

電動機械實驗 Lab3 報告

(Electrical Machinery Laboratory Lab3 Report)

實驗題目 (Experiment title) : 冷陰極螢光燈驅動電路

日期 (Date) : 2022/03/16

時間 (Time) : 15:30 ~ 21:50

地點 (Place) : 台達館 218

組別 (Group number) : 第 1 組

組員 (Group member) (簽名) : 王致中、黃威誌

撰寫人 (Writer) : 108061106 王致中

1. 實驗目的：

現今社會中有許多不同種類的燈光，每一種燈光都有其適合使用的時機與場合，不同燈光也都有各自的點燈方式及發光原理。其中有許多種類的燈光需要 inverter 來提供高頻和電壓的 AC 訊號才能成功點亮。

背光液晶顯示器(Backlit LCDs)是運用在筆記型電腦中顯示器的典型例子，它需要冷陰極螢光(CCFL)電路以及可調控的低電壓 DC 訊號源來給予液晶螢幕偏壓，-12V~-24V 給予單色的液晶螢幕，而需要正偏壓來顯示各種顏色。使用 IC UC1872/2872/3872 與一些外加元件，可以讓我們建立一個 CCFL 驅動電路，而在 IC UC1871 中，有嵌入一個外加的 PWM channel，可以讓我們建立一個昇降壓轉換器或是一個反激式轉換器。

本實驗旨在讓我們了解 CCFL 的特性，並且建立一個以 IC UC3872 為基礎的 CCFL 驅動電路，觀察並記錄 CCFL 的運作過程與測驗結果。

2. 實驗背景：

(1) 頻寬調變(PWM)控制法：

一象限截波器為一輸出電壓及電流均只能為正之直流至直流轉換器(DC-DC converter)，下圖所示為一降壓式(Buck)直流至直流轉換器供電直流馬達驅動系統，輸出電壓 v_t 之波形與 PWM 切換控制信號之波形相似，輸出電壓 V_t 之平均值可推導得：

$$V_t = V_d \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = V_d \frac{t_{on}}{T} \triangleq DV_d, (0 \leq D < 1)$$

其中 $D = Duty\ ratio$ ，故改變 D 值可控制輸出電壓 V_t 之平均值(直流值)

$$Duty\ ratio\ D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T}$$

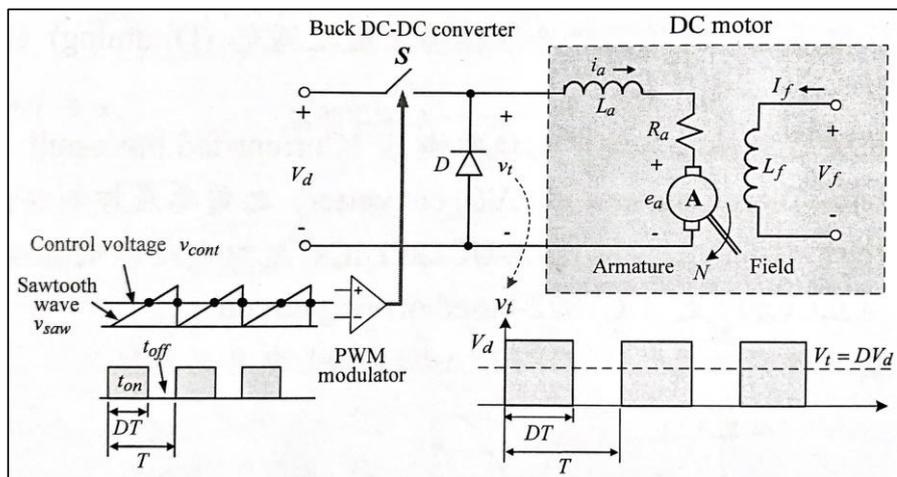


Fig. 2.1 : PWM DC-DC buck converter fed DC motor

(2) 共振式轉換器(Resonant converters)：

大體而言，高頻硬式切換式轉換器具有以下優點：

- a. 電路元件少。
- b. 成本低。
- c. 變壓器、電感、電容等組件之體積可減小。
- d. 可改善暫態響應。

但它卻有以下缺點：

- a. 產生大的切換損失及切換應力。
- b. 提高切換頻率固可減少濾波器元件與變壓器之大小，以達到減少轉換器大小與重量的目標，但由於轉態發生更加頻繁，這會使得元件之平均功率損失增加。
- c. 產生電磁干擾(EMI)。

