

為輕載工作而設計的非同步降壓穩壓器

作者：安森美半導體應用工程師Justin Larson；安森美半導體應用工程師Frank Kolanko

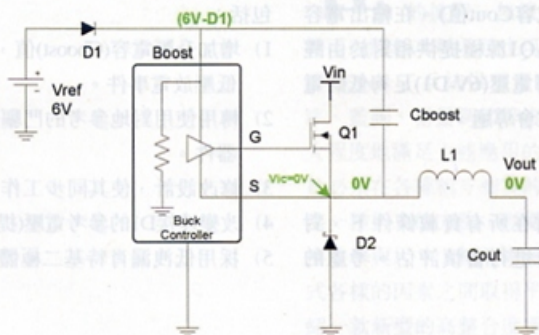


圖1 上電期間的降壓穩壓器

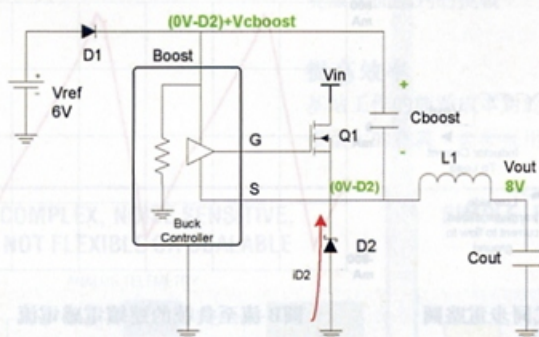


圖2 反激條件

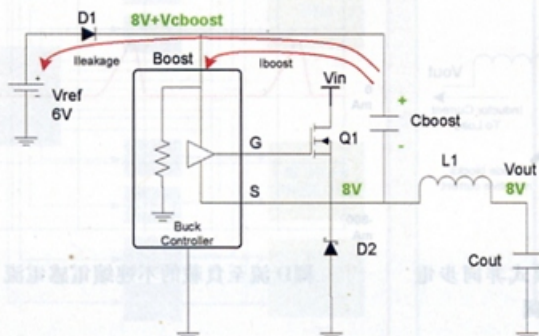


圖3 升壓電容放電

通常情況下，降壓穩壓器的設計針對的是連續模式工作(參閱附文：連續及不連續工作模式)，這就簡化了輸出電壓計算及系統設計。然而，如果系統非同步，而且要求在輕載條件下工作，情況就變得更複雜了。在這些條件下，降壓穩壓器可能轉而採用不連續模式工作。占空比從輸出電壓與輸入電壓之比(V_{out}/V_{in})變為涉及電感值、輸入電壓、開關頻率及輸出電流的一項複雜函數。此外，不連續模式下控制環路回應時間也大幅減慢。本文著重探討並不太顯眼的效應，考慮使用外部升壓電容來驅動高邊開關NFET。如果您在使用設計用作同步控制器和/或使用浮動門驅動器的降壓穩壓器控制器，這就尤為相關了。

正常工作

圖1顯示了系統上電時降壓穩壓器之降壓控制器的浮動門驅動器輸出驅動器段。參考電壓Vref(此單獨電源用於提升能效)為NFET門驅動器供電，直至二極體電壓降低於參考電壓，使驅動器能夠完全工作。有足夠的電壓來驅動FET的門極(G)，因為初始條件規定輸出為0V，因此FET(Q1)的源極(S)電壓也為0V。

反激

足夠的負載使系統在連續模式下能夠恰當工作。在由FET關閉導致反激事件期間(參見圖2)，始終有電流通過外部FET或D2流至電感。反激事件在Q1的源極產生受D2壓降限制的電壓。將會有對地的負電壓。同樣，因為升壓電容(Cboost)的開關提升了門電壓，有足夠的電壓來驅動Q1；升壓電容向後為升壓(Boost)引腳提供高壓，並為Q1源極(S)提供了相應的負電壓。

過渡

在平均電流需求低於電流紋波一半等輕載條件期間，系統將進入不連續模式。這是由要驅動受二極體(D2)反向限制的輸出電流的條件導致的。輸出很可能將過沖(原因是控制環路的回應時間較慢)，並在過沖位置懸停(hang)，且因較高電壓導致缺乏需求而錯過脈衝，這時的工作通常有點不可預測。

問題所在

但在我們審視的電路設置方面還有更多需要考慮的問題。在Q1關閉後，升壓電容(Cboost)開始通過升壓引腳放電(Iboost)，為任何支撐電路提供電流，並通過D1提供漏電流(Ileakage)，如圖3

所示。Q1在不連續模式下延長的關閉時間開始為升壓電容中積累的電荷放電，並在允許電荷下降得足夠多的情況下，使其下降到臨界水準。一旦超過臨界水準，就會使Q1 FET不能導通(可能因元件而異，但通常是升壓電容電壓約為3V)。FET的源極大致維持在其穩壓電壓(圖3中為8V，取決於輸出負載及輸出電容Cout值)。在輸出電容充足放電、為Q1源極提供相對於由經D1的升壓引腳電壓(6V-D1)足夠低的電壓之後，Q1才會導通。

結論

設計人員應當在所有負載條件下，對開關電源設計進行審慎評估。考慮的

因素包括過溫。高溫將產生漏電流更大的環境。流入升壓引腳的電流溫度係數未知，因此，設計人員也需要檢查低溫條件。還應當在最壞情況評估模擬過程中使用此結果，完成系統評估，確定最小電容值。細緻的設計也能夠為計算增添工程緩衝。

本文中重點探討問題的應對方案包括：

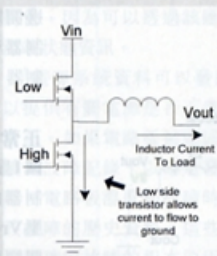
- 1) 增加升壓電容(Cboost)值，消除低壓放電事件。
- 2) 轉用使用對地參考的門驅動器的元器件。
- 3) 修改設計，使其同步工作。
- 4) 改變連接D1的參考電壓(提高電壓)。
- 5) 採用低洩漏肖特基二極體替換D1。

連續及不連續工作模式

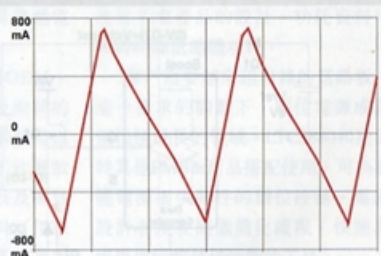
下面的圖A及圖B展示了配置為同步電路及非同步電路的開關穩壓器輸出，工作負載均為50mA。需著重說明：圖B和圖D中兩個電流波形的縮放比例相同。

同步整流電路(圖A)支援電流以交流脈衝從電源(Vin)流至一個NFET器件，以及從接地節點流至第二個NFET器件。當始終有電流從電感流至輸出時，我們稱之為連續工作模式。圖B顯示了這種模式的典型電感電流波形。其中，正斜坡表示的是電流從電池流向上邊的NFET器件。相反，負斜坡表示的是電流從下邊NFET流向地。注意，如圖B所示，電流可以通過電感從輸出電壓(Vout)流至地，成為負電流。

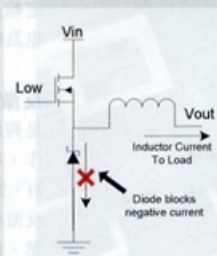
非同步電路(圖C)不允許電流流至地，因為二極體阻斷相反方向的電流。圖D中的正電流斜坡表示的是電流流經上邊NFET，圖D中負電流斜坡表示的是電流從地流至下邊的肖特基二極體。注意，當電流波形到達0mA時並無電流流動。



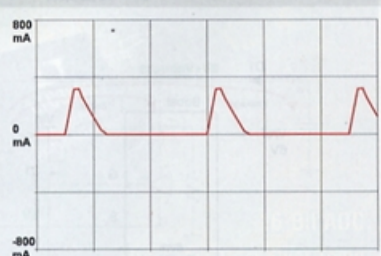
圖A 連續模式同步電路圖



圖B 流至負載的連續電感電流



圖C 不連續模式非同步電路圖



圖D 流至負載的不連續電感電流