設計人員，便可以運用這些資訊。隔離型 DC-DC 電源供應器的功能，是在二次側提供一個穩定的直流電壓。設計良好的閉迴路電源供應器需提供良好的負載穩壓和暫態響應，這是穩定直流輸出電壓的原

則。許多隔離型的閉迴路設計是在功率開關所在的一次側使用控制器，並且必須從二次側才能得到隔離輸出電壓的資訊。若能在二次側使用控制器，將會更容易地檢測出二次側的輸出電壓，但是就需要加入二次側啟動電壓電路，還要為驅動一次側開關提供隔離，變得很複雜。用一次側控制器的簡潔性就是為什麼大多數的設計都這麼做。本文將重點放在隔離式 DC-DC 轉換器的隔離輸出電壓資訊，偵測這些資訊的不同方法，以及這些方法的局限性。

圖 1：內建光耦合器回授的一次側控制器



內建光耦合器回授的一次側控制器

傳統的隔離型 DC-DC 電源供應器設計，採用一顆光耦合器來做隔離的回授，以及一顆分路穩壓器來做二次側誤差放大器和參考電壓。內建光耦合器回授的一次側控制器拓撲是一種返馳(flyback)轉換器，如圖 1。返馳電路具有在一次側只使用一顆開關，並在二次側只使用一顆整流二極體的簡潔性。分路穩壓器提供參考電壓，由內部誤差放大器與輸出電壓的分壓進行比較。輸出會饋入光耦合器 LED 驅動電路。誤差放大器需要一個補償網路，以穩定電壓迴路，而網路的開發還需要工程時間。光耦合器 LED 電流是用分路穩壓器的輸出，並經由一顆串聯電阻器提供偏壓。所需的電流量則是根據資料手冊中描述的光耦合器電流轉移比(current transfer ratio, CTR)特性值來得出。CTR 特性值是輸出電晶體電流與輸入 LED 電流的比例，並不是線性的，而且隨著零件各不相同。光耦合器通常在初始的 CTR 有個二合一的不確定性，而且經過多年使用後，或者在高功率和高密度，高溫運作的設備下，其 CTR 將會有 50% 的衰減。光耦合器在 DC-DC 電源供應器中常被視為一種平價的隔離器，其 CTR 的變動限制了電壓回授性能和有效的操作溫度

範圍。

不用光耦合器的一次側感測穩壓器

要避免使用光耦合器回授，方法之一是使用依賴一次側電流感測的交換式穩壓器。這些元件使用閉迴路返馳結構，如圖 2 所示，而其依賴一次側電流與變壓器匝數比的關係來控制輸出電壓。要間接感測來自一次側的輸出電壓，返馳電壓由一次側控制器的誤差放大器來取樣，控制器並使用回授來控制輸出電壓。

$$V_{\text{FLYBACK}} \approx (V_{\text{OUT}} + V_{\text{DIODE}}) \times (N_{\text{PRI}}/N_{\text{SEC}}) \quad (1)$$

輸出電壓並不是直接量測，而且返馳電壓(等式 1)顯示出了與二次側二極體電壓的相依性。任何二極體電壓的變化將貢獻到輸出電壓的變化。這種方法的問題在於，輸出二極體的順向偏壓會隨著負載電流和溫度而變化，並在輸出電壓上產生誤差。

