

降壓轉換技術提供定電流輸出 高亮度LED電路最佳設計有譜

》 Peter B. Green

在多種不同的光源中，高亮度LED可以說是目前成長最快速，同時也開始取代各種其他如白熾燈、鹵素燈、螢光燈甚至高強度氣體放電(High Intensity Discharge, HID)燈等的照明源，過去，LED由於受到有限光度輸出的限制，因此僅適合應用在儀器照明上，但隨著近幾年來高亮度LED技術的蓬勃發展，其應用領域逐漸擴展到建築裝飾照明及訊號燈等應用，高亮度LED也逐漸取代冷陰極管(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)光源，成為液晶電視與顯示器的背光選擇。

隨著高亮度LED技術的持續發展，目前發光效率已達到每瓦35~50流明的範圍，超越白熾燈與鹵素燈，同時接近螢光燈的表現，後續的改進預計帶來每瓦超過100流明的發光效率，未來將會超越螢光燈並追上HID燈。但值得注意的是，在螢光燈光源上相當困難且成本昂貴，甚至是HID燈無法將亮度降低到50%以下的亮度調整功能，對高亮度LED來說，卻能夠輕鬆達成整個亮度範圍變化的控制。

串/並聯LED電路降低電壓

高亮度LED提供各種多樣化色彩、尺寸與功率規格選擇，其電氣特性，特別是順向壓降在不同型式間差異性大，而且不同的生產批次間也存在不小的差異，帶來寬廣的容差

範圍。順向壓降同時也具備負溫度係數特性，進一步複雜化為選擇適當電源應用的問題，目前市場上有許多用來推動高亮度LED串的電源產品，但通常只提供固定電壓輸出，對非技術人員而言，雖然該方法比較簡單且容易了解，但對系統來說，基本上違反直覺，同時也限制發光的效率。

高亮度LED是以電流而非電壓來制定規格，舉例來說，同一系列的高亮度LED可能分別具備不同色彩輸出與順向壓降，但卻擁有相同電流規格，例如350毫安培或700毫安培的產品，除了個別獨立銷售外，高亮度LED也經常以內含數顆串並聯連接LED的顯示面板型式銷售。

基本上，以串聯方式連接的高亮度LED每顆獨立的LED會流過相同電流，但由於各自的順向壓降會在4伏特左右的範圍，因此可以預見，串接高亮度LED的整體電壓將會快速升高，為避免電源電壓高於預期，通常顯示面板會由串聯與並聯連接的LED電路組成，例如Lumileds的Flood面板就包含由六組並聯LED串聯組合的十二顆LED組成(圖1)。

圖1中，製造商以並聯成對的方式連接高亮度LED，由於其順向壓降具有負溫度係數，因此為避免並聯對中的一個LED耗用比另一顆更大的電流，因此在生產時必須相當注意匹配的問題，不過，即使是些微的差距也會在運作中被放大，原因是如果其中一顆LED

因為順向壓降較低而耗用比另一顆更大的電流，發熱就會加快，造成順向壓降進一步降低，並以更快的速度發生同樣的情況，進一步放大雙方的差異，假設製造商成功地選擇匹配的LED對，以串聯方式連接的LED對仍有可能產生不同的順向壓降，在這樣的情況下，整體的面板電壓大約為單一高亮度LED順向壓降的六倍。上述的面板產品提供六種不同的色彩輸出，同時順向壓降範圍17~21伏特，而容差也較大，例如白色面板為16~24伏特，該電壓下的溫度係數為-12mV/°C，代表如果室溫25°C下面板的電壓為17伏特，在50°C時電壓將會變成16.7伏特，相當重要的是，不管在什麼情況下，面板的電流規格依然為700毫安培。

以定電流驅動高亮度LED

雖然高亮度LED電源目前已可在市場上取得，但其無法提供上述LED陣列的適當電源，除非加上串聯限流電阻，加上這個電阻雖然可讓17伏特規格的面板以固定24伏特的電源及700毫安培電流供電，但卻會帶來0.49瓦的功率耗損並轉換成熱能，即違反照明節能目標。此外，其也沒有辦法非常精確，雖然在電阻計算上可以透過由24伏特電

