

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

032802

追光者

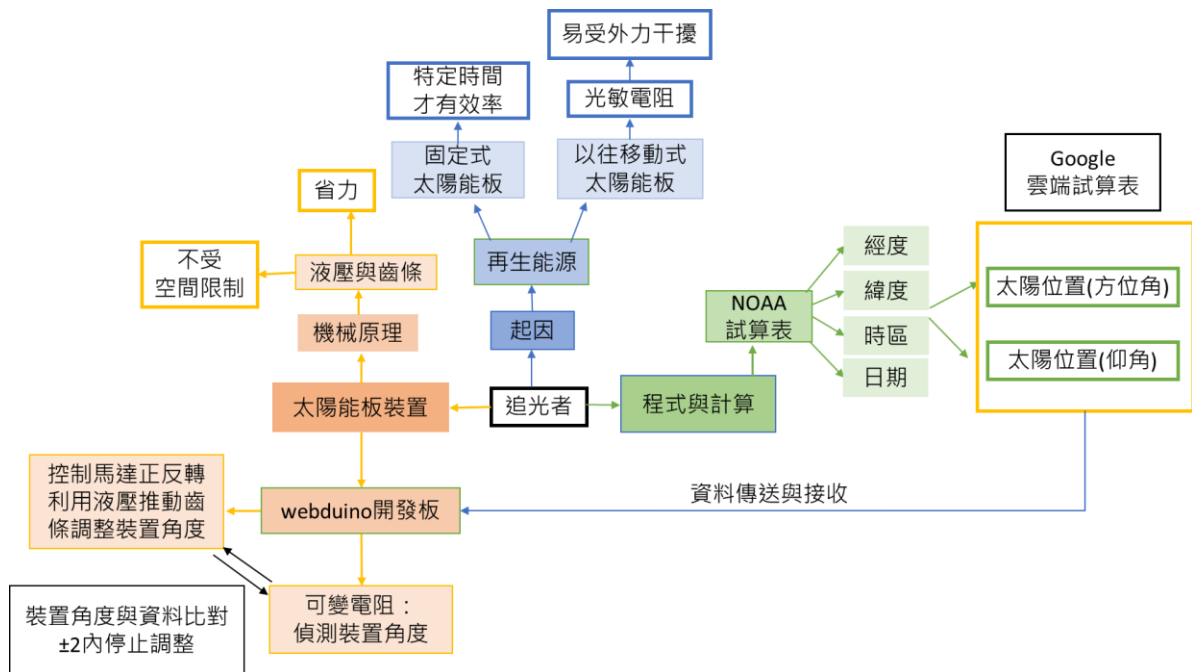
學校名稱：臺北市立敦化國民中學

作者： 國二 施品瑞 國一 李樂樂 國一 陳昱希	指導老師： 任建安
---	------------------

關鍵詞：太陽能板移動裝置、物聯網、
自動電控液壓機構

摘要

看到校園屋頂的太陽能板，只能朝著單一方向接收陽光，但太陽會依據時間而改變移動路徑。若太陽能板能隨著日照路徑移動，則能增加日照時間與發電效果。本次研究是利用雲端試算表計算太陽角度與方位，再利用物聯網開發板操控馬達與液壓機構，調整太陽能板裝置的角度與方位，以達到自動追日的效果。過程利用問題解決模式進行研究，經過蒐集資料與不斷測試修正，歷經五代的實驗裝置，已製作出太陽能板自動追日裝置，並可實際操作。不同於使用光敏電阻偵測光源而移動裝置，本次研究裝置是不受環境光源影響，可精確對準太陽位置。因時間和成本有限，目前只能以小型太陽板測試，期待日後能製作出大型太陽能板追蹤裝置並增加綠能發電的效率。



壹、研究動機

為了避免過度依賴傳統發電方式，人們開始積極發展再生能源。太陽能也是其中發展的重點之一。我們發現到學校在頂樓處架設大型太陽能板，以進行發電與儲電。同時，我們也進而觀察到在台灣目前市面上太陽能板多為固定的裝置，裝置的方向面南、傾斜角度為 22 度到 25 度間，無法調整角度與方位角。但太陽的方位、角度都會隨時間推移而改變，也就是說，固定式的太陽能板只能在特定時間才能發揮較佳效率。

透過蒐集資料，了解到過去的可移動式太陽能板幾乎都是使用光敏電阻，以感測太陽光做為移動的依據，但是這樣的裝置常會受到烏雲遮日、附近燈光過度明亮等外力因素干

擾。於是我們開始思考，如何透過雲端計算及物聯網自動操控的技術，設計一組成本較低且較便利的全自動化移動式太陽能板裝置，使發電效率能保持穩定。

在研究過程中使用七年級生活科技課程中學習到有關問題解決的方法，資訊科技課程中學習到有關積木程式的撰寫與應用。在八年級生活科技課程與九年級的理化課程中，學習到有關電與控制的知識與製作。

貳、研究目的

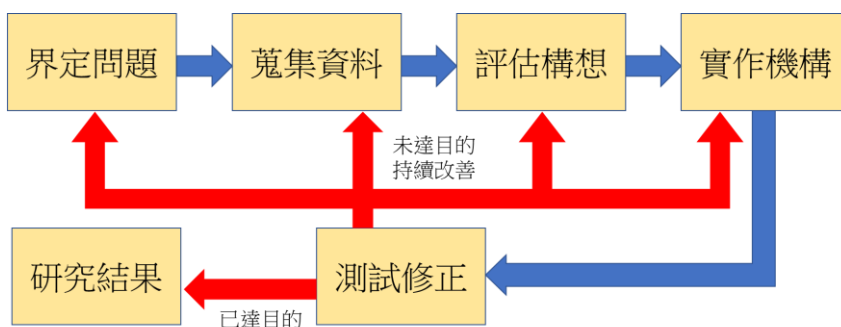
- 一、計算太陽的仰角及方位角數據。
- 二、建構一組可控制太陽能板角度與方位的機電裝置。
- 三、運用雲端計算將太陽位置數據，利用物聯網自動控制太陽能板移動裝置。

參、研究器材與設備

- 一、工具類：線鋸機、斜口鉗、尖嘴鉗、直尺、螺絲起子、電烙鐵、電鑽、熱熔膠槍
- 二、材料類：電光膠布、木條、針筒、電池、太陽能板、木板、培林、螺絲條、強力膠、馬達、機械積木、聯軸器、滑軌。
- 三、開發板與感測器元件：可變電阻、伺服馬達、TT馬達、WebduinoSmart 開發板
- 四、資訊設備：筆電、平板、照相機

肆、研究過程與方法

本次的研究過程是運用生活科技課程中所學的問題解決模式來進行，每一代的裝置都會經過測試分析後，再修正與製作下一代成品，直到達成目的解決問題。裝置的製作是利用智高積木及木工進行機構設計、並藉由雲端運算及物聯網方式，進行裝置的程式設計與機電控制，製作出機電整合的作品。



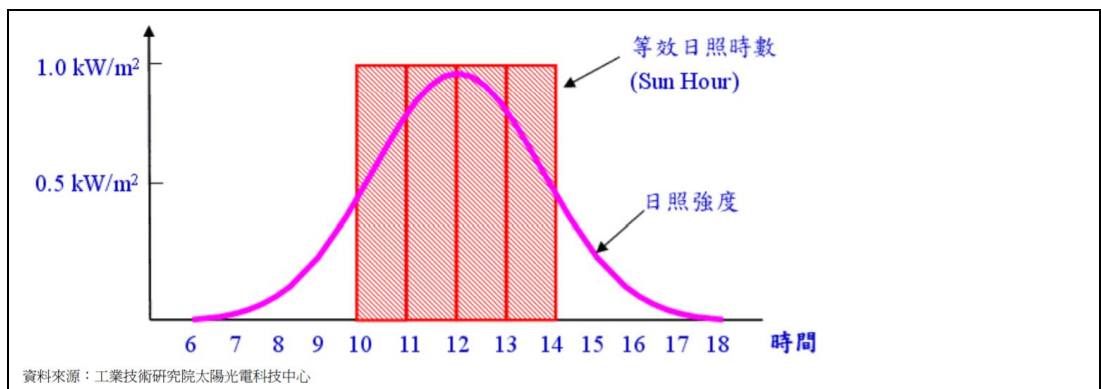
一、影響太陽能板發電因素

(一) 根據經濟部能源局太陽光電諮詢窗口網站所找到的資訊，得知影響太陽能板發電的因素如下表所示

影響因素	文字說明
陽光光譜變化	模板效率受太陽光光譜影響
日照量變化	日照量影響模板電力輸出
陽光蔭影	遮蔽影響會導致模板功率的輸出
模板溫度	模板溫度升高，效率降低
負載匹配	負載未配合最大功率輸出

(二) 等效日照

為評估太陽能發電的重要因子，此數值越大表示當地日照量越強，發電量越多，日照量換算為 1000 W/m² 之標準條件下之有效照射時間，也就是能達到太陽能板全功率運轉的日照強度在一天中的總時數，在台灣此數值全年約為 900~1,650 小時，每日平均值約為 2.5~4.5 小時。



(三) 構想方案

根據上方所找到的資料，了解太陽能板因固定在一定的角度方位，所以日照量會影響發電效果。若能使得太陽能板自動隨著太陽路徑進行調整與變化，就能增加太陽能板的日照時間與發電效果。接著開始進行太陽能板移動裝置的設計與製作。

二、第一代裝置製作

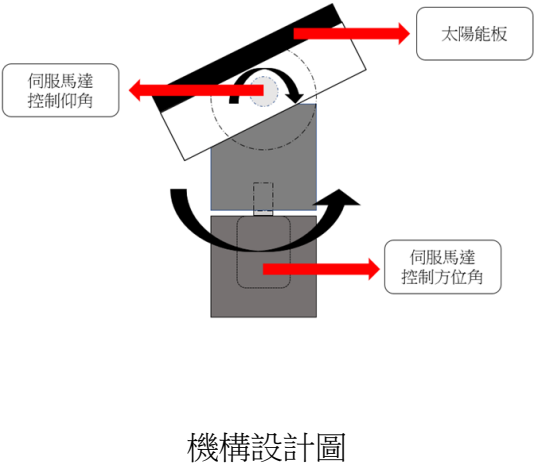



(一) 界定問題：如何控制太陽能板的仰角與方位角變化？

(二) 蒐集資料：

文字說明	圖片
<p>伺服馬達是可讓馬達依照指示命令動作，由程式要馬達轉幾度，馬達就會轉幾度。</p>	

(三) 評估構想：利用 Arduino 開發板控制兩顆伺服馬達轉動太陽能板的仰角與方位角，搭配積木試作裝置機構與結構。

(四) 實作機構：

 <p style="text-align: center;">機構設計圖</p>	<p>圖中上半部機構為仰角控制裝置。最初，我們以伺服馬達和積木構成機械主體，並搭配手搖桿手動操作，以調整仰角。在調整時無法完全 180 度轉動，且轉動時機身易從中間段折裂。</p>	
		



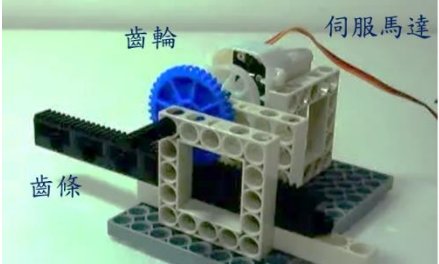
(五) 測試修正：根據製作出的裝置進行分析，並提出改善方向。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> ● 搖桿直接操控，調整角度方便。 ● 結構簡單，若需修理較為方便。 ● 裝置設計成直立往上延伸，佔地面積較小，可設置地點較多元。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 裝置較不堅固，易左右搖晃。 ● 馬達轉動幅度較大、角度調整範圍小，角度控制較不精確。 ● 一組只能控制一個太陽能面板，效率較低。

三、第二代裝置製作

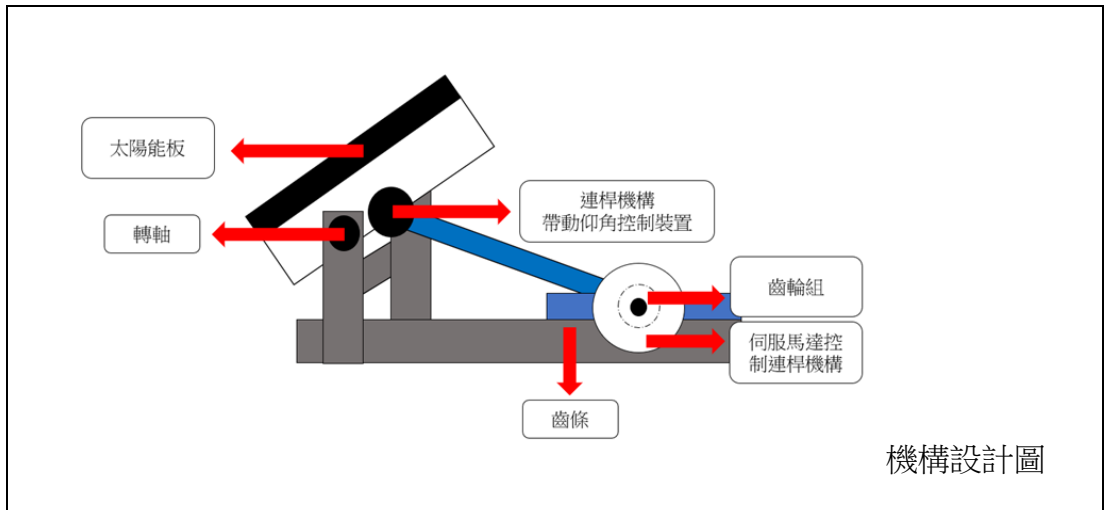
(一) 界定問題：根據第一代裝置的設計，發現伺服馬達直接帶動太陽能板，由於重量關係，容易造成伺服馬達轉動誤差使得角度控制產生誤差。因此需要改變帶動太陽能板角度調整的方式。

