

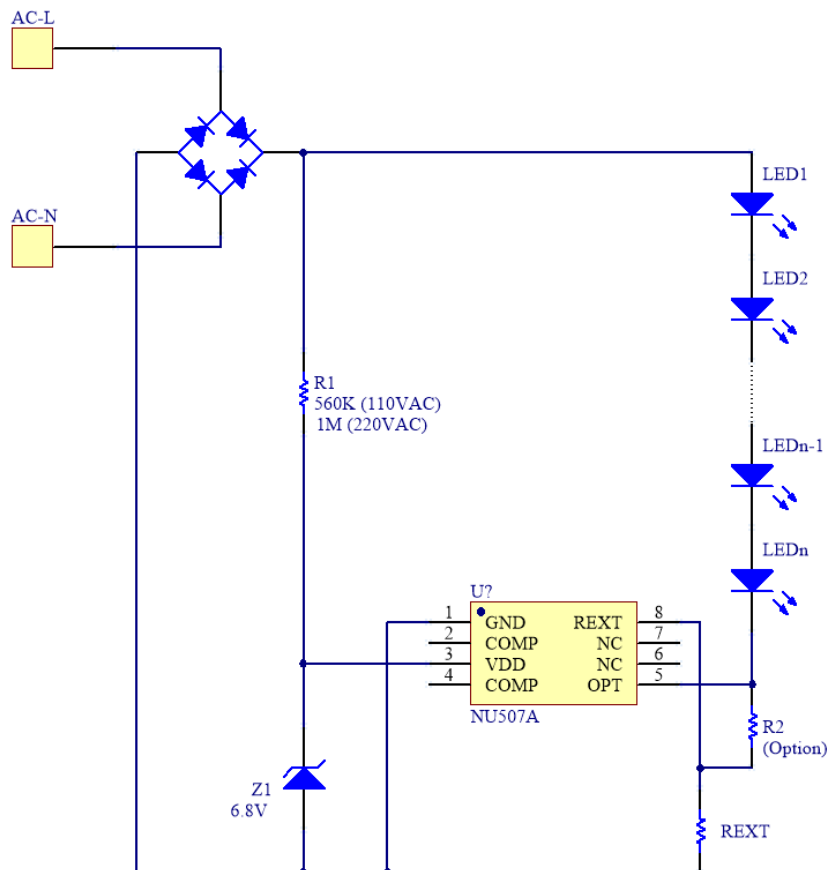
AC 電源照明應用設計

一、前言

NU507A 為一高電壓線性恒流驅動元件，可直接用於 AC 市電環境直接驅動多顆串聯之高壓 LED。除可提供 LED 穩定的直流電流外，更具有獨特高溫保護功能，可使得整個照明系統，在極高電壓的環境下，亦可正常工作。

二、應用線路

如下圖一，為一般驅動線路，線路為單電壓設計使用。LED 串聯之顆數可依產品銷售區域電壓環境而增加或減少，以達到最佳效果。



(圖一)

三、線性恒流的特點

線性恒流方案利用高壓電源直接對長串的 LED 進行驅動，並以線性恒流 IC 將迴路的電流固定在設定的範圍內，以達到穩定的工作效果。這種工作方式沒有像開關電源(Switching power)將高壓電源作電壓調變或改變的動作，其優點在於系統結構簡單、零件少，沒有開關電源會產生的 EMI 干擾。

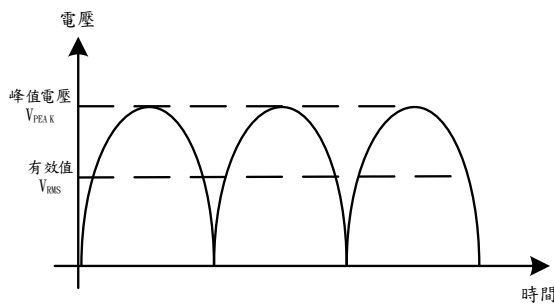
也由於系統的零件少，也沒有開關電流對 LED 的衝擊，所以系統可靠度相對較高。在系統量產時，也因備料種類減少，SMD 打件複雜度降低，故也大幅降低了製造成本。

線性恒流最大的設計障礙在於線性恒流 IC 的高熱問題，如果在設計上沒有考量周全，參數設定不適當，則容易會造成效率、效果不佳的結果。但在合理的參數配置之下，線性恒流方案是個不錯的選擇。

