

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(一)(機電與資訊)

組 別：國中組

作品名稱：省電專家--變頻控制

關 鍵 詞：PWM、變頻、Duty cycle

編號： B6008

摘要

由於市售的可調亮度的LED燈價格昂貴，我們嘗試了好幾種方式來調整LED燈亮度，最後發現採用PWM(脈衝寬度變調Pulse Width Modulation)調變法，調整直流LED燈亮度效果最好，其他方法不是會突然亮或暗，就是有閃頻的現象，但它還是有缺點，就是調亮的部分效果很好，而調暗就無法調得很暗，我們利用示波器，發現其佔空比(Duty cycle)只能最小到50%，經過網路查詢後，我們在電路上加上了兩顆稽納二極體就解決了這個問題，接下來我們利用自製PWM電路成功的調整了以USB供電5V的LED小夜燈，但在接上以交流電供電的LED燈泡時，又發生了閃頻現象，只好對LED燈泡進行改造，拆掉原有變壓器，改接上豆腐頭，又改變燈珠串、並聯情形，終於成功的調整LED燈泡亮度，成功改造後，我們了解到我們使用的是變頻技術，為了證實變頻比較省電，我們又對交流電扇與直流變頻電扇做一實驗，得到在高轉速下，變頻風扇比一般風扇省32%電量，低轉速甚至可到50%，只到變頻可省電後，我們把自製PWM電路裝在無法調速的散熱風扇上，成功的調整了它的轉速，完成了自製一台直流變頻風扇，接著將生活科技課所做的LED檯燈，利用自製PWM電路進行不同的改造，也都獲得成效。

壹、研究動機

近年來環保節能意識抬頭，LED應用已躍升為全世界照明的主流，家中的燈具也漸漸換成了LED燈，它除了省電外，還兼具了環保(表一)，由於它的發光效率高，我們發現家裏換了燈具後，LED燈比以前的日光燈或是白熾燈亮，但有時太亮反而傷眼，在一些需調節亮度的環境下，LED燈又無法辦到，我們到賣場有看到可以調亮度的LED檯燈，但價格昂貴，動輒上千元，因此我們想要自己動手改裝LED燈，使其具有調節亮度的功能。

項目	LED燈泡 	省電燈泡	傳統白熾燈泡
發光效率(省電)	74.7-82.6 (lm/w)	約 62.3-67.5 (lm/w)	約 15 (lm/w)
光源壽命(耐用)	40,000 小時	平均 6,000-13,000 小時	平均 1,000 小時
健康	不含紫外線、紅外線 不危害人體	含紫外線	含紫外線、紅外線
便利	燈泡一點即亮 不延遲、無需等待	需預熱，點燈會有延遲現象	需預熱，點燈會有延遲現象
環保	不含汞、鉛 降低二氧化碳排放量	含汞，玻璃為含鉛玻璃	耗電，增加二氧化碳排放

表一省電又環保的LED燈

貳、研究目的

研究一、以調光器調整交流LED燈亮度，並觀察其效果。

研究二、以電壓調變法調整直流LED燈亮度，並觀察其效果。

研究三、以電阻調變法調整直流 LED 燈亮度，並觀察其效果。

研究四、利用霍爾模組比較 AC 交流風扇與 DC 直流風扇的消耗功率。

研究五、以 PWM(脈衝寬度變調 Pulse Width Modulation)調變法調整直流 LED 燈亮度，並觀察其效果。

研究六、以 PWM(脈衝寬度變調 Pulse Width Modulation)調變法調整交流 LED 燈亮度，並觀察其效果。

研究七、將自製 PWM 電路加裝在電器上，並觀察其效果。

參、研究設備及器材



14 吋 AC 交流風扇



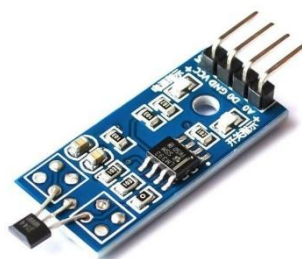
18 吋工業 DC 直流風扇



電功率計



Arduino UNO



霍爾感測器



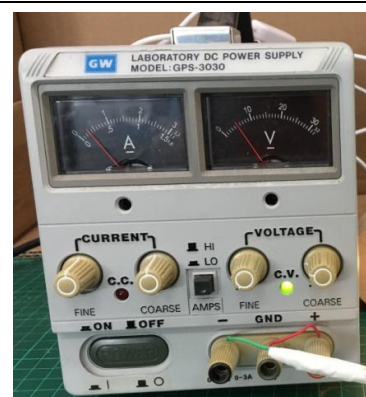
強力磁鐵



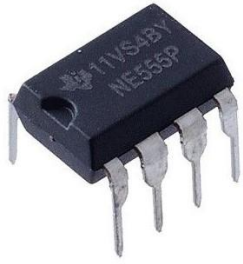
5 瓦 LED 燈泡



5V USB LED



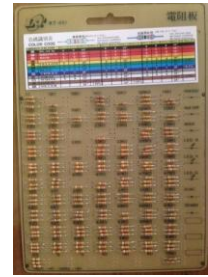
電源供應器



IC 555



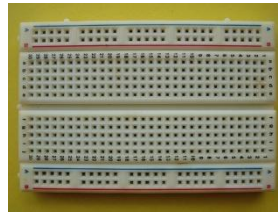
13005
NPN 電晶體 13005



各種電阻



發光二極體



麵包板



調光器



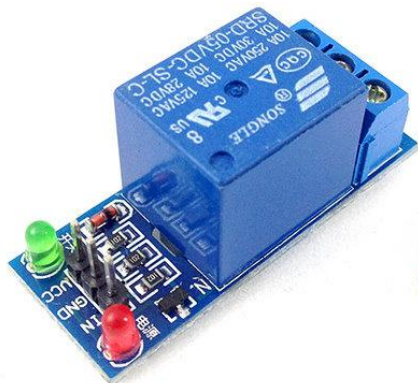
5V USB 變壓器
12V 變壓器



可變電阻



示波器



繼電器



0.01uf



5V USB LED



三用電表



木作檯燈



12V 直流風扇

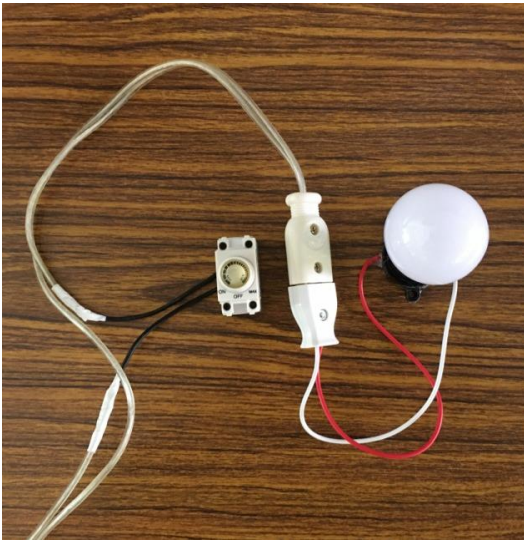
肆、研究過程及方法

研究一、以調光器調整 LED 燈亮度，並觀察其效果。



圖一白熾燈以調光器調節亮度

LED 燈很省電，漸漸取代了白熾燈，但白熾燈泡接上調光器就可以調整亮度（圖一），以符合環境需求，所以我們試著將 LED 燈泡也接上調光器（圖二），然後轉動調光器，觀察 LED 燈泡的亮度是否會改變，結果一開始燈泡有變亮一些，但是突然亮，不像白熾燈是漸漸變亮，當調光器旋轉到某一程度時，LED 燈泡就發生閃頻現象，一閃一暗的。



圖二 LED 燈泡接上調光器



圖三 USB 插頭的 LED 小夜燈

研究二、以電壓調變法調整 LED 燈亮度，並觀察其效果。

研究一證明 LED 燈泡不能接上調光器，來調整亮度，那要用什麼方法才能調整 LED 照明燈的亮度呢？由於圖二的 LED 燈泡是接 110V 交流電，我們為了避免在實驗過程中，因為電壓較高而燒毀了儀器或電子零件，所以決定先從使用 USB 為電源接插頭，只需 5V 電壓的 LED 小夜燈（圖三）下手，期待能找出調整亮度的方法。

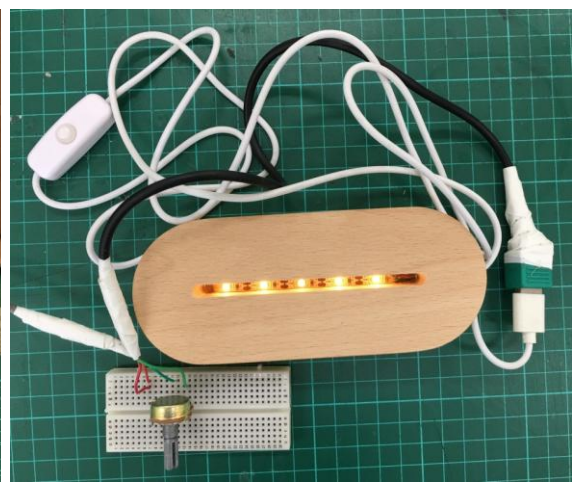
經由網路搜尋，發現有下列三種調整 LED 照明燈的方式：

- 1、電壓調變法：以變壓元件直接改變加於負載端的電壓。
- 2、電阻調變法：於負載電路中串接一電阻以控制流經負載電流。
- 3、PWM(脈衝寬度變調 Pulse Width Modulation)調變法：透過輸入信號，再利用開關頻率，改變脈衝寬度來控制電力。

找到這三種方式後，我們就先著手進行第一個電壓調變法實驗。我們拿了一台電源供應器，接上小夜燈，旋轉上面的電壓旋鈕，打算以調整電壓的方式，來調整 USB 的 LED 照明燈的亮度，如圖五所示，接上後確實可以調整，但電壓調整不靈敏，會有突然變很亮及變很暗的情形，電壓如果調得太高 LED 還會燒毀，而且電源供應器價格很貴，所以以它來當調整器並不實用。



圖四電源供應器接 LED 小夜燈



圖五可變電阻接 LED 小夜燈

研究三、以電阻調變法調整 LED 燈亮度，並觀察其效果。

試完了電壓調變法後，我們發現不理想後，緊接著我們接上可變電阻，以調整電阻的方式來調整 USB 的 LED 照明燈的亮度，如圖六所示，圖五為其電路圖，這樣確實可以調整亮度，但利用可變電阻調整亮度並無法讓 LED 照明燈慢慢變亮或慢慢變暗，調的不是很順，而且電流流經可變電阻也會消耗電量，因此此方法還是不理想。



