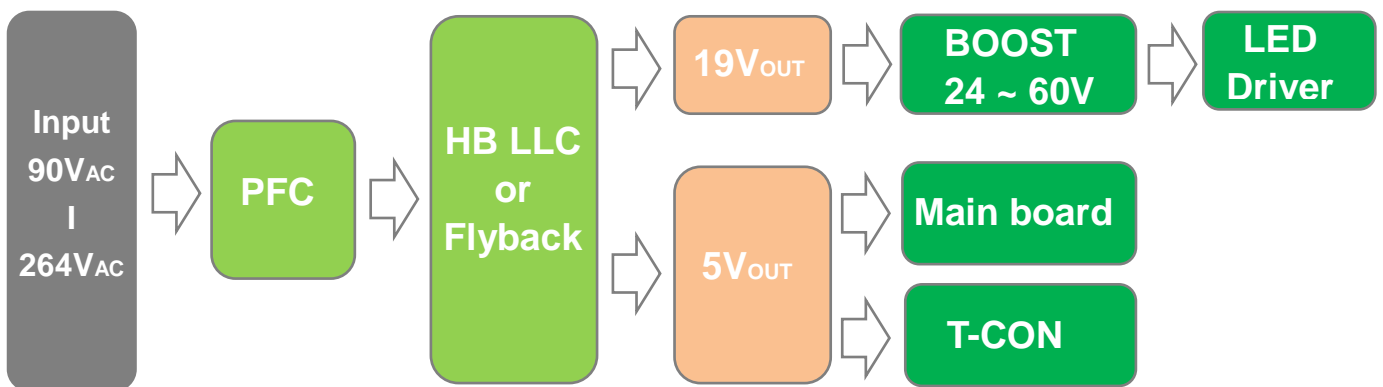


新型架構的 LED 背光控制器

作者: 黃福源

目前顯示器的背光架構幾乎都是以升壓式 Boost 加上 4 個通道線性調節器(current Regulator)架構為主。但是為了降低 LCM (Liquid Crystal Display Module) 液晶顯示器模組的成本，需要改變結構思維，才能有機會進一步降低線路成本，來因應未來顯示器市場價格的變動。以現在 LCM 及顯示器系統廠思維，均是用 4 個通道所組成的 LED 燈條的架構，如果將 4 個通道的 LED 串聯為 1 個通道的 LED 燈串，搭配使用高亮度 LED 為設計主軸發展，一個整合 Boost 切換開關及調光開關 SOP-8 包裝的 LED 背光控制器，外部線路不需要功率開關，外面主要零件可簡化為只要一個電感磁性元件，一個功率二極體及二個電解電容，可以有效減少線路零件及 PCB 板材，似乎是一個不錯的解決方案。

圖(一)是一般顯示器的背光模組電源線路的方塊圖。輸入為 90V_{AC}~264V_{AC} 全電壓範圍，經過一級 PFC 線路，提高功率因數，透過半橋諧振 LLC 或返馳式 Flyback 隔離線路架構，輸出為 19V_{OUT} 及 5V_{OUT}。19V_{OUT} 電壓經過一級升壓式 BOOST 線路，將電壓提高到輸出 LED 燈條所需要的電壓，以一般 19" ~27" 監視器規格，電壓約為 24V_{OUT} 到 60V_{OUT} 電壓。LED 燈條電壓一般都設計低於 60V_{OUT}，大於 60V_{OUT} 後，安規需要機構特殊處理(LCM cost up)。



圖(一) 顯示器背光模組電源線路方塊圖



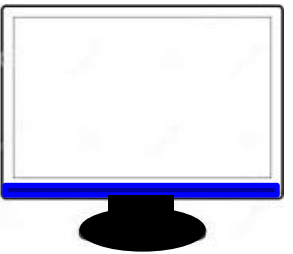
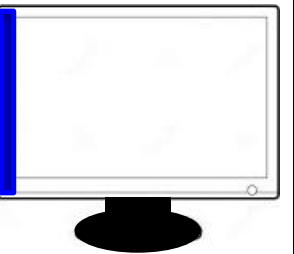