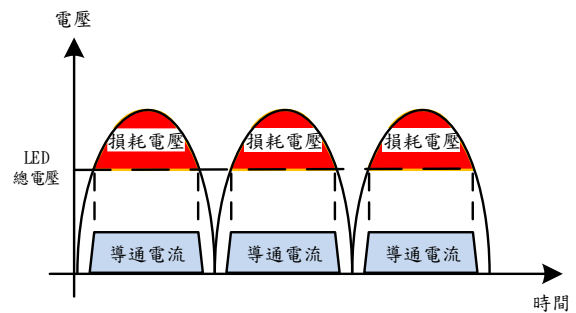
四、工作原理

圖二為 AC 電源經橋式整流後的脈動高壓直流，圖中所示之有效值(V_{RMS})為一般認知之電源電壓。如 110V 或 220V 電源。而峰值電壓為有效值的 1.414 (等於 $\sqrt{2}$)倍。

圖三是脈動直流電源經 NU507A 恒流後，推動長串高壓 LED 所產生的電流波形。當電源電壓超過 LED 總電壓時，LED 開始有電流通，電流大小為 NU507A 的恒流值。圖中紅色的部份為電源電壓超過 LED 總電壓的部份，此電壓將會被 NU507A 吸收、消耗。紅色的面積越大，代表 NU507A 越熱、溫度越高。



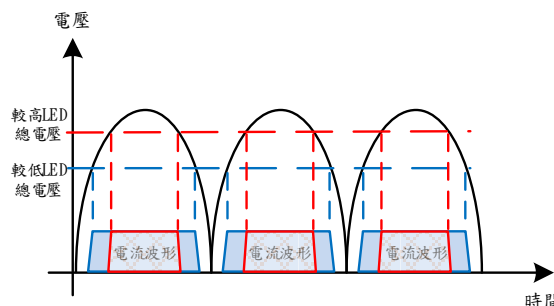
(圖二) 橋式整流後的脈動直流波形



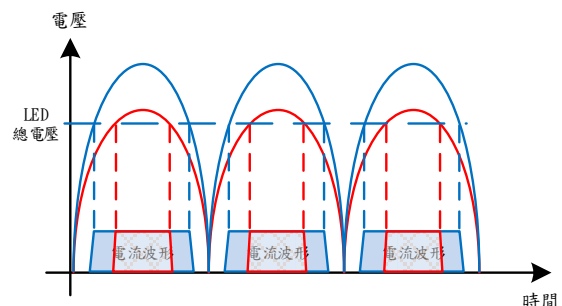
(圖三) NU507A 在脈動直流電源中的恒流波形

圖四顯示不同 LED 總電壓對 LED 電流產生的影響。當 LED 電壓較高時，電流通導的時間較短，由電錶量得的平均電流將會較低，如紅色電流波形。LED 電壓較低時，電流通導的時間較長，平均電流較大，如藍色電流波形。同樣類似的道理，如圖五所示。在不同大小的電源電壓時，也會造成 LED 的平均電流不同。當 AC 電壓較高時，導通的時間較長，平均電流較大，如藍色電流波形。AC 電壓較小時，導通時間較短，平均電流較小，如紅色電流波形。

雖然不同的 LED 電壓或不同的 AC 電源會造成 LED 輸出電流的差異，但 LED 的電流仍處於限流與可控的狀態，不致於造成 LED 傷害。



(圖四) 不同 LED 總電壓的電流差異

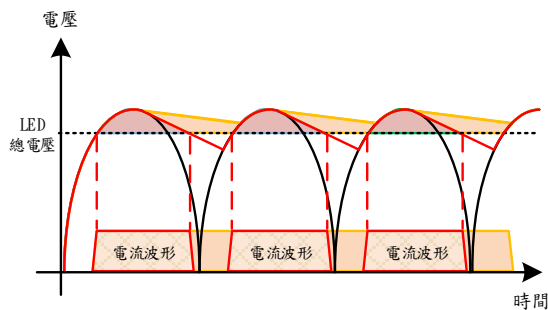


(圖五) 電源電壓差異造成的電流差異

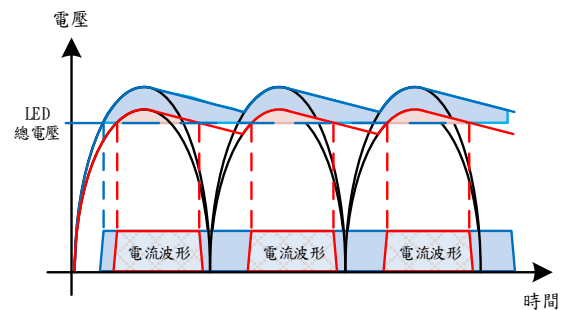
前述方式由於未在橋式整流後加上濾波電容，故 LED 的輸出電流為間歇性質。其缺點為輸出平均電流較低，且會有 100Hz/120Hz 頻閃現象。其優點為功率因數高(約 0.9 或以上)，也因沒有電解電容，故體積較小、量產容易且可靠度較高、壽命較長。

