

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

### 最佳團隊合作獎

030821

『插頭拔不拔？』--待機電器自動斷電系統--

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者：  國一 吳韋君  國一 李家筑  國一 盧采葳	指導老師：  吳福田  林敏娟
---	-----------------------------

關鍵詞：延遲電路、電流檢測傳感器、

電晶體放大電路

## 摘要

科技的進步讓生活更加舒適，電器製造商設計出功能更強大的電器產品，例如搖控功能，也因此浪費了一些待機電力。雖然電器不用時將插頭拔掉就能節省待機電力，但一般人並無此習慣。為了解決這個問題，我們設計、製造出【待機電器自動斷電系統】。將此系統裝在有待機電力的電器上，當電器經過一段時間不使用，系統就會讓電器自動斷電，就能達到節能省電的目的。同時在研究的過程中，使用電阻、電容、電晶體等各種電子零件，而意外發現了市售的水位警示器是由電晶體的一級放大電路製作出來的。電晶體的二級放大電路，讓我們看到了空氣雖然是不良導體，也能讓微小電流通過。未來我們想利用電晶體的二級放大電路，製作一些感應系統。

## 壹、研究動機

有一次搭車時，聽到收音機傳來節能減碳的宣導：「拔掉長期不用之插頭，可以省錢又安全」。當時心中有個疑問：「插頭長期不用，為什麼一定要拔掉，而拔掉插頭為什麼可以省電？」於是，我們進一步上網查資料，發現多數的電器用品，需要很多待機電力，只要能省掉那些待機電力，就可以省很多電。但一般人使用完電器用品，並不會拔插頭，而且插頭常常拔又插，好像也會造成損壞。經濟部能源局網站上，也列出了拔插頭需考量下列正確方法：

- 一、拔插頭應正確使力，如使力點位置不當(例如直接拉扯電線，造成電線內的銅線斷裂，反而容易使電線受損)。
- 二、長時間或季節變換的插座(如冷氣插座)，應拔除不用，因插頭或插座在空氣中附著灰塵後，屆時通電時易造成火花，影響用電安全。建議可用塑膠材質插座封口。
- 三、每日需用到具待機電力的電器，不用時拔除插座者，為方便開關管控，建議可選擇設有獨立開關，及具安全的電力負載超過時會自動斷電之延長線。

從第三點，我們聯想到，如果能設計出一種開關，電器只要一段時間不用，就能自動斷開電源，那在無形中就能節省很多電費，於是開始以下的研究。

## 貳、研究目的

- 研究一、了解待機時電器浪費的電力有多少？
- 研究二、搜尋待機電器自動斷電系統的相關資料。
- 研究三、延遲電路的研究與組裝。
- 研究四、電容大小與延遲時間的關係。
- 研究五、電晶體（一級放大電路）的研究與組裝。
- 研究六：電晶體（二級放大電路）的研究與組裝。
- 研究七、了解電流檢測傳感器的原理。
- 研究八、製作待機電器自動斷電系統。

# 參、研究設備及器材



多功能計量插座



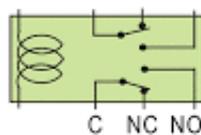
電流檢測傳感器



固態繼電器



調光器



12V 繼電器



40 瓦電燈泡



22KΩ 電阻



電容



12V 變壓器



9013 電晶體



LED



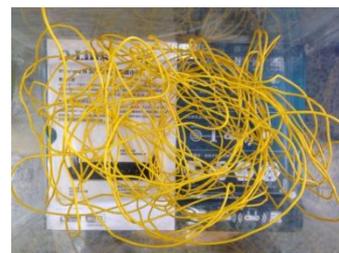
按式無段開關



麵包板



一捆整齊的電線



一捆亂七八糟的導線

## 肆、研究過程及方法

### 研究一：了解待機時電器浪費的電力有多少？

#### 一、文獻探討

依工研院測試統計，待機電力約佔家庭用電之 7.4%，針對具有「待機電力」的電器而言，長時間不用時，拔除電器插頭是可以省電的。那麼具待機電力的電器有那些呢？如關機還亮著小紅燈的電視、有顯示時間的微波爐，或是關掉電源仍會顯示功能的錄放影機、收錄音機或音響、洗衣機、電腦及螢幕、會顯示溫度的冷氣機等，或是可使用遙控器開關電力的家電產品，都屬於「待機電力家電」（常見具待機電力家電產品，如表一）。相對地，非待機電力家電產品使用後關閉電器開關，就算沒有拔掉插頭，也不會消耗電量。

品名	待機電力 (瓦)	每日待機時數 (小時)	待機耗電 (度/年)	電費 (元/年)
收錄音機	4.71	21	36.1	93.5
床頭音響組	4.6	22	36.9	95.6
噴墨印表機	4.48	23.5	38.4	99.5
DVD 錄放影機	4.2	22	33.7	87.3
洗衣機	4.19	23.2	35.5	91.9
微波爐	3.84	23.7	33.2	86.0
電視機	3.74	19.3	26.3	68.1
桌上型電腦	3.48	20.3	25.8	66.81
冷氣機	1.81	20.7	13.7	35.5
LCD 電腦螢幕	1.11	20.3	8.2	21.2
儲備型電熱水器	60 公升(含)以上	平均保溫用電 2.14 度/日		2,023
	60 公升以下	平均保溫用電 1.08 度/日		1,021

備註：每度電以 2.59 元計

表一

看了上述的資料，我們觀察學校辦公室老師使用電器的狀況，發現學校老師使用完電腦、螢幕、喇叭、印表機根本不可能跑到電腦後方拔插頭。電腦、螢幕、印表機插頭，是插在附有開關的延長線上，也不會把延長線開關關掉；更因為印表機是多台電腦共用，更是一整天從未關機過，無形中浪費了許多電。由於拔插頭或關延長線的開關是不可能的任務，所以我們要製作的待機電器自動斷電系統，可以讓進入待機狀態的電器自動斷開電源；如果要再使用時，只要按一下開關就可使用；因此我們想要製作的待機電器自動斷電系統就非常的實用。

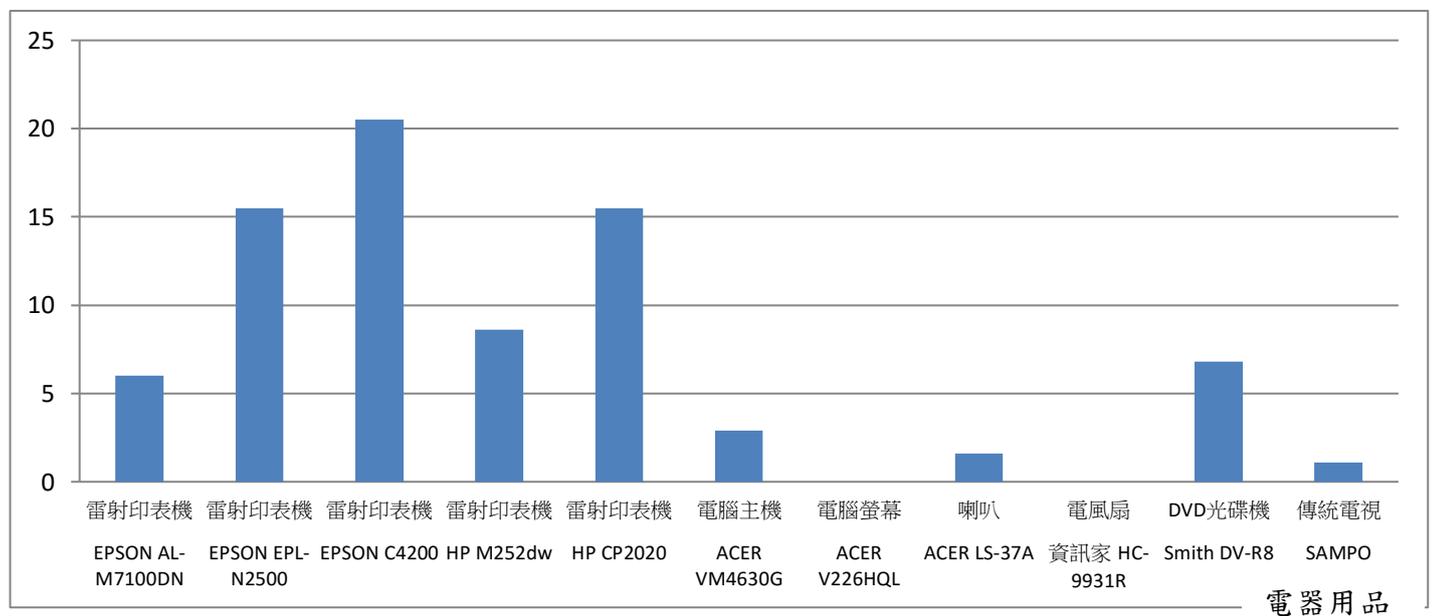
## 二、實際測量辦公室電器待機時的功率有多少？

大多數需有待機電力的電器，看似只是讓一個小 LED 燈亮而已，似乎並不會消耗太多電力，所以造成大多數的人根本不想去拔插頭。為了瞭解「待機電力家電」在待機時到底會消耗多少電力，雖然已經查到了資料（表一），但為了證實，所以我們針對學校辦公室的電器用品，利用多功能計量插座來測量辦公室電器正常使用時的功率，及待機時的功率，測量結果如表二：

電器用品	型號	待機功率(瓦)
雷射印表機 (黑白)	EPSON AL-M7100DN	6
雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	15.5
雷射印表機 (彩色)	EPSON C4200	20.5
雷射印表機 (彩色)	HP M252dw	8.6
雷射印表機 (彩色)	HP CP2020	15.5
電腦主機	ACER VM4630G	2.9
電腦螢幕	ACER V226HQL	0
喇叭	ACER LS-37A	1.6
電風扇	資訊家 HC-9931R	0
DVD 光碟機	Smith DV-R8	6.8
傳統電視	SAMPO	1.1

表二

待機電力(W)



圖一

由圖一可以發現，我們所測量的雷射印表機，特別是彩色雷射印表機 EPSON C4200，待機電力比其他電器大很多。所以我們決定下一步針對全校的印表機，記錄下累計印出的張數，進而推算出待機浪費的電力。