為改善硬切式轉換器之上述缺點，可應用軟式切換(Soft switching)技術使電路中適當配接之電感與電容形成共振，達到零電壓切換(ZVS)或零電流切換(ZCS)。在軟式切換轉換器電路中，開關之切換發生在電壓/電流為零時，如此可避免電壓與電流同時轉態而減少切換損失。軟式切換轉換器可大致分為共振式轉換器(Resonant converter)及零電壓(電流)轉移轉換器(ZVT or ZCT)，前者在電路組態及 PWM 切換技術上限制較大，而後者一般可在硬式轉換器原電力電路上輔接以共振輔助支路，並配以修改之 PWM 切換控制信號即可得之，較具彈性。共振式轉換器分為共振開關轉換器(Resonant switch converters)、負載共振轉換器(Load resonant converters)、共振直流鏈轉換器(Resonant DC link converters)...等。

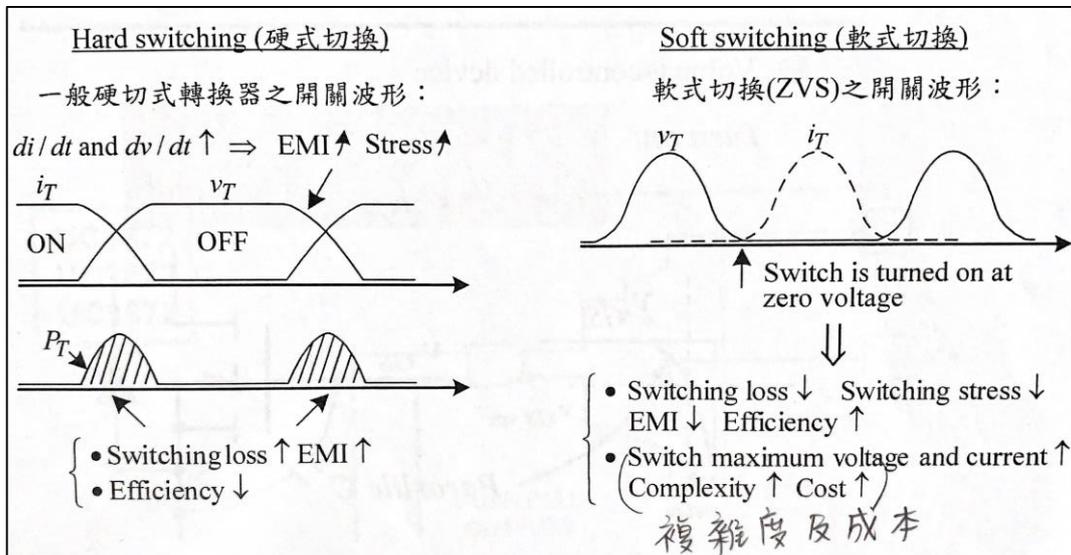


Fig. 2.2. Hard switching and soft switching

3. 實驗電路之操作情形：

(1) 實驗接線圖：

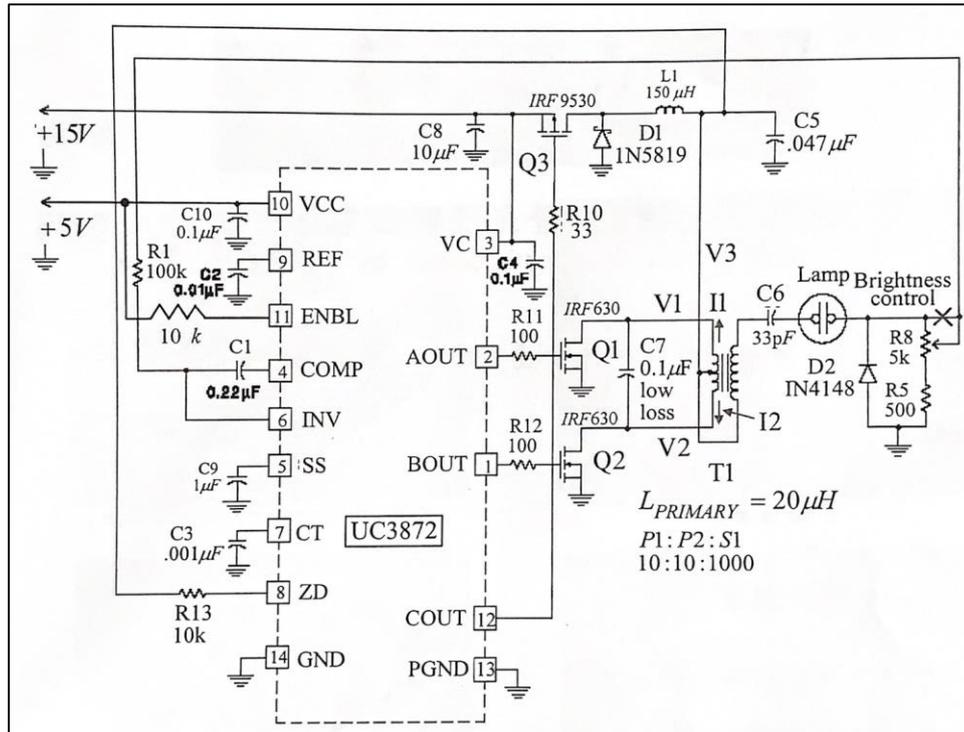


Fig. 3.1. 實驗接線圖

4. 實驗步驟：

- (1) 按照圖二接上本次實驗電路。
- (2) 檢查並偵錯，確保電路能夠使 CCFL 順利點亮。
- (3) 以隔離探棒在示波器量測 C7 兩側的電壓 v_1 與 v_2 以及電壓 v_3 之圖形。
- (4) 使用電流探棒與隔離探棒示波器量測流經變壓器電流 I_1 與 I_2 以及跨在 C7 兩側的電壓 v_1 與 v_2 之圖形。
- (5) 使用電流探棒與隔離探棒在示波器上量測跨在 Lamp 上的電壓 v_{Lamp} 以及流經 Lamp 的電流 I_{Lamp} 以及跨在 C7 兩側的電壓 v_1 與 v_2 之圖形。
- (6) 分別量測變壓器 L_r 與 L_1 在不同頻率之電感值。