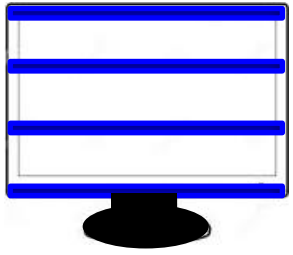
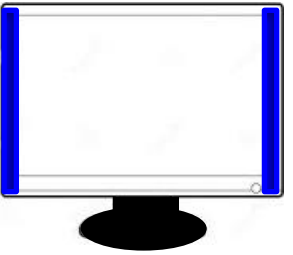
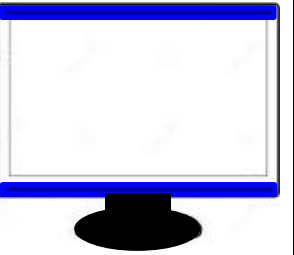
顯示器 Monitor 面板的電源模組，主要分為三個部分: LED board、Main Board、時序控制器 T-CON。隨著面板尺寸大小的不同，輸出功率也不同，以一般 19" ~27" 顯示器規格而言，背光 LED 功耗為 10~22W 左右，輸出電壓低於 60V，LED 電流為 60~120mA 為主。

Main Board 跟 T-CON 的部分，功耗分別為 2~5W 左右，電壓一般以 5V 為主，整理如表(一)

MNT	Main	T-Con	LED
<20"	2W	2W	10W
22"	3W	3W	15W
24"	4W	4W	18W
27"	5W	5W	22W

表(一) 顯示器面板電源模組的輸出功率

為了進一步降低整個顯示器的成本，2013 年在顯示器的部分，LED 背光使用是兩條燈條，分別放置在上下或左右兩側。電視 TV 的部分，LED 背光是使用四條燈條，放置在上下左右四側。而 2014 年，不管在顯示器或電視 TV 的背光部分，為了減少使用 LED 晶粒來降低整個製造成本，顯示器的背光燈條由兩條減少到一條，放置於單側。電視 TV 的背光燈條由四條減少到兩條，放置於上下或左右兩側。如表(二)所示。為了達到同樣的背光源亮度，需要更大 LED 的晶粒，提供更大的電流，來補足減少 LED 所造成的亮度的不足。所以 1 個通道的 LED 燈串，使用高亮度 LED，使用一組 Boost 架構為設計主軸發展，可以更加地降低結構的成本。

SYSTEM	2013		2014	
Monitor				
TV				

表(二)監視器及電視背光 LED 燈條的架構

顯示器背光模組電源輸出電壓有兩組：5V 及 19V。5V 為主要迴授路徑，確保輸出電壓的精準度，主要是提供給 Main Board 和 T-CON 的輸入電壓。19V 輸出電壓會隨 5V 負載變化而浮動的電壓，電壓精確度不高，經過一級升壓 Boost 線路將 19V 提升到 LED 燈條所需電壓。依負載 LED 燈條結構的不同，主要有 4 通道(4CH)應用及 1 通道(1CH)應用。

