

採用 LED 照明是最佳選擇的 5 個理由

就在幾年前，還很難客觀地比較傳統照明解決方案與 LED 照明解決方案。隨著 LED 的進步、廠商採納標準、總體擁有成本，以及有助於解釋模糊的使用壽命及保固的電路類型，使得比較與更換變得更加容易。現在，根據 LED 照明的優劣勢作出明智的抉擇變得相當容易。

作者：Raymond Oakley、Brian Johnson 及 Richard Chung / 快捷半導體

擁有 LED 照明的藉口與阻礙越來越少。過去幾年中，LED 的顏色及色溫品質已顯著提高，成為了主流。有了 Lighting Facts 標章，在選擇 LED 燈具時無需再進行猜測。對總體擁有成本有了更好得理解，可證明最初定價的合理性。選擇 LED 驅動器拓撲，有助於延長 LED 壽命、保修期並降低了更換的頻率。本文介紹採用 LED 照明的 5 個主要理由。

理由 1：更高的 LED 品質

LED 在發光品質上有了巨大進步。幾年前，LED 顏色選項主要是明亮白色，在色溫標上通常稱為日光色，這是因為白色 LED 是最常用的顏色。除非選擇用於儲物空間、車庫、醫院或倉庫，照明設計師和消費者不會認真考慮在所有照明應用中採用 LED 燈具。雖然照明設計師和消費者知道 LED 燈具用電少並且因為用電少能省不少錢，但白色 LED 燈具有時不能營造某些空間需要的溫暖或調色環境。最近在光學和熱能設計中，LED 技術趨勢表現出巨

大的進步。LED 燈具能夠營造暖色調到冷色調，可提供與傳統燈泡和照明燈具類似的顏色品質(色度)及光輸出(流明或燭光)。LED 技術已擴展到新的照明應用，在選擇照明燈具時，消費者在顏色、色溫和燈泡形狀或風格方面有了新的選擇。

理由 2：減少了對標準及 Lighting Facts 標章的猜測

幾年前，購買 LED 燈時需要採用反覆試驗法。程序如下：根據包裝上的有限資訊購買 LED

圖 1：LED Lighting Facts 標準標章



燈，認為該 LED 燈適合您的規劃空間；將 LED 燈安裝到您的應用空間；判斷照明體驗是否比以前的照明解決方案好一些，或者確定是否要更換為其他形式的照明燈具更有吸引力，比如，換成鹵素、螢光燈，或者繼續使用白熾燈等。繼續採用反覆試驗法，持續退換和選購下一批 LED 燈具進行試用。反覆試驗法到最後通常是以消費者對整個體驗感到失望而結束。最近，透過 lighting facts 標章確定 LED 燈是否合適變得更明確、更容易，無需過多試錯。^[1]美國 能源部正在幫助消費者瞭解更多 LED 照明。LED Lighting Facts 標章是美國 能源部展示用於一般照明的 LED 產品專案的一部分，這些產品由致力於根據行業標準測試及報告效能結果的廠家提供。該標章便於對比不同廠家產品的等級。圖 1 顯示一個標章範例。

照明設計師或消費者該如何理解包裝上的理賠聲明？如圖 1 所示的 LED Lighting Facts 標章包含以下有用資訊：光輸出流明是指 LED 燈產生的光量，相關色溫(CCT)說明 LED 燈與被替代的傳統燈具的類似程度 - - 例如是看起來像古老的白熾燈，還是更像辦公樓中的螢光燈？如果包裝上沒有 Lighting Facts 標章，聯邦貿易委員會(FTC)標章也可以為買家提供幫助。若需要計算投資回報率，作為買家您還可以考慮其他幾個方面。

理由 3：較低的總體擁有成本

冷、暖氣設備和照明依然是商用和住宅建築中的耗能大項。^[2]當照明建築師確定最佳燈具時或當消費者站在照明設備區前選擇下一個照明項目時，總體更換或擁有成本可能是最關鍵的決定標準。因為 LED 的解決方案成本大致會高出 3 至 10 倍，那麼與傳統照明燈具相比，LED 的解決方案具有哪些明顯的優勢和依據呢？

更換 LED 燈具的省電和盈虧平衡點最短為一年。假定 10.5 W 的 LED A19 燈泡具有與 60 W 白熾燈相當的照明品質和光輸出。比較 LED 解決方案與白熾燈解決方案的能源成本，如果每天使用 3 小

圖 2：燈絲斷了



時且每千瓦時為 0.11 美元，那麼這兩種解決方案的能源成本分別是 1.26 美元和 7.20 美元。不相信？如果節能還不夠，那麼再考慮一下更換成本。

您家最後一個白熾燈是什麼時候壞掉的(圖 2)？這可能意味著在家與商店之間一個小時的往返行程加上交通成本。在這期間，您的情緒狀態是怎樣的？您的時間(和情緒狀態)值多少錢？您甚至是否有認知到其實白熾燈替換方案算是已經淘汰的能源規範？CFL(節能燈)替換成本低於 LED 燈成本，但其成本仍高於白熾燈，並且 CFL 燈品質不是很理想。CFL 還存在可靠性方面的問題。

