

Application Brief

如何進行電源供應設計 – 第 3 部分



Markus Zehendner

此拓撲系列的第 2 部分討論如何從電源供應器規格的參數中選擇最適合的拓撲。此應用簡介描述降壓、升壓及降壓升壓拓撲的不同深入層面。

降壓轉換器

圖 1 說明非同步降壓轉換器的電路圖。降壓轉換器會將輸入電壓降至較低的輸出電壓。當開關 Q1 導通時，能量轉移到輸出端。

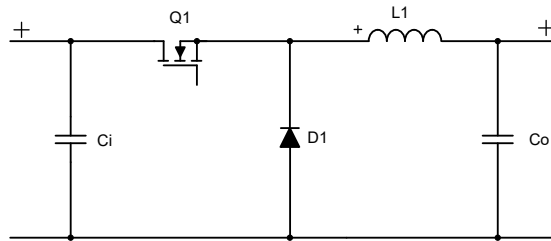


圖 1. 非同步降壓轉換器電路圖

方程式 1 計算工作週期為：

$$D = \frac{V_{OUT} + V_f}{V_{IN} + V_f} \quad (1)$$

方程式 2 計算最大金屬氧化半導體場效電晶體 (MOSFET) 應力的方式如下：

$$V_{Q1} = V_{IN} + V_f \quad (2)$$

方程式 3 最大二極體應力如下：

$$V_{D1} = V_{IN} \quad (3)$$

其中

- V_{IN} 是輸入電壓
- V_{OUT} 是輸出電壓
- V_f 是二極體順向電壓

相較於線性穩壓器或低壓降穩壓器 (LDO)，輸入電壓與輸出電壓之間的差異越大，降壓轉換器的效率越高。

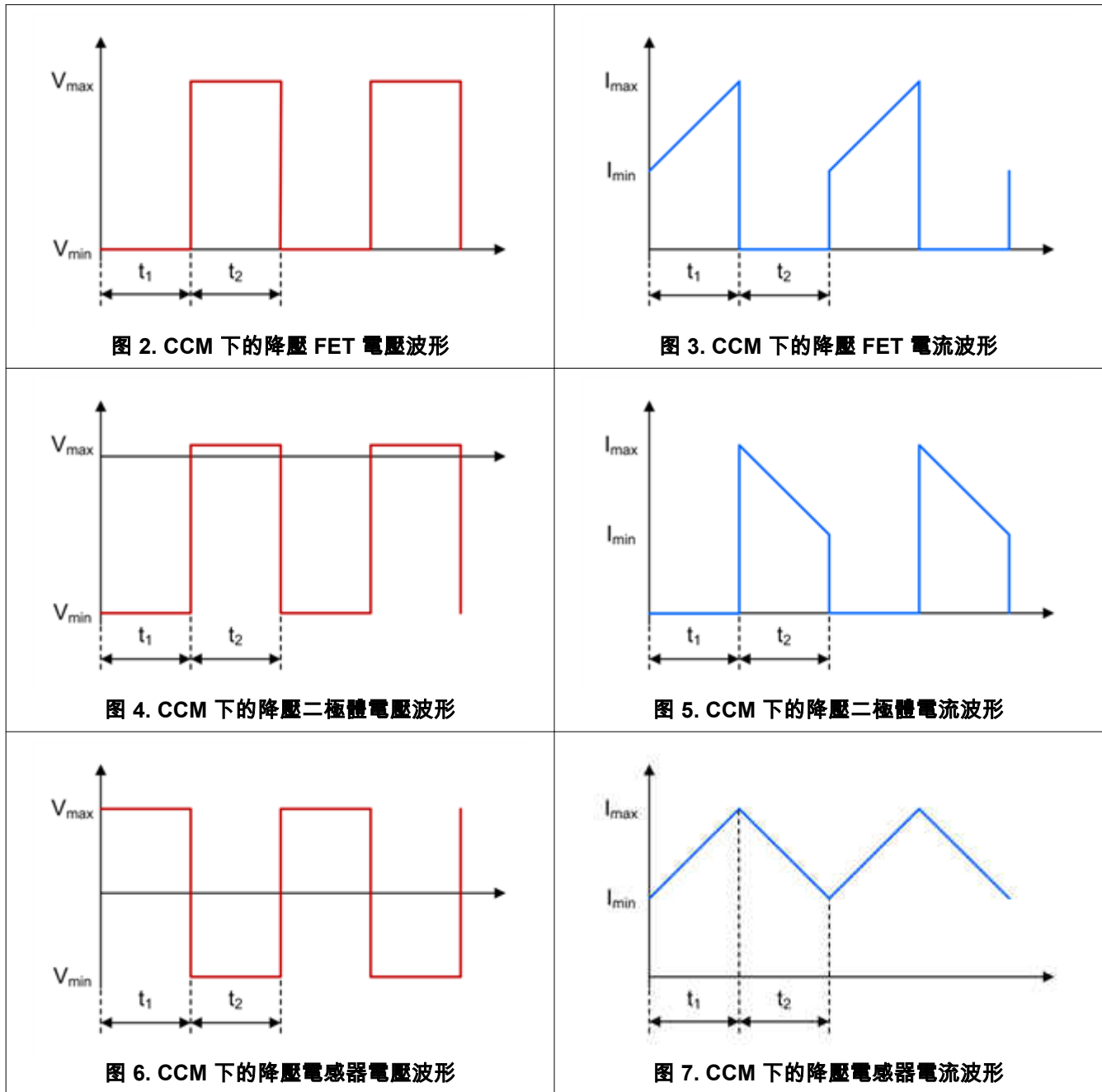
降壓轉換器在輸入端有脈衝電流，但因轉換器輸出端的電感器電容器 (LC) 濾波器之故，輸出電流為連續性。因此，與輸出時的漣波相比，反射至輸入端的電壓漣波較大。