5. 實驗結果：

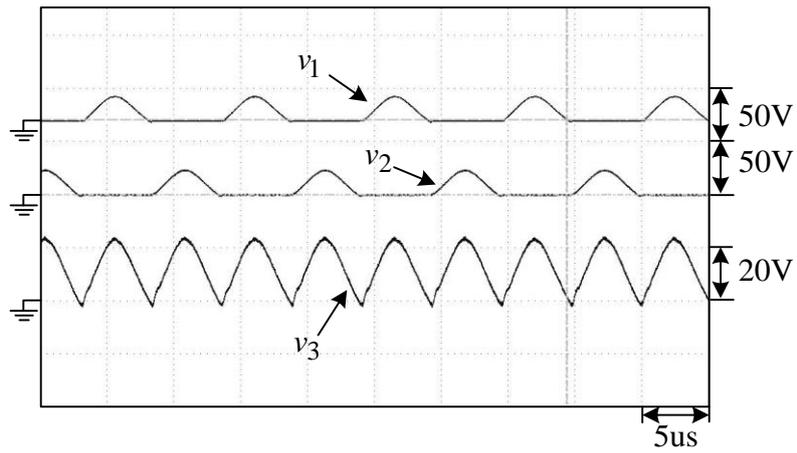


Fig. 5.1. v_1, v_2, v_3 之電壓波形

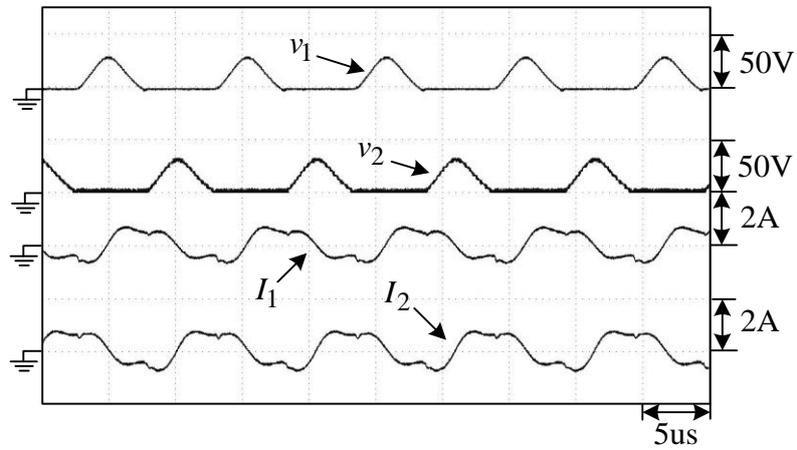


Fig. 5.2. v_1, v_2 電壓波形與 I_1, I_2 電流波形

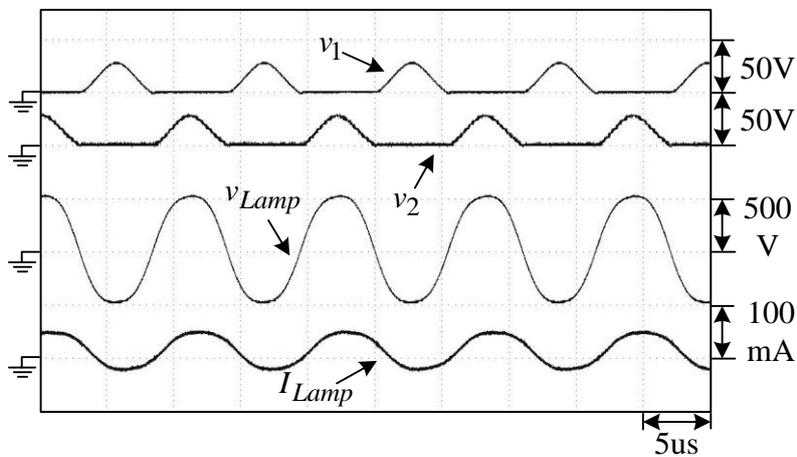


Fig. 5.3. v_1, v_2 電壓波形與 CCFL 之電壓與電流波形

電感值量測：

60Hz	0.16820mH
1kHz	0.16744mH
20kHz	0.16148mH
100kHz	0.14662mH

66.67kHz	0.01017mH
----------	-----------

6. 問題與討論：

(1) 電感之設計過程($L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}}$)推導

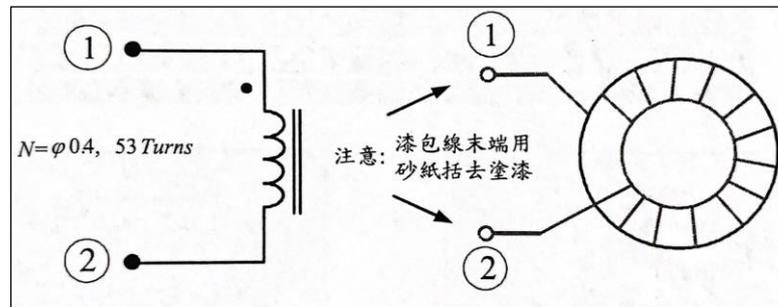


Fig. 6.1

Step1: 設定我們欲設計的電感大小→ $L = 150\mu H \pm 5\mu H$

Step2: 選擇核心→ Core: T68-26A (Micrometals)

