

# 新通訊

Communication  
Components  
Magazine

元件雜誌

▶ [www.2cm.com.tw](http://www.2cm.com.tw)

▶ 掌握通訊產業脈動



新思維解電源設計舊挑戰 P. 76

## 5G應用超展開

SA/毫米波商轉緊鑼密鼓 5G產業高速發展不停歇  
產業整合模式漸成形 5G專網垂直應用蓄勢待發

### 趨勢大追擊

開放架構生態系迎新局  
Open RAN產業風起雲湧

承續聯網技術演進  
5G專網加速工業自動化

### 技術博學堂

賦予靈活可靠安全連線  
eSIM扮演5G物聯網關鍵推手

引進深度學習專用處理器  
終端裝置ML兼顧省電高效

### 量測快易通

對決路徑損耗/雜訊/頻率響應  
毫米波測試難題見招拆招

從組織文化起確保合規  
認證IP捍衛汽車功能安全

總號第248期 NT\$200

10/2021

ISSN 1608-747X



9 771608 747000



書店零售期限110年12月20日



線上供應超過  
980萬款產品

**DIGIKEY.TW**



# 臨界導通模式降低輕載損耗 圖騰柱PFC賦予供電高能效

文 | Yong Ang

**輸**入橋式整流器的損耗是實現AC-DC電源單元(PSU)最佳能效的一個障礙。無橋圖騰柱功率因數校正(PFC)電源拓撲結構是個簡潔的解決方案，它用四個有源開關元件取代了有損耗的橋式整流器和PFC FET以及升壓二極體。然而，這種拓撲結構必須使用複雜的控制演算法，這可能需要增加一個昂貴的微控制器。控制元件的成本和複雜性對一些工程團隊來說是採用該技術的障礙。本文所述的NCP1680混合訊號控制器提供了一個方案來解決此設計挑戰。

## 電源設計因應全球能效需求

AC-DC電源無處不在，占全球能源消耗的很大比例，因此它們的能效與系統成本直接相關，在更高的層面上，也就攸關碳排放量。在討論AC-DC電源時，還有一個相關的參數也很重要—輸入功率因素。如果線路電流和線路電壓不具有相同的正弦波形和相位，那麼電源所吸收的視在功率就會高於必要值。這將導致能效低下，並透過電網傳播。可採用功率因數校正來解決這種低能效的問題，而且PFC現在已經成為多個國家和地區的法定要求。一個沒

有有源功率因數校正的典型PSU容易比一個有校正的PSU多消耗70%的電流，因此現在強制要求將PFC加入電路，且PFC值需接近1。

更確切地說，EMC標準如IEC 61000-3-2，對由失真的線路電流所產生，高達40次的線路諧波功率進行了限制。80 PLUS認證計畫提倡80%的能效，相關於20%、50%和100%負載下的能效。80 PLUS標準的最高水準被稱為「80+Titanium標準」，它規定負載從10%到100%的能效至少為90%。

## 實現80+Titanium標準能效合規性

主動校正功率因數的傳統方法是使用一個升壓轉換器，將整流電源電壓轉換成高於電源電壓峰值的直流電壓，如圖1(左)所示。其採用脈衝寬度調製來調節直流電壓，同時迫使線路電流跟隨線路電壓波形。

該技術在連續、非連續和臨界導通模式下運行良好，易於控制，與升壓電感器能量是否在每個週期內完全耗盡有關。然而，提高AC-DC轉換器能效的壓力也很大，最嚴格的「80+Titanium標準」規定伺服器在230VAC輸入、50%負載時，能效最

