

屏東縣第 62 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）

組 別：國中組

作品名稱：摸來摸去～電晶體放大電路的研究

關 鍵 詞：電晶體、電容、達靈頓電路

編號： B6013

摘要

利用13005電晶體製作擴大機電路。利用RC電路電容充電快、放電慢的特性製作延遲電路。將兩個9013電晶體結合成達靈頓電路，經由手接讓繼電器發出60Hz的聲音，證明人體經由市電感應出60Hz的交流訊號。電容可以濾交流訊號，結合達靈頓電路，濾掉人體感應的交流訊號，卻可以多個人手牽手直流訊號點亮燈泡。電容的另一個特性為隔直流訊號通過交流訊號，將電容擺放位置做個改變，正好和濾交流訊號相反，結合達靈頓電路，讓人體感應的交流訊號通過，點亮燈泡，卻隔離多個人手牽手的直流訊號。

壹、研究動機

在機器人社團時曾經用過馬達驅動板，將5V控制板轉成12V驅動馬達，讓12V的馬達可以調速。國中生活科技介紹過電子零件，其中電晶體最引起我的興趣。電晶體最主要的功用為電流放大，原來馬達驅動板就是用電晶體做成的，音響擴大機也是。於是我們研究電晶體擴大機電路，發現電晶體放大電路中伴隨著電阻與電容。經過和老師討論及上網搜尋資料，電容充電快、放電慢，電容可以濾交流訊號，電容可以隔直流訊號通過交流訊號。兩個電晶體結合成達靈頓電路。結合達靈頓電路、電容、電阻等電子零件製作出有趣的電子電路。

貳、研究目的

研究一：利用電晶體製作擴大機

研究二：電晶體加上電容與電阻，製作延遲電路

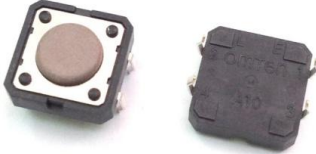
研究三：達靈頓電路

研究四：達靈頓電路，聽見交流電的聲音

研究五：達靈頓電路加上電容，濾掉交流訊號

研究六：達靈頓電路加上電容，隔直流訊號通過交流訊號

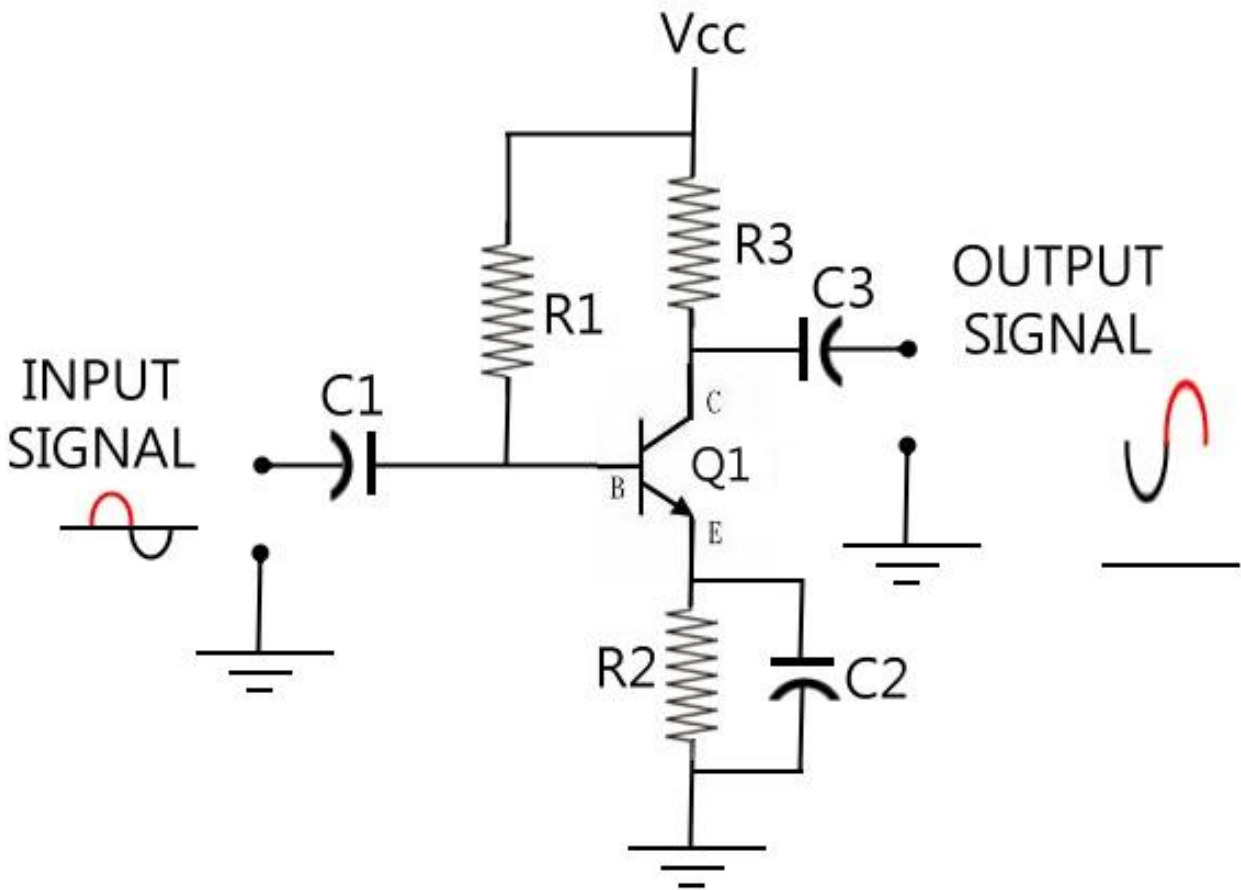
參、研究設備及器材

 <p>13005</p> <p>1. Base 2. Collector 3. Emitter</p> <p>13005 電晶體</p>	 <p>9013 電晶體</p>	 <p>反射式紅外線模組</p>
 <p>麵包板</p>	 <p>各種電阻</p>	 <p>三用電表</p>
 <p>電解電容</p>	 <p>陶磁電容</p>	 <p>繼電器</p>
 <p>固態繼電器</p>	 <p>Arduino UNO</p>	 <p>稽納二極體</p>
 <p>燈泡</p>	 <p>喇叭</p>	 <p>按壓開關</p>

