

多個LED陣列的高能效驅動及安全監控

作者：Fabien Franc

關鍵字：LED陣列、安全監控、線性驅動器、PCB、PWM

在電器產品中LED越來越多地用於產生光，如用於液晶電視背光，替代傳統的冷陰極螢光燈(CCFL)。在工業及一般照明應用中，它們逐漸替代白熾燈、緊湊型螢光燈(CFL)及高強度氣體放電燈。LED提供的光強度與流過LED的電流大小成正比；耗散的功率與電流及LED正向壓降成正比。

光源及功率耗散最好使用數量多、電流小的LED來分攤，而非使用要求使用更高成本印製電路板(PCB)及額外散熱故而增加系統總成本的少數大功率LED。例如，在液晶顯示器(LCD)背光應用中，白光LED均衡地分佈在LCD的一側或不同側。而在LED燈具中，為數眾多的LED提供更加射的照明，並在PCB和散熱片上提供更好的散熱。基於此兩項理由，使用大量LED的途徑就很常見了。

驅動一串LED而非並列的多顆LED，提供固有的電流匹配及更少的互連端子。在某串LED斷開連接的情況下，整串LED的照明將完全停止。因此，更佳的舉措是引入某些冗餘，並且最少包含並聯的兩串LED。由此帶來的效應是偏置LED的陽極電壓降低，可以提升安全性。

另一方面，多串配置提供一致的光輸出要求電流匹配。不同LED串的正向壓降特性可能略有

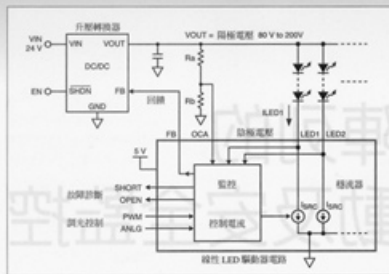
不同，需要予以監測，因為在使用線性驅動器時可能會導致過多的熱耗散。驅動器電路檢測LED開路及LED短路故障條件並持續工作至關重要。

帶升壓轉換器及線性驅動器的24V DC電源

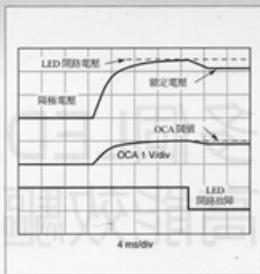
傳統上電視機包含提供24 VDC的開關電源(SMPS)。相同的電源如今可以連接至直流-直流(DC-DC)升壓轉換器，產生正向偏置長LED串所要求的高壓，範圍介於80 V與200 V之間。升壓轉換器包含脈波寬度調變(PWM)控制器，如安森美半導體的UC3843或NCP1252。然後，使用線性LED控制器來對多串LED電流進行穩流，並為升壓轉換器提供回饋，從而將陽極電壓自動調節至盡可能地低，以將線性LED驅動器的功率耗散降至最低(如圖1所示)。工作期間可能出現幾種故障，需要由控制器來處理。常見問題包括LED通道開路及LED通道短路。

LED開路保護

在過壓或LED串變為開路的情況下，升壓轉換器將增加陽極電壓(VOUT)，此時陽極電壓在



▲圖1 DC-DC升壓轉換器及線性LED驅動器方案



▲圖2 上電及LED開路

試圖為流過LED通道的電流穩流。峰值陽極電壓必須限制為安全值，即「LED開路電壓」，從而避免因超過定額電壓而損壞升壓電路及其輸出電容或線性驅動器。

檢測LED開路故障的一種方式是將陽極端子連至分壓電阻(R_a , R_b)，並將中點連接至低壓比較器(OCA輸入)，如圖1所示。一旦陽極電壓達到LED開路電壓，LED驅動器就可以通過檢測出陰極被穩流器電路下拉至地電平，識別出LED通道開路。然後，電源可以關閉及忽略開路的通道，直到系統重啓或DC-DC升壓電路關閉。通過使用開漏極輸出標記(OPEN)，LED開路故障被報告給系統(見圖2波形)。LED開路電壓可以設定為比跟LED最大正向壓降(低環境溫度條件下)對應的最大陽極電壓高10%或20%。

LED短路保護

在某些異常情況下，某些LED可能短路，或者LED串陽極-陰極端子可能碰巧連至一起，這導致陰極電壓升高(位於LEDx接腳)，可能導致驅動器電路中耗散過多熱量。為了減少功率耗散，一種選擇是減小LED電流，直到短路狀況消失。LED正向壓降不匹配也可能觸發LED短路故障。出現這種狀況的條件是陰極電壓上升，一旦陰極電壓超過極限，即觸發故障。可以使用開漏極輸