### 三、統計學校各辦公室雷射印表機累計印出張數，進而推算一年浪費的電能。

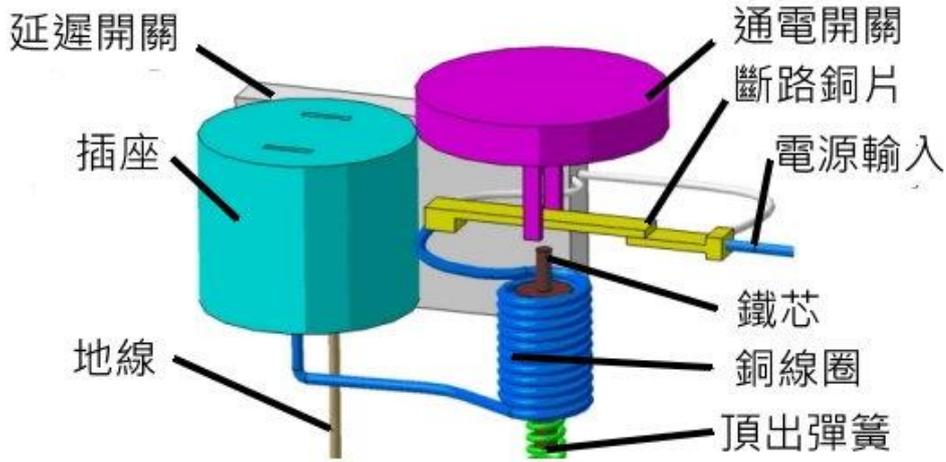
我們發現印表機的待機功率是最高的，所以我們決定針對印表機所浪費的待機電力進行統計。

我們發現，辦公室的印表機因為是共用的情況，平常時間、晚上，甚至寒暑假，一年 365 天從未關機過。詢問辦公室的老師，老師根本不知道印表機待機時很浪費電，總是以為只是一顆 LED 亮著，代表開機狀況，就像延長線的電源顯示燈一樣。我們想要了解學校印表機待機時浪費的電力。每一台雷射印表機都可以列印印表機狀態，裏面有顯示印表機的列印總張數，所以我們調查學校印表機從開始購買到測量日期 105.05.23 印表機列印的總張數。每台印表機列印速度不同，有黑白、彩色列印，然後又可分成單張列印及多張列印，所以我們假設平均列印一張的時間為 10 秒來計算，又再假設辦公室印表機一年 365 天，一天 24 小時都是開機狀況，每台印表機平均一年待機時浪費的電能，結果如表三所示。我們發現，印表機幾乎大部份的時間都是待機狀況。經過調查，學校雷射印表機共有 19 台，每度電就是 1000 瓦的電器用品使用一個小時，經過計算，學校雷射印表機平均一年在待機上共浪費 2238 度電，假如把雷射印表機待機電力節省下來，每度電以 2.59 元計，一年平均可為學校節省 5797 元。

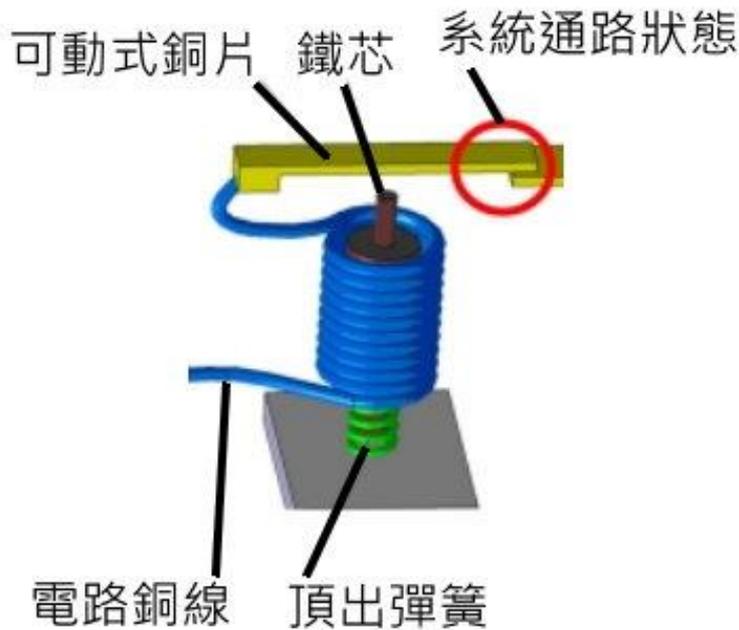
位置	印表機種類	機型	累計列 印張數	購買日期	總使用 天數 (日)	總使用 時數 (時)	列印總 時數 (時)	待機總 時數 (時)	待機時 功率 (瓦)	待機浪 費電能 (度)	平均一年 浪費電能 (度)	平均一年 浪費電費 (元)
設備組	雷射印表機 (彩色)	EPSON C4200	84175	99年4月1日	2244	53856	234	53622	20.5	1099	179	463
設備組	雷射印表機 (黑白)	EPSON AL-M7100DN	11431	104年9月22日	244	5856	32	5824	6.0	35	52	135
教務處	雷射印表機 (黑白)	EPSON M7000	45691	101年12月12日	1258	30192	127	30065	12.5	376	109	282
教務處	雷射印表機 (黑白)	EPSON AL-M7100DN	7440	104年9月22日	244	5856	21	5835	6.0	35	52	136
力行二 樓專任	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	29479	104年9月22日	244	5856	82	5774	15.5	89	134	347
力行三 樓專任	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	88674	94年1月10日	4151	99624	246	99378	15.5	1540	135	351
朝陽三 樓八導	雷射印表機 (黑白)	EPSON AL-M7100DN	14677	104年9月22日	244	5856	41	5815	6.0	35	52	135
行政三 樓專任	雷射印表機 (黑白)	EPSON AL-M7100DN	9458	104年9月22日	244	5856	26	5830	6.0	35	52	136
力行三 樓七導	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	56981	100年2月9日	1930	46320	158	46162	15.5	716	135	350
明德三 樓九導	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	62466	99年8月10日	2113	50712	174	50538	15.5	783	135	350
明德四 樓九導	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	57492	99年8月10日	2113	50712	160	50552	15.5	784	135	351
明德二 樓九導	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	54716	99年4月1日	2244	53856	152	53704	15.5	832	135	351
圖書室	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	270806	97年11月3日	2758	66192	752	65440	15.5	1014	134	348
朝陽一 樓八導	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	92092	100年5月13日	1837	44088	256	43832	15.5	679	135	350
行政一 樓專任	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	43022	100年12月20日	1616	38784	120	38664	15.5	599	135	351
行政一 樓七導	雷射印表機 (黑白)	EPSON EPL-N2500	15695	94年10月24日	3864	92736	44	92692	15.5	1437	136	352
學務處	雷射印表機 (彩色)	EPSON C4200	10454	102年9月11日	985	23640	29	23611	20.5	484	179	465
輔導室	雷射印表機 (彩色)	HP M252dw	711	105年2月1日	112	2688	2	2686	8.6	23	75	195
輔導室	雷射印表機 (彩色)	HP CP2020	13905	99年7月9日	2145	51480	39	51441	15.5	797	136	351

## 研究二：搜尋待機電器自動斷電系統的相關資料

我們在網路上搜尋”待機電器自動斷電系統”，發現了下圖（圖二及圖三）：



圖二 機械式待機電器自動斷電系統 原圖



圖三 電磁鐵的設計

由於此圖很簡略，經過一番研究，整個機械式【待機電器自動斷電系統】運作原理大致如下：

- 1、當按下通電開關，電器用品插在插座上並正常使用，銅線圈因有較大電流通過，產生較大的磁場，讓鐵芯變成一塊磁力較強的電磁鐵往下吸住下方的鐵片，使得鐵芯能抵抗頂出彈簧的彈力，而不會往上頂開斷路銅片，讓插座維持供電。
- 2、當電器用品處於待機狀態時，較小的電流流過銅線圈，此時磁場所產生的磁力，無法抵抗頂出彈簧的彈力，鐵芯被彈簧向上彈開，頂開斷路銅片，啟動了延遲開關，電流改由流經

延遲開關，再流到線圈及插座，讓插座維持供電。

- 3、等到了延遲開關所設定的延遲時間後，延遲開關形成斷路造成全面斷電，如此就達到省電節能的效果。

了解機械式的原理後，我們猜測有下列幾項缺點：

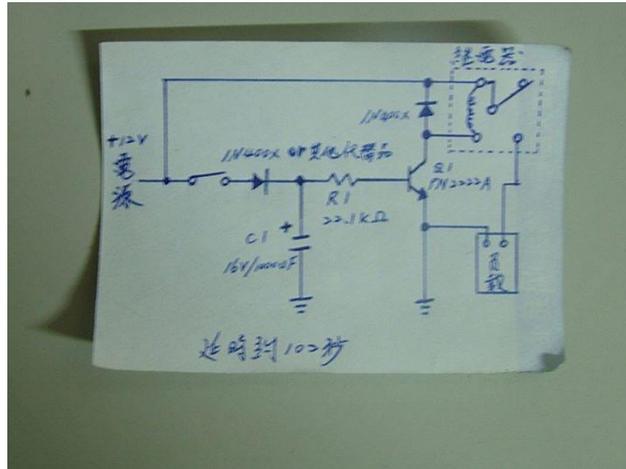
- 1、**體積大**：整套系統的體積太大，安裝在延長線或電器上很不方便。
- 2、**通用性低**：每種電器的待機功率不同，電磁鐵的設計無法針對不同的電器的待機電力做調整，需要一種待機功率就要一種規格的線圈及彈簧，如此只能針對某一電器製造適合的待機自動斷電系統，另一個電器又要製作另一個待機自動斷電系統，無法調整，通用性低。
- 3、**危險性高**：斷路銅片承受 110V 或 220V 的大電流，會產生火花，故障率極高或有危險的疑慮。