(二) 蒐集資料：

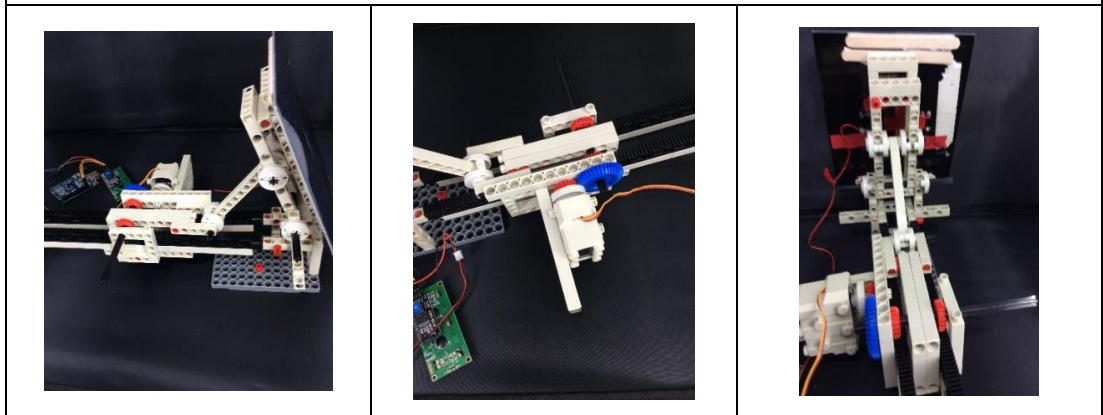
文字說明	圖片
<p>連桿是指機械中以固定的樞軸與其他機件連接，並產生運動的裝置；若是由多個連桿所組成的則稱為連桿裝置或連桿組。</p>	 <p>連桿機構</p>
<p>將生科課時自製手機架的固定原理套用到設計中，應用在太陽能板的支撐方法。</p>	 <p>手機架</p>
<p>伺服馬達透過齒輪組減速機構傳達至齒條，變換為直線動作。</p>	 <p>齒輪 齒條 伺服馬達</p>

(三) 評估構想：Arduino 開發板控制伺服馬達轉動，搭配齒輪與齒條轉換運動方向，再利用連桿機構原理，帶動太陽板角度轉動。

(四) 實作機構：



此裝置設計目的在於利用軌道設計和支架的連桿原理，故只設計調整仰角的部分。如圖，我們將支架和齒輪組接合在一起，使馬達帶動齒輪組前後移動時能調整仰角。齒輪組部分也以小齒輪轉大齒輪的慢速轉動方式增加精確度。但我們發現齒條會有長度的限制，而且目前我們還不能控制方位角。



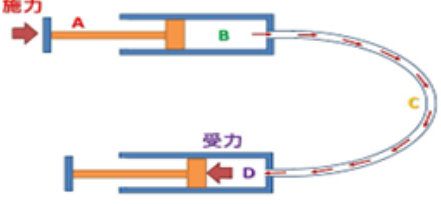
(五) 測試修正：根據製作出的裝置進行分析，並提出改善方向。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> ● 調整角度較為精確，操控穩定。 ● 支撐堅固，機身本體不易因外力而晃動或損毀。 ● 角度換算固定，不容易出現誤差。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 一次只能控制一組太陽能板，效率較低。 ● 機組零件和齒輪較容易因使用而耗損。

四、第三代裝置製作

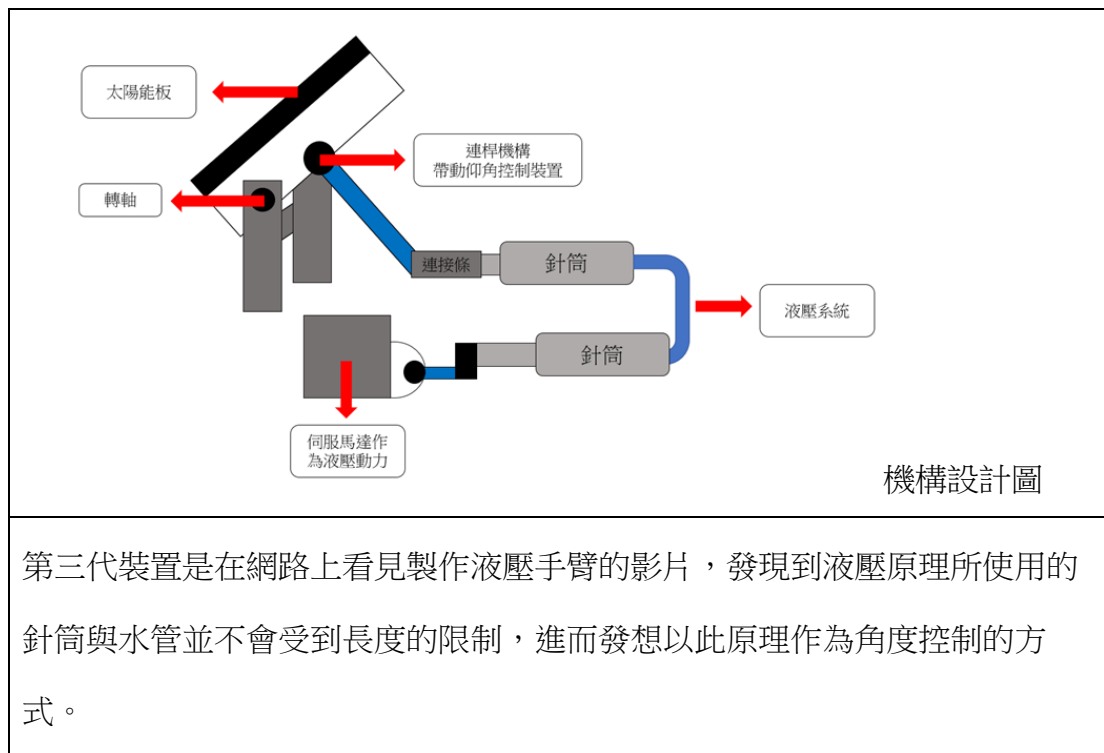
(一) 界定問題：根據第二代製作的作品，發現到齒條長度與大小會有限制，且齒輪移動時可能會產生耗損，試著尋找其他可調整仰角的方式。

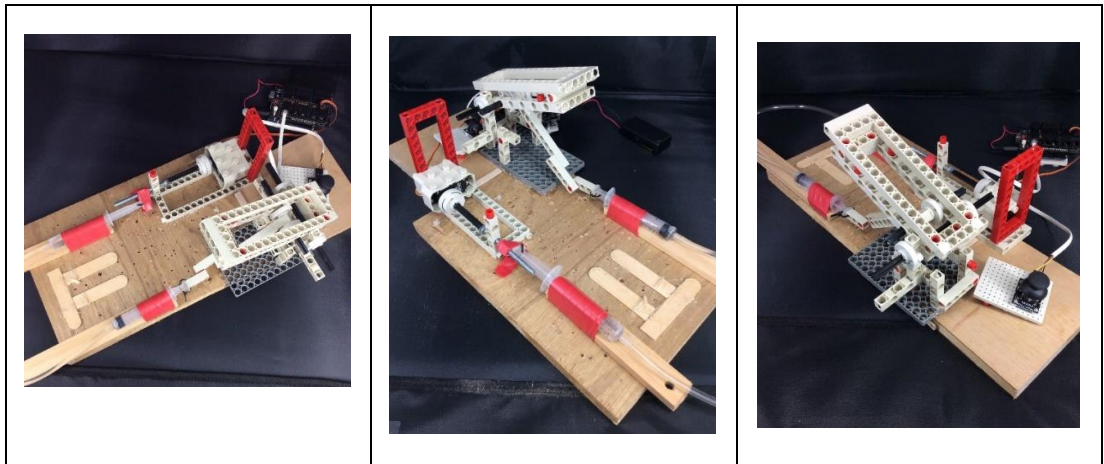
(二) 蒐集資料：

文字說明	圖片
<p>液壓裝置是運用了「流體力學」的「帕斯卡原理」，在密閉容器中，靜止流體的某一部分發生壓力變化，它會毫無損失地傳送至流體的各部分和容器的內壁。其特點具有重量小、效率大、控制方便等優點。</p>	

(三) 評估構想：將伺服馬達上安裝螺絲，針筒手壓的位置安裝螺帽，藉由馬達轉動螺絲，使得螺帽沿著螺紋前進，進而推拉針筒使得內部液體受力，帶動另一組針筒進行直線運動，藉由連桿調整太陽板的角度。

(四) 實作機構：





(五) 測試修正

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> ● 可以透過一組液壓裝置控制多組太陽能板，效率較高。 ● 利用針筒間接控制馬達，操控較精確且穩定。 ● 搭配藍芽使用，連接控制。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 若針筒使用一段時間，會因壓力不夠而跑入空氣，導致操控不易。 ● 整體面積較大，受場地大小限制。 ● 較其他裝置費電力，結構也較複雜。

五、第四代裝置製作

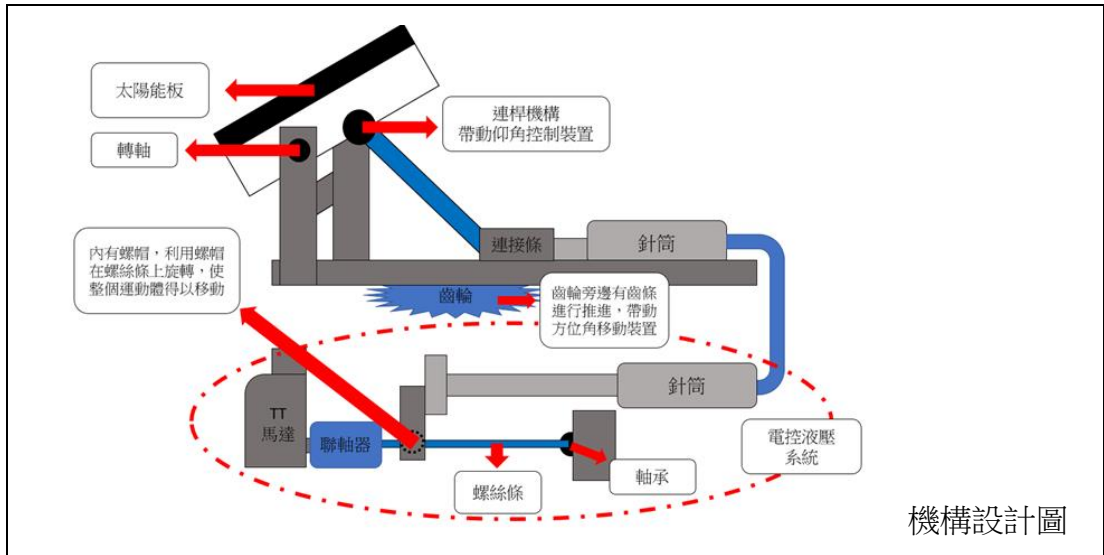
(一) 界定問題：伺服馬達運作時，螺絲容易晃動，導致螺帽無法順利前進，使得針筒推進狀況不佳。

(二) 蒐集資料：

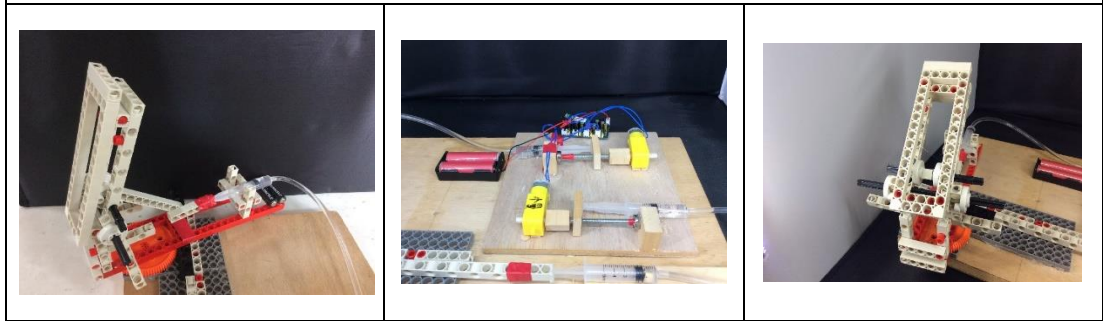
文字說明	圖片
<p>TT 馬達是一種經過齒輪比的調整所製作出來的減速馬達，有著輸出動力大、轉速慢等特點。常運用在二足步行機械上，以提高動作精細度。</p>	
<p>軸承在機械中主要是用於支撐旋轉體或達到直線來回運動體的作用。也就是當其他機件在軸上彼此相對運動時，可利用軸承用來保持軸的中心位置及控制該運動的機件。</p>	

(三) 評估構想：將原先的伺服馬達更換成 TT 馬達，降低轉速以提升扭力。利用螺絲與軸承的搭配，增加其結構穩定性，使螺帽能更順利移動，以帶動針筒推進調整連桿機構。

(四) 實作機構：



第四代裝置將原本的伺服馬達轉換成轉速較慢的 TT 馬達，以提升針筒調整時的精確度。此裝置已經能夠透過藍芽控制版和馬達的連接，連接藍芽並遙控操作。另外利用軸承的特性，固定螺絲條的一端且配合轉動，大幅提升穩定性也降低損壞風險。

