

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 生活與應用科學科

040814

太陽能光控節能窗簾

學校名稱：基隆市私立二信高級中學

作者： 高二 許栢豪 高二 林宸漢 高二 謝誌倫 高二 許硯鈞	指導老師： 王永富
---	------------------

關鍵詞：太陽能、光控電路、窗簾

作品名稱

太陽能光控節能窗簾

摘要

環保意識高漲，溫室效應日益惡化，可以調節室內溫度和光線的窗簾扮演著相當重要的角色。不管是每日迎接曙光被太陽曬醒或者白天不在家時一開門就受到一股熱氣迎面而來造成悶熱的情況，同時也是為了時常待在家裡的老人設計，他們白天總是很喜歡坐在家中吹涼風，有了此項設計後即使不從椅子上站起來也能夠讓窗簾打開享受春風的薰陶。

於是我利用光敏電阻當做判斷繼電器開啟和關閉窗簾的裝置，當太陽照射時，馬達開始轉動，藉著減速裝置，最後成功的閤上窗簾；當天暗時，另一個光敏電阻使繼電器閉合，順利達到窗簾自動開啟之目的。進而減少耗電量與用電造成的 CO2 排放。

壹、研究動機

近幾年來，台灣天氣變得異常，全球暖化現象也日益嚴重，而溫室效應的主要元兇來自於人為活動中排放了大量的二氧化碳所導致。尤其家庭用電耗能至鉅，冷暖氣耗電量尤其驚人，而美國家庭的能源消耗量是全球平均家庭的 6 倍。台灣約有 1900 萬台冷氣機，如果每台冷氣機均調高 1℃，整個夏天大約可以省下 3 億度電，大約可以提供澎湖地區的居民一整年的用電量。全台可以省下 84 億度電，並減少 580 萬公噸的二氧化碳排放量。目前可以立即採取一些簡單的步驟削減電費開銷就是可能不開冷氣，且減少陽光直照射，降低室內溫度。

依據我國住商部門主要是因為使用電力造成 CO₂ 排放，如圖 1-1 所示。以 2003 年的能源平衡表計算住宅部門溫室氣體排放量，再以戶口數與人口數來換算，平均每戶每年之 CO₂ 排放量為 4.57 公噸，每人每年之 CO₂ 排放量則為 1.43 公噸。但此資料未加上交通的排放量。如圖 1-2。

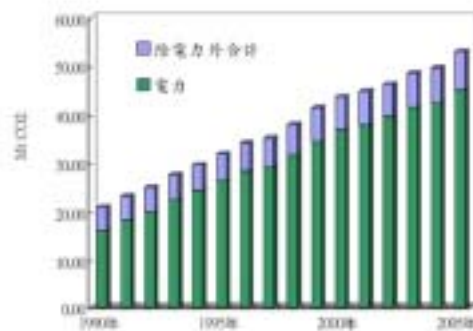


圖 1-1 我國住商部門因使用電力造成 CO₂ 排放分析

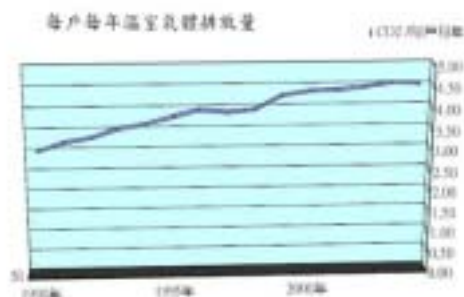


圖 1-2 平均每戶每年溫室氣體排放量

夏天天氣炎熱如果要控制室內溫度，不是只有「開冷氣」這個方法！在房間裡開電風扇或用天花板吊扇讓空氣在整個房子裡流通。但這樣是不夠的，隨著科技進步若能在窗戶設法加裝利用太陽能發電控制窗簾，阻絕陽光進入室內且有「隔熱功能」會自動調節室內溫度的

窗簾，有助於降低室溫。

另外，在春天和秋天的風感覺很涼爽，這個季節每次我到我外婆家的時候總是看到阿嬤把窗簾打開吹著自然的涼風，但是當覺得太冷的時候又要走到窗簾旁邊在將其關上，看著老人家拖著老朽的身軀這樣子走來走去真的令我有點不忍，因此我們想了一個當太陽大時能讓窗簾自動開啟，並且想要自己控制時又能夠控制的窗簾，這樣子即使不從椅子上起來也能夠讓窗簾開啟或關上，讓長者吹吹那溫柔的風是一件多麼享受的事。

所以我就應用我學過的生活科技科課程中的「能源與動力」單元，製作出「太陽能光控節能窗簾」。

貳、研究目的

- 一、了解窗簾功用
- 二、元件的用途
- 三、設計自動窗簾的電力、動力及啟動、斷電裝置
- 四、窗簾自動開啟與閉合對室內溫度的影響
- 五、節省電費與減少排放 CO₂ 的貢獻

參、研究設備及器材

一、使用設備：

表 3-1 使用設備

設備	規格	用途
窗戶		
窗簾	隔熱窗簾	
調光器	AC110v	調整光源大小
照明燈	鹵素燈管 300w	模擬太陽光
照度計	YF-1065	測量太陽能板受光程度
溫度計		
數位電表	DMM-85	測量電壓、電流值
電源供應器	PPS-2322	模擬電路電源供測試用

資料來源：研究者彙整

二、使用材料：

表 3-2 使用材料

材料	規格	用途
太陽能板	單晶, SM5055, 2.5V, 150mA, 60×65×5.2mm	提供電源
光敏電阻	15 mm(直徑) 暗電阻 0.5MΩ*2	光控開關
電阻	300 歐姆*1、2K 歐姆*1、1K 歐姆*2 ; 1/4W	IC 限流電阻
IC	4069 x 1	反向器
電晶體	電晶體 C1815GR NPN 型*2	飽和區、截止區
繼電器	5V8PIN RY5W-K	啟斷馬達、控制正逆轉
強扭力減速馬達(M3)	5~12V/130~150mA/12~25rpm	正逆轉傳動窗簾開閉
微動開關	15A/125/250Vac	啟斷電源用

資料來源：研究者彙整

肆、研究過程或方法

一、理論與推導

(一) 照度：在使用太陽能板的同時，其照度也是一大重點，在太陽能板上所吸收的光線必須要充足，而且對於夜間模擬時，可以提供相關數據以供參考。另外，不同的場所中，適合的照度，例如：寢室（70~150lux）、客廳（150~300lux）。圖4-1為數位式照度計。

照度的公式為：

$$E = \frac{F}{A} \quad (Lux)$$



圖 4-1 數位式照度計

(二) 影響人體感覺舒適與否的指標

一般而言，主觀的人體感覺【一】【二】舒適與否的指標如表4-1所示。

表4-1 溫度感覺指標【三】

外氣溫度()	人體感覺
<21.9	寒冷
22.0 24.9	涼爽
25.0 27.9	舒適
28.0 30.9	溫暖
>31.0	炎熱

由表中可得知，外氣溫度為25.0 27.9 時，人體感覺舒適。

(三) 電能與熱能的關係：電能定義為單位時間內所消耗的功率。

電能公式為： $W=P*t$ (J) W =焦耳、 P =瓦特、 t =秒

熱能公式為： $H=ms$ T 熱量(卡)

m =物體質量(克)、 s =物體比熱 T =溫度變化量；一焦耳=0.24 卡。

(四) 電費計算：一度電為電器消耗電能一千瓦使用一小時來計算，單位度。

(五) 二氧化碳排放量：溫室氣體排放係數(含 CO_2 、 CH_4 及 N_2O 排放)為家庭用電
0.637Kg CO_2 /度

二、窗簾的功用

窗簾作為現代家居軟裝飾的重要組成部分，隨著人們生活水平的提高和生活理念的崇高，正發揮著越來越重要的作用。日新月異的時代賦予窗簾更多的內涵，滿足了現代人追求人之理念的需要，窗簾除了溫馨的審美享受、美化家居環境的裝飾作用，更重要的是在於窗簾可以應用到調節溫度和光線，隔音和遮擋視線，防塵及形成私密性空間的作用。節能窗簾適合安裝於對開式有拉繩的窗簾。

三、電力裝置(太陽能基板材質)

太陽能板簡單的分類有以下四種：

單晶矽：成本高、耐用性佳、發電效率高，產生的電流較大，用於獨立電源或發電系統所以我們選擇使用單晶矽的太陽能板。

多晶矽：成本低、耐用性佳、發電效率普通，用於獨立電源。

非晶矽：成本最低、耐用性普通、發電效率普通，用於消費性電子產品，發電效率於太陽直射下每年約衰減15%。

砷化鎵：以砷化鎵作為半導體材料，其具有電子遷移率高、介電常數小的特性，做為太陽能電池其轉換效率可達25~30%，較矽製程的太陽能電池要高。

太陽能板要驅動馬達，除了電壓之外，更要有足夠的電流。假如電壓足夠，電流不足時，馬達依然無法順利流暢的運轉，若希望電源供給穩定可以多串太陽能板提高電壓，若以並聯的方式，電壓不變，但電流卻增加了，因而使拉力增大。

太陽能板說明書上的電壓電流是在中午的艷陽下所測出的數值或是為夏日正午直射日照最大輸出，所以一般的情況下，測出的電流會較說明書上所寫的小。根據實驗結果，以下三個因素會影響太陽能板所產生的電流：

- (1)陽光的強度(或光線的強度、距離)：模擬光離太陽能板的距離愈近，太陽能板所產生的電壓、電流愈大。
- (2)所連接的負載：將太陽能板連接負載越小，流過電流越大。
- (3)溫度：當太陽能板高溫時，電子獲得很高的能量，電子越過的能階降低，這時輸出電流會增加。

四、電子調光電路

電子調光電路是用來模擬太陽日照與天暗情況，如圖 4-2 所示，以交流矽控器 (TRIAC) 及雙向二極體 (DIAC) 為主。將可變電阻 100K Ω 調整後，便可改變燈泡上交流電壓的有效

值。交流矽控器 (TRIAC) 是雙向導通的元件。共有三個接腳分別是 T_1 、 T_2 、 G ，傳統方式以電流由正端流向負端，也就是 T_1 加上高電位 T_2 加上低電位，導通與否決定於 G 和 T_2 是否加電壓。雙向二極體 (DIAC) 是屬於兩個接腳的元件，兩端所加電壓差只要到達峰值電壓 V_p (約 20V) 變會導通。兩端將會下降到約 10V。此電路 47K Ω 、100K Ω 和電容 0.1 μ F 構成相位移，故當可變電阻變越大相位與電源電壓差更多。使其電燈上所通過的電流越小，導致電燈越暗。

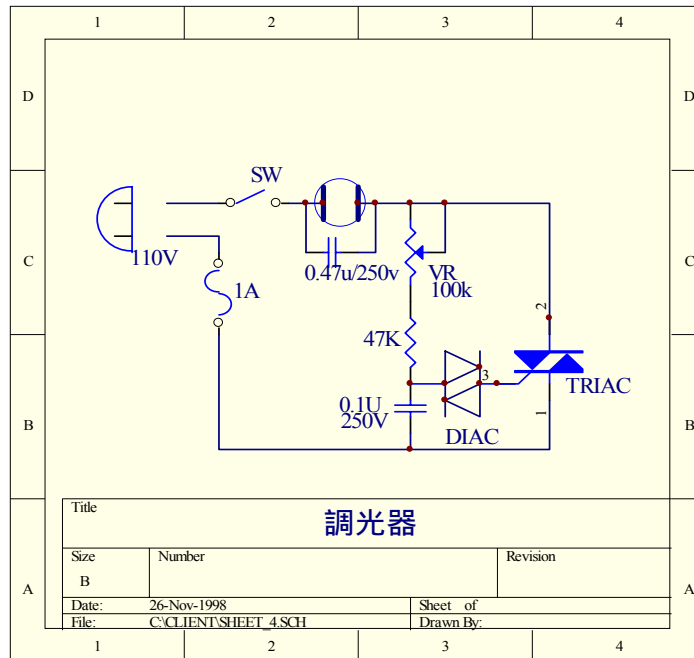


圖4-2電子調光電路

五、動力裝置元件

從下圖 4-3 中，是本次研究中所設計的電路。以下即針對此電路元件作原理、種類及功能介紹。

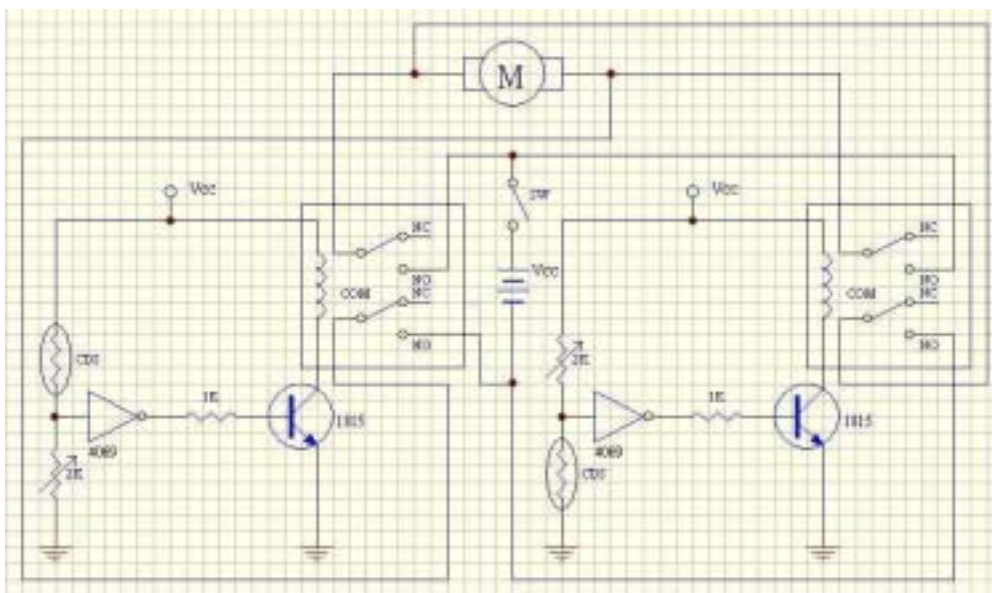


圖 4-3 光控電路、馬達與線路結構圖

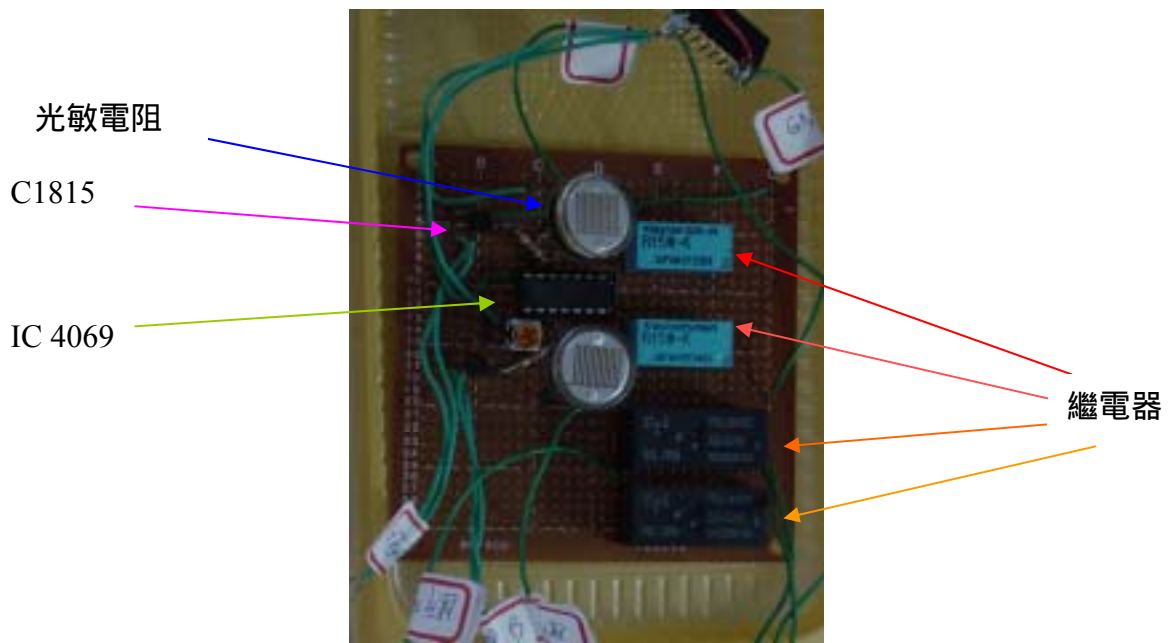


圖 4-4 電路元件實體圖

(一) 光敏電阻 (Cds)

是對光線很敏感的一種電阻，當光線變暗了，電阻值就會增加，電流就不容易流過。光線會激發電子的活動，使得光敏電阻容易導電，也就是說電阻值變小了。光敏電阻可用在傻瓜相機黑暗自動閃光及黑暗自動亮的燈。

(二) 電晶體 (BJT)

電晶體可以把微弱的電流放大，電晶體有三隻腳，分別是B、C 及E。電晶體係被用來將小信號加以放大，或是作為開關來使用的元件。

表4-2電晶體的工作原理

工作模式	射極接面	集極接面
飽和	順向偏壓	順向偏壓
線性	順向偏壓	逆向偏壓
反向	逆向偏壓	順向偏壓
截止	逆向偏壓	逆向偏壓

1. 電晶體的放大作用

電晶體的放大作用基本上可視為電流的放大。在圖4-5所示的射極接地電路中，射極電流為基極電流與集極電流之和。 $I_E = I_C + I_B$ 。在此亦定義一參數—共射極放大因數 (β 或 h_{fe}) 此時 $h_{fe} = I_C / I_B$ ， h_{fe} 稱之為電流增益。