假設自由時間至少值 10 美元每小時。如果您開車，這次出行可能需要用掉 1 加侖汽油，價格是 3.40 美元，還要加上汽車的磨損。最後，考慮 LED 燈具的長壽命優勢。除了減少到燈具商店的次數外，最近購買的 A19 LED 燈具還在包裝上有這樣的聲明：

「可持續使用 18.3 年」：18.3 年是指按每天用燈 3 小時，1 周 7 天計算，基於工程測試和概率分析得到的額定平均壽命。

3 年有限保固聲明：燈泡材料和和做工沒有缺陷，可工作 3 年。

在考慮 LED 投資回報率時也要同時考慮在夏季需要冷氣的時候，冷卻一堆 10.5 W LED 燈(通常用在浴室鏡子上面)與冷卻一堆 60 W 的白熾燈的比較，比較安裝有 9 個 60 W 白熾燈(產生 540 W 的熱

量)浴室的冷卻成本與冷卻 94.5 W 等效 LED 燈所產生熱量的冷卻成本。由於僅需冷卻 1/6 的熱量，因此能夠減少耗電率，並進一步證明 LED 投資的合理性。

理由 4 及 5：LED 的長壽命聲明及產品保修，與 LED 驅動拓撲的影響

長壽命聲明自 LED 為半導體器件時就已在存在，半導體故障率相當小。3 至 5 年有限保修聲明或許能夠評估公司支持退換貨成本時所需承擔的風險程度。這些聲明基於獲取產品可靠性資訊的壽命試驗。Lighting Facts 標章根據 IESNA LM-79 行業標準量化 LED 效能。

廠家選擇的 LED 驅動器以及用於將交流輸入電壓轉換為 LED 所用直流電壓的電子器件影響著廠商 3 至 5 年，甚至 10 年的保修聲明。

儘管無法替代應用環境中的實際 LED 驅動器故障率測試，還是有一種方法可用來預測所選 LED 驅動器拓撲對 3 至 5 年甚至 10 年保修期的影響。這種方法就是平均故障時間(MTTF)，用於分析不可修復器件(如 A19 燈泡，一旦故障就會丟棄)的可靠性。^[3]瞭解 MTTF 可以幫助廠商確定保修期。計算或測得的 MTTF 值以及客戶每年的 LED 燈使用率都是確定保修期的因素。本文中定義的故障是指驅動

器停止工作。下面的分析中沒有考慮 LED 燈、光學器件、LED、連接器、電線等的其他元件，但它們在計算保修期時同樣重要。故障可能包括色偏或額定光衰，但未在該分析中進行說明。

有幾種方法可用來預測 MTTF，第一種方法是總故障率。計算驅動器的故障率為其元件的故障率之和。然後，轉換該總故障率得到產品的 MTBF 或 MTTF，其原本是基於 MIL-HDBK-217F 的。選擇 LED 驅動器可靠性預測的方法是 Siemens SN29500。該方法採用的就是總故障率。基於的故障率是以比 MIL-HDBK-271F 中的資料更新的資料為基礎。

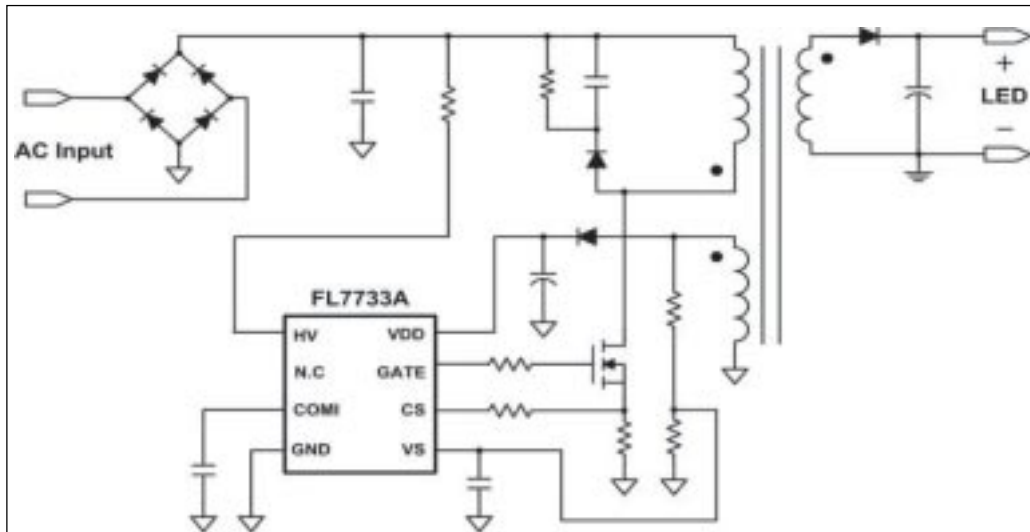
替換燈泡中常用的 LED 驅動器是帶功率因數校正功能的初級側調節(PSR)返馳式拓撲。一個典型的驅動器實例是如圖 3 所示的 FL7733A。

