

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 工程學(一)科
(鄉土)教材獎

052316

光學自動追日加熱器

學校名稱：國立彰化師範大學附屬高級工業職業學校

作者： 高二 陳榕庭 高二 康智翔 高二 程冠裴	指導老師： 吳孟賢 林允正
---	-----------------------------

關鍵詞：追日加熱機電系統、myRIO、圖形化視線外
監控

摘要

本組發現了菲涅爾透鏡有短焦距的效果，因此可達到良好的聚焦加熱，又太陽因地球自轉，有了這幾點動機，所以本組決定採用 myRIO 做為控制器再搭配 Wi-Fi 遠端的無線監控、步進馬達的驅動、菲涅爾透鏡的短焦距，以達到聚焦加熱完成自動追日加熱的系統。

本組作品可 Wi-Fi 無線監控，分為手動聚焦加熱、自動聚焦加熱。但因晝夜長短不同、四季不同，所以本組利用四顆光敏電阻 (CDS) 進行光源方向感測，做出 16 種狀態的真值表，讓實際值與設定值進行比較判斷並且二值化，形成一個閉迴路控制；使用 myRIO 控制器和 LabView 可圖形化程式設計、虛擬儀表的人機介面做搭配，可透過人機介面可無線監控，最後再由菲涅爾透鏡的短焦距進行聚焦加熱，達成較佳的加熱效率。

壹、研究動機

本組發現太陽光可透過菲涅爾透鏡進行加熱，因晝夜長短、四季的不同，使菲涅爾透鏡的加熱焦點，會隨太陽移動而改變，導致加熱效率不佳。目前地球能源短缺和環境問題，提升綠色能源使用效率已迫在眉捷，本組有找到四種追日系統，如下表 (1) 所示，本組希望可以結合各組追日系統的優點，同時透過菲涅爾透鏡陽光加熱技術，以提升太陽能加熱效率，將光機電控制整合技術，應用在物品 (液體、水...等) 加熱上，期許為地球盡一份心力。

表 (1) 追日系統優缺點比較

名稱	以 RC 伺服機驅動[1]	以直流馬達驅動[2]	以步進馬達驅動 [3]	主動式追日系統[4]
圖片				
優點	機構簡單，價格低廉，易製作。	使用組合邏輯設計驅動電路，不須程式編寫。 使用推桿馬達扭力較大一些。	配合 PSoC 單晶片省下許多副程式撰寫的時間與其繁複的地方。	不需感測器，用查表法對應日期、時間位置，資料精準則控制精準。步進馬達扭力大。
缺點	扭力不足、不易修改感測器閾值。RC 馬達扭力不足。	感測及控制皆以硬體電路設計無法修改感測器閾值。	追日穩定性差，所收集到的能量密度低，只能固定地點的去追尋光源。	須初始校正，包含機構方位及人機介面，初始設置過程較為複雜。不適合如船舶等應用。

貳、研究目的

基於以上的研究動機與文獻探討後，我們想要設計一個以步進馬達為致動器的兩軸追日系統，以達到穩定、精準、扭力大、好控制及容易適應不同季節及機構設計的追日環境需求。在感測器和控制器的追日控制部份，我們融合了主動式和被動式的優點，以便宜、簡單的光敏電阻分壓電路作為感光元件（透過人機界面可隨時監測紀錄光強度），另外在控制器部份，搭配主動式控制的查表法，僅以不到 16 種 Case 完成查表法的馬達控制系統（閉迴路控制）。此外，為了解決純主動式追日系統在機構初始設置及馬達初始設定（因無法自動追日須輸入精準的日期、時間）的問題，我們另外設計了手動視線外遙控模式，讓使用者可以透過 WiFi 在另一個場域遙控兩軸馬達至定位，透過 LabVIEW 人機界面完成精準監、控，再啟動自動模式進行追日，同時將物聯網及機電整合（機器人控制）的概念融入傳統的追日系統。

（一）高精度光源方向感測：可主動感測太陽(光源)的 16 個方位。

（二）利用 myRIO 控制器透過 LabVIEW 圖形化程式設計。達到以下功能

- 1.可感測 4 個光線方位，透過接收光敏電阻電壓，感測及自動記錄光源強弱。
- 2.利用 LabVIEW 自行設計圖形化人機介面，達成虛實整合。
- 3.利用四個虛擬儀表，顯示四個方位照度的物理量(連續 0~4,最強為 4,最弱為 0)。
- 4.可設定感測器閾值（光敏電阻照度決斷值），進行二值化分析，以黃色燈號呈現。
- 5.經二值化分析後，可排列組合出 16 種光源方位，並完成 16 種狀態下二軸步進馬達（200 步進角）對應的運動控制（轉向及轉速）。
- 6.用工業級金屬積木，自行設計機構，使菲涅爾透鏡在追日過程中，維持焦點不變。

（三）遠端視線外無線監控：可在中控室遠端，切換手/自動模式，進行視線外監控。

- 1.手動遙控模式：可透過儀表顯示二軸步進馬達角度位置，與搖桿控制項的狀態。
- 2.自動模式：結合物聯網大數據及機電整合（機器人控制）的追日系統。

（四）資料記錄與分析：全自動定時記錄整個追日與加熱過程中，即時光源與水溫數據，於實驗後自動輸出至 Excel 檔，以利進行後續大數據分析。

（五）探究一杯水，若僅由陽光加熱，對比於加上短焦距菲涅爾透鏡與追日系統後，是否能有效提高太陽光經透鏡對物品（液體、水...等）的加熱效率？

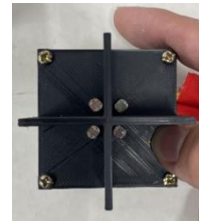
參、研究設備與器材

本組科展作品，根據研究目的，所需使用設備如下，整理如圖（1）到圖（8）：

- 一、光敏電阻：會隨著光亮度的不同，而有所不一樣的電阻值。
- 二、3D 列印物件：使用電腦想要的物件繪製出來，再用 3D 列印機列印出來
- 三、AC-DC 變壓器：透過轉換，將高伏特數的交流電轉換成低伏特數的直流電。
- 四、myRIO：利用內建 FPGA 和微處理器的應用程序。它需使用 LabVIEW 來撰寫程式。
- 五、步進馬達：利用脈波電流控制馬達，使馬達能轉到特定角度定位準確度較高。
- 六、金屬積木：全金屬質地的積木，可用於各種抹型的裝配，且有較高的機械強度。
- 七、菲涅爾透鏡：把傳統透鏡內多餘的材料去除，跟凸透鏡差別在於它焦距更短。
- 八、溫度感測模組：DS1820 溫度感測模組



圖（1）光敏電阻



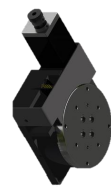
圖（2）3D 列印物件



圖（3）AC-DC 變壓器



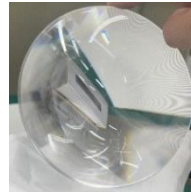
圖（4）myRIO



圖（5）步進馬達



圖（6）金屬積木



圖（7）菲涅爾透鏡

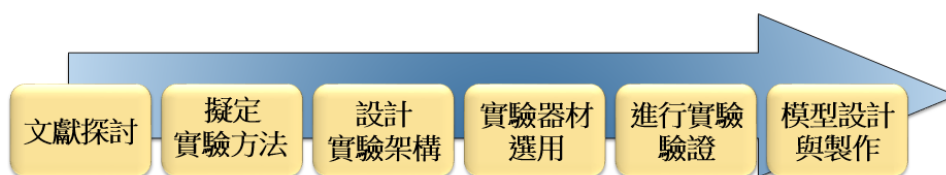


圖（8）溫度感測模組

肆、研究過程及方法

一、研究流程

本科展採用的方法為專題法，透過上述的研究目的進行文獻的探討、擬定實驗的方法，從方法中設計出實驗的架構，實驗的器材利用文獻探討所得到的結論，挑選出最佳的實驗器材，有了以上這幾點，開始進行實驗的驗證，最後硬體端與軟體端的設計及配合。本組研究流程如下圖（9）所示：



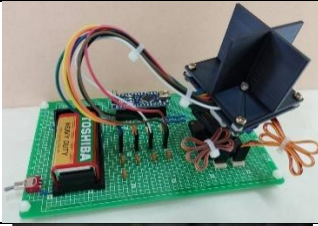
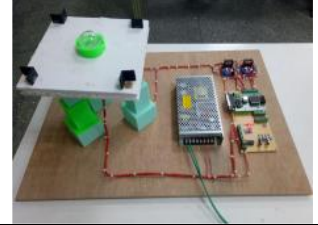


圖（9）研究流程圖

二、文獻探討與實際應用

(一) 追日系統比較

第一種使用 Arduino 控制器，RC 伺服機的馬力不足控制器不好，只適用於現場教學及展示模型；**第二種**使用 CPLD 控制器，扭力雖然大一些但只適用在中小型系統上；**第三種**使用 DS1307 控制器，只可在固定地點追尋光源；**第四種**使用單晶片（AT89S52）控制器，需要建立大量的資料庫。本組探討以上四種不同追日系統，如下表（2）所示，同時對上述四種追日系統，進行名稱、圖片、感測、驅動、致動、機構、控制器優缺點分析與比較。

表（2）追日系統基本比較

名稱	圖片	感測	驅動	致動	機構	控制器
以 RC 伺服機驅動[1]		光敏電阻 加十字隔板	直接 PWM	2 軸 RC 伺服機	3D 列印 或塑膠 套件	單晶片 (Arduino)
以直流馬達驅動[2]		光敏電阻 分散，中間 區域可置 放太陽能 板。	L298N	3 軸直 流馬達	3D 列印 設計成 推桿馬 達	CPLD、 電子電路
以步進馬達驅動 [3]		利用 Real Time Clock 實時時鐘。	PSoC	2 軸步 進馬達	金屬機 械架構 組合	DS1307
主動式追日系統[4]		主動式，不 需感測器	步進馬 達驅動 器	步進馬 達	由馬達 轉軸直 接耦合 輸出	單晶片 (AT89S52)

追日系統比較的優缺點與應用：

第一種雖然機構簡單易製作，但扭力不足、不易更改閾值，所以只適用在教學現場，模型展示。**第二種**編寫程式簡單，但不易修改感測到閾值，而又扭力雖然大一些，但也只

適用在中小型系統上。**第三種**省下很多編寫程式的時間，但收集到的光源密度低，又只能固定地點的去追尋光源。**第四種**可用精準的查表查出太陽的行走軌跡，且使用的步進馬達扭力夠大，但是需要事先建立大量的資料庫，而不適合用在行進中的場域上。

因此本組透過優缺點比較，討論出能解決各項缺點的一個裝置下，如下表（3）所示：

表（3）追日系統優缺點比較

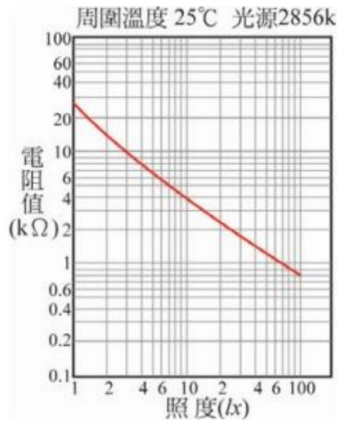
名稱	圖片	優點	缺點	應用
以 RC 伺服機驅動[1]		機構簡單，價格低廉，易製作。	扭力不足、不易修改感測器閾值。RC 馬達扭力不足。	教學現場，模型展示。
以 直流馬達驅動[2]		使用組合邏輯設計驅動電路，不須程式編寫。使用推桿馬達扭力較大一些。	感測及控制皆以硬體電路設計無法修改感測器閾值。	中小型太陽能儲能系統搭配導光管之室內照明。
以 步進馬達驅動 [3]		配合 PSoC 單晶片省下許多副程式撰寫的時間與其繁複的地方。	追日穩定性差，所收集到的能量密度低，只能固定地點的去追尋光源。	定點位置的陽光收集。
主動式追日系統[4]		不需感測器，控制器內使用查表法以日期、時間對應馬達的位置，資料精準則控制精準。步進馬達扭力大。	控制器查表資料龐大事先需要建置，若僅為一軸控制則需要配合季節調整方向。一開始需進行初始校正（包含機構設置的方位及需要有人機介面配合設置輸入），初始設置過程較為複雜，人機介面設計反而複雜。另外，不適合如船舶等須頻繁校正的場域。	屋頂，太陽能發電及儲能。