具有內建回授隔離型交換式穩壓器

具有內建回授隔離型交換式穩壓器的方法，採用精密電路和一顆數位隔離器，以直接偵測和隔

圖 2：不用光耦合器的一次側感測穩壓器

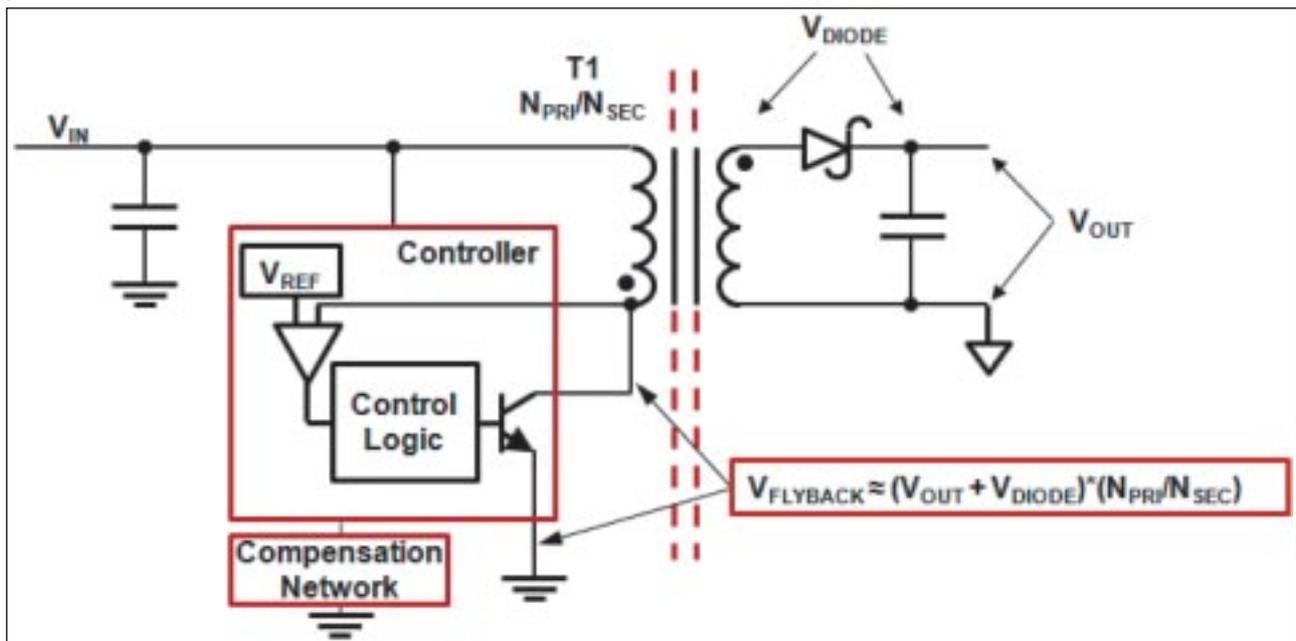
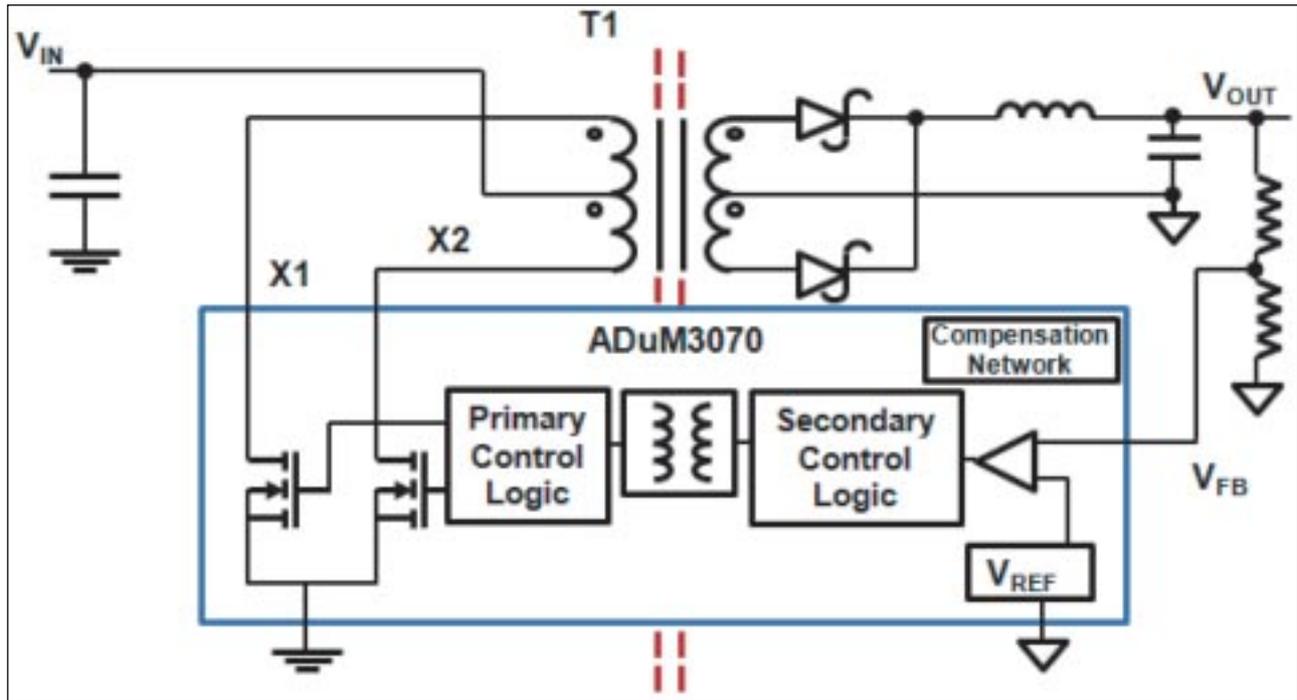


