中華民國第 57 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組　工程學科(一)科

052321

冬暖夏涼-會翻面的百葉窗

學校名稱：新北市立中和高級中學

作者：	指導老師：
高二 何孟哲 高二 游欣縈 高二 王心妤	邱柏然 劉宗憲

關鍵詞：百葉窗、翻面溫度、翻面溫度

摘要

在環保意識抬頭的現代社會中，如何將室內環境維持在適當的溫度，並避免使用高耗能的電器已是主流，這不僅是建築與土木工程的重大課題，同時也需要材料的協助。此次研究以各種適用於建築材料中找尋材質的熱傳導性之快慢、經濟性、重量、顏色等進行多方比較。結果決定以材料容易取得且和其他金屬製品相較之下較輕的鋁製成百葉窗，結合物理特性明顯吸熱的黑色與隔熱的白色呈現作品，進一步與伺服馬達和電子電路連動，可以應用於各種季節，使其依據室內溫度與外界環境的光線產生自主翻轉，達成將室內環境維持在適當的溫度此目的。

壹、研究動機

臺灣季節溫差大，夏季與冬季的溫差大於攝氏二十度，如此劇烈的溫度變化，使得民眾夏天紛紛開起冷氣，而冬天使用暖氣機。但是冷氣、暖器所耗之電量動輒幾千瓦，產生的二氧化碳量也不容小覷。有鑑於此，透過材質的探討。希望可以研發一款能依據室內溫度與光照進行判斷並自主翻轉的百葉窗，不論在哪種季節，都能夠將室內溫度調節在令人感到舒適的環境之下。

貳、研究目的

本次實驗的目的是希望透過研發會翻面的百葉窗並探討材質的可行性，以伺服馬達翻面，在高溫時，將白色葉面旋轉至向陽側，向外反射陽光，有效降低室內溫度，減少使用冷氣機的時間，進而降低碳排放。此外，在低溫時，先判斷光線的有無，再根據葉面溫度高低決定是否將黑色葉面旋轉至向陽側，當黑色葉面照光後溫度到達高點時，黑色葉面旋轉至內側，將吸收的太陽熱輻射至室內，減少人們使用暖氣機的時間，降低碳排放，達成目的。

參、研究設備及器材

一、 研究設備

表一

研究設備	規格	數量	備註
紅外線測溫計		1 個	
燈泡	110V/25W	1 個	
燈座		1 個	
燈泡線	0.14mm	1 個	
三用電表		1 個	
電子秤		1 個	

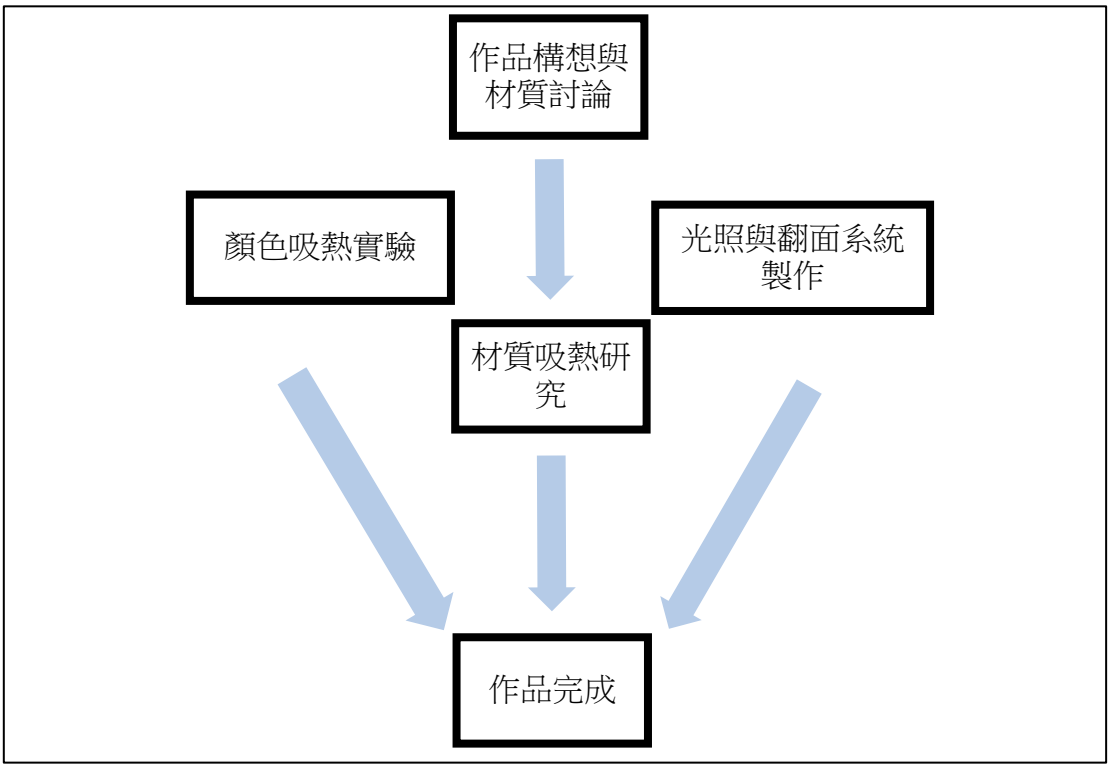
二、 研究材料

表二

研究材料	規格	數量	備註
不鏽鋼	10×5(㎝)	3 片	
鐵	10×5(㎝)	3 片	
鍍鋅鋼(SECC)	10×5(㎝)	3 片	
鋁	10×5(㎝)	1 片	
點陣液晶	2×16	1 個	
伺服馬達	SG90　2KG 扭力	1 個	
可變電阻	10 kΩ	1 個	
光敏電阻	Arduino 模組	1 個	
溫溼度感應器	DHT22、DHT11	2 個	
黑色鋁葉片		14 片	
9013 電晶體	npn 型	2 個	
單晶片燒錄器	Arduino 板	1 片	

肆、研究過程或方法

一、研究過程流程圖



圖一研究過程流程圖

二、研究方法

溫度是一個將物體冷熱程度以數據的方式表達，而造成溫度上升或下降的主原因就是熱量的吸收與釋放，其單位為卡（cal），對於一個處於相同狀態下的物體，吸收熱量後必定會造成其溫度上升，於國中理化教材中有一公式表達了熱量與溫度的關係，如下

$$\Delta H = M \times S \times \Delta T$$

H：吸收的熱量，單位為卡(cal)

M：物體質量，單位為克(g)

S：物體的比熱，定義為一克的物體上升 1℃所需要的熱量，單位為卡/克-℃(cal/g-℃)

△T：物體的溫度變化，單位為攝氏(℃)

以上的公式表示：物體的質量與比熱越大，使其上升一度所需的熱量也越大。但溫度變化愈大並不代表其吸收的熱量越多。

了解上面的公式後，我們不禁聯想，既然有吸熱的相關公式，那是否也有隔熱的公式？查閱相關書籍後，我們也找到了關於隔熱的公式，如下

$$U = k / T$$

U：材料的熱穿透率，其定義為室內外溫差在 1℃時，材質單位面積在單位時間內之傳透熱量，單位為瓦特/面積-溫度差(W/m^2-△T)

k：材料的的熱導係數，材質的導熱能力，單位為瓦特/米-溫度差(W/m-△T)

T：代表材料的厚度，單位為米(m)

以上的公式表示：

U 值越低，代表其傳熱效果越差，隔熱越好。

k 值越低，代表其導熱效果愈差，隔熱越好。

厚度會影響材質的穿透率，厚度越厚，隔熱越好。

室內外的溫度差會影響材質的穿透率與導熱係數，所以公式將溫度差除去，避免溫度的影響。

有了高低溫差的實驗數據，我們可以大略算出這次實驗的效率為何，以下是我們的效率試算公式

$$E = A/a$$

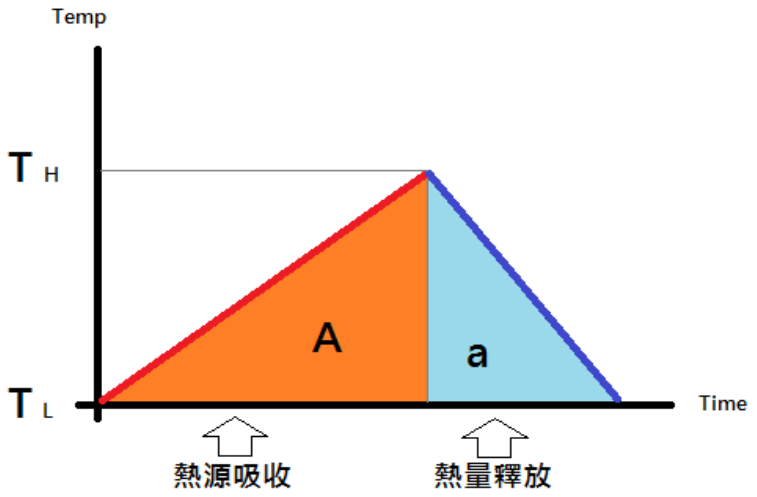
E：系統的整體效率，單位為%。

A：熱源吸收，開始加熱直到停止加熱時系統所吸收的熱量，單位為溫度×時間÷2(℃ $\times \Delta t/2$)

a：熱量釋放，停止加熱後將熱量發散至室內的熱量值，單位為溫度×時間÷2(℃ $\times \Delta t/2$)

以上的公式表示：

E 值越高，代表整體系統效率愈高，效果越好。



圖二　系統效率計算圖

了解完上述的三個公式後，我們決定將實驗分為三個方面，溫度、材質、光照與翻面系統，影響吸熱原因的不只是材質，材質顏色也會有影響，所以我們用燈泡照射於黑、白、綠、淡綠四種顏色上，記錄各種顏色的溫度變化，討論並決定吸熱面與隔熱面分別要塗上什麼顏色。