若降壓轉換器的工作週期較小，且輸出電流大於 3 A 時，可使用同步整流器。如果電源供應器需要大於 30 A 的輸出電流，請使用多相或交錯功率級，因為這樣可將元件的應力降到最低，將產生的熱分散在多個功率級，並減少轉換器輸入時反射的漣波。

使用 N-FET 時會發生工作週期限制，因為自舉式電容器必須在每個切換週期重新充電。在此情況下，最大工作週期範圍為 95% - 99%。

降壓轉換器通常具有良好的動態行為，因為這些轉換器代表順向拓撲。可達成的頻寬取決於錯誤放大器的品質和所選切換頻率。

图 2 經由 图 7 顯示非同步降壓轉換器中 FET、二極體和電感器在連續傳導模式 (CCM) 下的電壓和電流波形。



升壓轉換器

升壓轉換器會將輸入電壓升至較大的輸出電壓。當開關 Q1 未導通時，能量轉移到輸出端。图 8 是非同步升壓轉換器的電路圖。

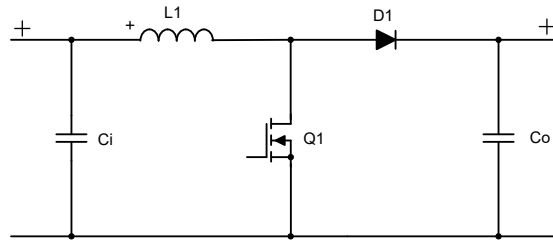


图 8. 非同步升壓轉換器電路圖

方程式 4 計算工作週期為：

$$D = \frac{V_{OUT} + V_f - V_{IN}}{V_{OUT} + V_f} \quad (4)$$

方程式 5 計算最大 MOSFET 應力如下：

$$V_{Q1} = V_{OUT} + V_f \quad (5)$$

方程式 6 最大二極體應力如下：

$$V_{D1} = V_{OUT} \quad (6)$$

其中

- V_{IN} 是輸入電壓
- V_{OUT} 是輸出電壓
- V_f 是二極體順向電壓

使用升壓轉換器時，可以看到脈衝輸出電流，因為 LC 濾波器位於輸入端。因此，輸入電流為連續性，而且輸出電壓漣波大於輸入電壓漣波。

設計升壓轉換器時，請務必了解從輸入到輸出之間有永久連線，即使轉換器未切換。在輸出端可能發生短路事件，因此請採取預防措施。

若輸出電流大於 4 A，請以同步整流器取代二極體。如果電源供應器需要提供大於 10 A 的輸出電流，建議使用多相或交錯式功率級方法。

在 CCM 下操作時，因傳輸功能的右半平面零 (RHPZ) 之故，升壓轉換器的動態行為會受到限制。由於 RHPZ 無法補償，因此可實現的頻寬通常小於 RHPZ 頻率的五分之一到十分之一。請參閱 方程式 7：

$$f_{RHPZ} = \frac{V_{OUT} \times (1 - D)^2}{2 \times \pi \times L_1 \times I_{OUT}} \quad (7)$$