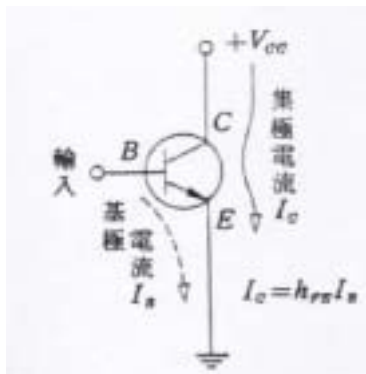


圖4-5 電晶體的放大電路

2. 電晶體的開關作用

若變化電晶體的基極電流，則集極電流亦會隨著產生變化，將基極電流降至0，集極電流亦將被切斷。利用此種由基極電流來控制集極電流的流通與否之特性，可做為開關來使用。圖4-6 為電晶體做為開關電路之例。

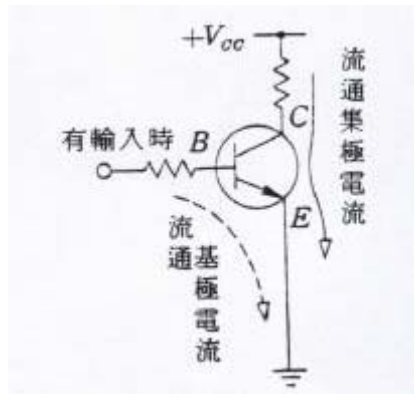


圖4-6 電晶體的開關電路

(三) 反向器(NOT Gate) IC4069

反向器的作用是在改變邏輯位準，也就是將輸入得高電位轉成低電位輸出，或將輸入低電位轉成高電位輸出，以數位而言，就是將0變1，或是將1變0。輸出和輸入永遠是相反的狀態。輸出腳不是沒電壓就是高電壓。IC4069內包含有六個反相器。原本電路規劃使用較常用的7404，不過因工作電壓的使用受到5V限制，所以改用4069，此工作電壓為 $V_{DD}=3V\sim 15V$ 。



圖4-7 IC4069邏輯圖、真值表、IC腳位

(四) 繼電器 (Relay)

繼電器裡面有線圈和開關，線圈通電會產生電磁場，磁場的吸引力使得開關接

通，我們這裡所用的繼電器有一組線圈和兩組開關，線圈的英文是Coil，當線圈通電後，會聽到開關發出一個聲音，繼電器的C腳與NO腳就閉合，C腳與NC腳則開路。C腳又稱共同點，NO腳又稱常開點，NC腳又稱常閉點。

繼電器又稱為電磁繼電器，是組成邏輯電路的主要元件，本作品為了要作出較複雜機能的正逆轉控制電路，就必須使用8PIN的繼電器兩組。如圖4-8所示。

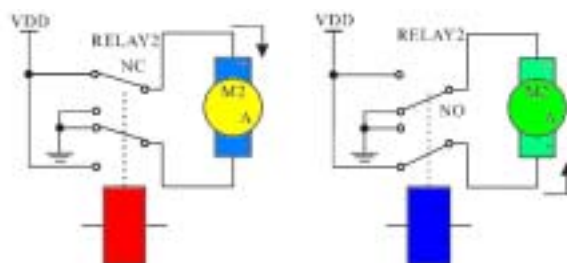


圖4-8 繼電器操作狀態

(五) 馬達

馬達有許多種類：直流馬達、交流馬達、步進馬達等。

1. 直流馬達：是用電池(直流電)就可以轉動的類型，普遍使用在玩具車或一些小型物品上。M1、M2、M3三種常用規格，當中為了有較大的拉力，故選擇了M3是**低速強扭力馬達**。如圖4-9馬達外觀及工作固定位置。
2. 交流馬達：要插電(交流電)來使其運轉的馬達，例如電風扇、冷氣機就是用交流馬達來使其運轉的。因屬交流電，故在本研究中不符合太陽能本質。
3. 步進馬達：具有瞬間啟動與急速停止之優越特性，最常運用於辦公室器材如影印機、印表機上。耗電量大、體積大，故在本研究中不考慮。