圖六可變電阻接 LED 燈電路圖

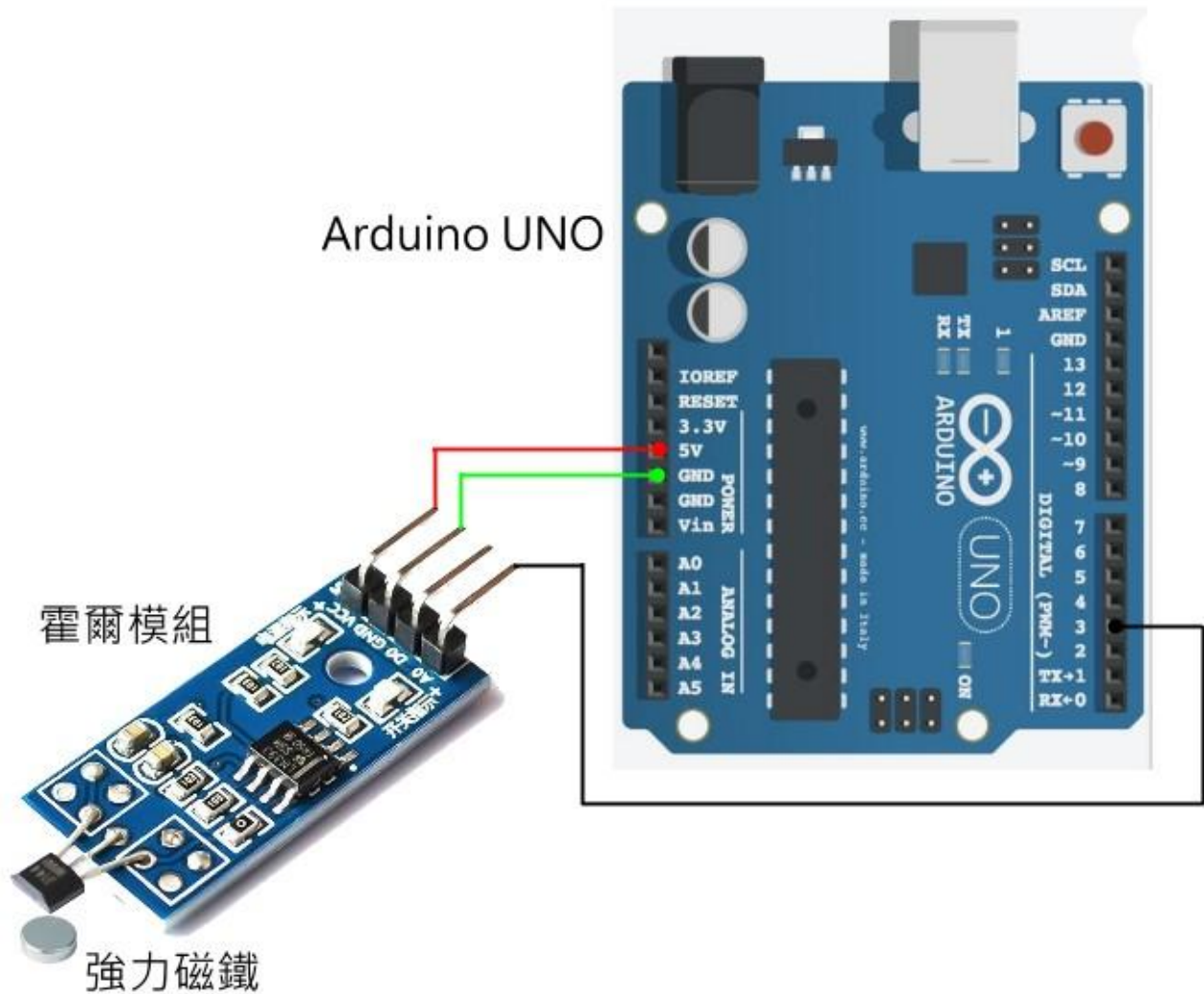
研究四、利用霍爾模組比較 AC 交流風扇與 DC 直流風扇的消耗功率。

  <p>歌林 35 公分立扇 KF-J14T1</p>	  <p>SAMPO 聲寶 18 吋 DC 工業扇 SK-KA18FD</p>
<p>供電：110V 交流電 一般風扇 風扇材質：塑膠 風扇大小：14 吋三片扇葉 風量調整：三段，弱、中、強</p>	<p>供電：變壓器 24V 直流電 工業風扇 風扇材質：金屬 風扇大小：18 吋四片扇葉 風量調整：無段式</p>

表二風扇規格

在找到 PWM(脈衝寬度變調 Pulse Width Modulation)這個名詞時，我們感到相當陌生，上網查詢後，才發現就是常聽到的變頻，研究三的電阻調變法會耗費比較多電，在印象中好像變頻比較省電，為了證實我們找了兩台風扇，分別為一般 14 吋 AC 交流風扇與 18 吋工業 DC 直流風扇，兩台風扇的規格如表二，我們利用 Arduino 及霍爾模組測量兩台風扇的轉速與並利用電功率紀錄所消耗的功率，實驗如下：

一、硬體部分：將 Arduino 與霍爾模組接線如圖五，並配上一顆強力磁鐵。



圖七實驗硬體部分

二、程式：接線完成後輸入下列程式

```
const byte interruptPin = 3;
const long taketime = 1000; // 每次測量的時間
unsigned long time; //設定變數 time，計時
unsigned long Val = 0; //設定變數 Val，計數
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
```



```

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), count, FALLING); //觸發訊號
必須是變化的
time = millis(); //開始計時，time 獲得當前系統時間
}
void loop()
{
  if (millis() >= time)
  {
    Serial.println(Val); //單位：每秒幾圈
    time = millis() + taketime; //標記未來的時間點，1000ms 後執行 if 判斷，輸出結果。
    Val = 0; //輸出速度結果後清零，記錄下一秒的觸發次數
  }
}

void count()
{
  Val = Val + 1;
}

```

三、測量：



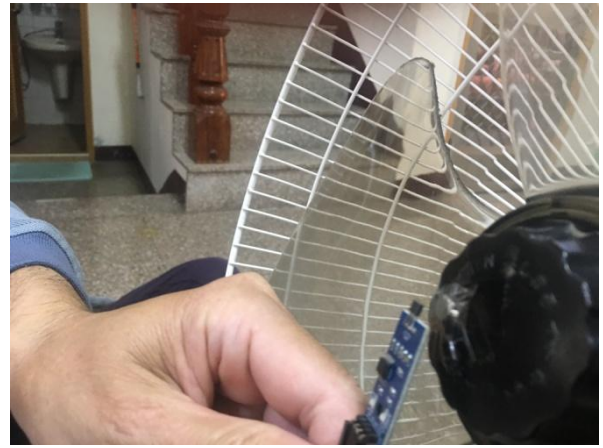
(一) 將風扇前面防護網拆下



(二) 風扇插頭插在電功率計上再接上電源



(三) 強力磁鐵黏貼於距葉片圓心 2cm 處



(四) 霍爾模組感應磁場電晶體置於葉片前方 1cm 處

- (五) 當強力磁鐵每次經過電晶體，就會感應到磁場增強，經由 Arduino 程式而計算出轉速，顯示於電腦序列埠上，紀錄下轉速。
- (六) 同時也紀錄下電功率計上的消耗功率。
- (七) 拆下葉片再次實驗。

四、結果

(一) AC 交流風扇 (無葉片)

風速	慢	中	快
轉速(圈/秒)	29	29	29
消耗功率(瓦)	29.47	35.06	38.63

(二) AC 交流風扇 (有葉片)

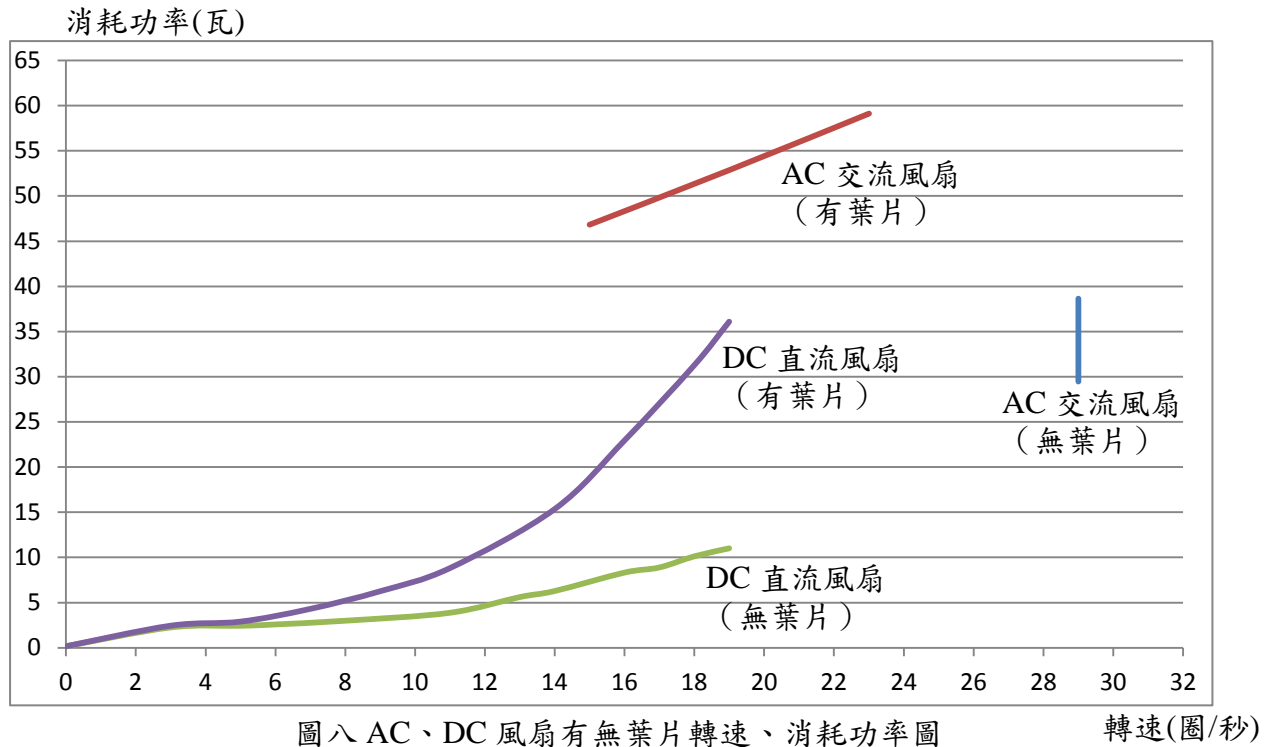
風速	慢	中	快
轉速(圈/秒)	15	19	23
消耗功率(瓦)	46.83	52.87	59.12

(三) DC 直流風扇 (無葉片)

轉速(圈/秒)	0	3	5	6	8	11	13	14	16	17	18	19
消耗功率(瓦)	0.16	2.25	2.43	2.58	2.99	3.87	5.61	6.28	8.32	8.89	10.12	11.01

(四) DC 直流風扇 (有葉片)