(一) LED 燈條是 4 通道的應用：

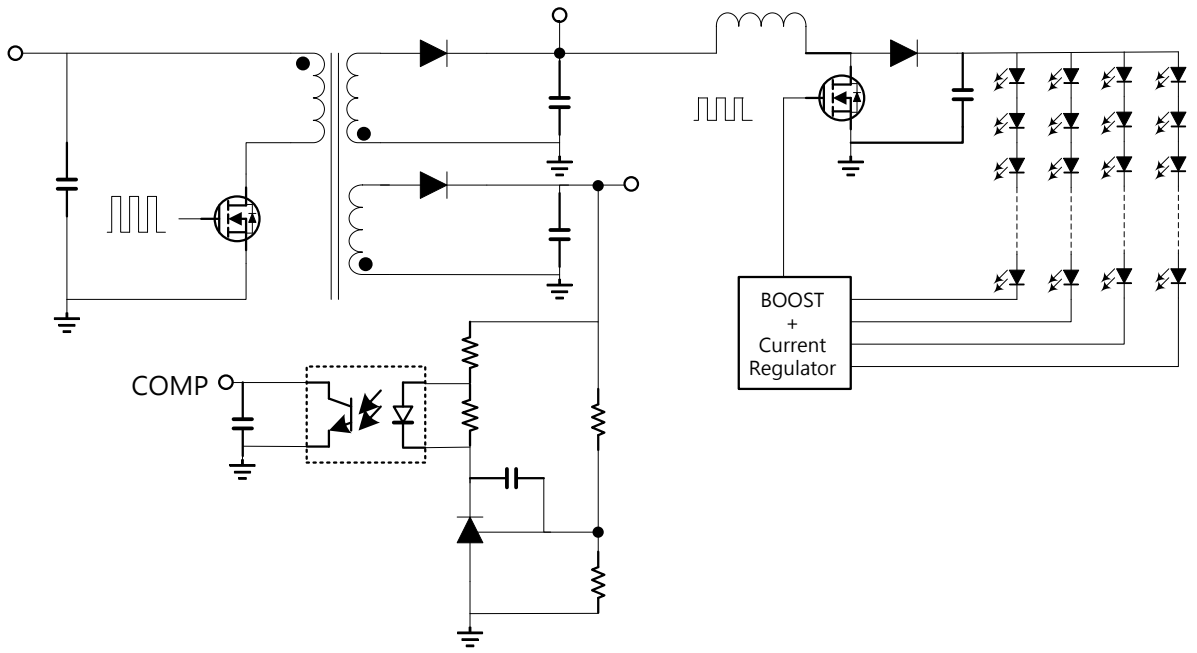
普遍應用在現今顯示器背光模組，用 SOP16 包裝的 IC 整合 BOOST 升壓式控制器及內建 4 通道的定電流調節器(Current Regulator)，提供一個完整對策的應用，然而 4 通道的應用需考慮每一個通道的電流精確度，避免造成背光明暗不均現象，以及考慮每一通道 LED 燈條導通電壓(VF)的差異會造成 IC 本體溫度升高現象。

(二) LED 燈條是 1 通道的應用：

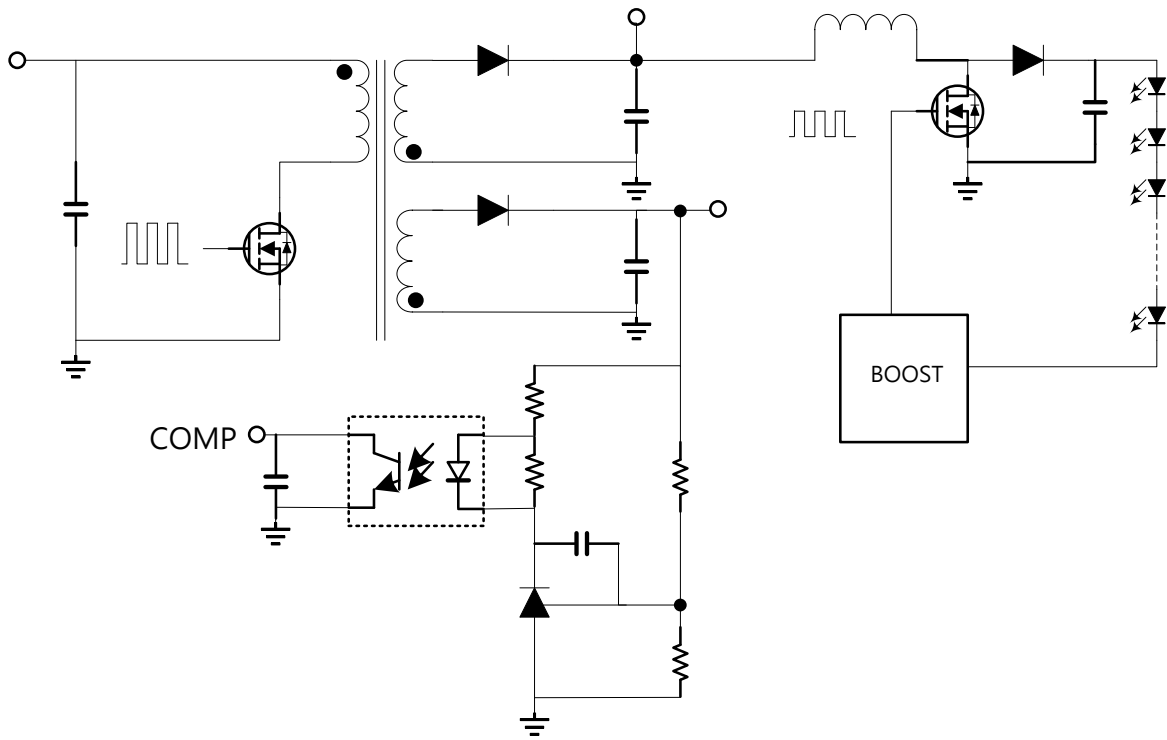
有越來越多的背光模組廠及系統廠業者開始評估及導入 LED 燈條是 1 通道的應用，跟 4 通道的應用差異在是用 SOP8 包裝的 IC 整合 BOOST 升壓式控制器來直接提供 LED 燈條所需電壓，不需要再一級的定電流調節器(Current Regulator)，所以整體效率會再提高一些，不需考慮每一個通道電流精確度造成背光明暗不均及 LED 燈條導通電壓(VF)的差異會造成 IC 本體溫度升高的問題。