平均電流較低的缺點，可藉由提高 NU507A 的設定電流彌補。此法雖提高了系統的平均電流，但卻會對 LED 造成較大的衝擊，並降低 LED 的發光效率。但一般只要平均電流不超過 LED 的適當額定電流，效果還是可在接受範圍之內。

圖六為橋式整流後再加上濾波電容所產生的電流狀況。橘色電壓波形為濾波電容較大的情況，電容所儲存的電荷足以支撐到電源下個半週來臨時，系統的輸出電流將會維持在一個穩定的直流狀態。當然在此狀況下，也就不會有頻閃的狀況發生。紅色波形為電容值較小的狀況，電容所儲存的電荷不足以支撐到下個電源半週來臨時，故會發生輸出電流會有短時間中斷現象，這將造成輕微的頻閃現象。



(圖六) 不同大小電容濾波後的電流波形



(圖七) 濾波電容因電壓差異所造成的電流差異

圖七為相同的電容條件下，不同電源電壓差異也會造成圖六的電流現象。由於電容與放電電流相同，故放電電壓下降的速率也相同。當電壓高時，電壓下降的準位未低於 LED 的總電壓，故輸出電流不會停止。而電壓低時，電壓下降的準位低於 LED 的總電壓，故輸出電流會暫時停止。

線性恒流的設計在於將 LED 的導通電流限制在預設的大小，以保護 LED 不受過電流的影響而導致可靠度不佳。但電源電壓與 LED 總電壓的高或低將會影響到系統的輸出功率。電源電壓超過設計的工作電壓越高，系統的效率越低，恒流 IC 也因承擔更多的損耗電壓而更熱。

五、參數設計

一般來說在相同的輸出功率下，不加濾波電容的設計，與加濾波電容的設計，其差異與特點如下：

差異與特點	有濾波電容	無濾波電容	說明
電路體積	較大	較小	加電容後體積變大
LED 總電壓	較高 (顆數較多)	較低 (顆數較少)	有濾波電容的應用，LED 電壓要較接近峰值電壓以免損耗電壓高，IC 過熱。無電容應用，LED 電壓要較低，以免導通時間過短，功率不足。
恒流設定值	較小	較大	無電容應用，電流必須 over drive，以免平均電流不足。
壽命	受電容失效而快速光衰		電容需擺放在溫度較低的地方，以延長壽命。
壽命		LED 因電流衝擊而光衰	LED 可選用晶粒尺寸較大的種類，並加強 LED 的散熱。
光效率	較好	較差	有電容應用，電流設定較低，光效率較佳。
電效率	較好	較差	LED 總電壓較接近電壓峰值。
功率因數	差 (0.4~0.6)	佳 (≥ 0.9)	電容導致功率因數降低。
起動電流	瞬間大電流	正常	起動時電容充電造成瞬間大電流。當電容超過 10uF 時，建議加上限流電路，以避免橋式整流或保險絲容易燒毀。