關於材質，我們一樣以燈泡照射於不鏽鋼、鍍鋅鋼、鋁、鐵，記錄溫度變化，並且以公式計算來決定隔熱面與吸熱面的使用材質。

伍、研究結果

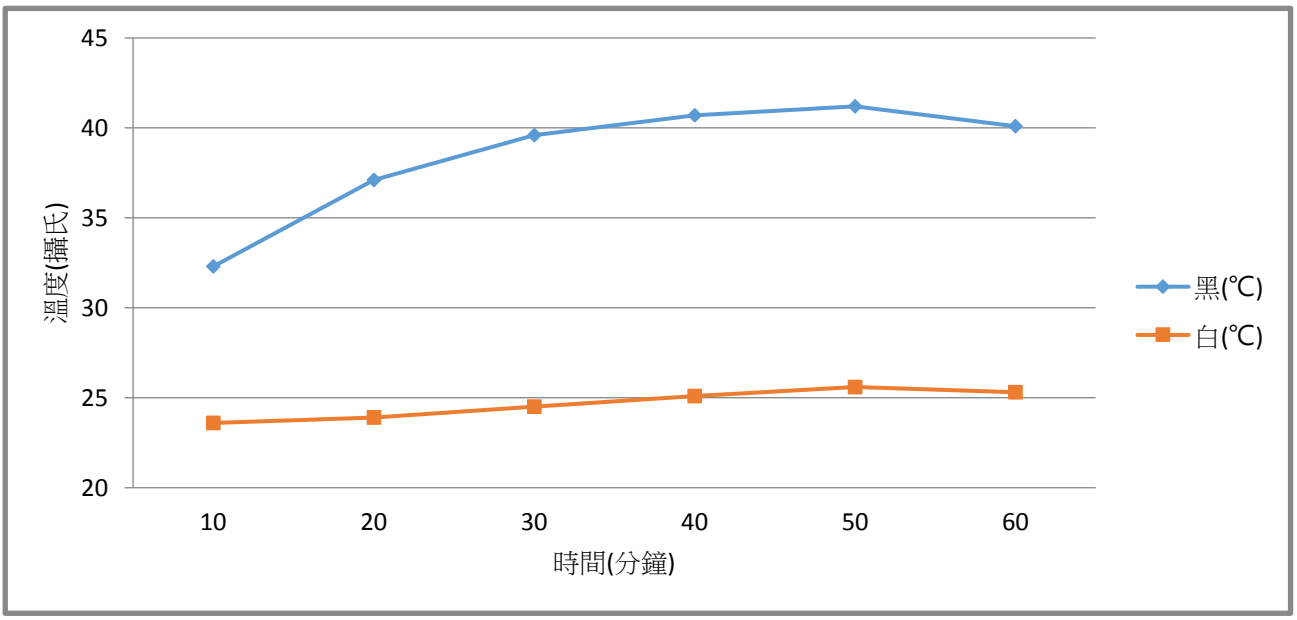
一、色料之吸、隔熱實驗

選四個相同板子，分別塗上黑、白、綠、淡綠等顏色，再取一正方形箱子，將四塊木板分別靠於箱子四面，中間放置一 110V/25W 之燈泡供給熱量給四塊木板，每十分鐘以紅外線測溫計測溫，並記錄四種顏色之吸熱程度。

表三不同色料吸、隔熱表(室溫 23.4℃)

黑(℃)	分鐘	白(℃)
32.3	10	23.6
37.1	20	23.9
39.6	30	24.5
40.7	40	25.1
41.2	50	25.6
40.1	60	25.3

吸熱　　隔熱



圖三不同色料吸、隔熱圖

溫度上升最高者為黑色，最低者為白色，兩者最高溫相差近 15 度，在 25 瓦燈泡的加熱下一個小時溫度可達 40 度。此外我們可以發現綠色的溫度最高達 37 度，為溫度上升的中間顏色，而在表格的 40 到 60 的二十分鐘內，溫度都無明顯變化，因此我們判定，在這一個小時中，顏色上升的溫度已達熱平衡。

實驗指出需要吸熱的色料需用深色系列的色料，而需要隔熱的色料為淺色系的，以物理性質來探討應該選用何種顏色做為此次實驗的配色，黑色為最好的吸熱色料；而白色為最好的隔熱色料。

二、 料材之吸、放熱實驗

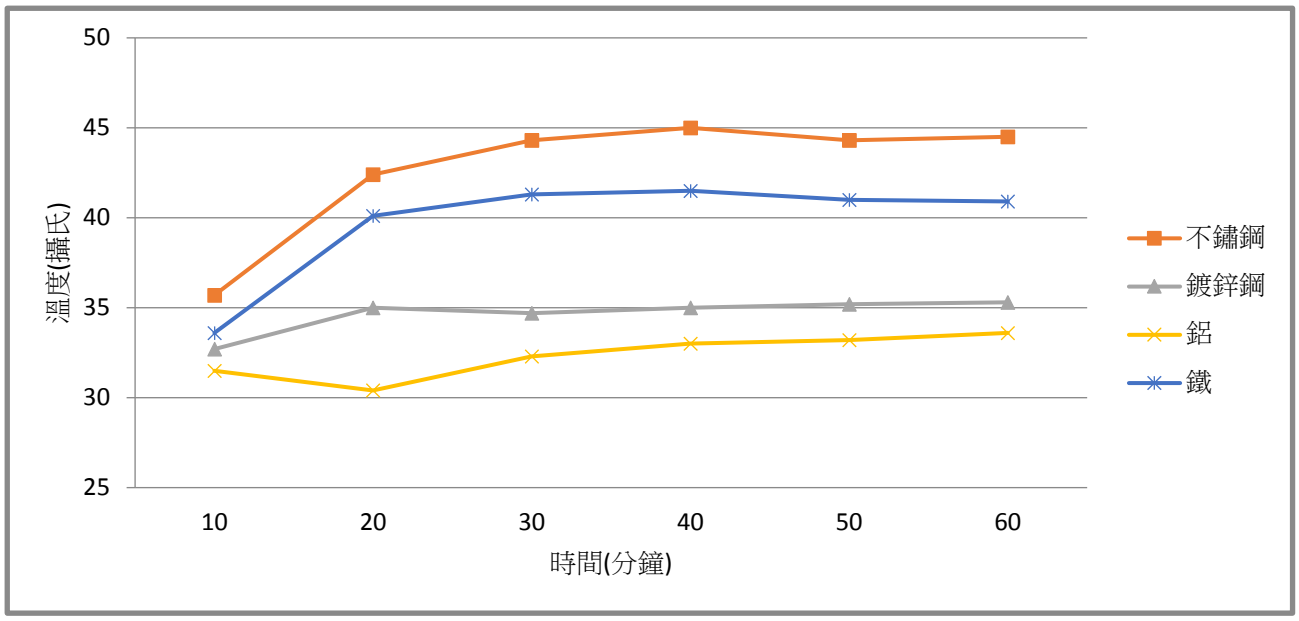
除色料影響之外，材質的組成也影響了吸熱與隔熱效果，我們一樣將吸熱面及隔熱面分開實驗，吸熱面材料有鐵、不鏽鋼、鍍鋅鋼板(SECC)、鋁。

實驗結果顯示給予相同的熱量來源，溫度上升最快的為不鏽鋼，而比熱資料顯示，鐵：0.113 cal/g-℃ 不鏽鋼：0.107 cal/g-℃ 鋁：0.217 cal/g-℃ 鍍鋅鋼：0.115 cal/g-℃。比熱小的上升溫度就會快，而實驗結果也認為溫度達到熱平衡後，比熱小的材質溫度也是最高的。

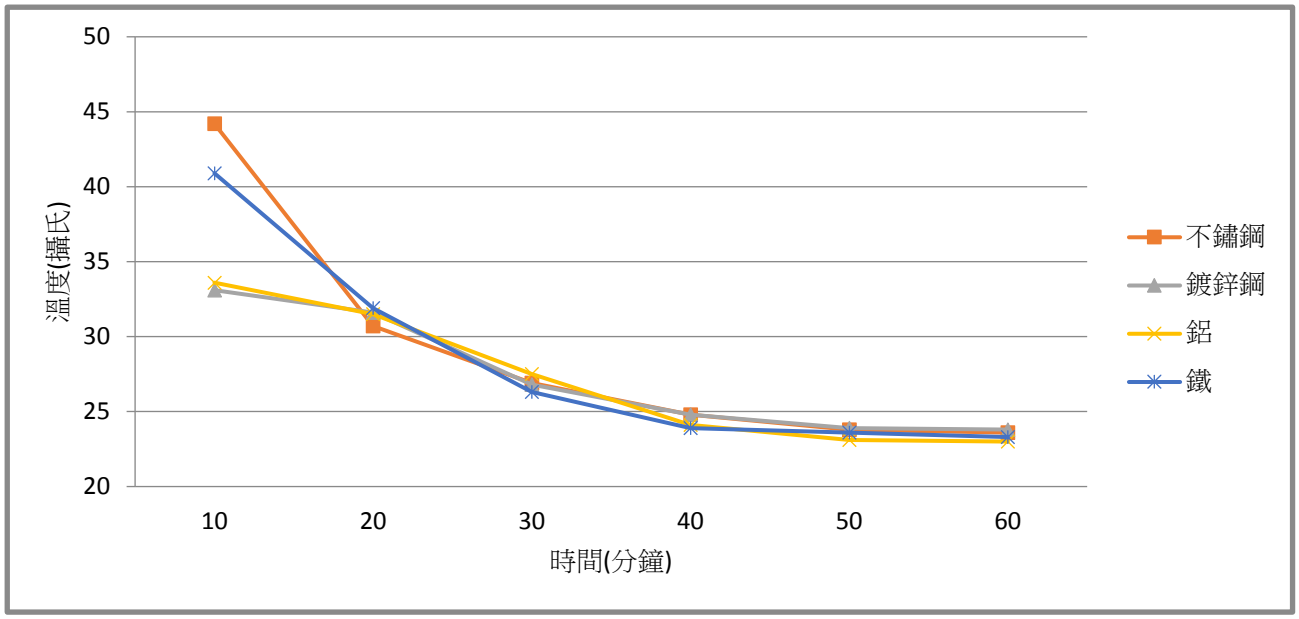
表四材質吸、放熱溫度表(室溫 23.4℃)

不鏽鋼	鍍鋅鋼	鋁	鐵	分鐘	不鏽鋼	鍍鋅鋼	鋁	鐵
35.7	32.7	31.5	33.6	10	44.2	33.1	33.6	40.9
42.4	35	30.4	40.1	20	30.7	31.6	31.5	31.9
44.3	34.7	32.3	41.3	30	26.9	26.8	27.5	26.3
45	35	33	41.5	40	24.8	24.8	24.1	23.9
44.3	35.2	33.2	41	50	23.8	23.9	23.1	23.6
44.5	35.3	33.6	40.9	60	23.6	23.8	23	23.3

吸熱　　放熱



圖四　材質吸熱溫度圖



圖五材質放熱溫度圖

根據　圖四　與　圖五　可知，若固定溫度值，所吸收的熱量必定以鋁為最多，正好符合這次實驗的目的，因此這次實驗選用鋁做為主要的材料。

三、翻轉系統

本控制電路旨在因應溫度的變化、太陽光度強弱的不同，對固定在伺服馬達上的百葉窗葉面進行翻面，進而做出符合綠能環境的溫度控制系統。

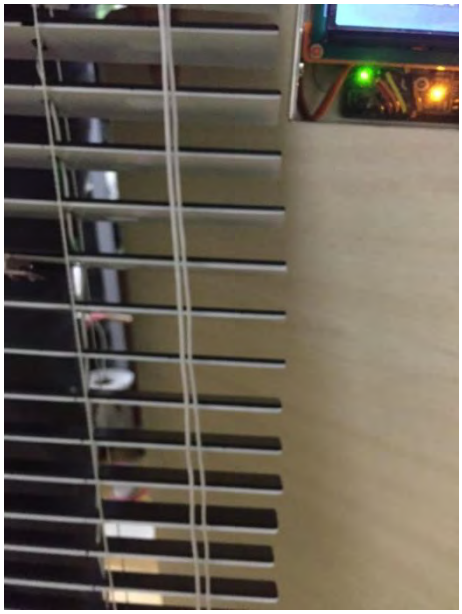
開啟程式時，顯示開機畫面，如　圖六。

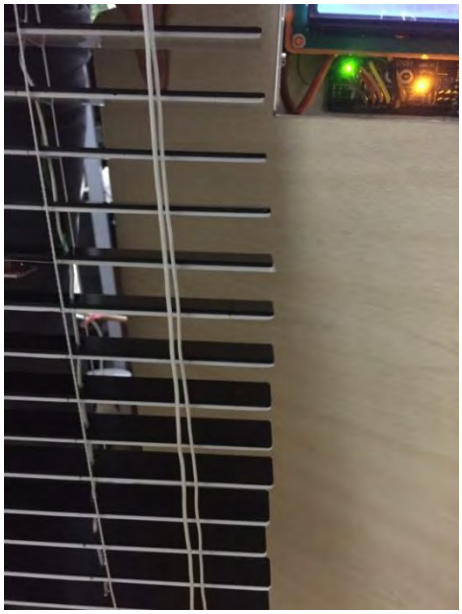
圖六開機畫面圖

顯示完開機畫面後，進行伺服馬達的自我檢查程序，如　圖七。

圖七伺服馬達自我檢查程序圖

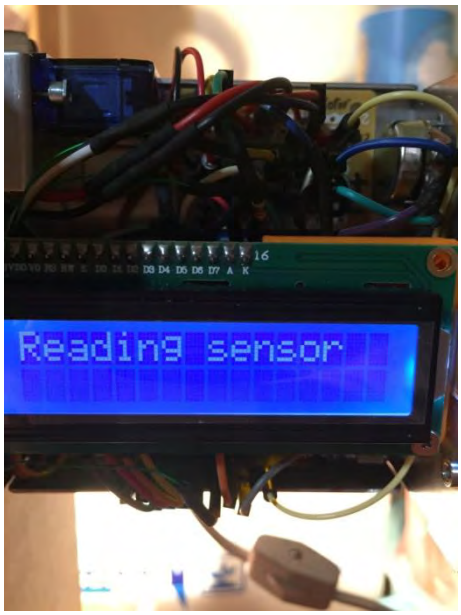
程式的預定目標為開機時以伺服馬達轉動葉片進行馬達自我檢查，如　圖八　和　圖九所示。





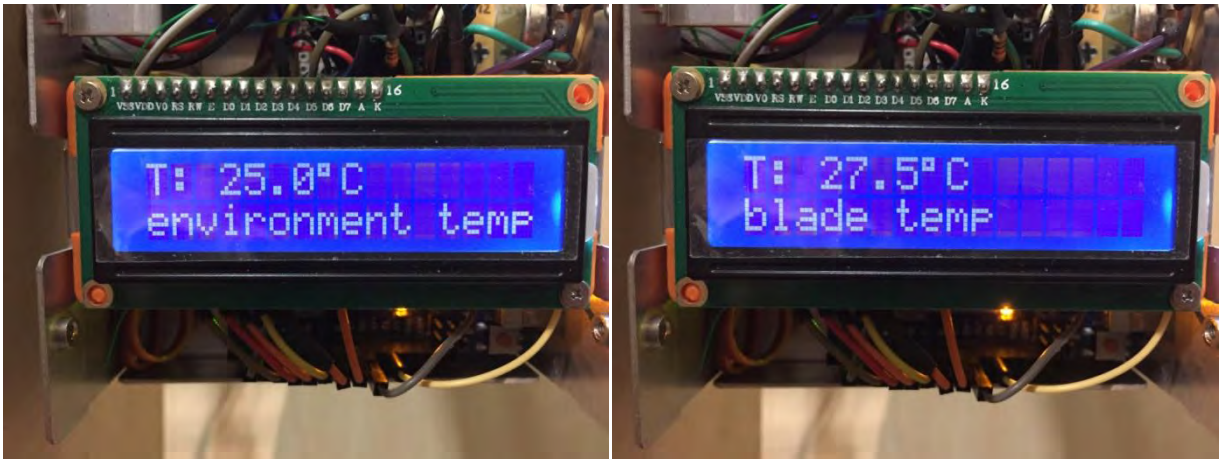
圖八、圖九為開機後伺服馬達自我檢查葉面轉動情形

伺服馬達檢測完後，啟動溫溼度感測器DHT11、DHT22分別進行室內與葉面溫度的讀取，如　圖十。



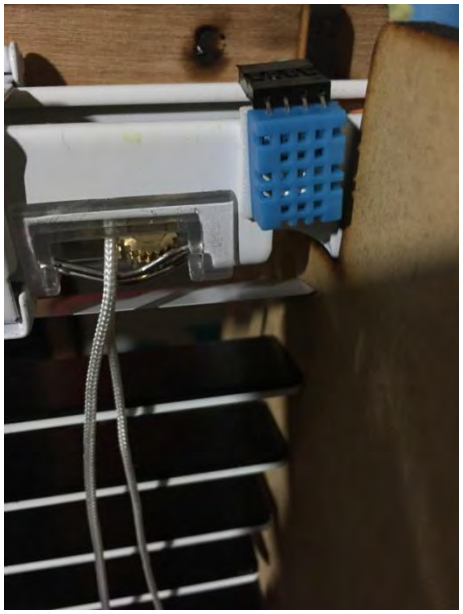
圖十啟動溫溼度感測器圖

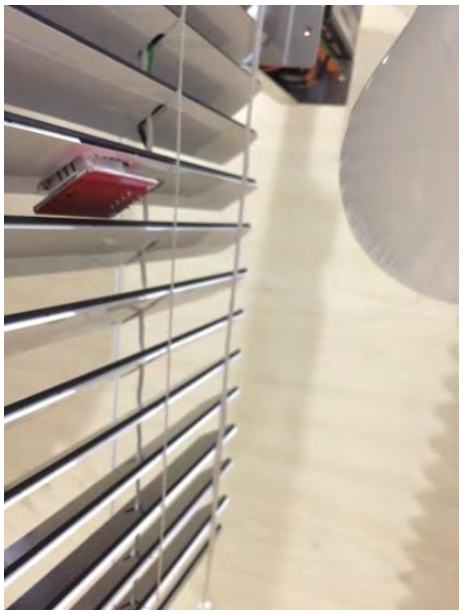
溫溼度感測器啟動畫面結束後，分別顯示感測器所偵測到的室內環境溫度與葉面溫度，室內溫度以 environment temp 表示，而葉面溫度以 blade temp 表示，如 圖十一 和 圖十二。



圖十一、圖十二分別顯示室內環境與葉面溫度圖

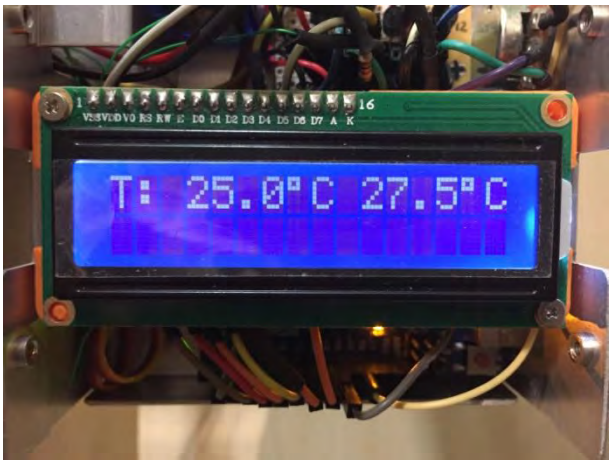
圖十三、圖十四所顯示的溫度感應器運作時所產生的數據即為 圖十一、圖十二螢幕顯示室內溫度時的情形。





圖十三藍色部分為室內環境溫度感應器圖十四紅色部分為葉面溫度感應器

將兩者溫度整合在一個畫面之中方便使用者觀察，如　圖十五。



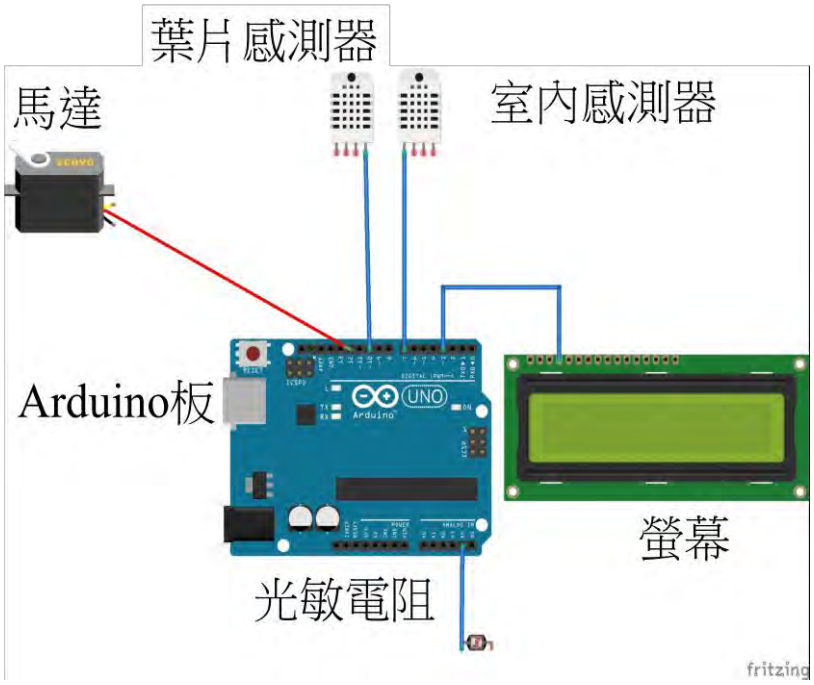
圖十五兩者溫度整合圖

溫溼度感測器啟動後偵測室內環境溫度與葉面溫度並整合光敏電阻依照系統內所預設的數值判斷室內溫度是否維持在令人感到舒適的環境中。

當溫度高於程式所預定的數值時，將白色隔熱面向外阻隔熱量的進入。

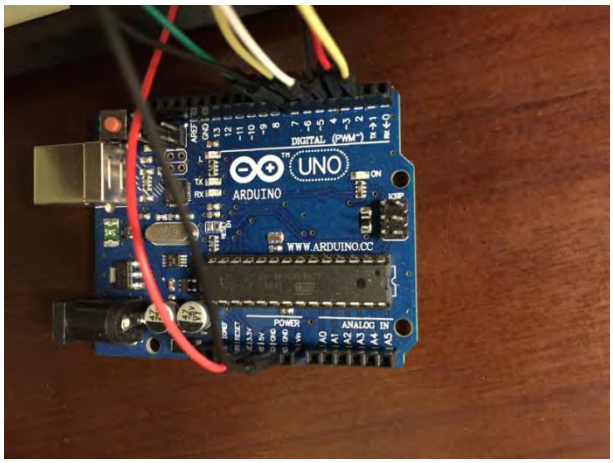
若低於預定值時，則使用光敏電阻判斷是否有外在的太陽光線，如果有光線則判斷葉面溫度是否大於或小於甚至是介於室內環境的高溫與低溫之間，大於則將隔熱面向外阻隔熱量，小於則將吸熱面向外吸收熱量，介於中間值則不動作。

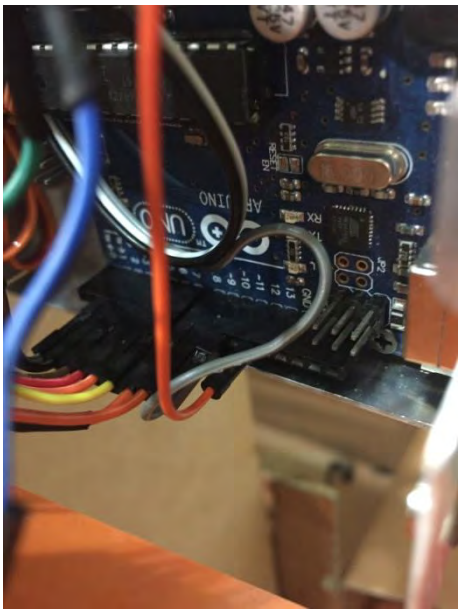
低溫又沒有光線時，將吸熱面向外等待陽光。



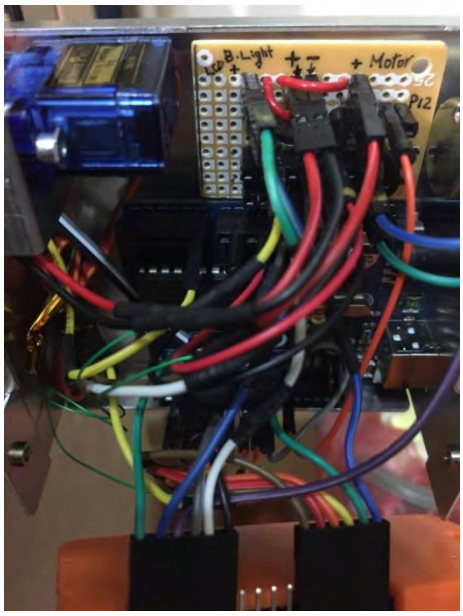
圖十六系統架構圖

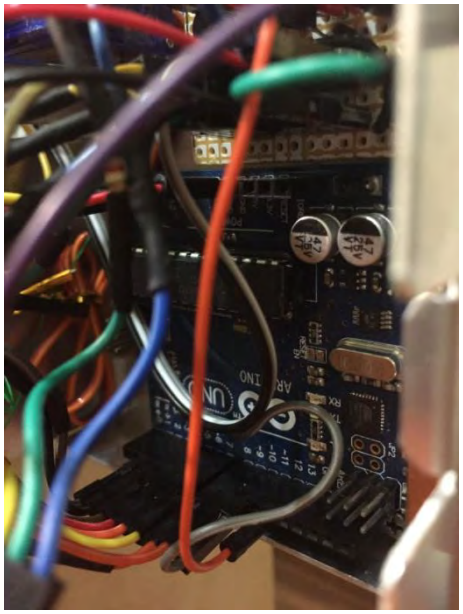
如圖十六所示，arduino 配合程式運作架構即透過單晶片與各部件連結進行運作，Pin2～Pin7 與 LCD 連結，Pin8 與溫度感測器（DHT22）連接，Pin9 與伺服馬達（Servo Motor）連接，Pin10 與溫度感測器（DHT11）連接，Pin12 與兩個電晶體 9013 連接並串聯至馬達與 LCD 背光的正負極減少耗電量，因為整個系統中最耗電的部分就是 LCD 的背光源，因此我們決定在背光源的正負極加上 9013 電晶體，儘可能地減少電源消耗，達到節能減碳的效果，PinA0 與光敏電阻連接讀取數值判斷光線有無，正極（VCC）（+5V）與 LCD、伺服馬達、DHT22、DHT11、光敏電阻、9013 互相連接，負極亦同，便完成了電路的連接，只要將電源接上即可進行運作。