本組選擇步進馬達扭力大的優點，並可改善複雜的程式、硬體，以及固定地點的缺點。

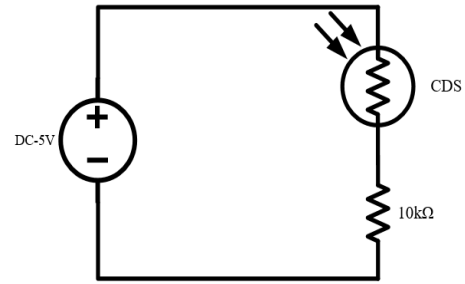
討論：經比較後，本組採用 myRIO 控制器，用 LabVIEW 寫程式與工業級的步進馬達，可更容易調整閾值，且具有圖形化的人機介面監控，馬達可提升扭力，再加上透鏡可進行加熱，做為本組「光學自動追日加熱器」主要的核心設備與材料。

(二) 光敏電阻

光敏電阻的原理是，當光照射在光敏材料上時，光子能夠激發出光敏材料中的電子，進而改變半導體材料之間的電阻值。當光強度增加時，光敏電阻的電阻值會減少，當光強度減少時，光敏電阻的電阻值會增加，如圖（10）所示。



圖（10）光敏電阻器的電阻器－照度曲線



圖（11）一顆 CDS 為例

當加外加 5V 時，如圖（11）接線。利用克希荷夫電壓定律可推得 V_{cds} 、 V_{10k} 會因為電阻值大小的不同，而產生不同的壓降。 $(V_{R_{Cds}} = \frac{R_{Cds}}{10K\Omega + R_{Cds}} \times 5V)$ 。

不同的照度會造成光敏電阻 $R_{c ds}$ 的電阻會不同，本組使用四顆光敏電阻，進行光源方向的判別，分別利用 CDS1~CDS4，照度高時，光敏電阻 $R_{c ds}$ 小，所測得電壓小；照度低時，光敏電阻 $R_{c ds}$ 大，所測得電壓大。如表（4）所示。

表（4）四顆 CDS 亮暗電壓的差異

光敏電阻	亮	暗	中間值	$V_{R_{CDS}}$ (暗)	$V_{R_{CDS}}$ (亮)
CDS1	0.5kΩ	16kΩ	8.25kΩ	4.76V	1.92V
CDS2	0.4kΩ	22kΩ	10.8kΩ	4.8V	1.56V
CDS3	0.7kΩ	20kΩ	10.35kΩ	4.67V	1.66V
CDS4	0.1kΩ	13kΩ	6.55kΩ	4.95V	2.13V

同時又測得每個光敏電阻，在最高照度時電阻與照度最低電阻，再計算出中間值，找出最適合的分壓電阻。

討論：本組利用了光強度增加時，光敏電阻的電阻值會減少，讀取電壓值大；光強度減少時，光敏電阻的電阻值會增加，讀取電壓值小，達到判斷光源位置。

(三) 控制器比較

1. myRIO：可以使用 Wi-Fi 下載程式，可使用人機介面操作使用 LabView 編成易，腳位多可以同時控制許多模組。如圖（12）。
2. Arduino：程式編寫容易電路容易擴充功能，函式庫易查詢，便宜、體積小，應用面廣泛。如圖（13）。
3. CPLD：內有多種程式邏輯閘，可使用 VHDL 等多種硬體描述法編輯，利用繪圖可省下接線的問題。如圖（14）。
4. D1 mini：有內建 Wi-Fi，使用 Python 或 Flag Black 來編寫程式，通常用於物聯網，便宜、體積小。如圖（15）。



圖（12） myRIO



圖（13） Arduino



圖（14） CPLD



圖（15） D1 mini

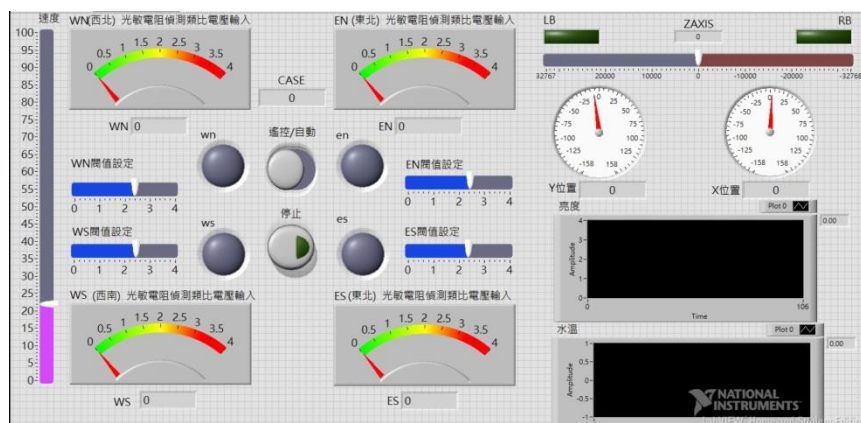
討論：本組希望可以將視覺化，Labview 有著人機介面的畫面，程式書寫的過程也因它的圖形化簡單，同時又可以無線監控，因此選用 myRIO 當我們的控制器。利用以上資料，應用本科展控制器選擇。

(四) LabVIEW 圖形化程式設計軟體、進行圖形化視線外監控

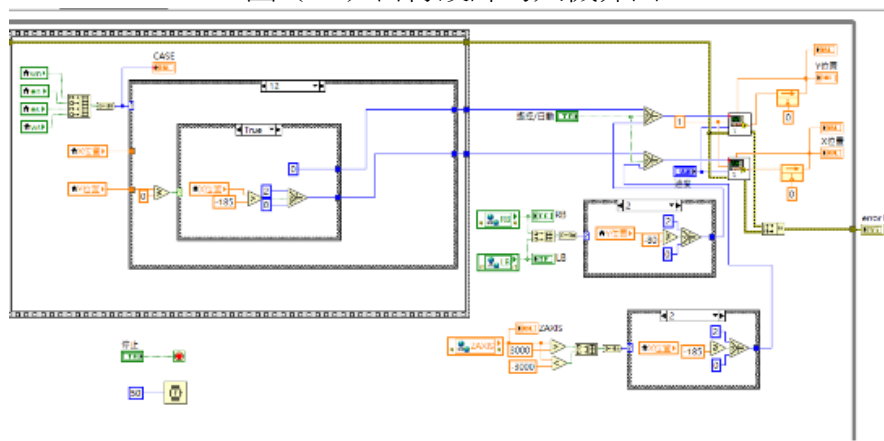
LabVIEW 的編程環境基於圖形化編程的概念，使得使用者可以透過拖放圖形化元件來編寫程式，而不需手動編寫程式碼。除此之外還具有許多內置的圖形化工具，例如虛擬儀器面板、人機介面好讓我們在視線外去做監控，如圖（16）、圖（17）所示。

圖（16）為本組設計的人機介面，包含

1. 四個光敏電阻的類比輸入值，在虛擬儀表上顯示。
2. 四個可獨立設定的閾值拉 Bar。
3. 四個二值化輸出燈號。
4. 一個可以顯示四個光敏電阻照度平均值的 WaveForm Chart。
5. 二個可指示步進馬達絕對位置（角度）的儀表板。
6. 一個可控制馬達轉速的拉 Bar。
7. 一組可顯示手動控制搖桿控制項狀態的燈號及拉 Bar。
8. 一個可以顯示及記錄，即時水溫狀態的 WaveForm Chart。



圖（16）自行設計的人機介面



圖（17）後台部份原始程式設計邏輯

討論：本組根據需求，經實際測試，利用 myRIO 控制器，透過 LabVIEW 圖形化程式設計。

達成遠端視線外無線監控，最後功能均可達成本組研究目的需求。

(五) 步進馬達與驅動器

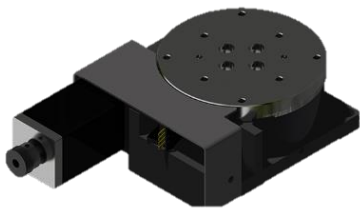
步進馬達和驅動器的組合可以通過控制驅動器輸入的脈衝信號，以控制馬達的轉動和停止。這種系統的精度取決於馬達的步進角度和驅動器的控制精度。

1. 步進馬達

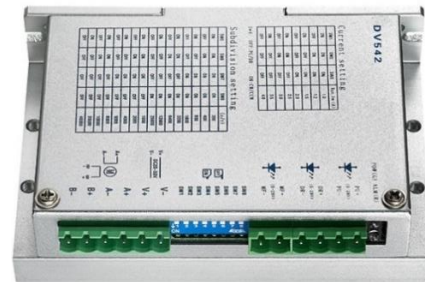
步進馬達如圖（18）所示，能夠透過逐步推進的方式來準確的控制運動位置和速度。它是一種無刷電動機，具有高精度並且能夠產生非常平滑的運動。200 步的步進馬達是指每轉可產生 200 步的步進角度，每一步的角度為 1.8 度。

2. 驅動器

驅動器如圖（19）所示，是控制步進馬達的裝置，通常是由電子電路組成，用於提供正確的電源、信號和控制命令等。



圖（18）步進馬達

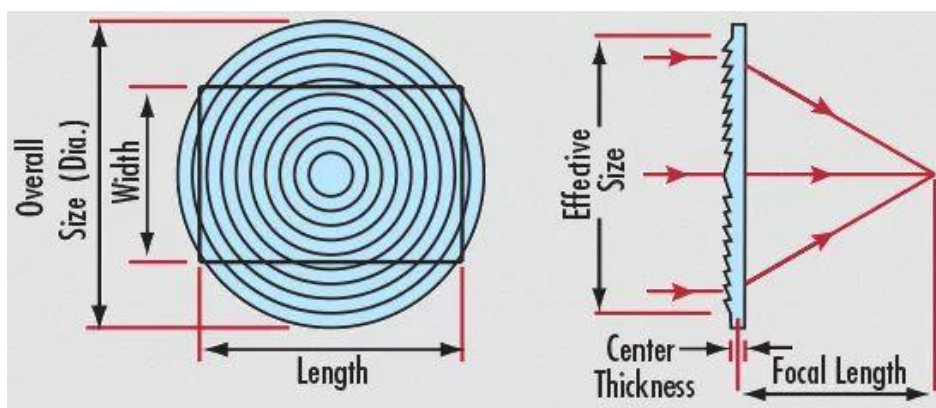


圖（19）驅動器

討論：本組科展應需精準的定位太陽光的角度和位置，且具有大扭力，因此利用工業級步進馬達做為本科展定位之用途的馬達裝置，且應用在調整機械結構之方面。

(六) 菲涅爾透鏡

菲涅爾透鏡如圖（20）所示，是由許多環狀的凸面透鏡片組成，通過對每個圓環透鏡片的微小裁切和重疊，將傳統透鏡的幾何形狀轉換為平面表面，通常用於收集、聚焦和分散光線，其特點是具有高度聚焦能力、高光透過率和優異的耐熱性能(科普，2021)。



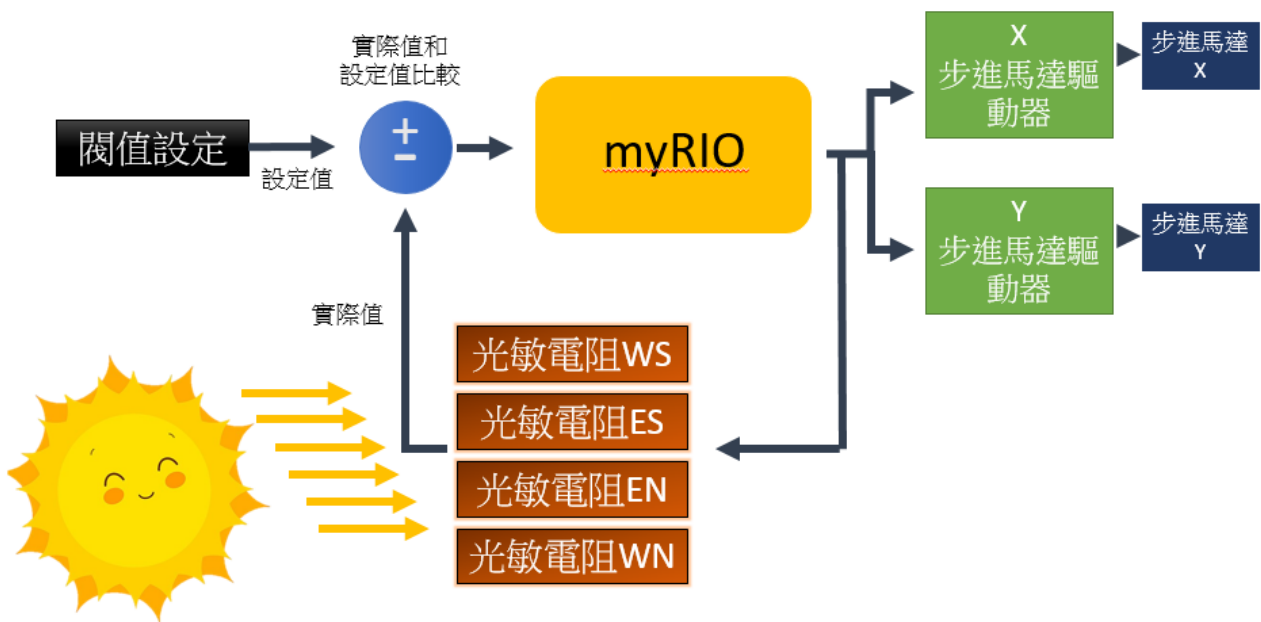
圖（20）光源焦點圖

討論：應用於本科展加熱結構之一的原件，利用短焦距的優點因而選擇此透鏡。

三、系統架構圖

本科展的系統架構圖（21）。首先設定穩定的閾值設定值，這樣四顆光敏電阻，才不會因為變化幅度過大導致不穩定；再經由太陽光的照射，使四顆光敏電阻因為不同照射角度所量測到的實際值皆有所不同，將量測到的實際值回傳至電腦，跟原始設定的設定值進行比較，並且判斷 16 個方位的轉向該如何旋轉，將判斷出的結果回傳至 myRIO 內部，驅動 X、Y 驅動器，再推動 X 軸、Y 軸馬達。

- （一）設定閾值的基準值
- （二）偵測四顆光敏電阻，與設定值比較
- （三）比較結果回傳到 myRIO 透過 LabView 圖形數值化，16 個方位的判斷
- （四）驅動二軸步進馬達

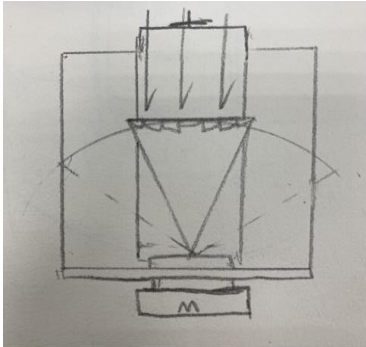


圖（21）系統架構圖

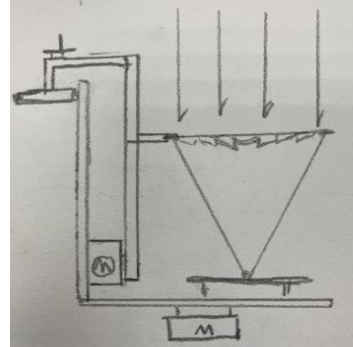
以上資料為本科展整合整體機械裝置的系統架構圖。

四、裝置空間圖

根據研究目的之研究，本組首先手繪出基本機構的草圖，畫出最建議的機械結構，如圖(22)、圖(23)所示。

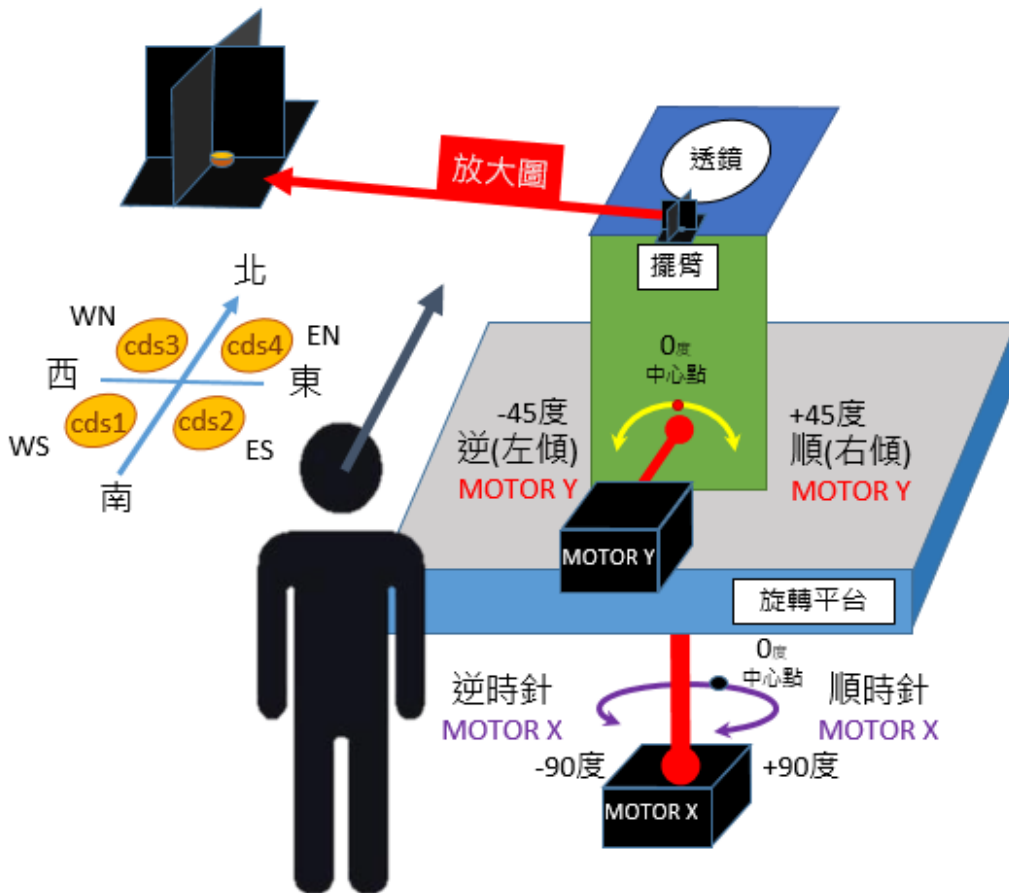


圖(22)正面結構圖



圖(23)側面結構圖

如下圖(24)所示，操控人員及設備位置一同調整至北方，整體機械裝置分別為兩個結構，上擺臂、下旋轉平台，兩者皆有死角的問題，稱為機械死點，前者的角度範圍以0度為基準點順(右傾)+45度、逆(左傾)-45度；後者的角度範圍以0度為基準點順時針+90度，逆時針-90度。四顆光敏電阻以東南西北的方位作為命名，分別為WS、ES、EN、WN。



圖(24)架構實際圖

五、研究過程實驗

(一) 實驗一：光敏電阻光感測實驗

本組採用四顆光敏電阻，利用上述單顆的分析，可以知道光敏電阻會因照度的不同，形成不同的電壓。照度強， R_{cDs} 值減少， $V_{R_{CDS}}$ 小；照度弱， R_{cDs} 值增加， $V_{R_{CDS}}$ 大。再由克希荷夫電壓定律進行 R_{cDs} 與 $R_{4.7K}$ 電阻的分壓，因此不同的 $V_{4.7k}$ ，會經 AIO (Analog Input) 類比輸入，進入到 myRIO 的 3、5、7、9 接腳，如下圖 (25) 所示：

1. 光亮 $\rightarrow R_{cDs}$ 小

\rightarrow 克希荷夫電壓定律分壓

$$\rightarrow V_{R_{CDS}} = \frac{R_{Cds}}{4.7K\Omega + R_{Cds}} \times 5V$$

$\rightarrow V_{R_{CDS}}$ 小

$$\rightarrow V_{4.7k} = \frac{4.7K\Omega}{4.7K\Omega + R_{Cds}} \times 5V$$

$\rightarrow V_{4.7K}$ 大 (myRIO 讀取值)

2. 光暗 $\rightarrow R_{cDs}$ 大 \rightarrow 分壓

$\rightarrow V_{R_{CDS}}$ 大

$\rightarrow V_{4.7K}$ 小 (myRIO 讀取值)

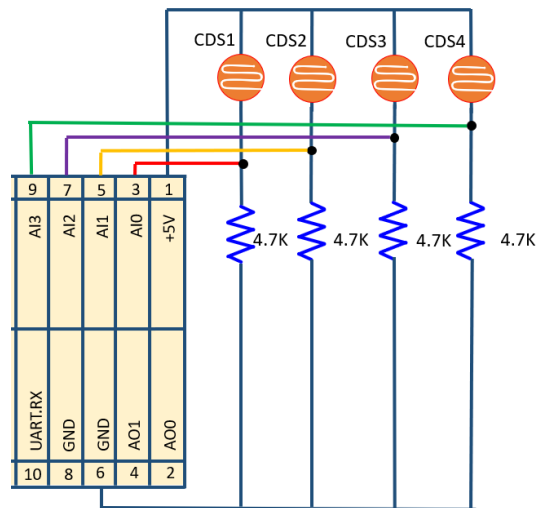


圖 (25) 四顆光敏電阻接線圖

討論：

1. 因此本組，利用了光強度增加時，光敏電阻的電阻值會減少，讀取電壓值大；

光強度減少時，光敏電阻的電阻值會增加，讀取電壓值小，

達到判斷光源位置。

2. 利用 LabVIEW 自行設計圖形化人機介面，達成虛實整合。感測及自動記錄光源強弱，

如下圖 (26) 所示，照度高時，指針向右偏；照度低時，指針向左偏，。

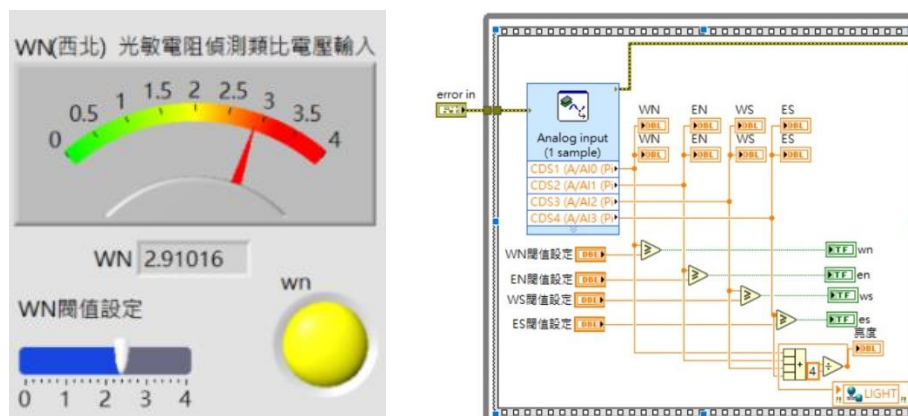


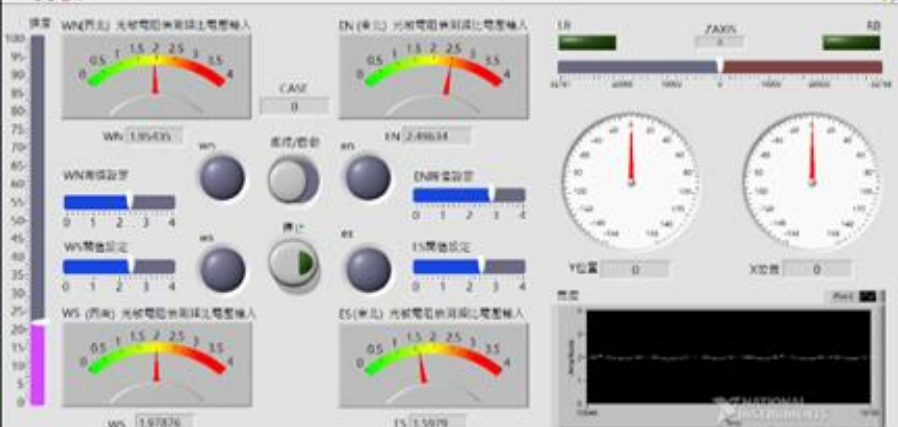


圖 (26) 光敏電阻類比電壓輸入介面與自行設計程式

(二) 實驗二：虛擬儀表實驗

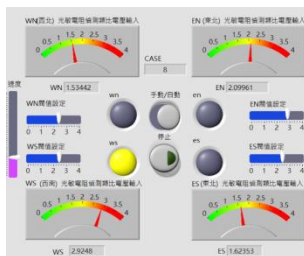
人機介面就如一個實際的操控介面，可從電腦去遠端調整裝置因環境的變化問題去做適當的調整。利用四個虛擬儀表，顯示四個方位照度的物理量（連續 0~4，最強為 4，最弱為 0）。可設定感測器閾值（光敏電阻照度決斷值），進行二值化分析，以黃色燈號呈現。經二值化分析後，可排列組合出 16 種光源方位。可透過儀表顯示二軸步進馬達角度位置，與搖桿控制項的狀態。人機介面圖形如下表（5）所示：

表（5）圖形說明

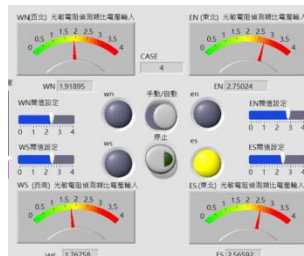
 <p>速度</p>	<p>可藉由手動拖移滑桿的方式去調整 X 軸、Y 軸馬達的速度。</p>	 <p>手動/自動 停止</p>	<p>切換手動或者自動模式停止運轉。</p>	 <p>WN(西北) 光敏電阻傾測類比電壓輸入 WN 閾值設定</p>	<p>照燈時，指針向右偏，亮黃燈，反之同理。而底下的閾值會因為外在環境的不同，而手動調整閾值的設定。</p>
					<p>可透過儀表顯示二軸步進馬達角度位置，與搖桿控制項的狀態</p>

當光源照在光敏電阻上可看見 LabView 上的人機介面端會感測到哪一顆 CDS 有照光。

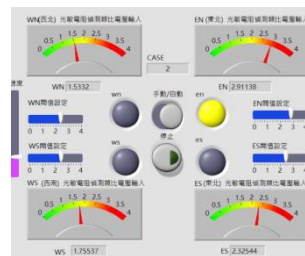
先以單顆光敏電阻做為測試，分別為以下 WS 如圖（27）、ES 如圖（28）、EN 如圖（29）、WN 如圖（30）。



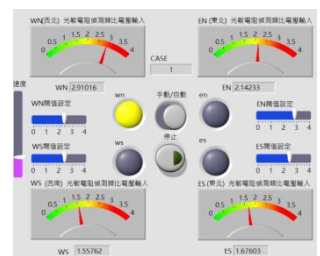
圖（27）WS 亮



圖（28）ES 亮



圖（29）EN 亮



圖（30）WN 亮

(三) 實驗三：高精度光源方向感測實驗

本組利用查表法的方式去進行 16 個方位的判斷。因為有四顆光敏電阻，所以會有 16 種狀態，0 為暗，1 為亮；這些狀態是因為光源照射的位置，會因為角度的不同，而產生不同光敏電阻產生的實際值，跟原始的設定閾值進行比較，回傳至電腦 LabView 進行 16 個方位真值表的判斷，再驅動 X 軸、Y 軸馬達的順逆轉，來完成這個被動式的追日系統。0~15 為全暗到全亮的過程，如下表（6）所示：

表（6）16 個方位的真值表

Case	WS	ES	EN	WN	Motor X	Motor Y	陽光位置	方位
0	0	0	0	0	停止	停止	全暗(無照度)	
1	0	0	0	1	順時針	順(右傾)	光源在西北角	
2	0	0	1	0	逆時針	逆(左傾)	光源在東北角	
3	0	0	1	1	Y 過 0°-順時針	停止	光源在北邊	
4	0	1	0	0	順時針	逆(左傾)	光源在東南角	
5	0	1	0	1	停止	停止	Don't Care	
6	0	1	1	0	停止	逆(左傾)	光源在東邊	
7	0	1	1	1	逆時針	逆(左傾)	光源在東北角	馬達與機構
8	1	0	0	0	逆時針	順(右傾)	光源在西南角	
9	1	0	0	1	停止	順(右傾)	光源在西邊	
10	1	0	1	0	停止	停止	Don't Care	
11	1	0	1	1	順時針	順(右傾)	光源在西北角	
12	1	1	0	0	Y 過 0°-順時針	停止	光源在南邊	
13	1	1	0	1	逆時針	順(右傾)	光源在西南角	
14	1	1	1	0	順時針	逆(左傾)	光源在東南角	
15	1	1	1	1	停止	停止	全亮(陽光直射)	

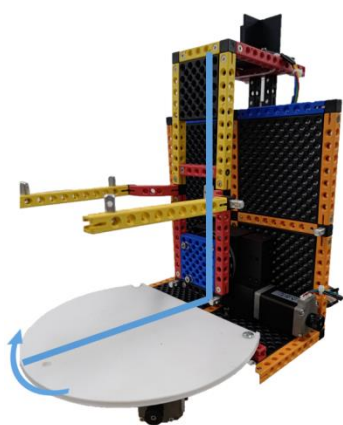
討論：

- 1.照度在所設定的閾值附近時，所設定二值化會劇烈變化(訊號彈跳)，因此在每個光敏電阻旁，並聯 10 μ F 的電解電容，穩定電壓訊號，防止訊號彈跳。
- 2.在 case5 與 case10 時，光線在對角線，此情況不會發生，因此不作任何動作，Don't Care。
- 3.因此本組在 case3 與 case12 中由於太陽位置處於正北與正南，以 case3 為例從初始點轉到正北邊可選擇(X 馬達逆轉、Y 馬達逆轉)或(X 馬達順轉、Y 馬達順轉)為了能最快朝向陽光，本組在此 case 設定兩種不同的狀態，以 Y 馬達為基準，當 Y 馬達的位置小於 0° 時，X 馬達逆轉，當 Y 馬達的位置大於或等於 0°，X 馬達順轉。

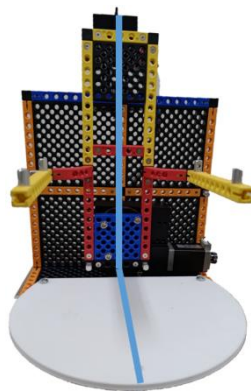
(四) 實驗四：馬達實驗

經二值化分析後，可排列組合出 16 種光源方位，並完成 16 種狀態下，二軸步進馬達（200 步進角）對應的運動控制（轉向及轉速）。此步進馬達為工業級馬達，驅動器為 DV542，驅動器設定的解析度為 2000 步，因此每一個脈波為 $\frac{360^\circ}{2000 \text{ 步}} = 0.18^\circ/\text{步}$ ，以達成精準定位。

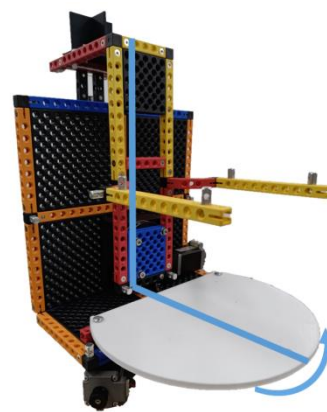
1. Y 軸馬達固定，**轉動 X 軸馬達**，以圖（32）為中心位置，向左旋轉（順時針），此機械極限為 -90° ，如圖（31）；再回到中心位置，向右旋轉（逆時針），如圖（33），此機械極限值為 $+90^\circ$ 。



圖（31）左旋（順時針）



圖（32）中點

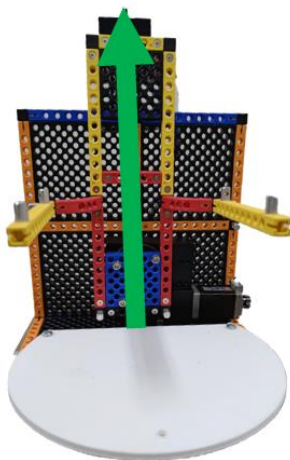


圖（33）右旋（逆時針）

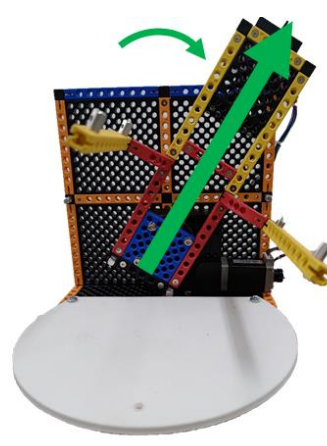
2. X 軸馬達固定，**轉動 Y 軸馬達**，以圖（35）為中心位置，向左傾（逆），此機械極限為 -45° ，如圖（34）；再回到中心位置，向右傾（順），如圖（36），此機械極限值為 $+45^\circ$ 。



圖（34）左傾（逆）



圖（35）中點



圖（36）右傾（順）

(五) 實驗五：菲涅爾透鏡熱效率實驗

本實驗目的僅就三個實驗變項進行：有透鏡時加熱情況、有聚焦加熱鐵片時加熱情況、有追日時加熱情況。實驗條件為，將燒杯內裝 20ml 的水，放置於太陽下靜置一個小時，並量測溫度的變化。以下分別說明：實驗設備、三次的實驗、實驗結果。

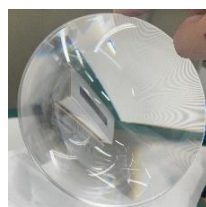
本實驗所需使用設備如下，整理如圖（37）到圖（40）：



圖（37）燒杯



圖（38）加熱鐵片



圖（39）透鏡



圖（40）溫度計

實驗五-甲：有無菲涅爾透鏡時加熱情況

實驗背景：有透鏡時加熱情況實驗條件為，將燒杯內裝 20ml 的水，放置於太陽下靜置一個小時，並量測溫度的變化。對照組為一燒杯內裝 20ml 的水，純陽光加熱。實驗組為有菲涅爾透鏡的加熱裝置。

實驗照片：如圖（41）所示。

實驗數據表：如表（7）所示。對照組與實驗組初始溫度均為 28.4°C，經一小時加熱後，對照組溫度上升為 35.5°C，實驗組組溫度上升為 36.8°C。



圖（41）有菲涅爾透鏡時加熱實驗照片

表（7）有菲涅爾透鏡時加熱記錄

組別時間	9:53	10:13	10:33	10:53
對照組	28.4	29.9	31.0	35.5
實驗組	28.4	30.3	31.6	36.8

實驗五-乙：有無聚焦加熱鐵片時加熱情況

實驗背景：有透鏡時加熱情況實驗條件為，將燒杯內裝 20ml 的水，放置於太陽下靜置一個小時，並量測溫度的變化。對照組為一燒杯內裝 20ml 的水，純陽光加熱。實驗組為有菲涅爾透鏡，同時有聚焦加熱鐵片的加熱裝置。

實驗照片：如圖（42）所示。

實驗數據表：如表（8）所示。對照組與實驗組初始溫度均為 27.9°C，經一小時加熱後，對照組溫度上升為 29.4°C，實驗組組溫度上升為 30°C。因 11:36 後天氣轉為陰天，因此溫度下降。



圖（42）有聚焦鐵片加熱實驗照片

表（8）有聚焦鐵片時加熱記錄

組別\時間	10:56	11:16	11:36	11:56
對照組	27.9	32.1	32.1	29.4
實驗組	27.9	32.3	32.6	30.0

實驗五-丙：有追日系統時加熱情況

實驗背景：有透鏡時加熱情況實驗條件為，將燒杯內裝 20ml 的水，放置於太陽下靜置一個小時，並量測溫度的變化。對照組為一燒杯內裝 20ml 的水，純陽光加熱。實驗組為有菲涅爾透鏡，同時有聚焦加熱鐵片及追日系統的加熱裝置。

實驗照片：如圖（43）所示。

實驗數據表：如表（9）所示。對照組與實驗組初始溫度均為 28.9°C，經一小時加熱後，對照組溫度上升為 29°C，實驗組組溫度上升為 41.2°C。

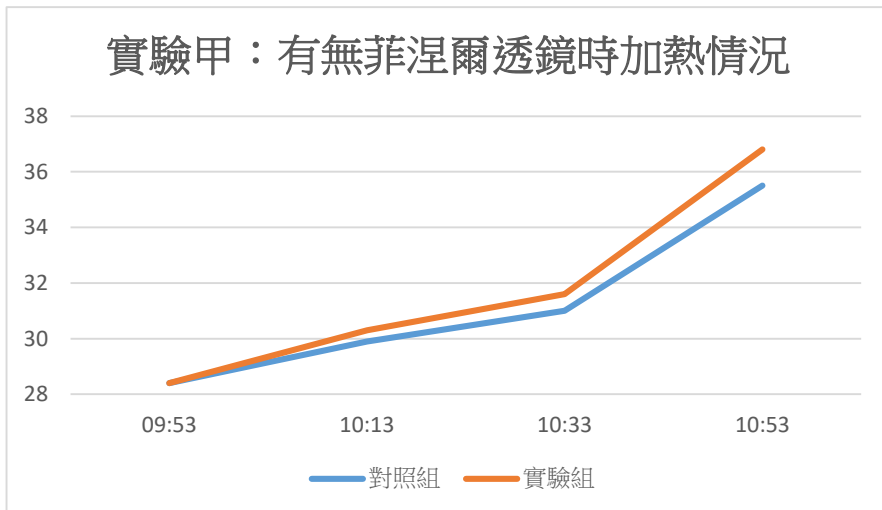


圖（43）有追日系統加熱實驗照片

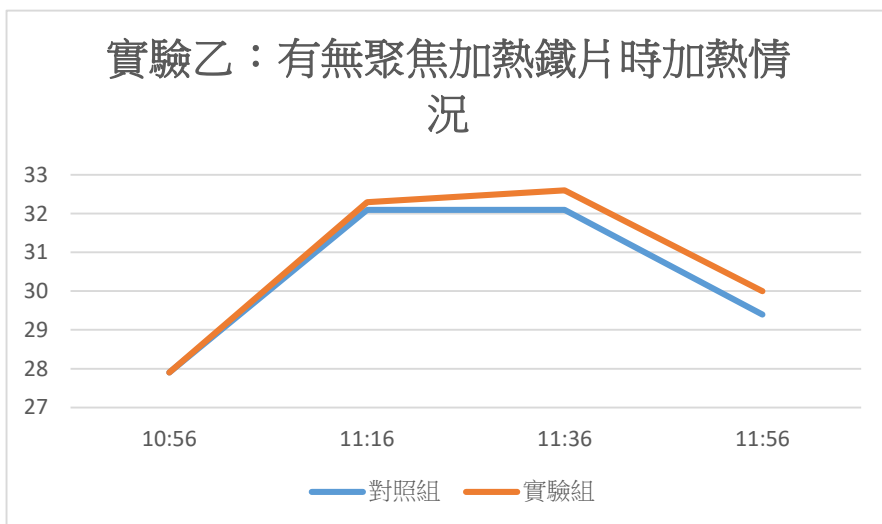
表（9）有追日系統加熱記錄

組別\時間	14:29	14:49	15:09	15:29
對照組	28.9	30.0	31.0	29
實驗組	28.9	34.2	37.0	41.2

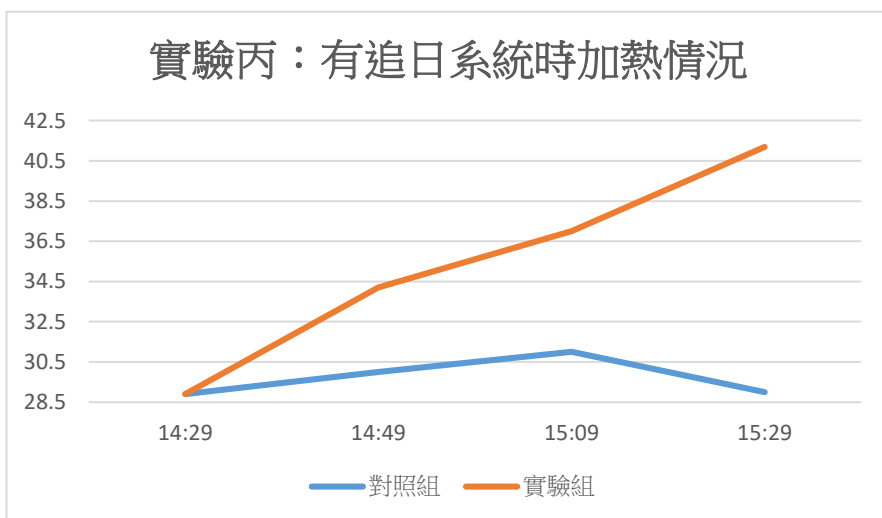
討論：



圖（44）有菲涅爾透鏡時加熱實驗溫度曲線圖



圖（45）有無聚焦加熱鐵片時實驗溫度曲線圖



圖（46）有追日系統加熱實驗溫度曲線圖

實驗五-甲

有無菲涅爾透鏡時加熱情況

- 1.時間越久，溫度差距越大
- 2.實驗過程中，經觀察，當時時間持續增加，發現透鏡焦點會移動，使得實驗組與對照組的溫度差異，會縮小。

實驗五-乙

有無聚焦加熱鐵片時加熱

- 1.時間越久，溫度差距越大
- 2.實驗過程中，天氣突然轉為陰天，因此溫度有降低，但仍可發現，實驗組溫度仍較高。

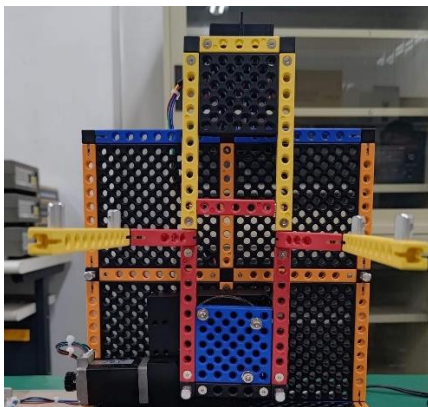
實驗五-丙

有追日系統時加熱情況

- 1.時間越久，溫度差距越大
- 2.此實驗加上追日系統，因此實驗組的溫度上升顯著變化。
- 3.對照組後面溫度下降，研究者推測，環境有風造成。

六、模型設計與製作

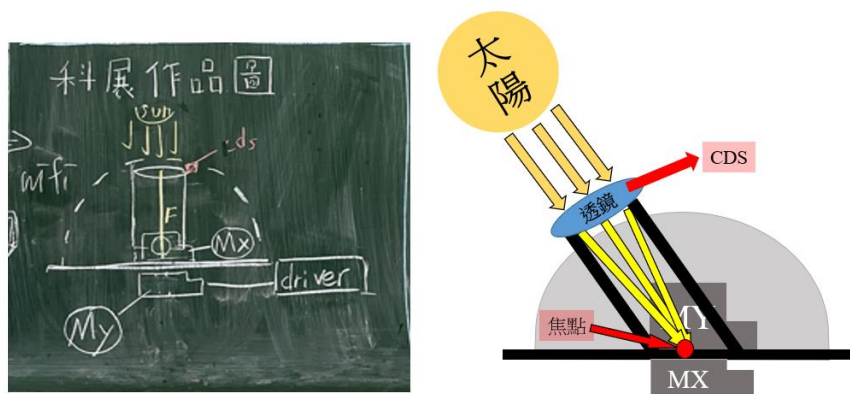
金屬積木結構是一種金屬製造的玩具，利用機械原理和物理等科學知識，可以組合成各種不同的結構和形狀，其外觀類似於傳統積木，但更堅固、耐用，可以承受更大的重量和力量，通過拼裝金屬積木結構實現更高的設計效率和工作效率。如圖（47）所示：



圖（47）金屬機構

討論：

1. 初始組裝時，馬達移動機構上左右會有極限點，造成馬達撞車，機械干涉。為了消除機械干涉，造成馬達卡住，以及避免機構設計過於複雜，本組決定採用軟體方式(控制器程式設計)改善，利用記錄二個馬達的實際運動位置，設定上下限，以限制馬達的運動範圍，不管在自動模式或手動模式下，都可以適用。
2. 因為太陽的天體運行為圓週運動，利用本組設計的「擺臂式結構」如圖（48）所示，讓 Y 軸能跟隨太陽的運行軌跡，作圓弧式運動，使得菲涅爾透鏡在任何時刻都可以聚焦於同一焦點（黑色金屬加熱鐵片）上，而不會太陽移動，造成焦點移出加熱金屬片外。



圖（48）擺臂式追日機構結構設計圖

伍、研究結果

本組利用工業級金屬積木，自行設計機構，使短焦距菲涅爾透鏡在追日過程中，維持焦點不變。加上追日系統後，能有效提高太陽光，經透鏡對物品(液體、水...等)的加熱效率。同時可全自動定時記錄整個追日與加熱過程中，即時光源與水溫數據，於實驗後自動輸出至 Excel 檔，以利進行後續大數據分析。同時為了讓使用者更方便，因此利用 Wi-Fi 的無線連接，利用圖形化視線外監控，讓使用者可以直接在中控室完成對機台的調整。可切換手/自動模式，進行視線外監控與校準。

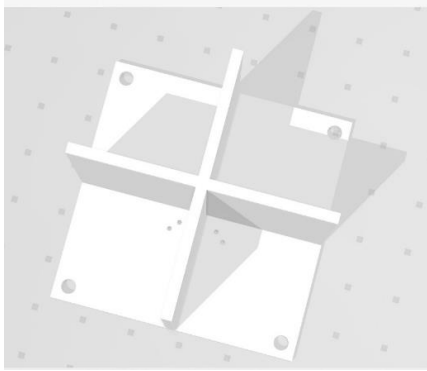
在中控室中，透過自行設計的圖形化人機介面，可顯示四個方位照度的物理量（連續 0~4，最強為 4，最弱為 0），設定感測器閾值（光敏電阻照度決斷值），以黃色燈號呈現光源位置，照度的物理量經二值化分析後，可排列組合出 16 種光源方位，並完成 16 種狀態下二軸步進馬達（200 步進角）對應的運動控制（轉向及轉速）。並可透過儀表顯示二軸步進馬達角度位置，與搖桿控制項的狀態，達成虛實整合，及達成光機電系統整合，有效提升太陽光直接加熱的效率，

陸、討論

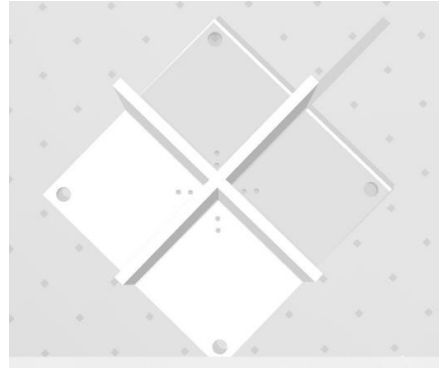
一、討論一：為什麼閾值需要調整？

為什麼閾值需要調整？因為追日系統在不同的背景環境光源下，環境照度亮時，閾值需要調高；環境照度暗時，需要調低。透過黑色隔板，及可變動閾值的人機介面，使用者可以根據不同背景環境光照，快速進行調整，便可以有效鑑別出光照區與陰影區，如圖（49）~（50）所示，而不需要專業工程師，重新修改程式碼。

另外，四個光敏電阻也可能因為製程參數的漂移，使得電阻值的變化範圍也不相同，透過本系統的閾值調整，也可以很快速的根據不同的光敏電阻特性進行調整。



圖（49）光照區與陰影區-只 WS 照光



圖（50）光照區與陰影區-WS 與 ES 照光

二、討論二：在什麼情況下加熱效率是好的？

根據實驗五：菲涅爾透鏡熱效率實驗。有短焦距菲涅爾透鏡加熱，溫度上升效果較單純太陽加熱佳；有聚焦加熱鐵片加熱效果，較有短焦距菲涅爾透鏡加熱佳；有追日系統時的加熱效果比有聚焦加熱鐵片加熱效果更好。

實驗結果發現：「有追日系統」+「聚焦加熱鐵片」+「短焦距菲涅爾透鏡」加熱效果最好。根據實驗五-丙實驗結果，對照組與實驗組初始溫度均為 28.9°C，經一小時加熱後，對照組溫度上升為 29°C，實驗組組溫度上升為 41.2°C。

三、討論三：光敏電阻的 16 種狀態下，什麼情況最需要特別注意？

當太陽位置處於正北與正南，為了使馬達最快速的對準太陽光，為了使馬達選擇最短路徑，在控制器的程式邏輯中，以 Y 馬達為基準，當 Y 馬達的位置小於 0° 時，X 馬達逆轉，當 Y 馬達的位置大於或等於 0° ，X 馬達順轉，就可以使機構不用再繞一整圈，避免機構造成馬達撞車，機械干涉，或是使馬達移動，遇到機構上左右極限點，程式碼如圖 (51) ~ (52) 所示。

若光線在對角線，因為太陽只有一個，因此這個情況不會發生，因此不作任何動作，Don't Care，因此只需處理 14 種情況。

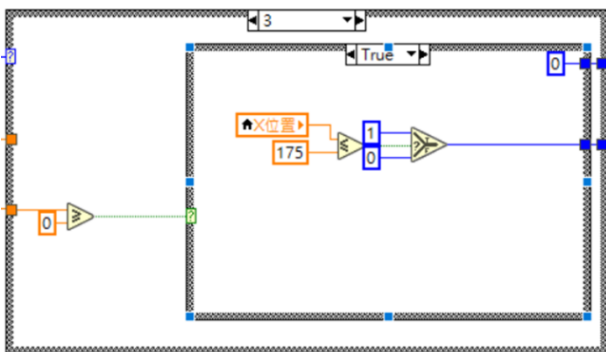


圖 (51) Y 馬達位置 $\geq 0^\circ$ X 馬達正轉

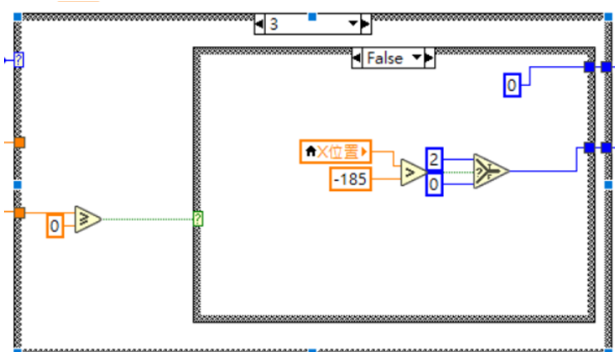


圖 (52) Y 馬達位置 $< 0^\circ$ X 馬達逆轉

四、討論四：是否可以在中控室使用搖桿及人機介面，對二軸馬達進行視線外遙控？

如圖 (53)、圖 (54) 所示，當搖桿移動 Z 軸時，可控制 Y 馬達順時針或逆時針運動，並隨時記錄角度，(目前為 -81 度)；按下 RB 鍵或 LB 鍵時，可以控制 X 馬達順時針或逆時針運動。由於搖桿是接在中控室的工作電腦，因此，搖桿上的控制項 (布林值或整數值) 以共享變數的形式由遠端的 myRIO 進行讀取，並透過自行設計的程式邏輯，驅動二軸步進馬達。

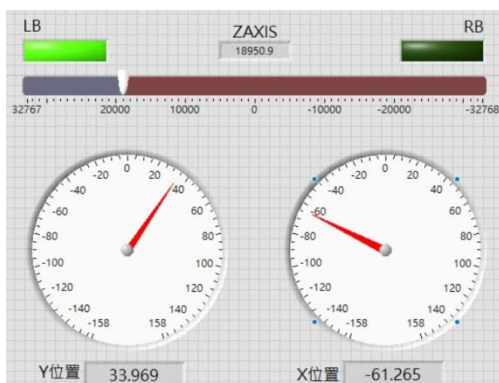


圖 (53) 按 LB 鍵

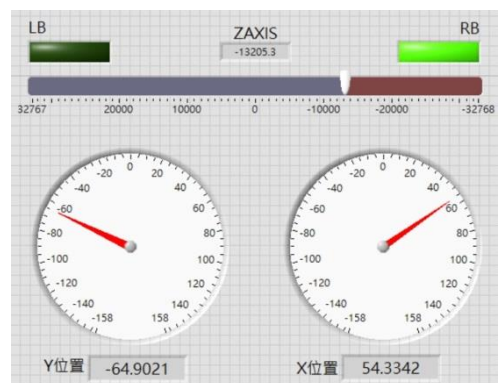
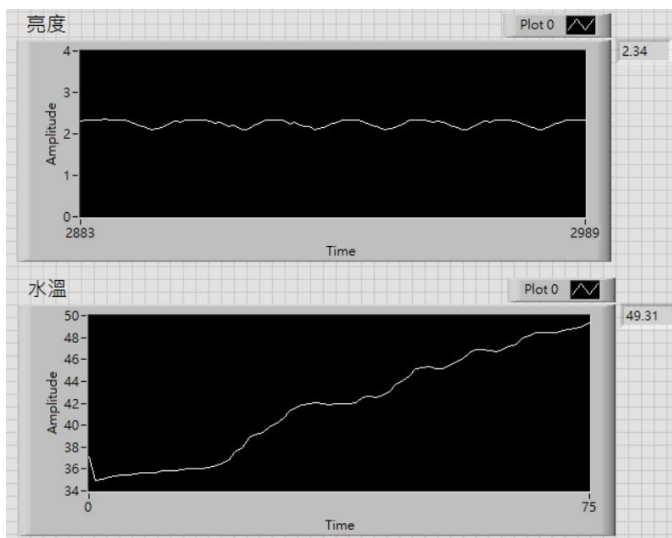


圖 (54) 按 RB 鍵

五、討論五：能否自動記錄追日加熱過程中的照度及溫度並匯出成 Excel ？

如圖（55）所示，上方是照度的即時照度記錄波形，是整個追日過程的照度記錄，由圖可知當光線變動時，透過追日控制可以維持照度在 2 以上。下方是水溫的即時溫度記錄波形，由圖可知溫度由 37 度快速的上升至 49 度，在整個實驗結束後，系統會自匯出 Excel 檔，至中控室的人機介面工作電腦如圖（56）所示。

自動溫度量測的方法，是透過 DS1820 水溫感測器，利用 OneWire 通訊協定，傳至 Arduino，再透過 UART，傳到 myRIO，顯示在 WaveFormChart 中，由於 myRIO 無法執行 Excel，因此溫度值及照度值，同時以共享變數(Shared Variable)的形式，由中控室的工作電腦讀取後，再最後整個加熱過程結束後，匯出至 Excel。



圖（55）照度與水溫監測波形

I33						
A	B	C	D	E	F	G
下午 05:07	溫度	37.06	對照組溫度	0.06	光源大小	2.113
下午 05:07	溫度	37.06	對照組溫度	0.06	光源大小	2.113
下午 05:08	溫度	37.06	對照組溫度	0.06	光源大小	2.113
下午 05:08	溫度	37.06	對照組溫度	0.06	光源大小	2.113
下午 05:08	溫度	34.93	對照組溫度	0.06	光源大小	2.235
下午 05:08	溫度	35.25	對照組溫度	0.06	光源大小	2.342
下午 05:08	溫度	35.31	對照組溫度	0.06	光源大小	2.329
下午 05:08	溫度	35.5	對照組溫度	0.06	光源大小	2.292
下午 05:08	溫度	35.56	對照組溫度	0.06	光源大小	2.15
下午 05:08	溫度	35.68	對照組溫度	0.06	光源大小	2.276
下午 05:08	溫度	35.68	對照組溫度	0.06	光源大小	2.149
下午 05:08	溫度	35.81	對照組溫度	0.06	光源大小	2.333
下午 05:08	溫度	35.87	對照組溫度	0.06	光源大小	2.309
下午 05:08	溫度	36	對照組溫度	0.06	光源大小	2.311
下午 05:08	溫度	36.06	對照組溫度	0.06	光源大小	2.173
下午 05:08	溫度	36.12	對照組溫度	0.06	光源大小	2.312
下午 05:08	溫度	36.37	對照組溫度	0.06	光源大小	2.239
下午 05:08	溫度	36.81	對照組溫度	0.06	光源大小	2.128
下午 05:08	溫度	37.56	對照組溫度	0.06	光源大小	2.33

圖（56）照度與水溫 Excel 檔

柒、結論

本組科展利用短焦距菲涅爾透鏡加上自行設計的追日系統，包含 myRIO 控制器、LabView 程式邏輯，以查表法搭配光敏電阻進行閉迴路控制，其中照度的閾值可由使用者，透過人機介面依不同背景環境光源及感測器製程差異，進行彈性設定。搭配自行設計的「擺臂式結構」，能有效的對水進行加熱。

為了達到最佳的科展，本組費盡了很多的心思在這項科展上面，也去比較過控制器的差異、優缺點，最後選擇 myRIO 當本次科展最主要的重點之一。從中了解到最初學習的光敏電阻小小一顆光敏電阻；LabView 的學習也是從頭開始來的，有老師的教導及當今網路發達的時代、圖書館的資料，讓本組不會那麼困難的去完成程式編輯的過程；再搭配驅動器及步進馬達的控制，是可以更精準的到達理想位置，因為有著脈動電流的流動，所以步進馬達才會如此的穩定；最後再搭配上焦距最短的菲涅爾透鏡，使我們的機械裝置不會因為焦距長，而裝置過於龐大，又加上它的輕巧結構，使我們更加確定，這就是本組需要的東西。

給後續研究者建議：

- 1.如果是一個背景環境光源單純的小型系統，也可以嘗試用 Arduino 做為控制器。
- 2.也可加裝鏡頭在機台上，做為視線外監控，可以更好的在遠端看到水是否已經加熱完成。
- 3.加熱水的應用，可用於蒸汽機發電廠、海水淡化、...等需要蒸汽的各種綠能產業。

捌、文獻探討

- 一、李文源、盧正川與施威銘（2019）。基本電學（上）（初版）。旗立資訊股份有限公司。
- 二、謝進發、黃宏生（2020年8月28日）。可程式控制實習。台科大圖書。
- 三、黃錦華、郭塗註（2020）。電工機械（下）（初版）。華興文化事業股份有限公司。
- 四、黃偉哲（2019）。物力 B（上）（初版二刷）。科友圖書股份有限公司。
- 五、陳威仁等（2006）。太陽能追日系統專題報告。國立虎尾科技大學電機工程系。
- 六、科普（2021年12月6日）。熱釋電感測器中的菲涅爾透鏡。<https://reurl.cc/Rz1v0G>。
- 七、吳孟賢（2023年4月）。STEAM & A LOT 服務型智慧機器人控制 非看 BOOK。高工控制
- 八、徐瑞隆（2007年5月1日）。LabVIEW 程式設計入門。新文京出版社。
- 九、吳孟賢、林允正（2022年）。追日系統。彰化縣田尾自造教育暨科技中心。溫度。
- 十、彭頌勛等（2019年）。逆轉黑暗。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 十一、陳一斌（2009年）。機電光整合(第七版)。全華圖書。
- 十二、Mortis（2014年6月24日）。[LABVIEW]使用 DS18B20 以及 MYRIO 於 LABVIEW 上量測人體 <https://reurl.cc/7koRek>。
- 十三、IoT 教具研發（2021年）。光敏電阻簡介與工作原理。<https://reurl.cc/jD5QGp>。

【評語】 052316

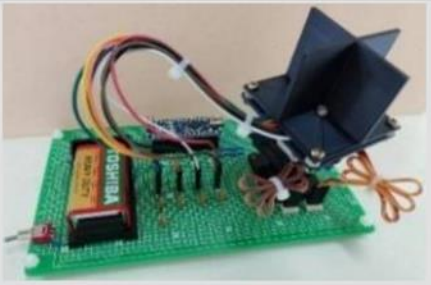
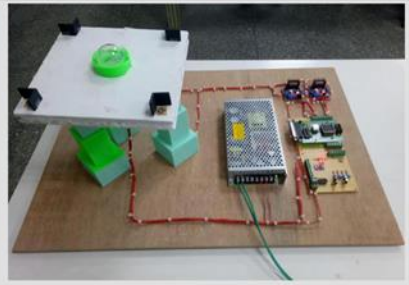