為了進一步的縮減整體零件材料的成本，將變壓器額定最大效益的使用去分擔下一級升壓式 Boost 線路架構的負載量，如果升壓式 Boost 線路架構的整體輸出瓦特數，可以有效大幅地降低，主要零件輸入輸出電容、磁性元件電感、切換開關 MOSFET 及整流二極體 Diode 的零件等級選用，也可以選擇額定較低，尺寸較小的零件來降低零件數及成本。

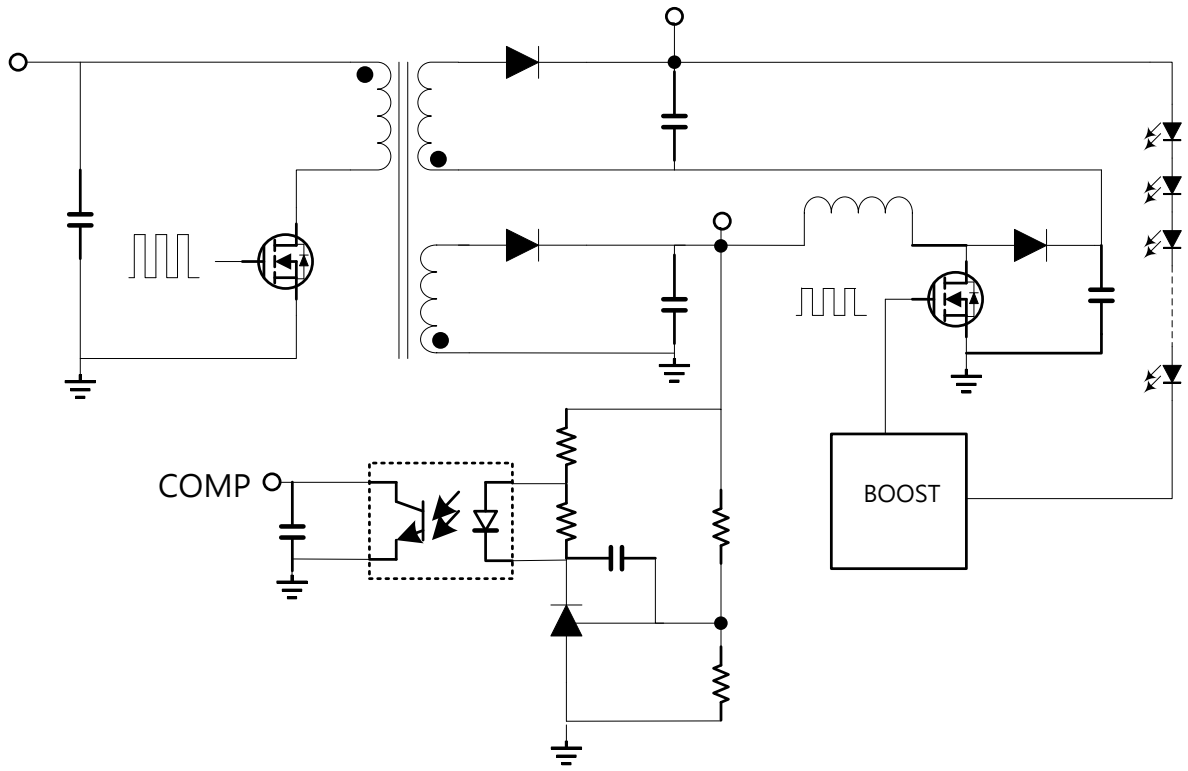
將升壓式線路的輸出電壓串聯接到變壓器另一組輸出電壓，將輸出電壓疊加上去用以驅動 LED 的輸出電壓，這個線路架構提供給 LED 輸出電壓，主要是由變壓器另一組輸出電壓提供，不足的電壓部分再由主迴授電壓 $5V_{OUT}$ ，經一級 Boost 升壓式線路提供調節，由於升壓的比例不高，所以這一級 Boost 升壓式線路不需提供很大的功率輸出，所以週邊零件都可以盡可能用小功率額定元件即可，可以有效的降低成本。