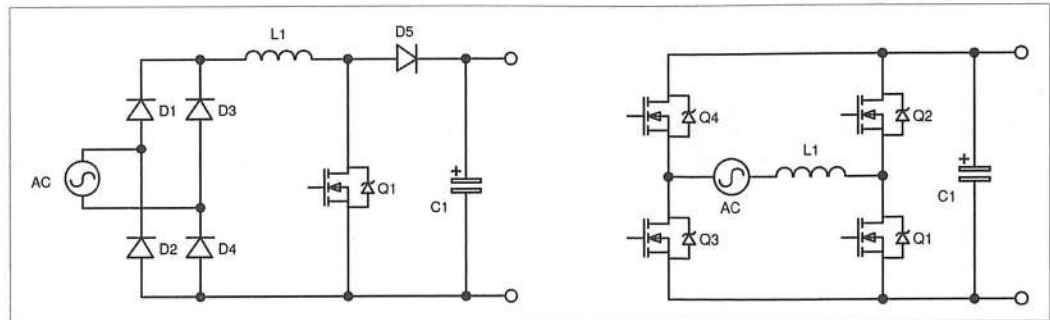


圖1 傳統的(左)和(右)無橋圖騰柱PFC電路

高達96%。通常情況下，DC-DC級允許有2%的損耗，只留下2%用於線路整流和PFC級，但僅橋式整流器就容易損耗1%以上，在低壓時損耗最高可達1.7%左右。

因此，本文開發了一種更有效的技術，即無橋「圖騰柱PFC(TPPFC)」如圖1(右)，其中升壓二極體被同步整流器取代，使升壓電晶體和升壓二極體Q1和Q2的功能可互換，具體取決於電源極性。現在只需要兩個線路整流二極體，而且它們也可以是同步整流器Q3和Q4，如圖所示，以獲得更高效。

如果有完美的開關、理想的電感器和無二極體壓降，TPPFC電路的能效可接近100%。然而，真正的開關有導通和開關損耗，儘管可使用超低導通電阻的MOSFET(甚至並聯)來實現低導通損耗，

但這必然會增加動態損耗。這意謂著必須取得一種平衡。

動態損耗源於當其內接二極體(Body Diode)在開關「死區」時間內導通時配置為升壓同步整流器的MOSFET的反向恢復，也源於開關輸出電容的充電和放電。對能效的影響可能非常嚴重，以至於在連續導通模式下工作時，矽MOSFET甚至是「超接面」類型在電路中都不可行。因此，必須考慮碳化矽和氮化鎵的寬能隙開關。

連續導通模式(CCM)在更高的功率下更受歡迎，因為開關和電感器的峰值電流可以設置得很低，進而減少了均方根值，使導通和電感器磁芯的損耗保持在低水準。然而，這是一種「硬」開關模式，其反向恢復和輸出電容效應會導致高動態損耗。

在低功率下，非連續導通模式(DCM)具有較低的導通損耗，因為此時升壓二極體的電流已降至零，因此沒有電荷需要恢復。然而，峰值和均方根電流可能無法控制，導致高歐姆和磁芯損耗，因此該模式不適合高功率。

### 臨界導通模式為較合適折衷方案

一個較好的折衷辦法是在臨界導通模式

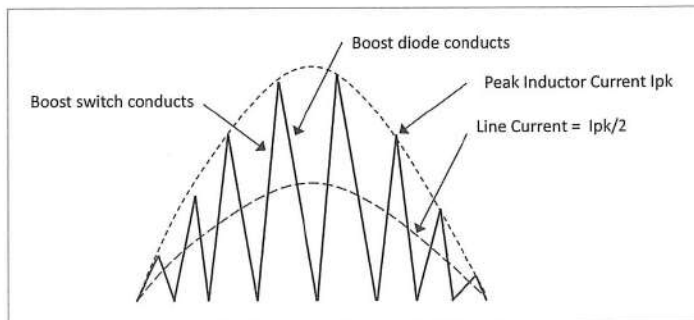


圖2 PFC升壓電感電流波形，臨界導通模式

或CrM模式下工作，可達幾百瓦，採用交錯時可更高。在這種模式下，隨著負載電流或線路電壓的變化，開關頻率被改變以迫使電路在CCM和DCM之間的邊界上運行。低導通損耗的好處得以保留，同時將峰值電流限制在2倍的平均值，以實現合理的導通和磁芯損耗(圖2)。

