

## Technical Article

# 隔離 SEPIC



John Betten

如果有人問起要使用哪種拓撲結構來實現隔離式低功耗輸出，您首先想到的很可能是返馳。儘管返馳式拓撲結構非常出色，具有成本低、元件數量少和易於增加額外輸出等優點，但它仍然存在一些缺點。與返馳式變壓器漏電感相關的場效電晶體 (FET) 和整流器振鈴會產生電磁干擾 (EMI)，增加元件應力並降低效率。此外，當有多個輸出時，特別是在負載變化較大的情況下，要獲得良好調節的電壓可能會是一項挑戰。讓我們來看看隔離單端一次電感轉換器 (SEPIC) 如何提供替代方法並緩解部分問題。

SEPIC 是一種非隔離拓撲結構。然而，和返馳一樣，您可以輕鬆地增加額外的變壓器繞組以建立隔離輸出。圖 1 的簡化電路圖顯示了一個標準 SEPIC 轉換器，在左側產生單一非隔離輸出，在右側產生兩個額外的隔離輸出。第一個隔離繞組提供額定 6V 輸出作為 5V 線性穩壓器的輸入。第二個隔離繞組堆疊在第一個繞組之上，以產生非穩壓 12V 輸出。

您希望  $V_{OUT1}$  的變壓器繞組與隔離繞組 ( $V_{OUT2}$ 、 $V_{OUT3}$ ) 之間緊密耦合，因為這些繞組中的能量同時傳輸到所有三個輸出。這些繞組之間的漏電感只會降低其電壓調節能力。然而，SEPIC 的一次繞組和  $V_{OUT1}$  繞組之間不需要緊密耦合。由於電容器  $C_{AC}$  在升壓 FET 關斷時提供了一條低阻抗路徑，可將能量洩漏到  $V_{OUT1}$  中，因此存在最小的 FET 振鈴。由於 SEPIC 的一次繞組電壓波形的振鈴比返馳少得多，因此可以改善輸出電壓調節，特別是在經常發生尖峰峰值偵測的極端交叉負載條件下。

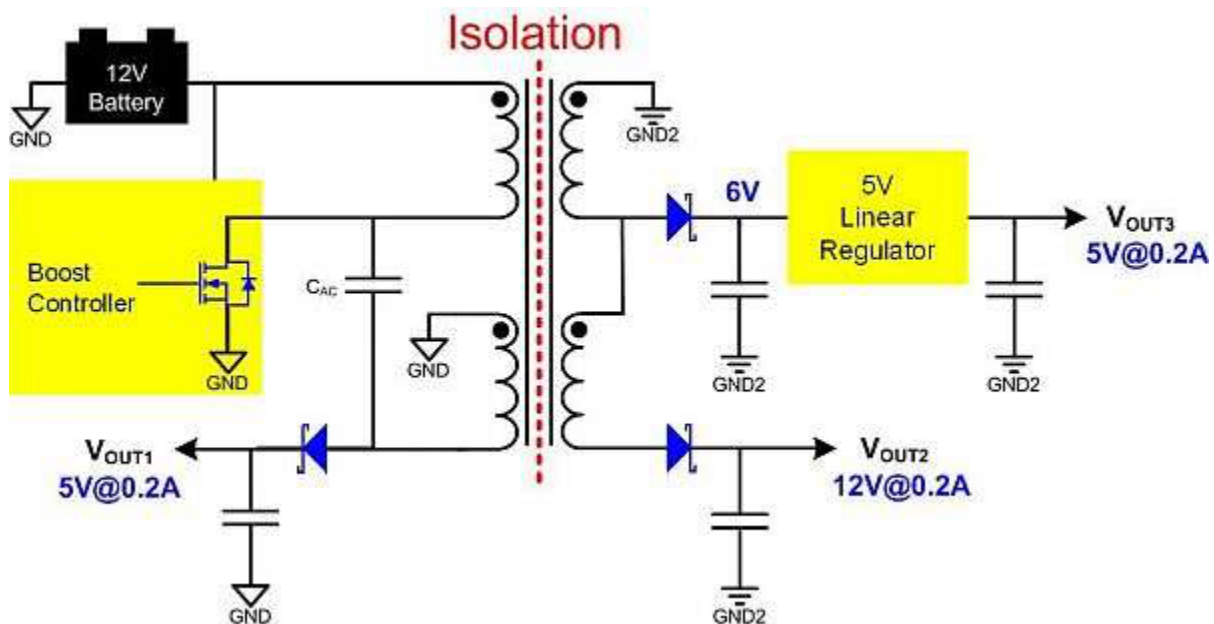


图 1. 配備額外繞組，可提供隔離輸出的 SEPIC 轉換器。

與所有 SEPIC 一樣，一次側和  $V_{OUT1}$  之間的匝數比必須為 1:1。然而，所有其他輸出都不受此匝數比的限制，您可以調整它們以提供任何所需的輸出電壓，您可以使用 [方程式 1](#) 輕鬆計算：

$$\frac{N_x}{N_1} = \frac{V_{OUT\ x} + V_{diode\ x}}{V_{OUT\ 1} + V_{diode\ 1}} \quad (1)$$

