

# 淺談 LCD Panel 的 LED 背光源電路設計

## I. 前言

近年來，隨著液晶顯示器（Liquid Crystal Display, LCD）相關技術的快速發展，使得液晶顯示器已廣泛的應用在各領域中。與傳統的陰極射線管（Cathode Ray Tube, CRT）顯示器比較起來，雖然液晶顯示器在動態響應等方面尚無法和陰極射線管顯示器相匹敵，但其具有體積小、重量輕、低耗電量、低輻射、畫面無閃爍等優點，已使得液晶顯示器逐漸地取代傳統的陰極射線管顯示器成為現今當紅的平面顯示器(Flat-Plane Display, FPD)。

傳統而言，液晶顯示器的背光源多是使用冷陰極管(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)，但面對全球環保議題的上升，以及歐盟電子電機設備中危害物質禁用指令(RoHS)的推出，全球 LCD 面板廠積極尋求冷陰極管(CCFL)的替代方案。

與 CCFL 背光源相比，發光二極體(Light-Emitting Diode, LED)除了不含汞而較為環保之外，還具有體積小、壽命長、響應速度快等優點。LED 正因為具有這些優勢，愈來愈多的廠商開始研製以 LED 為背光源，目前在智慧型手機等小尺寸的顯示器上，LED 基本上已經取代 CCFL，而在筆記型電腦等中大尺寸的顯示器上，使用 LED 為背光源也是必然的趨勢。有鑑於此，本文將提供設計者使用 LED 為背光源的使用方案。

## II. LED 特性與其驅動電路要求

LED為一種半導體元件，一般在市面上販售的LED，已經是廠商按照波長或亮度等特性篩選分類過後的。由於LED導通時的電流變化率遠大於順向導通電壓的變化率，所以測試其特性及分類時，大多基於一個額定電流值(例如20mA或者300mA)，再給出順向導通電壓的變化範圍。這樣的目的，就是要獲得期望的亮度要求，在相同的驅動電流下，得到每顆LED亮度、色度的一致性。並且為保證元件可靠性，驅動LED的電流必須低於LED額定值的要求。同時，當周圍環境溫度提升時所允許的額定電流會降低。由此可見，用LED為顯示器背光源時，需要對其驅動在固定電流下，以避免驅動電流超出最大額定值，影響其可靠度。

大多數出售的LED在額定電流值附近區域，其光學特性會很一致。但在距離額定電流值較遠的區域，即使用相同的驅動電流，LED之間的特性也會出現較大的偏離。需要較低亮度時，一般會直接減少通過LED的電流，但是這樣LED之間的亮度可能會存在很大的差異。例如，如果同樣用10mA的電流驅動兩個額定值為35mA的LED，其整體亮度會減少，並且兩顆LED之間的亮度差異也會增加許多。若應用在筆記型電腦之類的中大尺寸LCD背光中需要幾十甚至上百顆高亮度LED同時點亮，如果其流過LED的電流偏離額定值太多，即使流過每顆LED的電流是一樣的，也會出現亮度不均勻的情況。所以實際的運用中，一般採用PWM調光來解決這個問題。以確保LED間的亮度一致性。而且在中大尺寸LCD面板下，大多為多串的LED陣列，這時每一串LED的電流一致性就非常重要，所以均流設計也是一般驅動電路所必須考量的。

### III.傳統中小尺寸的 LED 背光源驅動方式

圖 1 所示為傳統驅動中小型 LCD 背光源的 LED 應用電路，可以應用在 PDA、DSC 或汽車衛星導航。我們以 AIC1634 做例子來說明。AIC1634 為一升壓式轉換器(Boost Converter)來提供一順向電流驅動 LED。LED 本身具有電流驅動的特性，其亮度與順向電流的大小有相依賴關係，因此驅動電路中利用電流偵測電阻來調節所需的 LED 順向電流大小，以達到所需求的亮度。