轉速(圈/秒)	0	3	5	7	9	11	14	16	18	19
消耗功率(瓦)	0.16	2.44	2.89	4.30	6.25	8.81	15.34	22.93	31.26	36.08

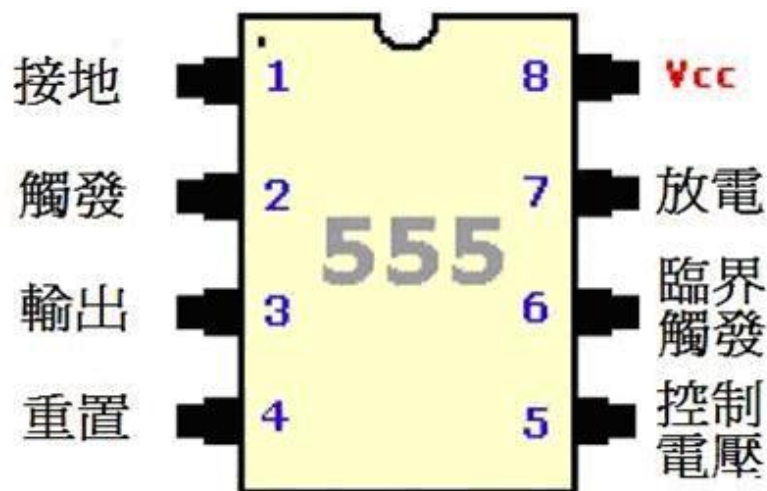


由圖八可看出，我們測量一般 14 吋 AC 交流風扇與 18 吋工業 DC 直流風扇，當轉速相同時，DC 直流風扇確時較省電，例如轉速 19 圈/秒時，有葉片的 AC 交流風扇需要 52.87 瓦，而有葉片的 DC 直流風扇只要約 36.08 瓦，相差了 16.79 瓦，省了 32% 的電費。如果轉速變慢，省下的電費更可高達 50% 以上，不過由兩者最大轉速，雖然我們實驗用的 AC 風扇為 14 吋，DC 為 18 吋，但最大轉速 AC > DC。

研究五、以 PWM(脈衝寬度變調 Pulse Width Modulation)調變法調整 LED 燈亮度，並觀察其效果。

證實了 PWM 真的比較省電後，我們就開始著手，要利用 PWM 來調整 LED 燈亮度，我們發現利用 IC555 可製作無穩態多諧振盪器電路，如此就可以利用 PWM 調整 LED 小夜燈的亮度。

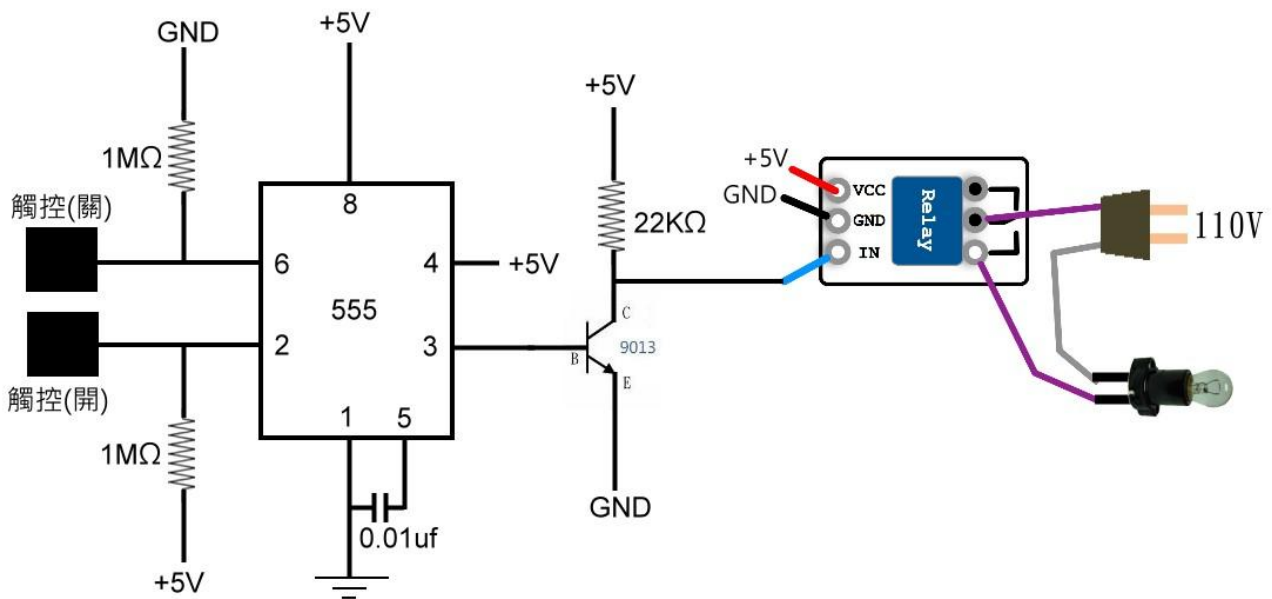
一、IC555 的原理



- (一) Pin1 接地：接電源負極。
- (二) Pin2 觸發：當 Pin2 之電壓低於 $1/3V_{cc}$ 時，會令 Pin3 輸出高電位及 Pin7 對地開路。
- (三) Pin3 輸出：輸出腳，由 Pin2、4、6 控制其為高電位或低電位。
- (四) Pin4 重置：Pin4 之電壓小於 $0.4V$ 時，Pin3 輸出為低電位、Pin7 對地短路。所以不使用 Pin4 時，應接於 $1V$ 以上之電壓。
- (五) Pin5 控制電壓：Pin5 直接與比較器的參考電壓相通，允許由外界電路改變 Pin2、Pin6 之動作電壓。平時多接一個 $0.01\mu F$ 以上之電容到接地，以避免雜訊干擾。
- (六) Pin6 臨界：Pin6 之電壓高於 $2/3V_{cc}$ 時，會使 Pin3 輸出低電位、Pin7 對地短路。
- (七) Pin7 放電：與 Pin3 輸出同步動作。當 Pin3 輸出高電位時，Pin7 對地開路；Pin3 輸出低電位時，Pin7 對地短路。
- (八) Pin8(+Vcc)：電壓輸入，最大可至 $15V$ 。

二、利用 IC555 製作觸控開關電路

(一) 電路圖

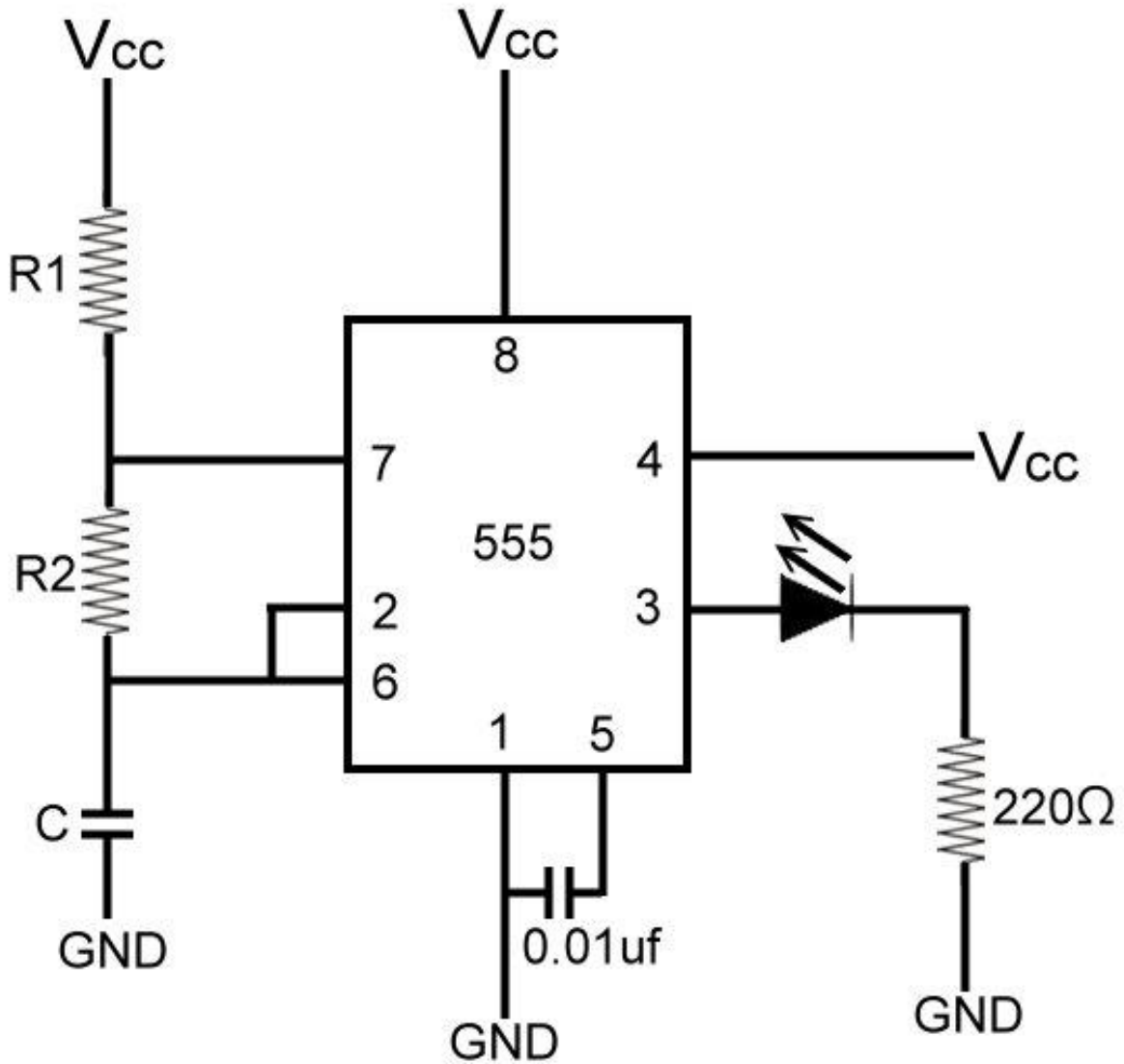


(二) 工作原理

- 1、當手未碰觸到觸控開關時，Pin2 呈現高電位，Pin6 呈現低電位，Pin3 輸出保持原樣，不動作。
- 2、當手摸到觸控（開）時，Pin2 呈現低電位，Pin3 輸出高電位，電晶體 CE 導通，電晶體 C 極呈現低電位，繼電器運作，電燈亮。
- 3、當手摸到觸控（關）時，Pin6 呈現高電位，Pin3 輸出低電位，電晶體 CE 斷開，電晶體 C 極呈現高電位，繼電器不運作，電燈不亮。

