

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

液晶電視背光驅動系統及關鍵功率晶片設計(2/3) 期中進度報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-002-404-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

計畫主持人：陳秋麟

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年04月11日

一 前言

因應液晶電視背光驅動系統中各式應用電路的多種電源需求規格，本計畫針對不同的電源需求特性提出合適的電路架構，並冀望能最大限度的將功率轉換電路以 SOC(system on chip)的觀念完成。

於先前進度中，本計畫針對低壓降線性穩壓器與直流/直流降壓電路作詳細的文獻探討並提出改良式的架構。其中關於低壓降線性穩壓器，本計畫已設計一不需要外在輸出電容即可穩定的低壓降線性穩壓器，並以積體電路實現並驗證其功能。另外對直流/直流降壓電路的軟式切換也做深入的探討並以模擬結果驗證。

二 研究目的

基於液晶電視背光驅動系統電源需求多樣性，本計畫提出適合於各式應用的功率轉換電路，其主要目的在於提供一高效率，易整合的功率積體電路系統。以下針對不同電路架構提出其現有缺陷及改善目標：

A 低壓降線性穩壓器

一般而言，低壓降線性穩壓器具有快速動態響應、低雜訊、架構簡單、成本低等優點，目前已大量使用在可攜式消費電子產品中。而在液晶電視顯示系統中，使用低壓降線性穩壓器可有效方便地獲取各功能區塊所需的電壓，如微處理器、數位資料處理器或音頻放大器。

在低壓降線性穩壓器中，輸出電容對本身系統的穩定度有極大的影響。輸出電容的寄生等效串聯電阻值與電容值會產生一系統所需要的零點以達成頻率響應的補償。但是此等效串聯電阻值會令低壓降線性穩壓器的效能無法達到最佳化。普遍來說，當等效串聯電阻值越大，會令系統較為穩定，但會使動態響應與輸出雜訊變差。因此，若要達成高效能的低壓降線性穩壓器，其頻率補償需作調整，使穩壓器不需依靠外接輸出電容的等效串聯電阻來達成穩定。

B 直流/直流降壓電路

現今切換式電源電路的需求，都希望能夠省電、體積小、重量輕，若要省電，則能量轉換效率必須要提升；若要體積小且重量輕，勢必要將必要的元件縮小一如電感之類的儲能元件、或是將電路積體化，但元件縮小，切換頻率也跟著提高，進而造成切換損耗上升而使得轉換效率下降，因此，如何將切換損耗功率降到最低來同時達到省電、體積小、重量輕，是各電源 IC 設計公司及學界努力的目標；目前市面上，為了達到高能量轉換效率的規格，皆在除了原有的儲能元件（電感）之外，又再多加了一感磁元件（也是電感），因此，本電路設計就是希望設計一套控制方法，並且以積體電路的方式，達成省電（高轉換效率）、體積小、重量輕的目標，完全不用作何多餘的外部元件。

C 壓電背光換流器

目前液晶電視的主要背光源為冷陰極管(Cold Cathode Fluorescent Lamp，簡稱 CCFL)，具有高亮度、高效率、低功率消耗、壽命長、低熱量散射、沒有閃爍不定的情況等等的優點。然而冷陰極管需要高電壓來驅動，30 公分冷陰極管的操

作電壓約在 500-700 伏特左右，啟動電壓更是操作電壓的 1.5 倍，因此背光模組內需要高升壓倍數的直流/交流換流器。目前主流的背光換流器是以電磁變壓

器提供所需的升壓比。在液晶電視的應用中，由於冷陰極管的工作電壓，功率與數量都會增加，電磁變壓器的體積也會更加龐大，因此壓電變壓器成為有潛力的代替品。

壓電變壓器，是於西元 1956 年，由 C.A. Rosen 所發明，利用壓電材料電場和力場之間的互換效應以達到升降壓的目的。由於壓電變壓器為扁平結構，而且相同轉換功率下，其體積也比電磁變壓器還小，因此適合薄型化顯示器的運用。此外它還有高效率與低電磁干擾的優點。然而壓電材料具有相當高的品質因子，頻寬相對較窄，必須設計回授電路加以控制。

三 電路設計與實驗結果

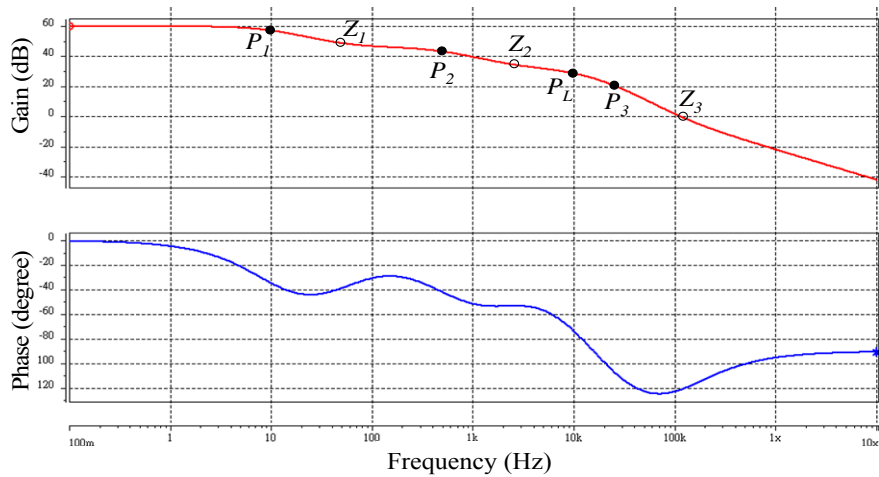
A 低壓降線性穩壓器

圖一為新提出的低壓降線性穩壓器之頻率響應示意圖。藉由產生多對的極點-零點對，使整個系統不需藉由輸出電容之等效串聯電阻達成穩定。而外接的電容值 C_L 與等效串聯電阻值 R_{ESR} 需符合下列二式：

$$\log(R_{ESR}) \leq \log(R_L) + \frac{M_A \times \log\left(\frac{P_{PAR}}{P_1}\right) - A_{DC}}{20} \quad (1)$$

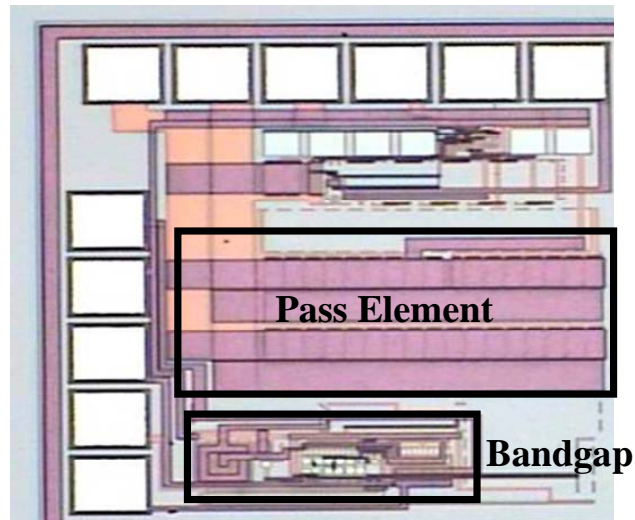
$$\log(C_L) \geq \frac{A_{DC} - M_A \times \log\left(\frac{P_{PAR}}{P_1}\right) - \log(2\pi R_L R_{PAR})}{20} \quad (2)$$

其中 R_L 、 M_A 、 P_{PAR} 、 A_{DC} 分別是負載電阻值、極點-零點對在波德圖所造成的等效斜率、主要的寄生極點與直流開回路增益值。



圖一 新提出穩壓器之頻率響應

如此即可使用具有極低等效串聯電阻之輸出電容，以達成較快的輸出響應與較小的輸出雜訊。此低壓降線性穩壓器已利用 CMOS 0.5 μ m 製程制作完成，其晶片照片如圖二。由量測結果可知在不同的輸出電容下，輸出電壓均可達成穩定。此低壓降線性穩壓器最大可輸出 150mA 的電流，而最小所需電容值為 0.33 μ F。

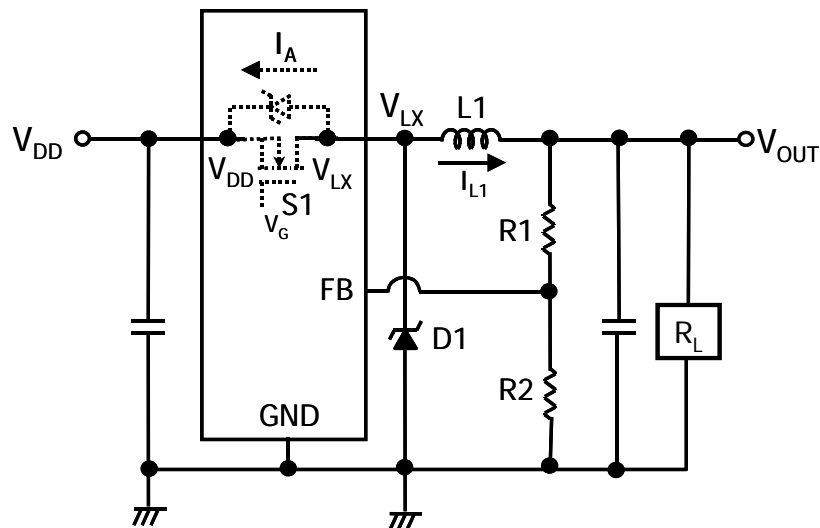


圖二 晶片照片

B 直流直流降壓電路

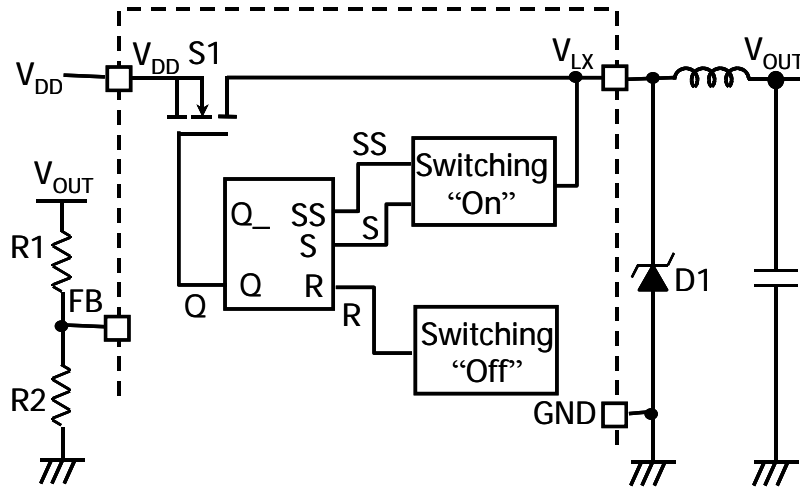
電路設計

本控制電路是應用於直流/直流降壓電路，稍做修改，也可應用於如昇壓、返馳式電路...等，其電路架構及晶片控制區塊圖分別列於圖三及圖四，其控制方法列於圖五。

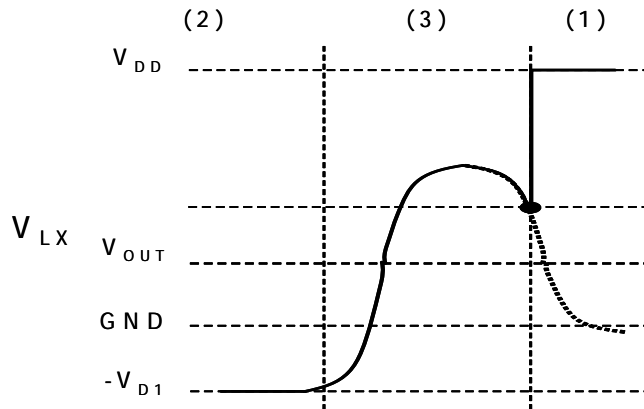


圖三 直流/直流降壓電路架構

此電路在穩態下，是利用波峰偵測器去做出一個起始狀態，再將其狀態補償回去，達到波峰電壓切換，並在各種輸出規格下，皆能自行抓住最佳切換狀態，大幅減低切換功率損耗，提高能量轉換效率，並且捨棄任何多餘的外部元件，使用者也不需依負載阻抗、輸出規格等變動特性而去做任何的調整，或是外部控制元件，如此一來，一個降壓轉換器只需要最基本的元件，便可達成省電、體積小、重量輕等目標。