图 2 顯示了 SEPIC 和返馳之間的 FET 電壓振鈴差異。只需移除  $C_{AC}$  即可從 SEPIC 電路中獲得返馳 FET 電壓波形，從而將其轉換為返馳。消除 FET 上的振鈴可大幅減少傳導至隔離輸出的未耦合能量，從而改善穩壓情形。

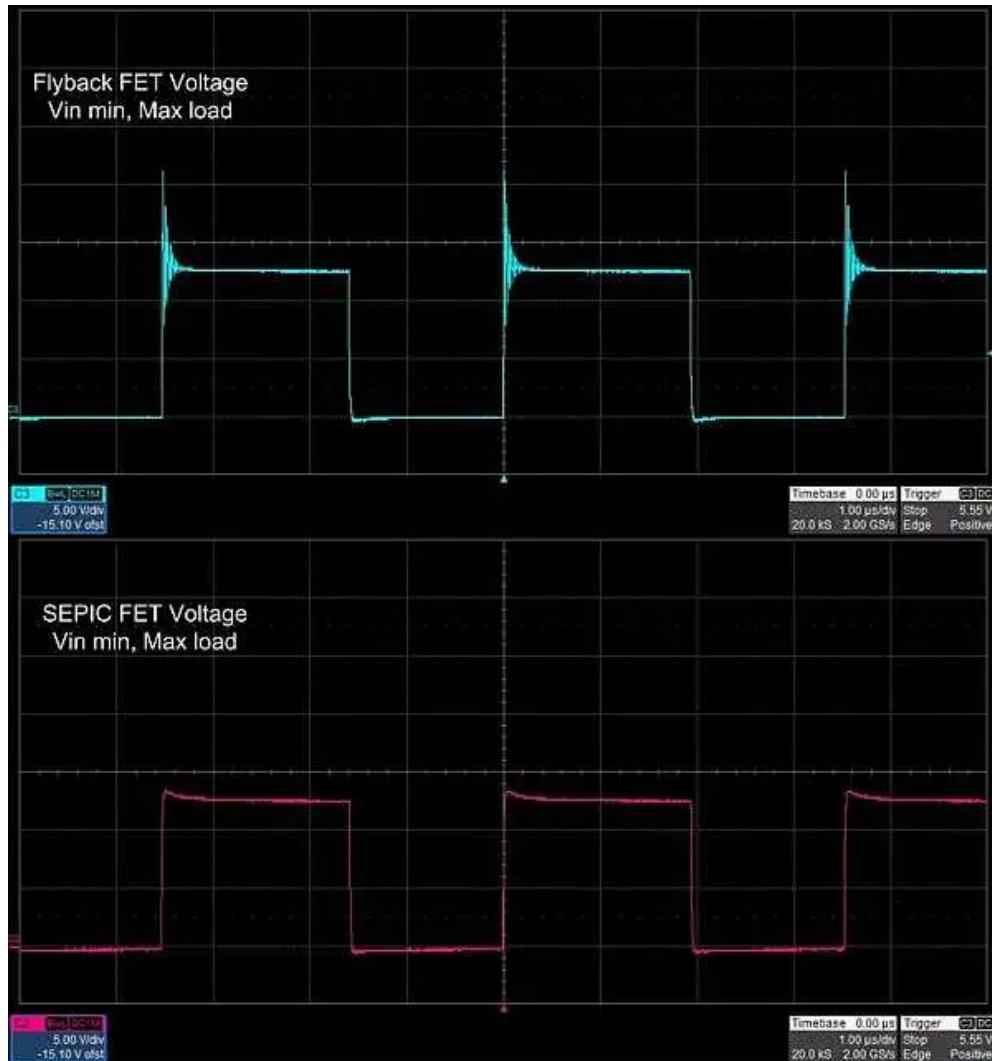


图 2. SEPIC FET 上的電壓振鈴比返馳少，可降低應力並改善輸出電壓調節。

图 3 所示為獲取图 4 中調節資料的測試電路圖，而图 5 所示為實際硬體的圖片。此設計使用一次側反饋來調節  $V_{OUT1}$  上的電壓。隔離輸出需仰賴緊密的變壓器耦合和小預負載的組合，來獲得合理的電壓調節。由於線性穩壓器保持隔離的 5V 輸出恆定，因此其最小和最大輸入是首要關注的問題。如果線性穩壓器的輸入過低，則輸出電壓可能會下降。相反的，如果線性穩壓器的輸入太高，多餘的功率就會耗散。