圖(二) 4 通道背光電源應用線路



圖(三) 1 通道背光電源應用線路



圖(四)新架構 1 通道背光電源應用線路

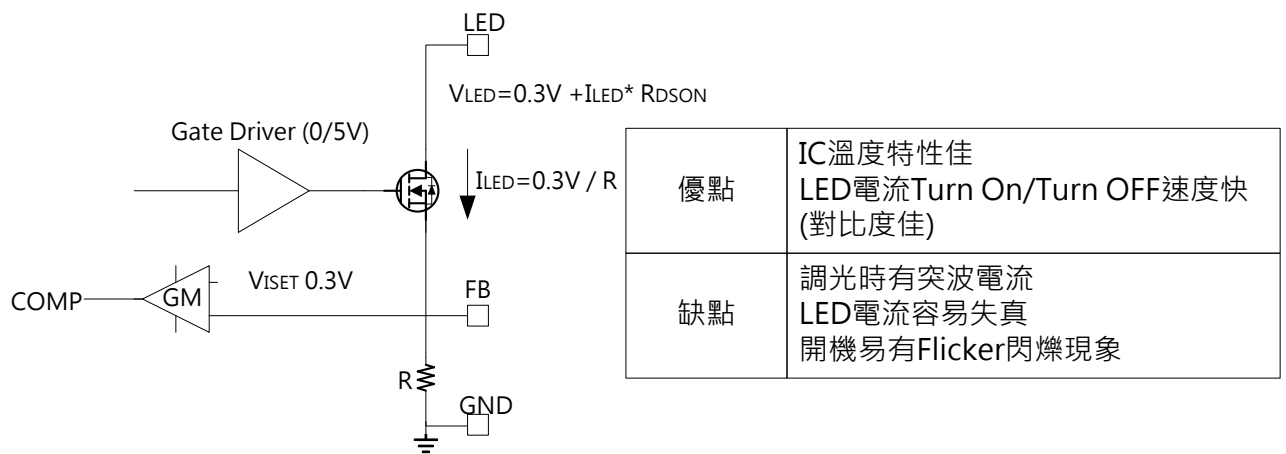
新型架構對於多組輸出使用返馳式 Flyback 架構會遇到的問題為兩個輸出在輕重載的分配上，輸出電壓會因負載端 Cross Regulation 的差異而造成輸出電壓變化大，而改善的方法為變壓器繞至二次側需要以同時併繞法，讓其改善磁迴路對線圈的感應差異變小，且一二次側需使用三明治繞法改善其漏感的變異。建議使用於顯示器的方案上，5V_{out} 的輕重載使另一組輸出 free run wire 的電壓改變控制在 10V 以內。因為對於使用此架構上，在升壓式 Boost 線路啟動的時候，容易會發生在啟動瞬間 LED 輸出電流波形有 under shoot 或 over shoot 的現象，原因為兩組輸出電壓彼此的 cross regulation 造成另一組輸出 free run wire 的電壓變化大，如果升壓式 Boost 線路回授反應速度不夠快的話，會追不上輸出電壓 cross regulation 的變化，此架構的調節電壓功能便會不佳，因而 LED 輸出電流波形會受影響。下表列出顯示器傳統型 4 串的架構和新型態輸出電源疊加的架構的特性差異。