對於升壓式的驅動電路，當 LED 故障時，則電路的輸出端呈現開路，會使得流過電流偵測電阻的電流為零，即迴授電壓為零。這將會導致升壓式轉換器的功率開關工作在最大責任週期(Duty Cycle)，產生很高的輸出電壓，可能會超過功率開關或蕭特基二極體(Schottky Diode)的最高耐壓，造成功率開關或蕭特基二極體損毀，為避免此一現象，於輸出端連接一齊納二極體(Zener Diode)，來限制最高的輸出電壓，避免功率開關或蕭特基二極體毀壞。不過此驅動電路有一些缺點，由於驅動電流由外部電流偵測電阻設定，每一串的電流可能會有不平均的狀況，會使得 LCD 亮度感受不均勻。並且調光方式是利用  $\overline{\text{SHDN}}$  Pin 給予信號去調整流過 LED 的平均電流，其調光可接受的訊號頻率範圍較窄，大約為 0.1kHz~2kHz。除此之外，由於沒有獨立的電流控制源(Current Source)，所以若主電流串的 LED 發生故障時，其他串的 LED 也就無法點亮。並且無判斷 LED 為 open 或 short 的機制。

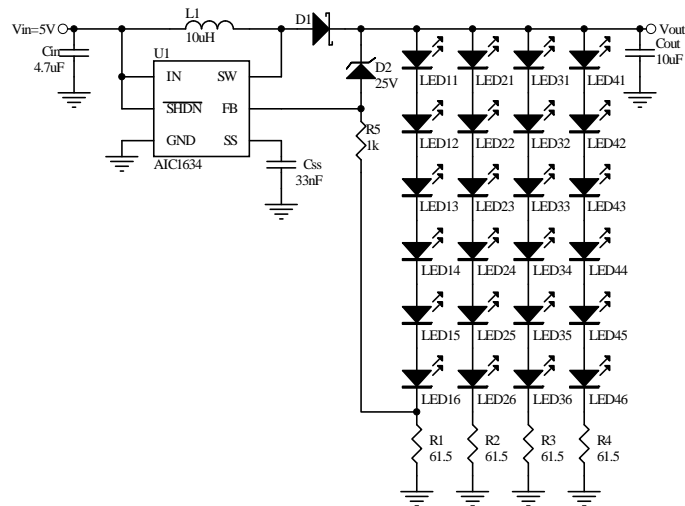


圖 1 傳統 LED 驅動電路

### IV.中大尺寸的 LED 背光源驅動方式

為了改善上述傳統的 LED 驅動電路的一些缺點，並且較大尺寸面板串並 LED 的數量會更多，例如：筆記型電腦及可攜式 DVD，因此推出更為完善的 LED 背光源驅動電路。底下將以 AIC3646 為例子，介紹一個以 LED 為背光源的驅動電路。

#### 4-1 應用電路

圖 2 為一個以 10 串 8 並 LED 陣列為例子的驅動電路，以沛亨半導體所推出 AIC3646 為例子。AIC3646 包含一組可調頻率、高效率的升壓式轉換器，其中控制方式為電流模式的脈波寬度調變(Current-Mode Pulse-Width-Modulation)，操作頻率為 500kHz~1.5MHz，效率高達 90%