三、利用 IC555 製作無穩態多諧振盪器電路

(一) 電路圖



Pin2 < 1/3Vcc	Pin3 → HIGH
Pin6 > 2/3Vcc	Pin3 → LOW Pin7 → GND

(二) 工作原理：

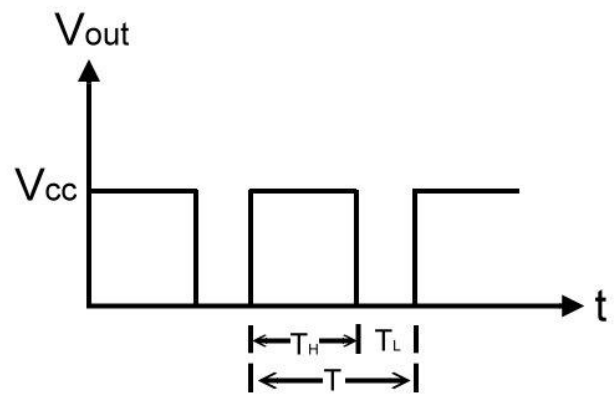
- 1、電源接上後，Vcc 經 R₁、R₂ 向電容 C 充電，VC 未達 1/3Vcc 時，輸出 Vo 為“Hi”。
- 2、VC 達到 2/3Vcc 時，Vo 輸出“LOW”。第七腳對地短路，電容 C 經 R₂ 至第七腳放電。
- 3、當 VC 下降至 < 1/3VCC 時，輸出 Vo 為“Hi”，電容 C 恢復充電。
- 4、充電週期 T_H = 0.693(R₁ + R₂)C。放電週期 T_L = 0.693R₂C，所以振盪週期為 T = T_H + T_L

(三) 佔空比 (Duty cycle) 計算

$$T_H = 0.693(R_1 + R_2)C$$

$$T_L = 0.693R_2C$$

$$T = 0.693(R_1 + 2R_2)C$$



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.693(R_1 + 2R_2)C} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C}$$

$$\text{Duty cycle} = \frac{T_H}{T_H + T_L} \times 100\%$$

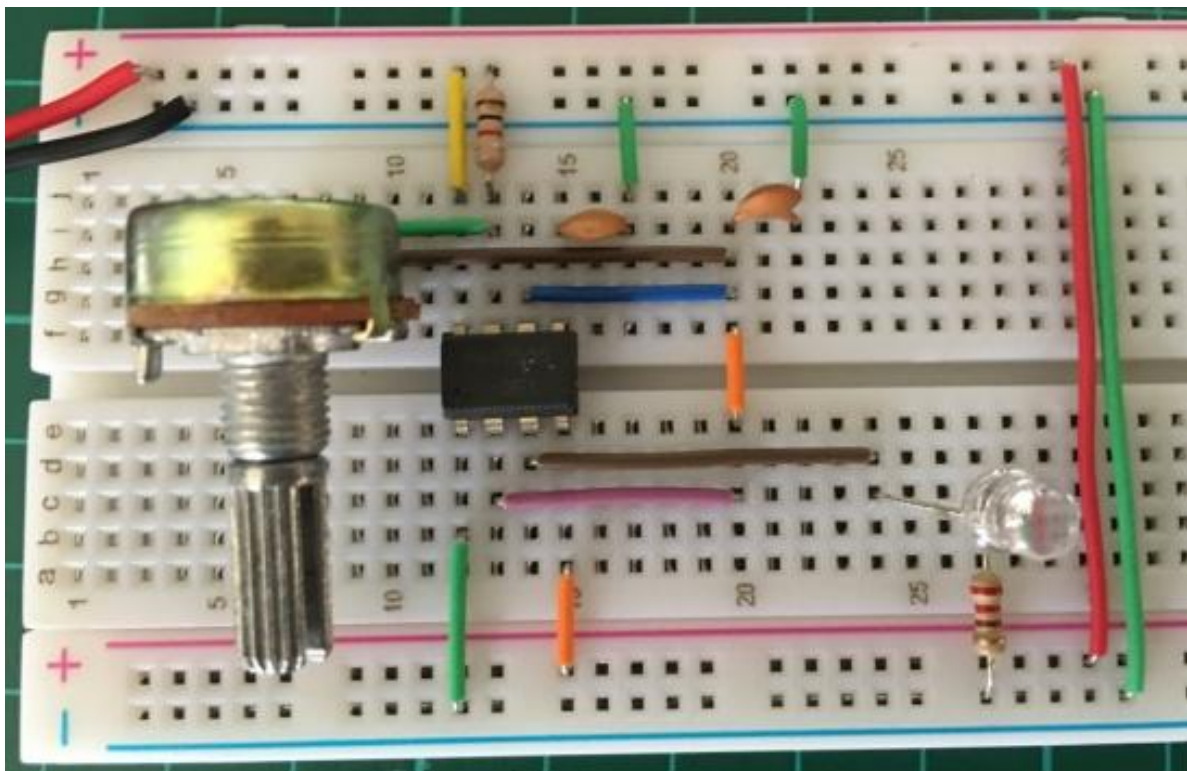
我們所使用的 $V_{cc} = 5V$

$R_1 = 1K\Omega$

R_2 為 $250K\Omega$ 的可變電阻

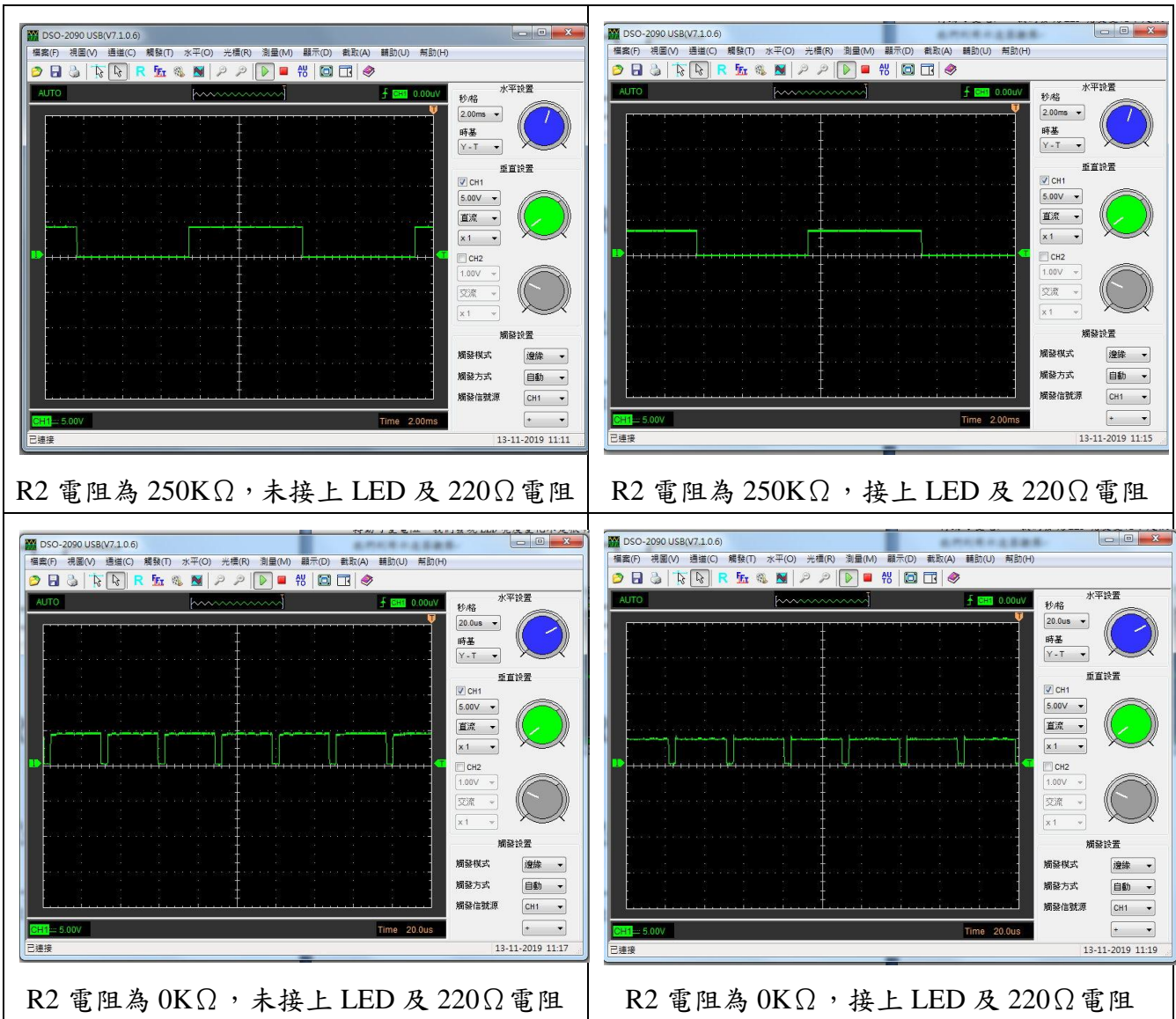
$C = 0.047\mu f$

(四) 實際接線圖



(五) 示波器觀察電壓波形

轉動可變電阻，我們發現 LED 亮度變化不是很明顯，我們利用示波器觀察，隨著 R2 電阻變動，波形如表三：



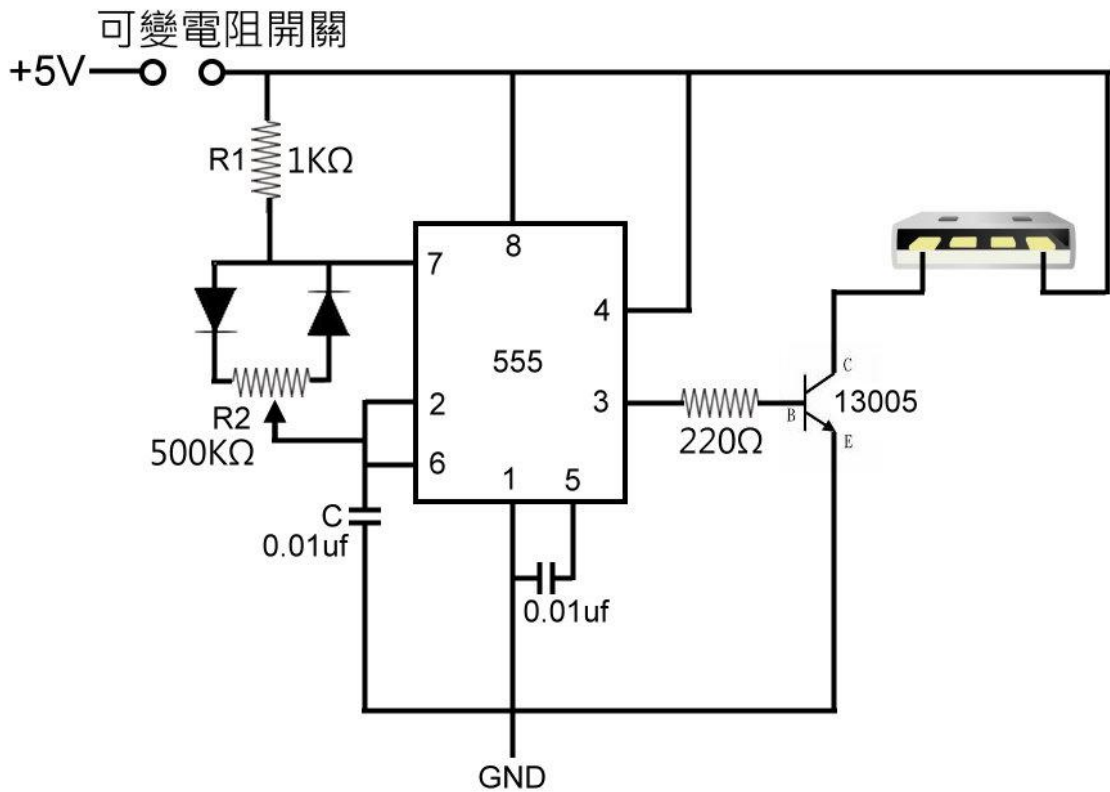
表三示波器顯示的波形

從上面表二，我們發現兩個問題：

- 1、未接上 LED 及 220Ω 電阻時，第 3 腳位電壓不足 5V，當接上 LED 及 220Ω 電阻時，壓降的更多，如果接上更多的負載，壓降就會很嚴重。
- 2、Duty cycle 最小值為 50%，無法再調降，導致 LED 亮度無法變暗。