了解機械式原理及缺點後，我們了解到需要延遲電路、可以偵測電流大小的裝置及繼電器就可以製作待機電器自動斷電系統。我們確定了幾個研究項目：

- 1、整套系統為了兼顧安全性、降低故障率、增加可調整性及減少系統體積，我們決定使用電子零件來製作。
- 2、目前市面上變壓器大為 5V 及 12V，汽車電瓶也是 12V，剛好學校有一堆報廢螢幕的變壓器也為 12V，所以我們把系統控制的電壓為定為 12V。
- 3、我們使用的系統為 12V 直流電，但待機電器為 110V 或 220V 的交流電，該怎麼利用直流電來控制交流電，以降低故障率或避免產生火花而有危險的顧慮，老師建議我們使用【固態繼電器】，可以做為直流電控制交流電使用。
- 4、尋找設計電子式的【延遲電路】。
- 5、因為我們使用的直流電為小電流，所以可以使用 12V 的【繼電器】來取代斷路銅片、鐵芯、銅線圈及頂出彈簧的功用。
- 6、使用【按式無段開關】來啟動延遲電路。
- 7、電器使用中的高功率及待機時的低功率是整套系統的控制中心，所以我們必須找到能偵測電器的瓦特數（或電流大小），並根據所偵測到的瓦特數（或電流大小），讓其內建的繼電器，來代替按式無段開關以啟動延遲電路。

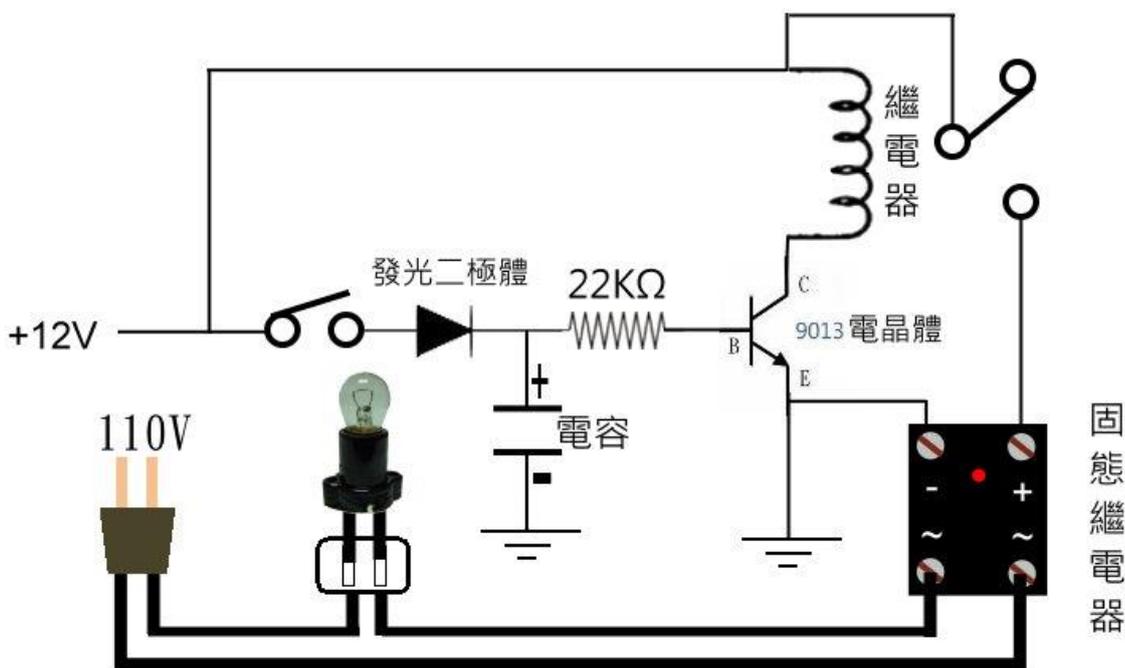
### 研究三、延遲電路的研究與組裝

以前家裏的後門，有一盞感應燈，當感應到有人經過，燈就會亮，而且會延遲一段時間燈才熄滅，以做為防盜及照明用。於是我們上網路搜尋延遲電路，找到了下列電路圖四：



圖四 延遲電路 原圖

重新繪製延遲電路（圖五）

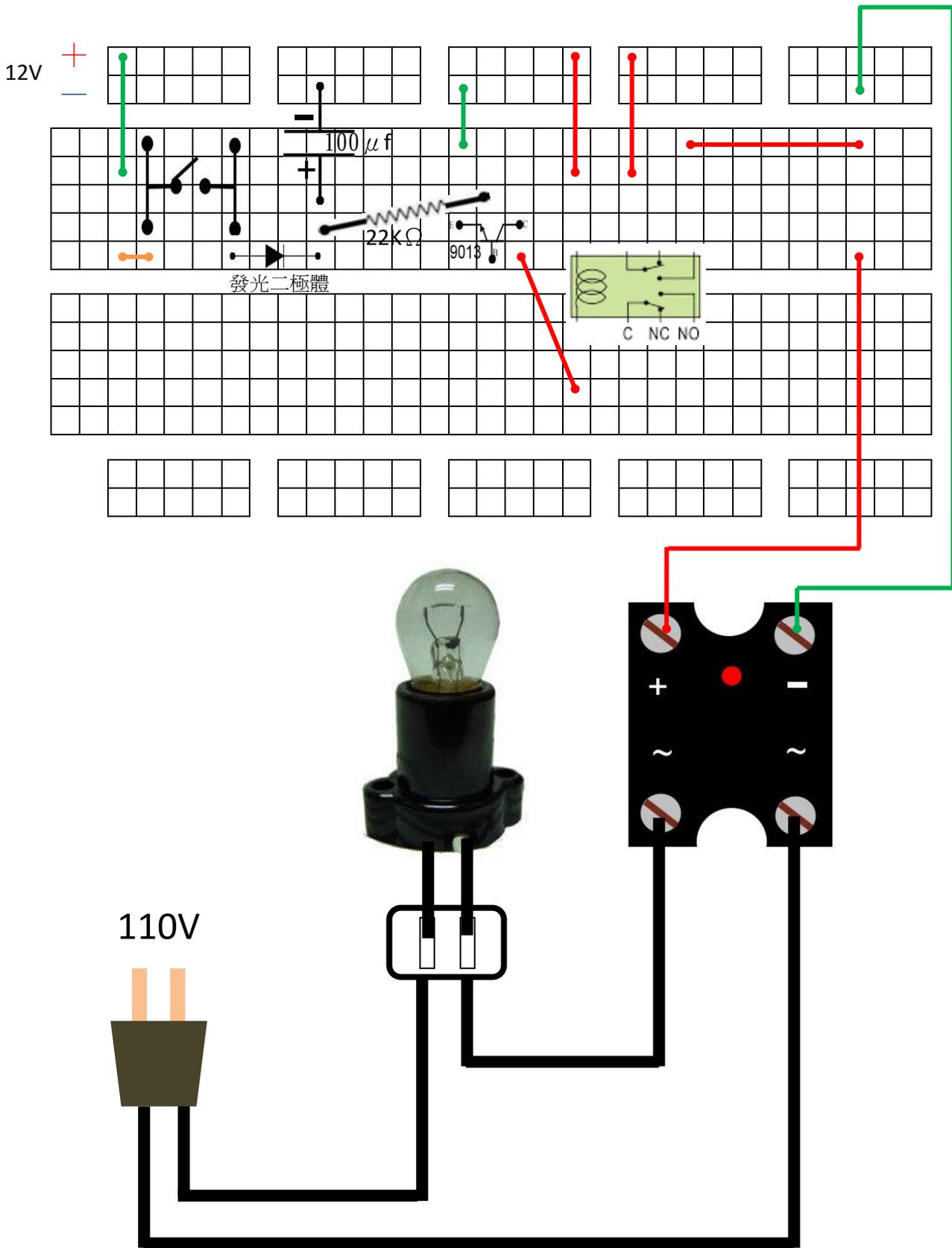


圖五 延遲電路 線路圖

其運作原理如下：

- 1、按下開關，電容瞬間充飽電，BE 導通，CE 跟著導通，繼電器啪到下面，固態繼電器跟著導通，交流電部分形成通路，此時燈泡亮。
- 2、放開開關，電容慢慢放電，維持繼電路啪到下面及固態繼電器導通狀態，此時燈泡亮。
- 3、電容持續放電，BE 電流慢慢變小，CE 電流也跟著慢慢變小，直到繼電器啪回上面，此時繼電器斷開，固態繼電器跟著斷開，交流電部分形成斷路，此時燈泡熄滅。電容放電時間即為延遲時間。
- 4、經過測試，沒有安裝稽納二極體，電路也可正常運作。稽納二極體的功能為保護電路，避免電容充放電時產生的磁場變化，導致逆向電流燒掉電子零件，由於我們使用的電流量很小，所以我們決定改用發光二極體以顯示電容是否在放電中。

實際組裝在麵包板上，如圖六：



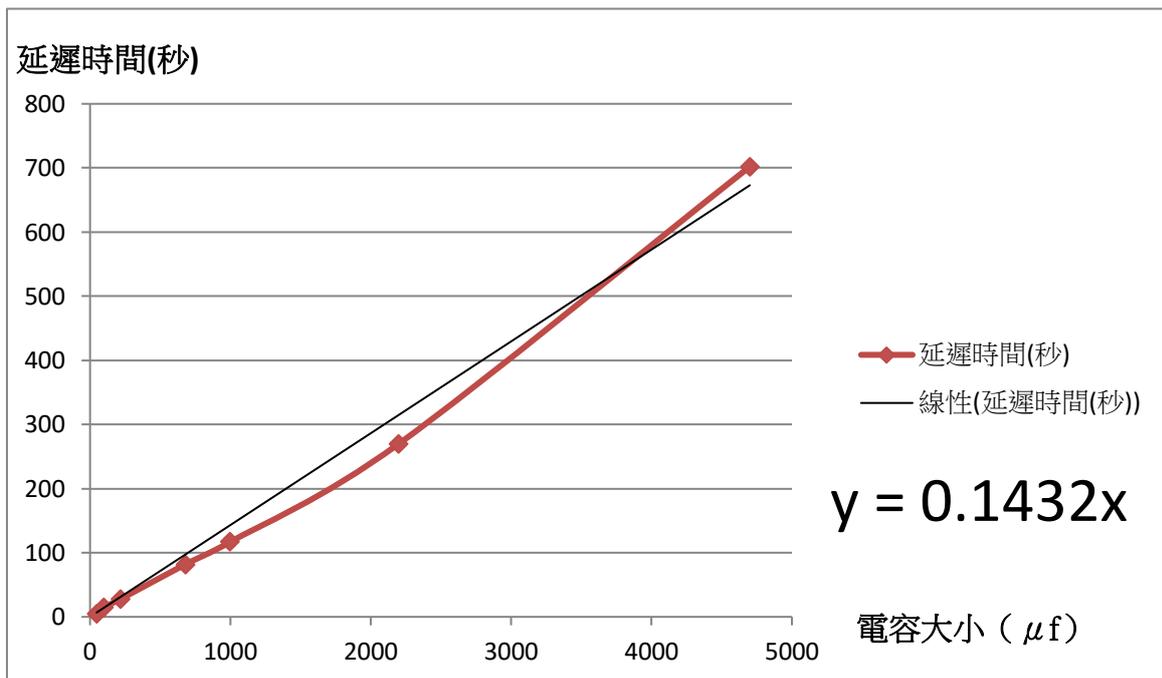
圖六 延遲電路 接線圖

#### 研究四、電容大小與延遲時間的關係

延遲電路上的延遲時間是由電容大小控制，我們將不同大小的電容，一一裝設在延遲電路上，並紀錄下其延遲時間，發現電容大小與延遲時間的關係如表四，其電容大小與延遲時間關係圖如圖七：

