

應用手冊

使用推挽變壓器來隔離12 V 應用中的電源



HCT 系列

介紹

DC-DC 轉換器可以透過高頻開關和能源儲存元件，例如感應器和電容器，來產生高效能電路。DC-DC 轉換器包括許多高壓應用，例如超高容量能源庫、馬達驅動器、高壓電池系統和太陽能轉換器。

DC-DC 轉換器是電源設計的重要元素，主要用來將電壓從一個電平「調節」到另一個電平，亦即，它們可以提高電壓或降低電壓。推挽式 DC-DC 轉換器在需要電流隔離的電動汽車應用中變得越來越普遍。它們不僅效能高、產生低的 EMI 輻射，且佔用空間小。推挽式配置可用於對電池管理系統 (BMS)、車載充電器和牽引轉換器提供電力，還可以将高壓電路與低壓電路做隔離，因此對汽車應用極具吸引力。

本應用手冊將解釋為什麼 Bourns® Model HCTSM8 系列變壓器是隔離 DC-DC 轉換系統內電源的優異解決方案。它將說明推挽拓撲的優點，以及 HCTSM8 變壓器是如何透過為絕緣閘雙極性電晶體提供偏壓的方式來進行電壓的隔離。

Bourns® HCT 變壓器可與德州儀器公司的 SN6501 和 SN6505B 變壓驅動器搭配使用，而且有一個最大工作電壓為 5V 的隔離電壓源。理論上，HCTSM8 系列可在更高的電壓下運行。本應用手冊將說明如何使用 SN6501 IC 芯片來實現這點。這個解決方案提及了在變壓器和 SN6501 之間插入一對場效電晶體，用以保護晶片以免遭受指定設計限制內的高電壓擊穿。

使用推挽變壓器來隔離12 V 應用中的電源



HCT 系列

推挽式轉換器背景

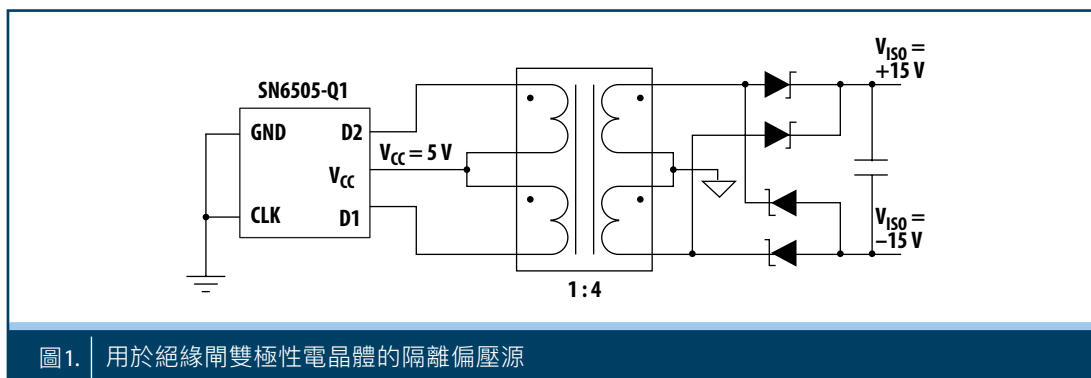


圖1. 用於絕緣閘雙極性電晶體的隔離偏壓源

圖1顯示一個典型應用電路，使用推挽式變壓器來產生正負15 V 的電壓用以打開和關閉絕緣閘雙極性電晶體。這種電源供應的一個缺點是輸入電壓將被限制為 5 V，也就是說，這樣的電路無法應用在5 V 以上輸入電壓（例如 12 V或24 V）的應用範圍。

DC-DC 轉換器是工業應用環境的必需品，例如做為介面/總線隔離和數位電路的隔離。12 V 是常見的工業電壓，建議應用於通訊介面系統中的 DC-DC 2 對1的12 V 電壓源。在這裡，DC-DC 轉換器系統將在信號隔離單元和收發器單元之間提供電流隔離。

推挽式轉換器是效能非常高的雙開關拓撲。它需要一個變壓器，因此它在每個開關週期將功率從初級傳輸到次級。圖2 顯示了開關的操作。當開關 M1 閉合時，電流會流過線圈 L1。

同時，電流流過線圈 L4，且二極管 D4 導通。當 M2 閉合且M1打開時，則相反；電流流過 L3，且 D1 開始透過 L3 傳導。值得一提的是，有一個空滯時間，兩個開關都會關閉，以避免發生短路。