肆、研究過程及方法

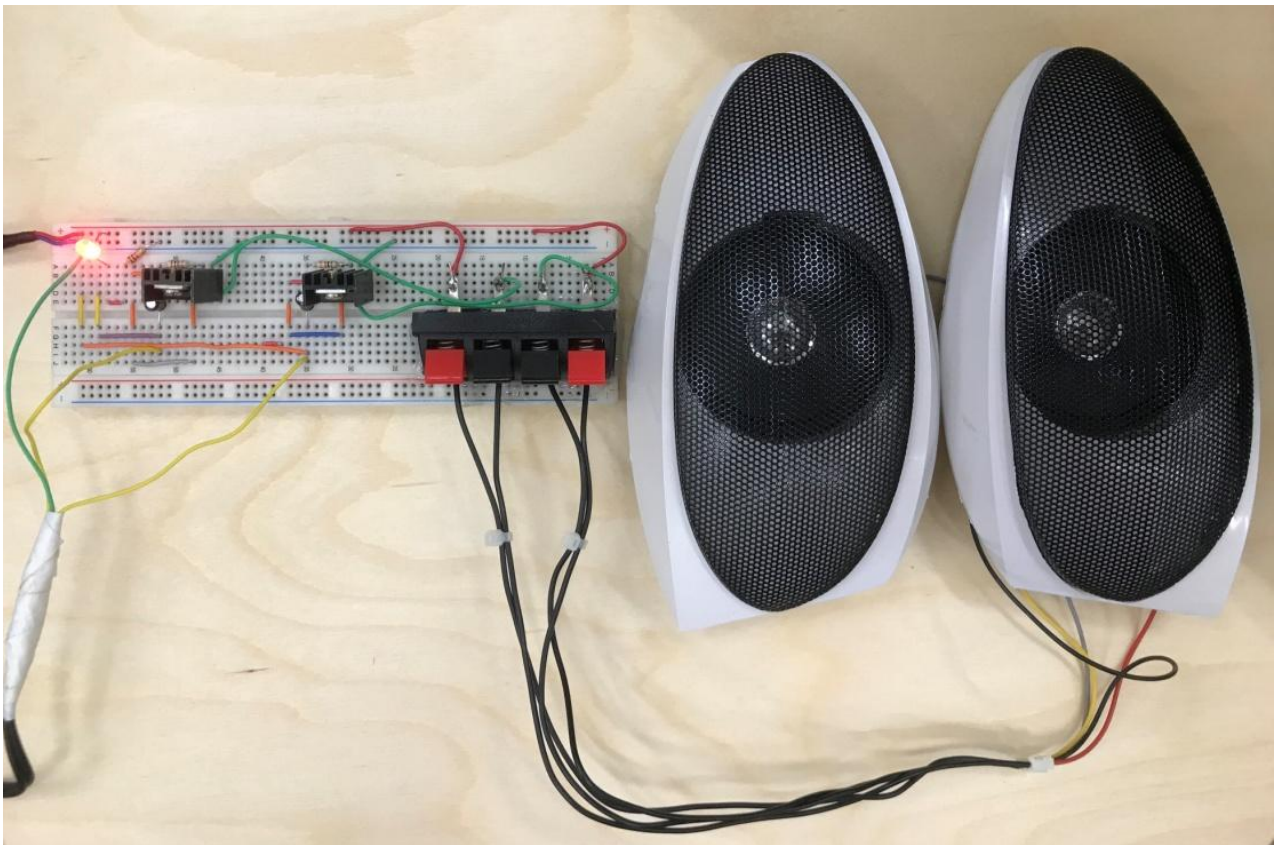
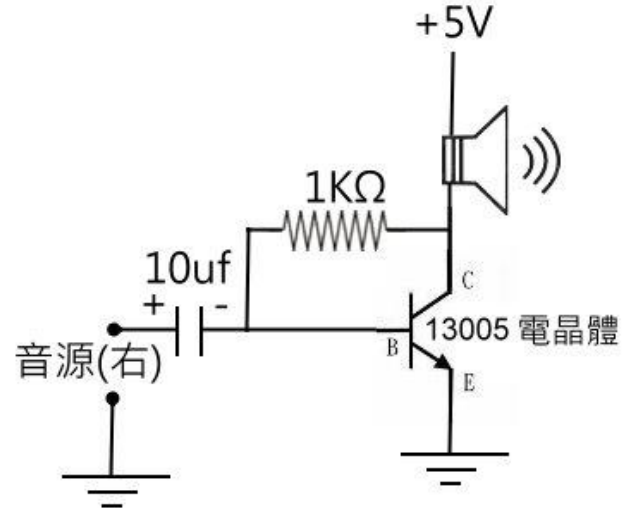
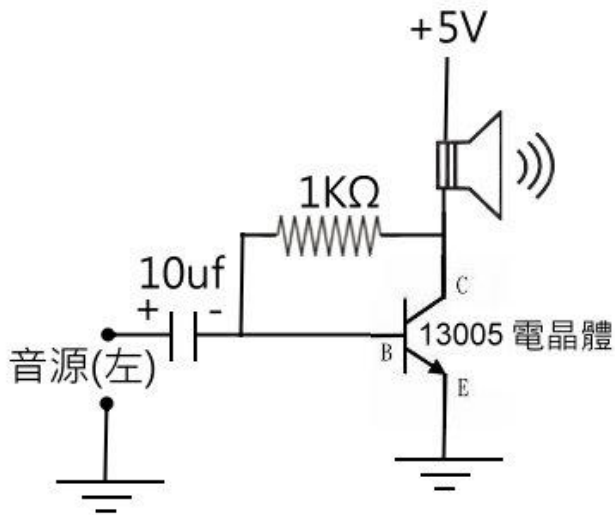
研究一：利用電晶體製作擴大機

NPN 電晶體音頻放大器電路。



- C1 電容，隔離直流訊號，將交流輸入訊號耦合至 Q1 的基極 (Base)。
- R1 電阻，用來提高輸入訊號，讓低於0V的訊號亦能夠通過 Q1 基極 (Base)。
- R2 電阻，提供射極 (emitter) 偏壓。
- C2 電容，電阻的兩端並聯一個電容，為了減小對高頻訊號的阻抗。
- R3 電阻，是 Q1 的集極 (collector) 負載，發展輸出訊號。
- C3 電容，隔離直流訊號，將交流訊號輸出。
- Vcc 是集極供應電壓 (collector-supply voltage)。
- 因為電晶體提供電壓放大，而輸入與輸出訊號呈 180° 相位差。

將音頻放大器的電路簡化如下：

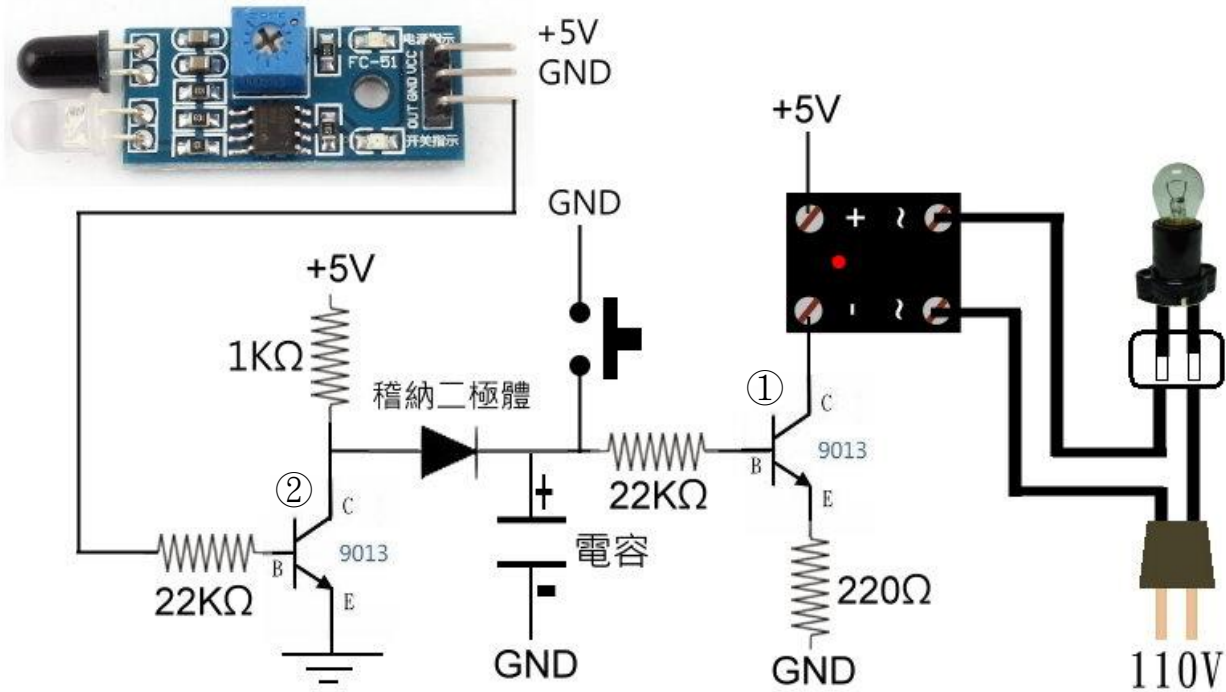


音頻放大器，就是俗稱的擴大機。電晶體CE極承受大電流，所以採用大功率電晶體13005，再裝上散熱片。

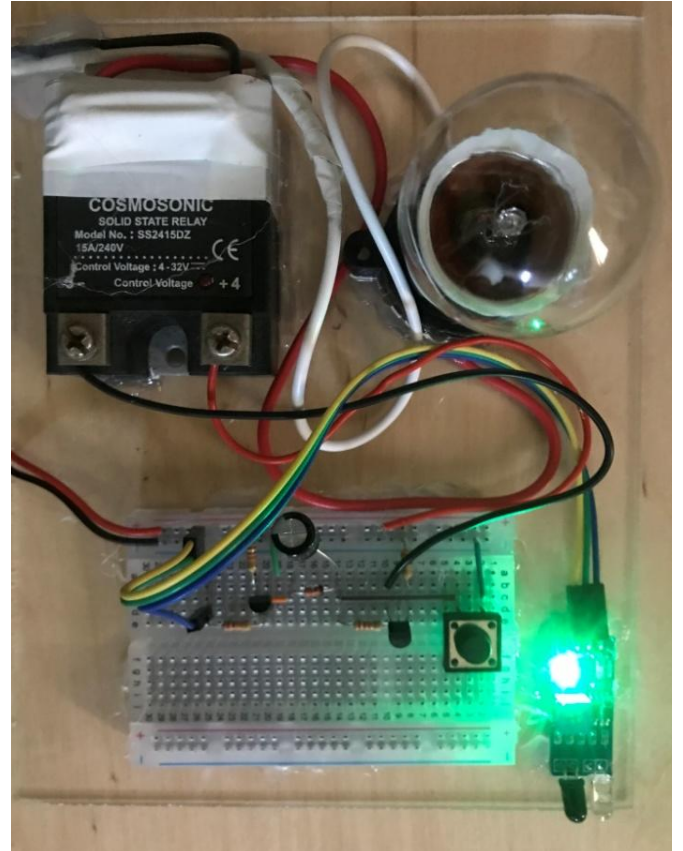


研究二：電晶體加上電容與電阻，製作延遲電路

電容加上電阻即成RC電路，特點就是充電快、放電慢。
我們利用RC電路製作延遲電路，再加上反射式紅外線模組。

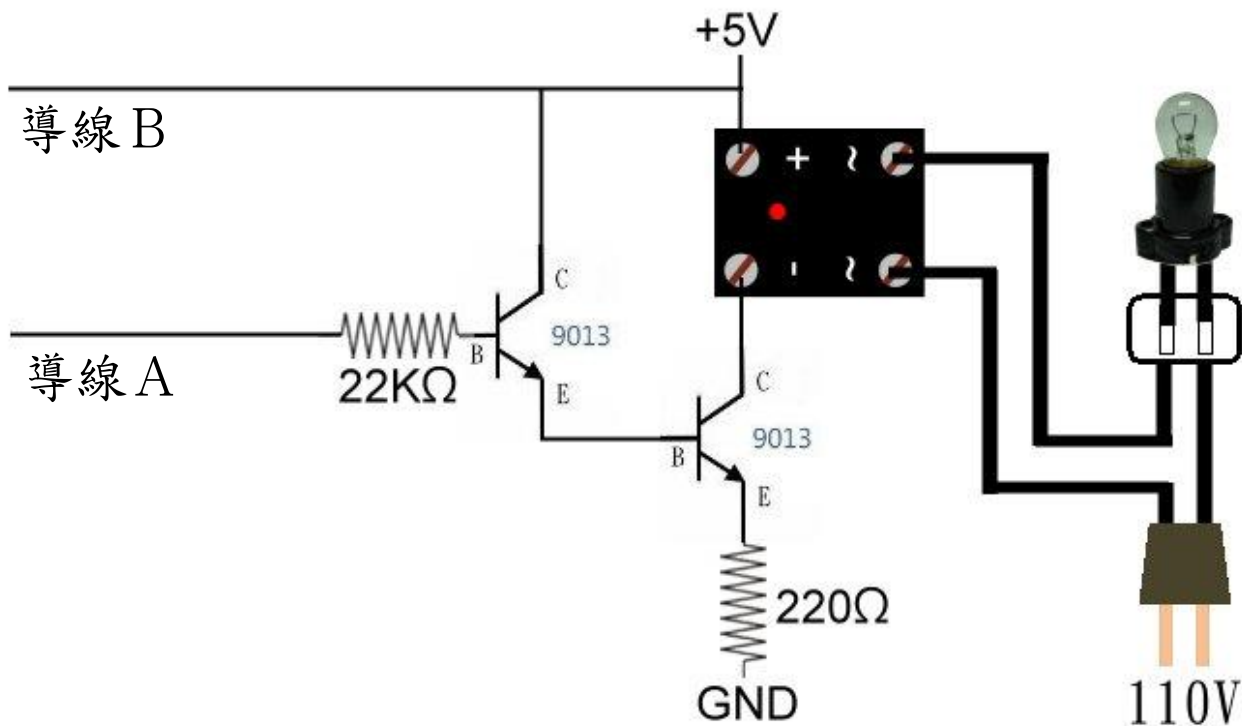


當紅外線模組沒有被遮蔽時，紅外線輸出訊號為高電位，電晶體①CE極形成通路，電流不會流到稽納二極體。當紅外線模組被遮蔽時，電晶體①CE極形成斷路，電流流到稽納二極體，對電容充電，而且電流流到電晶體②B極，電晶體②CE極形成通路，電晶體②C極為低電位，固態繼電器啟動，燈泡亮。當紅外線模組遮蔽消失，沒有被遮蔽時，紅外線輸出訊號為高電位，電晶體①CE極形成通路，電流不會流到稽納二極體，電容開始放電，稽納二極體限制電流方向，電容電流流到電晶體②B極，電晶體②CE極形成通路，電晶體②C極為低電位，固態繼電器持續啟動，燈泡持續亮，直到電容放電電流無法讓電晶體②CE極形成通路，電晶體②CE極形成斷路，固態繼電器無法啟動，燈泡不亮了。按鍵開關按下時，電流直接流到GND，不會通過電晶體②B極，固態繼電器無法啟動，燈泡不亮了。此時電容正極直接接地，電容快速放電，電容也無法充電。

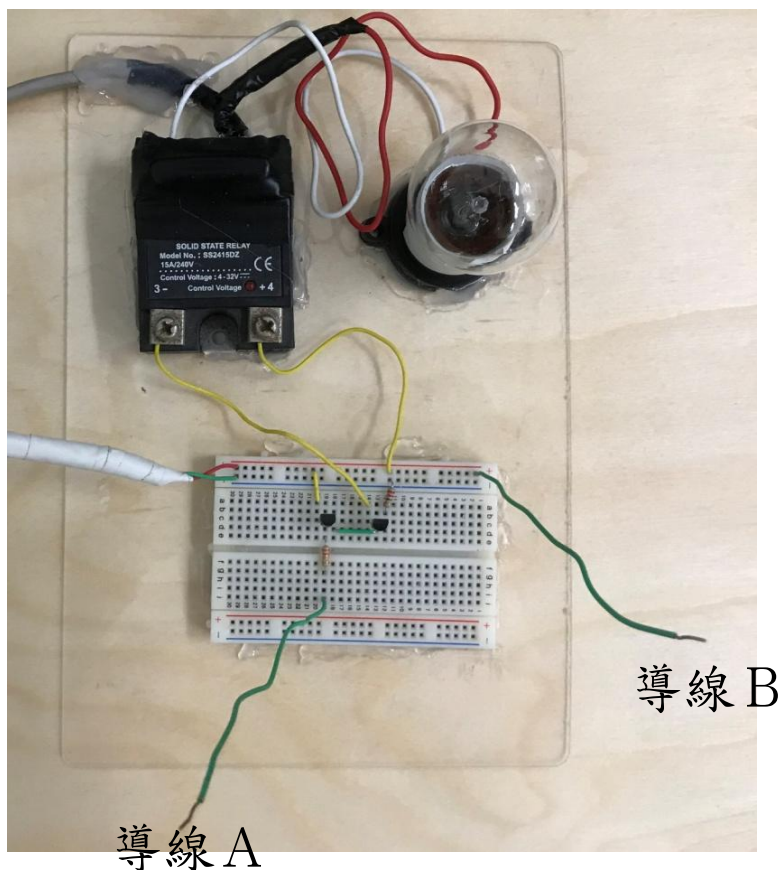


研究三：達靈頓電路

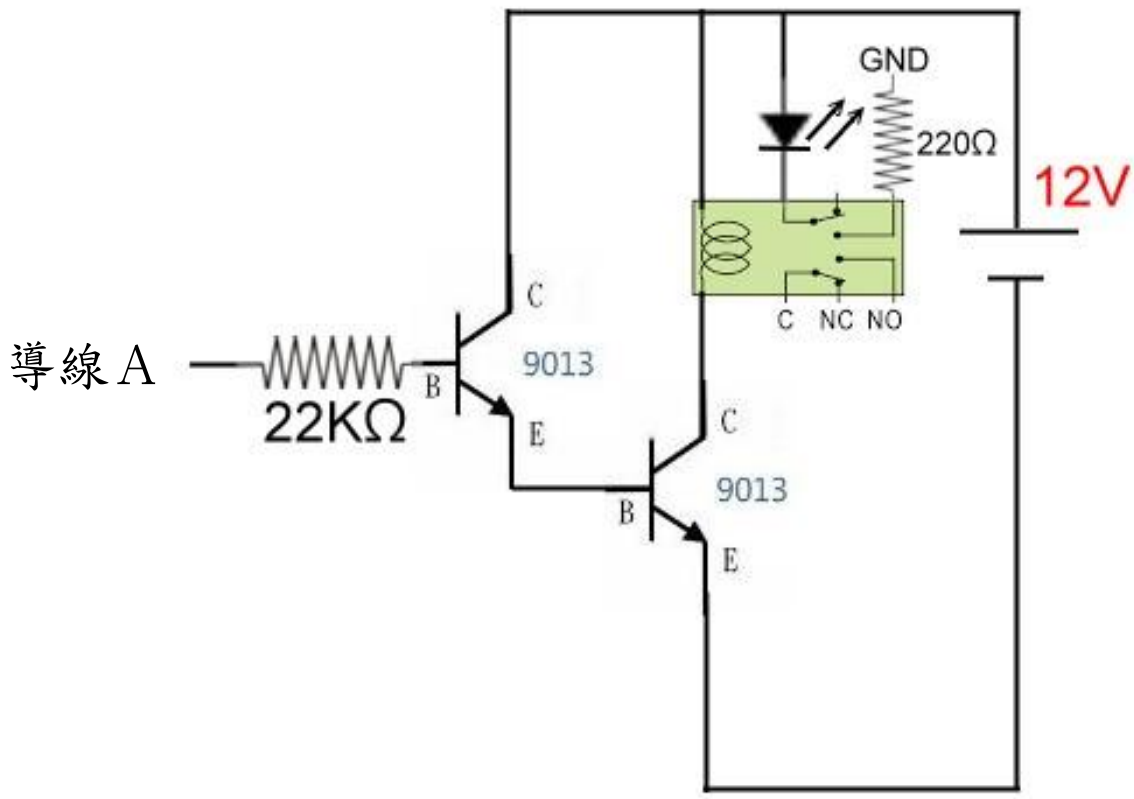
達靈頓電路是由兩個電晶體組合而成的，目的是為了提高電流增益及輸入阻抗，其功能與單一電晶體相同，因此等效電路和單一電晶體一樣。



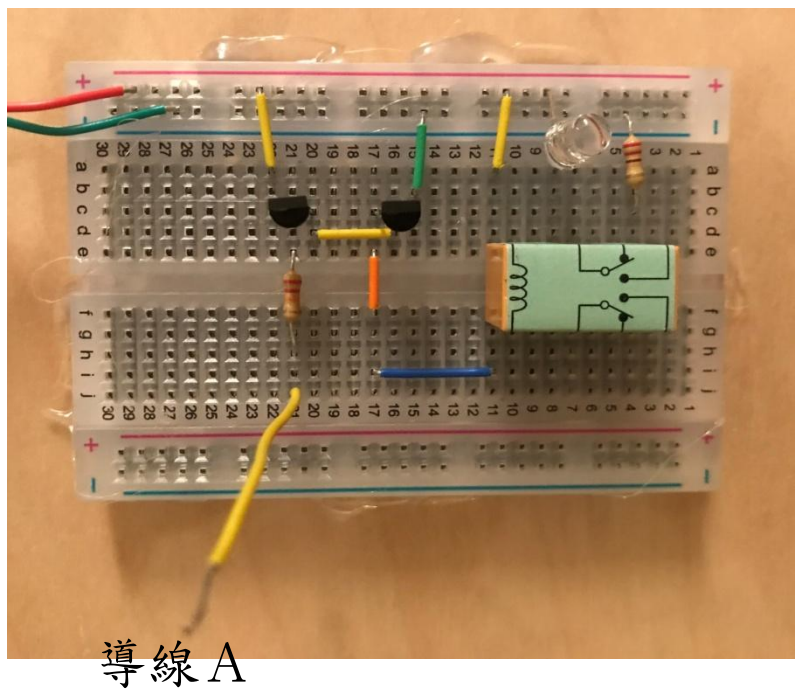
手單獨碰觸導線 A，燈泡亮。雙手碰觸導線 A 及導線 B，燈泡更亮。我們懷疑，單獨碰觸導線 A 燈炮亮是人體感應家用交流電的影響。於是我們在達靈頓線路中，接上了一般繼電器。



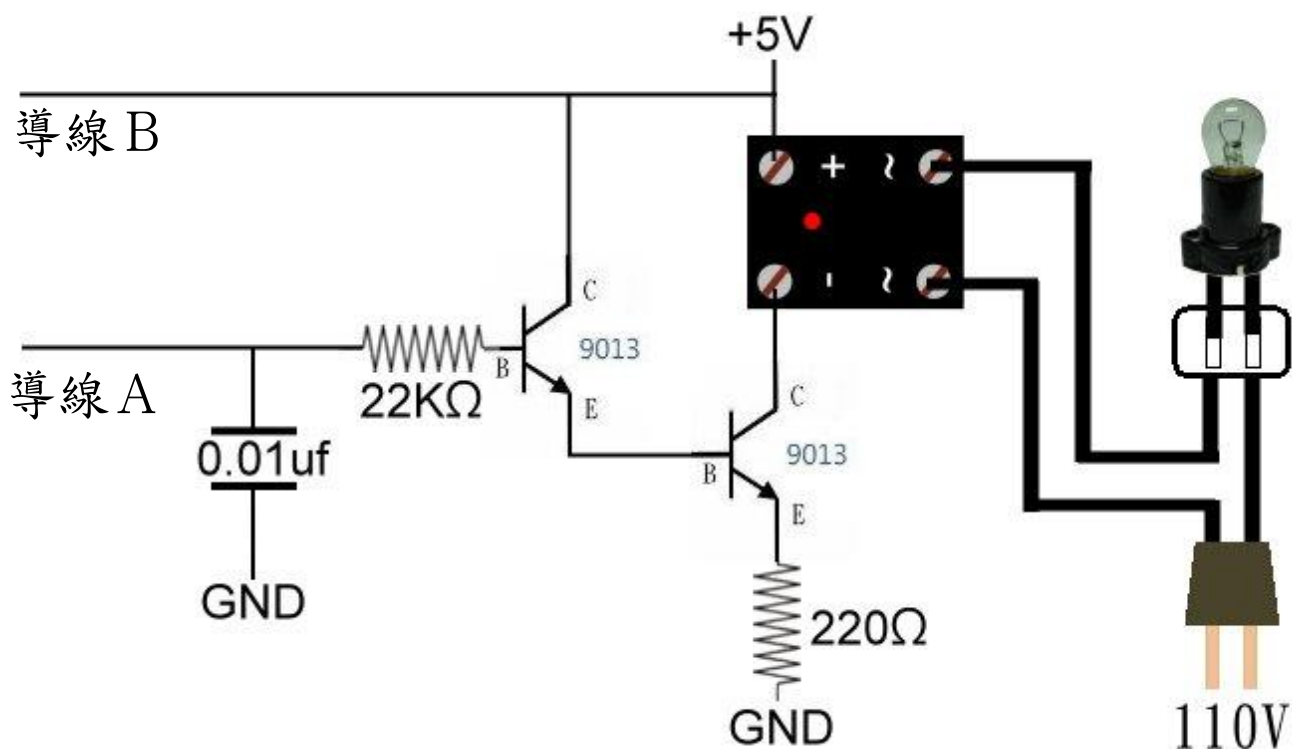
研究四：達靈頓電路，聽見交流電的聲音



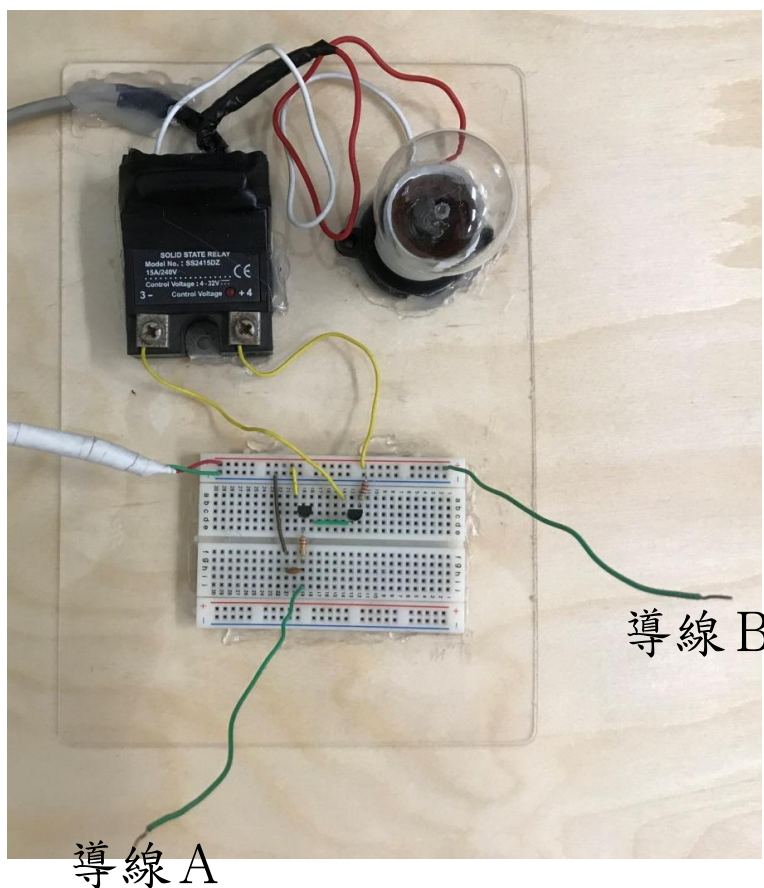
手單獨碰觸導線 A，聽到繼電器導通又斷掉的聲音。證明聽到的是交流訊號的聲音。



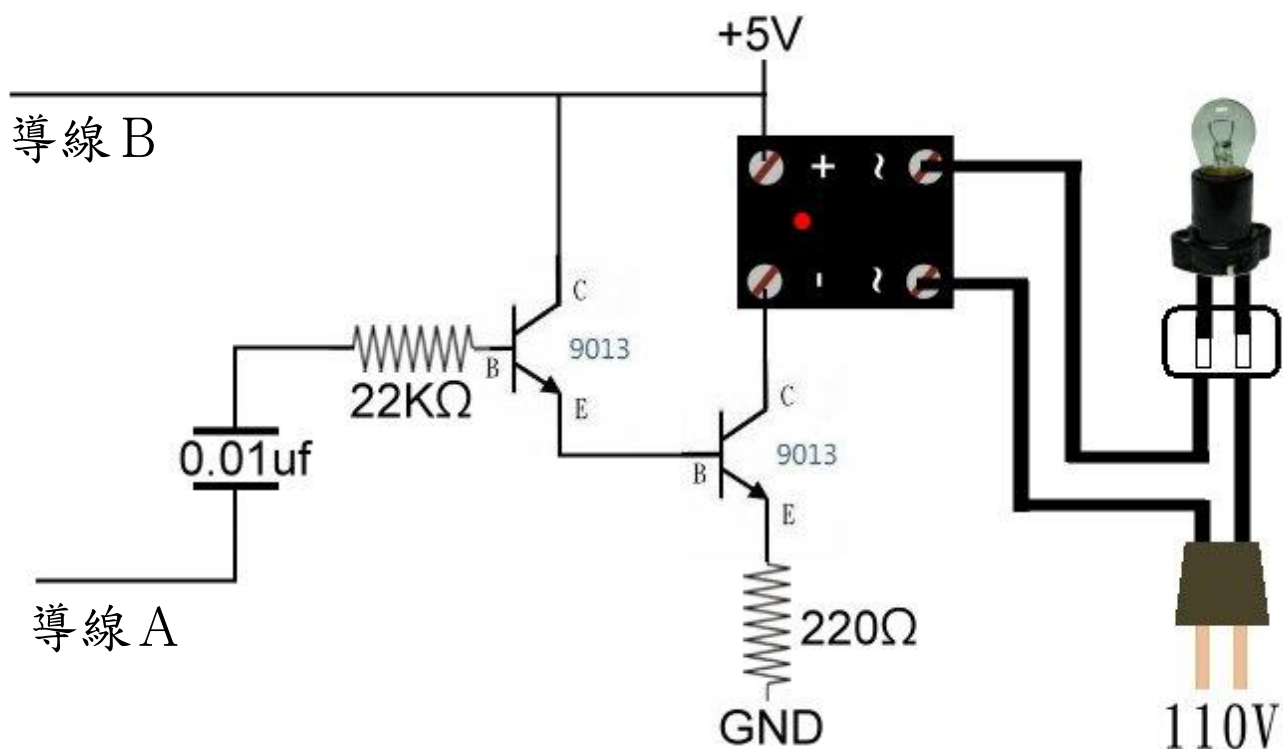
研究五：達靈頓電路加上電容，濾掉交流訊號



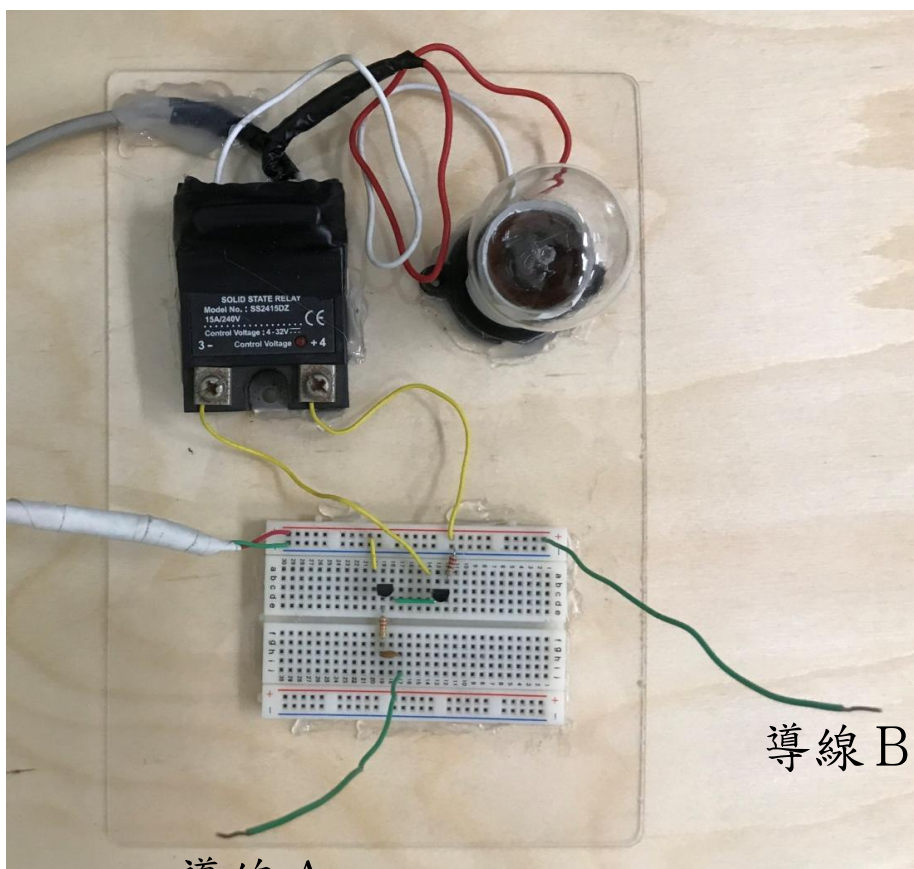
電容的功能可以濾掉交流訊號。我們將電容的一隻接腳接地，另一隻接腳接到導線 A，手單獨碰觸導線 A，燈泡不會亮。雙手碰觸導線 A 及導線 B，燈泡亮了。



研究六：達靈頓電路加上電容，隔直流訊號通過交流訊號



電容的另個功能為隔直流訊號通過交流訊號。我們將導線 A 與電容串聯。手單獨碰觸導線 A，代表交流訊號通過電晶體 B 極，燈泡亮了。雙手碰觸導線 A 及導線 B，代表直流訊號被電容隔開，電流無法通過電晶體 B 極，燈泡沒亮。



