

臺北市立大安高級工業職業學校專題實作競賽
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：夸父洗澡

關鍵詞：太陽能、自動清潔、追蹤光源

目錄

壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	1
參、主題與課程之相關性或教學單元之說明.....	2
一、3D 繪圖與列印.....	2
二、雷射切割.....	2
三、電路板雕刻.....	2
四、軟體程式撰寫.....	3
五、APP 製作.....	3
肆、研究方法.....	4
一、研究流程.....	4
(一)、研究步驟.....	4
二、動作流程.....	4
(一)、白天流程.....	5
(二)、夜間流程.....	5
三、使用材料.....	6
(一)、零件材料.....	6
(二)、軟體介紹.....	13
(三)、使用工具.....	15
伍、研究結果.....	17
一、硬體結構.....	17
(一)、追日系統.....	17
(二)、髒污偵測系統.....	18
(三)、清潔系統.....	18
二、軟體架構.....	19
陸、問題與討論.....	19
一、推桿連接太陽能板無法完美吻合.....	19
二、偵測推桿下垂.....	19
柒、結論.....	20
捌、參考資料及其他.....	21
一、書籍資料.....	21
二、網路資料.....	21

表目錄

表 1	時間分配表	4
表 2	esp32 規格.....	6
表 3	Mega2560 規格.....	7
表 4	太陽能板規格	7
表 5	直流電動推桿規格	8
表 6	L293D 規格.....	8
表 7	數位功率計規格	9
表 8	太陽能充放電控制器規格	10
表 9	DHT22 規格	11
表 10	MG996R 規格.....	11
表 11	水位感測器	12
表 12	雨滴感測器	12

圖目錄

圖 1	政府立法提高太陽能板使用率	1
圖 2	Inventor 畫面	2
圖 3	Cura 畫面	2
圖 4	成品畫面	2
圖 5	成品畫面	2
圖 6	RDXORKS 工作畫面	2
圖 7	Altium designer 畫面	3
圖 8	Arduino IDE 畫面	3
圖 9	APP Inventor 畫面	3
圖 10	手機軟體畫面	3
圖 11	研究步驟圖	4
圖 12	白天流程圖	5
圖 13	夜間流程圖	5
圖 14	esp32	6
圖 15	Mega2560	7
圖 16	太陽能板	8
圖 17	直流電動推桿	8
圖 18	L293d	9
圖 19	數位功率計	9
圖 20	太陽能充放電控制器	10
圖 21	光敏電阻	10
圖 22	DHT22	11
圖 23	MG996R	11
圖 24	水位感測器	12
圖 25	雨滴感測器	13
圖 26	Arduino	13
圖 27	Autodesk Inventor	13
圖 28	Cura	14
圖 29	Firebase	14
圖 30	APP Inventor	14
圖 31	Altium Designer	14
圖 32	RDWorks V8	15
圖 33	LINE Notify	15
圖 34	3D 列印機	15
圖 35	雷射切割機	16
圖 36	電路雕刻機	17

圖目錄

圖 37	追日系統	17
圖 38	自製 360 度接件.....	17
圖 39	偵測系統	18
圖 40	太陽能板上方光敏電阻	18
圖 41	清潔系統	18
圖 42	軟體架構圖	19
圖 43	配重前 LED 燈桿前端下垂	20
圖 44	配重後 LED 燈桿保持平衡	20

【夸父洗澡】

壹、摘要

近年來，世界各國對於太陽能的依賴度日漸提高，在沙漠中也能看大片的太陽能田正在發電，而影響太陽能發電效率的因素包括：表面髒污、太陽光照射角度等等。本專題以太陽能板為主軸發想，如同名稱，夸父洗澡，白天時，利用四象限光敏電阻判斷太陽方位並且傳送訊號至 esp32，再利用 MEGA2560 控制四支推桿隨時追蹤太陽，晚上休息時，LED 燈會照射在太陽能板上的壓克力板來監測其髒汙程度是否超標，如果超標，幫浦會從水箱抽水來清潔太陽能板上方的壓克力板，來達到全天發電最大效率的目的；不僅如此，用戶能隨時隨地透過 app inventor 監控發電功率，數據也會時時刻刻傳送至 Firebase 雲端資料庫。而夸父洗澡全程不需要外部供電，達成永續發展的目的。