隔離輸出的調節資料表明，在極端交叉負載條件下，會出現最壞情況的最小和最大電壓。您可以看到隔離繞組在  $V_{OUT1}$  空載時處於最大負載時的最小電壓。隔離繞組上的最大電壓則出現在空載且  $V_{OUT1}$  處於最大負載時。根據測試資料，我測得調節變化小於  $\pm 4\%$ 。儘管這些結果並不代表所有設計，但它們表明類似的設計可以合理地實現  $\pm 5\%$  的電壓調節，而返馳更有可能至少高出幾個百分點。

正如 Brian King 在 [用電訣竅 #78](#) 中所述，透過實作同步整流器可以大大改善返馳的交互調節。然而，這種改進需要使用成本更高的 FET 和額外的驅動電路。您可以將相同的技術應用於隔離式 SEPIC 轉換器，但非隔離輸出的整流器也需要同步。我在先前的 [TI 部落格文章](#) 介紹了如何輕鬆實作同步 SEPIC。

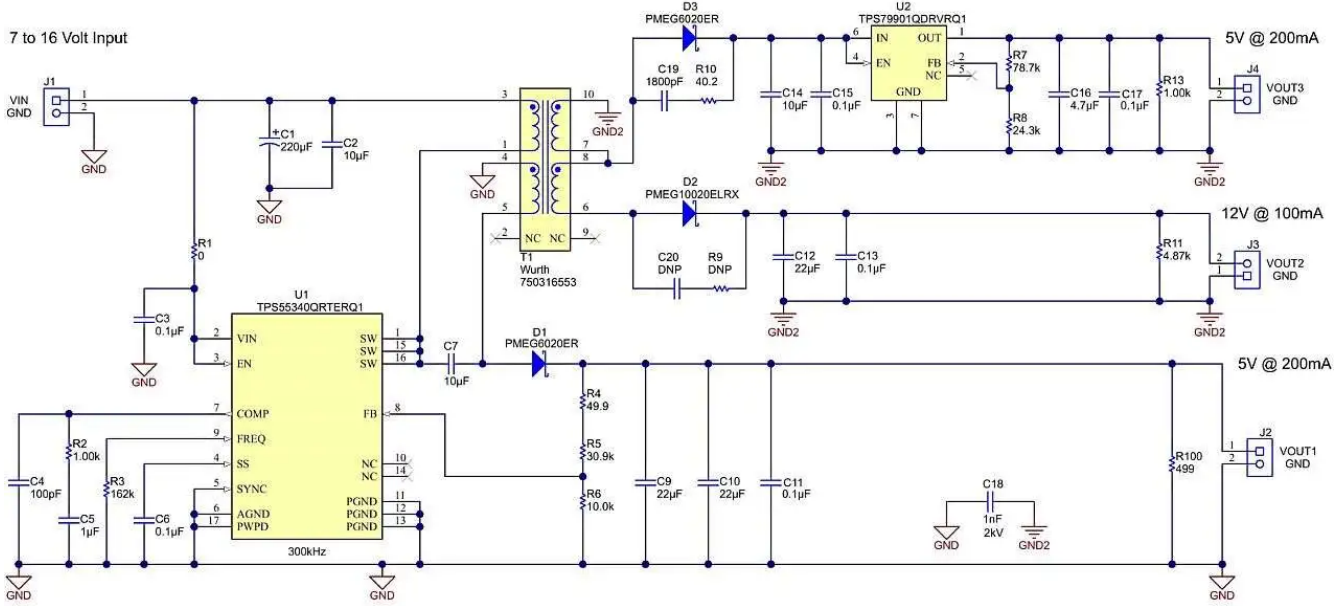


图 3. 具有雙隔離輸出的實際 SEPIC 設計。

Voltage Regulation Data								
VIN (V)	VOUT 5V #1 (V)	IOUT 5V #1 (mA)	LDO In (V)	LDO out (V)	IOUT LDO (mA)	VOUT 12V (V)	IOUT 12V (mA)	
No Load Conditions								
7	5.04	0	6.07	5.06	0	11.88	0	
12	5.04	0	6.08	5.06	0	11.88	0	
16	5.04	0	6.08	5.06	0	11.89	0	
Full Load Conditions								
7	5.04	200	5.96	5.06	200	11.78	100	
12	5.04	200	6.02	5.06	200	11.85	100	
16	5.04	200	6.03	5.06	200	11.86	100	
Cross Loading								
7	5.04	0	5.77	5.06	200	11.39	100	
7	5.04	200	6.23	5.06	0	12.14	0	
12	5.04	0	5.82	5.06	200	11.46	100	
12	5.04	200	6.24	5.06	0	12.13	0	
16	5.04	0	5.86	5.06	200	11.54	100	
16	5.04	200	6.24	5.06	0	12.12	0	
			6.005	High/Low Avg (V)			11.765	High/Low Avg (V)
			-3.91	Percent Low (%)			-3.19	Percent Low (%)
			3.91	Percent High (%)			3.19	Percent High (%)