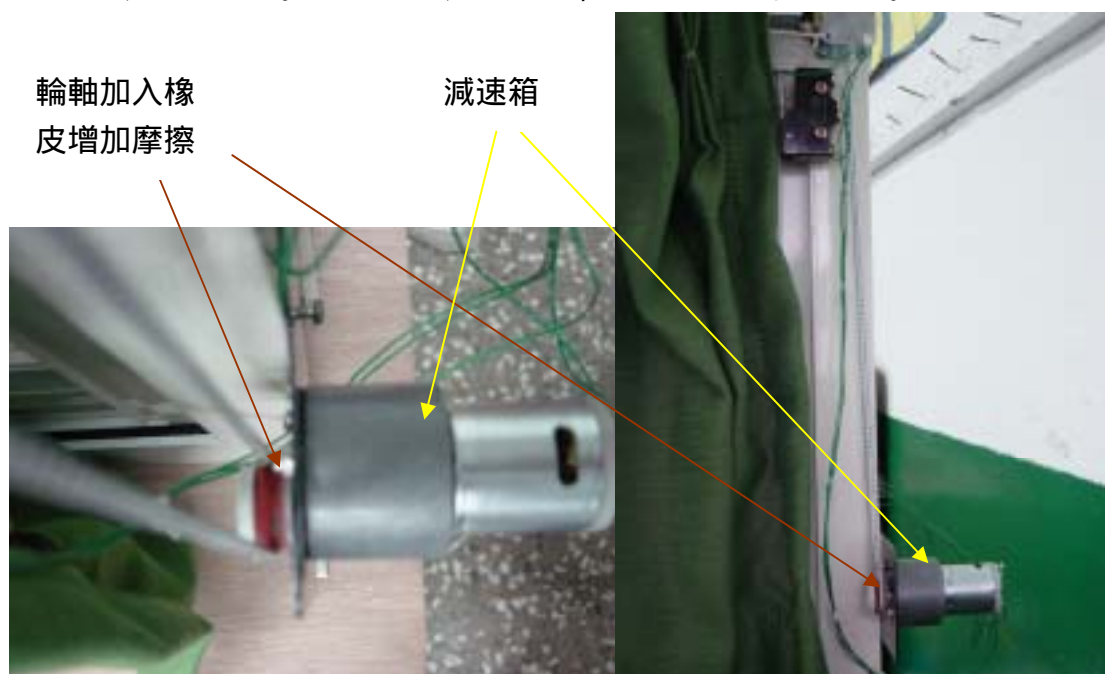


圖 4-9 馬達外觀及工作固定位置

六、斷電裝置

當馬達轉動拉動窗簾，進而關上窗簾之後，馬達仍然會繼續轉動，所以必須要有一個開

關可以當窗簾關上就使電路斷電的開關。我選用了微動開關，因為它被碰觸到之後具有改變原電路特性的功能。當陽光照射窗簾開啟時，第一個微動開關將恢復原始狀態，開啟到底馬達繼續轉動，此時我們加裝第二個微動開關，拉桿上綁住棉線，拉緊時迫使馬達停止正轉。若天暗時，馬達依然可以啟動逆轉，當逆轉馬達一啟動離開時棉線變鬆，第二個微動開關將恢復原始狀態，直到轉到底壓迫到第一個微動開關時，馬達停止逆轉。



圖 4-10 斷電裝置（微動開關）



圖 4-11 窗外擺設外觀

伍、研究結果

本研究根據第46屆中小學科學展覽會，國小物理組作品「超效！太陽能板」中，結論中：
1. 陽光直射時發電效果比斜射強。2. 離太陽燈越近，電流越高，電壓也越高，電功率也越高。
所以在實驗過程中，一律以此兩項結論為基礎。如圖5-1所示。

本電路中太陽光（強光）照射下如圖 5-2 所示，能夠利用光敏電阻的電阻值變化，低電位進入反向器後變成高電位，來驅動電晶體進入飽和區控制馬達的開啟正轉（如圖 5-3、如圖 5-4 所示）。當天暗（弱光）時，使用另一組電路即可驅動電晶體進入飽和區，以達成控制馬達逆轉。原先的電路即恢復進入截止區。本電路優點在於**兩個光敏電阻可同時使用，不互相干擾。**



圖 5-1 模擬光直射太陽能板

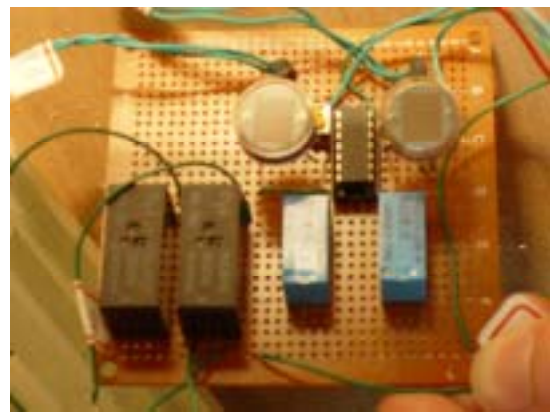


圖 5-2 模擬強光照射電路中的光敏電阻



圖 5-3 馬達開啟正轉使窗戶閉闔中



圖 5-4 馬達開啟正轉使窗戶閉闔斷電停止

在控制馬達正逆轉的電路時，我們嘗試了很多供電方法都無法驅動繼電器，但是換了一個比較大的光敏電阻後發現原本一個原本需要9V供給的繼電器現在只需要5V，之後我們也換許多不同的接線方法，於是我們發現馬達正負極的接點不能接在繼電器的NC，因為電源一接通光敏電阻受光，馬達無法驅動，後來發現這是因為兩個不管光敏電阻有沒有受光馬達已經處於驅動狀態，但是這樣卻違反我們電路的功能，所以我們把繼電器接點的NC改成NO使光敏電阻驅動繼電器，並且使馬達轉動，這樣就不會使馬達在未受光敏電阻驅動時就已經運轉。