其中

- V_{OUT} 是輸出電壓
- D 是工作週期
- I_{OUT} 是輸出電流
- L_1 是升壓轉換器的電感

图 9 經由 图 14 顯示非同步升壓轉換器中 FET、二極體和電感器在 CCM 下的電壓和電流波形。

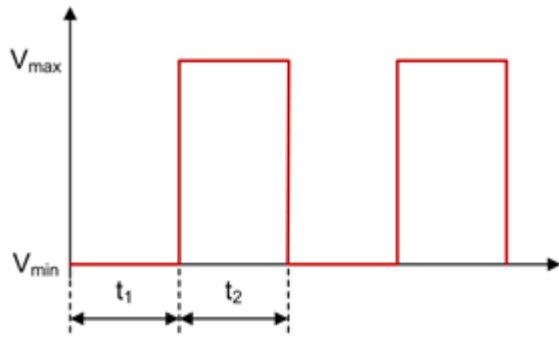


图 9. CCM 下的升壓 FET 電壓波形

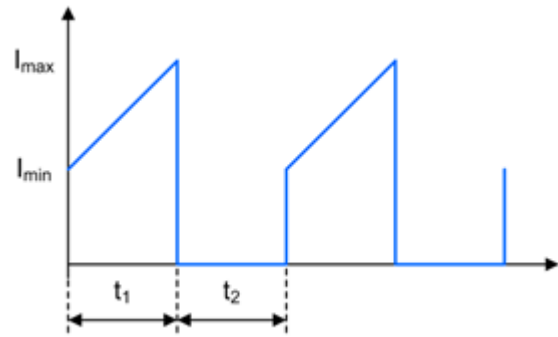


图 10. CCM 下的升壓 FET 電流波形

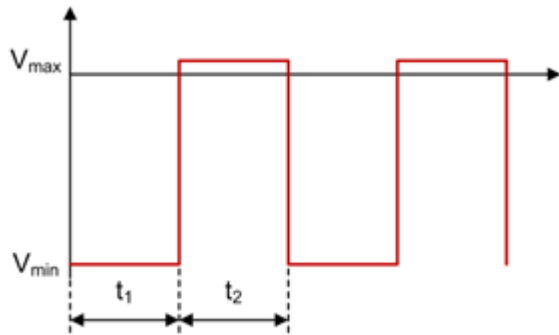


图 11. CCM 下的升壓二極體電壓波形

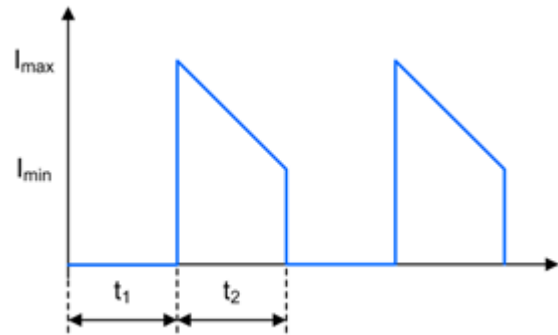


图 12. CCM 下的升壓二極體電流波形

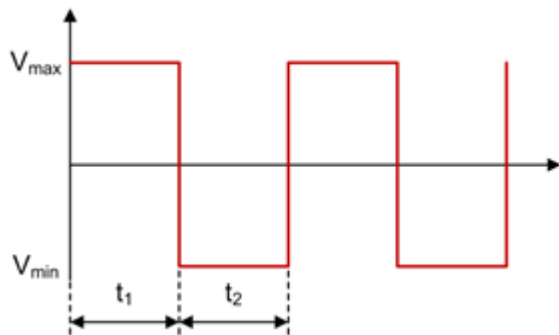


图 13. CCM 下的升壓電感器電壓波形

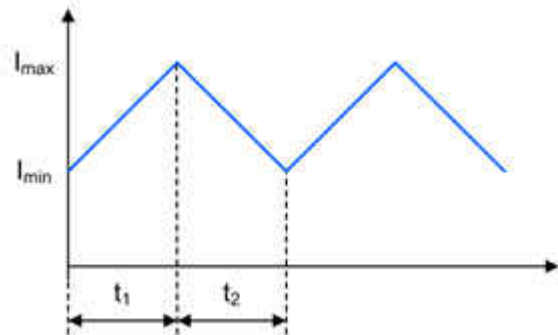


图 14. CCM 下的升壓電感器電流波形

降壓升壓轉換器

降壓升壓轉換器是降壓和升壓功率級的組合，它們共享相同的電感器 (請參閱 图 15)。

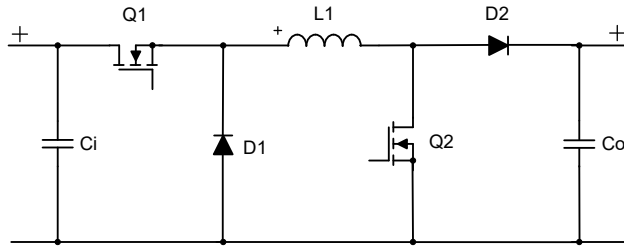


图 15. 雙開關降壓升壓轉換器電路圖

降壓升壓拓撲十分實用，因為輸入電壓可以小於、大於或等於輸出電壓，而所需的輸出功率則大於 50 W。