以上。內部有獨立的 Current Source 來控制 LED 的順向電流，並且可以由外部設定流過 LED 順向電流，同時支援較寬廣頻率範圍的 PWM 調光。

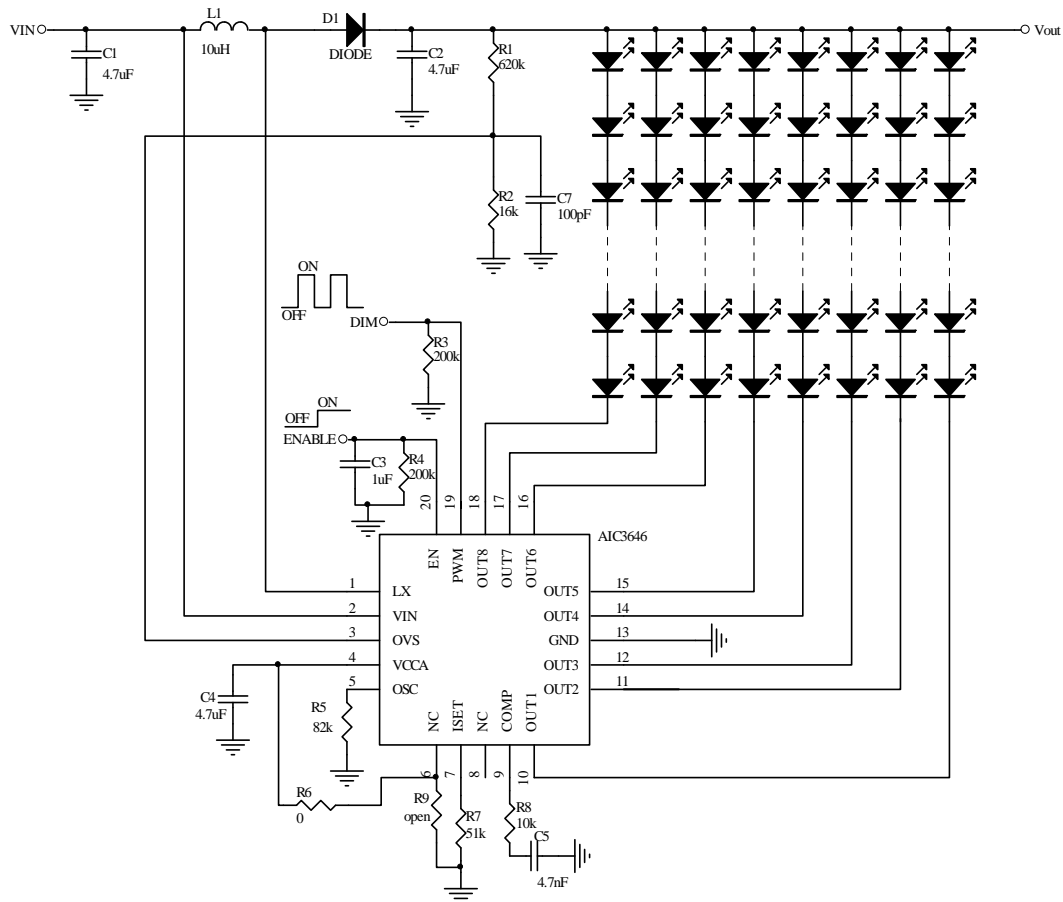


圖 2 AIC3646 應用電路

## 4-2 IC 功能及使用介紹

### 1. 均流設計

AIC3646 內建獨立的 LED 電流控制源，使得各串 LED 流過的電流都有一個與 LED 串聯的控制源來控制。LED 組共用的總輸出電壓與各串 LED 實際的順向導通電壓的差即由各串的控制源來承擔，從而做到流過每一串 LED 的電流一致性。AIC3646 可以做到 LED 串與串間的電流誤差在 3%(Typ.)。

### 2. 可調開關頻率

AIC3646 內建的升壓轉換器可由外部電阻來設定開關的操作頻率。如下列方程式所示：

$$f_{osc} = \frac{82 \times 10^6}{R_{osc}} (\text{kHz}) \quad (1)$$

AIC3646 可以允許操作頻率範圍從 500kHz~1.5MHz。較高的操作的頻率下，可以使得外部電感元件體積較小，但也會使得切換損失(switching loss)較大，而導致效率降低。若是使用較低的操作頻率，可以讓效率較高，但會需要使用較大體積的外部元件。

### 3. LED 電流設定

AIC3646 可由外部電阻來設定流過 LED 的電流。如下列方程式所示：

$$I_{LED} = \frac{2.5}{R_{SET}} \times 400 \quad (2)$$

為了防止外部元件在焊接時可能發生短路的意外，AIC3646 內部設定最高的 LED 導通電流為 60mA。

#### 4. 調光控制

一般 LED 的驅動 IC 調光方式多以 PWM 信號來完成。相對於模擬調光中直接控制流過 LED 的電流，PWM 調光可以做到流過 LED 的電流保持在額定值，利用控制 LED 點亮或熄滅的責任週期(Duty Cycle)比例來調節亮度。AIC3646 提供寬廣的 PWM 信號頻率範圍從 100Hz~25kHz。