電容( $\mu f$ )	延遲時間(秒)
47	5
100	15
220	28
680	82
1000	117
2200	270
4700	702

表四 電容大小與延遲時間的關係

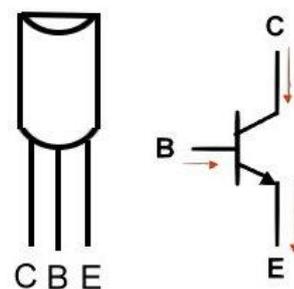


圖七 電容大小與延遲時間 關係圖

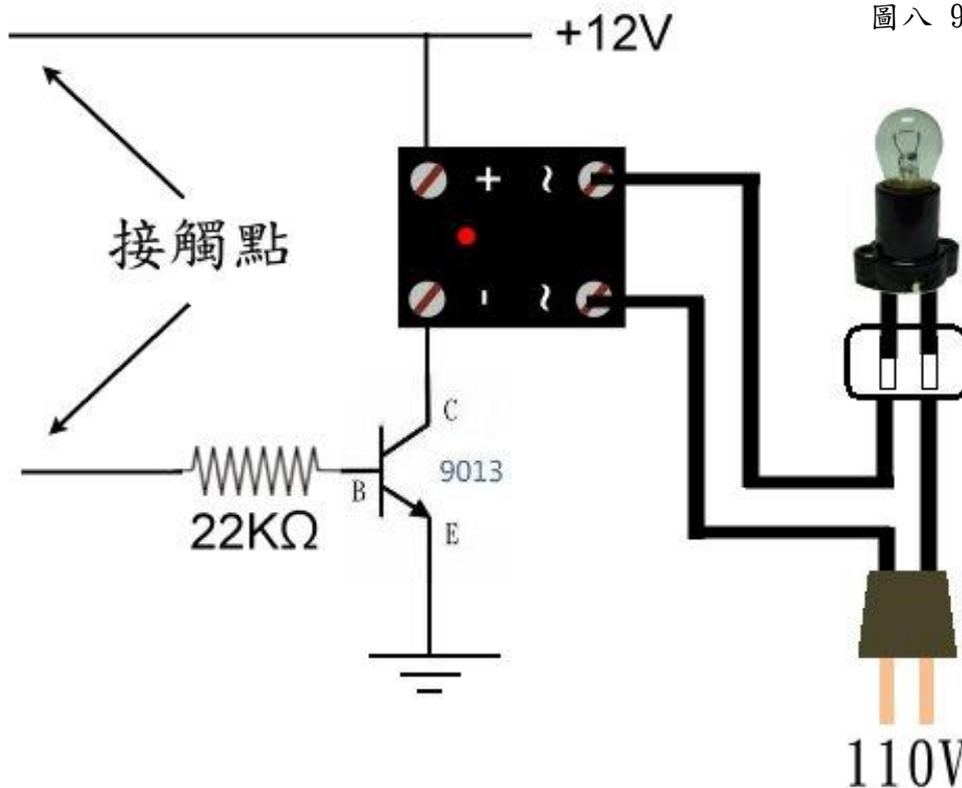
由圖七可發現，電容大小與延遲時間約呈現正比關係，其線性關係為  $y(\text{延遲時間})=0.1432x(\text{電容大小})$ 。為了讓待機電器用品進入待機狀態 10 分鐘就自動斷電，所以使用 4700  $\mu f$  的電容，延遲電路約 11.7 分鐘。不過示範操作無法等 10 分鐘那麼久，所以我們使用 100  $\mu f$  的電容，可以延遲時間約 15 秒。

研究五：電晶體  （一級放大電路）的研究與組裝。

延遲電路中需要電晶體，那電晶體的功用到底是什麼？老師跟我們講電晶體分成 NPN 及 PNP 兩種，延遲電路中的電晶體屬於 NPN 電晶體，我們了解到電晶體的 BE 為控制端，當 BE 導通時，CE 才會跟著導通（圖八），所以說電晶體就是一個電子開關。我們去電子材料行，買幾顆 9013 電晶體回來測試。電晶體就是所謂的放大電路，所以我們上網查了【放大電路】，來了解 9013 電晶體是如何當做電子開關；為了控制 110V 交流電的導通，於是我們加裝了固態繼電器（圖九）。



圖八 9013 電晶體



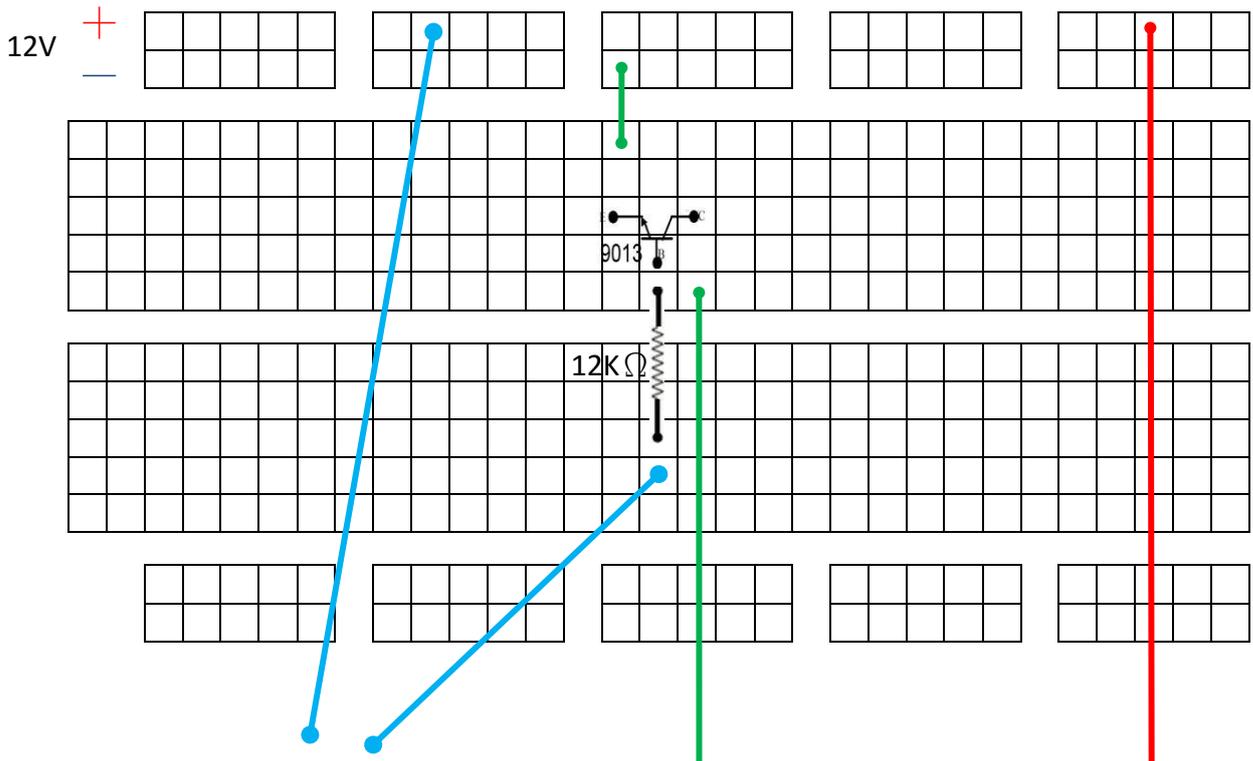
圖九 一級放大電路 電路圖

圖九的一級放大電路動作原理為：

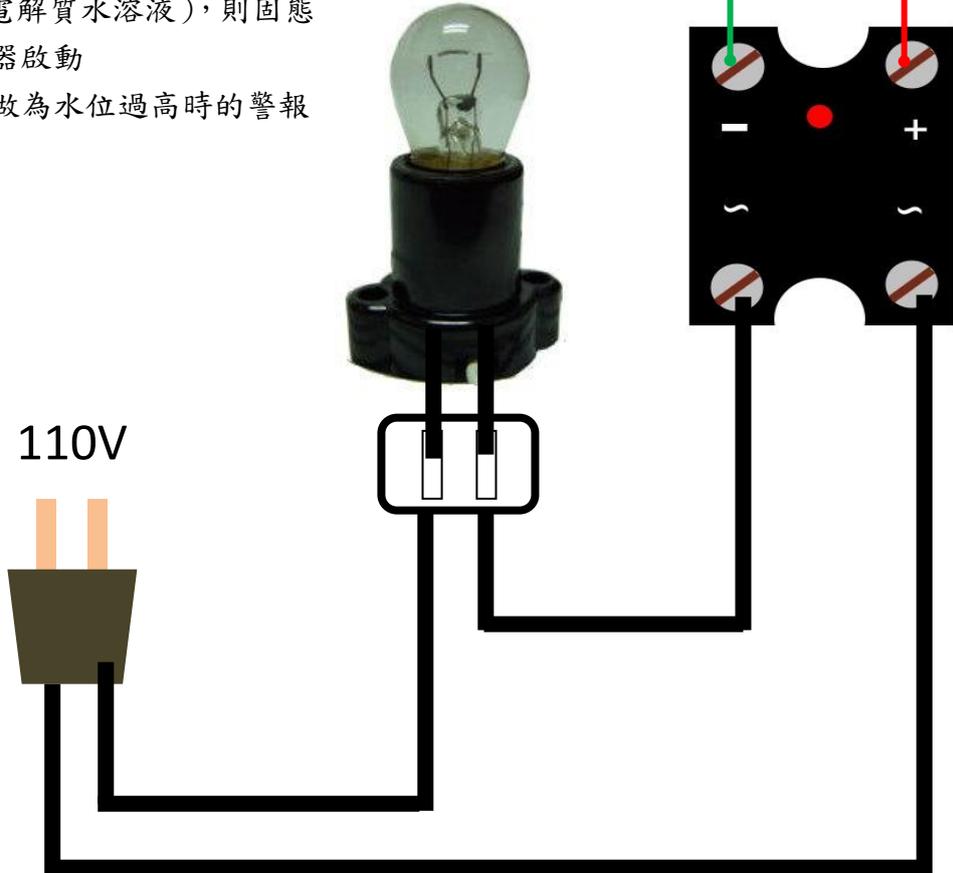
- 1、當接觸點斷開時，因 BE 斷開，CE 跟著斷開，固態繼電器也跟著斷開，交流電呈斷路狀態。
- 2、當接觸點閉合時，因 BE 導通，CE 跟著導通，固態繼電器也跟著運作，交流電呈通路狀態。

實際組裝在麵包板上如圖九，我們發現此電路如果交流電部分接上警示燈或蜂鳴器，接觸點兩端為水位警戒線，當水位超過警戒線警示燈亮或蜂鳴器響，就是市售的水位警示器，適用於浴缸、水池、水槽或儲藏室、地下室被水滲入時示警之用。市售的產品約三、四百元，我們自己動手做，扣掉麵包板及固態繼電器，使用 12V 的蜂鳴器，應該只要幾十塊錢的電子零件就可以做的到。

# 12V 直流電部分：



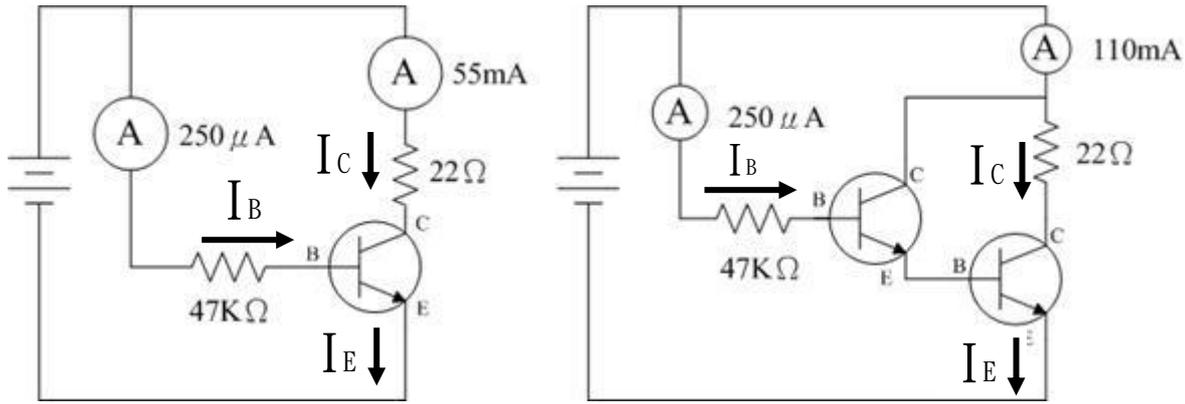
導線碰在一起或接觸導電物質（電解質水溶液），則固態繼電器啟動  
 可以做為水位過高時的警報器。



圖十 一級放大電路 接線圖

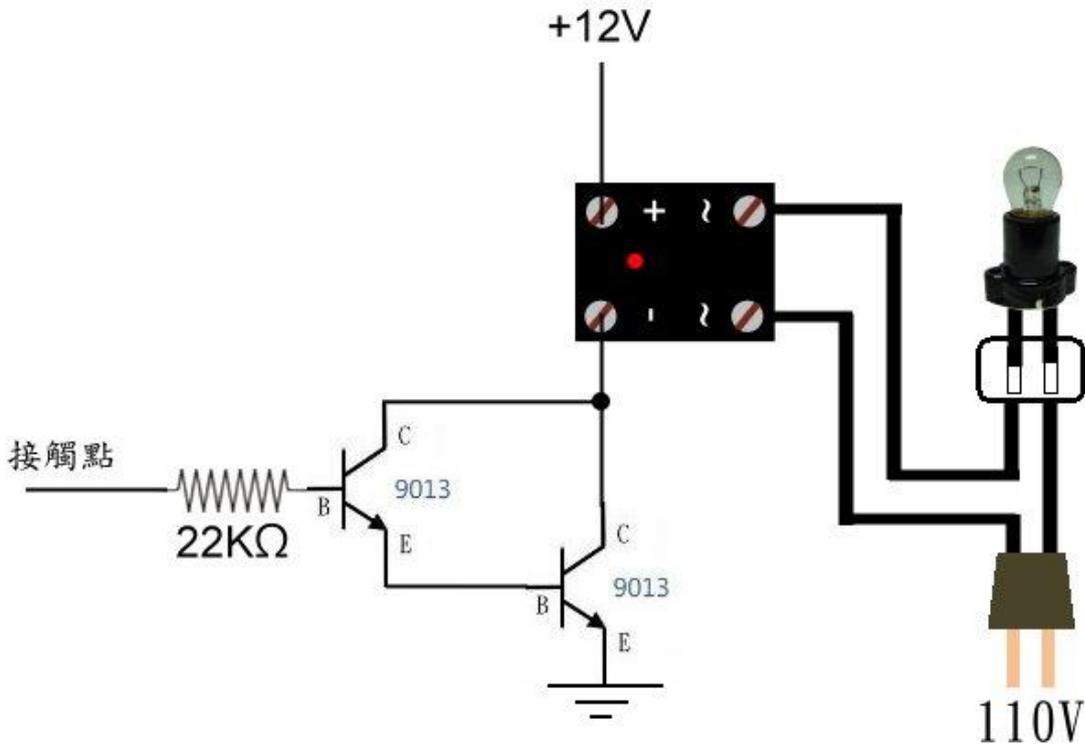
研究六、電晶體（二級放大電路）的研究與組裝。

我們在研究電晶體時，網路搜尋意外發現了電晶體的二級放大電路。

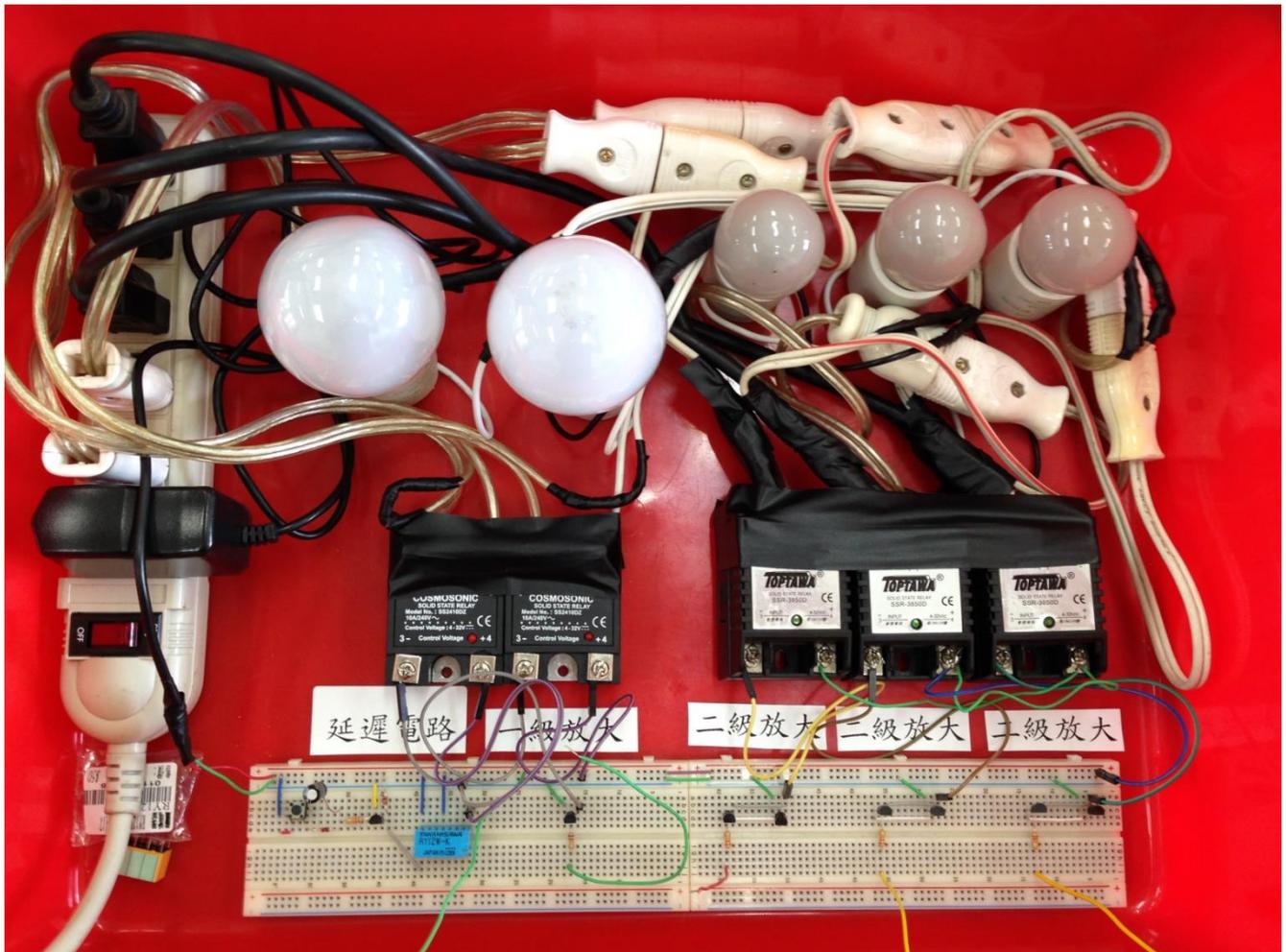


圖十一 二級放大電路 原圖

圖十一左邊電路圖標示只有一顆電晶體時，電阻  $47K\Omega$  時， $I_B$  為  $0.00025$  安培， $I_C$  為  $0.055$  安培，放大  $220$  倍；右邊電路圖有兩顆電晶體時，電阻  $47K\Omega$  時， $I_B$  為  $0.00025$  安培， $I_C$  為  $0.11$  安培，放大  $440$  倍；也就是說重覆接多顆電晶體能將電流放大更多；因此我們決定嘗試使用兩個電晶體來做放大電路，看看會有什麼結果，於是我們將一級放大電路加以改變，設計了二級放大電路圖（圖十二）。