貳、研究動機

再生能源占台灣的能源比在逐年增加，其中又以太陽能占比最大。2023 年，立法院更已經三讀通過新建築物都需裝設太陽光電設備的相關法規。因此，太陽能板不再罕見，成為在住家頂樓就能看到的必要設施。但在我們組員間經過討論後，不論是光電農場或者住家屋頂，太陽能板只要是放在戶外就會遭受到風吹、日曬、以及雨淋，這會造成太陽能板堆積髒汙，導致效能降低及損壞。雖然，現在市面上已有五花八們的自動清潔車，但是何時清潔這個關鍵點，卻是靠人眼來辨識，精確度不足，時效性也欠佳。

因此，我們想要做出一個放在其他太陽能板旁邊的偵測裝置，當夸父洗澡髒的時候其他太陽能板也都髒了，這時除了自我清潔外，同時傳送訊息給用戶，並能連接自動清潔車進行全廠太陽能板的清潔。



圖 1 政府立法提高太陽能板使用率

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、3D 繪圖與列印

我們利用高三創客自造課程，在製圖科上課所學到 Inventor 軟體，先在軟體上設計(如圖 2)，匯入 CURA(如圖 3)，再使用 3D 列印機來製作支撐推桿的機構(如圖 4)。

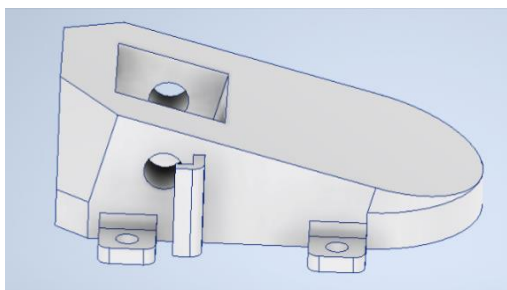


圖 2 Inventor 畫面



圖 3 Cura 畫面



圖 4 成品畫面

二、雷射切割

我們應用高二智慧居家監控所學，在 RDWORKS V8 繪圖完成(如圖 5)後，再使用雷射切割機進行切割，再利用熱風槍彎成目前的形狀(如圖 6)。

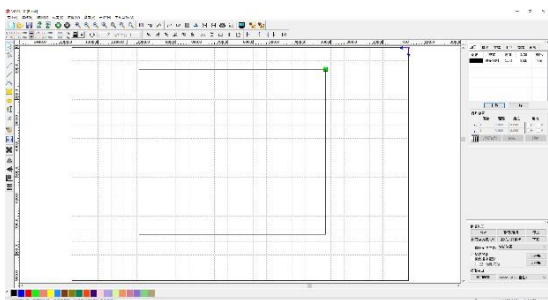


圖 5 RDWORKS 工作畫面



圖 6 壓克力面板成品圖

三、電路板雕刻

我們利用高二實習課學習過的 Altium Designer，來解決線路繁雜的問題，自製了電路板以節省線材。首先在 Altium Designer 中，繪製出所需的電路，如圖 7 所示，透過自動佈線，完成 PCB 電路板，利用電路板雕刻機刻出所需的電路板，最後進行銲接，不僅有效減少電路面積，更能降低線路錯誤的可能性。