也改善了第47屆中小學科學展覽會，國小生活與應用科學組作品「太陽幫我拉窗簾 - 環保自動窗簾」中，所無法達到完全正逆轉的功能。

一、溫度與照度的關係

我們使用三種不同亮度的電燈來模擬太陽光，分別是10W（圖5-5）、150W（圖5-6）、300W（圖5-7），測量出的結果是表5-1中10W的模擬狀況不佳，均無法使馬達運轉。至於表5-2在150W就有進展了，距離太陽能板0.5公尺的地方照度5200Lux，即可順利發電供給馬達正常運轉之電力。最後，表5-3在300W照度2600Lux情況下，已經接近可以發電狀況，但距離已經加長至接近一公尺處。此時，到達可以順利發電時，室外溫度均超出室內溫度三度以上。顯示目前有效控制窗簾的關閉是可以有效控制室內溫度。

如表5-4與5-5比較後結果，因為基隆正處於下雨季節，故大約下午兩點時，溫度下降。但實際上，確實顯示出有自動關閉窗簾優於沒有關閉窗簾。未關閉前大約相差3~4 不等，關閉後，可以相差10 以上。（此溫度是溫度計放於某物體旁邊吸收熱能有關，故相差較大）



圖 5-5 模擬太陽光（照明燈 10W 亮度）

表 5-1 太陽能板(用燈光 10W 時)數據

距離(m)	照度(Lux)	室外溫度()	室內溫度()	電壓(V)	電流(mA)
2	32	25	24	0.2	2
1.5	40	26	24	0.6	3.2
1	67	26	24	1.5	9
0.5	240	27	24	3.2	22
0.25	750	27	24	4.5	56



圖 5-6 模擬太陽光 (照明燈 150W 亮度)

表 5-2 太陽能板(用燈光 150W 時) 數據

距離(m)	照度(Lux)	室外溫度()	室內溫度()	電壓(V)	電流(mA)
2	450	26	24	3.2	20
1.5	690	26	24	3.7	30
1	1380	26.5	24	4.7	50
0.5	5200	28	24	5.6	145
0.25	20000	29	24	6.5	350



圖 5-7 模擬太陽光 (照明燈 300W 亮度)

表 5-3 太陽能板(用燈光 300W 時) 數據

距離(m)	照度(Lux)	室外溫度()	室內溫度()	電壓(V)	電流(mA)
2	780	27	24	3.5	30
1.5	1250	29	24	4.3	50
1	2600	31	24	5.3	125
0.5	12000	35	24	6.3	410
0.25	20000	35	24	6.68	630

表 5-4 太陽光(沒窗簾)室內、外溫差

時間	照度(Lux)	室外溫度()	室內溫度()	電壓(V)	電流(mA)
10:00	20000 以上	36	32	5.5	610
11:00	20000 以上	37	34	5.8	820
12:00	20000 以上	38	35	6	840
13:00	20000 以上	36	34	5.8	800
14:00	5700	28	25	4.8	145

表 5-5 太陽光(有窗簾)室內、外溫差

時間	照度(Lux)	室外溫度()	室內溫度()	電壓(V)	電流(mA)
10:00	20000 以上	36	23	5.5	610
11:00	20000 以上	37	25	5.8	820
12:00	20000 以上	38	28	6	840
13:00	20000 以上	36	25	5.8	800
14:00	5700	28	23	4.8	145

二、室內溫度與 CO2 排放量關係

陽光由窗戶直射屋內之輻射熱以及照射外牆產生的傳導熱，玻璃可以擋住熱輻射，但擋不住陽光(可見光)。所以室外的熱輻射進不來，但是曬到物體上的陽光(可見光)，部分被反射，部分被物體吸收，物體吸收後又轉成熱輻射，常會讓房間很熱，所以曬到太陽的地方就變熱了。