图 4. 測得的電壓調節資料。

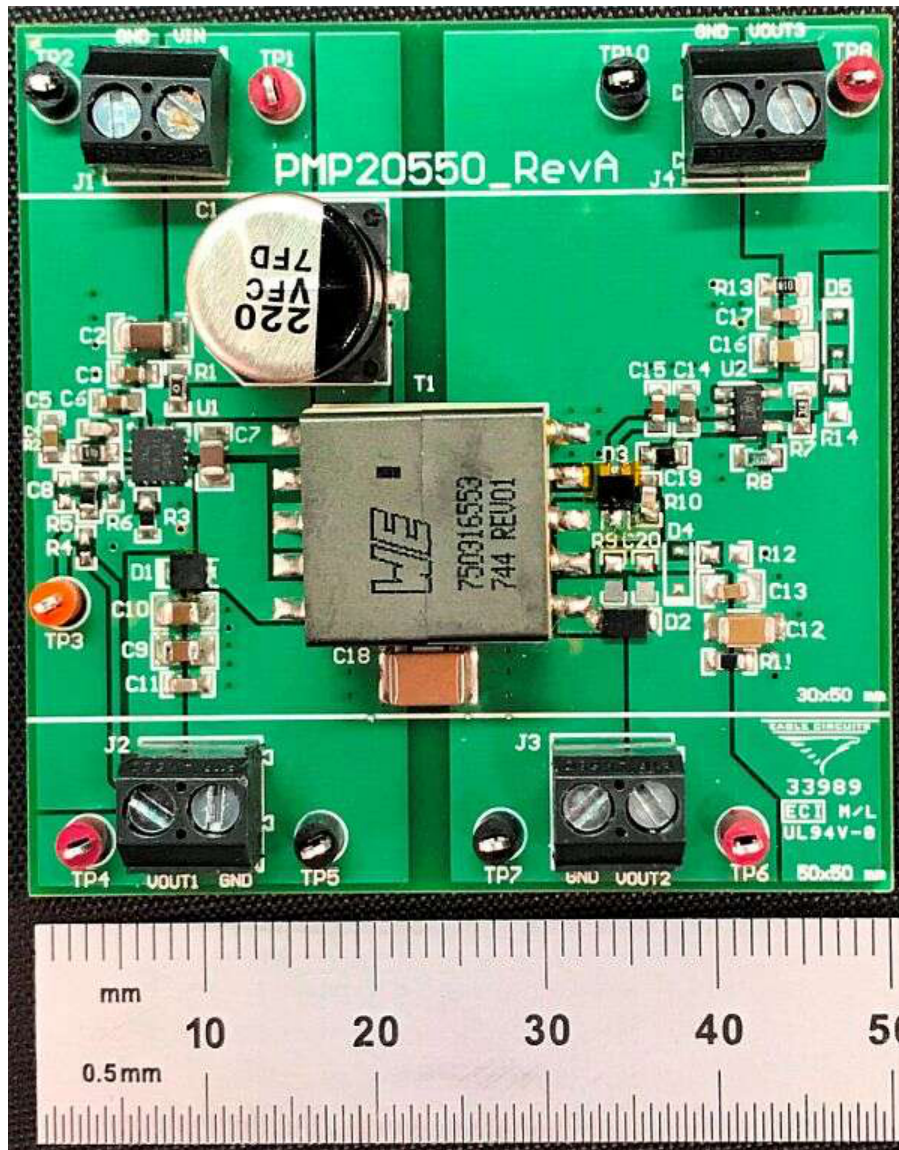


图 5. 原型电路硬體。

隔離式 SEPIC 轉換器可能不是您增加隔離輸出電壓的首選，但是它比返馳具有更高的抗漏電感相關振鈴能力，從而可以改善輸出電壓調節。這可以消除額外的後期調節需求，從而節省成本。

請至 Power House 查看更多 TI 的用電訣竅。

#### 相關文章

- [你知道嗎：未充分利用的 SEPIC 表現優於返馳式拓撲結構](#)
- [SEPIC/Ćuk 轉換器發展出第二個輸出](#)

先前發佈於 [EDM.com](#)。

## 重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated