

Technical Article

讓升壓轉換器發揮更大效用



John Betten

升壓轉換器可透過較低的輸入電壓提供較高的輸出電壓。若要取得最大程度的「升壓」，必須將操作占空比最大化。

升壓控制器的最大連續占空比具有限制，其在較低切換頻率下通常最高。若您超過此最大占空比，則會發生脈衝略過，這通常會造成損害且應加以避免。許多控制器皆在 80% 至 90% 範圍內具有最大占空比，若以極低切換頻率運作，可能會提昇數個百分比。低切換頻率需要較大的元件和更大的電路板面積。不過即使以低切換頻率運作，可能仍無法取得足夠的升壓。那我們應該怎麼辦？

圖 1 顯示傳統升壓轉換器功率級的簡化電路圖。其主要優點是低元件數、標準電感器，以及簡易低側升壓控制器的實作能力。不過，這種基本升壓的主要限制，在於若假設最大占空比為 90%，則只能提供 10 對 1 的最大升壓比。若需要更多升壓，您可嘗試使用具有電荷泵倍頻器的返馳或升壓轉換器。新增至升壓的電荷泵對於低輸出電流十分有利，但實作時需要額外元件。選擇返馳也是合理的解決方案。不過，即使是更簡易的解決方案，其變壓器針腳較少，匝比和洩漏電感也較低。

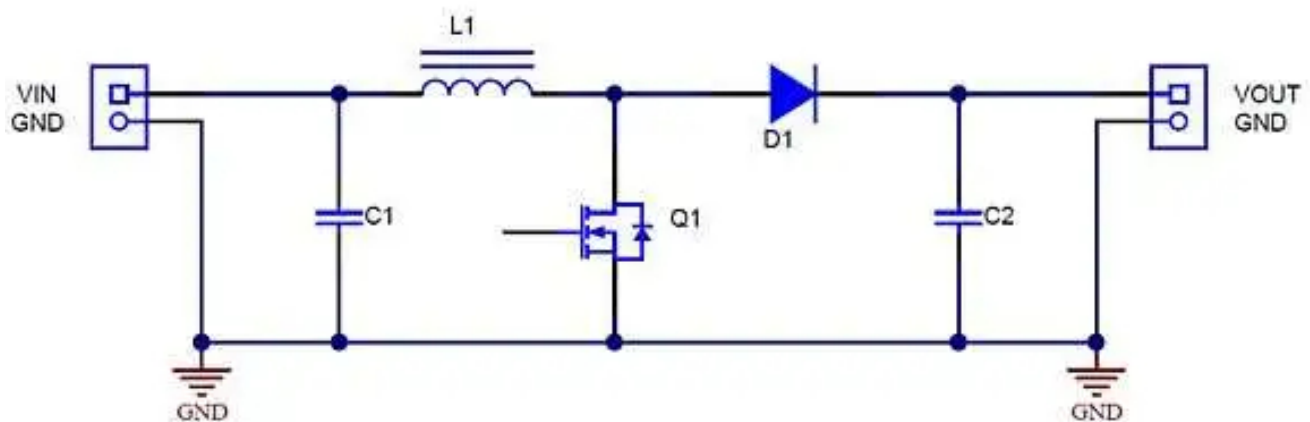


圖 1. 傳統單一電感器升壓轉換器功率級。

圖 2 顯示自動變壓器升壓轉換器。其會使用位於同個核心的兩個串聯連接繞組，作為無隔離的變壓器。將一次繞組與二次繞組串聯，可減少與返馳相比所需的匝比，且所需的針腳也較少。

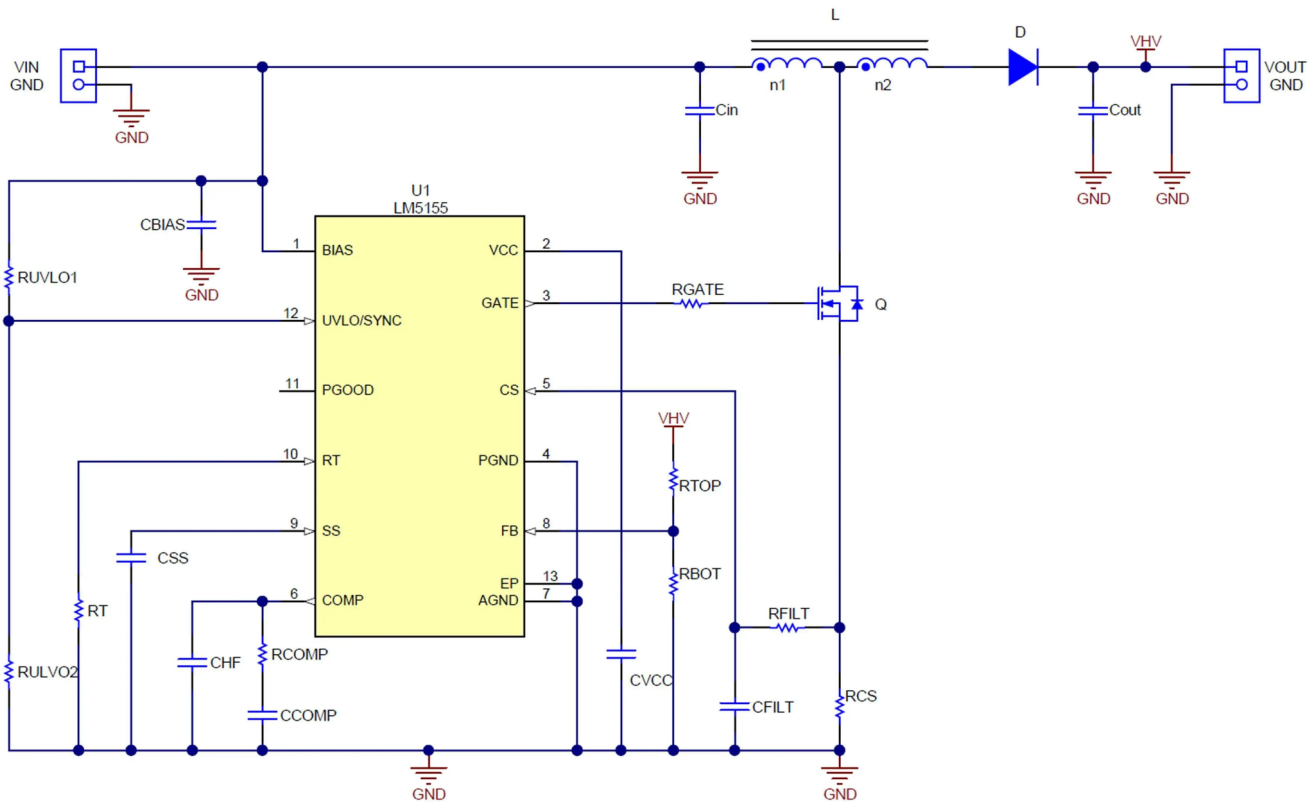


圖 2. 自動變壓器升壓轉換器提供的輸出電壓比傳統升壓更高。

方程式 1 表示指定 V_{in} 、 V_{out} 和 n_2/n_1 匝比在連續傳導模式 (CCM) 下運作的占空比 (忽略場效電晶體 [FET] 和電流感測電阻壓降)：

$$d = \frac{V_{out} - V_{in} + V_d}{\frac{n_2}{n_1} \times V_{in} + V_{out} + V_d} \quad (1)$$

您會發現到大 n_2/n_1 匝比會具有低占空比。這有利於提供更高的輸出電壓。方程式 2 可求解 V_{out} 的運算式：

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times \left(1 + d \times \frac{n_2}{n_1}\right) - V_d \times (1 - d)}{1 - d} \quad (2)$$

您會發現到若 $n_2/n_1 = 0$ ，運算式會與傳統升壓轉換器相同。因此，對於非零 n_2/n_1 匝比， V_{out} 會以 $(n_2/n_1) \times V_{in} \times d / (1 - d)$ 同等增量，因此輸出電壓可能會更高。

圖 3 會針對多個 n_2/n_1 匝比，繪製升壓比、 V_{out}/V_{in} 與占空比的比較圖，其中包括傳統升壓的零以供比較。在 90% 的占空比中，傳統升壓比為 10，而 $n_2/n_1 = 1$ 的升壓比則為 19，因此可實現將近兩倍的輸出電壓。您可輕易地使用標準耦合電感器實作 1 對 1 n_2/n_1 比率，其中多數電感器皆可隨時使用。較大的匝比可提供更高的輸出電壓。

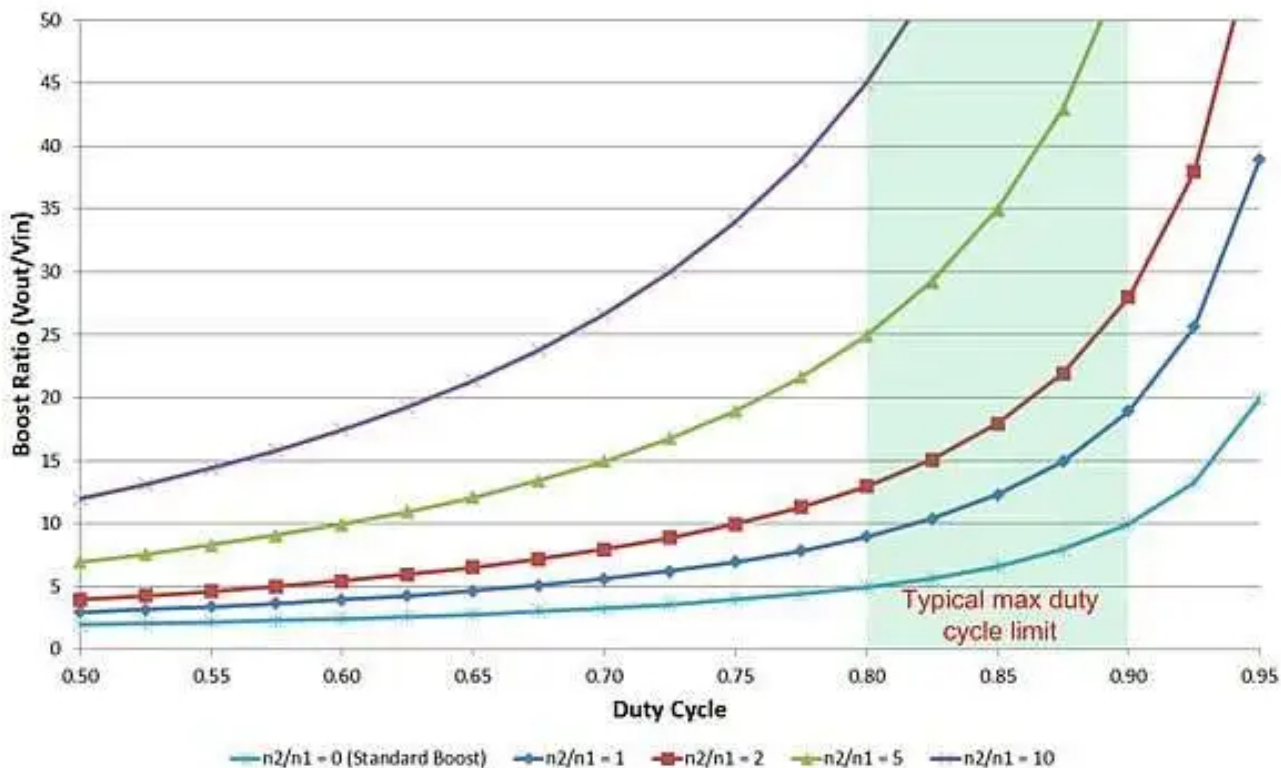


图 3. 分接電感器可減少占空比並啟用更高的輸出電壓。

您通常會根據設計規格來瞭解升壓比。最大實際占空比是由選擇的控制器，以及所需的切換頻率來決定。图 4 說明如何輕鬆判斷所需的匝比。例如，假設您需要來自 10-V 輸入的 250 V 輸出，且希望將最大占空比限制在 80%。選擇 $250\text{ V}/10\text{ V} = 25$ 的升壓比，然後遵循此數值達到藍色曲線 ($d = 0.8$)；所需的 n_2/n_1 為 5。

方程式 3 顯示關閉時 FET 的電壓應力，同時 方程式 4 顯示整流器反向電壓應力：

$$V_{fet} = V_{in} \times \left(1 - \frac{n_1}{n_1 + n_2}\right) + (V_{out} + V_d) \times \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad (3)$$

$$V_{diode} = V_{out} + V_{in} \times \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

針對上述設計範例，FET 和整流器電壓應力分別為 50 V 及 300 V。FET 電壓應力遠低於傳統的升壓，後者約為 250 V。由於會產生洩漏電感，因此可能需要電阻器電容器減震器來減少振鈴。

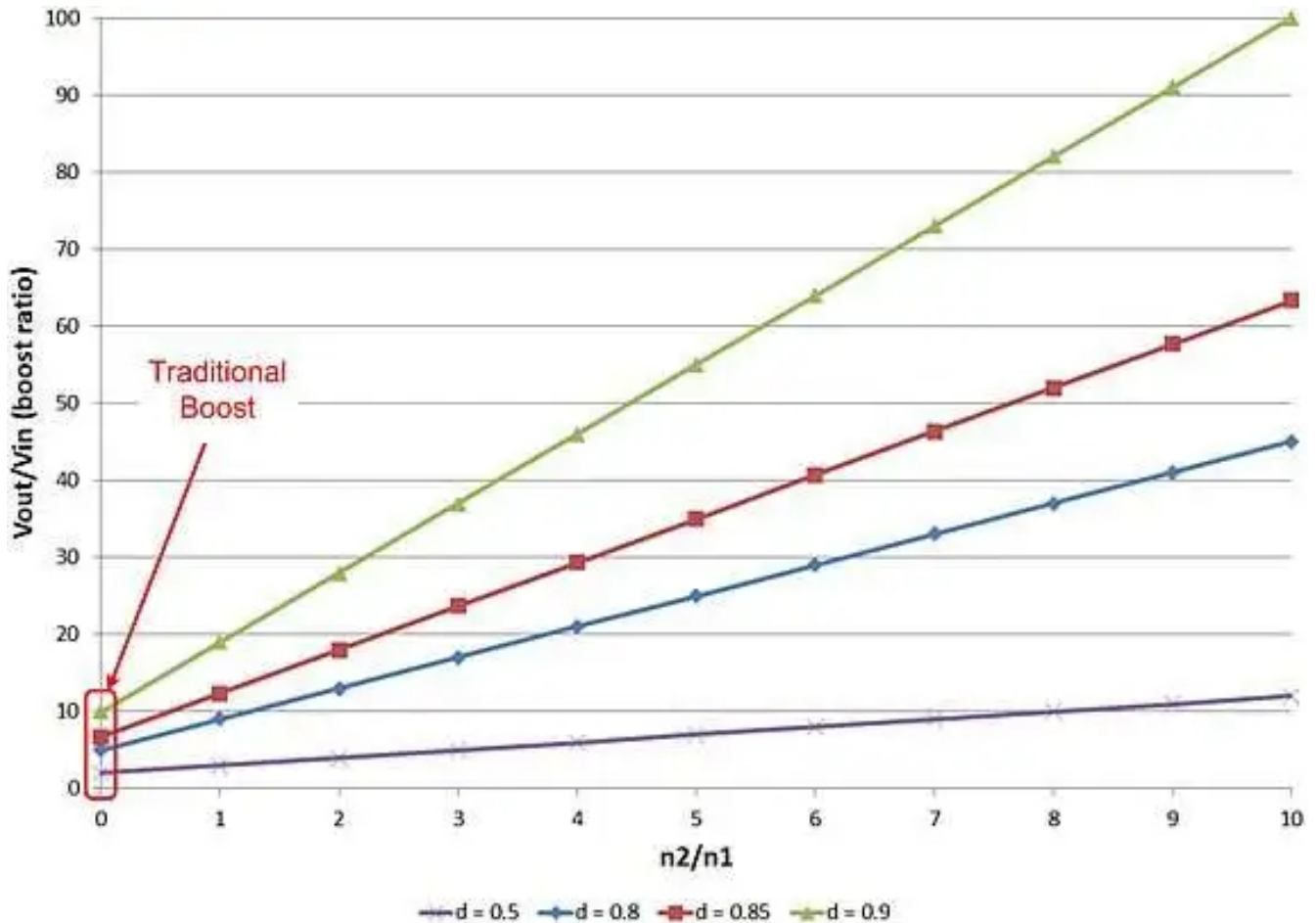


图 4. 選擇您的升壓比與最大占空比，以決定所需的匝比。

在 CCM 升壓轉換器中實作自動變壓器有幾個優點。只需增加繞組，即可使輸出電壓盡可能增加至超過傳統升壓轉換器的電壓。其可降低操作占空比、支援更高的切換頻率、更小的元件尺寸，以及更低的 FET 電壓。減少佔空比也可提供更廣泛的控制器選擇，這些控制器以往在傳統升壓轉換器中執行時，無法在足夠高的佔空比下運作。

如需其他用電訣竅，請參閱 Power House 上的 TI 用電訣竅部落格系列。

相關文章

- [保護升壓轉換器](#)
- [小巧的微控制器可裝載雙 DC/DC 升壓轉換器](#)
- [使用微控制器來設計升壓轉換器](#)
- [用電訣竅 #77：設計 CCM 返馳式轉換器](#)
- [用電訣竅 #87：如何設計高電壓 DCM 反相電荷幫浦轉換器](#)

先前發佈於 [EDN.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