圖四 區塊圖



圖五 控制方法

模擬與實驗波形

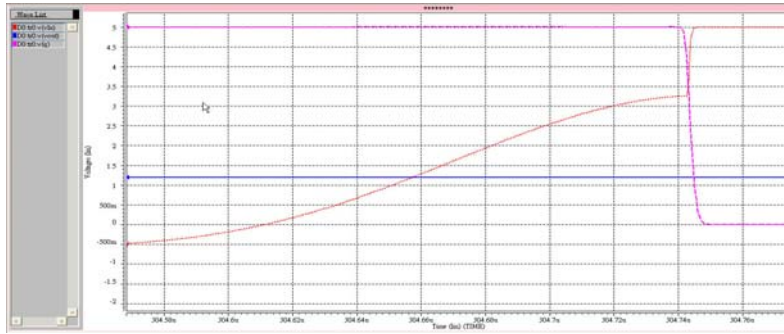
其模擬及實驗波形如圖六與圖七，可以看到其準確的達成了最佳切換電壓的控制。

C 壓電換流器

壓電變壓器可以等效成RLC共振電路，如圖八。由於品質因子高，為了面對溫度，負載等參數變動，必須有一個回授機制將頻率在共振點附近，才有足夠的增益驅動冷陰極管，另外由於還需要有一個起動機制來產生冷陰極管所需的高起動電壓。

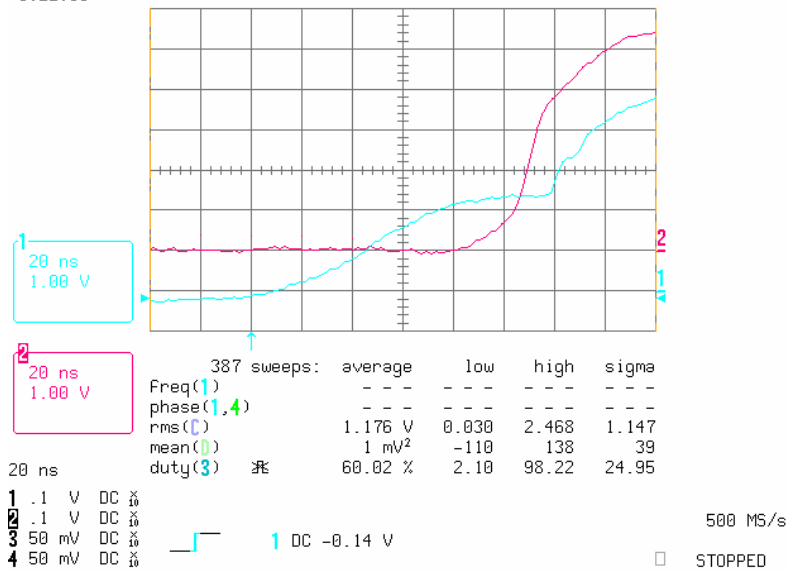
相位控制回授

圖九為壓電變壓器在不同負載時，輸出對輸入的電壓增益與相位差的模擬結果，負載變化表示不同的燈管亮度。觀察增益曲線的移動，共振頻率隨著負載增加而增加，然而對照相位差的曲線變化，不同的共振頻率相位變化並不明顯。因此若運用鎖相迴路將壓電變壓器輸入電壓與輸出電壓的相位差加以鎖定，便可以將工作頻率維持在共振點的附近。

