

功率轉換拓撲架構重要嗎？

Robert Marchetti , 高級產品經理

DC-DC 轉換部份在電子產品中可謂無處不在。全球所有電子系統都由直流供電，其中大部份都用 DC-DC 轉換器來把電壓轉換成系統各個部份所需要的電壓。目前，這種功率轉換功能大都由高功率密度的 DC-DC 轉換器來完成。這些轉換器以高頻率的開關技術為基礎。而在開關轉換器中，有效的開關頻率一直被視為模塊功率密度大小，性能表現優劣的關鍵。開關頻率高，所用的磁性元件和電容愈小，反應時間更快，噪聲更低，濾波要求較小。

雖然市面上有上百種的 DC-DC 轉換器，各有不同的設計和拓撲結構，大體可以

歸為兩大類：脈寬調制式(PWM)和準諧振零電流開關(ZCS)兩種。

目前，市面上有一種 DC-DC 轉換器，它的功率密度高，成本低及體積細小，而且有多種輸入、輸出電壓選擇。問題是：功率轉換架構是關鍵因素嗎？

對，功率轉換拓撲架構的確十分重要。

在脈寬調制式架構，輸入電壓開關頻率是固定的(一般是數百 kHz)。做成一連串的脈衝，利用調節脈衝的寬度來為負載提供正確的輸出電壓及足夠的電流。滿載時，電流的波形是一個方波(圖 1)。

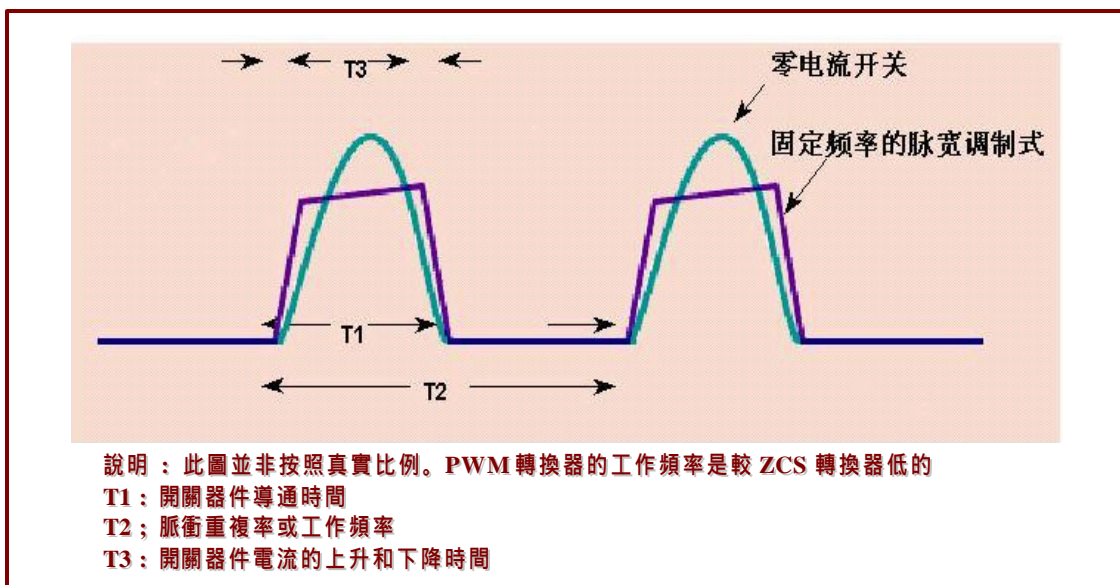


圖 1. 零電流開關和脈寬調制式架構的電流波形

脈寬調制式模塊的功率密度是有局限的，因為它需要在工作效率和開關效率間作取舍。問題的核心在於“開關損耗”。開關元件在瞬時導通和關斷(T3 是固定的)時，使電感電流產生不連續性的狀態，因而產生熱量。

由於功耗來自開關損耗，它會隨著脈寬調制式模塊的開關頻率增高而增大，直至它變為一個顯著的耗損成因(T1 是可變的)，達到了那一點，效率會迅速減低，開關元件所承受的熱及機械應力變得無法處理。這種非零電流開關模塊具有開關損耗的屬性，變為開關頻率障礙，限制了它提升功率密度的能力。

準諧振的零電流開關轉換器在零電流的瞬間採用正向開關，克服了開關頻率障礙。每個開關週期傳送等量的能量包到模塊的輸出端。每個“開”與“關”都在零電流的瞬間進行，形成一種近於沒有功耗的開關。零電流開關轉換器的工作頻率可超出 1MHz。它避免了傳統拓樸結構那不連續性電流的特性；實現“無功耗”的把能量由輸入傳輸至輸出，大大減低傳導和輻射噪聲。

準振轉換器的波形是一半弦波(圖 1)，產生的諧波很小。此外，由於電流的波形沒有尖峰，減少電抗元件的應力，減低寄生噪聲。相反，PWM 的衝波形帶尖

峰，不單產生開關頻率的諧波，而且加大電抗元件的應力，在更高的頻率(10-30MHz)上產生寄生噪聲。這些都是噪聲，傳入輸入線(傳導)，及在空氣中傳播(輻射)。採用這類模塊，濾波和屏蔽可能是一個棘手的問題。這要取決於最終系統的噪聲要求。

再者，由於零電流開關的轉換器的開關頻率很高(因為電抗元件如電容及磁性元件的體積很小)，它的功率密度比 PWM 模塊高出 1 倍。而且，它的效率曲面亦較平坦，從 20% 負載到滿載的分別不大，而 PWM 模塊的效率在滿載時最高，然後下降。如果應用需要動態負載，或並不是在滿載工作，這點便要十分注意。

零電流開關架構的其它特性還包括寬闊的可調輸出電壓和均流能力。良好的均流可令並聯操作和冗餘應用更容易。

寬闊的可調輸出電壓為電源工程師提供更多選擇。市面上的轉換器，常見的調節範圍是 $\pm 10\%$ ，有些轉換器的可調範圍由 $+20\%$ 至 -50% 。Vicor 的第二代轉換器的調節範圍是額定電壓的 10% 到 110%。可用固定電阻值、電位器或 DAC 來調節轉換器的輸出電壓。以一個 24V 輸出的轉換器為例，它的輸出電壓可調節至 12V 或 15V。一個 400W，5V 輸出的轉換器可以調節為 3.3V、2V 或

1.2V 於 80A 輸出。

Vicor 模塊的 N+M 均流架構會自動選出一個模塊作為主導。其它模塊會變為輔從，與它同步工作。陣列內的模塊在輸入那邊的母線以高速脈衝來通信，可以監測脈衝變化來判斷系統的工作情況。如果主導模塊失效，另一個模塊會自動被選為主導，系統仍然繼續工作，不受影響。由於每個同步脈衝的時距是數毫微秒，模塊可用一個小電容作交流耦合，這個電容可以複制母線和提供隔離，保證訊號干擾或模塊短路不會影響整個系統。

如果上述各項特性，如噪聲、功率密度、平穩的效率、輸出電壓調節範圍或容錯冗餘等都是重要考慮因素，那麼、轉換器的拓撲架構便十分重要。