源提供給17伏特面板700毫安培的電流計算得出10歐姆，但如果面板電壓為16伏特時，電流就變成800毫安培，大幅超越額定電流值，並造成面板上LED的過度驅動，縮短其工作壽命；另一方面，如果面板電壓提高為18伏特，電流就變成600毫安培，大大降低光度輸出，就算不加入順向電壓會隨著溫度變化效應的考量，也能明顯地看出定電壓驅動方式的問題，因此要驅動高亮度LED，採用定電流方式才是正確作法。

降壓轉換器具備平均電流控制優勢

由國際整流器(IR)所推出的IRS2540控制晶片採用降壓轉換技術設計，可在多變的寬廣輸入電壓與輸出負載條件下提供穩定控制的電流輸出，使其適合多種不須隔離的應用，即電源已隔離，或高亮度LED採Class 2固定封裝不被碰觸，如交通燈號等場合，同時也應注意，在建築照明中，螢光燈或HID燈的電子鎮流器基本上也沒有與交流電源線保持電氣隔離。

降壓式電路組態僅適用輸入電壓高於輸出電壓的場合，這包括大部分的訊號燈、裝飾與建築照明應用，由於最常見的高亮度LED失效是由短路造成，因此必須要讓採用串聯

方式連接的LED能在一顆LED失效時仍能讓其他LED繼續正常運作，不過在並聯安排情況下，短路的發生將會造成陣列中其他LED無法運作，在圖1的例子中，如果陣列中的一顆高亮度LED發生短路，同一並聯對中的另一顆將停止運作，但其他則可繼續正常工作。