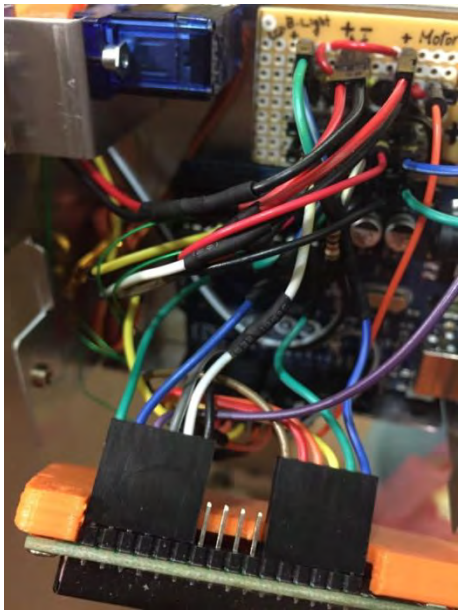


圖十七、圖十八 Arduino 板接線圖



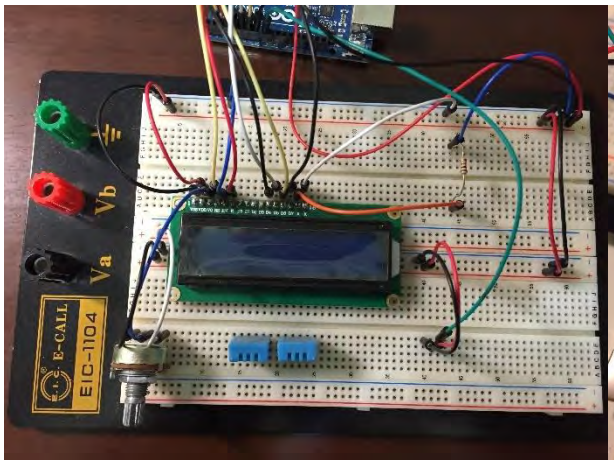


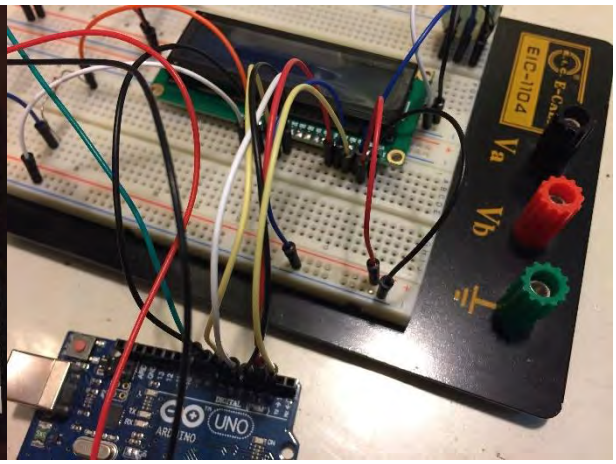
圖十九、圖二十 Arduino 板接線圖



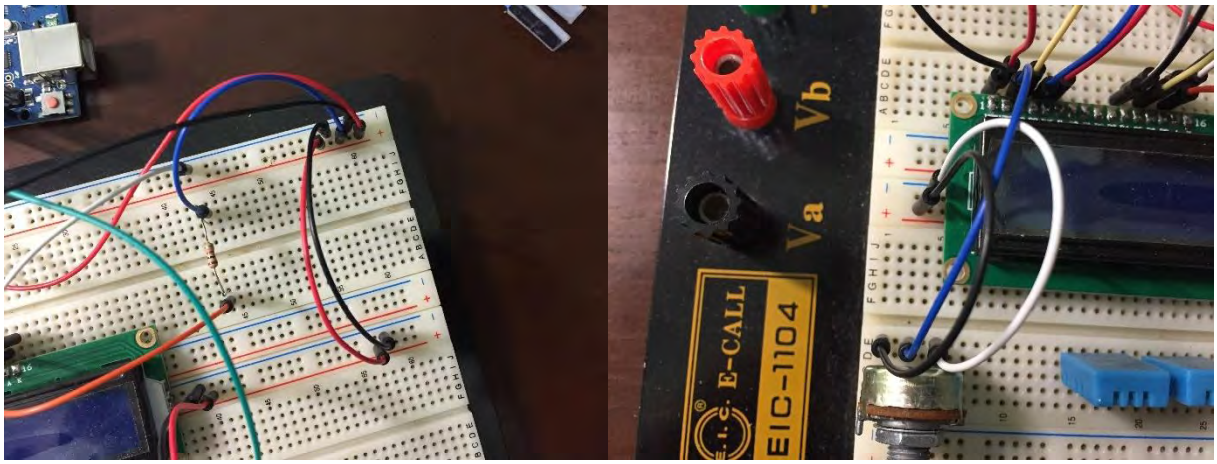
圖二十一、圖二十二 Arduino 板接線圖

圖十七　至　圖二十二為此次實驗所使用的 Arduino 板，一切的程式判斷與機械控制皆在這塊板子上完成。



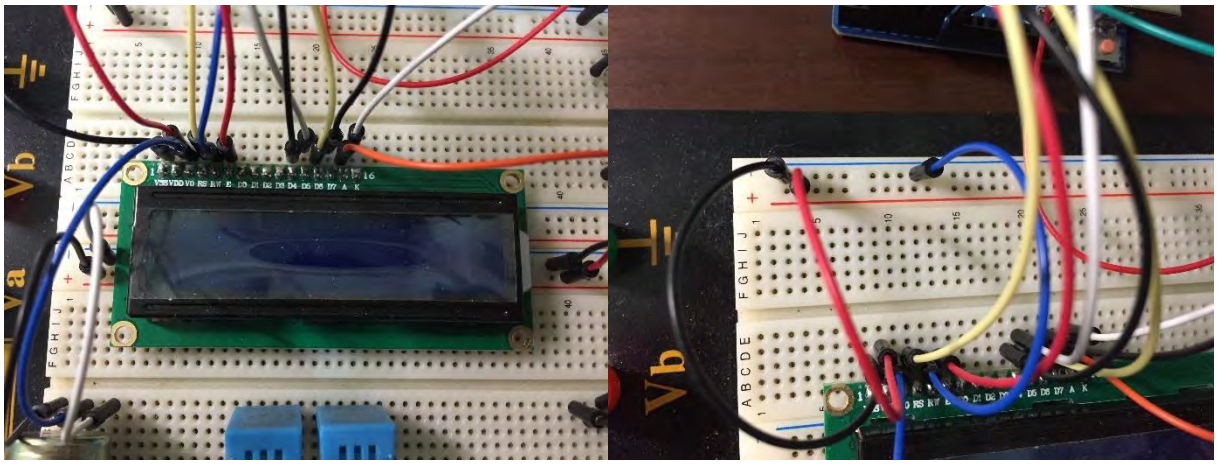


圖二十三、圖二十四 LCD 系統接線路圖

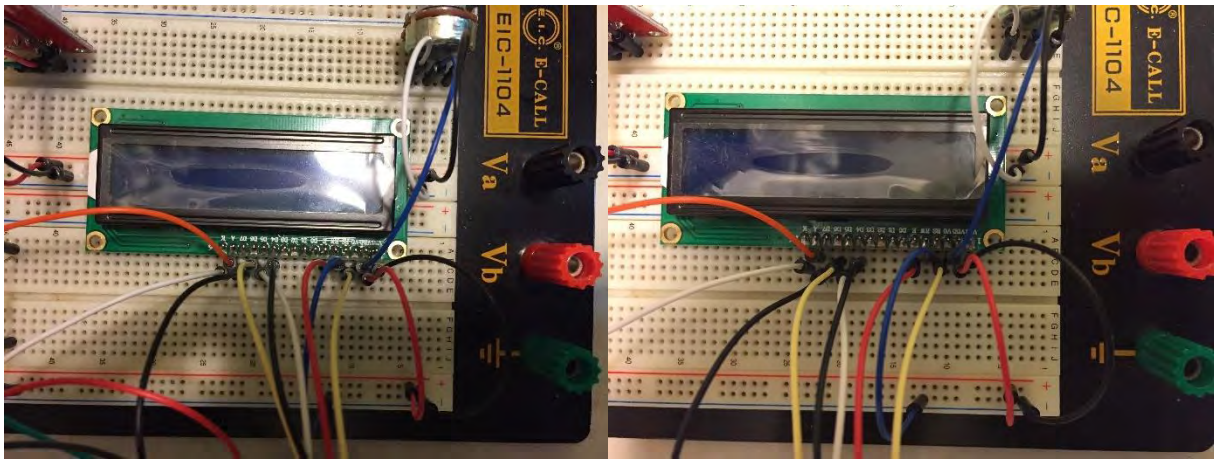


圖二十五、圖二十六字體及背光電阻接線圖

圖二十三、圖二十四為 LCD 的整體接線圖，字體的部分使用 1KΩ的電阻進行亮度調整如　圖二十五，背光則使用 10KΩ的可變電阻依照電壓進行調整如　圖二十六。



圖二十七、圖二十八 LCD 接線圖



圖二十九、圖三十 LCD 接線圖

圖二十七　至　三十因為 LCD 本身的接線與其他的電子相比複雜許多，於是在此將細部接線更詳細的顯示出來，通電後即會顯示馬達的運作狀態、溫度感測器所讀取的數據等。

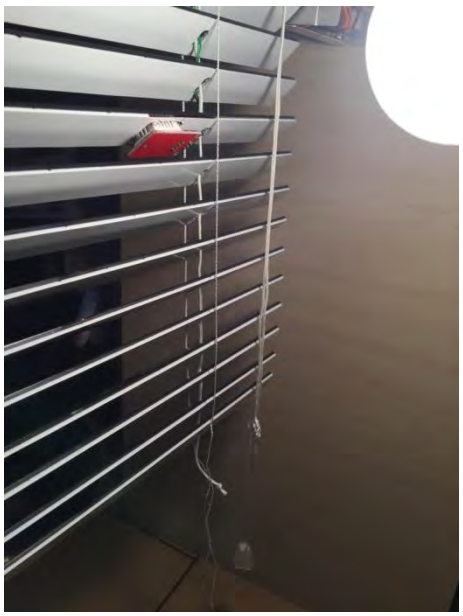
圖三十一實驗圖

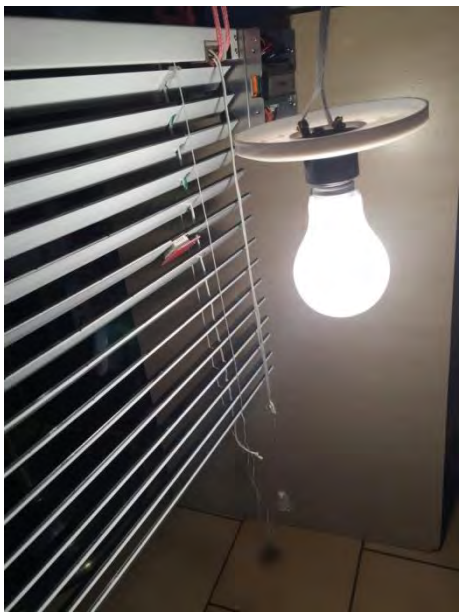
圖三十一為進行實驗數據收集前的整體系統圖，以燈泡所在面訂為向陽面，不論何面面向太陽皆無所謂，系統啟動後會自動偵測室內溫度決定應該將何面面向太陽。

圖三十二、圖三十三低溫加熱至高溫圖

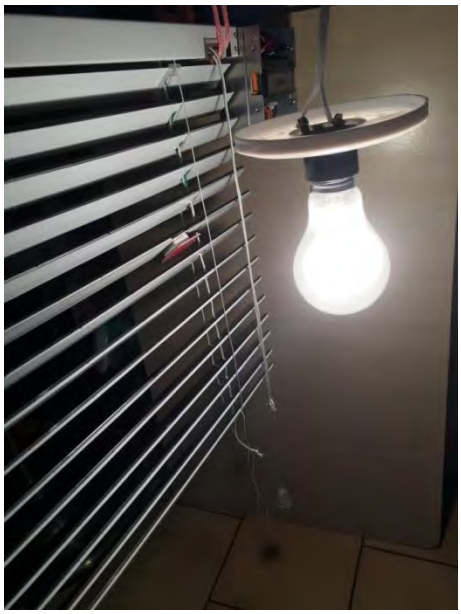
圖三十二上的狀態為溫度處於低溫加熱至高溫的途中，因此程式判定需將黑色吸熱面朝向太陽面進行吸熱的動作，為了加速實驗數據的取得我們在此將溫度設定為低溫為 20℃，高溫為 25℃，隨著時間的推移，溫度在 LCD 的顯示上有逐步上升的趨勢。

圖三十三　為　圖三十二的側面運作圖，能夠從不同角度更清楚的了解整體程式運作的情形。





圖三十四、圖三十五高溫時散熱圖



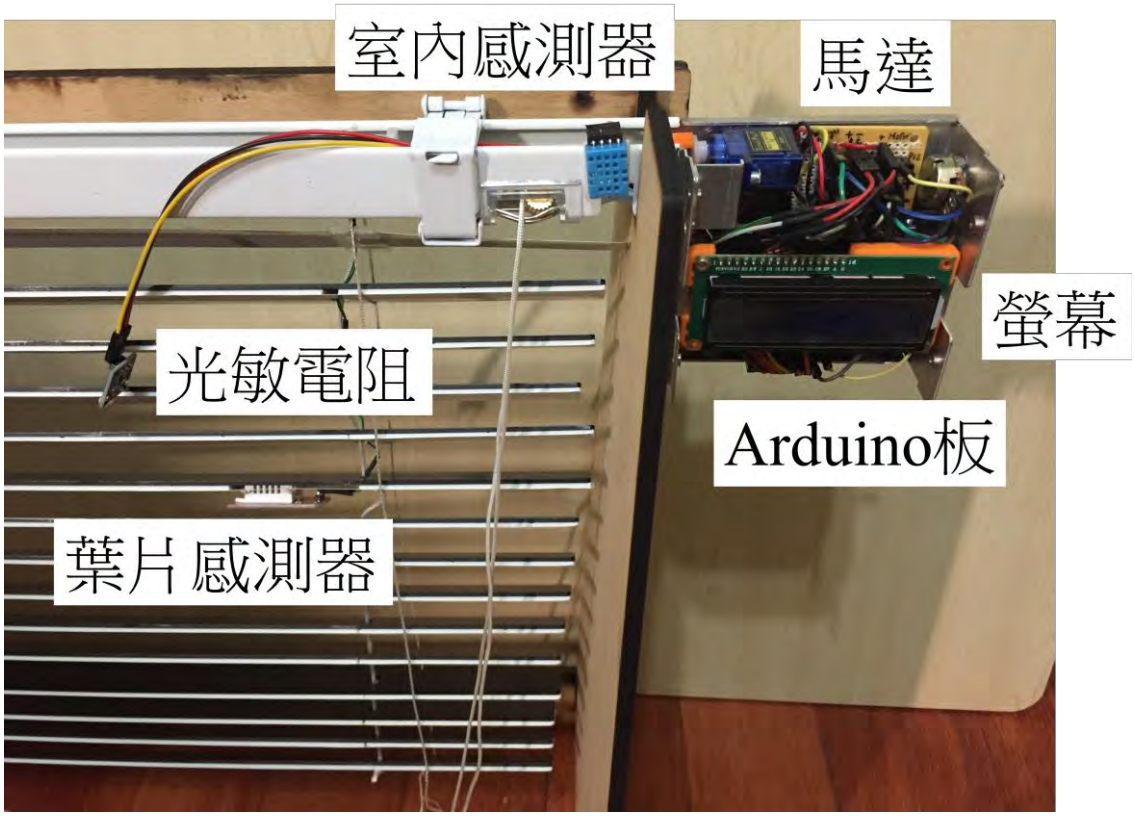
圖三十六高溫時散熱圖

圖三十四為當加熱溫度到達所設定的臨界值時，系統自動判斷應該將白色隔熱面轉至向陽面將　圖三十二及圖三十三作動時所吸收的熱能發散至室內環境中並阻擋更多不必要的陽光進入室內。