特性	傳統型	新型架構
AC/DC 的架構	Flyback SSR 架構(雙組輸出)	Flyback SSR 架構(雙組輸出)
變壓器的耦合	無需考慮主電源輕重載對背光驅動的問題	需考慮主電源輕重載對背光驅動的問題
變壓器共用	可僅依瓦數變化	需隨輸出電壓及額定做調整
電流的穩定性問題	每 String 電流差異	調光的線性問題
String 數	4	1
成本效益	LCM 單價高 PCB 板材大,零件多	LCM Cost down PCB 板材小,零件少
總零件數	零件多及 IC 包裝尺寸大	零件較少/尺寸小

表(三)顯示器背光 LED 電源架構特性比較

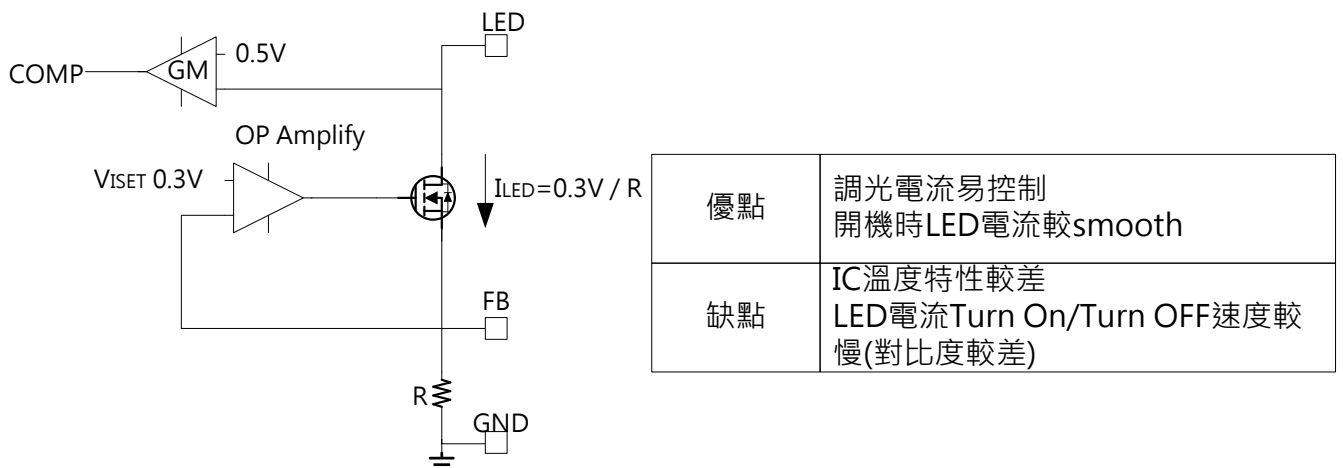
對於顯示器輸出瓦特數大於 75 瓦以上的應用，為了降低線路成本結構，AC-DC 返馳式 Flyback 線路可能會採用有主動式功因改善的單級 Flyback 架構，來改善功率因數，所以輸出會產生 100~120Hz 的低頻漣波電壓，對於新型架構的應用，這個漣波電壓會直接連接到 LED 輸出正端，所以 LED 端電壓及 LED 電流也會有相當大的漣波產生，這種低頻的漣波會產生面板有水紋波現象，不管在顯示器或 TV 背光應用都是不被接受的。以下分析兩種可能的電路架構的優缺點。