圖十二 二級放大電路 線路圖



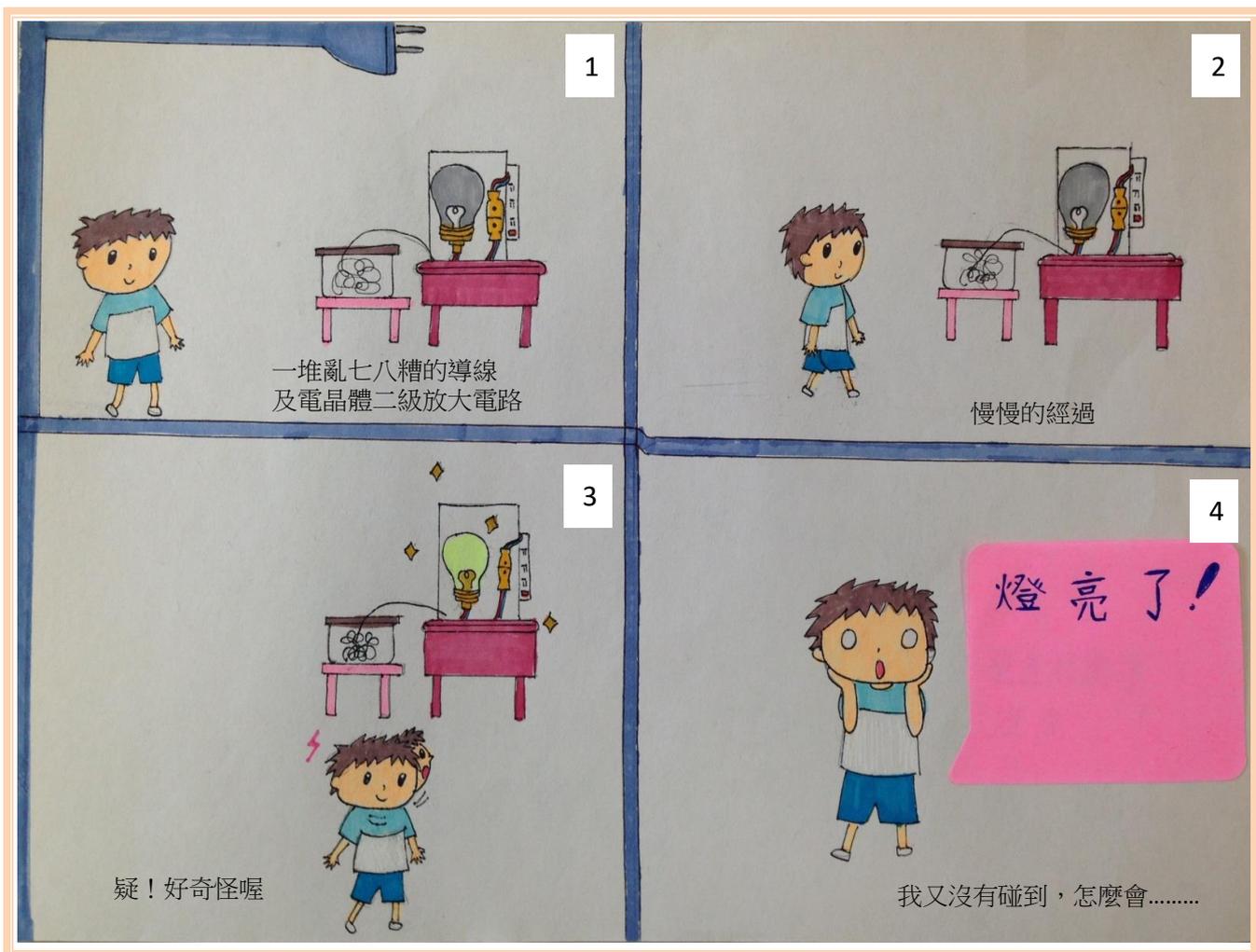
圖十三 延遲電路 一級放大電路 二級放大電路 作品



圖十四 短短的導線、一捆整齊的電線及一捆亂七八糟的導線

在圖十三中，我們裝有延遲電路、一級放大電路及三個二級放大電路。

我們裝了三個一模一樣的二級放大電路，其中一個在電晶體的 B 極  $22K\Omega$  處裝了圖十四左邊哪個短短的導線、一個裝了圖十四中間那捆整齊的電線、另一個裝了圖十四右邊那捆一堆亂七八糟的導線。我們發現，裝了短短導線的二級放大電路，手碰到導線金屬部份才可使燈泡發亮。裝了那捆整齊電線的二級放大電路，手碰到電線非金屬部份就可使燈泡發亮。裝了那捆亂七八糟導線的二級放大電路，手還沒碰到導線，甚至只要走到旁邊，燈泡就亮了。



圖十五

為什麼會這樣呢？（圖十五）經過我們的研究，應該是由於經過電晶體二次放大，因此只要很小的電流通過第一顆電晶體的 BE 端，就能讓第二顆電晶體的 CE 端產生足以讓固態繼電器啟動的電流。我們猜想，人體可能有微小的電壓，碰觸短短的導線金屬就可產生微小電流。把電線拉長，即使是碰觸絕緣部分，也可產生微小電流。把導線拉長，弄的亂七八糟，更增加導線的面積，在人體只是靠近時就產生微小電流。所以證明，所謂絕緣體並非完全不會導電，而是導電性相對導體相差很多。絕緣體其實只是不良導體。

我們對電晶體的二級放大電路感到很有趣，上網找了闖紅燈時會啟動測速照相 S 感應線圈的動作原理，發現即是利用車體的金屬部份來感應線圈，而非重量，所以理論上有一台很重的全塑膠車闖紅燈是不會被拍照，因機器不會有感應。另外有些地方會拍機車，有些不會，則是與線圈埋設的深淺有關，主機也可以設定靈敏度來控制是否拍機車違規！這好像和電晶體二次放大電路蠻類似的。因為時間的關係，期待下次我們可以利用電晶體二級放大電路製作出感應系統或感應器。

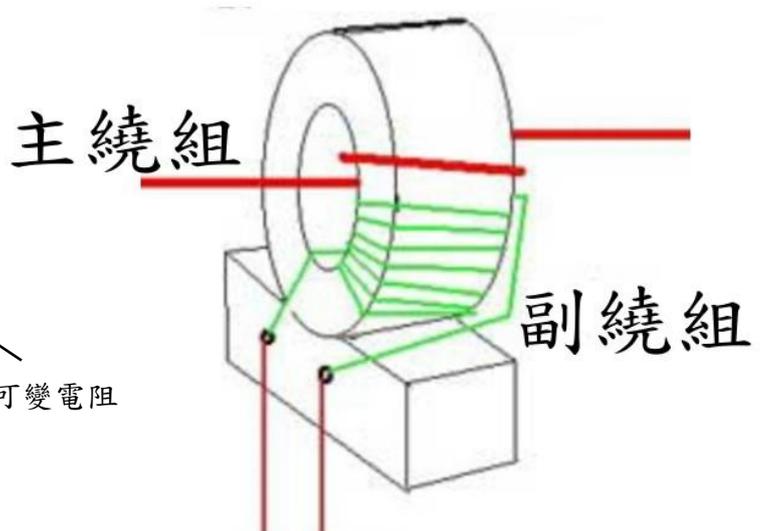
## 研究七、電流檢測傳感器的原理

電器在使用時瓦特數較大，待機狀態下的瓦特數較小，由此我們想到，如果能夠找到一種儀器，可以偵測電器使用時交流電瓦特數的大小，並用來代替【按式無段開關】，也就可以控制延遲電路，進而控制【固態繼電器】。我們回想參加花燈比賽時，曾看過老師利用「交流電流計」來測量交流電的電流大小，在上網搜尋交流電流計時，意外的找到了當瓦特數達到設定的量，內建繼電器就會動作的【電流檢測傳感器】，因而進一步研究其功能，並加以應用。

電流檢測傳感器是利用電磁感應原理，把主繞組的交流電大電流轉變為交流電小電流在副繞組輸出，圖十七即為圖十六黑色部分，我們買到的電流檢測傳感器其副繞組為 50 圈，如果我們將電線在主繞組繞 2 圈，當主繞組輸入 1A 電流，則副繞組則會輸出 40mA 電流。假設現在其內部的繼電器是呈斷電的狀態，如果主繞組交流電電流量大於某一定量，內建繼電器就會導通，調整上面的可變電阻（圖十六中藍色小方塊），就可以調整此定量大小，因為可以調整，所以我們研究的自動斷電系統就可以裝設在不同的電器上。



圖十六 電流檢測傳感器

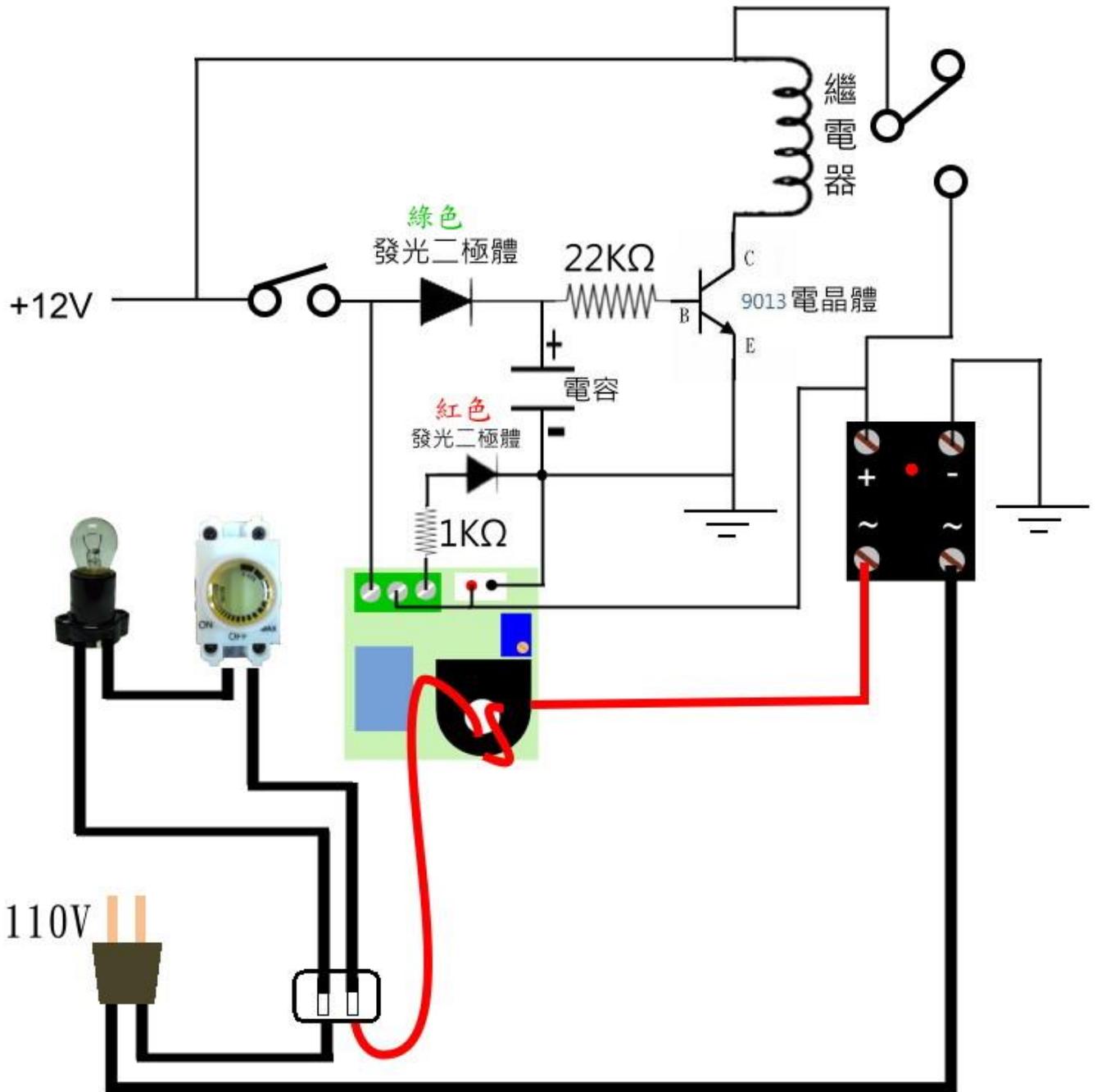


圖十七 電磁感應原理

### 研究八、製作待機電器自動斷電系統

最後我們將延遲電路加上電流檢測傳感器，設計出待機電器自動斷電系統電路（圖十八），實際接於麵包板上如圖十九，交流電部分，為了方便演示，我們使用 40 瓦的電燈泡模擬電器用品，利用調光器調節燈泡瓦特數，並且假設燈泡待機時電力為 10 瓦，燈泡使用中大於 10 瓦，燈泡亮度會隨著瓦特數而亮暗，如此就可知是否處於待機狀態（圖二十）。

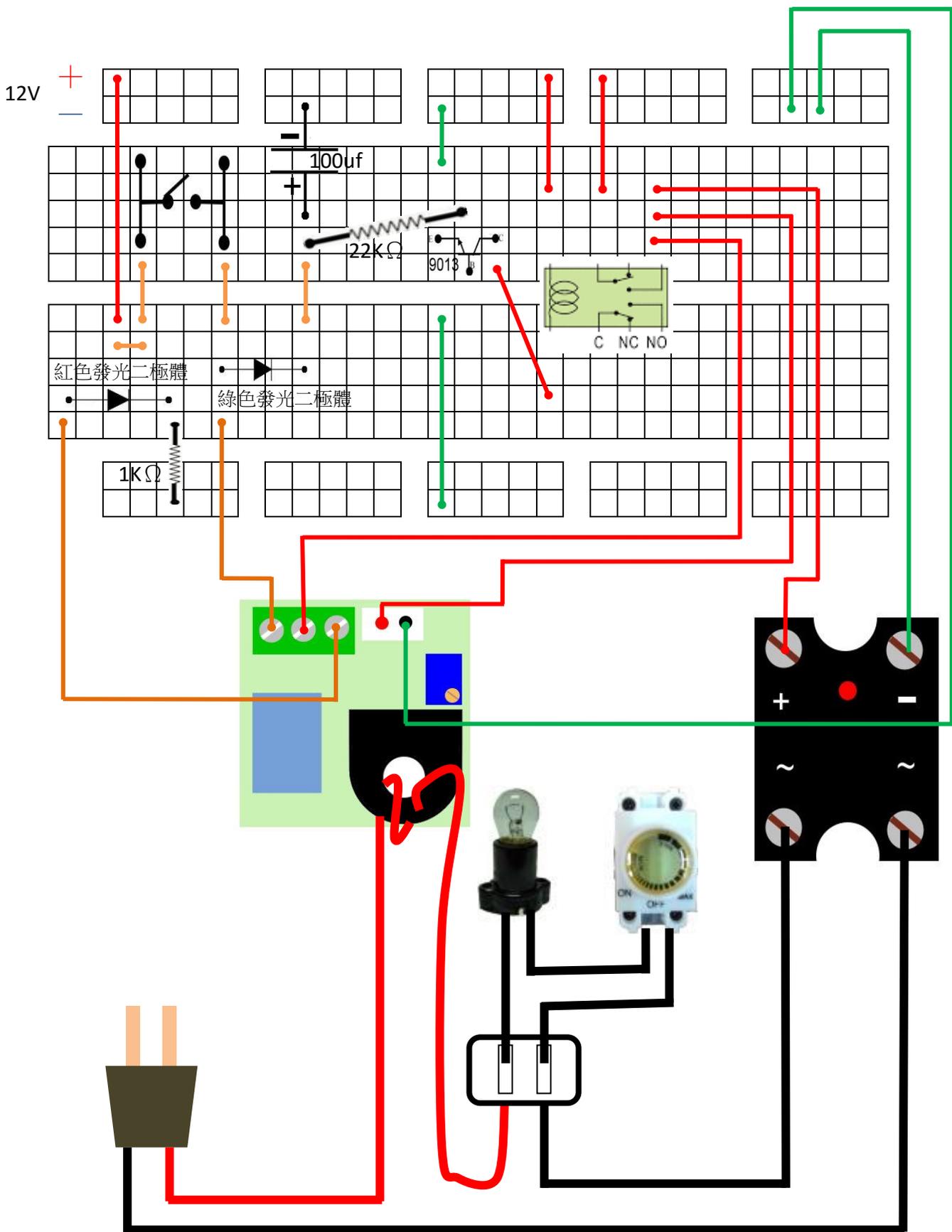
因為我們使用的直流電電流不會很大，為了簡化電路，我們取消了稽納二極體，改裝 LED 燈，以顯示電器是正常使用中，或者待機中。



圖十八 待機電器自動斷電系統 電路圖

其動作原理為：

- 1、當按下無段開關，綠色 LED 燈亮，此時電容充電，電晶體 BE 導通，CE 跟著導通，繼電器啪到下面，固態繼電器跟著導通，電器啟動，正常使用，電流檢測傳感器偵測到大電流，電流檢測傳感器內的繼電器啪到左邊，因此雖然無段開關已彈開，整個電路還是維持導通狀態。
- 2、當電器進入待機狀態，會使得電流檢測傳感器偵測到小電流，電流檢測傳感器內的繼電器啪到右邊，綠色 LED 燈熄滅，紅色 LED 燈亮，此時電容開始放電維持繼電路啪到下面及固態繼電器導通狀態。
- 3、電容持續放電，BE 電流慢慢變小，CE 電流也跟著慢慢變小，直到電容放完電，繼電器啪回上面，電流檢測傳感器斷電，綠色、紅色 LED 燈全不亮，固態繼電器斷電，電器跟著也斷電。



圖十九 待機電器自動斷電系統 接線圖

# 待機電器自動斷電系統 作品：



圖二十 待機電器自動斷電系統 作品

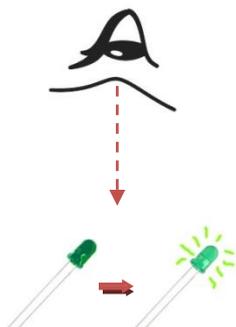
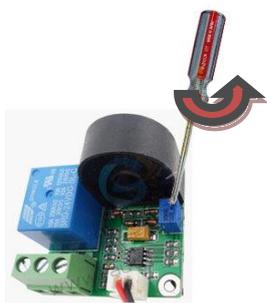
待機電器自動斷電系統已連接完成，接下來需要因應不同待機電力，對此系統作一調整，示範時，我們以 10W 為待機電力，調整步驟如下：



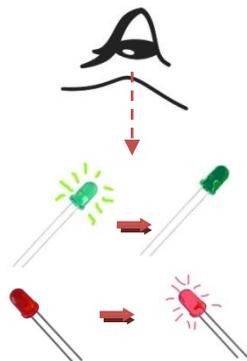
1、按下【按式無段開關】。因為我們使用 100  $\mu$ f 的電容，【延遲電路】的延遲時間大約 15 秒左右，所以下一步驟的調整必須在 15 秒內完成，如果沒設定完成，則按下【按式無段開關】繼續設定。



2、調整【調光器】。經由【多功能計量插座】觀察，調整至大約 10 瓦左右。



3、調整【電流檢測傳感器】的可變電阻。觀看麵包板上的【指示燈】進行調整，如果綠色【指示燈】不亮，就逆時針轉動【電流檢測傳感器】上的可變電阻，直到綠色指示燈亮起（表示電器在使用中）。