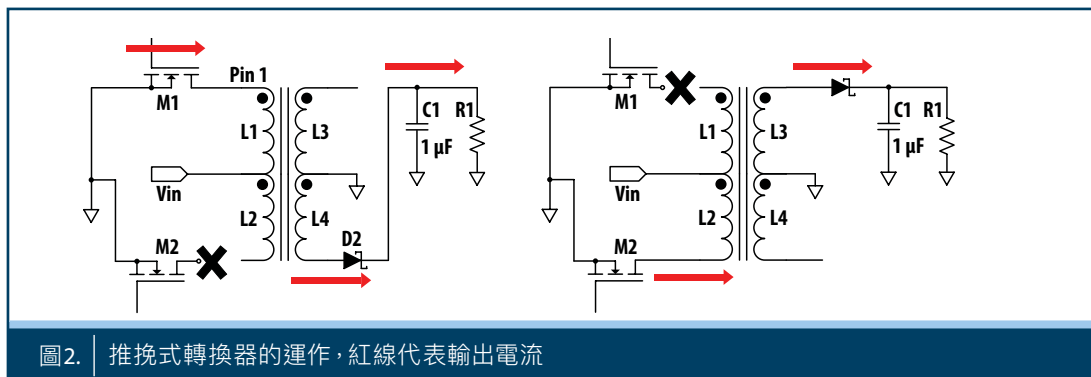


圖2. 推挽式轉換器的運作，紅線代表輸出電流

使用推挽變壓器來隔離12 V 應用中的電源



HCT 系列

電氣和機構上的優點

Bourns® HCT 系列變壓器有許多電氣與機構上的優點。例如，它們在穩定的輸入和輸出電流下提供高效能。串聯的推挽式變壓器設計用於開環路配置，因此它不需要反饋，從而可以簡化設計。此外，變壓器提供良好的磁芯利用率，因為它從兩個半開關週期中去汲取電流。除此之外，由於推挽式轉換器的平衡配置，它的EMI輻射是低的。這個特色對EMI受到嚴格規定的汽車應用是個優點。

說到機構的優點，HCT 系列尺寸小，且採用高間隙和高漏電距離設計。它的創新設計使漏電距離最大化。變壓器的磁芯位於一個特殊的小殼中，可增加電流在初級和次級之間的流動路徑的長度。對佔用空間較小的變壓器來說，漏電距離就相似於大尺寸的反激式變壓器。

電路說明

如圖3所顯示的電路圖，場效電晶體位於變壓器初級線圈和TI SN6501元件的內部場效電晶體的汲極之間。場效電晶體將保護晶片免遭受高於5 V的電壓，同時不影響電路的效能。輸入電壓供應經過線性穩壓器提供一個穩壓給 SN6501 驅動器，而一個單獨的電壓源則是提供一個偏壓給場效電晶體的閘極。

閘極電壓被設定為5 V，以盡量提高效能。閘極電壓越高，所產生的汲極電流越高，且需要從輸入電壓源汲取更多電流。此外，建議謹慎選擇低輸出電容和低輸出電阻(on)的場效電晶體。如果場效電晶體的輸出電容過大，會造成SN6501元件的汲極電壓會開始上升，這種現象可能會損壞晶片。由於場效電晶體處於連續導通狀態，因此必須選擇低輸出電阻(on)的場效電晶體。輸出電阻(on) 越低，電路的效能越高。

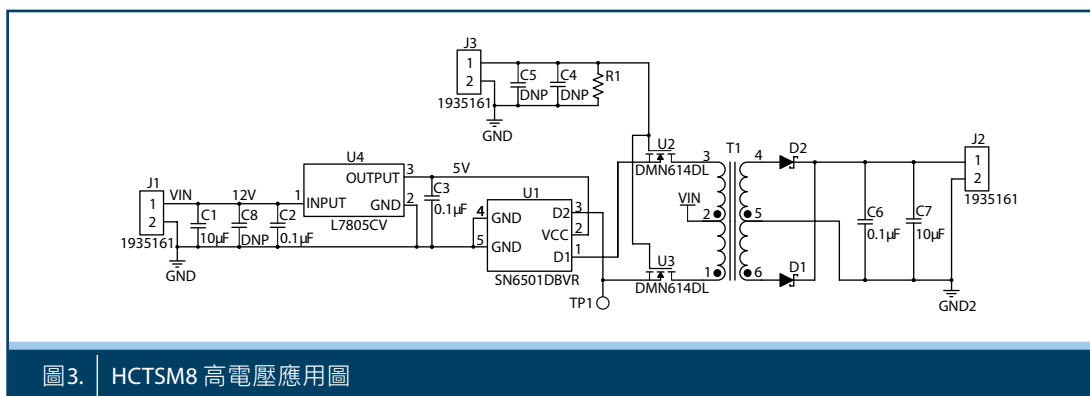


圖3. HCTSM8 高電壓應用圖

使用推挽變壓器來隔離12 V 應用中的電源



HCT 系列

電路說明 (續)

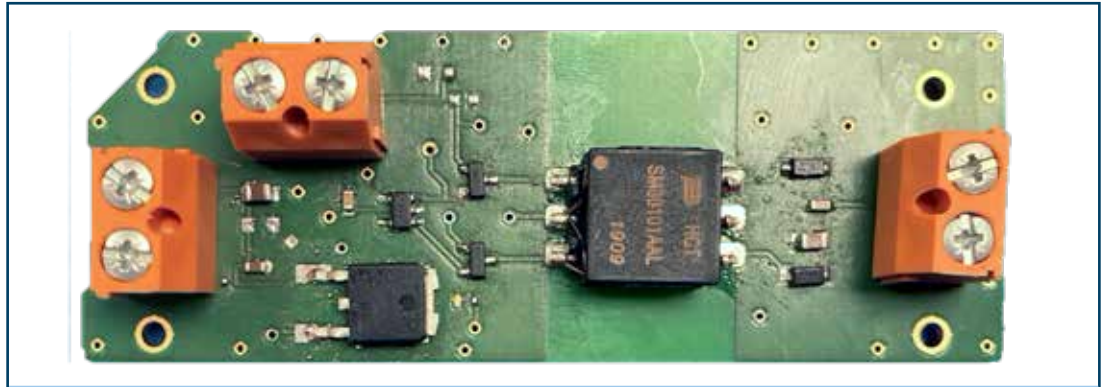


圖4. HCTSM8 板

Bourns 在內部的磁性設計中心使用直流電源供應器、直流電子負載和示波器來進行電路測試。表1 列出所使用的設備。變壓器的匝數比和所施加的輸入電壓決定輸出電壓。且使用了兩個匝數比各別為1:1和2:1的不同變壓器進行測試。在整個測試中，所施加的輸入電壓為12 V和15 V。下一節說明Bourns內部測試的結果。

表1. 設備

設備	製造商	部件編號
示波器	LeCroy	WaveACE101
直流電源供應器	Powerbox	PB3100
直流負載	BK Precision	8540
數位萬用表	Fluke	179

Bourns 電路測試結果

Bourns 的工程師使用同一個變壓器進行兩個測試，但匝數比各為1:1 和2:1 的變壓器。電路測試的設定如上一節所述。



圖5. 測試設定

使用推挽變壓器來隔離12 V 應用中的電源



HCT 系列

匝數比1:1 配置的 HCTSM8系列變壓器

測試1使用匝數比1:1的配置，並在15 V 的輸入電壓下測試變壓器。圖6顯示電路在0-100 mA 負載電流下的效能。最佳效能出現在100 mA 的最大負載電流下。為了提高效能，設計人員應選擇低輸出電阻(on)的場效電晶體，以盡量減少功率損耗，因為場效電晶體始終處於導通狀態。

圖7 顯示輸出電壓與負載電流的關係。隨著負載電流增加，輸出電壓仍然保持相對穩定，且不會低於14.5 V。由於沒有使用閉迴路控制或使用線性穩壓器，因此隨著負載電流幅度增加，輸出電壓會略為下降，這是正常的。

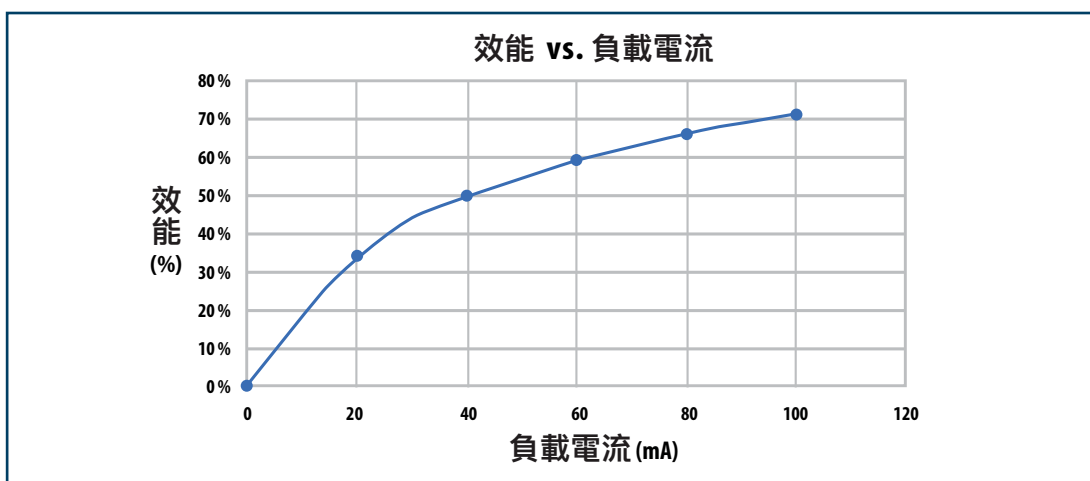


圖6. HCT系列匝數比1:1 效能 vs. 負載電流圖

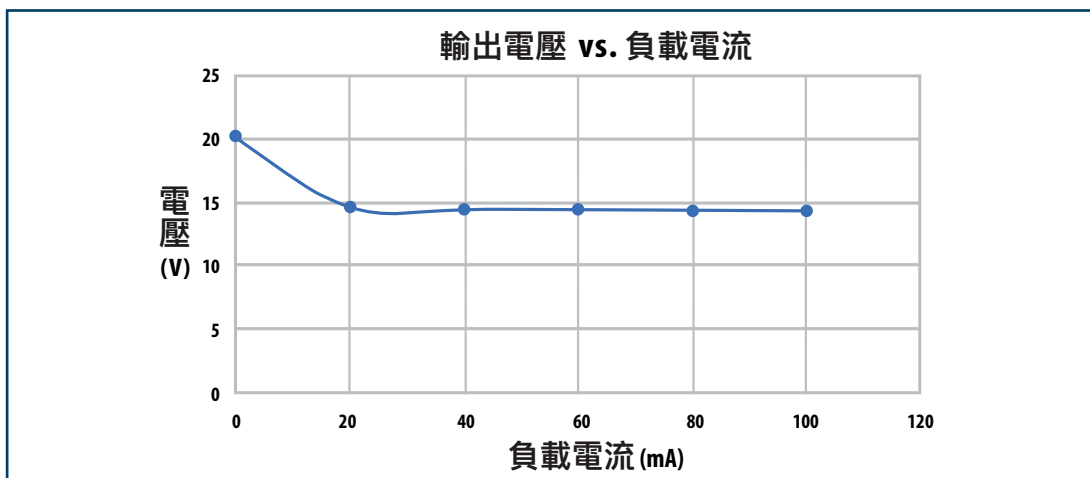


圖7. HCT系列匝數比1:1 輸出電壓 vs. 負載電流圖

使用推挽變壓器來隔離12 V 應用中的電源



HCT 系列

匝數比2:1 配置的 HCTSM8系列變壓器

第二個測試使用了相同的變壓器但匝數比為2:1。所施加的輸入電壓為12 V，非常類似通訊電源中的12 V 電源。隨著負載電流從 0-300 mA 逐漸增加，結果也被記錄下來。這個測試的效能結果類似前一個測試，圖 8 說明最高效能出現在最大負載電流下。此外，圖9 顯示輸出電壓會隨著負載電流而略微減小。