#### 5. 柔性啟動

AIC3646 內建升壓轉換器的輸出在開啟時做柔性啟動，也就是輸出電壓不會瞬間開啟，會在一段時間內(幾個 mS)達到輸出穩壓值，柔性啟動可以減少輸出電壓的過衝(overshoot)及避免輸入的湧入電流(Inrush current)。

#### 6. 過電流保護

AIC3646 內建過電流保護功能，當輸出負載電流過大時，AIC3646 會偵測到電感電流，當電感電流的峰值達到 2A 時，會限制住負載電流不再往上抽載，以保護內部的切換開關 MOSFET。

#### 7. 過電壓保護

若是在使用 AIC3646 期間，所有的 LED 串列都 OPEN 時，升壓轉換器會工作在最大責任週期(Duty Cycle)，產生很高的輸出電壓，有可能會超過內部 MOSFET 的耐壓，造成功率開關的損毀。而 AIC3646 內建有過電壓保護，無須額外的外部元件來保護輸出電壓過高的情形。由於輸出電壓透過回授電阻進入 IC 內部，若回授電壓超過 1.15V 時，IC 會關掉內部 MOSFET，直到回授電壓低於設定的 60mV 遲滯時，再重新打開內部 MOSFET。除此之外，若回授電壓超過 1.25V 時，IC 內部會立即關掉整個 IC 作為保護，必須重新啟動才會回覆動作。

#### 8. LED 開路保護

AIC3646 內部有判斷各串 LED 狀態的機制，當任意一串 LED 中有 open 時，IC 內部會自動偵測判斷，使其餘的 LED 串仍然繼續工作。

#### 9. LED 短路保護

當一串 LED 中的其中一顆短路時，有短路的 LED 串的電流控制源會承擔多餘的出來的電壓，當電壓超過 8V 時(意指大約 2-3 顆 LED 短路)，IC 內部就會關閉此串 LED 的電流控制源，而其餘的 LED 串仍然繼續工作。

## V. 測試結果

本文以輸出為 10 串 8 並 80 顆 LED 陣列為例子，實際製作圖 2 之 LED 背光源驅動電路，並進行電路量測。圖 3 為輸入電壓 7V、操作頻率為 1MHz、LED 電流為 20mA 時，升壓轉換器的切換波形、電感電流波形與輸出漣波波形。圖 4 為輸入電壓 28V、操作頻率為 1MHz、LED 電流為 20mA 時，升壓轉換器的切換波形、電感電流波形與輸出漣波波形。圖 5 為 PWM 信號頻率為 25kHz，且責任週期為 20%時的調光波形。圖 6 為 PWM 信號頻率為 25kHz，且責任週期為 80%時的調光波形。圖 7 為操作頻率 1MHz 且 LED 電流為 20mA 時，不同輸入電壓下的效率變化，其整體電路的轉換效率最高可超過 90%。