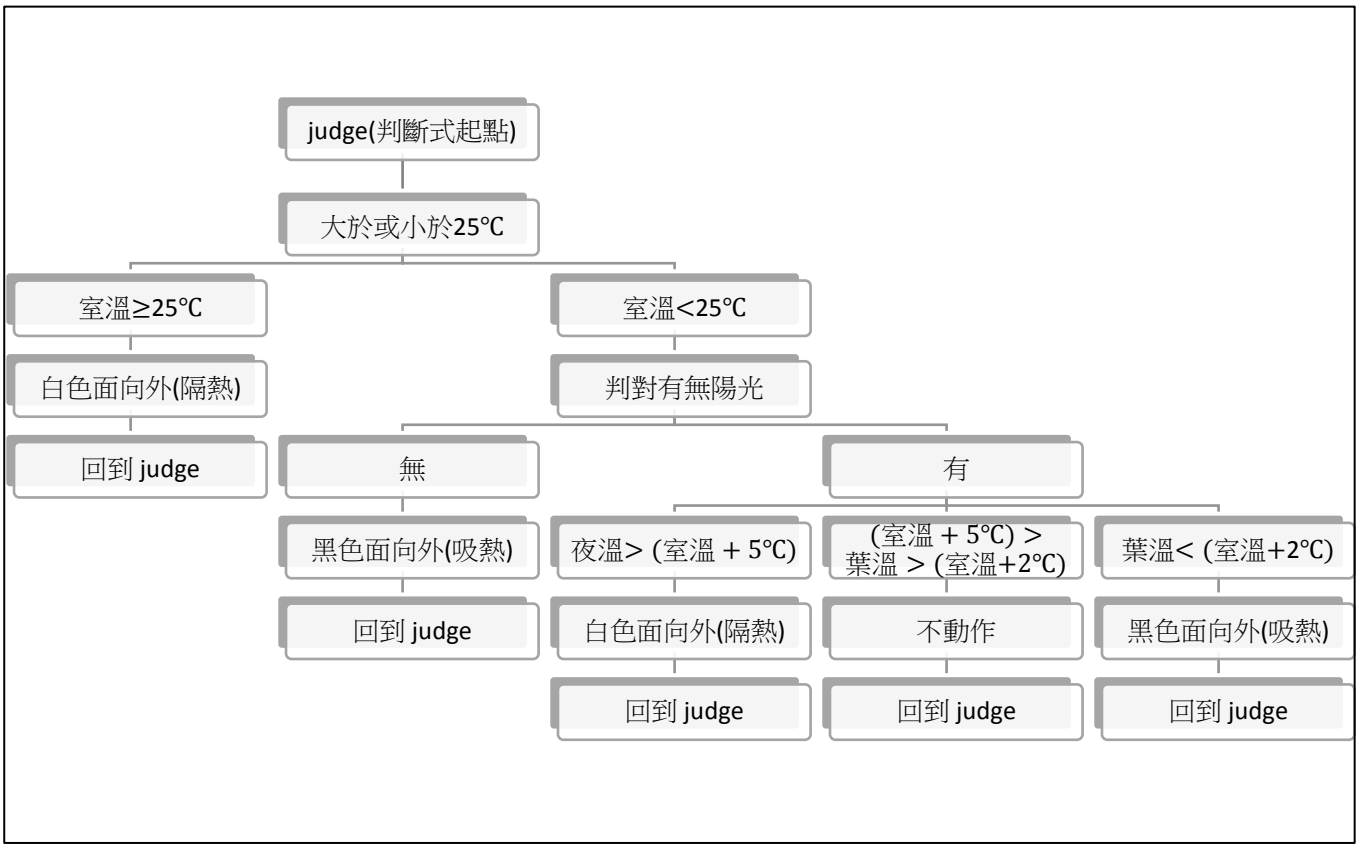
圖三十五、圖三十六　為　圖三十四的側面運作圖，能夠從不同角度更清楚的了解整體程式運作的情形，此時系統正在執行翻面並散熱的程序。

圖三十七、圖三十八高溫時停止加熱圖

圖三十七、圖三十八是為了計算鋁百葉窗的效率值為何，從上述的效率公式可以知道，效率是由熱源吸收除以熱量釋放，我們將實驗設計成高、低溫的溫度分別乘以高、低溫的時間再除以二，有了溫度及時間，我們就可以算出效率值。



圖三十九硬體配置



圖四十 程式判斷流程

陸、討論

經過了多次的實驗以及探討各項影響實驗的因素之後，我們提出以下幾點作出討論：

（一）色料實驗

之所以會選擇黑色作為吸熱面，是因為黑色會吸收所有太陽的光線，無法產生反射，進而將熱能儲存，白色的原理則和黑色恰好相反，因為白色會反射所有太陽的光線，產生反射，隔絕熱能。

（二）料材實驗

之所以選擇以鋁作為此次實驗的主要材料，是因為與各種材料比較後，鋁的特性略勝一籌，較符合此次實驗所探討的各項特性，最重要的是因為鋁容易取得，日常生活中隨處都很常見，因此從各項材質的挑選中脫穎而出。

（三）翻轉系統

由於 Arduino 系統的簡易性，使得程式的撰寫大幅度的簡化，所撰寫的感測器與馬達的程式碼在實驗中成功地達成了預期的想法。

柒、結論

本次研究經過各項實驗、數據收集、統整、分析，以黑色鋁板作為吸熱面，用白色鋁板當成隔熱面，中間以泡棉膠帶耦合、並且以電子電路控制百葉窗翻轉、成功地設計出會翻轉的百葉窗，以下為本研究所做出的結論：

一、黑色適合塗在吸熱面上，白色適合塗在隔熱面上。

二、隔熱面使用材質為泡棉膠帶，既有黏合功能，也有儲熱功用。

三、經由電子電路的控制，百葉窗可以更有效地控制室溫

四、鋁的使用降低了實驗難度，容易取得外，重量也輕。

五、我們預估，鋁的使用大幅度的增加此次實驗的可行性。

綜合以上幾點，如果未來太陽能板的轉換效率有所提升，將有很大的機會可以將此設計應用在更大、更重的百葉窗上。

捌、參考資料及其他

一、孫駿榮、吳明展、盧聰勇（2012）最簡單的互動設計 Arduino 一試就上手碁峯資訊股份有限公司

二、陳興財、王敏男(2012)。電子學實習 I。台北市：五南圖書出版股份有限公司。

三、陳鴻賓、高適德(2001)。金屬物理性能及試驗。金華科技圖書。

四、宋佩瑄、黃馨(2006)。土木工程材料學。大中國圖書公司。

五、顏秀崗(2000)。材料科學與工程。金華科技圖書。

六、土木材料(1998)。新文京開發。

【評語】052321

本作品主要研究會自主翻轉的百葉窗，使其能隨室內溫度調整百葉窗角度，以達成冬暖夏涼的功能。本套系統包括應用 Arduino 微處理、溫度感測器、光感測器、葉片感測器及伺服馬達等。設計理念具節能概念，實驗上若能加強量化性能分析，會更具完整性。

作品海報

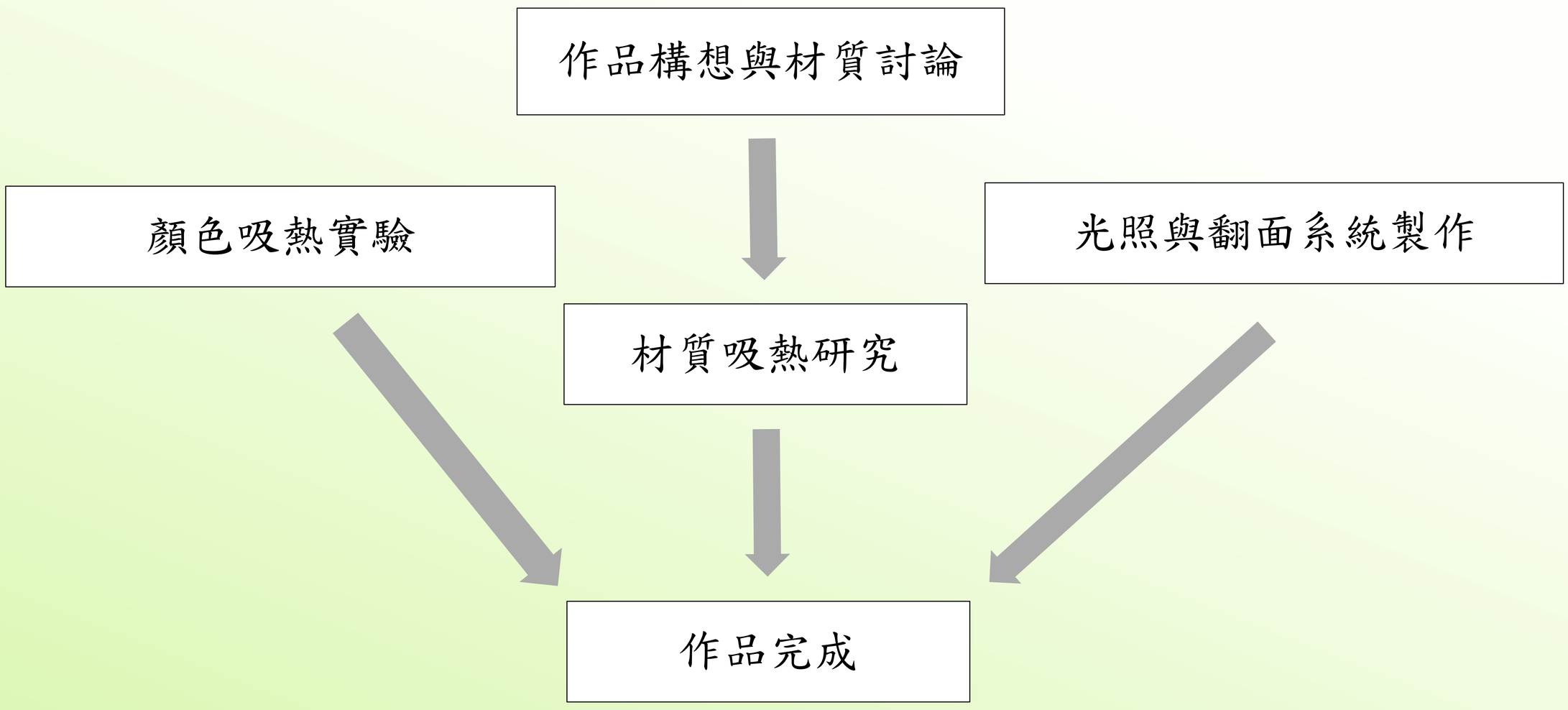
壹、摘要

本作品將百葉窗葉面分成黑色與白色，並依據溫度和光線維持室內溫度舒適。

貳、研究動機與目的

一、從實驗中探討百葉窗的材料與顏色，並從中選出適合的材質與顏色。
二、使用微電腦，不需要人力控制，可調節室內溫度達到省電的功能。
三、能依據室內溫度以及光線進行自動翻面。