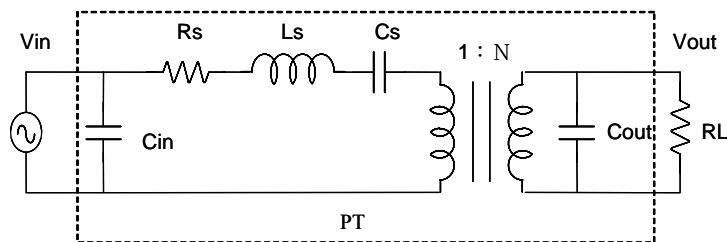


圖六 模擬波形

13-Nov-06
8:22:30



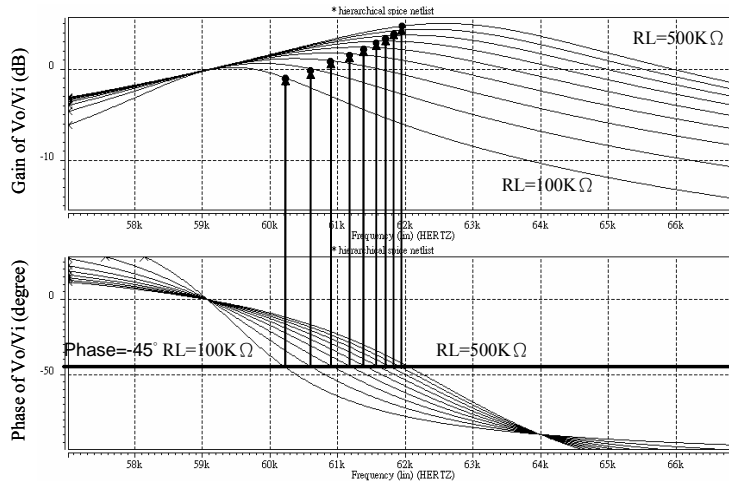
圖七 實驗波形



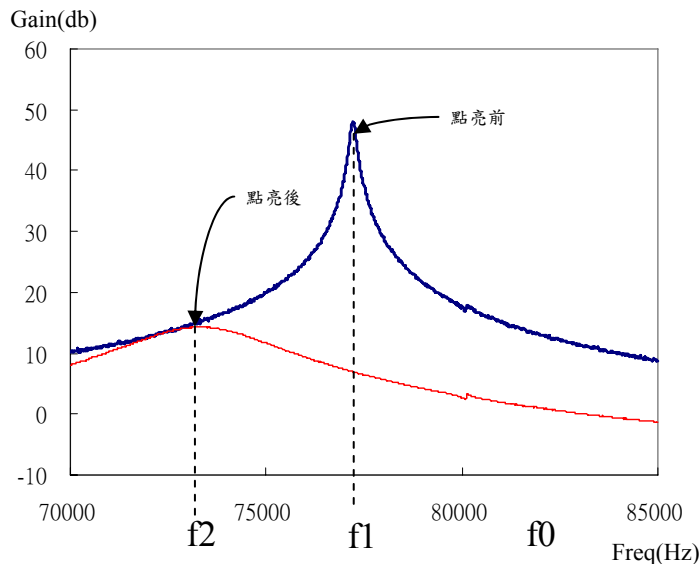
圖八 壓電變壓器之等效電路

掃頻起動

由圖九可知壓電變壓器在富載阻抗高時，會有較高的電壓增益，剛好可以用來配合冷陰極管點亮前所需的高起動電壓。然而起動時回授信號尚未建立，此時共振點和穩態工作時的共振點也不相同，因此設計掃頻起動，讓工作頻率暫時性的通過點亮前的共振點，以提供足夠的起動電壓。如圖十所示， f_1 與 f_2 分別為燈管點亮前與點亮後的共振頻率，其中 f_2 是在點亮後由相位回授電路所控制。若讓電路從一個更高的工作頻率 f_0 開始往下降，在到達 f_2 之前一定會先掃過 f_1 ，此時會有短時間的高電壓將冷陰極管點亮。由於起始頻率 f_0 只要比 f_1 高即可，因此不需要精確的起動頻率。