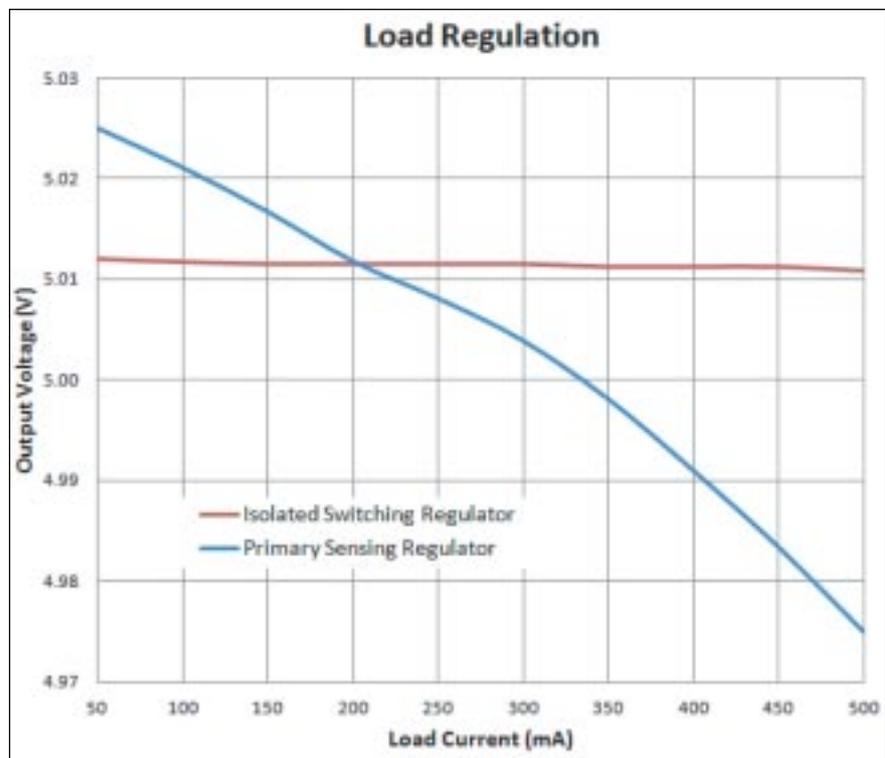
圖 3：內建回授的隔離型交換式穩壓器



離輸出電壓。這就消除了由光耦合器 CTR 的變化所造成貧弱的輸出電壓回授性能。直接感測輸出電壓可產生穩定的輸出電壓性能，不像一次側感測穩壓器是相依於二極體電壓，而此電壓又隨負載電流和溫度而改變。在圖 3 的方塊圖中，內建誤差放大器偵測輸出分壓器的電壓，而二次側的控制器使用數位隔離變壓器，來傳送脈衝寬度調變(PWM)的回授信號到一次側。一次側的邏輯電路具有閘極驅動器，以控制 X1 和 X2 開關，這反過來又控制二次側發送並通過電源變壓器的能量。隔離型交換式穩壓器用二次側控制電路，取代了光耦合器、分路穩壓器，以及在傳統返馳式電路中的補償網路。二次側控制器的啟動電路則是內化到一次側的控制邏輯，這樣使用起來更加容易。這

些功能的精密整合可削減設計外部啟動電路和補償網路的時間和精力。此外，隔離型交換式穩壓器在

圖 4：負載穩壓：隔離型交換式穩壓器對比一次側感測穩壓器



一次側有兩個內部推挽開關來驅動變壓器，儘可能減少了外部元件，而且推挽拓撲也有助於提高效率。

內建回授的隔離型交換式穩壓器，其優點可由一次側感測穩壓器的性能曲線看出來。在圖 4 中，負載穩壓特性顯示了隔離型交換式穩壓器在 50 mA 到 500 mA 的輸出電流下，具有約 1 mV 變化，接近恆定的輸出電壓。為了進行比較，在相同的負載條件下讓一次側感測穩壓器輸出的變化超過 50 mV 以上。另一個性能曲線是在圖 5，為輸出電壓的溫度性能。隔離型交換式穩壓器在寬廣的 -40°C 至 $+105^{\circ}\text{C}$ 溫度範圍下，在 5.0 V 輸出時只有 15 mV 變化。一次側感測穩壓器在相同的溫度範圍內，其輸出電壓則會有超過 120 mV 變化的差勁性能。在一次側感測穩壓器輸出電壓的變動是由於順向二極體偏壓的改變，而偏壓的改變則是由於通過二極體的負載電流，以及順向二極體電壓對溫度的相依性所造成的。最後的性能曲線是在圖 6 中的效率曲線。同樣的，隔離型交換式穩壓器在 100 mA 的輕載區可以有 80% 以上的效率，而一次側感測穩壓器在輕載區則只有 60% 的差勁效率。