1. 作品利用菲涅爾透鏡短焦距的效果，設計良好的聚焦加熱系統。
因地球自轉，故採用 myRIO 做為控制器，再搭配 Wi-Fi 遠端的無線監控、步進馬達的驅動、菲涅爾透鏡的短焦距，以達到聚焦加熱完成自動追日加熱的系統，作品設計周全。
2. 雖然自動追日系統已有相當多的研究，作品是使用菲涅爾透鏡的短焦距進行聚焦加熱加上自動追日系統，來達成加熱效果，具有新的想法。
3. 作品在研究過程及方法說明詳細，進行性能測試，驗證作品功能，並對成果進行討論。

作品海報

光學自動追日加熱器

研究動機

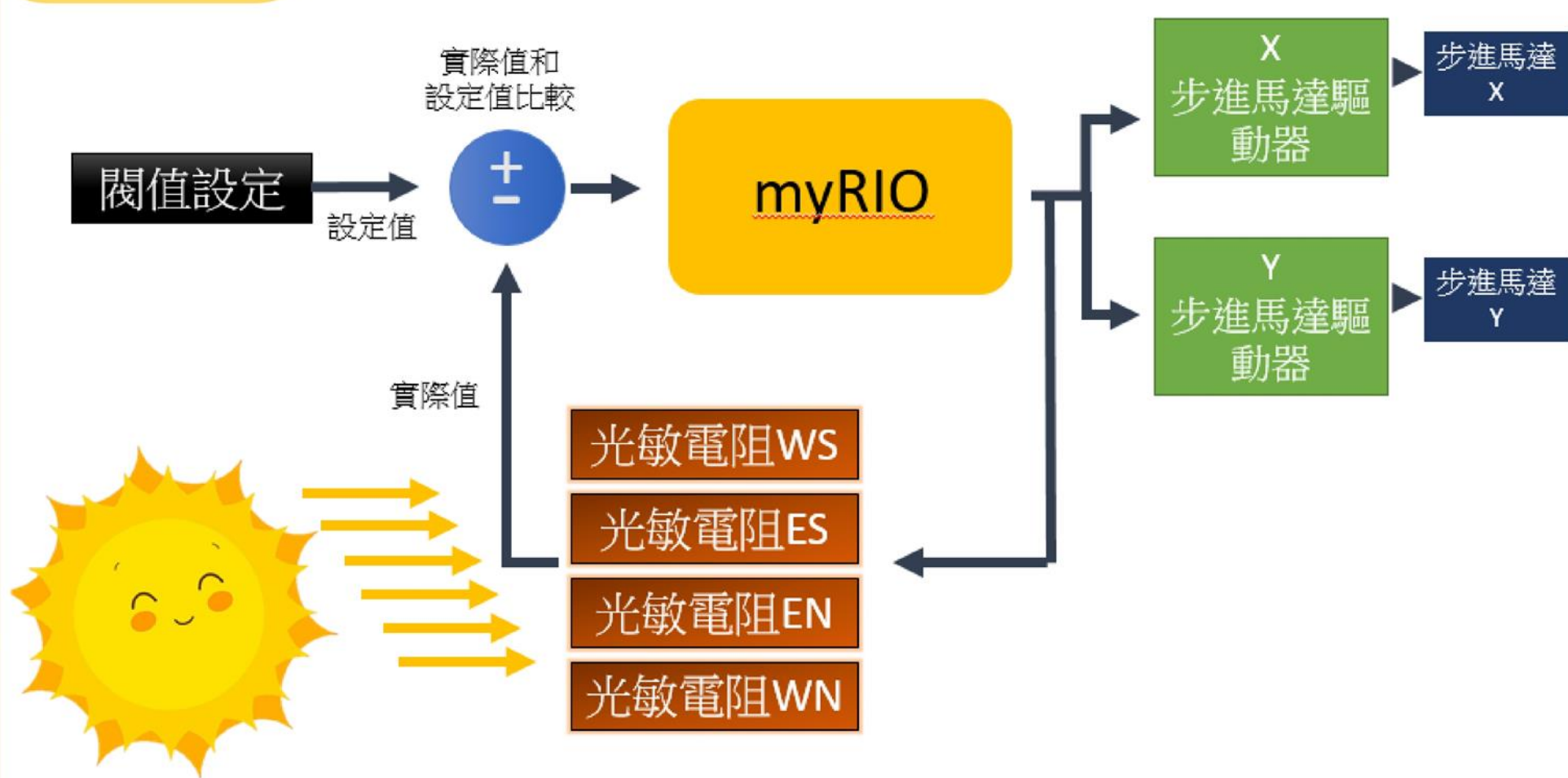
本組發現太陽光可透過菲涅爾透鏡進行加熱，因晝夜長短、四季的不同，使菲涅爾透鏡的加熱焦點，會隨太陽移動而改變，導致加熱效率不佳。目前地球能源短缺和環境問題，提升綠色能源使用效率已迫在眉捷，本組有找到四種追日系統，如下表所示本組希望可以結合各組追日系統的優點，同時透過菲涅爾透鏡陽光加熱技術，以提升太陽能加熱效率，將光機電控制整合技術，應用在物品（液體、水...等）加熱上，期許為地球盡一份心力。

名稱	以RC伺服機驅動	以直流馬達驅動	以步進馬達驅動	主動式追日系統
圖片				

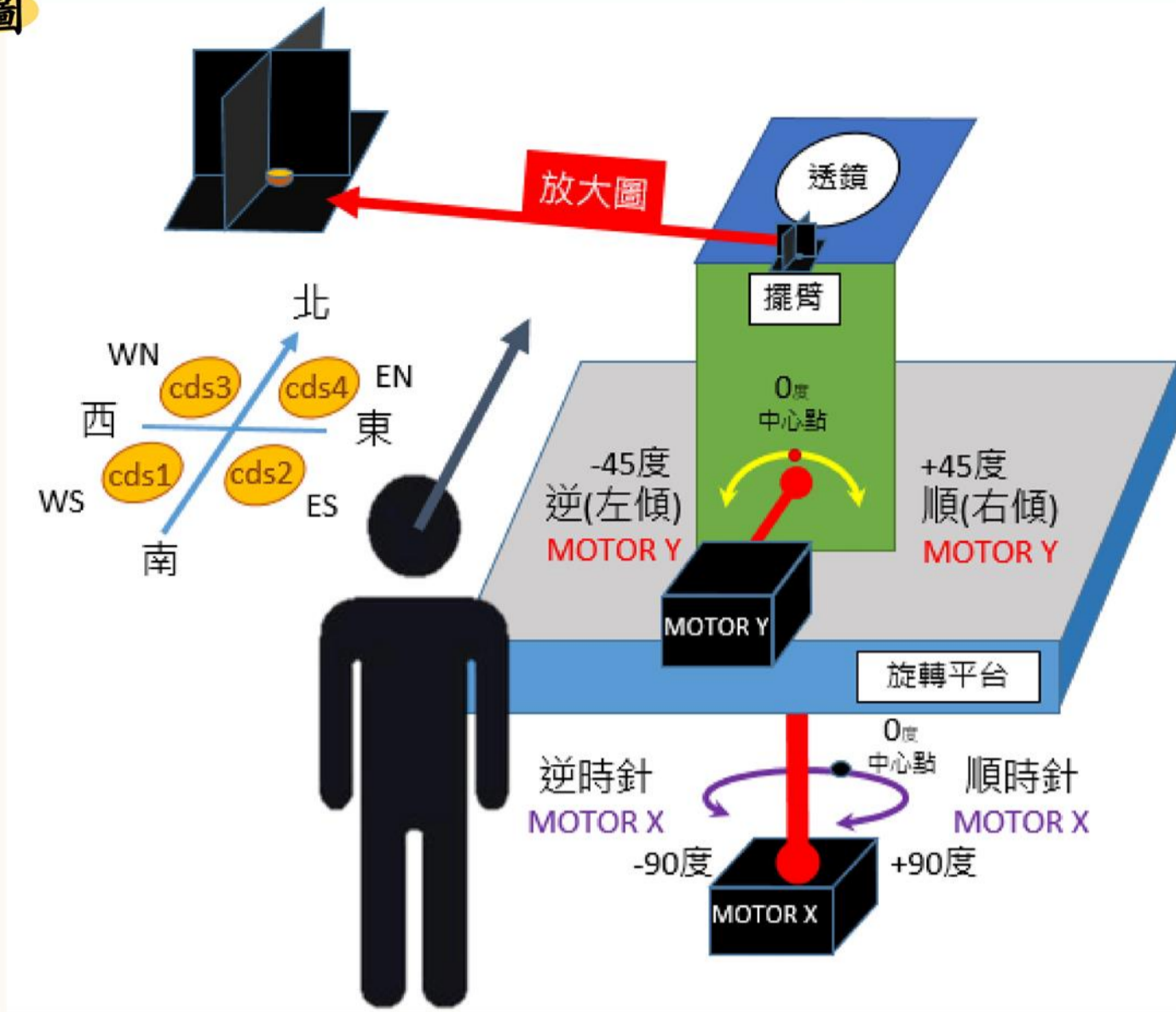
研究目的

- 一、高精度光源方向感測：可主動感測太陽（光源）的16個方位。
- 二、利用myRIO控制器透過LabVIEW圖形化程式設計，達到以下功能：
 - 1.感測4個CDS光線方位，透過接收光敏電阻電壓及自動記錄光源強弱。
 - 2.利用LabVIEW自行設計圖形化人機介面，達成虛實整合。
 - 3.利用四個虛擬儀表，顯示四個方位照度的物理量（連續0~4，最強為4，最弱為0）。
 - 4.設定感測器閾值（光敏電阻照度決斷值）進行二值化分析，以黃燈呈現。
 - 5.經二值化分析後，可排列組合出16種光源方位，並完成16種狀態下二軸步進馬達（200步進角）對應的運動控制（轉向及轉速）。
 - 6.用工業級金屬積木自行設計機構，使菲涅爾透鏡在追日時維持焦點不變。
- 三、遠端視線外無線監控可在中控室，切換手/自動模式，進行視線外監控。
 - 1.手動模式：可由儀表顯示二軸步進馬達角度位置，與搖桿控制項的狀態。
 - 2.自動模式：結合物聯網大數據及機電整合（機器人控制）的追日系統。
- 四、資料記錄與分析：全自動定時記錄整個追日與加熱過程中，即時光源與水溫數據，於實驗後自動輸出至Excel檔，以利進行後續大數據分析。
- 五、探究一杯水，若僅由陽光加熱，對比於加上短焦距菲涅爾透鏡與追日系統後，是否能有效提高太陽光經透鏡對物品(液體、水...等)的加熱效率？

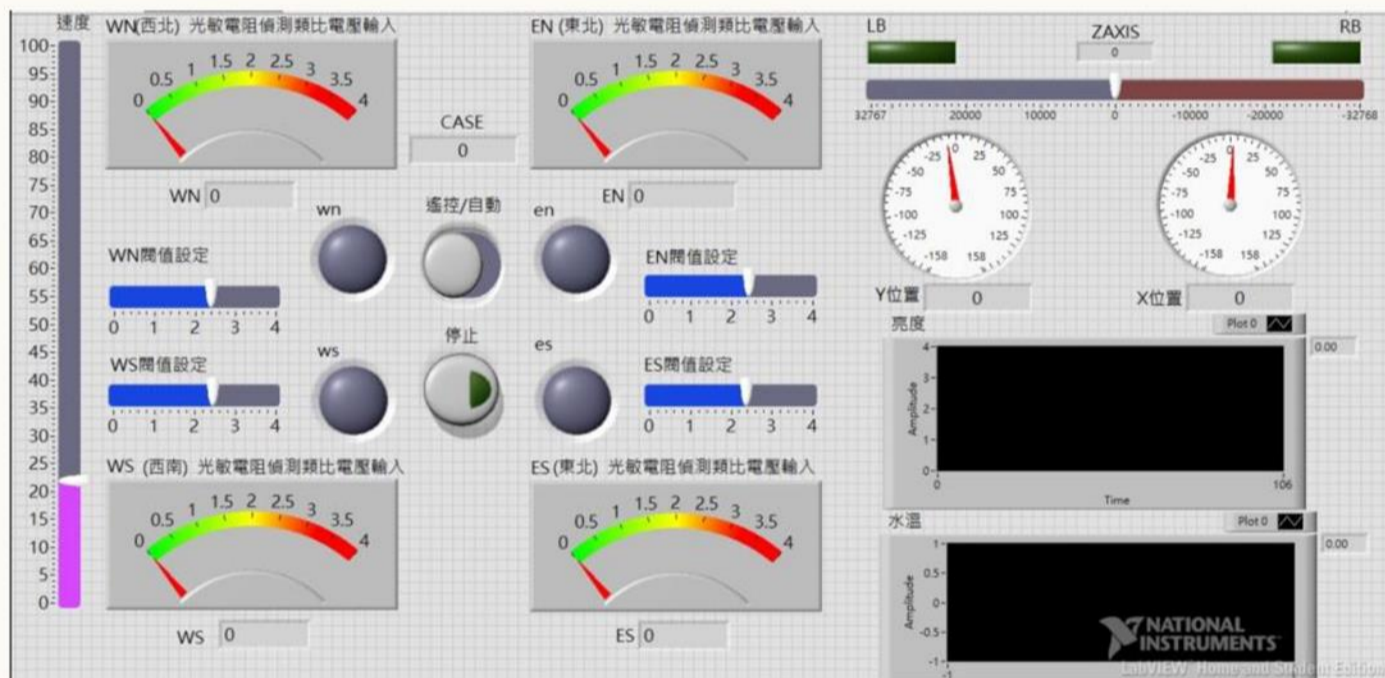
系統架構圖



系統架構圖



LabVIEW圖形化程式設計軟體、進行圖形化視線外監控



1. 四個光敏電阻的類比輸入值，在虛擬儀表上顯示。
2. 四個可獨立設定的閾值拉Bar。
3. 四個二值化輸出燈號。
4. 一個可以顯示四個光敏電阻照度平均值的WaveForm Chart。
5. 二個可指示步進馬達絕對位置（角度）的儀表板。
6. 一個可控制馬達轉速的拉Bar。
7. 一組可顯示手動控制搖桿控制項狀態的燈號及拉Bar。
8. 一個可以顯示及記錄，即時水溫狀態的WaveForm Chart。