(一) Dimming MOS 當開關做 LED 電流控制



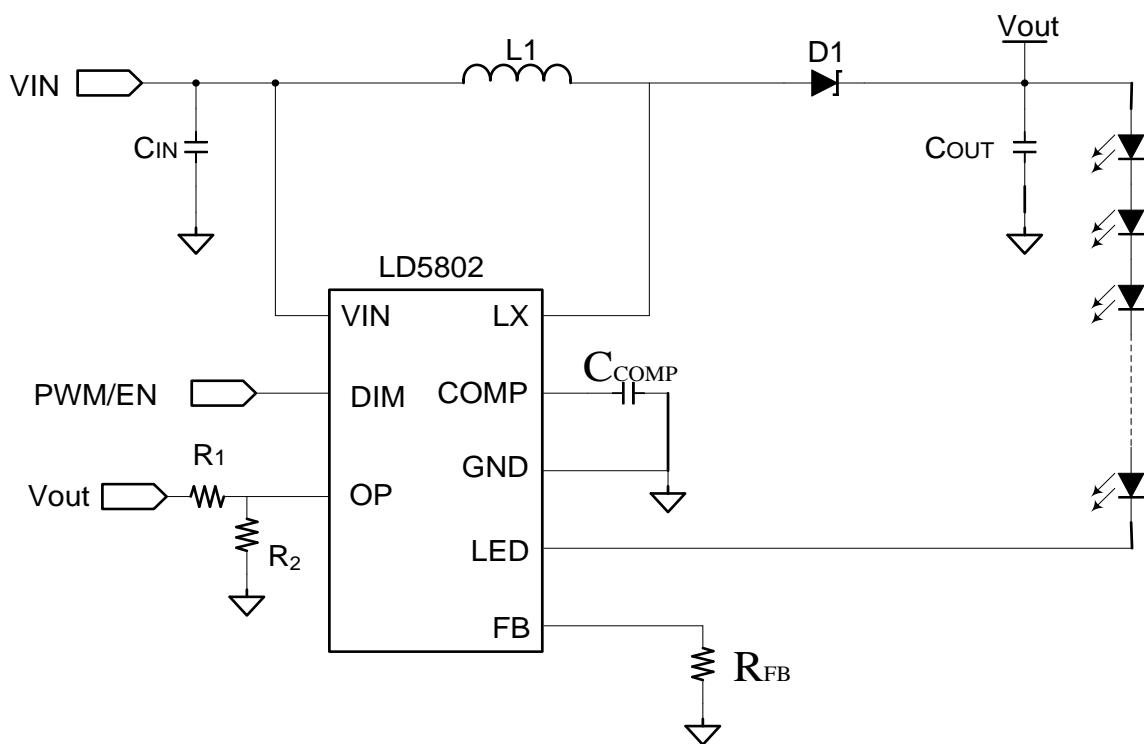
圖(五) Dimming MOS 當開關線路

(二) Dimming MOS 當定電流線性調節器(Linear Regulator)



圖(六) Dimming MOS 當線性調節器線路

通嘉科技最新開發一款整合 Boost 切換開關及調光開關的 LED 背光控制器 LD5802。Current Mode 電流回授偵測方式、內建數百 KHz 的高頻切換頻率及外部可調整的回授補償設計，大大提高了整個回授響應的速度。應用在輸出是新型的電源架構上因為 Cross regulation 所造成 LED 輸出電壓的變動，可以很快的調節電壓差，讓輸出電壓保持在一定的穩定控制範圍內，確保 LED 電流波形不管在穩態輸出及暫態輸出都能有最佳的特性。由於內建 Boost 切換開關、調光開關及操作在數百 KHz 的高頻切換頻率，所以整個應用線路週邊零件少，且可選擇尺寸較小的零件，有效減少 PCB 板的空間，也有較佳的輸出電壓及電流的連波特性。輸入電壓範 4.5V 到 30V，LX 腳位建地內建一 40V 額定電壓 2A 額定電流的開關，LED 腳位跟 FB 腳位之間內建一 50V 額定電壓 1A 額定電流的開關，也就是 Boost 電路輸出電壓最高可達 40V，LED 輸出應用電壓最高可至 50V，電流最大為 1A，總輸出功率最大可達 50W 的輸出，足以提供 19" ~27" 顯示器規格使用。