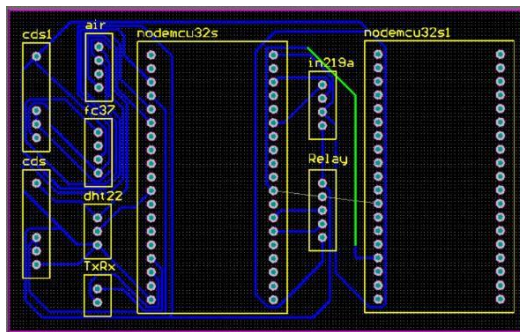


圖 7 Altium designer 畫面

四、軟體程式撰寫

我們應用高二「智慧居家監控實習」所學到的 Arduino IDE 開發環境，撰寫控制程式，如圖 8 所示，再搭配 mega2560、esp32 作為驅動板，而 esp32 為訊號接收與傳送並連接 APP Inventor 和上傳數據至 Firebase；mega2560 則負責訊號接收與控制伺服馬達和值電動推桿。

```

228 // global const
229 #define FirebaseData (firebaseData, "solar_all/power", average)
230 #define FirebaseLog (firebaseData, "solar_all/log", log)
231 #define FirebaseStatus (firebaseData, "solar_all/status", status)
232 #define FirebaseCurrent (firebaseData, "solar_all/current", current)
233 #define FirebasePower (firebaseData, "solar_all/power", power)
234 #define FirebaseLogIn (firebaseData, "solar_all/log_in", 0)
235 #define FirebaseLogOut (firebaseData, "solar_all/log_out", 0)
236 #define FirebaseStatusIn (firebaseData, "solar_all/status_in", 0)
237 #define FirebaseStatusOut (firebaseData, "solar_all/status_out", 0)
238 #define FirebasePowerIn (firebaseData, "solar_all/power_in", 0)
239 #define FirebasePowerOut (firebaseData, "solar_all/power_out", 0)
240 #define FirebaseLogInLevel (firebaseData, "solar_all/log_in_level", 0)
241 #define FirebaseLogOutLevel (firebaseData, "solar_all/log_out_level", 0)
242 // FirebaseData
243 if (Firebase.getString(this, "solar_all/clean") {
244   m = Firebase.getString();
245   Serial.println("clean");
246   Serial.println(m);
247 }
248 // FirebaseData
249 if (Firebase.getString(this, "solar_all/door") {
250   m = Firebase.getString();
251   Serial.println("door");
252   Serial.println(m);
253 }
254 // FirebaseData
255 if (Firebase.getString(this, "solar_all/door") {
256   m = Firebase.getString();
257   Serial.println("door");
258   Serial.println(m);
259 }
260 }
  
```

圖 8 Arduino IDE 畫面

五、APP 製作

我們應用高三專題實作課程所學，利用 APP Inventor 設計出一套 APP(如圖 9)，可供用戶監測太陽能板發電概況、機內概況和太陽能板髒污程度(如圖 10)



圖 9 APP Inventor 畫面



圖 10 手機軟體畫面

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

在七月決定好專題題目後，我們便先開始蒐集相關資料和選購材料。接著我們大致設計了太陽能板結構及外觀，同時也開始撰寫程式。緊接著就是專題外觀製作和電路板設計。最後，進行成品組裝，成品測試和除錯，我們的專題就大功告成了。專題的研究時間分配和步驟如同下表：

表 1 時間分配表

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
資料蒐集							
零件採購							
外觀設計							
程式撰寫							
結構製作							
成品整合							
成品測試							