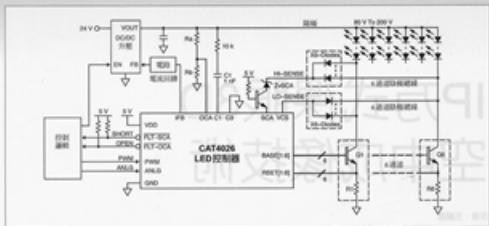
出標記(SHORT)來將此故障報告給系統。驅動器電路的功率耗散(P_0)可以這樣計算： $P_0 = \sum V_{LEDx} \times I_{LEDx}$ ，其中， V_{LEDx} 是陰極電壓， I_{LEDx} 是各通道的LED電流。

調光方法

調光是一項重要功能，令使用者可以透過改變LED電流來調節亮度或發光率。有兩種調光方法：或是使用脈波寬度調變(PWM)，或是類比輸入訊號。PWM調光透過將LED通道反覆導通或關閉來調節LED電流，使平均LED電流與工作週期(duty cycle)成正比。例如，100 mA額定電流5%的工作週期相當於5 mA平均電流。為了不滋生視覺閃爍，PWM頻率應當最少為100 Hz，通常為約300 Hz。較低的PWM頻率支持更高的調光解析度，特別是在工作週期較低時。PWM調光的一項優勢是它維持LED色彩。類比調光基於類比電壓(ANLG輸入)控制調光；類比電壓確定了與電壓直接或正比的電流值。若有需要，這兩種方法可以同時使用。

解決方案

安森美半導體的CAT4026 6通道LED控制器提供了整合方案，不僅為多個高壓LED串穩流，



▲圖 3 採用 CAT4026 LED 控制器的戶外雙極性 LED

同時還監控這些 LED 串，且支援故障診斷。每個 LED 通道採用外部雙極功率電晶體（Q1 至 Q6）來穩流（參見圖 3 中的應用電路）。電晶體經由串列電阻接地，從而透過將其電壓（RSET 接腳）調節至 1 V 來控制電流。電晶體也連接至 LED 陰極，可能會經受高電壓，應當能夠在 LED 短路故障情況下應對最大陽極電壓。電晶體定格電壓非常重要。粗略估計電晶體功率耗散的一種好方法是用 LED 電流乘以電晶體集電極至發射極電壓。在選擇封裝類型及進行顧及到散熱的印製電路板 (PCB) 布線設計時，應當考慮到最壞情況。

陽極電壓由 LED 控制器提供回饋給 DC-DC 轉換器的閉環系統自動確定。CAT4026 透過 VCS 接腳識別出最高正向壓降的 LED 串或是最低陰極電壓。一旦最低陰極電壓處於額定裕量 (headroom) 電壓範圍，升壓轉換器就恢復正常工作。由於所有 LED 通道都連接至相同的陽極電壓，如果某一串 LED 開路或斷開連接，其它串將遭受更高的陰極電壓，導致電晶體耗散一些功率。所有工作的 LED 通道的電流由外部電阻單獨設定（如圖 3 所示），相應地 $I_{\text{LED}} = IV / R_x$ 。

CAT4026 VCS 接腳透過二極體（或 diode-OR）網路感應最低陰極電壓 (LO-SENSE)，增加了 0.6 V 的二極體壓降。當 OCA 接腳電壓到達 1 V 時，

就開始 LED 開路檢測，然後開路的通道陰極下拉至地電平。LED 短路事件透過 SCA 接腳來檢測，其方式是透過 diode-OR 網路來感應最高陽極電壓 (HI-SENSE)。齊納二極體 (ZENKA) 支持調節 LED 短路閾值電壓。

CAT4026 控制及確保多達 6 個 LED 串中的緊密匹配。對於少於 6 串的應用而言，未使用的通道接腳保持為不連接狀態。對於超過 6 串的應用而言，可以並列連接多顆 CAT4026；其中一個主控制器提供回饋給電源。CAT4026 採用 SOIC-28 接腳封裝，易於貼裝在單面 PCB 上。

結論

線性控制器為驅動多串 LED 提供了彈性的方案。功率耗散在離散電晶體而非在控制器 IC 之中。CAT4026 控制器並不直接連接施加在 LED 串上的高壓，非常適合電壓高達 260 V 甚至更高、輸出功率達 100 W 或以上的長 LED 串應用。