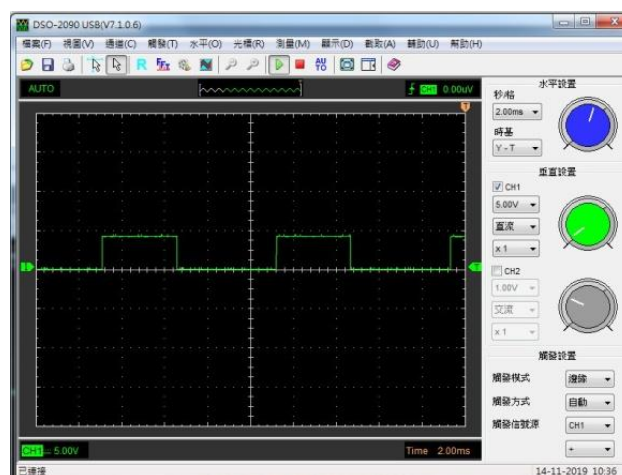
四、IC555 製作 PWM 電路的改進

- (一) 為了解決接上更多的負載，電壓的問題，我們使用了電晶體 13005。
- (二) 為了讓 Duty cycle 的範圍更大，我們接上了兩個稽納二極體，電路圖如圖九。

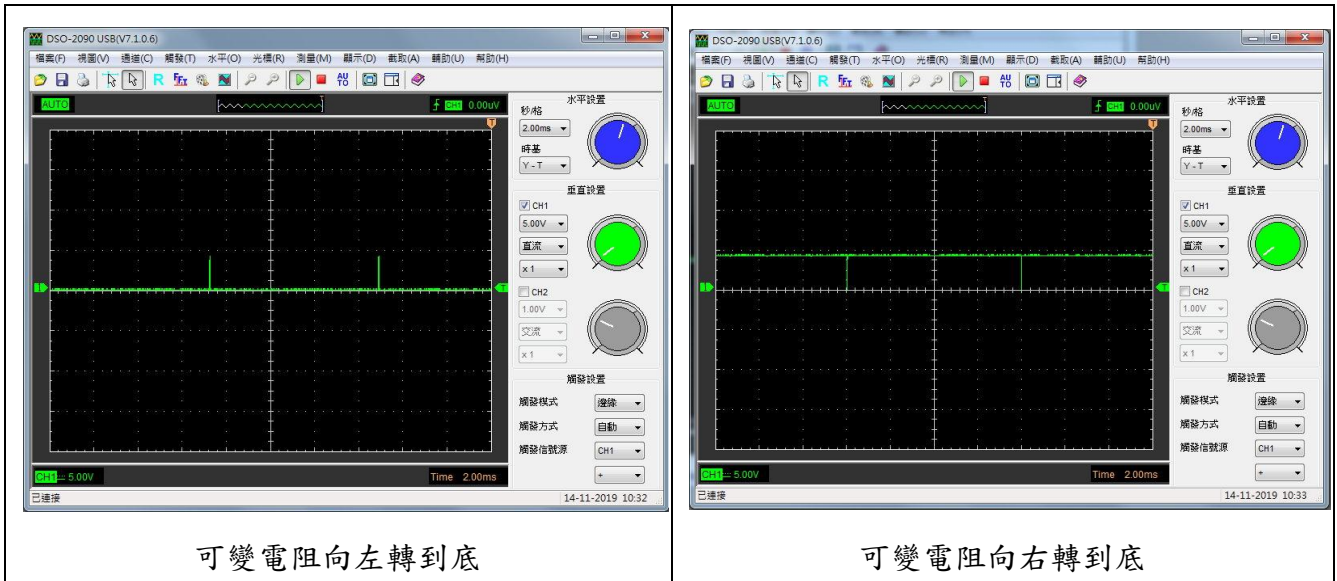


圖九加上稽納二極體

$V_{cc} = 5V$
 $R1 = 1K\Omega$
 $R2$ 為 $500K\Omega$ 的可變電阻
 $C = 0.01\mu f$
 轉動可變電阻
 我們再利用示波器觀察結果得到表四波形



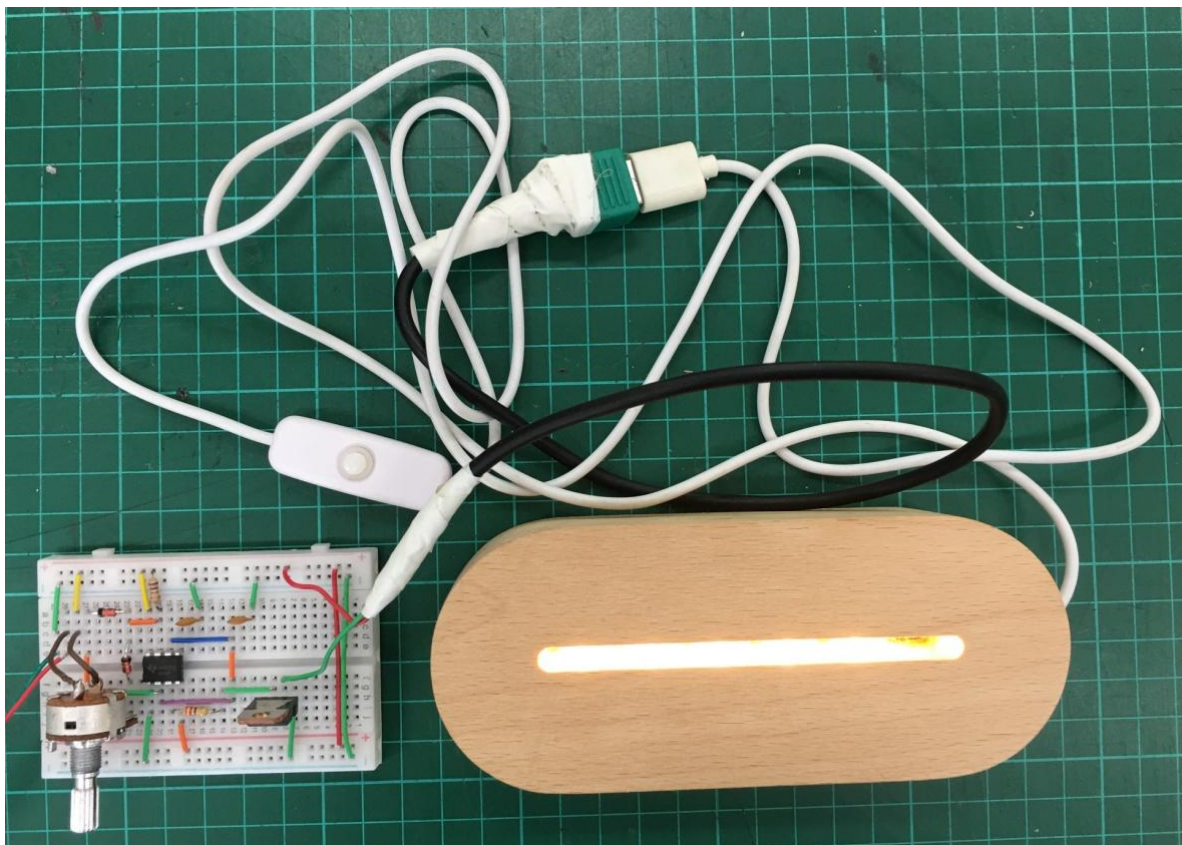
可變電阻轉到中間



表四加上稽納二極體的波形

我們發現修改後的電路圖，不管可變電阻如何調整，都表現出下列特點：

- 1、頻率不變。
- 2、不管有沒有接上 LED 及 220Ω 電阻，第 3 腳位的最高電壓及最低電壓皆不會改變。
- 3、Duty cycle 可到達 1% ~ 99%。



圖十 555 加上稽納二極體可順利調整 LED 燈亮度

也就是我們的改造成功了，其完成品為圖十至此我們完成了自製的 PWM 電路。

研究六、以 PWM(脈衝寬度變調 Pulse Width Modulation)調變法調整交流 LED 燈亮度，並觀察其效果。

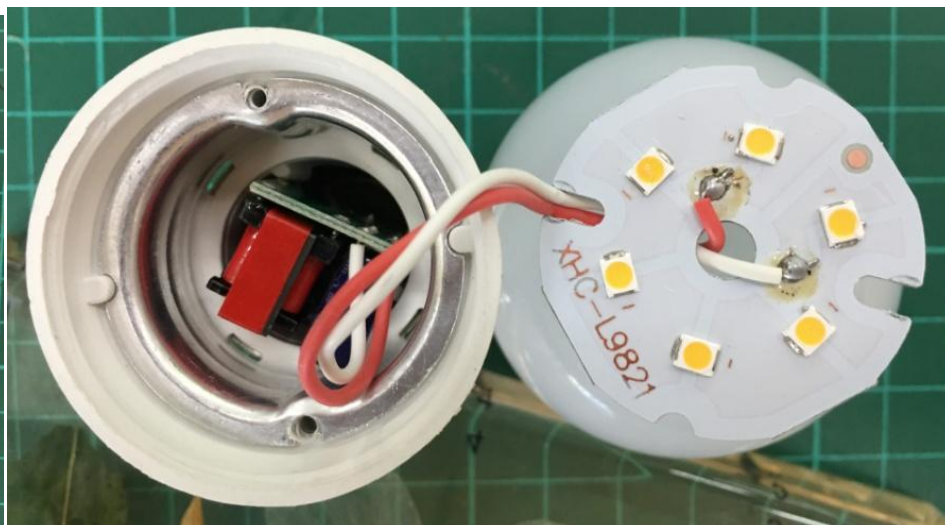
完成了各種調整 5V 以 USB 為電源接頭的 LED 小夜燈的亮度之方法，而且也找到最佳方法為 PWM 調變法，所以我們又想到研究一的交流 LED 燈泡，決定要利用 PWM 調變法來調整交流 LED 燈泡的亮度，因此進行了下列研究：