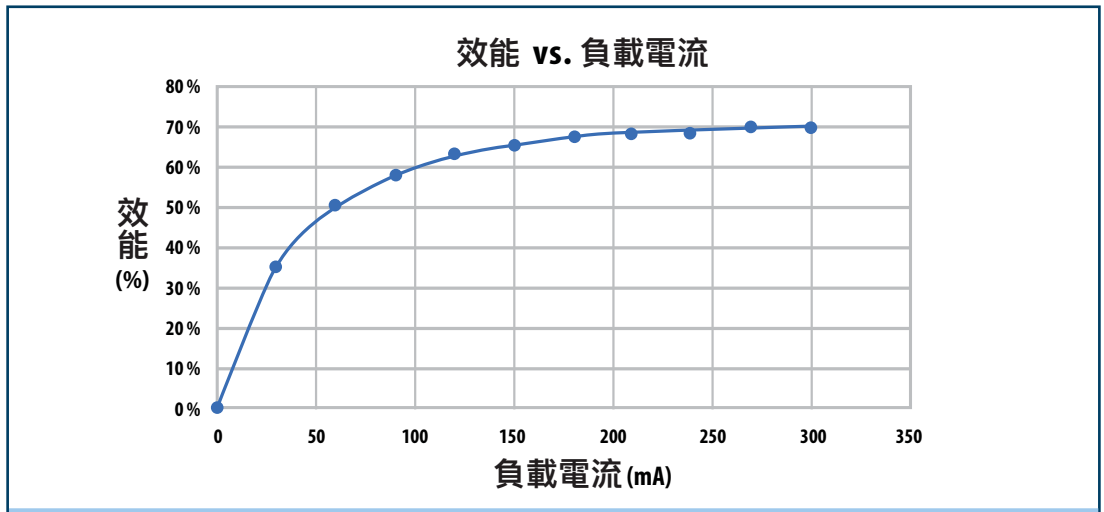


圖8. HCT系列匝數比2:1 效能 vs. 負載電流圖

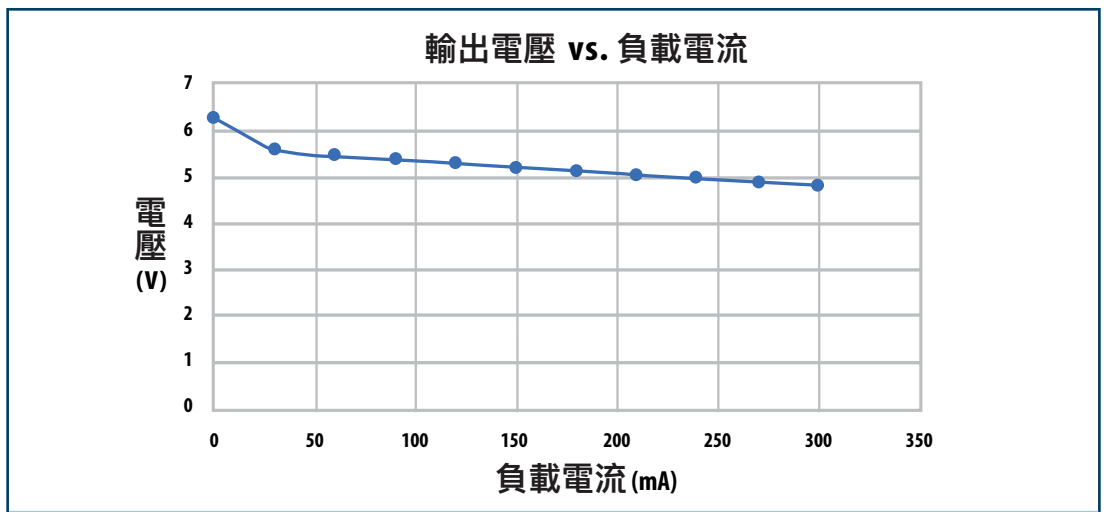


圖9. HCT系列匝數比2:1 輸出電壓 vs. 負載電流圖



HCT 系列

結論

測試結果顯示了兩個推挽式電路都有足夠的性能。它們亦顯示了添加入場效電晶體對效能幾乎沒有影響，但選擇低輸出電阻(on)的場效電晶體仍然很重要，否則效能會減低。所建議的電路顯示TI SN6501 晶片可在高於5 V的電壓下使用。所提供的例子亦顯示Bourns® HCTSM8系列變壓器搭配TI SN6501驅動器是隔離通訊系統中12 V 電源總線或絕緣閘雙極性電晶體開關之電源的理想解決方案。

參考

[1] A. Kamath, "Push-pull converter simplifies isolated power supply design in HEV/EV systems" Analog Design Journal, Texas Instruments, accessed 13/11/2020, < https://www.ti.com/lit/an/slyt790b/slyt790b.pdf?ts=1605253120349&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F >.

[2] C. Sheehan, "How to Select the Right Reinforced Transformer for High Voltage Energy Storage Applications," Application Note, Bourns Electronics, accessed 13/11/2020, < https://www.bourns.com/docs/technical-documents/technical-library/inductive-components/application-notes/bourns-hct-series-transformer-app-note.pdf?sfvrsn=86ff43f6_12 >.

www.bourns.com

BOURNS®

美洲: 電話 +1-951 781-5500
Email americus@bourns.com

歐洲、中東和非洲: 電話 +36 88 885 877
Email eurocus@bourns.com

亞太地區: 電話 +886-2 2562 4117
Email asiacus@bourns.com