導線 A

導線 B

伍、研究結果及討論

一、9013 電晶體與 13005 電晶體的差別？

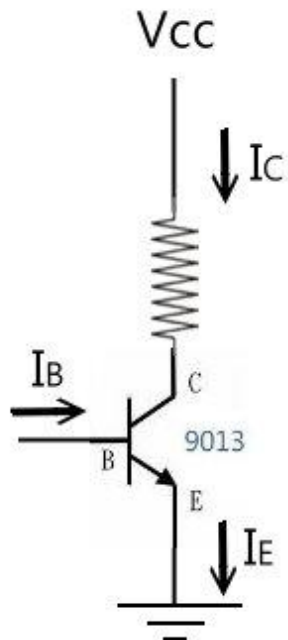
9013電晶體是一種NPN型小功率電晶體

13005電晶體是一種NPN型大功率電晶體

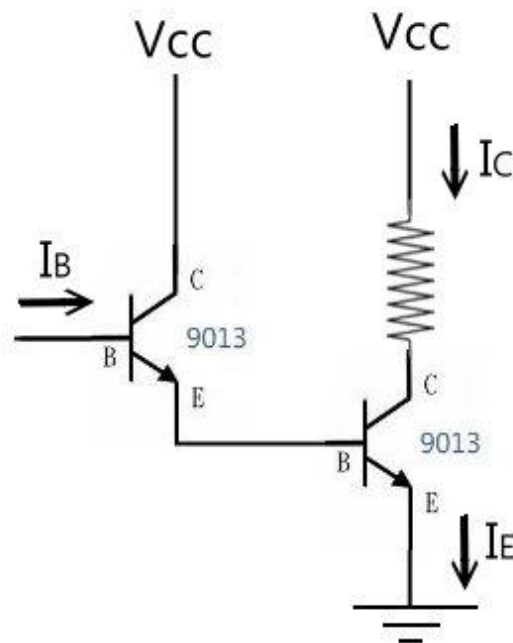
擴大機需要比較大的電流，使用9013電晶體容易燒毀，所以要使用13005電晶體。

達靈頓電路結合人體感應，電流較小，所以使用9013電晶體就可以了。

二、電晶體放大電路與達靈頓電路



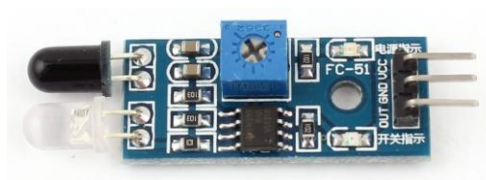
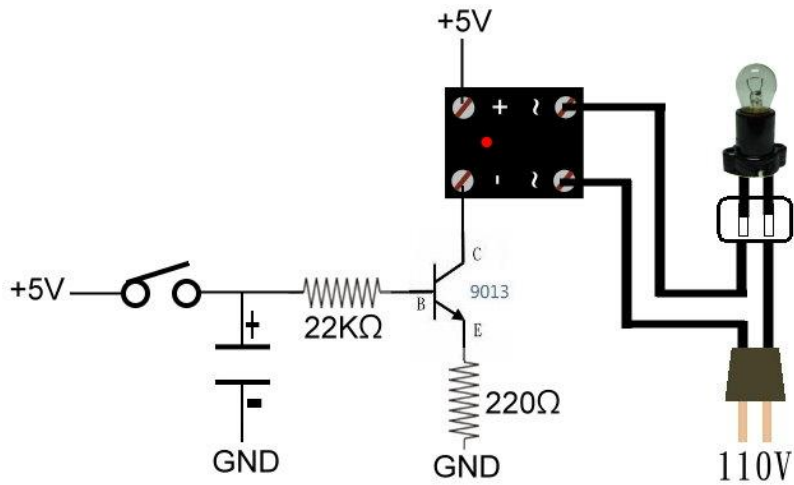
電晶體放大電路