雖然CrM的關斷會產生硬的開關換向，但升壓二極體的任何正向恢復都會導致一些損耗和輸出電壓過沖。CrM的可變開關頻率也有一個缺點，即在輕載時，頻率可能非常高，產生更多的開關損耗，降低能效。這關係由公式1表示：

$$f_{sw}(t) = \frac{V_{in,rms}^2}{2 \cdot L \cdot P_{in,avg}} \cdot \left(1 - \frac{v_{in}(t)}{V_{out}}\right) \dots\dots(1)$$

該等式意謂著開關頻率與輸入功率的直接反比關係，因此20%到100%的負載功率或5倍的變化，應該會產生5倍的頻率變化以實現恆定能效。然而，無論如何，更

高的頻率會降低能效，因此這些因素會相互影響。頻率和均方根線路電壓之間的關係更為複雜，在線路範圍內產生的頻率變化通常超過2：1，並在中間電壓處達到峰值。

### CrM中鉗位元頻率降低輕載損耗

在輕載時，能效的下降可達10%，在試圖滿足待機或空載能耗限制時，這是個真正的問題。解決這個問題的辦法是鉗位或折返(Foldback)限流允許的最大頻率，在輕載時迫使電路進入DCM，與CrM相比，峰值電流較低。

因此，在整個線路和負載範圍內，中等負載和高能效的功率因數校正的一個好的解決方案是帶有頻率箝位元的圖騰柱架構。該電路應使用矽MOSFET的組合來進行交流電同步整流，並在高頻「支路」上使用寬能隙開關。然而，控制這個電路是個挑戰，需要驅動四個有源元件，檢測二

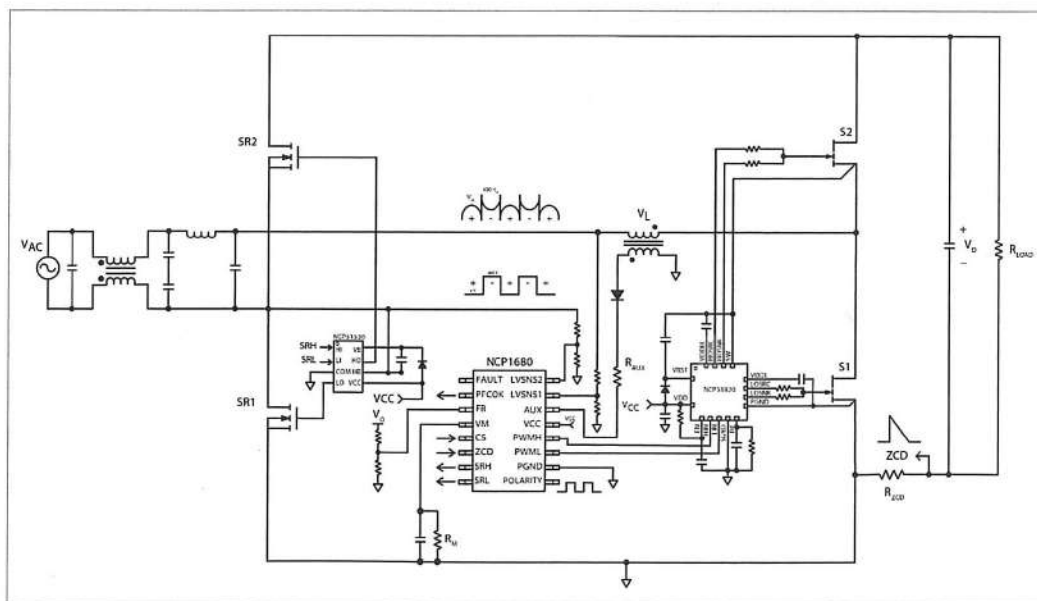


圖3 使用NCP1680簡化的TPPFC典型應用框圖

極體零電流以強制在輕載時自動從CrM切換到DCM，同時調節輸出電壓並保持高功率因數。需要開關過流保護，以及輸出過壓檢測。這些都可以透過在一個與開關和檢測參數介面的微控制器中，以複雜的控制演算法來實現。然而，該解決方案可能很貴，且電源設計人員現在必須參與對元件進行編碼以獲得最佳性能—對於那些不熟悉的人來說，這是一項令人生畏且耗時的任務。