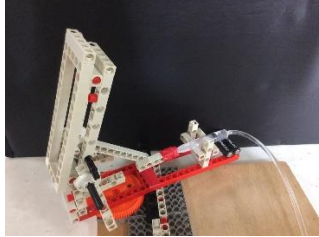
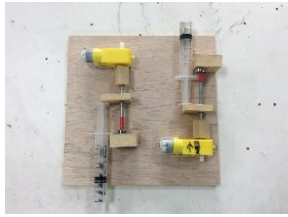
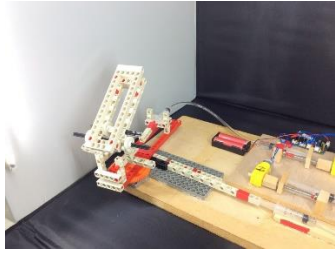


(五) 測試修正：

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> ● 連接藍芽控制版，可操作電控運轉。 ● 針筒固定較為穩固，不會偏移。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 支架不穩，容易搖晃。 ● 仰角的控制為架設軌道，容易歪斜。 ● 齒輪條沒有固定，容易卡住。

六、第五代裝置製作

(一) 界定問題：根據第四代裝置找出以下問題並進行修正與調整。

第四代裝置問題內容	圖片
<p>測量仰角的升降裝置容易左右晃動，較不穩定，故會影響仰角的測量結果。</p>	
<p>裝在 TT 馬達上，用來帶動螺旋條轉動的小木條容易因為鑽歪等，而使其移動時會歪斜，進而影響到針筒推壓情形。</p>	
<p>原本在仰角及方位角的測量裝置上，無任何開發版的裝設，僅有簡易結構組成，未能達到測量太陽仰角與方位角之目的。</p>	

(二) 蒐集資料

文字說明	圖片
<p>可變電阻來進行各式音響聲源設備裡的音量控制或電子設備裡的各式準位與功率等的控制，也可以做為位置或角度的傳感器。</p>	
<p>聯軸器是用來連接不同機構中的兩軸(主動軸和從動軸)使其共同旋轉以傳遞扭矩的機械零件。在高速重載的動力傳動中，有些聯軸器還有緩衝、減振和提高軸系動態性能的作用。</p>	

線性滑軌為一種高精密滾動傳動元件，藉由鋼珠在滑塊與滑軌之間做無限滾動循環接觸，負載平台能沿著滑軌輕易地以高精度作線性運動。

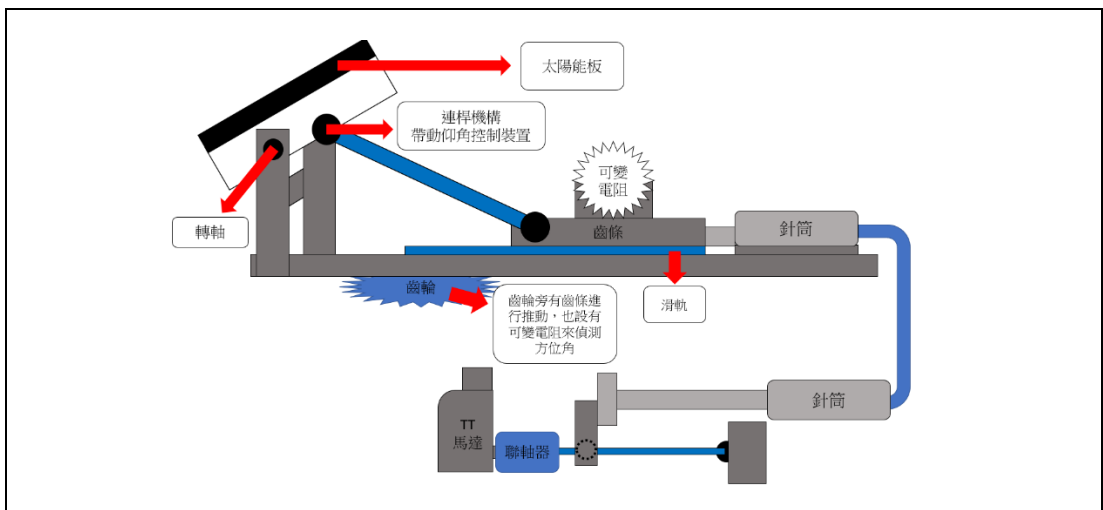


(三) 評估構想

修改內容	圖片
<p>在升降之連桿裝置上加上滑軌的運用，使連桿裝置在移動時較為穩定，且能直線行進，測量出來的仰角數值也較準確。</p>	
<p>將小木條改為聯軸器，這樣方可使螺絲條在移動時保持直線，且螺絲條不易鬆脫，運作起來效能較高，針筒的推壓也較為順暢。</p>	
<p>加裝可變電阻，藉由黑色鍊條帶動黃色齒輪的轉動，使齒輪轉動的數據值，與程式做連結，進而將所得資料顯示於電腦上。</p>	

(四) 實作機構

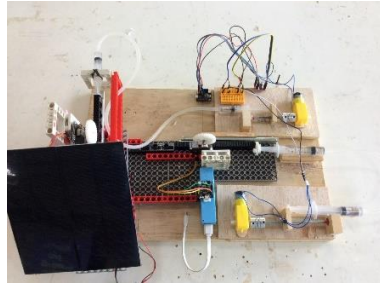
1. 機構設計圖



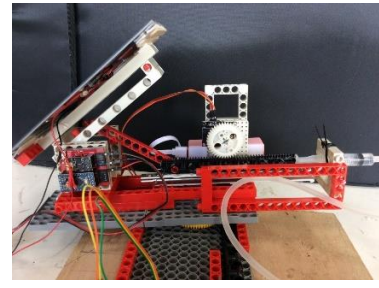
第五代裝置是我們目前最後的改造成品，此裝置我們以較不易損壞的液壓機構作為主要的調整角度方式。為了達到全自動化，我們加裝了 Webduino 開發板，進行裝置和程式的連結，同時也加裝可變電阻並推算角度。

2. 裝置製作過程

項目	文字說明	圖片說明
齒輪 齒條	<p>在偵測角度的架設中，我們在可變電阻前裝設齒輪，藉由齒條的推進去轉動齒輪，使得電阻值有所變化，利於換算成裝置角度。</p>	
馬達	<p>本作品中在液壓系統中有裝設 TT 馬達作為動力來源，具有轉速慢而效能高的運作特色，也較伺服馬達省力。</p>	
液壓	<p>利用電控液壓的方式，去推動連桿機構。在液壓系統的裝設中，也有搭配聯軸器，螺絲螺帽與軸承等機件的使用，讓整個系統運作流暢穩固。</p>	
滑軌	<p>在齒條下方加裝滑軌，以增添其承受力，並使齒條的移動軌跡能固定在直線上。</p>	



仰角控制的部分，我們加裝了軌道增添承受力。



安裝 Webduino 板，收集電壓及角度的資料。

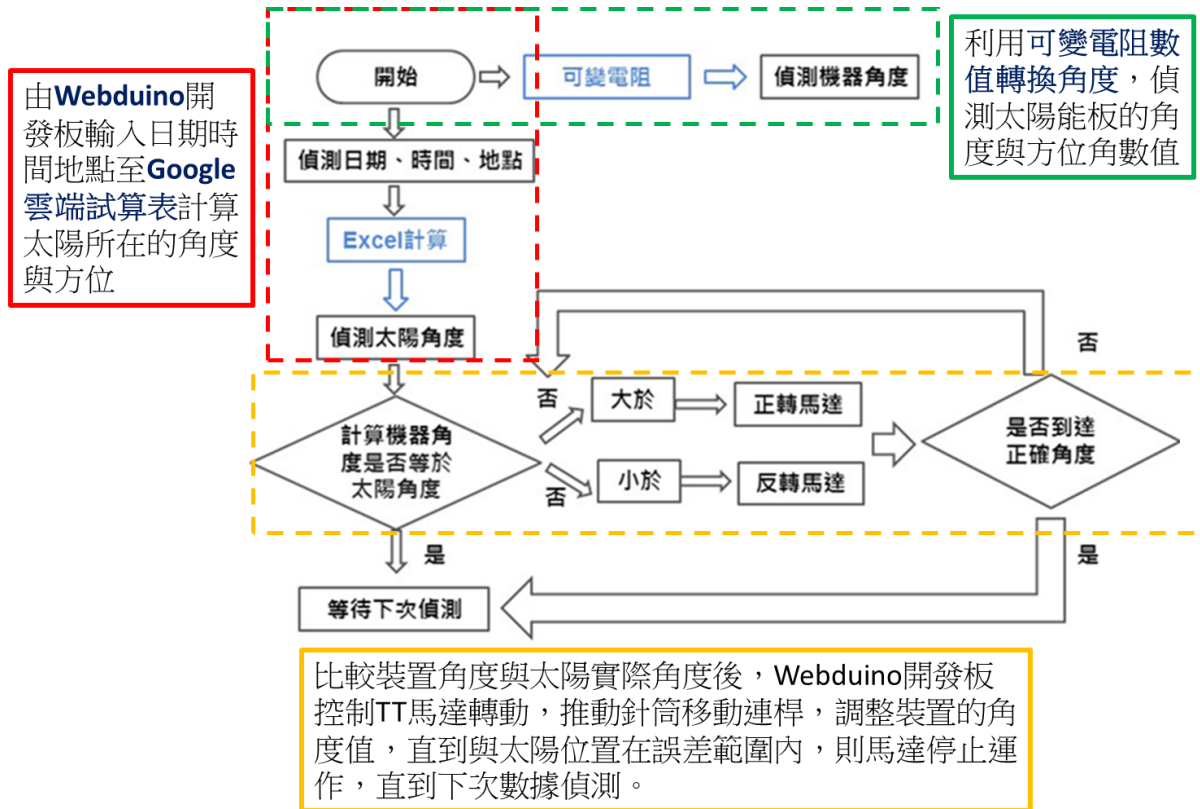
七、程式設計

利用 Webduino 開發板與積木程式撰寫裝置的運作模式。選擇 Webduino 開發板的原因是開發板彼此間連動方便，可直接將資料寫入 Google 雲端試算表中。我們可以由 Excel 計算得到太陽角度與位置後，再將其數據值回傳給裝置判斷，藉由控制馬達轉動，逐步推進螺帽與針筒後，調整至適當角度與位置，進而達到追蹤太陽路徑之效果。

Webduino Smart 開發板可以自行獨立運作，同時也具備連上網際網路和透過區域網路操控的能力，更能有效地應用在物聯網的開發和各種裝置。




(一) 裝置運作流程圖



(二) 程式設計-偵測太陽角度

太陽的路徑可經由數學進行推算，得知在地球上不同的位置、日期、時間，所看到太陽的角度與方位。為了能更快速的取得太陽的路徑與位置，利用現有計算工具進行數據擷取。

1. 蒐集資料：善用既有的太陽位置計算器，並加以運用至追蹤系統中。

太陽路徑分析軟體	文字說明
 <p>太陽測量師 APP</p>	<p>優點：操作方式簡單、版面清楚，且更新速度較一般計算網站快，可立即知道地區太陽最新位置。</p> <p>缺點：只限手機 APP，無法連接電腦程式、也無法直接將資料傳送至裝置。</p>



Excel 表單

利用 excel 表單進行公式撰寫，只需在空格中輸入時間、日期、經緯度等資訊，即可得到太陽位置。
 優點：此計算式以公式撰寫，數據較為精確，且可直接坎入追蹤系統的電腦程式中，使裝置更新資料方便。
 缺點：相較太陽測量師，此計算器操作較困難，結構相對複雜。

2. Webduino 積木程式

The screenshot shows a Webduino script with the following blocks and annotations:

- 連接至開發板** (Connect to development board)
- 自走車** (Self-driving car) with motor pins: 14 (front right), 16 (back right), 2 (front left), 15 (back left). Annotation: **設定馬達位置與接腳，以控制馬達正負轉向。** (Set motor position and pins to control motor direction).
- 載入 Google 試算表** (Load Google spreadsheet) with URL: `https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-nlc3YgC...` and sheet name: `text`. Annotation: **進入Google雲端試算表可讀取太陽角度值的表單** (Enter Google cloud spreadsheet to read the table of solar angle values).
- (非同步) 每隔 60 秒** (Asynchronous) block.
- 執行** (Execute) block containing:
 - 從試算表 `myData` 的 `"b7"` 寫入資料 `現在的日期 年/月/日` (Write current date).
 - 從試算表 `myData` 的 `"e2"` 寫入資料 `現在的日期 時:分:秒` (Write current time).
 - 從試算表 `myData` 讀取資料 (Read data).
 - 執行 **設定 R 為 `"ag3"` 的資料** (Set R to data from `"ag3"`).
 - 執行 **設定 Q 為 `"ah3"` 的資料** (Set Q to data from `"ah3"`).
 Annotation: **寫入現在的日期與時間再讀取所對應的角度與方位角** (Write current date and time, then read corresponding angle and azimuth).

Below the script is a screenshot of the Google spreadsheet with the following data and annotations:

	A	B	C	D	E	F	G
NOAA Solar Calculations	Change any of the highlighted cells	Date	日期	Time (past local m	Time (past local m	Solar Elevation	correc Solar Azimuth Angle (deg
Latitude (+ to N)	25.05	緯度		2021/3/11	15:52:49	27.5888948	251.2330659
Longitude (+ to E)	121.54	經度			現在時間	62.41111052	116.2330659
Time Zone (+ to E)	8	時區					
Date	2021/3/11						
		輸入日期					

利用積木程式可進入 Google 雲端試算表，需將其共用權限先開啟後，就可將現在的日期時間，寫入相對應的表格，進而可以得到太陽的位置後，再讀取相對應的表格設定為變數。每隔 60 秒寫入一次，讀取新的數據值。

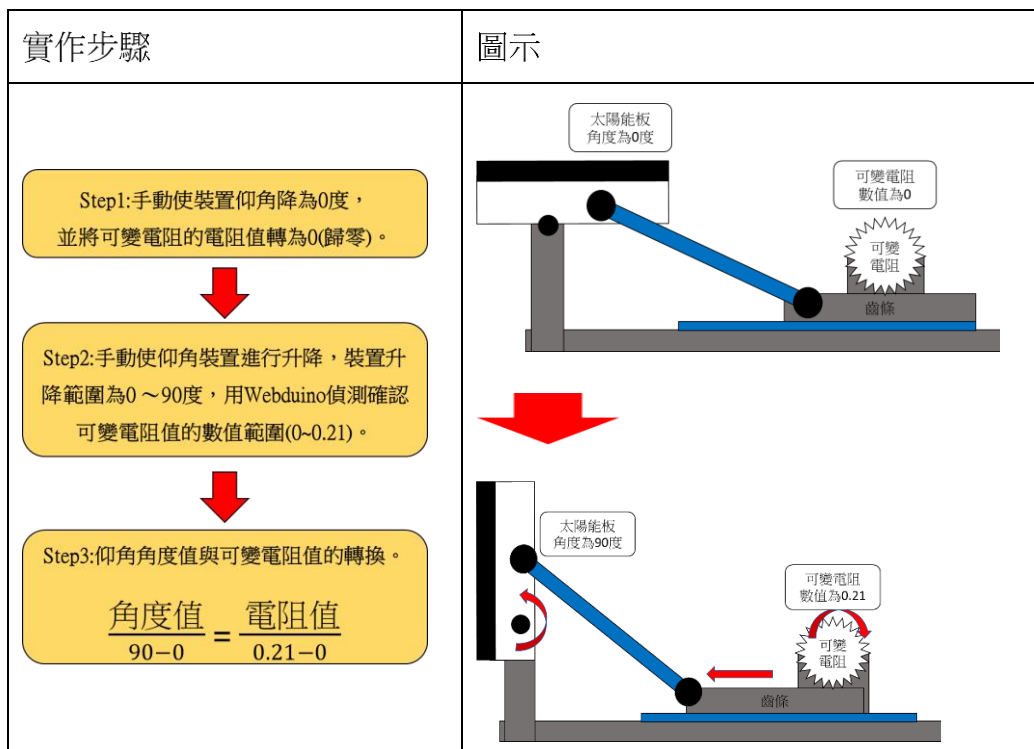
(三) 程式設計-偵測裝置角度

1. 蒐集資料

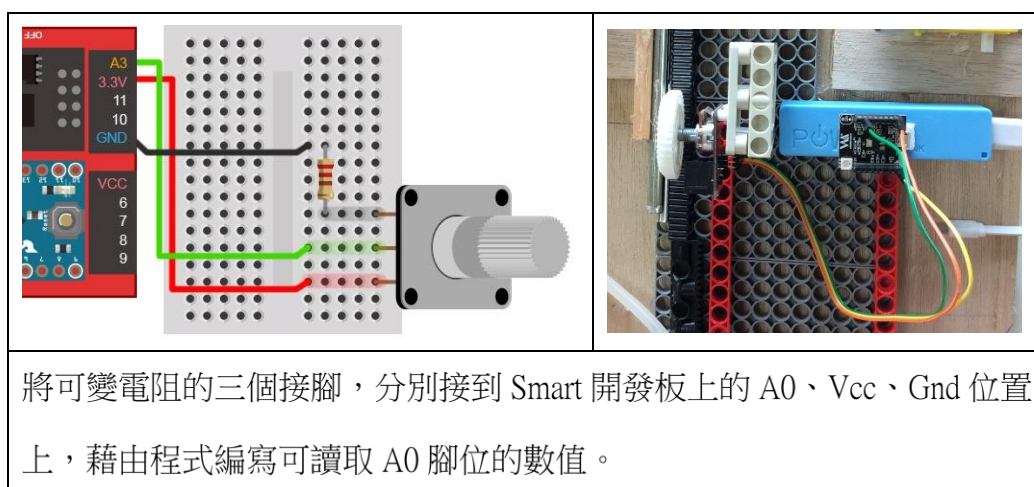
利用積木零件中的可變電阻感測器，搭配齒輪與齒條，藉由推動齒條轉動齒輪而改變可變電阻的數值。



2. 可變電阻數值轉換角度方式



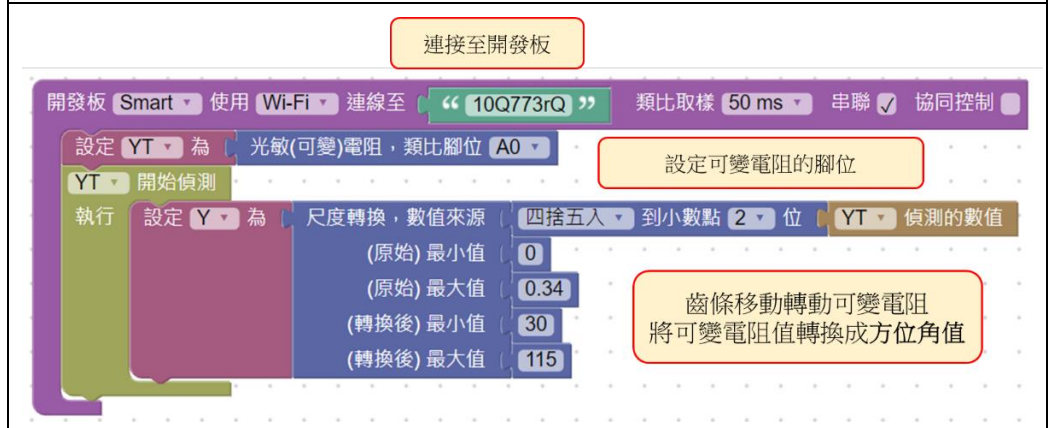
3. 可變電阻接線圖



4. Webduino 積木程式



連接控制仰角的開發板後，讀取可變電阻的數據值，進而推算出現在裝置的角度值，以方便之後與計算出的太陽仰角作比對調整。




連接控制仰角的開發板後，讀取可變電阻的數據值，進而推算出現在裝置的角度值，以方便之後與計算出的太陽方位角作比對調整。

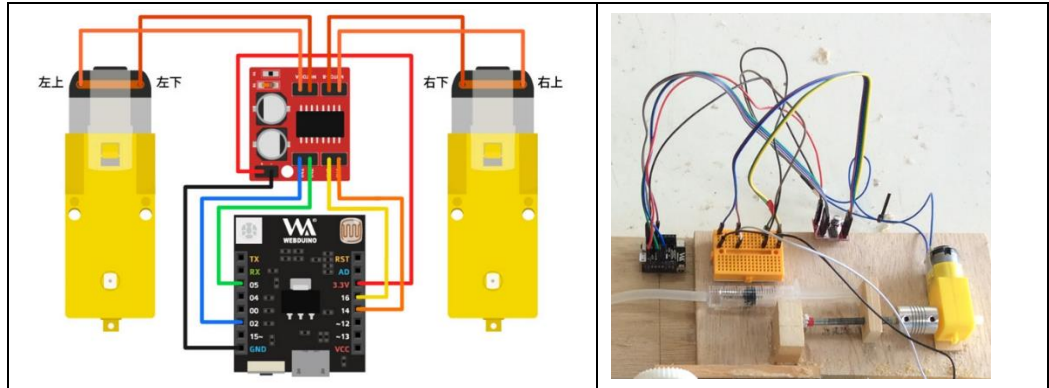
(四) 程式設計-控制馬達轉動

將所得到的太陽角度與方位角的數據與裝置的角度數據作比較後，由 Smart 開發板操控 TT 馬達的轉動，調整裝置角度直到與太陽的位置在誤差範圍內。

1. 蒐集資料

文字說明	圖片
L9110S 雙馬達驅動板，透過 2 組 L9110S 晶片，推動 2 組直流馬達或 1 組 4 線 2 相的步進馬達，常用於自走車及機械手臂。本次研究是利用 Webduino 自走車套件與相對應的積木程式進行編寫，控制兩顆 TT 馬達的正反轉。	

2. 馬達接線圖



3. Webduino 積木程式

當開發板串連完成
執行 A

當開發板彼此連線可運作後，則開始執行A流程。

```

    建立 A
    顯示
    建立字串 " 太陽仰角: "
    R
    換行
    " 裝置仰角: "
    X
    換行
    " 太陽方位角: "
    Q
    換行
    " 裝置方位角: "
    Y
    換行
    現在的日期 年/月/日
    換行
    現在的時間 時:分:秒
    等待 1 秒
    B
  
```

網頁顯示目前的太陽仰角與方位角，以及裝置的仰角與方位角，以方便使用者辨識。

等待1秒後，接著進入B流程。

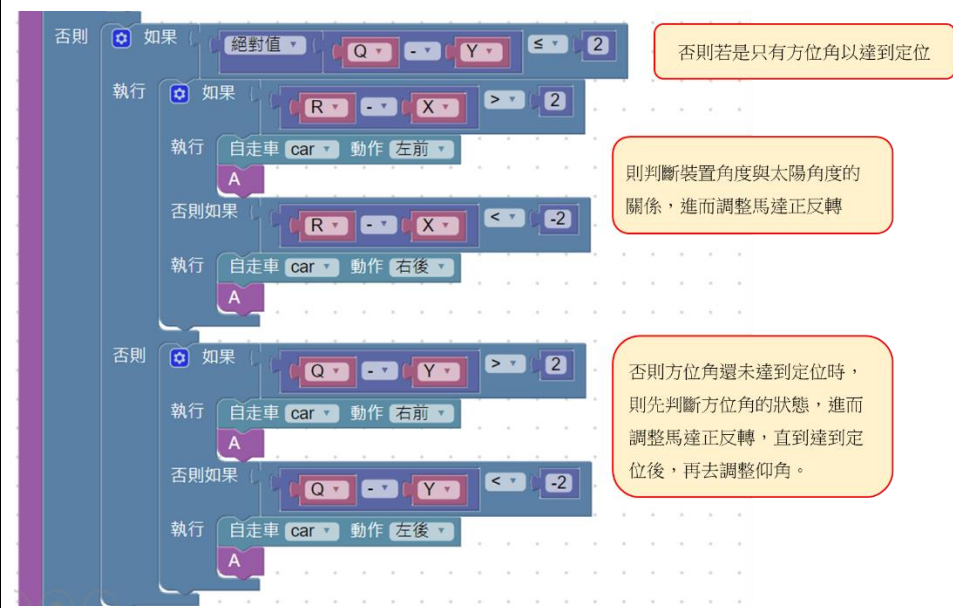
先在網頁顯示現在太陽的位置與裝置目前角度與方位角的狀態。

```

    建立 B
    如果
    絕對值 R - X ≤ 2 且 絕對值 Q - Y ≤ 2
    執行 自走車 car 動作 停止
  
```

若是方位角與仰角的正負誤差在2度以內(絕對值小於等於2)，則馬達停止轉動。

由於內建程式積木中，無法只控制一個馬達停止，就設定兩個都完成定位時，就一起停止，然後回到 A 流程讀取變數再判斷。



否則 如果 絕對值 $Q - X - Y \leq 2$ 否則若是只有方位角以達到定位

執行 如果 $R - X > 2$ 則判斷裝置角度與太陽角度的關係，進而調整馬達正反轉

執行 自走車 car 動作 左前 A

否則如果 $R - X < -2$

執行 自走車 car 動作 右後 A

否則 如果 $Q - Y > 2$ 否則方位角還未達到定位時，則先判斷方位角的狀態，進而調整馬達正反轉，直到達到定位後，再去調整仰角。

執行 自走車 car 動作 右前 A

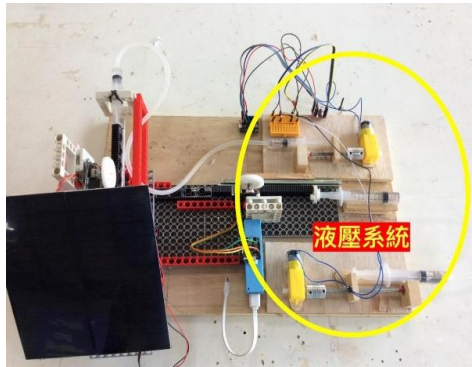
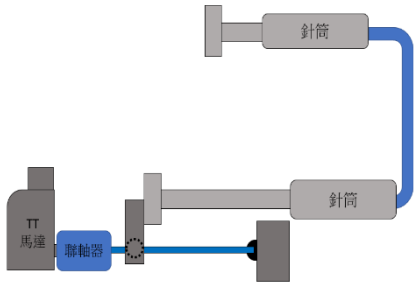
否則如果 $Q - Y < -2$