達靈頓電路

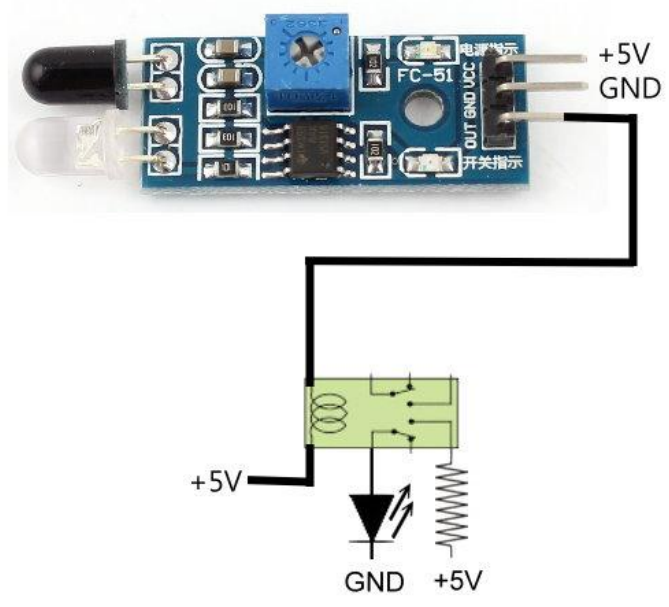
三、反射式紅外線感測器接上繼電器？

我們設計的延遲電路



- 1、手離開，指示燈不亮，out（輸出）高電位
- 2、手靠近，指示燈亮，out（輸出）低電位
- 3、調整可變電阻，可調整距離遠近。
- 4、紅外線容易受到光線干擾，請避免光線直射

利用繼電器當成電子開關，我們將反射式紅外線感測器接上繼電器

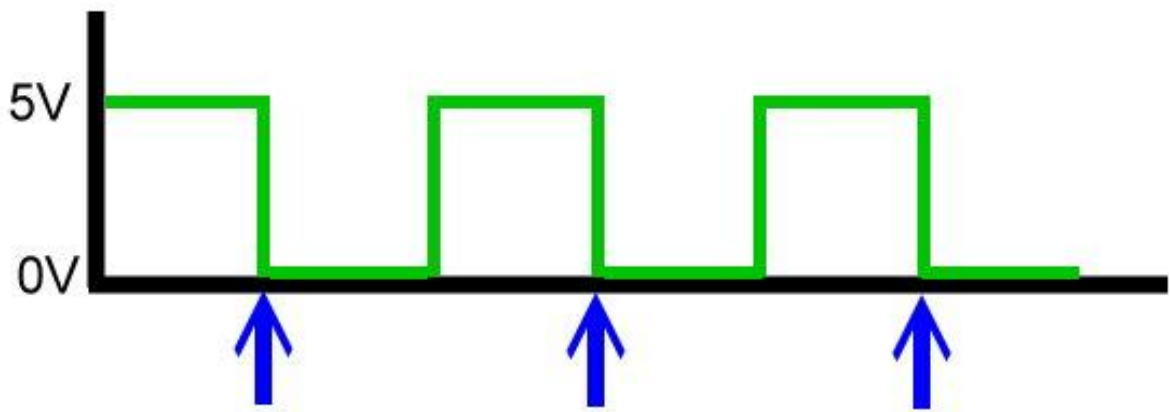


結果反射式紅外線感測器故障，推測結果為因為繼電器的電磁閥另一隻接腳不管接+5V或GND，變成輸入電位，造成輸出電位接腳故障。

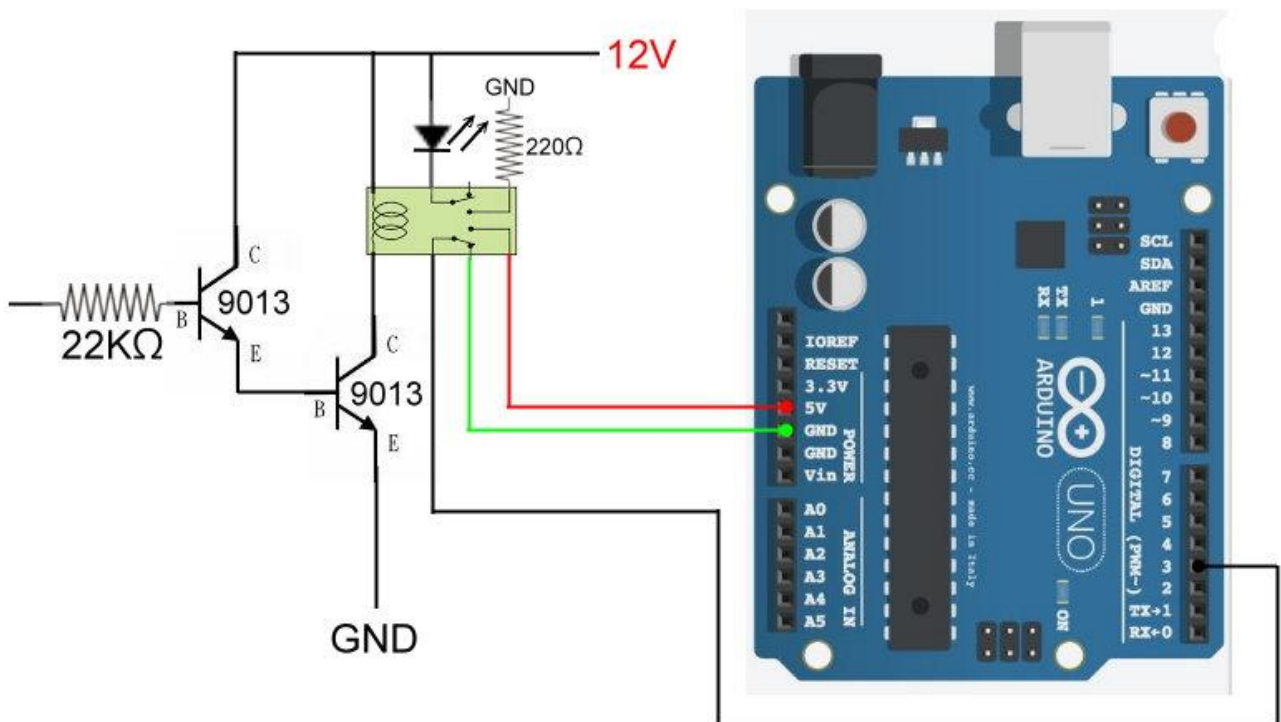
四、如何知道我們聽到的是 60Hz 交流電？

我們利用Arduino的中斷功能，來計算繼電器電位變化的頻率

INTERRUPT 中斷



FALLING (當訊號下降時觸發)