參、研究方法



肆、研究結果

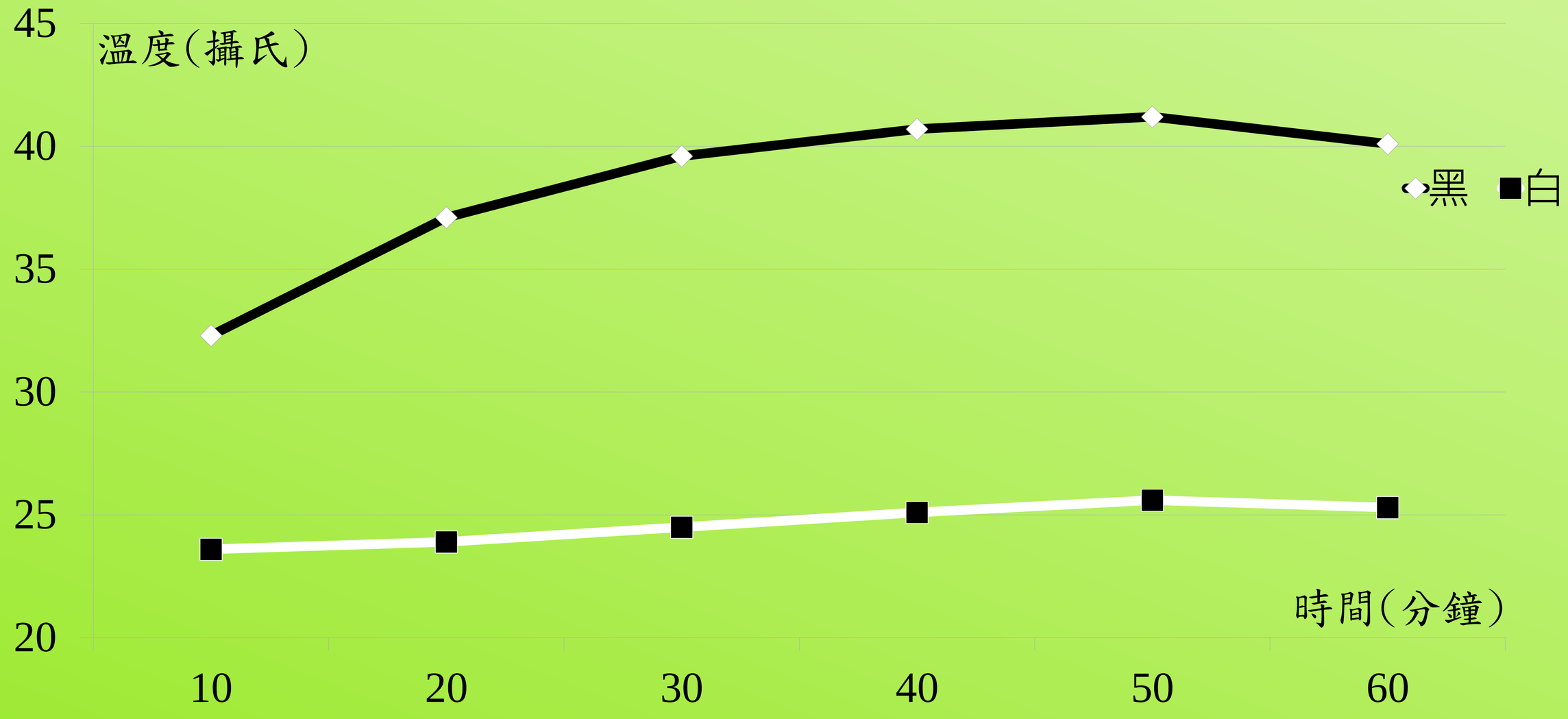
一、色料之吸、隔熱實驗

實驗指出需要吸熱的色料需用深色的色料，而需要隔熱的色料為淺色系的，以物理性質來探討應該選用何種顏色做為此次實驗的配色，黑色為最好的吸熱色料；而白色為最好的隔熱色料，實驗用木板塗上黑色與白色進行照光，如表一。

表一　不同色料加溫表(室溫23.4℃)

黑(℃)	分鐘	白(℃)
32.3	10	23.6
37.1	20	23.9
39.6	30	24.5
40.7	40	25.1
41.2	50	25.6
40.1	60	25.3

吸熱　　隔熱



二、料材之吸、放熱實驗

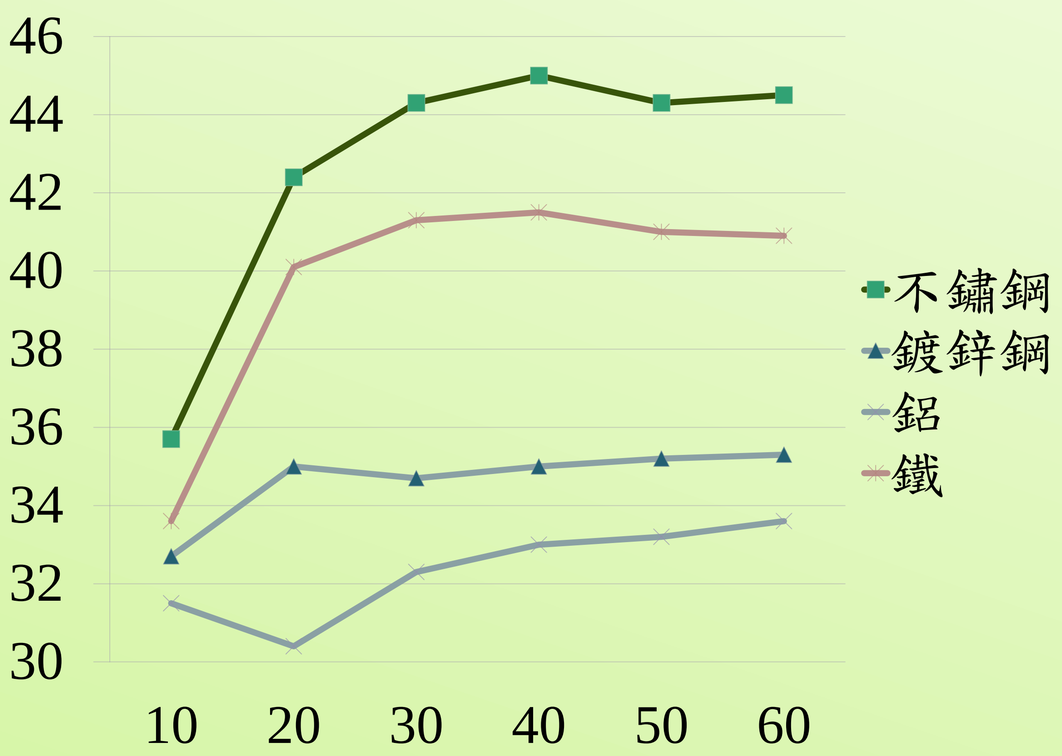
實驗結果顯示給予相同的熱量來源，資料顯示，鐵：0.113 cal/g-℃ 不鏽鋼：0.107 cal/g-℃ 鋁：0.217 cal/g-℃ 鍍鋅鋼：0.115 cal/g-℃。比熱小的上升溫度就會快，而實驗結果也認為溫度達到熱平衡後，比熱小的材質溫度也是最高的，如表二。

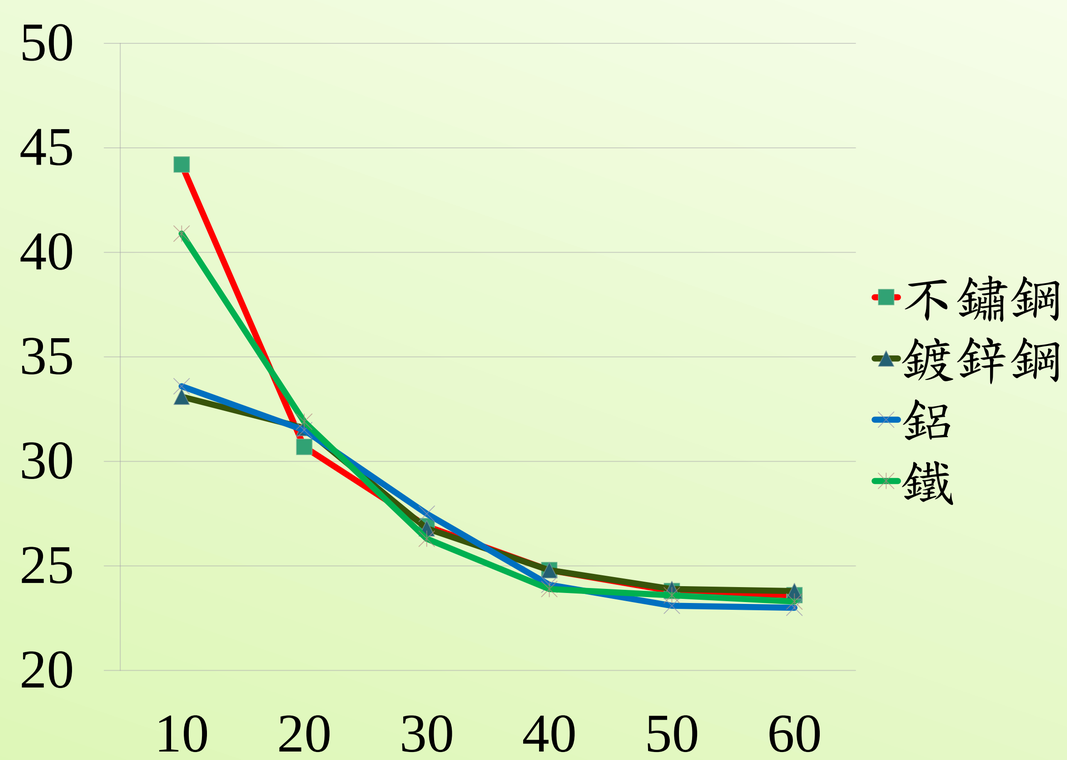
表二　材質吸放熱溫度表(室溫23.4℃)