A・有濾波電容的電路設計

下表為圖一電路中所需串聯之 LED 總電壓。表中所列的典型值 V_F ，為在該條件下，電流能夠剛好室電正弦波所有角度都能維持恆流狀態。

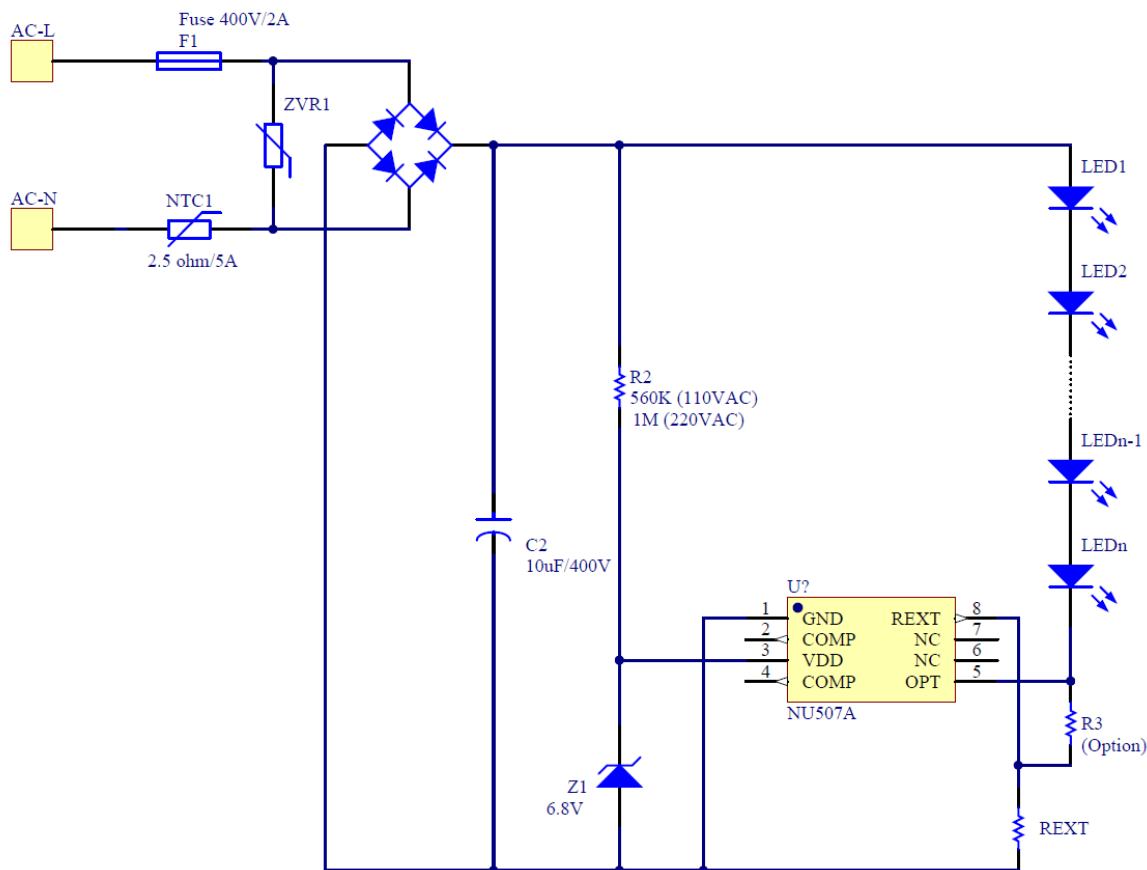
模組電壓 ($C_2=10\mu F$) ($I_{OUT}=30mA$)	建議 V_F (LED 串聯總電壓)			單位
	最小值	典型值	最大值	
AC110V/60Hz	130	135	140	V
AC220V/50Hz	280	285	290	V

模組電壓 ($C_2=10\mu F$) ($I_{OUT}=60mA$)	建議 V_F (LED 串聯總電壓)			單位
	最小值	典型值	最大值	
AC110V/60Hz	115	120	130	V
AC220V/50Hz	265	270	280	V

減少 LED 的總電壓，可以使得燈源在 AC 電源電壓偏低的情況下得到較佳的亮度，但會使得電源電壓偏高時，發出較大的熱量。增加 LED 的總電壓，則可得到相反的效果。

如圖一的設計應用中，當電源電壓越高時，線性恒流 IC 將會產生越高的熱量，使得 NU507A 的溫度上昇。雖然 NU507A 在高溫的情況下能自動緩慢的將電流降低，而使得溫度停止上昇，保護住系統。但電流的下降，會使得燈源的亮度下降。這種情況在輸出電流越大的應用中，其效應又越明顯，發生電流下降時的電源電壓點也越低。如果要在較高的電源電壓的情況下，延遲發生過溫保護、亮度下降的方法如下：