內建回授的隔離型交換式穩壓器，採用精密電路和一顆數位隔離器來直接偵測並隔離輸出電壓。直接感測輸出電壓產生穩定的性能，不像一次側感測穩壓器會相依於隨負載電流和溫度而變動的二極體電壓。數位隔離器具有精密電路而不會相依於光耦合器中都有的 CTR 變動，所以可產生在很寬廣的溫度範圍內仍具有高精確度的

圖 5：溫度性能：隔離型交換式穩壓器對比一次側感測穩壓器

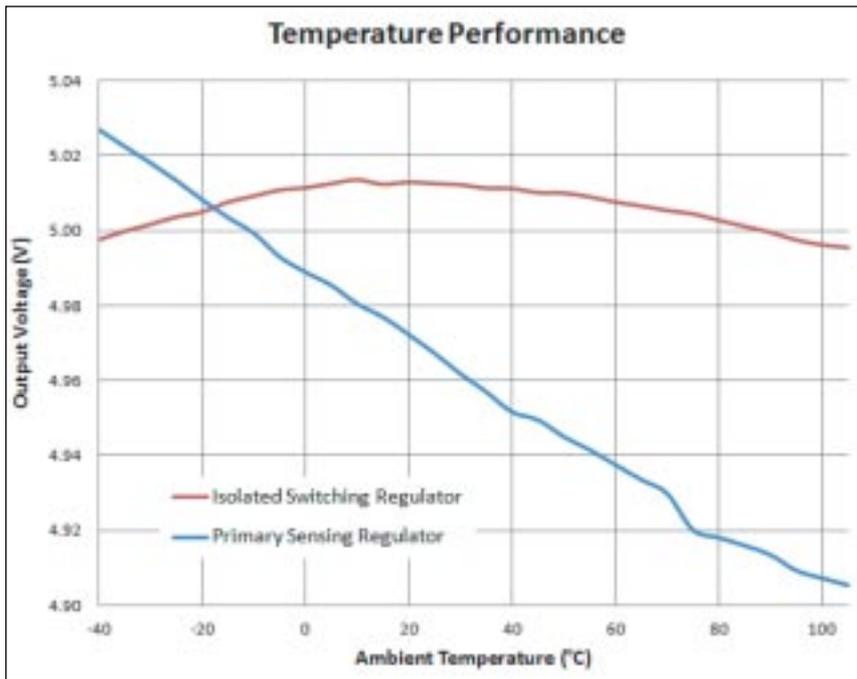
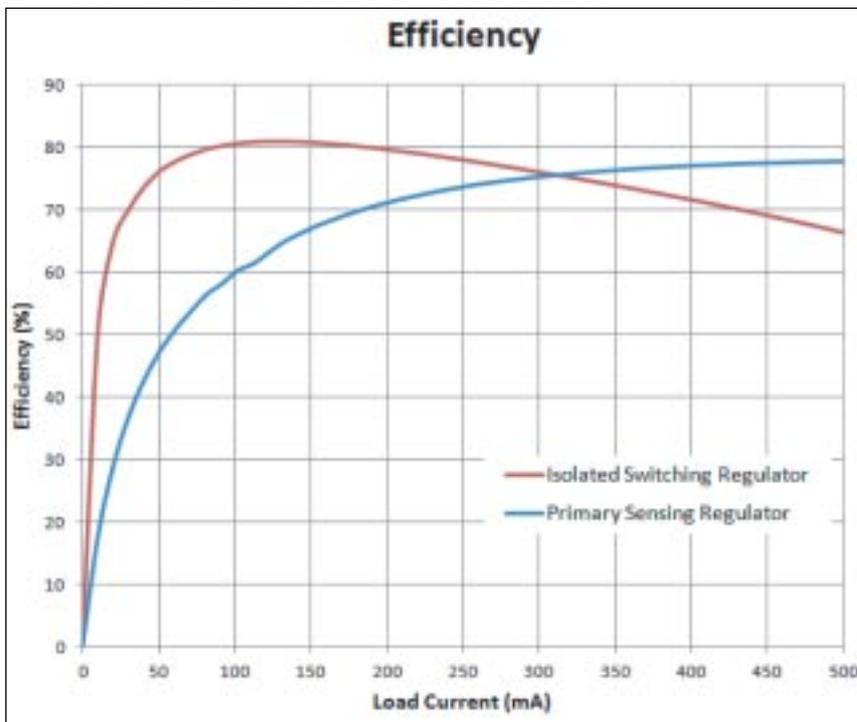


圖 6：效率：隔離型交換式穩壓器對比一次側感測穩壓器



輸出電壓。此外，這種方法整合了二次側控制器，和具有內部補償網路的誤差放大器，可顯著降低尺寸、複雜性和設計時間。CTA