執行 自走車 car 動作 左後 A

先判斷與調整方位角的值後，再調整仰角的角度。調整完後，則回到 A 流程讀取數據，再次判斷。

伍、研究結果

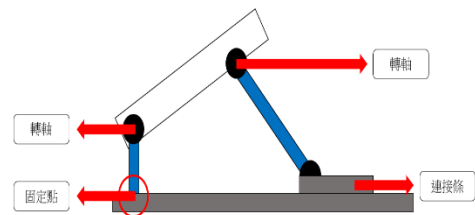
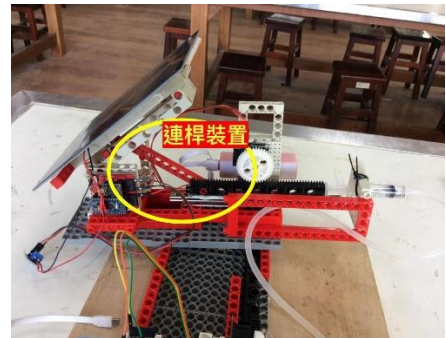
一、成品特色

文字說明	圖片
<p>液壓系統</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 將液壓系統應用於仰角的升降與方位角的推拉，利用液壓可使整體運作更加省力，而不需要使用費力的伺服馬達。 ● 能在龐大的太陽能板裝置中，能使用簡易的針筒與塑膠軟管，以小推大，減低其複雜性。 ● 利用電控的方式達到自動化，電力來源則是以外接(行動電源)的方式。 ● 能透過針筒一格一格的推進，使太陽能板裝置能達到微調的效能，隨著太陽光 	 

每分每秒細微的移動，液壓系統的微調即能減少誤差，使測量值接近實際值。

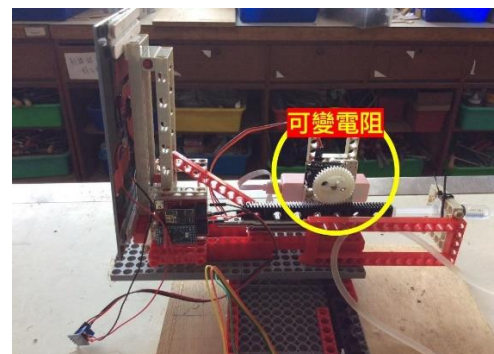
連桿機構

- 運用於仰角的升降裝置上，將兩組物件以轉軸相扣，透過連桿的前進與後退，能使太陽能板做適度的升降，也能做為支撐太陽能板的支柱。
- 動力來源即來自於液壓系統的推進與拉縮，故整台裝置中連桿機構與液壓系統同時進行，以最省力的方式來測量仰角。



可變電阻

可變電阻前加上一個齒輪，齒輪與齒條的接觸移動中，帶動齒輪的轉動，進而 Webduino 做連結，將所得數據傳送於電腦上。

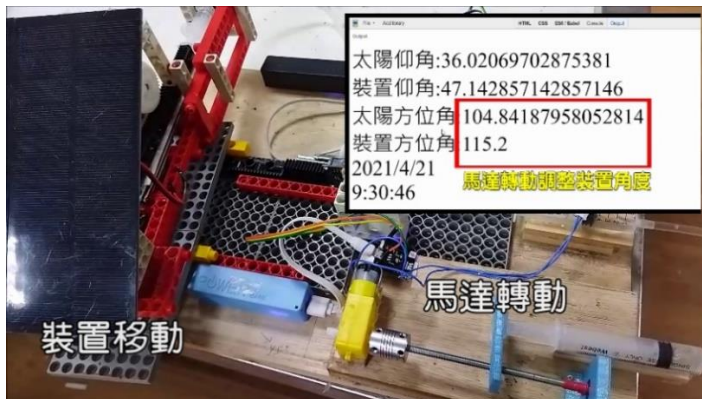
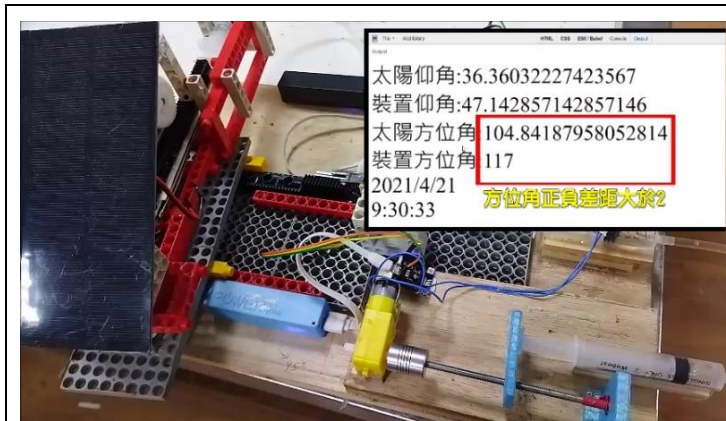


二、裝置運作

(一) 雲端試算表計算太陽角度與方位數值

圖片	文字說明																																												
<p>NOAA Solar Calculations - Change any of the highlighted cells</p> <table border="1"> <tr> <td>Latitude (+ to N)</td> <td>緯度</td> <td>25.05</td> </tr> <tr> <td>Longitude (+ to E)</td> <td>經度</td> <td>121.54</td> </tr> <tr> <td>Time Zone (+ to E)</td> <td>時區</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>日期</td> <td>2021/4/21</td> </tr> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>E</th> <th>AG</th> <th>AH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Time (past local m</td> <td>Solar Elevation correc</td> <td>Solar Azimuth Angle (deg c</td> <td></td> </tr> <tr> <td>/4/21</td> <td>9:30:29</td> <td>53.97930297</td> <td>104.8418796</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>36.02069703</td> <td>104.8418796</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>E</th> <th>AG</th> <th>太陽方位角</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Time (past local m</td> <td>Solar Elevation correc</td> <td>Solar Azimuth Angle (deg c</td> <td></td> </tr> <tr> <td>/4/21</td> <td>9:30:29</td> <td>53.97930297</td> <td>104.8418796</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>36.02069703</td> <td>104.8418796</td> </tr> </tbody> </table>	Latitude (+ to N)	緯度	25.05	Longitude (+ to E)	經度	121.54	Time Zone (+ to E)	時區	8	Date	日期	2021/4/21		E	AG	AH	Time (past local m	Solar Elevation correc	Solar Azimuth Angle (deg c		/4/21	9:30:29	53.97930297	104.8418796			36.02069703	104.8418796		E	AG	太陽方位角	Time (past local m	Solar Elevation correc	Solar Azimuth Angle (deg c		/4/21	9:30:29	53.97930297	104.8418796			36.02069703	104.8418796	<p>將所在位置的緯度經度設定好後，藉由 Webduino 積木程式，自動偵測日期與時間，藉由雲端試算表計算出當下的太陽位置數值。</p>
Latitude (+ to N)	緯度	25.05																																											
Longitude (+ to E)	經度	121.54																																											
Time Zone (+ to E)	時區	8																																											
Date	日期	2021/4/21																																											
	E	AG	AH																																										
Time (past local m	Solar Elevation correc	Solar Azimuth Angle (deg c																																											
/4/21	9:30:29	53.97930297	104.8418796																																										
		36.02069703	104.8418796																																										
	E	AG	太陽方位角																																										
Time (past local m	Solar Elevation correc	Solar Azimuth Angle (deg c																																											
/4/21	9:30:29	53.97930297	104.8418796																																										
		36.02069703	104.8418796																																										
<p>仰角馬達控制</p> <p>方位角馬達控制</p>	<p>由 Webduino 開發板控制馬達正反轉，轉動螺絲，使得螺帽沿著螺紋移動，調整針筒內的液體進而調整太陽能板的角度與方位。</p>																																												

(二) 自動調整太陽能板方位角



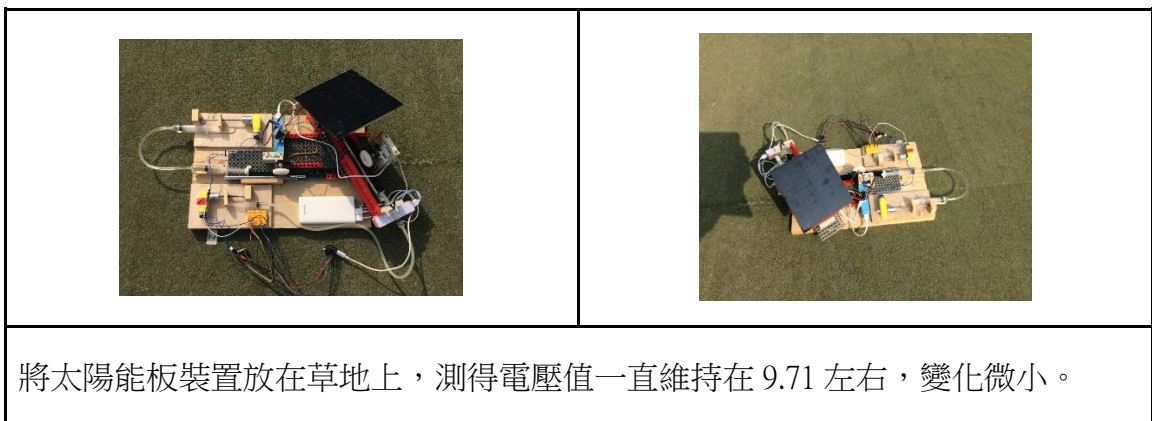
馬達轉動使針筒移動調整方位角後，藉由 Webduino 開發板比對裝置與太陽方位角，直到正負 2 度內，才會停止運作。

(三) 自動調整太陽能板仰角

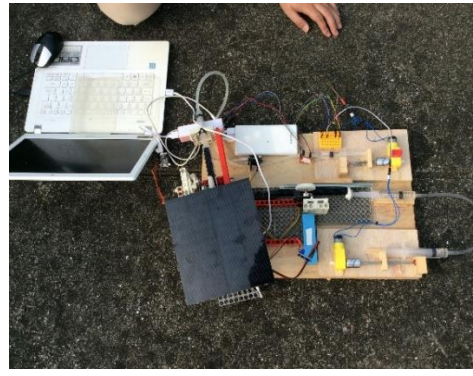
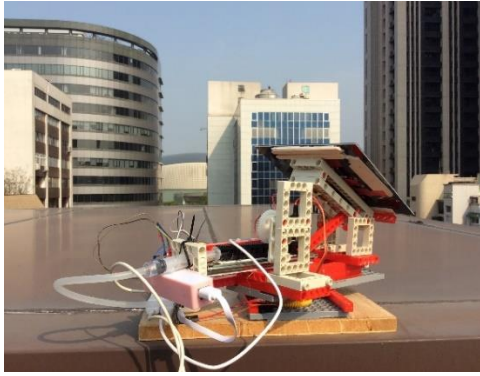


馬達轉動使針筒移動調整裝置仰角後，藉由 Webduino 開發板比對裝置與太陽仰角度值，直到正負 2 度內，才會停止運作。

三、戶外操作



將太陽能板裝置放在草地上，測得電壓值一直維持在 9.71 左右，變化微小。



我們改成將太陽能板裝置放於學校頂樓測量太陽光，能排除測量時的阻礙。我們將太陽能板對齊南方，仰角及方位角等裝置可以跟著程式指令移動。

陸、討論

根據研究目的檢視是否完成此次研究內容：

一、計算太陽的仰角及方位角數據。

此目標已達成。在研究過程中，我們蒐集許多關於太陽仰角與方位角的計算公式以及相關資料，一開始我們以手機應用程式所呈現的相關資料來作為參考，但軟體內容中的資訊以我們現階段所學，難以直接應用於 Webduino 程式中，也無法看見其計算過程。之後，我們所搜尋到的角度計算方式，幾乎都運用複雜的公式和三角函數的計算，已經超出我們學習範圍。最後，我們採用的計算方式是由國外氣象局所提供的試算表，直接與雲端試算表做結合，並連接 Webduino 的程式與開發板，達到判斷仰角與方位角的目的。

二、建構一組可控制太陽能板角度與方位的機電裝置。

此目標已達成，在研究過程中，我們完成了五代實驗裝置。在第一代的部分，我們使用伺服馬達直接帶動裝置的轉動，但發現到這樣的移動方式轉動幅度較小、較不精確；經過重新思考後，我們製作第二代太陽能板移動裝置，透過馬達帶動齒輪、並以齒條做為軌道，使其移動向前，這樣的移動方式雖然較精確、穩固，但同時齒條也容易受到長度的限制；為了改善此問題，我們將移動方式改為電控液壓，研發出第三代做為測試。經過第三代的測試，我們發現到液壓不但能改善以往裝置的問題，移動時也較穩定、省力，所以我們沿用此原理，發展出第四代並將原本使用的伺服馬達換為 TT 馬達，同時增加培林，使其穩定。最後，我們將多次研究的問題和可沿用之優點統整，加裝滑軌及可變電阻，完成第五代的移動裝置成品，並連接物聯網及開發板，使其能正式自動跟隨太陽移動。

三、運用雲端計算將太陽位置數據，利用物聯網自動控制太陽能板移動裝置。

此目標已達成，我們利用 Webduino 的網頁積木程式，串聯多個開發板，並藉由感測可變電阻的數據值，進而換算成裝置角度。利用了 TT 馬達、聯軸器、螺絲、螺帽等材料的結合，自動調整馬達轉動來推動針筒，使之達到微調角度的效果。而此成品最主要的運作方式是透過網路端資料的收集與比對，進而使馬達轉動調整裝置角度，可避免以往感光式移動太陽能板會受外在光源影響的缺點，也使太陽光能更精準的直射在太陽能板上，以發揮較佳效率。

四、其他可精進項目

經過研究後，已完成可自動調整角度的移動式太陽能板，而此裝置在未來也保有許多發展空間。未來，在資料收集方面，希望可以與固定式太陽能板進行比較，兩者間的發電效率和成本；在程式操控方面，則希望可以增加即時通訊的功能，以隨時監控裝置狀態，使其自行運作出現故障時能及時維修；在精準度方面，我們希望可以增加歸零偵測，讓裝置更有系統的自動化，使其運作更加順暢。