$$\mu_r \approx 75 (\text{below } 150\text{kHz}), \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$$

$$A = 0.242\text{cm}^2, l = 4.23\text{cm}$$

Step3: 選擇漆包線→ Wire: $\phi 0.4\text{mm}$ (Diameter = 0.4mm)

Step4: 設計出纏繞匝數→

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu_r \mu_0 A} = 18555561.4 \text{ At/Wb}$$

$$L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}} \Rightarrow N = \sqrt{L\mathfrak{R}} = 52.75 \text{ Turns} = 53 \text{ Turns}$$

(2) CCFL 之結構與操作特性

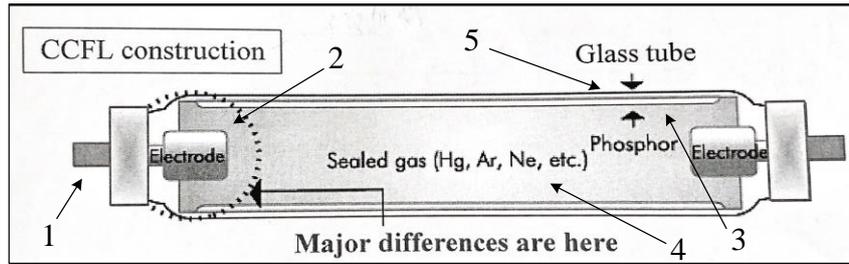


Fig. 6.2. CCFL 結構示意圖

1. 導絲 (Lead wire)
2. 電極 (Electrode)
3. 螢光粉 (Phosphor)
4. 填充氣體 (Gas)
5. 玻璃管 (Glass tube)