圖(七) LD5802 應用線路

LD5802 內建一個完整的保護行為模式，LED 輸出開路保護、LED 輸出短路保護、過電流保護、過載保護、COMP 腳位飽和機制、線路零件二極體 Diode 開路及短路保護、電感短路保護及 IC 本體的過溫度保護，集合所有 LED 應用的保護線路在 SOP 8 的包裝裡，確保系統可靠性。

- (一) LED 輸出開路保護：當 LED 發生故障而造成 LED 開路時，LD5802 FB 腳位偵測不到回授準位，輸出電壓會上升直到觸發 OP 腳位上偵測電壓，此時 LD5802 會停止動作，輸出電壓會往下降，當偵測到 OP 腳位電壓回到下偵測電壓時，LD5802 會重新動作。靠 OP 腳位上限跟下限電壓的遲滯區間來反覆偵測 LED 開路現象是否排除。
- (二) LED 輸出短路保護：當 LED 發生故障而造成 LED 短路時，瞬間電壓會反應在 LD5802 FB 腳位，當 FB 腳位電壓超過第一段過電壓保護點時，LD5802 會先停止動作，當輸出電壓往下降，FB 腳位電壓準位會回到正常準位，LD5802 會回復正常動作。當 LED 短路數量較多時，意味著 LED 毀損較嚴重，LD5802 FB 腳位偵測到第二段保護點時，LD5802 會立即關機，避免造成 LED 輸出電壓小於輸入電壓造成異常大電流持續導通的情況。
- (三) 過電流保護及過載保護：當 LED 輸出負載電流異常變大時，LD5802 會去偵測 LX 腳位對地開關電流，當峰值電流超過限電流保護點時，就會將電流限住，將輸出的瓦特數控制在一定的安全範圍內，確保零件額定不會超出規格。當電感發生短路時，電感電流斜率會非常陡峭，如果過電流保護來不及將電流限住，當電感電流上升到過載保護點時，此時，LD5802 立即關掉，避免造成零件損壞。
- (四) COMP 腳位飽和機制：當 LED 腳位或 FB 腳位發生對地短路時，回授路徑及 LED 電流偵測機制此時會失效，流過 LED 負載的電流會變大，輸出電壓也會隨之升高，如果仍然不足以觸發過電流或過電壓保護機制，勢必會造成 LED 負載及 LD5802 周邊主要功率零件溫度升高，造成可靠度問題。為了避免此一情況發生，利用 LD5802 COMP 腳位電壓會因沒有回授，電壓會升高至飽和電壓機制，當此情況發生且持續一段時間，LD5802 會立即關機。
- (五) DIM Time Out 機制：LD5802 DIM 腳位同時整合了 PWM 調光跟啟動兩個功能，差別在於 DIM low 的時間，當 DIM low 的時間大於設定時間，LD5802 會視為 Enable OFF 而將 IC 關掉，需將 DIM 腳位給高準位，重新開啟 Soft start 軟啟動。而當 DIM low 的時間小於設定時間，LD5802 僅會關掉 LX 腳位及 LED 腳位內部開關元件，IC 內部其餘控制線路仍然維持動作，DIM 腳位給高準位，會立即啟動，不需經過 Soft start 軟啟動。透過這個時間來區別輸入信號是 PWM 信號或 Enable 信號，可以提高系統的性能，使應用上更有彈性，避免不必要的突波電壓及突波電流發生。

在顯示器的背光源應用架構裡，多年來一直都是使用 4 通道的升壓式線路架構，一個全新的架構搭配一個整合性的 IC 對策，可以有效地降低整個背光電源模組的成本，已在業界逐漸地滲透，在現今這個講求成本考量的激烈競爭的環境當中，提供一個有競爭力的全新的應用。