不鏽鋼	鍍鋅鋼	鋁	鐵	分鐘	不鏽鋼	鍍鋅鋼	鋁	鐵
35.7	32.7	31.5	33.6	10	44.2	33.1	33.6	40.9
42.4	35	30.4	40.1	20	30.7	31.6	31.5	31.9
44.3	34.7	32.3	41.3	30	26.9	26.8	27.5	26.3
45	35	33	41.5	40	24.8	24.8	24.1	23.9
44.3	35.2	33.2	41	50	23.8	23.9	23.1	23.6
44.5	35.3	33.6	40.9	60	23.6	23.8	23	23.3

吸熱

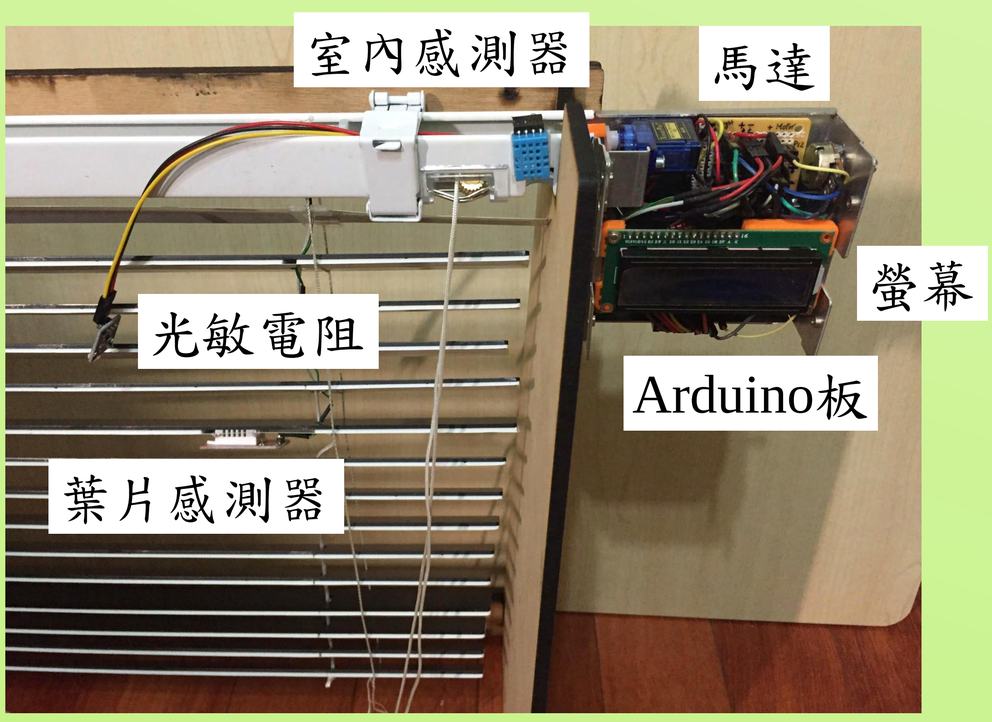
放熱



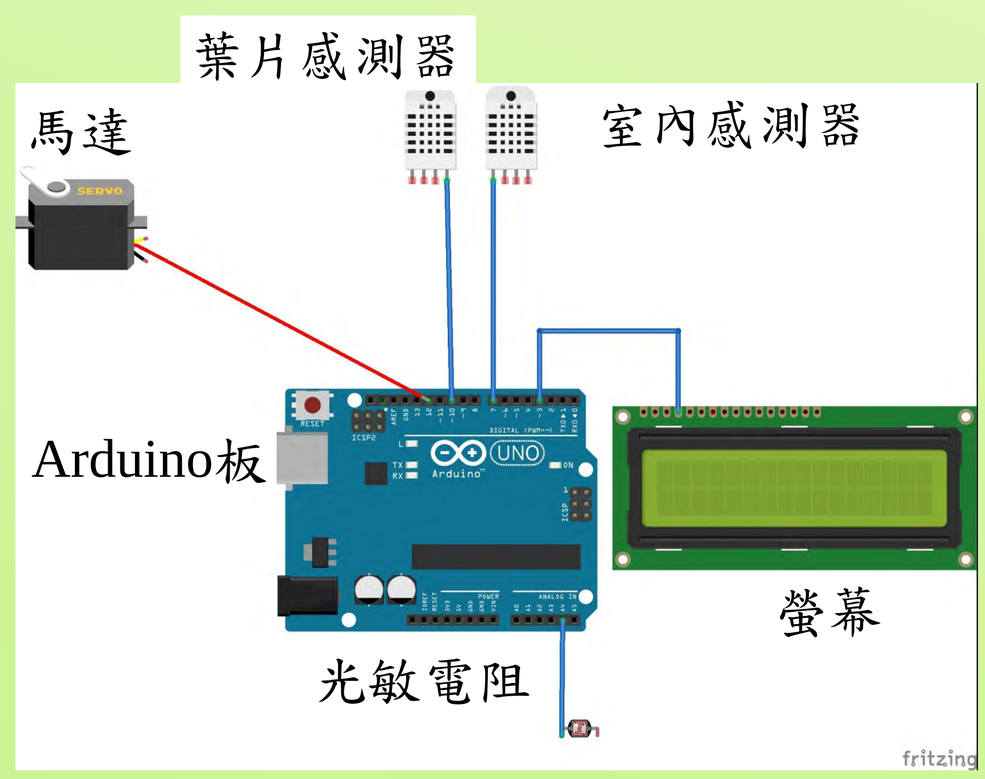


三、翻轉系統

本控制電路根據室內感測溫度及室外太陽光之強弱，以伺服馬達自動控制百葉窗葉面進行翻面，進而做出符合綠能環境的溫度控制系統。



圖一　硬體配置



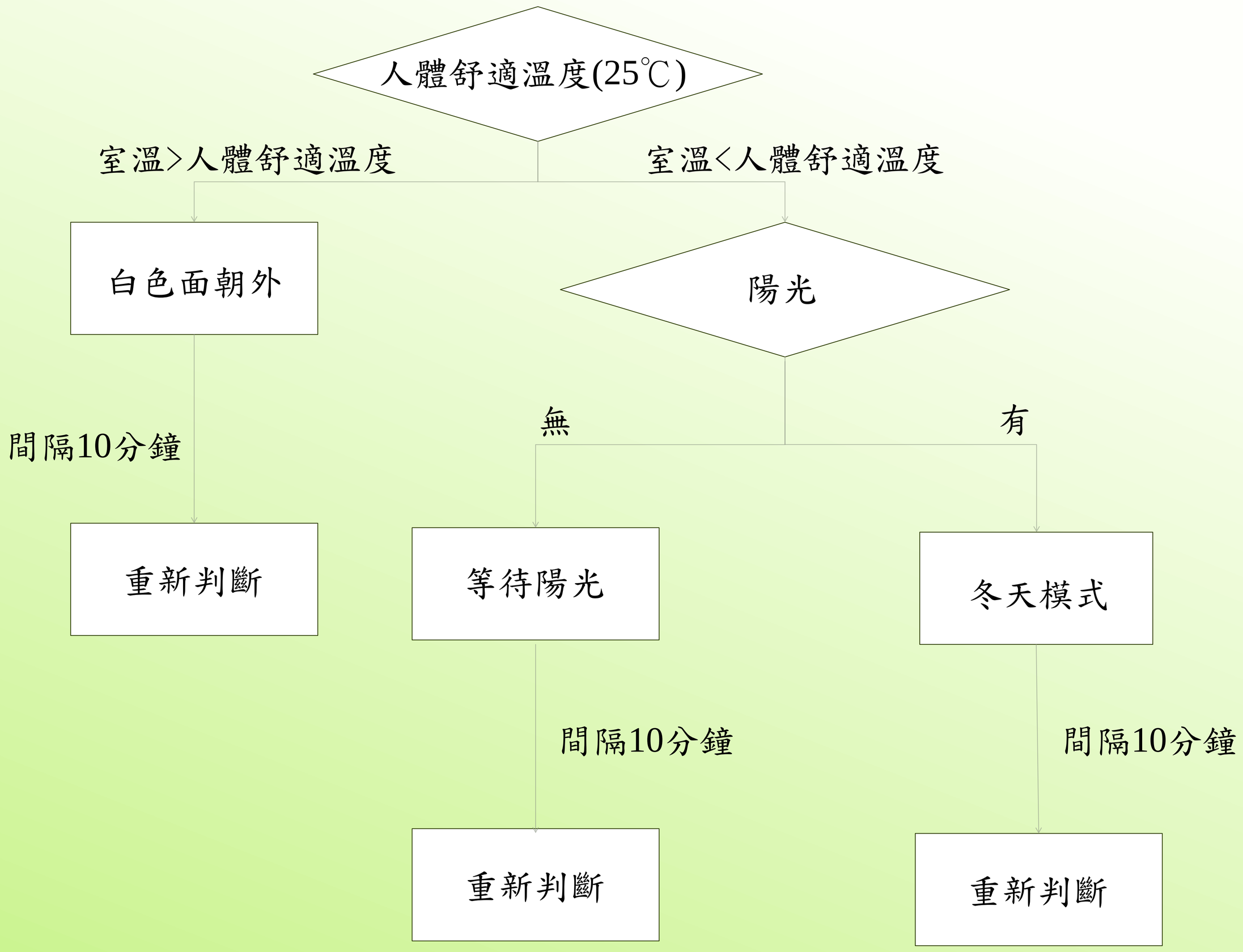
圖二　系統架構圖

溫溼度感測器啟動後，偵測室內環境溫度與葉面溫度並整合光敏電阻，依照系統內所預設的數值判斷室內溫度是否維持在令人感到舒適的環境中。

當溫度高於程式所預定的數值時，將白色隔熱面向外反射光線。

若低於預定值時，則使用光敏電阻判斷是否有外在的太陽光線，如果有光線則判斷葉面溫度是否大於或小於甚至是介於室內環境的高溫與低溫之間，大於則將隔熱面向外阻隔熱量，小於則將吸熱面向外吸收熱量，介於中間值則不動作。

低溫且沒有光線時，將吸熱面向外等待陽光。



伍、討論與結論

本次研究經過各項實驗、數據收集、統整、分析，以黑色鋁板作為吸熱面，用白色鋁板當成隔熱面，中間以泡棉膠帶耦合、並且以電子電路控制百葉窗翻轉、成功地設計出會翻轉的百葉窗，以下為本研究所做出的結論：

一、黑色會吸收太陽光所以適合塗在吸熱面上，白色則反射太陽光所以適合塗在隔熱面上。
二、隔熱面使用材質為泡棉膠帶，既有黏合功能，也有儲熱功用。
三、由arduino系統的控制，百葉窗可以簡單、有效地控制室溫。
四、鋁的使用降低了實驗難度，容易取得外，重量也輕。
五、我們預估，與各種材料比較後，鋁的特性略勝一籌，較符合此次實驗所需要的各項特性。