圖九 壓電變壓器在不同負載的頻率響應

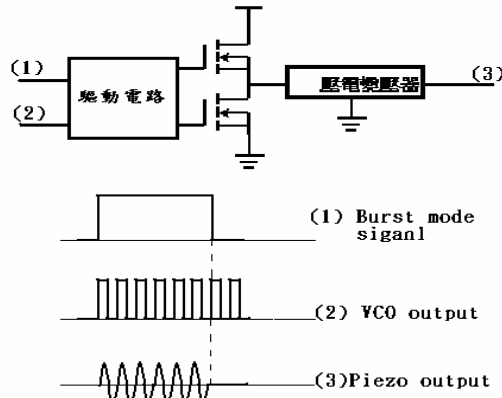


圖十 燈管點亮前後頻率響應的變化

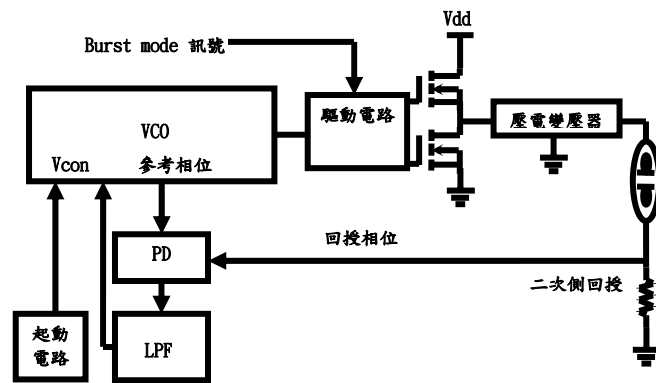
間歇式調光

一般當冷陰極管穩定操作時，亮度調整是利用改變換流器的責任週期(Duty Cycle)來達成。以 50% 為最大值，當輸入方波的責任週期越小，輸入基頻的弦波電壓就越小，使冷陰極管越暗。然而鎖相迴路是以方波的正緣或負緣為基準，改變責任週期會使基頻弦波和驅動方波間產生相位差，造成電路鎖定的相位並非壓電變壓器輸入與輸出的相位差。採用間歇式調光可以避免這個問題。如圖十一所示，輸入方波的責任週期保持 50%，而亮度則由周期性的熄滅所產生的平均值所決定。

圖十二為本壓電背光換流器之系統方塊圖。主要是由一個鎖相迴路構成，鎖定壓電變壓器的輸入電壓與輸出電壓間的相位差。由於冷陰極管為電阻性負載，因此以燈管電流做相位回授來避開燈管的高電壓。間歇式調光則直接控驅動 IC，如此可以減少調光的功能與控制回路的交互影響。