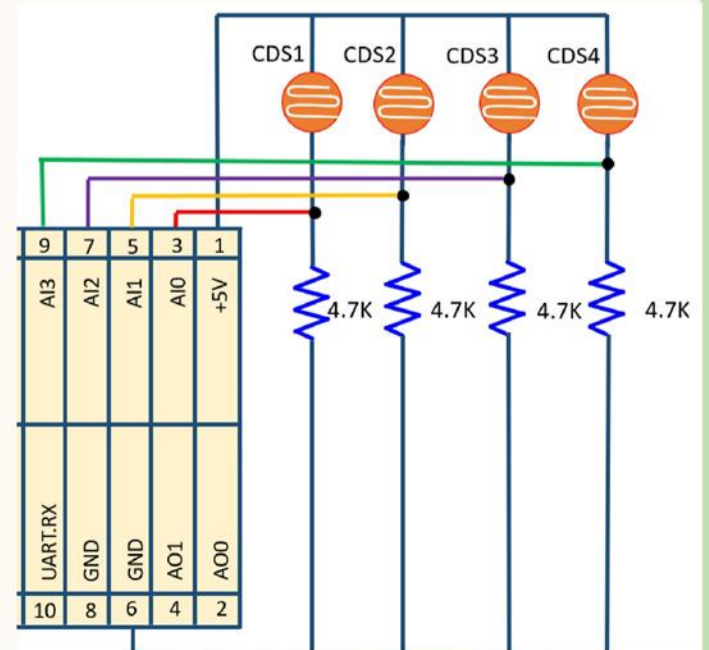
(一) 實驗一：光敏電阻光感測實驗

本組採用四顆光敏電阻，光敏電阻會因照度的不同，形成不同的電壓。照度強， R_{cds} 值減少， V_{RCDS} 小；照度弱， R_{cds} 值增加， V_{RCDS} 大。

1. **光亮** → R_{cds} 小
 → 克希荷夫電壓定律分壓

$$\rightarrow V_{RCDS} = \frac{R_{cds}}{4.7K\Omega + R_{cds}} \times 5V$$
 → V_{RCDS} 小

$$\rightarrow V_{4.7k} = \frac{4.7K\Omega}{4.7K\Omega + R_{cds}} \times 5V$$
 → $V_{4.7k}$ 大
 (myRIO讀取值)
2. **光暗** → R_{cds} 大 → 分壓
 → V_{RCDS} 大
 → $V_{4.7k}$ 小
 (myRIO讀取值)



(二) 實驗二：虛擬儀表實驗



EN亮

WN亮

WS亮

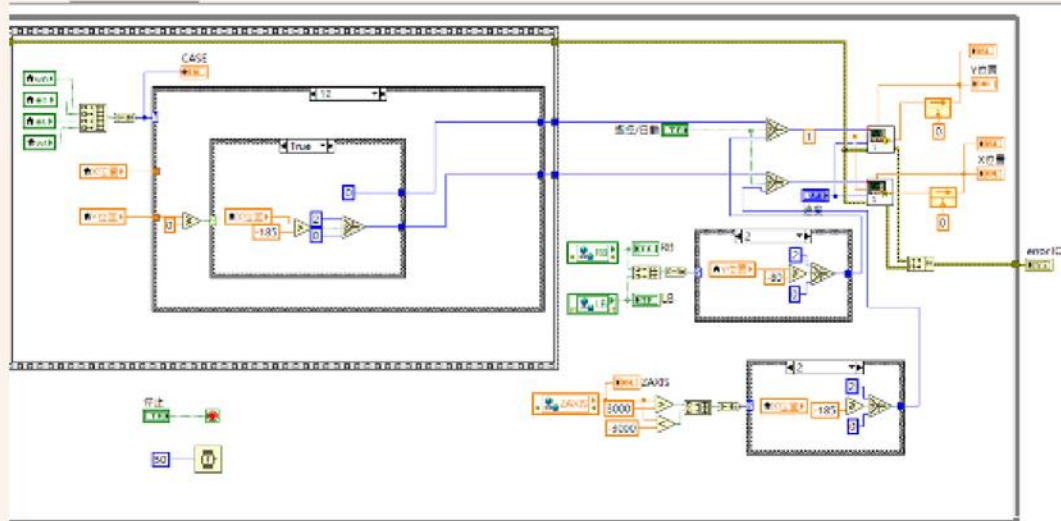
ES亮

(三) 實驗三：高精度光源方向感測實驗

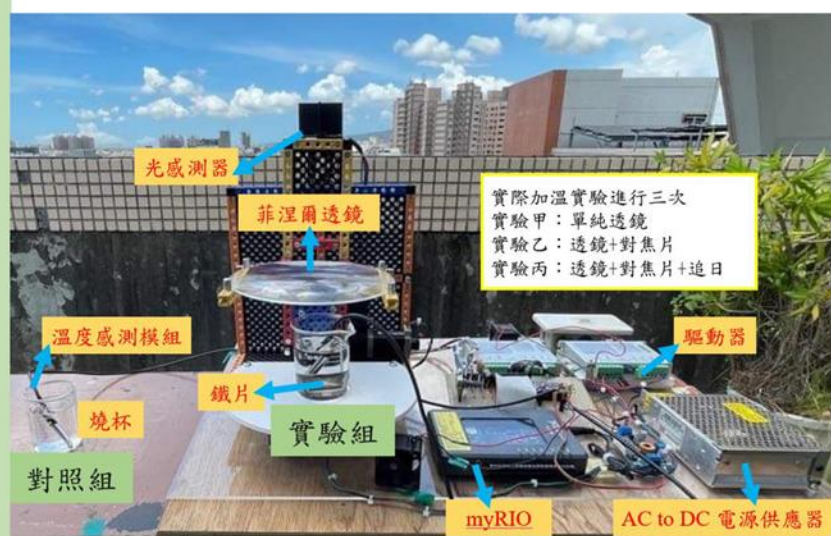
本組用了四顆光敏電阻作為感測器，所以會產生0~15個狀態，0為暗/1為亮。這些狀態是因為光源照射的位置角度不同，而產生不同的電壓值，去跟設定值進行二值化的比較，回傳至電腦，透過LabVIEW進行16個方位真值表的判斷，再驅動X軸、Y軸馬達的順逆轉，來完成這個被動式的追日系統。

(四) 實驗四：馬達實驗

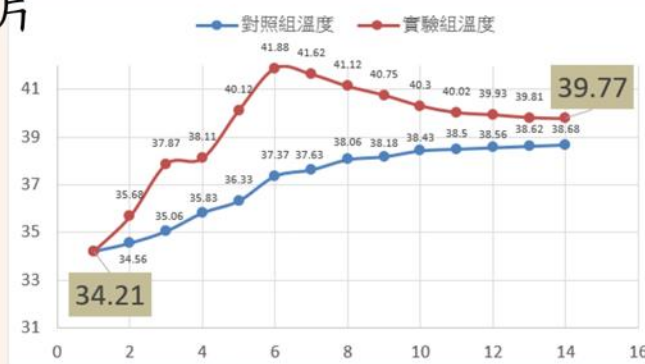
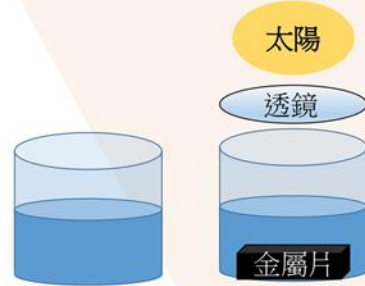
- 1.X軸馬達：機械死點為±90度
順時針、逆時針轉
- 2.Y軸馬達：機械死點為±45度
順(右傾)、逆(左傾)



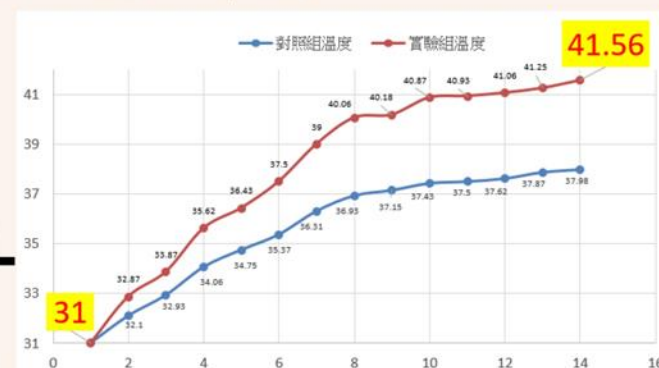
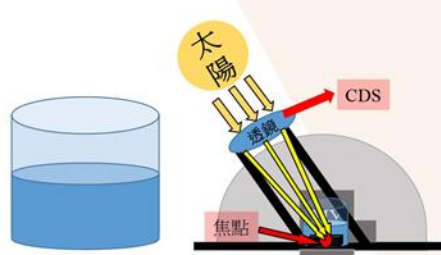
(五) 實驗五：遠端自動溫度量測與記錄加熱實驗



實驗乙：透鏡+鐵片



實驗丙：透鏡+鐵片+追日系統



研究討論

討論一：為什麼閾值需要調整？背景環境光照不同，可利用閾值快速進行調整

討論二：在什麼情況下加熱效率是好的？

「有追日系統」+「加熱鐵片」+「短焦距菲涅爾透鏡」加熱效果最好

討論三：光敏電阻的16種狀態下，什麼情況最需要特別注意？

當太陽位置處於正北與正南

討論四：是否可以在中控室使用搖桿及人機介面，對二軸馬達進行視線外遙控？

是。可透過儀表顯示判斷機台位置

討論五：能否自動記錄追日加熱過程中的照度及溫度並匯出成Excel？

是。利用OneWire通訊協定傳至Arduino，再透過UART傳到myRIO，顯示在WaveFormChart中

研究結論

本組利用短焦距菲涅爾透鏡加上自行設計的追日系統，包含myRIO控制器、LabVIEW程式邏輯，以光敏電阻搭配查表法進行閉迴路控制，其中照度的閾值依不同背景環境光源及感測器製程差異，由使用者透過人機介，進行彈性設定。搭配自行設計的「擺臂式結構」，能有效的對水進行加熱。

給後續研究者建議：

- 1.如果是一個背景環境光源單純的小型系統，也可嘗試用Arduino做為控制器。
- 2.加裝鏡頭在機台上做視線外監控，可更好的在遠端看到水是否已經加熱完成。
- 3.加熱水的應用，可用於蒸汽機發電廠、海水淡化、...等需要蒸汽的各種綠能產業。