每增加攝氏 1 室溫，耗電量便節省 6%。若目前台灣室外夏日平均溫度日曬約 35 ，以窗簾調節室內溫度則可降 3 ~5 。室內平均溫度大約 30 ~32 。一般 2000Kcal 大概耗電 850W 設定 28 只會讓壓縮機工作 30~40 分，其他會是以送風模式運作，以 40 分為準送風通常只有 1/4 至 1/5 的用電 $850 \times 1/5 = 170$ 瓦，則壓縮機耗電約： $0.85 \times 40 / 60 = 0.567$ 度，送風耗電： $0.17 \times 1/3 = 0.057$ 度，則 $0.567 + 0.057 = 0.624$ 度，目前 7 月開始夏日新家庭非營業用的電價如下表 5-4：

表 5-4 台電非時間電價表

分 類		夏 月 (6月1日至 9月30日)	非夏月 (夏月以 外期間)
非 營 業 用	110度以下部分	每 度 2.10	2.10
	111~330度部分	每 度 3.02	2.68
	331~500度部分	每 度 4.05	3.27
	501~700度部分	每 度 4.51	3.55
	701度以上部分	每 度 5.10	3.97
營 業 用	330 度以下部分	每 度 3.76	3.02
	331~500 度部分	每 度 4.05	3.27
	501~700度部分	每 度 4.51	3.55
	701度以上部分	每 度 5.10	3.97

兩個月收一次則額度加倍，以最高來算 $0.624*4.51=2.81424$ 元。

每月以 30 天計算，但電費計算方式為 2 個月計價 1 次，故以 60 天計算。

節省電費 = $0.85\text{Kw} * 1\text{hr} * 4.51 \text{ 元} * 60 \text{ 天} = 230.1 \text{ 元}$ (以每天從約 32 降至 28 而言,即刻停機)

少排放二氧化碳排放量 = $51 \text{ 度} * 0.637 \text{ (KgCO}_2\text{/度)} = 32.487 \text{ KgCO}_2$

人們往往很少只是開起冷氣只從 32 降至 28 而言，即刻停機。所以如此一來，不僅造成電費了浪費，以及二氧化碳的排放量增加，更對我們環境造成溫室效應的惡化。

陸、結論

此次研究已經達成階段性目標，順利控制窗簾的開啟與關閉。計算出調節室內溫度，除了使用好的窗簾以外，更可以利用電路的設計，創造出適合居住的環境溫度。且精準的算出約28 時可將窗簾關閉，本電路設計中有包含光敏電阻的控制，可適度調整因氣候的改變，避免造成光敏電阻的不準確。實際估計出，因為舉手之勞，而減少不少污染對環境上的破壞也滿足讓老年人可以不用因為天氣的變化爬上爬下，依然可以吹到涼爽的风。

未來研究之目標：研究陽光照度與拉開窗簾的角度、更應用於大型窗簾。加裝鏡子越多時，發電功率越高。最高可達3.44 倍。加裝火鏡時，發電功率會變高，最高可達2.18 倍。加裝兩片鏡子後可省下71.8%成本！加裝一片火鏡後可省下45.7%成本！增加遙控電路，提升方便性。儲能電路，讓電路可以增加儲存能源以利晚上時使用。

柒、參考資料及其他

一、書籍資料：

- 【一】曹永偉：「舒適空調條件下皮膚表面溫度與氣溫間之相關性」,電機月刊10月號, pp.273 ~274, 2003 年。
- 【二】曹永偉、汪仁雄：「空調設備維修入門」,全華科技圖書,pp.2~7,1995 年
- 【三】曹永偉：「人體溫熱感覺指標不舒適指數之探討」,電機月刊5 月號, pp.126~127, 2004 年。

二、論文資料：

- 【一】第 46 屆中小學科學展覽會，國小物理組作品「超效！太陽能板」
- 【二】第47屆中小學科學展覽會，國小生活與應用科學組作品「太陽幫我拉窗簾 - 環保自動窗簾」

三、網路資料：

- 【一】經濟部能源局：<http://www.moeaboe.gov.tw/promote/greenhouse/files/96年度電力排放係數.pdf>
- 【二】環境照度：http://w1.cpu.com.tw/kh/i/m_lux/lux-meter.html
- 【三】繼電器：<http://wordpedia.pidc.org.tw/Content.asp?ID=40847>
- 【四】光敏電阻：http://www.newtouch.com.tw/prod_4-12.php
- 【五】行政院環境保護署：<http://co2.saveoursky.org.tw/index.aspx>
- 【六】電費計算：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405112400950>

【評語】 040814

作者將太陽電池，光敏電阻等組合在一起，是實際可操作的構想，但窗簾的開合在實際應用上並未產生太多的便利性和必要性，宜再由實際應用面思考節能窗簾的應用方式。