一、LED 燈泡改造

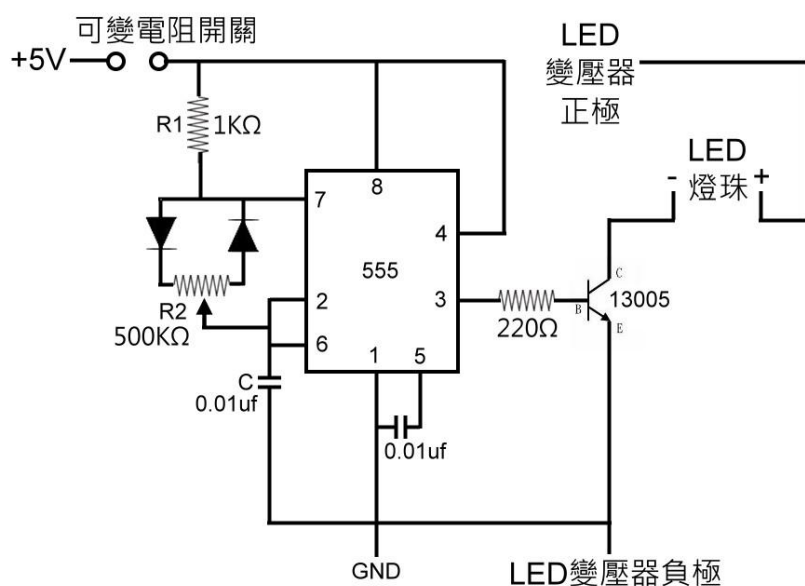
一開始我們決定先研究交流電 LED 燈泡的構造，我們買了 5 瓦的 LED 燈泡（圖十一），拆開後發現裏面有變壓器及六顆 LED 燈珠，燈珠彼此為串聯的狀態（圖十二），LED 燈珠供電電壓為直流電，將燈泡裝上燈座，打開電源後用三用電表量測，六顆 LED 燈珠量測電壓為 36.7V。。



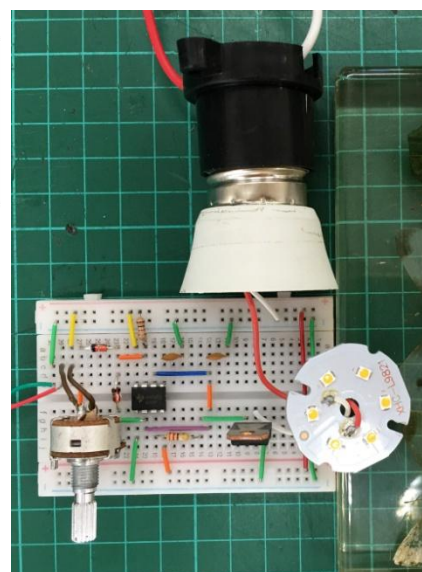
圖十一 5WLED 燈泡



圖十二 5WLED 燈泡拆開後結構



圖十三 555 自製 PWM 電路接上交流 LED 燈泡



圖十四 完成品

我們將自製 PWM 電路，依圖十三的電路圖，接上交流 LED 燈泡，圖十四為接線後的實際作品，我們轉動上方的可變電阻，發現閃頻很嚴重，可能是交流 LED 燈泡內的變壓器，跟不上系統的頻率，造成了閃頻的問題，為了解決閃頻的問題，我們只好換掉燈泡內的變壓器，而平常使用的變壓器電壓為 5V 及 12V，所以我們就用這兩種規格的電壓來改造 LED 燈泡。



(一) 改成 5V

圖十五 6 顆燈珠並聯

前面講到我們測量得到六顆 LED 燈珠串聯量測電壓為 36.7V，亦即一顆供電電壓大約為 6.1V，要以 5V 供電給 6 顆燈珠發亮，就必須將 6 顆燈珠並聯，圖十五為我們將 6 顆燈珠以導線並聯的完成品，改造完後利用 USB 供電 5V，LED 燈珠雖然有亮起，但亮度很暗，並不理想。



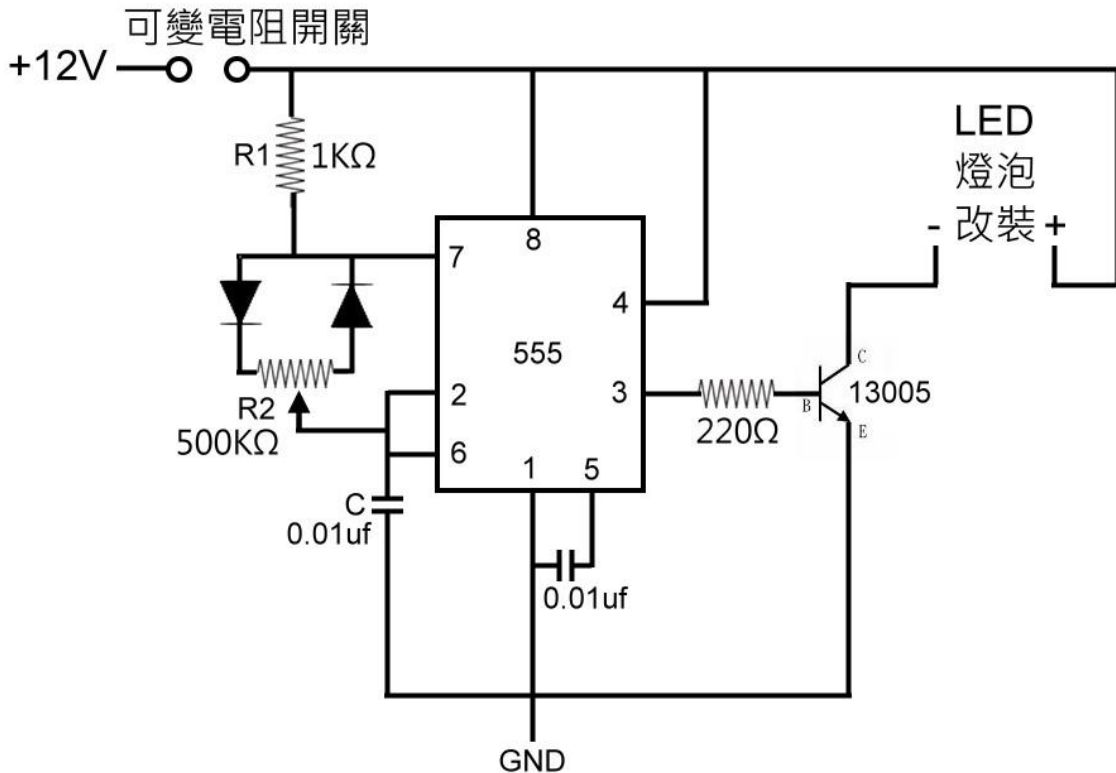
圖十六 2 顆串聯成 3 組並聯

(二) 改成 12V

既然 5V 不行，那就改成 12V，於是我們將每兩顆燈珠串聯成一組，再將三組並聯起來（圖十六），供電 12V，如此整個亮度就與原來燈泡差不多。

二、將改造後的 LED 燈泡接上自製 PWM 電路

完成改造後，我們趕快將燈泡接上自製 PWM 電路，其電路圖如圖十七，接上後旋轉上面的可變電阻旋鈕，確實可以順利的調整原本是直接接交流電的 LED 燈泡，我們的改造到此是成功的。