採用IRS2540的降壓式轉換器(圖2)具有獨特的高電壓端驅動電路，可持續監測負載電流，並透過專利的延遲遲滯控制方法進行精確調

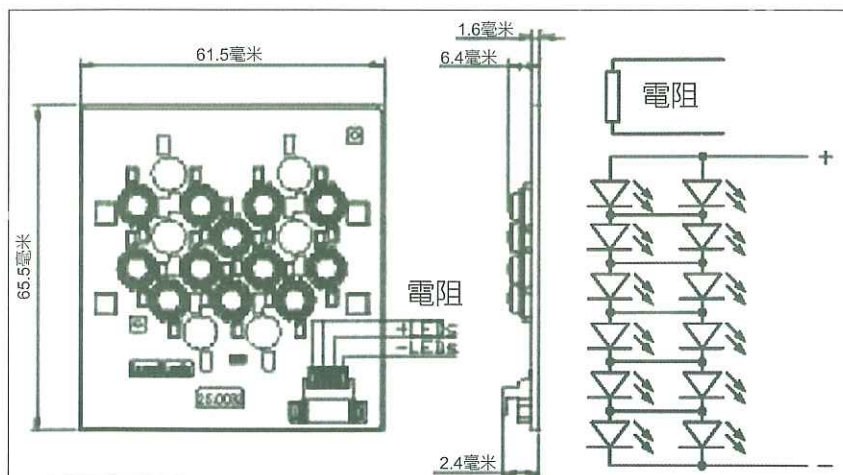


圖1 典型的十二顆高亮度LED面板

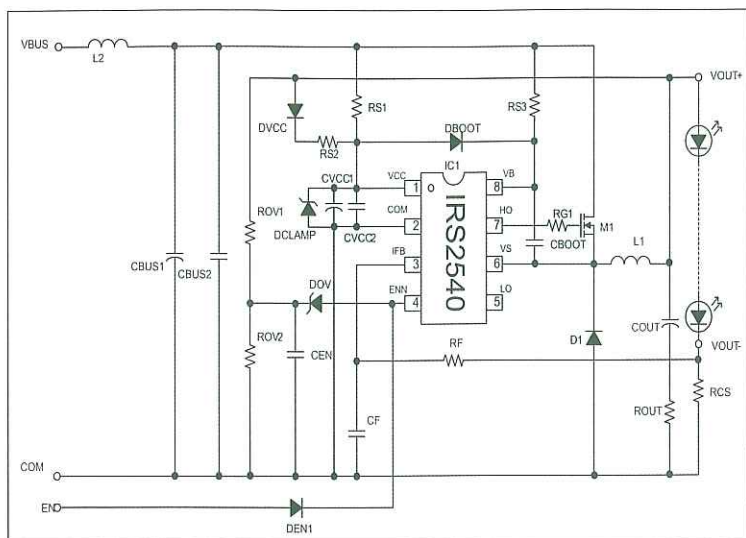


圖2 採用IRS2540的LED電源轉換器

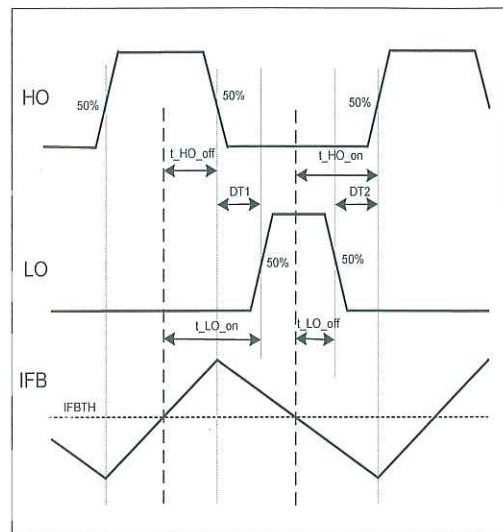


圖3 IRS2540的平均電流控制

整。整體系統的設計也相當簡單並具有高彈性，讓LED可由直流電源或直接由交流電源整流後供電，浮動式的高電壓端驅動電路設計讓IRS2540可在降壓式穩壓器開關不管是在導通或關閉情況下都能夠感測LED的負載電流，提供可使用平均電流控制的重大優勢(圖3)，而非其他系統只有在導通狀態才能偵測電流，因此必須使用尖峰電流控制的方式。

平均電流控制提供基本上較穩定的調節能力，能在更寬廣的電源電壓與負載範圍下穩定運作而不會面臨設計限制問題，主要原因是其在開關導通及關閉時都能進行調節，而非只有在導通時。所帶來的優勢是能使用相當直接的設計概念達成非常精確的電流控制，同時相當穩定，也不需要複雜的電路分析。由於LED負載需要漣波最小的直流電流，因此使用不受尖峰或平均電流模式影響，以連續導通模式運作的定電流驅動電路。

可變頻率系統提高穩定度

在IRS2540的例子中，必須要注意在負載電流超過或低於參考位準與降壓開關變換狀

態間加入適當的時間延遲將硬切換的負擔降到最低，這些延遲搭配上負載電流的電流變化(dI/dT)同時也決定運作的頻率及有效週期率，由降壓電感與輸出電容及電源轉換器輸入與輸出電壓決定，由於輸出電流固定，因此組態中提供過載與短路保護，同時負載開路保護也相當容易實現。

使用尖峰電流控制設計的連續模交換式電源運作會面臨因次諧波振盪而造成不穩定運作的危險。雖然可透過斜率補償的方式消除，但目前市場上部分LED控制器並無法控管振盪器的電容，使上述方式更難實現，此外，斜率補償也會在感測電流與實際LED負載電流間造成誤差，因此只好使用固定關閉時間，而非固定頻率的方法來解決該問題。雖然表面上減輕次諧波振盪，同時可以高於50%運作，但為提高有效週期率，頻率就必須降低，造成整個有效週期率範圍內的大幅頻率變化，例如在固定關閉時間的系統中，如果有效週期率為50%時頻率為100kHz，在90%有效週期率下頻率必須為20kHz，而在10%有效週期率下則為180kHz，IRS2540則沒有這些限制的困擾，原因是導