若輸出功率小於 50 W，由於單端主要電感轉換器 (SEPIC) 使用的零組件數量較少，因此是較符合成本效益的選擇。

當輸入電壓大於輸出電壓時，降壓升壓轉換器會以降壓模式運作，而在升壓模式下輸入電壓會小於輸出電壓。當轉換器在傳輸區中運作時，也就是當輸入電壓在輸出電壓範圍內時，處理這些情況有兩個概念：降壓和升壓階段皆同時作動，或是在降壓和升壓階段間切換循環交替，每個階段通常以一般切換頻率的一半執行。第二個概念可能在輸出端造成次諧波雜訊，而輸出電壓精密度可能比一般降壓或升壓運作稍低，但相較於第一個概念，轉換器效率更高。

降壓升壓拓撲在輸入和輸出端有脈衝電流，因為 LC 濾波器沒有指向任一方向。

您可分別在降壓升壓轉換器中使用降壓及升壓功率級計算。

具有兩個開關的降壓升壓轉換器設計，是介於功率範圍 50 W 和 100 W (如 LM5118) 之間，同步整流可能高達 400 W (與 LM5175 相同)。建議使用具有與未結合降壓和升壓功率級相同之電流限制的同步整流器。

設計升壓階段適用的降壓升壓轉換器的補償網路，因為 RHPZ 是穩壓器頻寬的限制因素。

第 4 部分 探討 SEPIC 與 Zeta 轉換器的特性和缺點。

其他資源

- 請觀看這些 TI 訓練影片：
 - [拓撲教學課程：什麼是降壓？](#)
 - [拓撲教學課程：什麼是升壓？](#)
 - [拓撲教學課程：什麼是降壓升壓？](#)

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 © 2023, Texas Instruments Incorporated