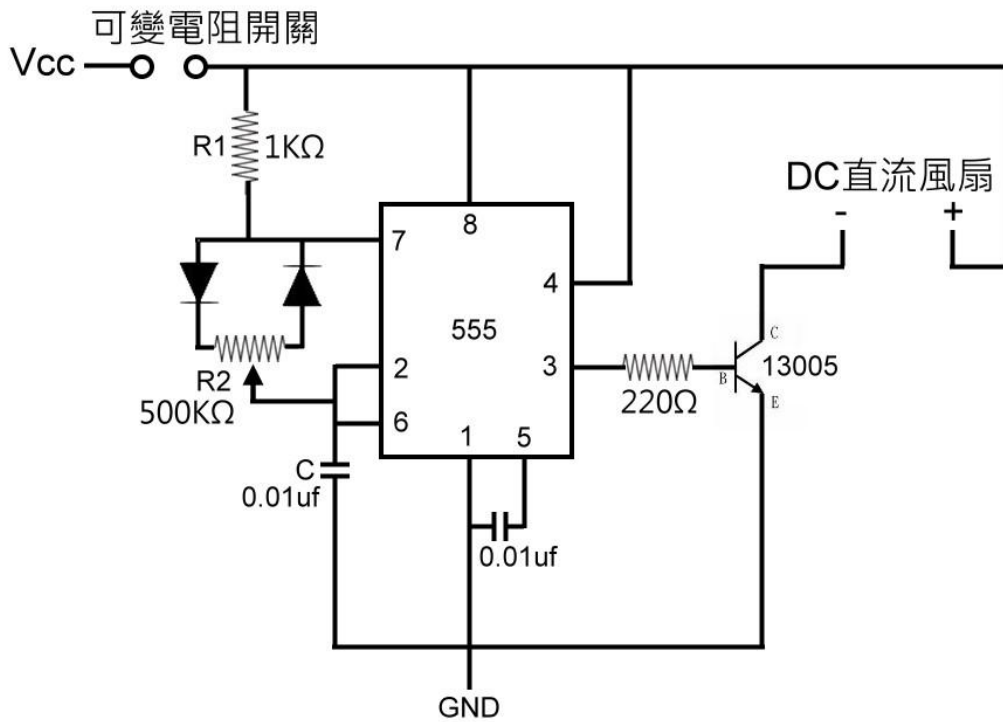
圖十七改造後燈泡接上自製 PWM 電路圖

研究七、將自製 PWM 電路加裝在電器上，並觀察其效果。

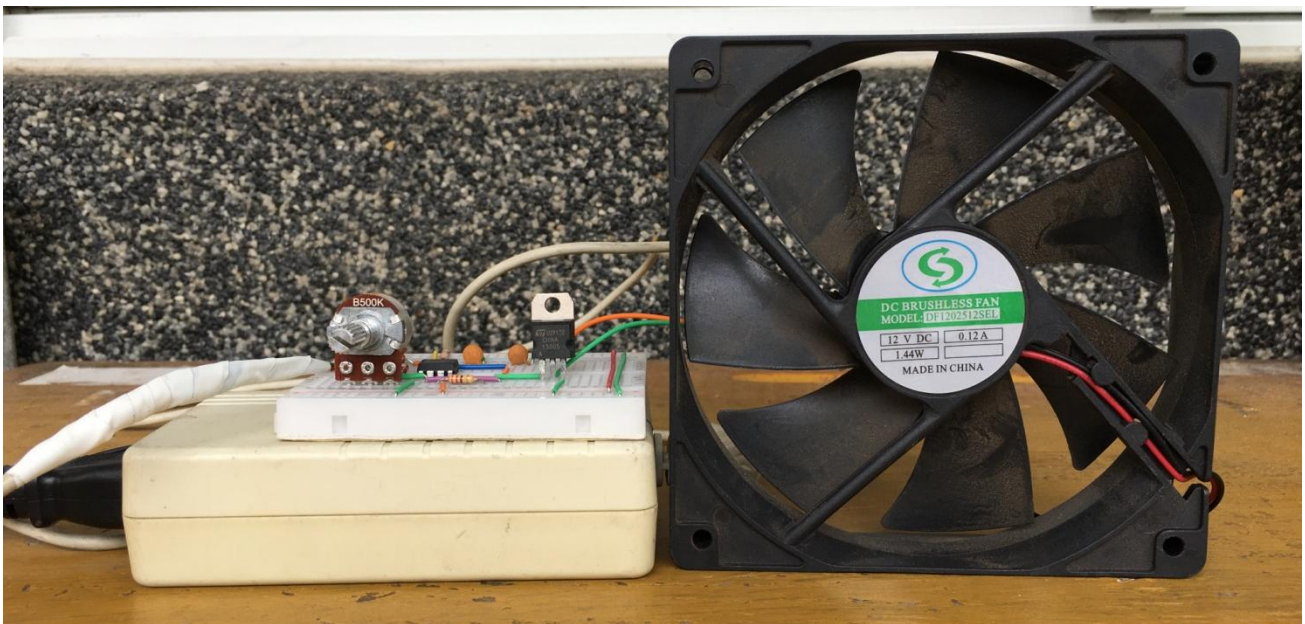
我們所製作出來的 PWM 電路既然可以調整 LED 燈的亮度，那可否加裝在其他電器上呢？於是在我們的嘗試下，完成了下列作品：

一、直流變頻風扇

我們先想到之前做的研究四，從其結果可知道直流變頻風扇較省電，那我們是否也能利用製作出來的 PWM 電路接上直流風扇，而製作出自己的直流變頻風扇，於是我們找到一台 12V 直流散熱風扇，原本上面並沒有調節風速的設計，我們將其接上自製的 PWM 電路後（圖十八），就可以調整其風速了，完成品如圖十九。



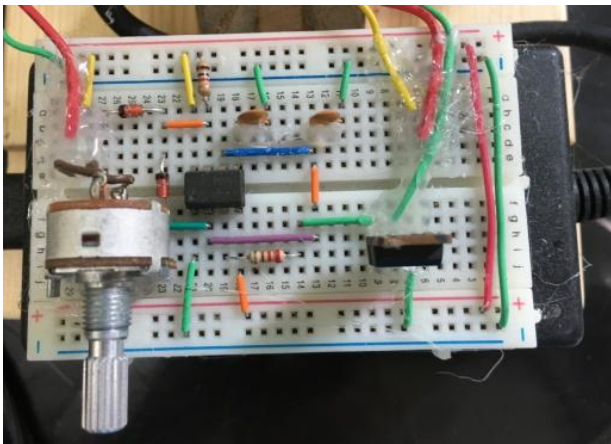
圖十八自製直流變頻風扇電路圖



圖十九自製直流變頻風扇

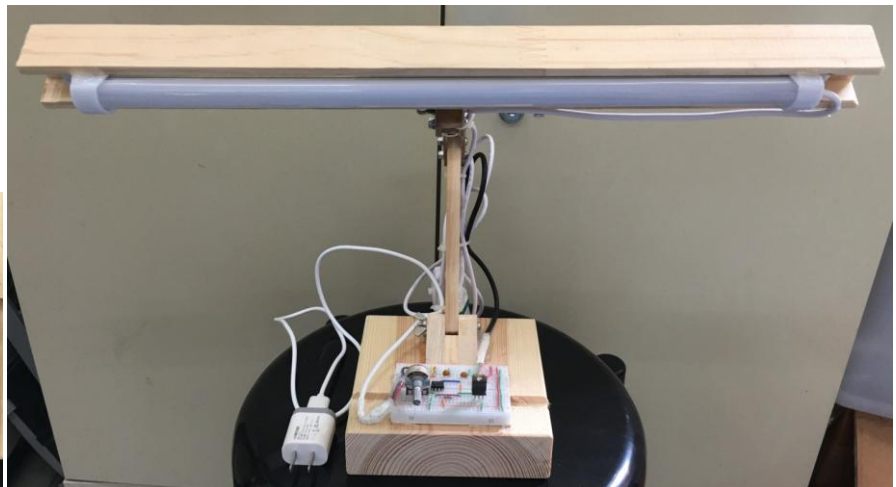
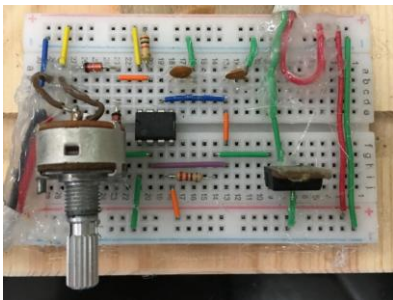
二、直流變頻檯燈

上生活科技課時，老師指導我們做了 LED 檯燈，完成後，這個檯燈並沒有調亮度的功能，而且市售可調亮度的 LED 檯燈，價格很高，既然我們已經有了自製的 PWM 電路，所以我們就將自己的檯燈進行改造，完成品如圖二十。



圖二十自製直流變頻檯燈

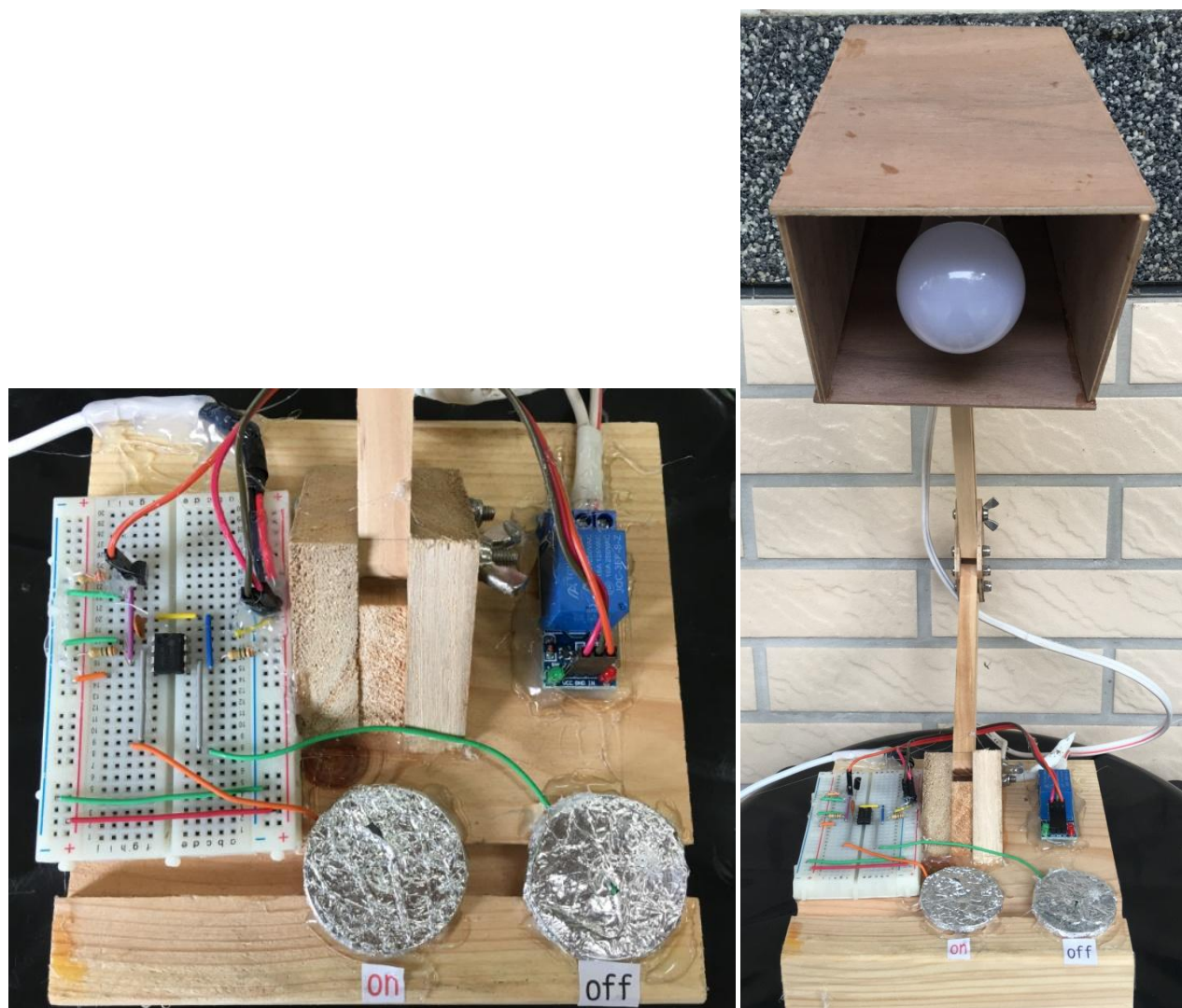
三、直流變頻 LED 燈管檯燈



圖二十一自製直流變頻 LED 燈管檯燈

同學的 LED 檯燈燈頭壞了，他本來要丟棄，我們將它要來，將壞掉的燈頭改成可裝上 LED 燈管的檯燈，再裝上我們所自製的 PWM 電路，就變成了直流變頻 LED 燈管檯燈，如圖二十一。

四、直流觸控檯燈



圖二十二觸控檯燈

我們兩人的檯燈，一個已經改造為直流變頻檯燈，另一個我們不想改成相同的，在研究 555 電晶體電路時，我們發現它也可以接成觸控電路，於是我們試著做做看，結果完成的觸控電路，加裝在檯燈上，就變成觸控檯燈，如圖二十二。

伍、討論及結論

一、DC 直流風扇比傳統 AC 交流風扇省電嗎？

為解決 AC 交流風扇扇葉轉動時的噪音問題，現代的家電製造商都逐漸將電風扇的馬達改為「DC 直流」，這不僅讓電風扇變得更加省電，更可以使風扇進行低速運轉，在夜深人靜時，

電扇亦能夠保持安靜。**DC 直流風扇耗電量更只有傳統 AC 交流風扇的三分之一**，DC 直流風扇風量調節的段數普遍來說也比 AC 交流風扇來得更多。只不過，DC 直流風扇也並非完全沒有缺點，首先是價格普遍比 AC 交流風扇來得更高，且最大風速比 AC 交流風扇慢，表五為兩者比較。