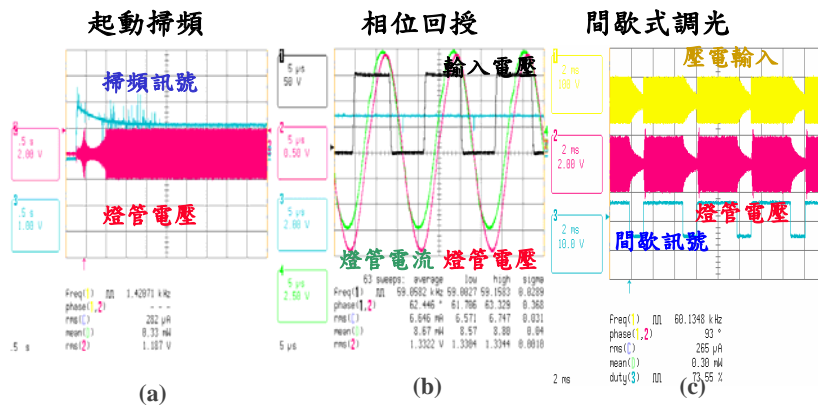
圖十一 間歇式調光



圖十二 壓電背光換流器之系統電路

實驗波形

圖十三為本壓電背光換流器之實驗波型。圖六(a)是起動掃頻的結果，燈管在點亮之後由回授電路接手控制，之後逐漸進入穩態。圖六(b)則是進入穩態之後壓電變壓器的輸入與輸出波形。其中方波為壓電的輸入電壓，弦波則是冷陰極管的電壓與電流，兩者在進入電路穩態之後會被回授電路維持在固定的相位差。圖六(c)則是間歇式調光的波形。利用遠低工作頻率的方波控制燈管週期性的亮暗來降低平均亮度。圖中燈管週期性的關閉，但透過相位回授電路，仍然能將工作頻率維持在共振點附近。



圖十三 壓電背光換流器之實驗波形

四 結論

針對液晶電視背光驅動系統多組的電源需求規格，本計畫目前已針對低壓降線性穩壓器、直流/直流降壓電路以及壓電背光換流器提出新的電路架構並以實驗驗證之。

關於低壓降線性穩壓器，本計畫提出一新的頻率補償概念，並以類比電路實現之，使整個系統不需藉由輸出電容之等效串聯電阻達成穩定，此低壓降線性穩壓器已利用 CMOS 0.5 μ m 製程制作完成，由量測結果確知在不同的輸出電容下，輸出電壓均可達成穩定。

針對切換式電源供應器隨著操作頻率升高而增加的切換損失，本計畫提出一在各種輸出規格下，皆能自行抓住最佳切換狀態，而達到零切換損失的切換式電路。本計畫目前將此構想應用於直流/直流降壓器並完成晶片製作，經過晶片量測實驗證明其構想可行性。

背光模組內需要有高升壓倍數的直流/交流換流器，本計畫以壓電變壓器取代傳統的繞線變壓器，希望能利用壓電變壓器高效率低電磁干擾的優點。根據壓電變壓器的特性，本計畫設計一具有相位鎖定、掃頻啟動及間歇式調光的控制電路，並以離散電路完成並驗證。

五 參考文獻

[1] Hsuan-I Pan, Chern-Lin Chen, "A CMOS Low Dropout Regulator with Extended Stable Region for the Effective Series Resistance of the Output Capacitor," submitted to IEEE Transactions on Circuits and Systems I as a regular paper.

六 計畫結果自評

本計畫根據液晶電視驅動系統多樣化的電力需求，已設計並完成三個高效率且易整合的電能轉換系統，並皆完成電路實作驗證其可行性，達到計畫原先設定的目標。

低壓降線性穩壓器與直流/直流降壓電路皆有創新的設計概念並具有高度學術價值及可行性。已分別投稿至國際期刊 TCASI 與 IEL。

赴大陸地區研究心得報告

計畫編號	NSC 95-2221-E-002-404
計畫名稱	液晶電視背光驅動系統及關鍵功率晶片設計(2/3)
出國人員姓名 服務機關及職稱	陳秋麟 國立台灣大學 電機系 教授
出國時間地點	2006/10/26~2006/10/28 大陸南京
大陸地區 研究機構	南京航空航天大學

工作記要：

受邀出席「南京航空航天大學 航空電源航空科技重點實驗室第七屆電力電子與運動控制學術年會」作大會專題演講，演講主題為-“Reducing standby power loss”。出席聽眾約有 200 人，多為大陸各大學電力電子相關領域的教授、學者及研究生，現場反應熱烈。此行對提升台灣電力電子學界聲望有所助益，且與北京清華大學及哈爾濱工業大學等相關學者有充分交流。