4、然後再順時針緩慢轉動【電流檢測傳感器】的可變電阻直到綠色指示燈熄滅，紅色指示燈亮起；此時可定義大約 10 瓦以下為待機電力。

經過漫長的收集資料、購買材料、思考、設計、裝配、修正、調整並燒壞了好幾顆電子零件，我們所設計的【待機電器自動斷電系統】終於完成了，以下是其動作方式：



- 1、按下【按式無段開關】後放開，【待機電器自動斷電系統】開始運作。



- 2、調整【調光器】讓電燈泡大於 10 瓦以上，此時即模擬電器用品使用中，麵包板上的綠色指示燈會亮，【固態繼電器】不斷電，持續供電給燈泡使用，電容為充飽電狀態，延遲電路不工作。



- 3、將【調光器】調整至 10 瓦以下，此時即模擬電器用品為待機狀態，麵包板上的綠色指示燈熄滅，紅色指示燈亮，

…15 秒後



- 4、延遲電路中的電容持續放電 15 秒，如果在此時間內，燈泡功率持續維持在 10 瓦以下，15 秒後固態繼電器就斷電，我們會看到燈泡變暗 15 秒後自動熄滅。

…不到 15 秒



- 4、在 15 秒內又將調光器調高至 10 瓦以上，紅色指示燈熄滅，綠色指示燈亮，此時即模擬電器在待機狀態不滿 15 秒又再次使用，【延遲電路】中的電容再度充飽電，【固態繼電器】不斷電，我們可看到燈泡被調暗後，在 15 秒內又被調亮，並持續發亮不熄滅。

我們將上述的動作反覆測試，結果我們所設計的【待機電器自動斷電系統】，皆能照著設定的要求動作，因此我們的設計算是成功了。

## 伍、研究結果

學校辦公室裝設計畫



每台電腦鍵盤旁安裝按式無段開關  
並聯待機電器自動斷電系統的按式無段開關

圖二十一

由於學校辦公室是好幾台電腦共用一台印表機，裝置了待機電器自動斷電系統後，斷電完又要啟動可能要跑到待機電器自動斷電系統裝置地點，按一下按式無段開關，雖然很簡單，但為了更方便，我們決定將來安裝時，每台電腦鍵盤旁也安裝按式無段開關（圖二十一），並將其並聯至我們設計的【待機電器自動斷電系統】內的按式無段開關。如此，只要需要使用印表機列印的時候，按一下鍵盤旁的按式無段開關，印表機就會開機，我們就可順利列印，等過一段時間沒人使用，印表機就會自動關機，下次要列印，只要按一下鍵盤旁的按式無段開關即可。如此，比以前要列印時需跑去打開印表機開關更方便，又可省電。

## 陸、討論

針對我們的研究，進行幾點討論：

### 一、節省電器待機電力有其必要性嗎？

「一度電」就是 1,000W 的電器使用一小時所消耗的電量，根據經濟部能源局的調查，如果每個家庭可以把家裏有待機電力的電器隨手關掉，那每年至少可以節省 200 多度電，看似不多，但家家戶戶都這樣做，對整個地球幫助是相當大的，因此節省待機電力有其必須性。

### 二、我們製作的【待機電器自動斷電系統】，系統本身的用電量有多少？

經測量，我們製作的【待機電器自動斷電系統】啟動瞬間大約需要 0.9 瓦的功率（應該是電容瞬間充電所需電力），其他時間測出的功率為 0 瓦（不代表本系統不需要用電，而是只需要很微小的電力）。

### 三、我們製作的【待機電器自動斷電系統】，可裝置在所有電器上嗎？

平常我們使用的電風扇、吹風機……等，並沒有待機電力，所以無需使用本系統。

另外，經由廠商的告知，電腦、內建硬碟式的影印機，如果直接切斷電源，會造成硬碟容易故障，所以並不適合本系統。

### 四、我們製作的【待機電器自動斷電系統】，是節省待機電器電力最佳方法嗎？

拔掉電線或關掉延長線開關是節省待機電力的最佳方式；但在消費者習慣無法改變時，本系統為節省待機電力的最好方法。

### 五、我們製作的【待機電器自動斷電系統】須針對不同的待機電器，調整可變電阻及延遲時間，如此會不會造成麻煩？

使用【待機電器自動斷電系統】時，要針對不同的待機電器，調整可變電阻及延遲時間，雖然調整方法並不複雜，但是如果電器製造商能夠使用此系統，讓需有待機電力的電器可以內建本系統，對消費者來說那就更方便了。

### 六、我們製作的【待機電器自動斷電系統】製作成本？

電流檢測傳感器：350 元，固態繼電器：150 元，麵包板：150 元，12V 變壓器：150 元，其它電子零件大約 100 元，全部總價大約 900 元。

### 七、有些待機電器在冷機啟動時，需耗費更大的功率，如此開關開關會不會造成更大的浪費？

自由時報 2007-06-12：「根據愛普生公司調查，多功能事務機及噴墨印表機在休眠狀態時，平均耗電功率約一瓦至五瓦左右，待機狀態耗電功率在零點二瓦至零點五瓦；雷射印表機休眠時耗電功率五瓦至三十瓦不等，待機時則在一瓦至五瓦之間。但愛普生建議，除非長期不使用，才拔插頭，否則開關機時耗損電力更大。」這一段話引起我們興趣。現在市面上的印表機，大部份都是雷射印表機，於是我們再次使用多功能計量插座，測量彩色雷射印表機 EPSON C4200，從冷機狀態下開機，發現開機後 15 秒確實功率高達七百多瓦（如右圖二十二）。所以開機大約花費  $780 \text{ 瓦} \times 15 \text{ 秒} = 11700 \text{ 焦耳}$ ，約 0.00325 度電。EPSON C4200 的待機電功率為 20.5 瓦， $11700 \text{ 焦耳} / 20.5 \text{ 瓦} = 571 \text{ 秒} = 9.5 \text{ 分鐘}$ ，所以只要關掉待機電力 9.5 分鐘，就可以節省一次開機時耗損的電力。



圖二十二

八、電器不使用時到底要不要拔插頭？

長時間或季節性電器不使用時（如冷氣在冬天時）一定要拔插頭，但使用頻率低、具待機電力的電器（如印表機），裝上本系統就不需要拔插頭，也能達到節能省電的效果。

九、是否有人已經做出類似的產品？

經過我們在中華民國專利資訊檢索系統、科展群傑廳及其他搜尋引擎搜尋，只找到過熱、過充及超過負載的自動斷電系統，並未找到待機電器自動斷電系統。

十、經過此次的研究，我們獲得那些收獲？

原本對電子完全沒接觸，經過這次的研究，發現小小的電子零件，依據不同的電路圖來組裝，竟然能產生不同的功用，真是神奇，每當照著電路圖組裝好，要通電的那一瞬間最是刺激，一方面怕組裝錯誤又燒壞了幾顆電子零件，一方面又期待成功時得到的成就感，在這整個研究過程中，我們真的體會到組裝電子的樂趣。

## 柒、參考資料及其它

- 一、拔插頭真的會省電嗎？（民 104 年 8 月 10 日）。經濟部能源局網站。取自：  
[http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu\\_id=462](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu_id=462)
- 二、藍亦維、張桓毓、羅士硯、楊淳元（民 97 年）。待機電器自動斷電系統。東元科技創意競賽。取自：  
<http://www.tecofound.org.tw/greentech-race/greentech2008/index7b79.html?Psn=5421>
- 三、台灣粗工 Diy-簡易延時電路（民 102 年 12 月 20 日）。台灣粗工的網誌。取自：  
<https://www.facebook.com/notes/%E8%87%BA%E7%81%A3%E7%B2%97%E5%B7%A5/%E7%B0%A1%E6%98%93%E5%BB%B6%E6%99%82%E9%9B%BB%E8%B7%AF%E5%BB%B6%E9%81%B2%E9%9B%BB%E8%B7%AF/392782304188945>
- 四、徐業良（民 104 年 9 月 11 日）。電子與感測元件。元智大學機械系大三機械設計課程教材。取自：  
[http://designer.mech.yzu.edu.tw/article/articles/course/\(2003-11-18\)%20%B2%C4%A4%AD%B3%B9%A1%B9q%A41%BBP%B7P%B4%FA%A4%B8%A5%F3.htm](http://designer.mech.yzu.edu.tw/article/articles/course/(2003-11-18)%20%B2%C4%A4%AD%B3%B9%A1%B9q%A41%BBP%B7P%B4%FA%A4%B8%A5%F3.htm)
- 五、呂泉（民 95 年）。現代傳感器原理及應用。清華大學出版社。318 頁~320 頁。取自：  
<https://books.google.com.tw/books?id=gsDwCbhW4t4C&pg=PA318&lpg=PA318&dq=%E9%9B%BB%E6%B5%81%E5%82%B3%E6%84%9F%E5%99%A8%E5%8E%9F%E7%90%86&source=bl&ots=vqJZvCxAb0&sig=vaLFCikLmc01zwRyLQBgKTZenXo&hl=zh-TW&sa=X&ved=0ahUKEwjGy9fd3M7LahUoMaYKHgUCBwQ6AEIQzAF#v=onepage&q=%E9%9B%BB%E6%B5%81%E5%82%B3%E6%84%9F%E5%99%A8%E5%8E%9F%E7%90%86&f=false>
- 六、曾慧雯、卓怡君（民 96 年 6 月 12 日）。省電大作戰！待機狀態電腦最耗錢。自由時報。取自：<http://news.ltn.com.tw/news/life/paper/135178>
- 七、DemolabWiki（民 100 年 7 月 28 日）。導電。物理問題討論區。取自：  
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/wiki/index.php/%E5%B0%8E%E9%9B%BB>
- 八、Haenni（民 98 年 6 月 5 日）。S 感應線圈在闖紅燈時會如何作動啟動測速照相。YAHOO！奇摩知識。取自：  
<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20090601000010KK03426>
- 九、中華民國專利資訊檢索系統。經濟部智慧財產局。取自：  
<http://twpat6.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm>

## 【評語】 030821

以國中的程度能製作出待機電器自動斷電系統，實為不易。所選擇的主題也是節能上很重要的議題，內容也相當豐富。

實驗的數據如能再加強，包括多組數據以及誤差的考量，會更好。