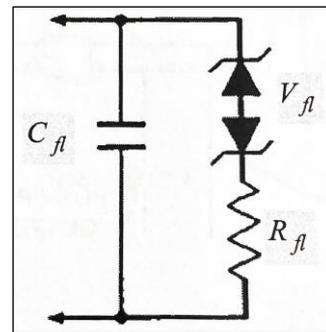


Fig. 6.3. CCFL 等效電路圖

Fig. 6.2 為 CCFL 結構示意圖，當施加高電壓於燈管兩側時，燈管電極會放射出高能電子，當這些電子撞擊到管內的填充氣體分子時，電子會將能量轉移並從激發態回歸穩態能階，而被激發的氣體分子則會放出紫外光，而這些紫外線又會激發管壁內的螢光塗料並發出可見光。與日光燈管不同之處是 CCFL 不須預熱燈絲來釋出電子，而是直接以高壓放射出電子，由此可推得 CCFL 需要較大操作電壓的原因。

CCFL 為一高度非線性負載，在被點亮以前，他呈現出正阻抗的特性；而當施加電壓達到 $1.0 \sim 2.0kV$ 時，CCFL 會被點亮並轉而呈現負電阻的特性，且流經的電流大約 $1mA$ 。由於 ZVS 轉換器具有低輸出阻抗，因此增加了耦合電容器以抑制負負載電阻效應並限制點火瞬間的電流。