柒、結論

此次研究後，我們已可以透過 Webduino 開發板，藉由物聯網方式，自動調整操作太陽能板裝置的移動。裝置運作時，只需藉由雲端輸入的資料，即可取得相對應的太陽位置的數據值。經過比對裝置的角度數值後，自動控制馬達轉動，改變太陽能板的角度與方位。在過程中，為了設計出較方便、移動方式較省力的裝置，我們實作了五代的裝置，從一開始的馬達帶動裝置，經過不斷的修正與改善後，改造成液壓推動裝置，使整體機構也更加完善。能夠將課堂中所學到的知識運用於此次研究中，十分有成就感。

但由於時間與成本關係，我們尚未收集到大量的資料來進行裝置的數據分析。期待未來我們可以透過與固定式太陽能板作比較，以探討兩者發電效率的差異。也希望未來可以設計出移動更加精準的裝置，並控制更多太陽能板，讓發電效率提高。

捌、參考資料

一、連桿機構的介紹

http://www.pmai.tn.edu.tw/df_ufiles/df_pics/32710%E7%AC%AC14%E7%AB%A0.pdf

二、聯軸器工作原理及用途（聯軸器必備知識節選）

<https://kknews.cc/zh-tw/news/2x6q8ny.html>

三、Webduino 學習手冊 Smart 自走車（網頁遙控器操）

<https://tutorials.webduino.io/zh-tw/docs/useful/example/smart-robot-car-remote-control.html>

四、電位器介紹 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E4%BD%8D%E5%99%A8>

五、太陽能電板介紹

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB>

六、軸承介紹 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BD%B4%E6%89%BF>

七、Solar Calculation Details NOAA 美國國家海洋與氣象局

<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/calcdetails.html>

八、經濟部能源局太陽光電諮詢窗口 <https://www.mrpv.org.tw/index.aspx>

九、工業技術研究院 <https://www.itri.org.tw/index.aspx>

【評語】 032802

1. 本作品利用油壓來微調馬達齒輪運轉、可變電阻來控制組裝出可以在課室中使用的追日實作裝置，為很好的自動控制系統練習。
2. 由於追日系統需要搭配現地的格局，以及附近是否有高樓或是任何的方向遮蔽物等真實世界中的問題，需要可以因地制宜實現及克服問題才行，且以雲端資料庫追蹤太陽方位已是市場上之成熟技術，相較於過往追日系統的許多的作品以及論文，本作品之創新性稍嫌不足。
3. 鼓勵作者再接再厲，未來可在伺服馬達、液壓系統、連桿齒輪螺帽(桿)等機構持續改進，將晶片、液壓系統螺桿等等在風吹日曬環境的耐候性、及成本等因素納入考慮，並加強與其他技術間的差異性、新穎性的比較與探討，讓作品更精進，凸顯作品亮點。

作品簡報

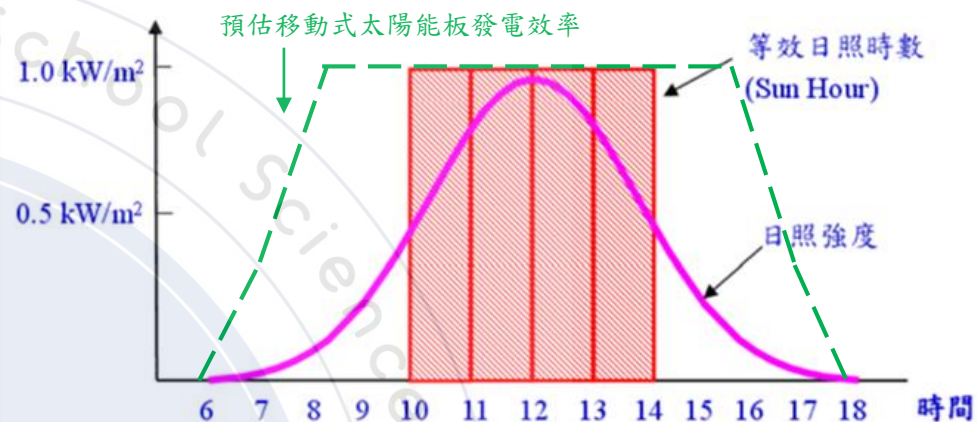


追光者

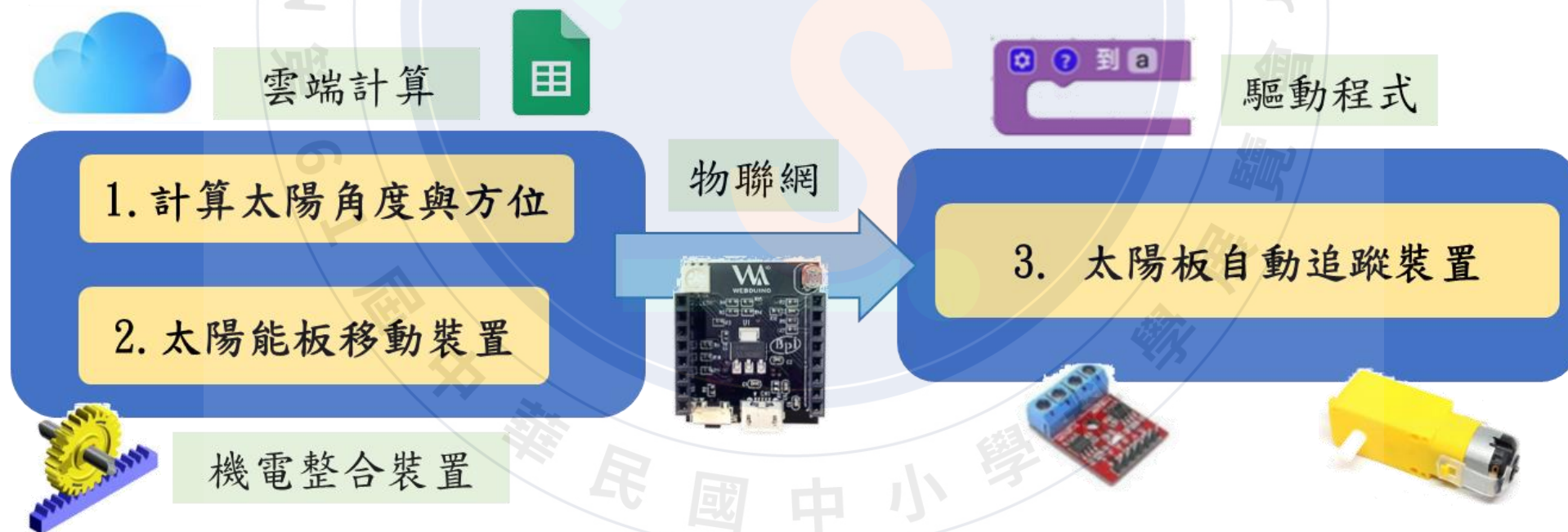
國中組
生活與應用科學(一)

研究動機與目的

- 再生能源—太陽能發電
- 改善固定式太陽能板的發電效率
- 設計雲端計算架構太陽能板追蹤裝置

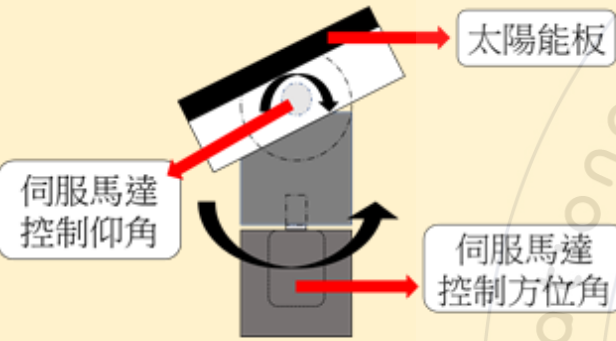


資料來源：工業技術研究院太陽光電科技中心

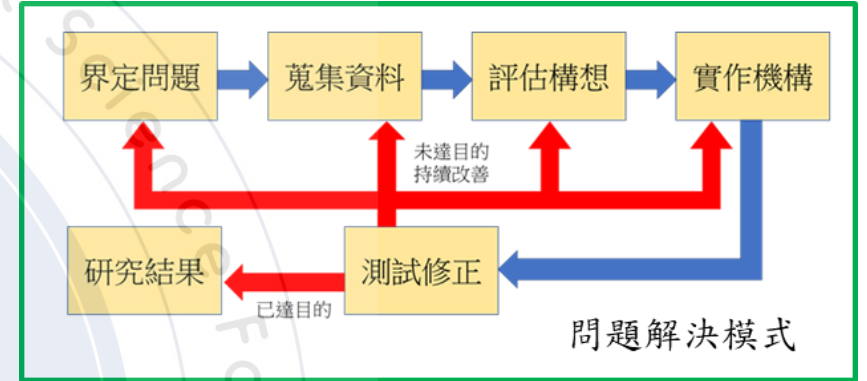
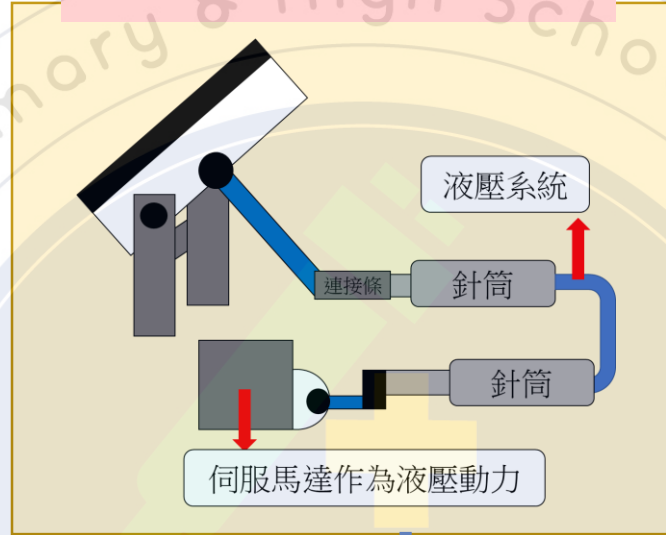