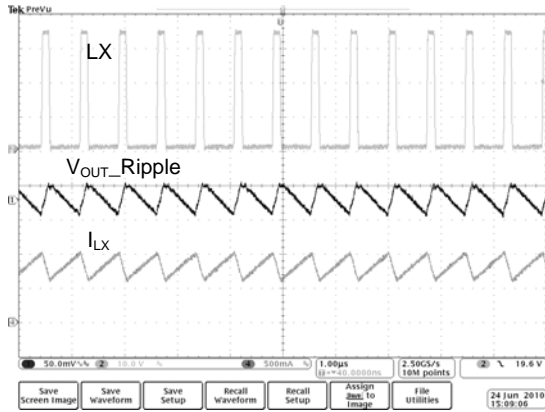


圖 3 升壓轉換器的切換波形與電感電流

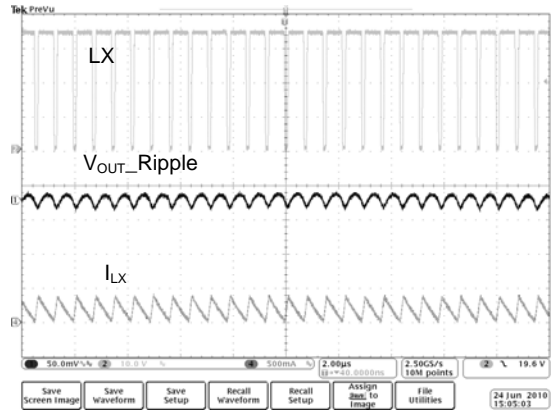


圖 4 升壓轉換器的切換波形與電感電流

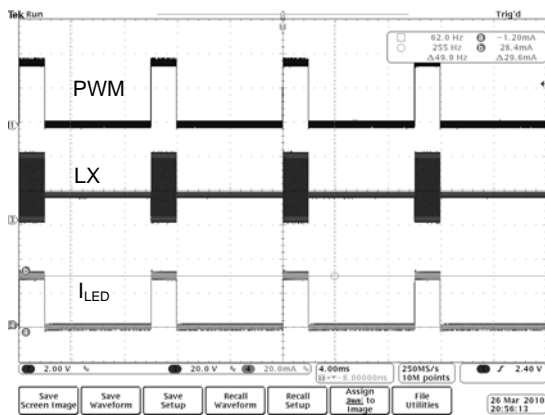


圖 5 PWM 信號調光波形

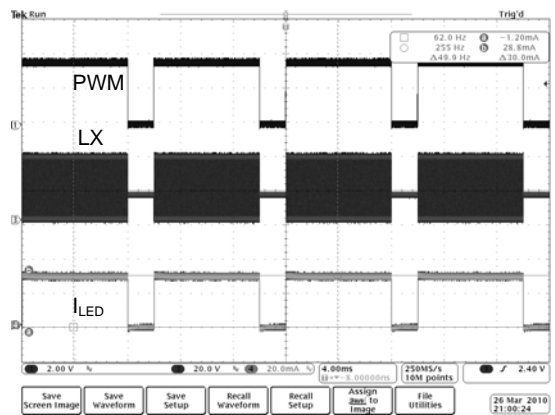


圖 6 PWM 信號調光波形

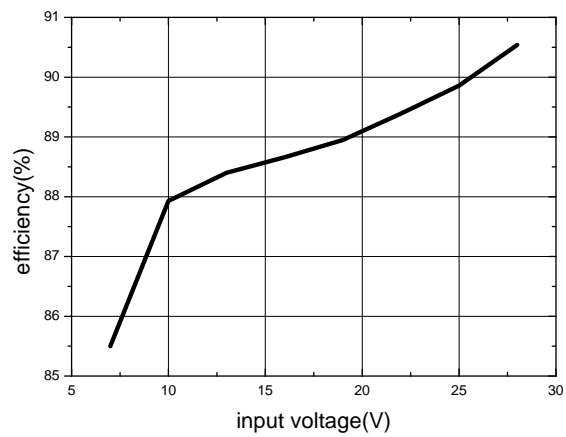


圖 7 轉換效率

## VI. 結論

由於環保意識的抬頭，使用 LED 取代 CCFL 來做為液晶顯示器的背光源已經成為一個趨勢。運用在智慧型手機及掌上遊戲機之類的中小尺寸面板的背光源相對比較單純，而在中大尺寸面板中，例如筆記型電腦，如何設計可以驅動更多串並聯顆數的 LED 並且均流控制及保護功能齊全的驅動電路已成為各家廠商的努力目標。有鑑於此，本文已針對 LED 背光源驅動電路，提供一顆內建均流設計及保護功能的升壓轉換 IC 來做介紹。