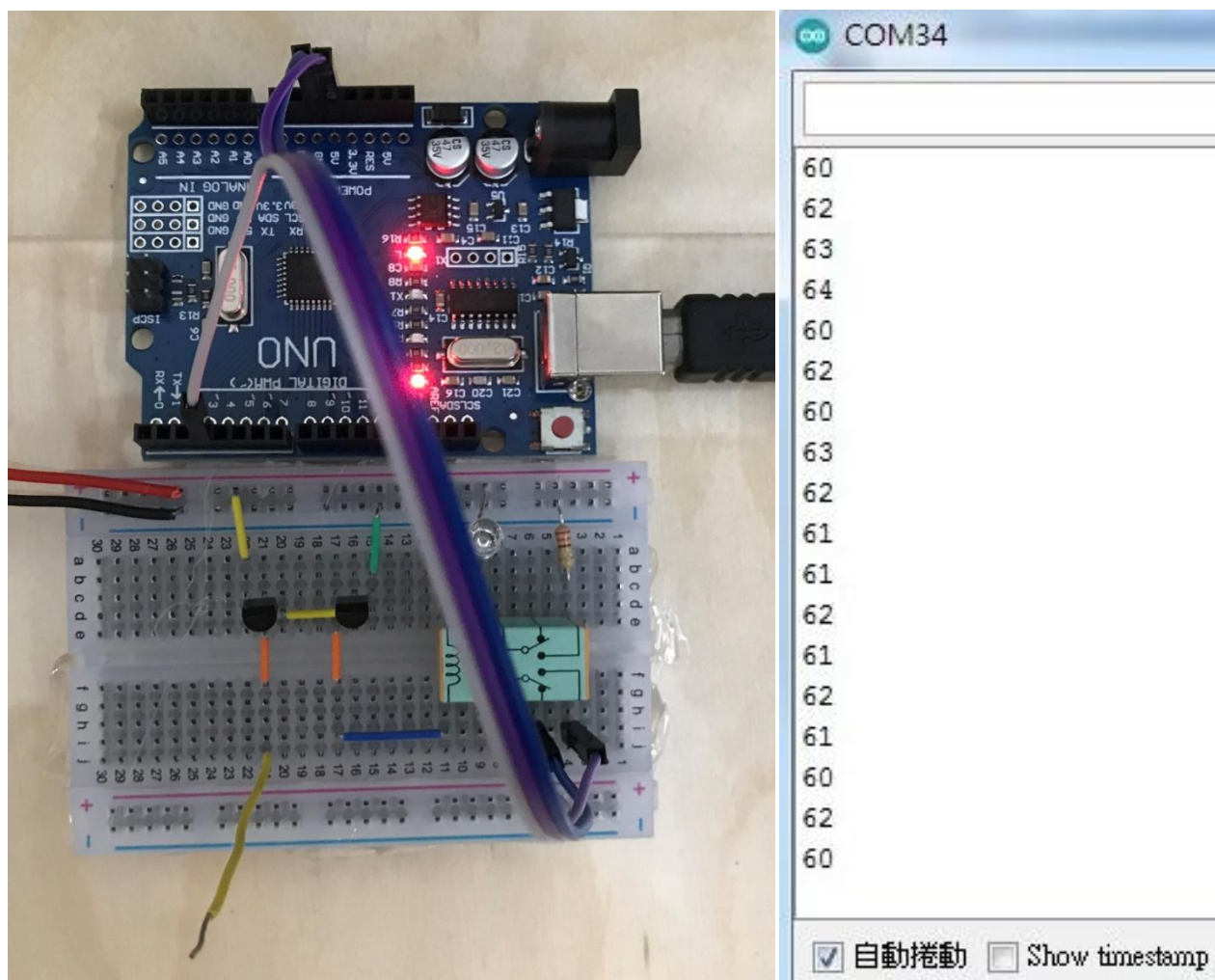
```

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：每秒幾次
    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;
}

```

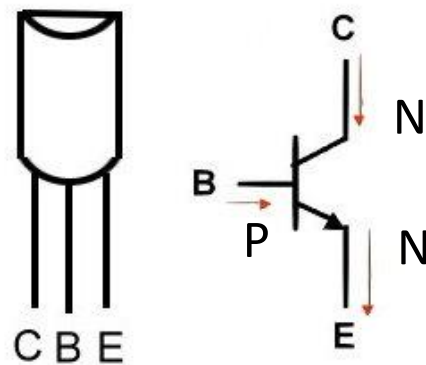
實際測試後，頻率在60~63，正好是台灣交流電的頻率。



五、電晶體放大電路的運作原理

我們使用 9013 電晶體，屬於 NPN 的電晶體，來探討電晶體功能。

P 為正，N 為負，電壓 $P > N$ 為順向偏壓；電壓 $N > P$ 為逆向偏壓



電晶體依所加偏壓不同，可分成三個工作區域。

1、飽和區

V_{BE} 及 V_{BC} 均為順向偏壓。當電晶體給足夠大的 I_B 時，已無法再增加 I_C ，此時電晶體為飽和狀態， I_C 為最大值。

集極 C 和射極 E 間的電阻 R_{CE} 非常小， $V_{CE} = 0.1V \sim 0.3V$ ，此時電晶體為飽和狀態（即電晶體處在 ON-通路的狀態。）

2、主動區

電晶體被拿來作為放大器使用時，即在主動區工作。

當 V_{BE} 順向偏壓、 V_{BC} 逆向偏壓。此時 $I_C = \beta I_B$ ，電晶體工作於線性放大區， I_B 控制 I_C ，電晶體當成訊號放大器使用。

$I_E = I_B + I_C$ 且 $I_C \approx I_E \gg I_B$ 。造成 $I_C \approx I_E$ ，而 I_B 甚小的情形。

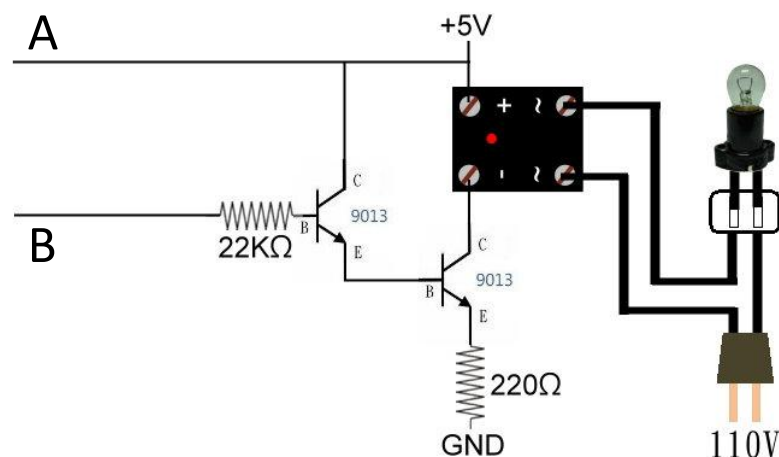
由於 $I_B \ll I_C$ ，我們只要控制 I_B 即可控制 I_C ，因此電晶體具有放大與開關作用。

3、截止區

當 V_{BE} 及 V_{BC} 均為逆向偏壓。此時 $I_B = 0$ ，所以 $I_C = 0$ ，集極 C 和射極 E 間的電阻 R_{CE} 非常大。此時電晶體為截止狀態（即電晶體處在 OFF-關閉的狀態。）

當 V_{BE} 順向偏壓、 V_{BC} 逆向偏壓，亦即電晶體 $V_C > V_B > V_E$ 電晶體在主動區內， I_B 控制 I_C ，電晶體當成訊號放大器使用。

但是導線 A 及導線 B 互相碰在一起，燈泡沒亮。由此證明在主動區內 $I_C = \beta I_B$ ，但 I_B 還是有一定範圍， I_B 太大時， I_C 不會等於 βI_B



陸、參考資料及其他

一、音頻放大器

<https://blog.xuite.net/hajazz/yqparts/176621267-%E9%9F%B3%E9%A0%BB%E6%94%BE%E5%A4%A7%E5%99%A8++AUDIO+AMPLIFIERS>

二、最簡單擴大機

<http://10930984547.blogspot.com/2019/01/8050.html>

三、Arduino - 中斷功能

<https://chtseng.wordpress.com/2015/12/25/arduino-%E4%B8%AD%E6%96%B7%E5%8A%9F%E8%83%BD/>