研究方法與過程

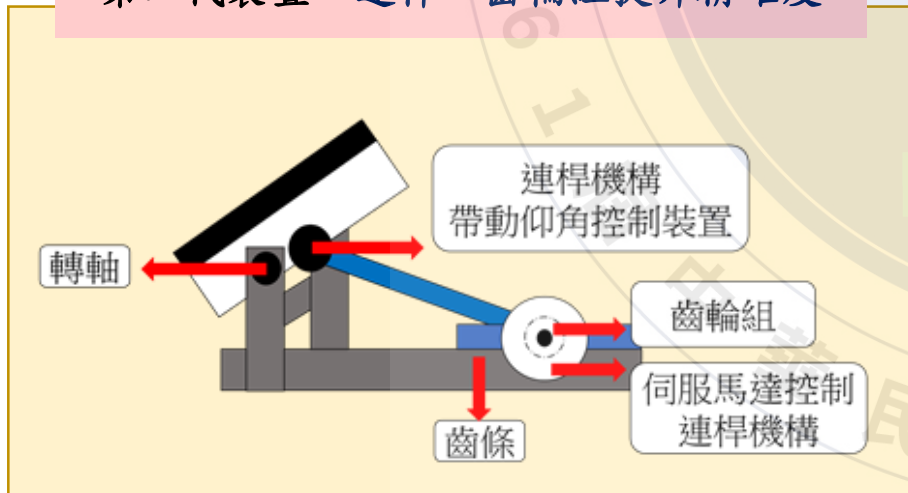
第一代裝置：伺服馬達控制角度



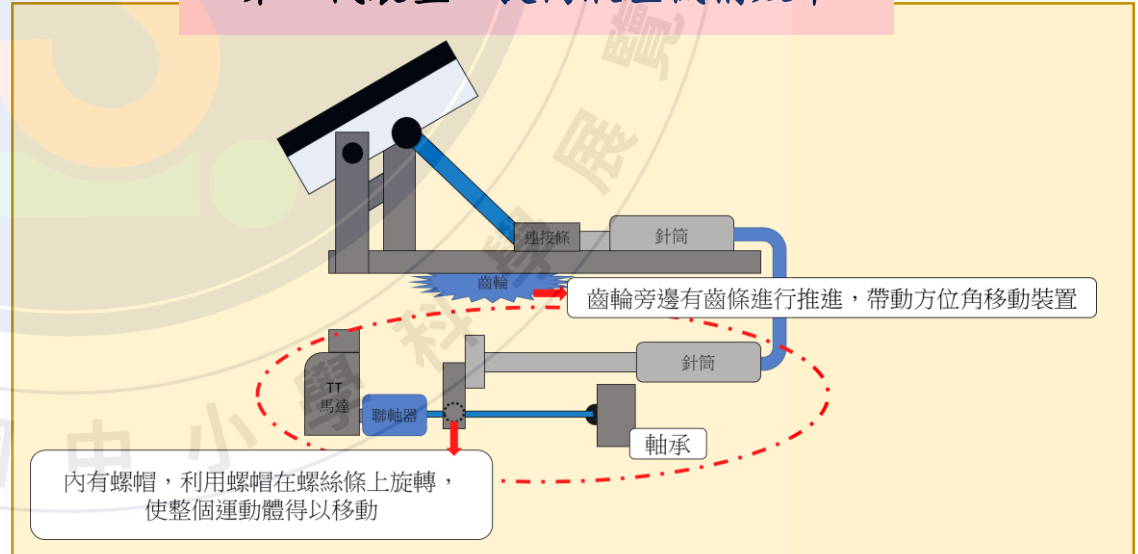
第三代裝置：電控液壓機構



第二代裝置：連桿、齒輪組提升精確度



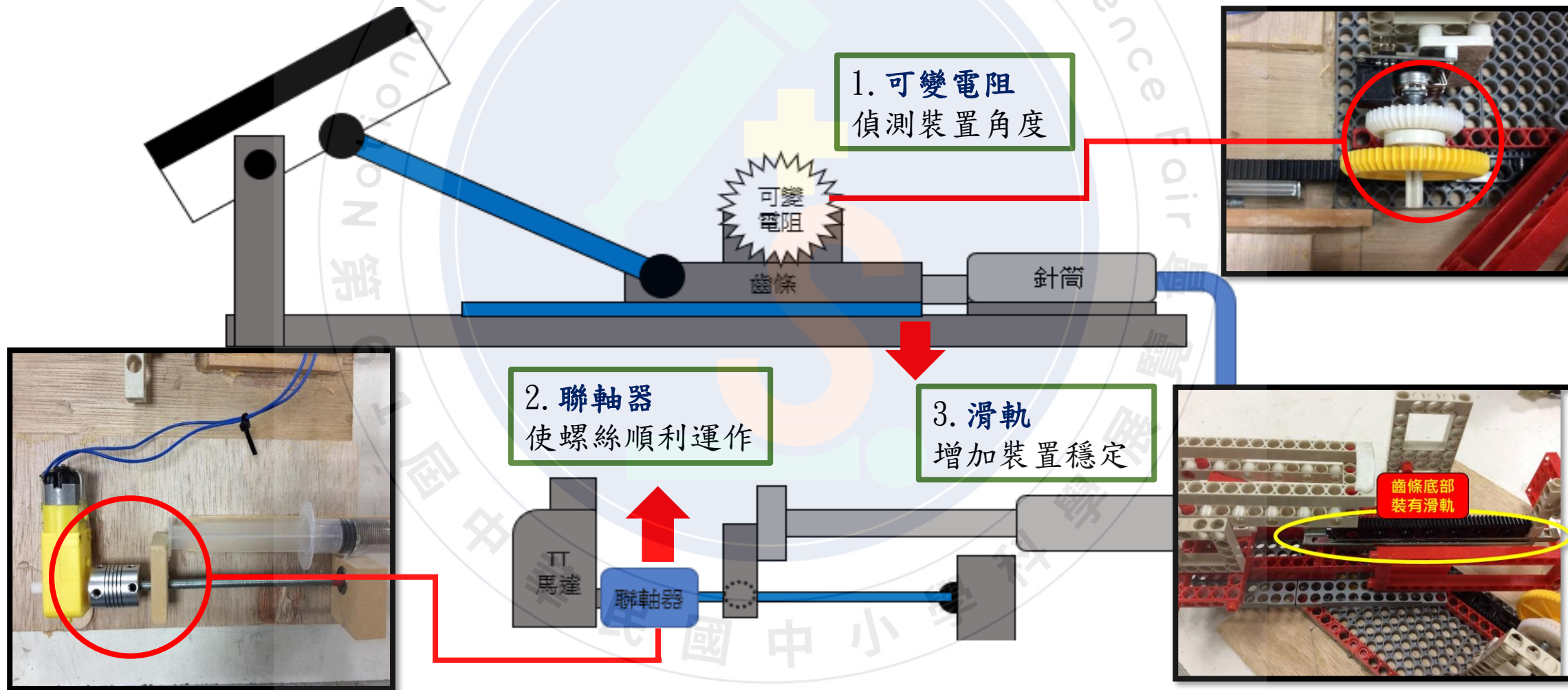
第四代裝置：提高液壓機構效率



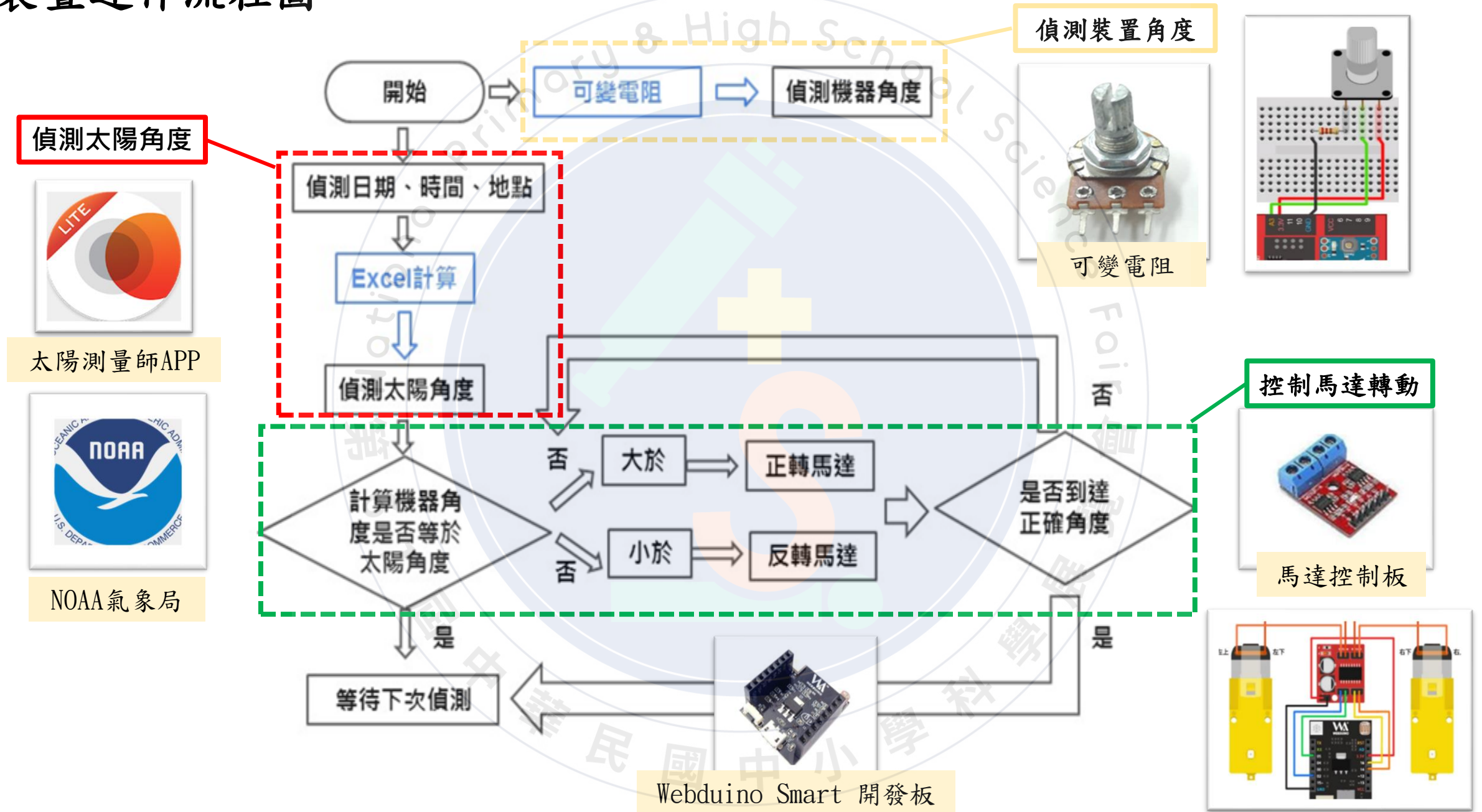
研究方法與過程

發現問題:升降裝置容易晃動,TT馬達與螺絲條的接合處無法牢固接合。

構想方案:利用聯軸器與滑軌等元件來改善問題,並裝設開發板與感測器。



裝置運作流程圖



程式設計-太陽角度偵測

程式運作：

1. 在試算表中設定經緯度與時區。
2. 網頁程式寫入當時的日期與時間。
3. 得到太陽的角度與方位數值。

Scratch code blocks and annotations:

- 連接至開發板
- 自走車 car 腳位設定右前 14 右後 16 左前 2 左後 15
- 載入 Google 試算表 myData
- 網址 "https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-nlc3YgC..."
- 工作表 "text"
- (非同步) 每隔 60 秒
- 執行 從試算表 myData 的 "b7" 寫入資料 現在的日期 年/月/日
- 從試算表 myData 的 "e2" 寫入資料 現在的日期 時:分:秒
- 從試算表 myData 讀取資料
- 執行 設定 R 為 "ag3" 的資料
- 設定 Q 為 "ah3" 的資料

Annotations:

- 設定馬達位置與接腳，以控制馬達正負轉向。
- 進入Google雲端試算表可讀取太陽角度值的表單
- 寫入現在的日期與時間再讀取所對應的角度與方位角

實際操作

NOAA Solar Calculations - Change any of the highlighted cells		Date 日期
Latitude (+ to N)	緯度	25.05
Longitude (+ to E)	經度	121.54
Time Zone (+ to E)	時區	8
Date	日期	2021/4/21

	E	AG	AH
Time (past local m	Solar Elevation correc	Solar Azimuth Angle (deg c	
/4/21	9:30:29	53.97930297	104.8418796
		36.02069703	104.8418796

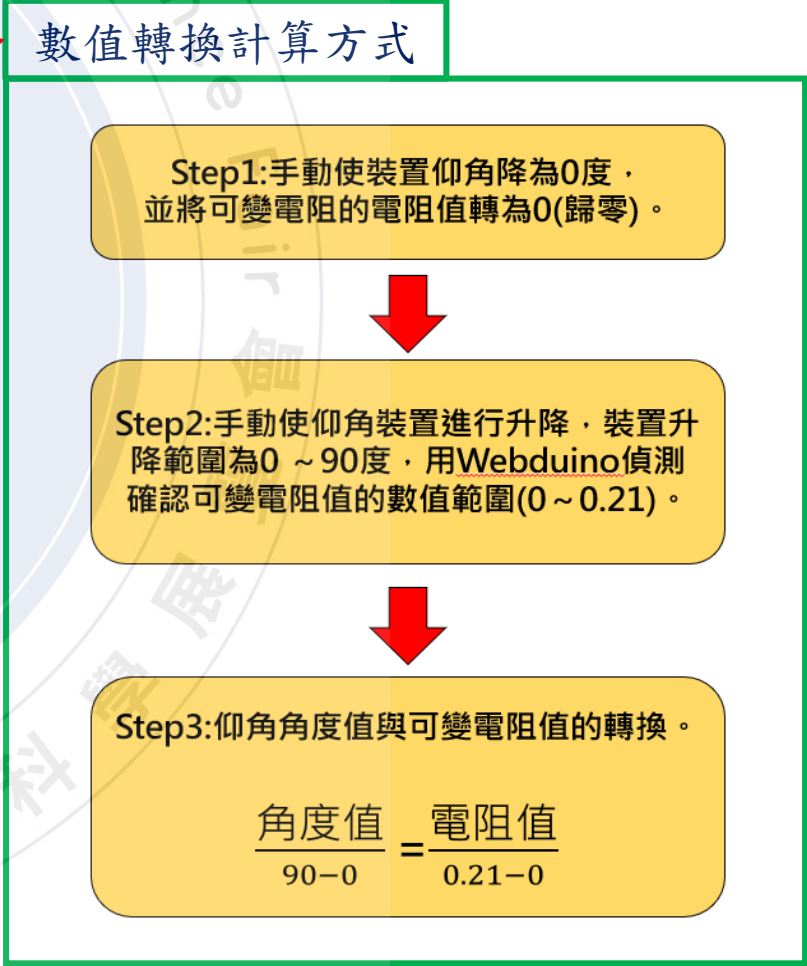
時間

	E	AG	太陽方位角
Time (past local m	Solar Elevation correc	Solar Azimuth Angle (deg c	
/4/21	9:30:29	53.97930297	104.8418796
		36.02069703	104.8418796

太陽仰角

程式設計-裝置角度計算

程式步驟：
先後連接控制仰角與方位角的開發板，並讀取可變電阻值，推算出裝置仰角與方位角，以便與計算出的太陽仰角與方位角做比對。



仰角 (Pitch Angle) 設定：

- 開發板: Smart
- 使用: Wi-Fi
- 連線至: "10VW7GrV"
- 類比取樣: 50 ms
- 串聯:
- 協同控制:
- 設定 XT 為: 光敏(可變)電阻, 類比腳位 A0
- 執行: 設定 X 為: 尺度轉換, 數值來源: 四捨五入, 到小數點 2 位, XT 偵測的數值
- 轉換參數:
 - (原始) 最小值: 0
 - (原始) 最大值: 0.21
 - (轉換後) 最小值: 0
 - (轉換後) 最大值: 90
- 說明: 齒條移動轉動可變電阻 將可變電阻值轉換成仰角值

方位角 (Azimuth Angle) 設定：

- 開發板: Smart
- 使用: Wi-Fi
- 連線至: "10Q773rQ"
- 類比取樣: 50 ms
- 串聯:
- 協同控制:
- 設定 YT 為: 光敏(可變)電阻, 類比腳位 A0
- 執行: 設定 Y 為: 尺度轉換, 數值來源: 四捨五入, 到小數點 2 位, YT 偵測的數值
- 轉換參數:
 - (原始) 最小值: 0
 - (原始) 最大值: 0.34
 - (轉換後) 最小值: 30
 - (轉換後) 最大值: 115
- 說明: 齒條移動轉動可變電阻 將可變電阻值轉換成方位角值