CCFL 之 $v-i$ 特性如 Fig. 6.4 所示。

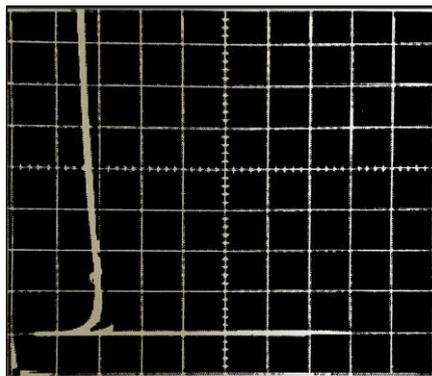


Fig. 6.4

(3) UC3872 與 UC3871 之異同處

➤ 相同處：

UVLO 的欠壓保護機制、PWM channel、Push-Pull output N-channel、Buck Drive P-channel。

➤ 相異處：

UC3871 擁有兩個 PWM channel，於是能夠多建立一個 flyback drive P-channel 去驅動 flyback converter。

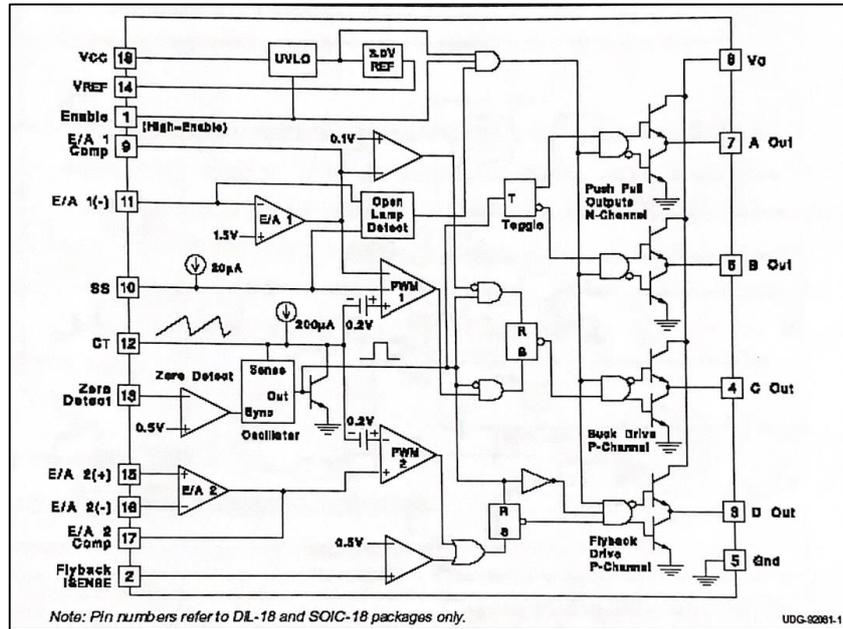


Fig. 6.5. UC3871 架構圖

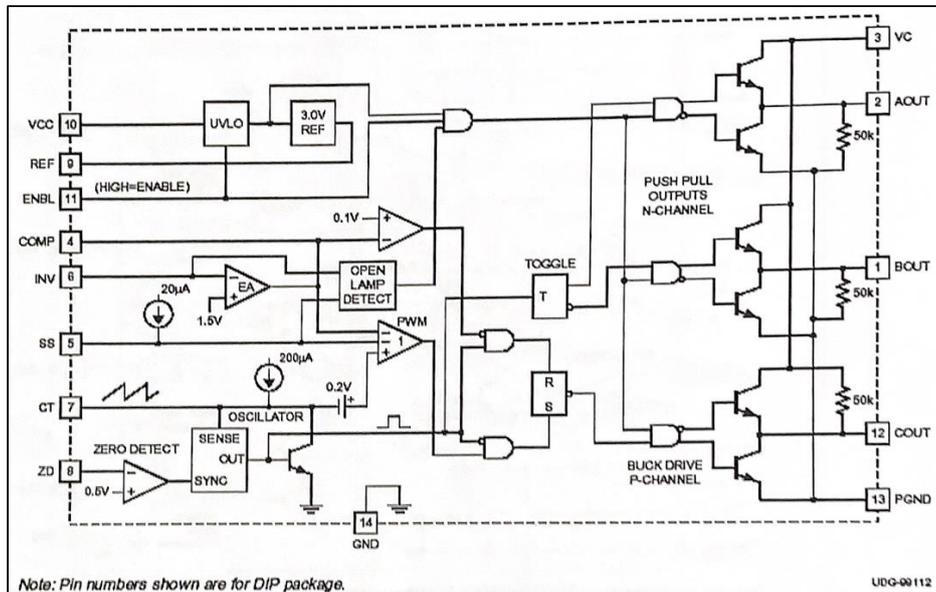


Fig. 6.6. UC3872 架構圖

(4) 由講義 Fig. 1 接線圖，簡述 IC 各接腳(Pin)之機制

Pin1 (BOUT)：經過 Push Pull N-channel MOSFETs 的 gate driver 訊號，前面為 totem-pole 結構，用以提升 switch speed，與 AOUT 輪流輸出高電位驅動 push-pull。

Pin2 (AOUT)：經過 Push Pull N-channel MOSFETs 的 gate driver 訊號，前面為 totem-pole 結構，用以提升 switch speed，與 BOUT 輪流輸出高電位驅動 push-pull converter。

Pin3 (VC)：提供給 BJT 的 collector 電壓。

Pin4 (COMP)：為 Error amplifier 的 output terminal，輸出為 error 積分後的結果。

Pin5 (SS)：Soft-starting，避免啟動時開關全開造成過流。

Pin6 (INV)：為 Error amplifier 的 input 訊號，與命令值 1.5V 比較後輸出 error，也是 Open lamp detect 的 input。

Pin7 (CT)：三角波訊號，決定了後面開關頻率。

Pin8 (ZD)：為 Zero-detect 的 input 腳位，主導電壓電流變化的關鍵腳位。

Pin9 (REF)：連接 3V 作為內部邏輯運算的 REF 電壓。

Pin10 (VCC)：此電路的正電壓輸入訊號。

Pin11 (ENBL)：欠壓保護機制的 output 腳位，當此接腳輸予高電位時裝置才會正常啟用。

Pin12 (COUT)：buck drive P-channel 輸出的 gate driver 訊號，用以驅動後面 buck converter 的 MOSFET。