該 PSR 拓撲的優勢在於它提供隔離，從而實現最低 BOM，並且不需要次級反饋回路來調節 LED 燈串中的輸出電流 -- 無需使用會增加 LED 驅動器故障率的光絕緣器、基準、其他電阻和電容。PSR 技術能夠實現 $\pm 3\%$ 的恒流精度。PSR 控制器還包括功率因數(PF)校正，在 90 VAC 至 277 VAC 的通用工作輸入電壓範圍內實現 > 0.9 PF 且 $< 10\%$ 的總諧波失真度。包含功率因數校正功能後，就去除了要求 PF > 0.9 的產品所需的元件。整合啟動電

路還有助於減少元件數量，從而降低故障率。

現在，讓我們來考慮一下三年保修期內 PSR 返馳式 LED 驅動器的預計故障總數。計算得到的 PSR 返馳式拓撲的 FIT 率是 227.1。^[4]假設廠商將出售 100,000 個 LED 燈泡。

圖 3：帶功率因數校正功能的初級側調節 LED 驅動器



假設 100 小時 POH/ 月。一個月中，

$$\begin{aligned} \# \text{ of fails} &= \# \text{ of units} \times \text{failure rate} \times \text{hours/mn} \\ &= 100,000 \times 0.0000002271 \times 100 \\ &= 2.271 \text{ fails/mn} \end{aligned}$$

三年中，

$$\begin{aligned} \# \text{ of fails} &= 36 \text{ months} \times 2.271 \text{ fails/mn} \\ &= 81.76 \text{ fails} \end{aligned}$$

預計三年中，在總共售出的 100,000 個 LED 燈泡中，故障數為 82 個燈泡。預計五年中，故障燈泡數為 136，仍然是比較低的故障數，那麼在將保修期延長至 10 年時，故障燈泡數將是 272，這是潛在的更換成本。應該進行壽命測試，以便對結果進行關聯。

MTTF 測試評論，理論上說必須知道所有驅動器的總執行時間才能計算 MTTF。但是這種期望是不現實的，因為必須在出售所有產品前設定保修期，因此壽命測試是用來估計 MTTF。壽命測試使用 20 個或更多產品來累計總執行時間。

LED 驅動器拓撲的選擇的確是確保保修期內不出現故障的一個因素。關鍵是，選擇具有最低 BOM 數量和合理元件應力，但仍能達到 LED 燈具效能目標的拓撲。LED 驅動器設計人員可以選擇交流到直流非隔離 PFC 降壓拓撲，PSR PFC 返馳、單級 PFC 反激、或考慮二級解決方案。將二級解決方案中的控制器與整合式 MOSFET 相結合可有效降低 BOM，使用元件計數方法可以得到更好的 MTTF。

考慮入口走道燈或者距離地板 20 英尺高的樓梯上方的燈 - - 最大程度地減少上下起伏，以及使用梯子的潛在危險性。仍需要採用反覆測試法來選擇照明燈具，但是通過在包裝上注明流明、CCT 和 CRI 數值，可以大大簡化這個過程。更佳照明品質的燈具、標準化標章以及評估更換和總體擁有成本都使得消費者更容易考慮選用 LED 燈具。有關使

用 LED 照明時需要考慮的其他技術理由，請參考白皮書「順應目前低功率 LED 照明趨勢的解決方案」。^[5]

目前，採用 LED 照明的案例已經過更多地證實。目前，LED 顏色和色溫改進與傳統照明相當。Lighting Facts 標章為消費者和照明建築師比較燈具等級時提供了一種標準方式。介紹了一種更全面的總體擁有成本。另外，本文還介紹了初級側調節 PFC LED 驅動器電路拓撲及其與壽命聲明和保修期關係的範例。採用 LED 照明的理由更有說服力。

參考文獻

- [1] Lighting Facts 網站，<http://www.lightingfacts.com/>
- [2] 美國能源部，能源效率及可再生能源辦公室。「2008 年度住宅和商用建築的能源效率趨勢」。http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/corporate/bt_stateindustry.pdf
- [3] Raymond A. Oakley，「LED 工程師需要瞭解哪些關於 MTBF 的知識」<http://www.fairchildsemi.com/campaigns/led-lighting-mtbf-white-paper>
- [4] 您的 LED 驅動器拓撲有多可靠？關於故障率區分出一些明確的贏家和輸家，<http://blog.fairchildsemi.com/2012/how-reliable-is-your-led-driver-topology-a-look-at-failure-rates-yields-some-clear-winners-and-losers/#.VCmj7Pnwhws>
- [5] Brian Johnson 和 James Lee，「順應目前低功率 LED 照明趨勢的解決方案」，http://www.fairchildsemi.com/ShoppingExperience/action/redirect?type=sc&url=/whitepapers/AEP2415_Low_Power_LED_Lighting.pdf 