程式設計-控制馬達轉動

當開發板串連完成
執行 A

當開發板彼此連線可運作後，則開始執行A流程。

建立 A

顯示 建立字串 “太陽仰角:”

R

換行

“裝置仰角:”

X

換行

“太陽方位角:”

Q

換行

“裝置方位角:”

Y

換行

現在的日期 年/月/日

換行

現在的時間 時:分:秒

等待 1 秒

B

等待1秒後，接著進入B流程。

網頁顯示目前的太陽仰角與方位角，以及裝置的仰角與方位角，以方便使用者辨識。

因程式積木無法只控制單一馬達停止，因此設定成兩個馬達均到位時同時停止。

建立 B

如果 絕對值 R - X ≤ 2 且 絕對值 Q - Y ≤ 2

執行 自走車 car 動作 停止

若是方位角與仰角的正負誤差在2度以內(絕對值小於等於2)，則馬達停止轉動。

否則 如果 絕對值 Q - Y ≤ 2

否則若是只有方位角以達到定位

執行 如果 R - X > 2

執行 自走車 car 動作 左前

否則如果 R - X < -2

執行 自走車 car 動作 右後

則判斷裝置角度與太陽角度的關係，進而調整馬達正反轉

否則 如果 Q - Y > 2

否則方位角還未達到定位時，則先判斷方位角的狀態，進而調整馬達正反轉，直到達到定位後，再去調整仰角。

執行 自走車 car 動作 右前

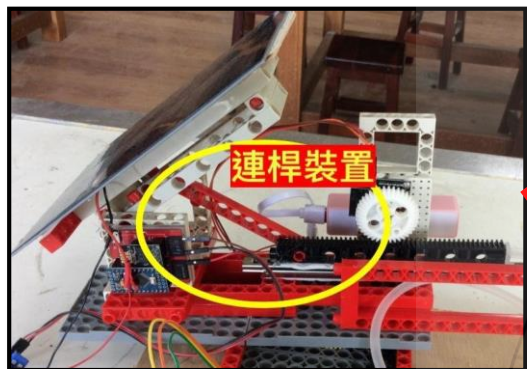
否則如果 Q - Y < -2

執行 自走車 car 動作 左後

程式步驟:

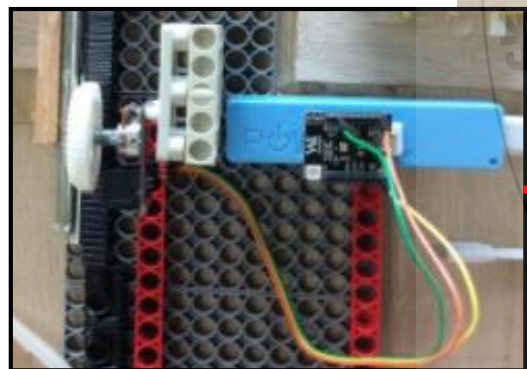
1. 先在網頁顯示現在太陽的角度位置。
2. 比對太陽角度的差距值並進行微調。
3. 調整完方位角後才會接續調整仰角。

成品特色

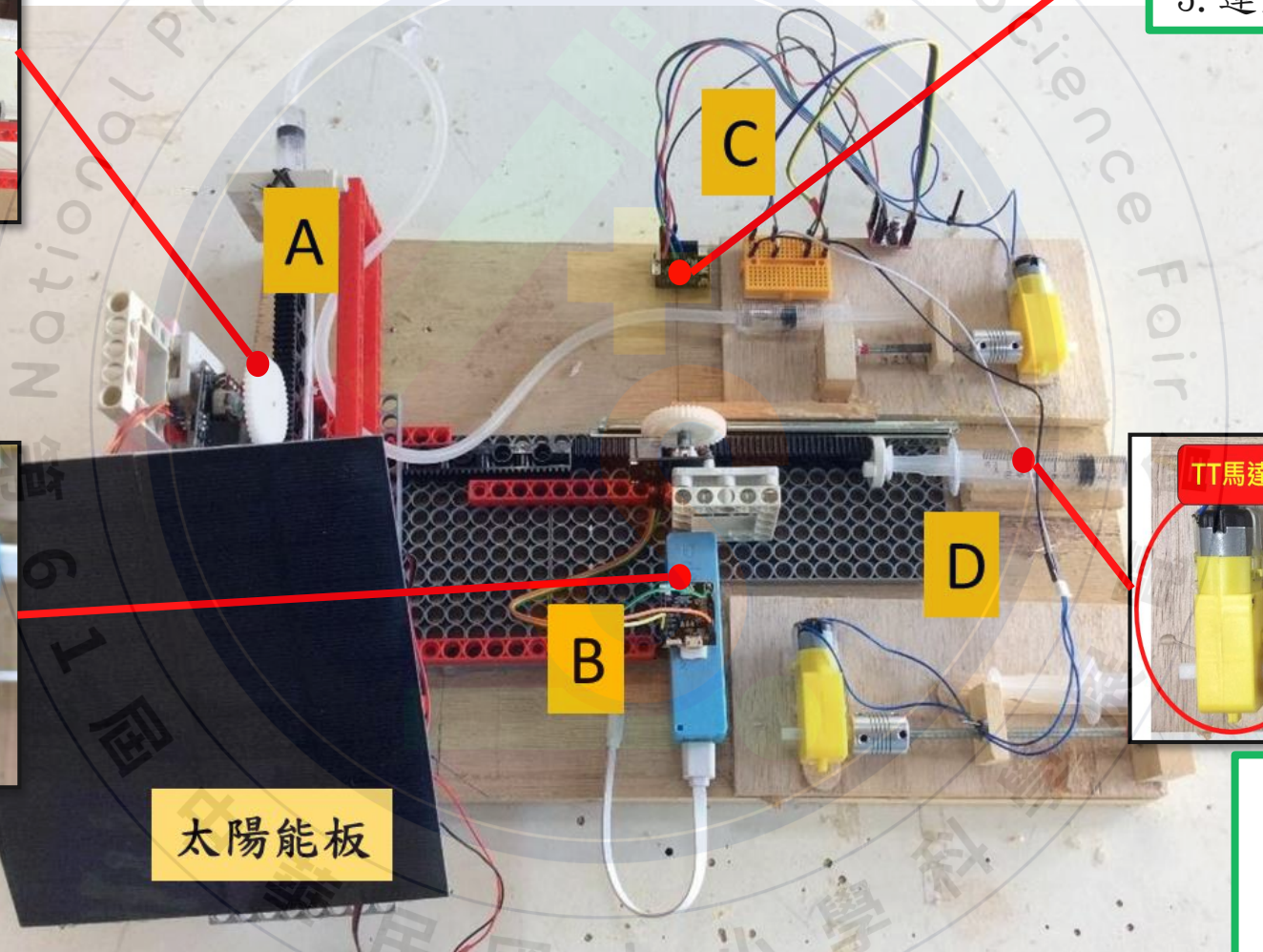


連桿裝置

A 連桿機構
增加裝置穩固，
控制仰角裝置



B 機電整合
開發板、感測器
與機械的整合



太陽能板

C 物聯網

1. 結合雲端試算表的運算
2. 利用網路傳遞資料指令
3. 運用積木程式控制裝置

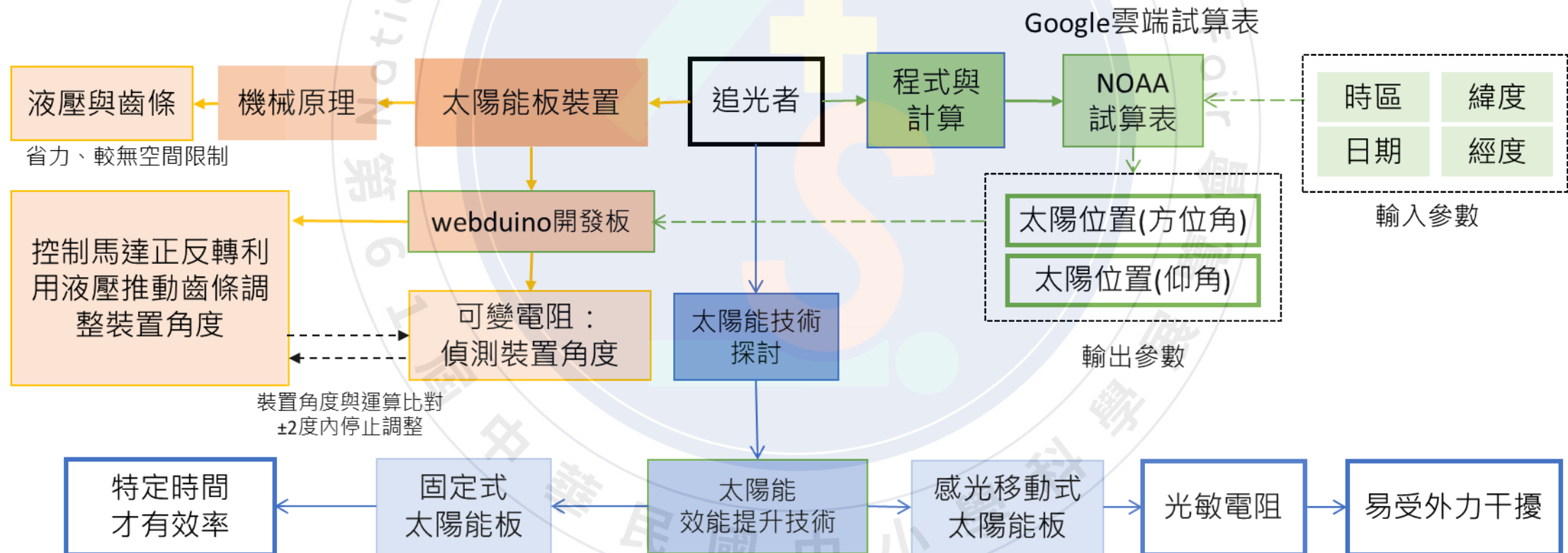
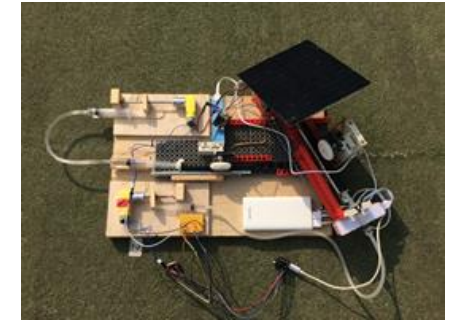
TT馬達

D 液壓系統

1. 螺紋旋轉帶動螺帽
2. 以電控的方式呈現
3. TT馬達使裝置微調

討論

- ✓ 計算太陽的仰角及方位角數據。
- ✓ 建構一組可控制角度與方位的機電裝置。
- ✓ 運用物聯網及程式運算控制太陽能板，達到裝置自動化。

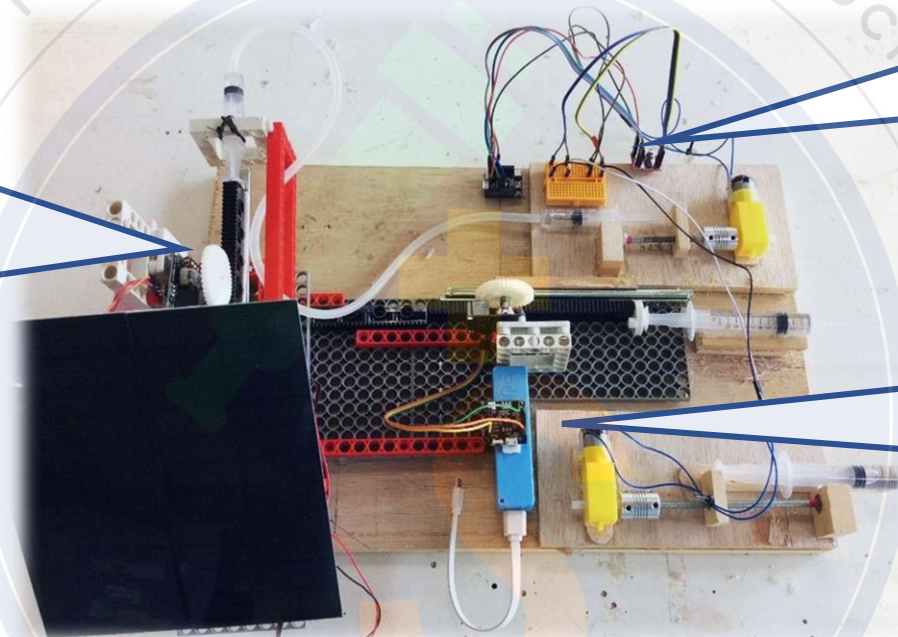
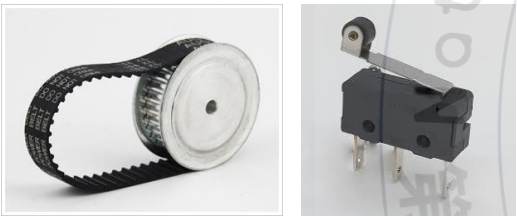


結論

- 五代製作與修改歷程
- 雲端計算與物聯網與機電整合裝置的實際應用

精準度

歸零偵測，裝置校正。



蒐集數據，
分析發電效率。



即時通訊與監控
如：Line bot

參考資料

- 一、Solar Calculation Details NOAA美國國家海洋與氣象局
<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/calcdetails.html>
- 二、經濟部能源局太陽光電諮詢窗口 <https://www.mrpv.org.tw/index.aspx>
- 三、工業技術研究院 <https://www.itri.org.tw/index.aspx>
- 四、Webduino學習手冊 Smart 自走車