### 混合訊號TPPFC CrM控制器

有業者如安森美(On Semiconductor)現在提供一個較簡單的解決方案，而且

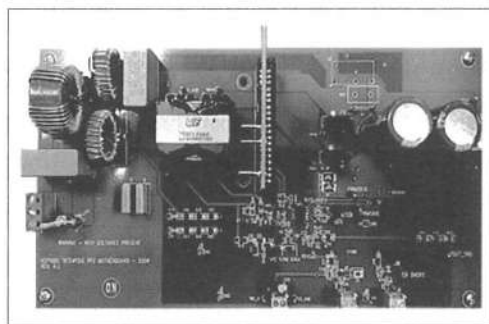


圖4 NCP1680評估板

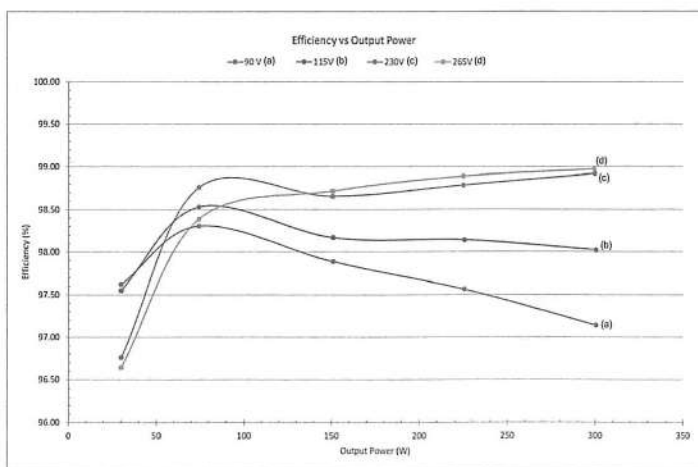



圖5 NCP1680評估板的能效曲線圖

不需要編碼。NCP1680是混合訊號CrM TTPFC控制器，它採用SOIC-16封裝。該元件具有專有的低損耗電流檢測架構和經驗證的控制演算法，是一種具有高性價比、低風險但高性能的解決方案。該元件具有恆定的CrM導通時間和在輕載下頻率反走期間的「谷底開關(Valley Switching)」，以在最低電壓下開關來提高能效。數位電壓控制環路經過內部補償，便於系統設計，在整個負載範圍內具有最佳化性能。逐週期電流限制用於保護，不需要霍爾效應感測器。圖3給出了一個簡化的原理圖，顯示了使用NCP1680的圖騰柱PFC級。

現有NCP1680的評估板(圖4)，使用GaN HEMT單元作為快速開關，而Si-MOSFET則作為交流電同步整流器。

該評估板在從90~265VAC的395VDC下提供300W，且滿載能效峰值接近99%，在低至20%的負載下的整個電壓範圍內達到98%(圖5)。

隨著安森美推出寬能隙半導體和高性價比的混合訊號、臨界導通模式控制器，圖騰柱PFC級成為功率達幾百瓦的高能效功率因數校正較理想的解決方案，同時能夠符合80+Titanium能效標準和待機及空載損耗的環保設計要求。

隨著每個垂直領域對更高能效的需求，使用CrM減少所有負載水準的損耗而實現有源PFC的改進，將受到製造商、消費者和公用事業服務供應商的歡迎。工程師們現在就可以開始評估NCP1680，為所有應用領域的新產品開發帶來更高的能效水準。 

(本文作者為安森美策略行銷總監)