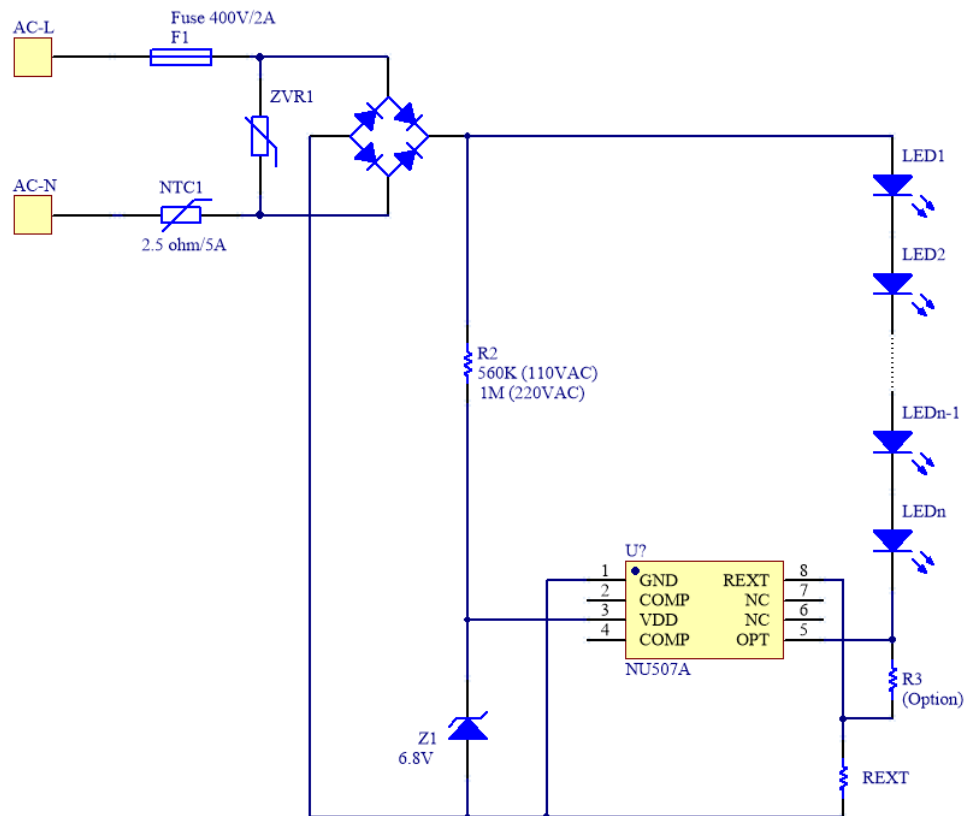
- 1、增加對 NU507A 的散熱能力，降低 NU507A 的溫度。如採用鋁基板電路板取代 FR4 板，Layout 時增加 NU507A Thermal Pad 銅箔散熱面積。
- 2、可增加散熱電阻，分攤 NU507A 的功率消耗，減少 NU507A 溫度。應用電路如圖八。
- 3、在 NU507A 的 V_{DD} 旁並一 6.8V Zener，降低 NU507A 對溫度的敏感度。應用電路如圖八。



圖八

圖八為一有加濾波電容的燈管實際應用線路，ZVR1 為突波吸收器、NTC1 為負溫度係數熱敏電阻。將 R3 功率電阻接至 NU507A 的 REXT 與 OPT 腳位，以分攤 NU507A 功率，降低 NU507A 的溫度來達到高溫保護的作用。

B・無濾波電容的電路設計



圖九

圖九是實際 T8 燈管應用電路圖，ACin 220V、LED 78pcs(單顆 3.2V)、 $I_{opt} = 140\text{mA}$ 實際測試數據如下圖十。



圖十

由圖十可見平均電流低於 140 mA，是因為沒有電解電容去彌補，好處是對 NU507A 的功率較低 PFC 也較高。

六、簡易功率分散電阻計算：

分散電阻阻值的大小約略計算式如算式一，實際最佳阻值，可視實際狀況而增減。當阻值降低時，功率分攤效果會增加，但太低的電阻值，會使得高電壓時恒流效果失效。當阻值提高時，功率分攤效果會降低。建議電阻在 $\pm 20\%$ 內視情況調整。

$$R_{PD} \approx \frac{100}{I_{LED}} \quad \dots \text{算式一}$$

上式中是以 AC 電源的最大峰值電壓減去 LED V_F 加總的電壓後，估算於 R3 電阻在最大電壓為 100V 時所計算出的電阻值，並以最大電壓為 100V 時計算 LED 恆定電流值。

分散電阻的功率計算如算式二，電阻功率越大越佳，且電路佈局時要考慮散熱空間。

$$PD_{R_{PD}} \geq 50 \times I_{LED} \quad \dots \text{算式二}$$

七、注意事項：

多顆 NU507A 應用時，若 NU507A 距離超過 10cm 以上時，為減少 IC 輸出電流的波動，IC 的 V_{DD} 端應獨立供電，如下示意圖。若距離近則可共用 V_{DD} 電阻，惟電阻值必須考慮能維持 NU507A 之 I_{DD} 所需，並注意電阻功率的大小。