Pin13 (PGND)：為 output drivers 的 current ground。

Pin14 (GND)：內部結構的 reference ground。

(5) 依據測得波形，說明 Current-fed push-pull ZVS resonant converter 之操作原理

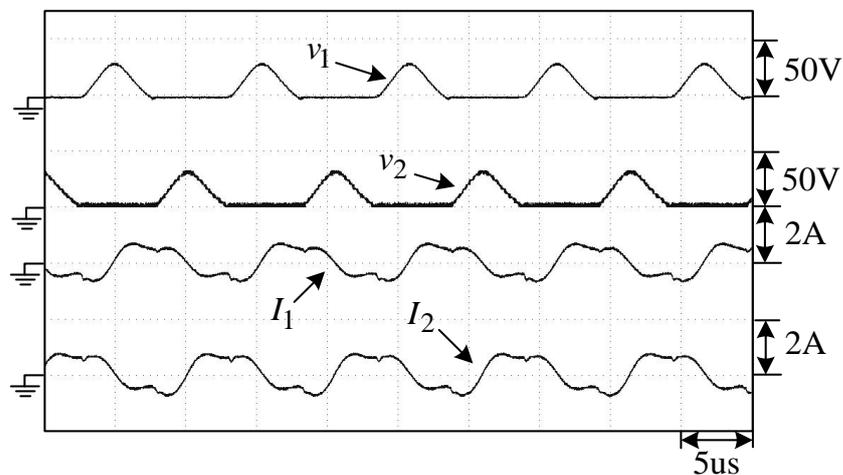


Fig. 6.3. v_1, v_2 電壓波形與 I_1, I_2 電流波形

Current-fed 意為 buck converter 主要輸出電流訊號進入 push-pull converter，在 UC3872 中 AOUT 與 BOUT 訊號一次只會有一端輸出高電位，就如同測得的波形 v_1, v_2 交互有值，變壓器則會回授訊號至 Zero-detect 的腳位，因而達到零電壓切換的功用，使我們能夠獲得 I_1, I_2 的交流訊號。

(6) CCFL 之亮度調控操作情形

當調整可變電阻 R_g 的大小即可改變 K_i 之值，進而改變控制命令 v_{cont} 來改變燈管電流而調整亮度。燈管發亮的部分與亮度會有所不同，可以調整使其全部發亮或是僅有部分發亮。

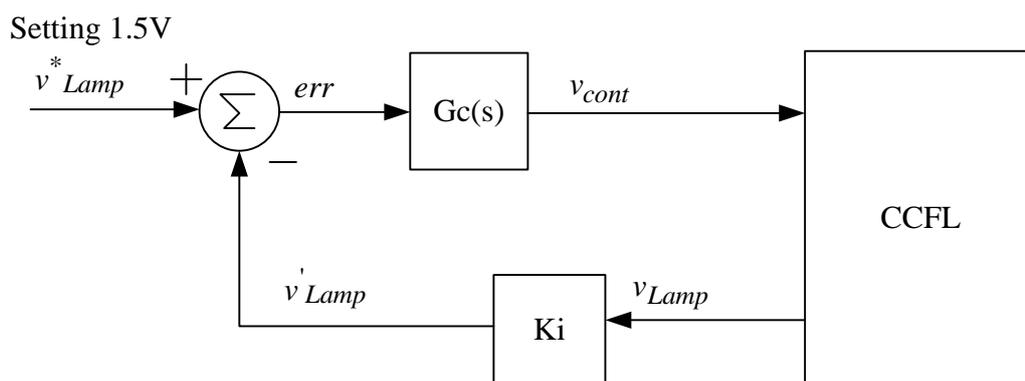


Fig. 6.4. Block diagram of CCFL feedback control

7. 結論與心得：

這次實驗我遭遇到了前所未見的困難，起初順利的接完電路並讓燈管亮起來，但在截完第一張圖後卻發現燈管不亮了，瞬間所有的訊號都在示波器上消失。我與隊友兩人開始分析原因，更換了 MOSFET 與 IC 卻都不見好轉，之後竟然又在某次上電中亮了起來，但我們發現並不是可以每次上電都很穩定的亮。最後推測原因可能是可變電阻的腳位太短，造成與麵包板之間接觸不良，我們為了改善這樣的情形，每次上電都按壓著可變電阻。

這次最讓我驚訝的就是 UC 3872 這個 IC 了，裡面竟然擁有這麼複雜的電路可以用來驅動 buck converter 與 push-pull converter，經過 lab2 與 lab3 的訓練後我也開始對諧振的概念有所理解，