優缺點	DC 直流風扇	AC 交流風扇
優點	安靜、省電、風量段數多	便宜、風量大
缺點	貴、風量較小	噪音、較耗電、風量段數少

表五 DC、AC 風扇優缺點比較

二、市售 LED 燈無調節亮度的功能嗎？

市售的 LED 日光燈管與 LED 燈泡並沒有調整亮度的功能，只有檯燈的 LED 燈有調整亮度的功能（圖二十三），但售價卻是非常的貴，約上千元起跳，相對於白熾燈，LED 照明度比較高，但光線過亮會強烈刺激眼睛，所以最好 LED 燈有調節亮度的功能。



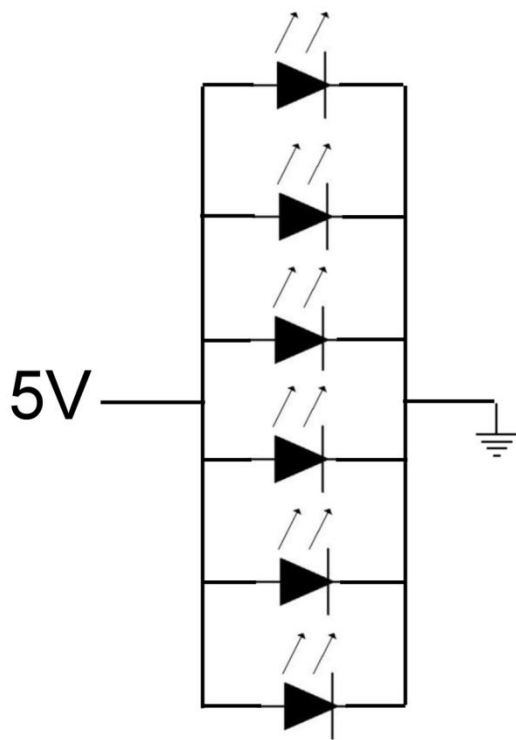
圖二十三市售可調光檯燈

三、為何 DC 直流風扇與可調亮度的 LED 燈價格昂貴？

DC 直流風扇與可調亮度的 LED 燈的優點在於省電，但缺點就是價格昂貴，因為多了頻控制板、變壓器，DC 直流風扇所採用的三相直流無刷馬達（BLDC）也比交流風扇馬達貴。我們上網查看 DC 直流風扇與可調亮度的 LED 燈都是利用 **PWM(脈衝寬度變調 Pulse Width Modulation)**調整 DC 直流風扇速度與 LED 亮度，至於是如何調節的，我們不甚清楚。於是，我們想要研究 PWM，製作便宜的直流變頻控制，控制 DC 直流風扇與 LED 燈。

四、為何改造 LED 燈泡時，將所有燈珠並聯，會比未改造前暗，而每兩顆燈珠串聯成一組，再將三組並聯起來，亮度就和未改造前差不多？

因為改造前的燈珠為 6 顆串聯，我們用三用電表測量，得到總電壓為 36.7V，也就是每顆燈珠只要供應約 6.6V 的電壓，就能正常發光，並聯所有燈珠，接上 5V 變壓器（圖二十四），每顆燈珠僅供 5V 電壓，當然電壓太低，燈泡就太暗，但我們在學校找不到 6V 變壓器，還要買，所以才以每兩顆燈珠串聯成一組，再將三組並聯起來，接上 12V 變壓器（圖二十五），這要每顆燈珠供電 6V，接近未改造前，因而燈泡可正常發光。



圖二十四 6 顆燈珠並聯接 5V



圖二十五 2 顆串聯成一組，3 組並聯接 12V

五、市售的 USB 的風扇與 LED 燈也無法調整速度與亮度嗎？

市售有很多 USB 的風扇與 LED 燈，皆無法控制風速與亮度。我們製作的直流變頻控制，只要裝上，就可以控制風速與亮度，達成無段變速及無段調亮度的功能。

六、所選用的 IC555 及 NPN 電晶體 13005 其規格為何？

IC555 的供電電壓的範圍是+4.5 伏特（最小值）至+16 伏特（最大值）；NPN 電晶體 13005 的最大承受電壓為 400V，最大承受電流為 4A，最大頻率可到 4MHz。

七、何謂無穩態多諧振盪電路？

無穩態多諧振盪電路是多諧振盪電路的其中一種，「無穩態」指的是沒有穩定狀態，此電路加上電源後，往返振盪，不需要加觸發信號即可自行產生某一頻率下的信號，因此無穩態多諧振盪器又稱為自激式多諧振盪器。

八、那這次所研發出來的以 IC555 製作 PWM 控制電路，價格便宜嗎？

以 IC555 製作 PWM 控制電路，材料價格如表五：

項目	數量	單價（元）	總價（元）
5V 或 12V 變壓器	1		
IC555	1	5	5
NPN 電晶體 13005	1	10	10
500K Ω 可變電阻	1	15	15
稽納二極體	2	1	2
1K Ω 電阻	1	0.2	0.2
220 Ω 電阻	1	0.2	0.2
0.01uf 電容	2	0.5	1
總價		30 元	

表五自製 PWM 電路材料費

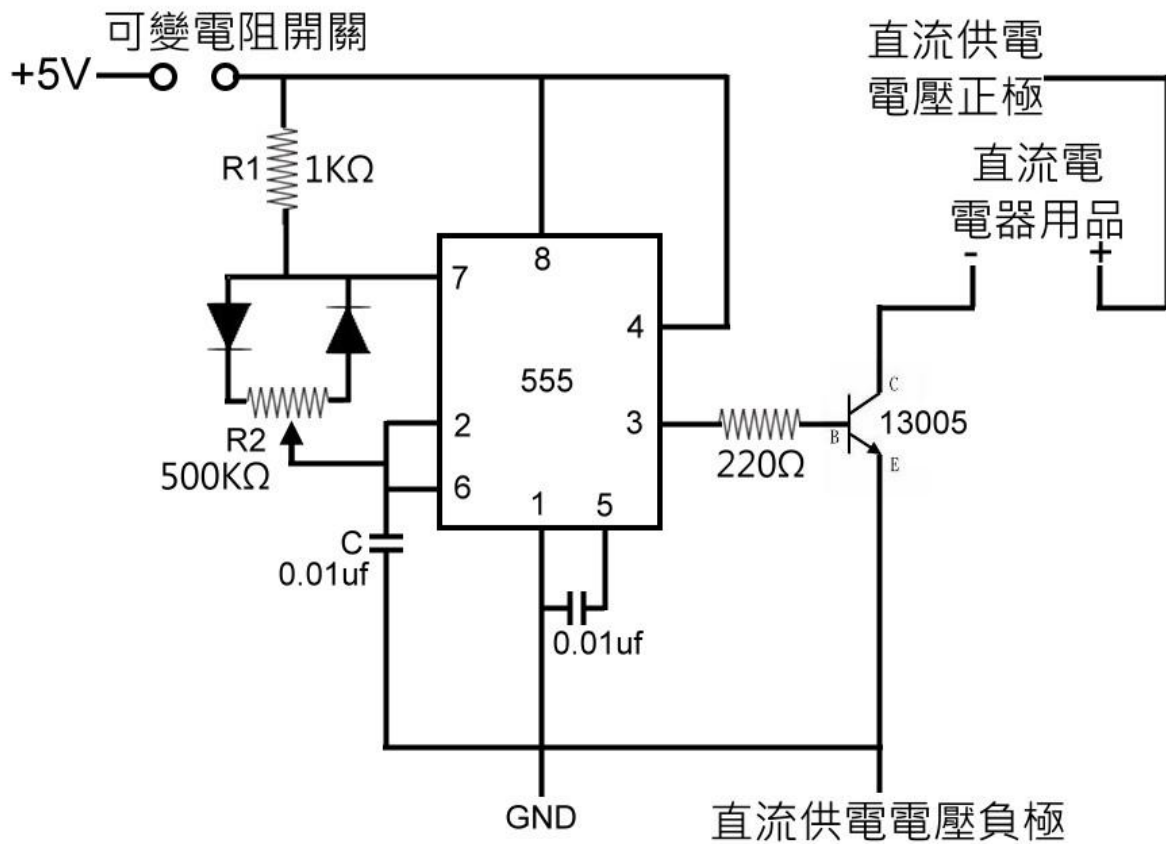
不算變壓器(我們所接的 5V 豆腐頭約 50 元,12V 變壓器約 200 元),整個 IC555 製作 PWM 控制電路大約 **30 元**,如果大量生產,價格將會降低,而且燒成電路板,體積非常的小,加裝在電器上很方便,為何市售的變頻產品會那麼貴,我們也不了解。

九、變頻明明頻率固定,而是同一週期隨著可變電阻調整,而產生高低電位所佔比例不同(Duty cycle),那為何稱變頻?

這裏所指的變頻並不是示波器上所顯示的波形頻率,而是供電頻率,Duty cycle 大,當然供電頻率就高。

十、那自製的 PWM 電路中,最主要的零件為何,其功能又是什麼?

最主要的零件為 IC555 及 NPN 電晶體 13005，IC555 主要作為振盪器，會產生方波訊號出來，而 NPN 電晶體 13005 主要為提供不同電壓值至直流電器上。



圖二十六自製 PWM 電路與直流電器接線圖

陸、參考資料及其他

一、DC、AC 電風扇差在哪裡？如何使用循環扇才正確？電風扇省錢解熱秘笈

取自：

<https://www.techbang.com/posts/60319-summer-electricity-prices-hit-you-need-to-save-money-antipyretic-good-cheats-choose-the-right-cold-house-appliances-not-afraid-of-the-lost-purse-author-aa1477888>

二、LED 燈的八大優點和七大缺點

取自：<https://kknews.cc/zh-tw/news/2jk9br.html>

三、基礎教程 12 霍爾感測器與 Arduino 外部中斷

取自：<https://itw01.com/QUDJPED.html>

四、PWM 驅動 IC 設計與實現

取自：

<http://ir.lib.ncut.edu.tw/bitstream/987654321/4950/2/PWM%E9%A9%85%E5%8B%95IC%E8%A8%AD%E8%A8%88%E8%88%87%E5%AF%A6%E7%8F%BE.pdf>

五、NE555 振盪器工作原理介紹

取自：<http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/~4960J106/blog?node=000100024>

六、555 計時器 - 頻率及周期計算器

取自：<http://gc.digitw.com/Program/NE555-CALC/555%20Timer%20Calculator.htm>

七、AC Light Dimming--

取自：<https://chtseng.wordpress.com/2015/12/31/ac-dimming-docx/>

八、用 555 做的 PWM 調光擡燈

取自：<https://chtseng.wordpress.com/2015/12/31/ac-dimming-docx/>

九、變頻器的原理、結構及常見應用

取自：<https://ppfocus.com/0/fc821a8.html>