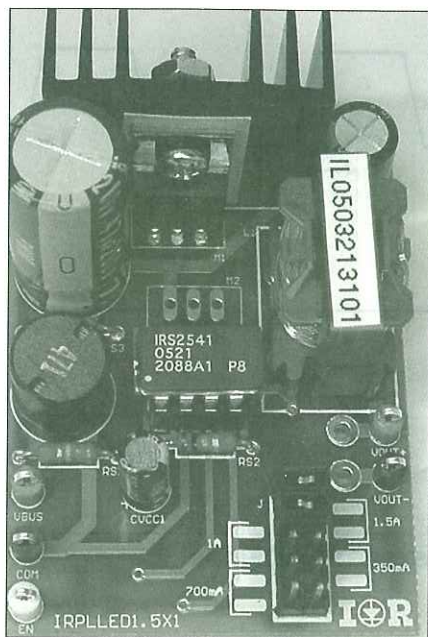


圖4 採用IRS2540的LED電源轉換器功能展示電路板

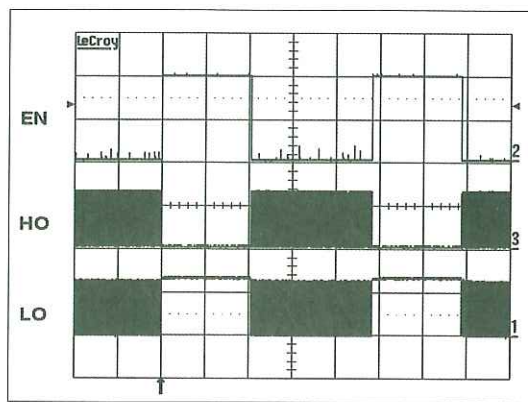


圖5 明暗控制的運作

通與關閉時間可獨立變化，因此有效週期率的變動對頻率的影响相當低，此外，較大的頻率變化也會帶來必須使用相對較大電感的缺點。

由固定頻率改變為可變頻率的作法也可能會帶來固定頻率相對於可變頻率運作的IRS2540系統，在濾波器複雜度簡化上，存在電磁相容性(EMC)表現較具優勢的爭議可能是個錯誤觀念，基本上固定頻率的濾波器設計不一定會比可變頻率的系統簡單，不過在頻率可變的系統中，如果頻率變動高於十倍，濾波需求就會提高。IRS2540所採用的方法可透過圖4中的功能展示電路板來加以展示，其能以1.2安培推動17伏特順向壓降的LED串，直接由整流後的110伏特交流電源供電，效率高於85%，頻率則為175kHz。

以降壓整流系統控制明暗

在許多應用中也須要亮度調整，此外，由於存在各種不同主要顏色LED的組合選擇，因此能通過調整不同色彩的亮度比來產生頻譜中的各種色彩變化，帶來顯示照明、標誌與情境照明等應用，採用IRS2540設計的降壓整流系統能透過邏輯位準的脈衝寬度調變

(PWM)控制訊號在整個亮度範圍進行明暗變化，以相對較低頻率提供的PWM訊號可利用切換LED上的驅動電流，或改變有效週期率來控制光度輸出強度而不影響顏色。圖5為脈衝寬度調變的明暗控制訊號，高頻率降壓式

轉換振盪器以爆發模式運作來調整LED的平均電流，由於訊號頻率夠高，因此不會造成可見的閃爍，同時也提供可採用微控制器達成明暗控制的簡單介面。

高亮度LED潛力無窮

高亮度LED目前正幫助建築師、設計工程師、特殊應用專家與製造商帶來前所未見的照明效果與設計組合，為戲院、視聽室、夜店、餐廳及其他照明點的照明變化帶來不同的情境表現，如透過DMX512通訊協定數位控制方式，燈光的變化將能夠模擬出不同光源的照明效果，不管是嵌入在廚房工作台、天花板或牆上，燈具尺寸再也不會限制光源的位置，整個照明產業也將隨著高亮度LED技術的持續推出與改進帶來全然不同的風貌。

景觀與戶外照明同時也逐漸走向具有更大優勢的高亮度LED光源，因為其能提供比白熾燈與螢光燈更長的使用壽命，因此維護成本更低，同時也更容易受到濕氣入侵的影響，和傳統燈泡不同，LED並沒有易碎的內部組件，如會燒壞的燈絲，甚至在安裝處理過程中也可不用太細心照顧，而採用IRS2540的電源轉換電路正適合許多上述應用。[1]

(本文作者任職於國際整流器公司)