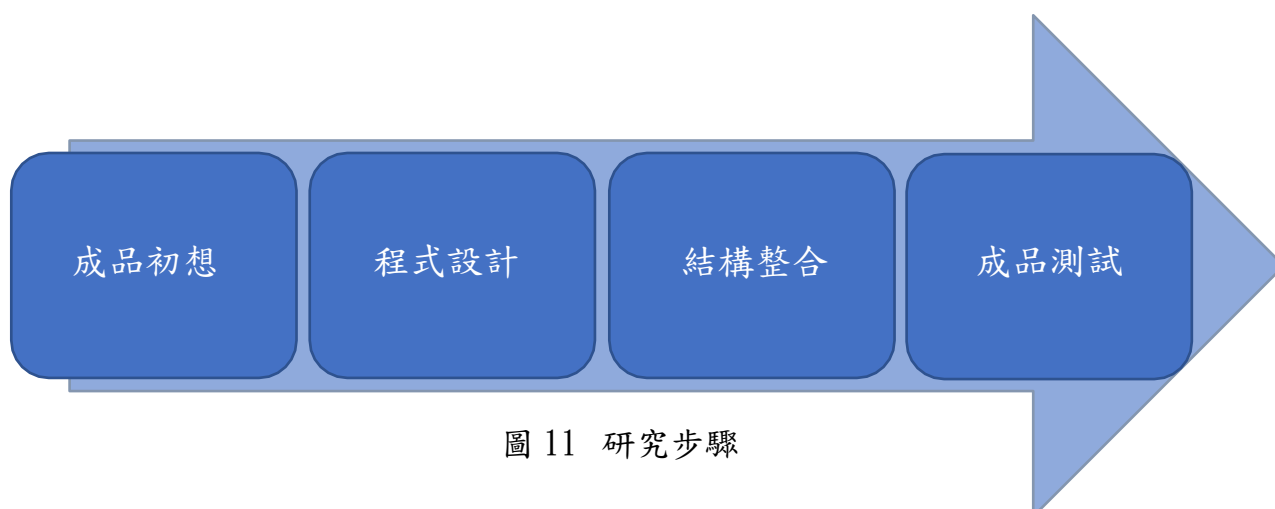


圖 11 研究步驟

二、動作流程

(一)、白天流程

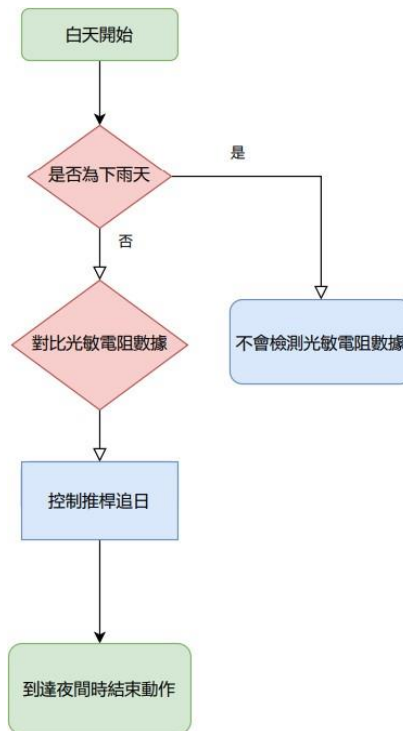


圖 12 白天流程圖

如圖所示，白天首先會先判斷當天天氣是否為雨天，如果是雨天追日動作將不會執行；如果不是雨天，則會每 30 分鐘將四象限光敏電阻的數據傳送至 esp32 做對比，再利用 Mega2560 操控四支直流電動推桿進行追日直至白天結束。

(二)、夜間流程

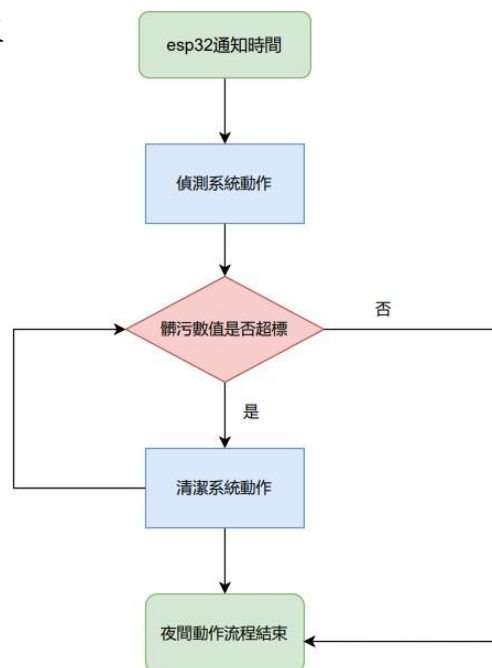


圖 13 夜間流程圖

設定時間到後， esp32 會發送訊號給 Mega2560，使偵測系統中的推桿會帶動 LED 桿上升， MG996R 會轉動 LED 燈桿至太陽能板中心並開啟 LED 。開啟後 esp32 會收集光敏電阻數據並檢測髒污數值是否超標，若超標，清潔系統中的推桿會帶著噴水頭上升，Mega2560 也會操控兩隻推桿連同上升以利水流下。待噴水頭上升後，Mega2560 操控幫浦出水，並利用噴水頭噴灑至太陽能板上的壓克力板來做清潔。清潔完成後，太陽能板和推桿會下降至原來的位置並利用偵測系統再次檢測髒污數值是否達標。

三、使用材料

(一)、零件材料

1、esp32

因 esp32 有連網、藍芽、時間等諸多功能，故我們採用 esp32 作為我們這次專題的核心板。我們使用 esp32 整合了太陽板的相關數據並上傳至 Firebase 和 App Inventor。白天時，esp32 會接收來自四象限光敏電阻的數據並判斷太陽方位，傳送追光訊號至 Mega2560。而在晚上時，esp32 則會收到來自太陽能板上的光敏電阻的數據，並判斷太陽能板上方的壓克力板髒汙程度是否超標。

表 2 esp32 規格

產品尺寸	55×26mm
重量	9.8g
工作電壓	5V
主控芯片	u-blox® NORA-W106 (ESP32-S3)
數位 I/O 接腳	14
類比輸入接腳	8
PWM 接腳	5
USB 接口	Micro-USB



圖 14 esp32

2、Mega2560

因 Mega2560 穩定度較佳，而被我們選用做為控制直流電動推桿、伺服馬達的晶片。Mega2560 也會跟 esp32 作搭配使用，白天 Mega2560 會收到來自 esp32 的追光訊號進而推動直流電動推桿追日。而晚上 Mega2560 會收到 esp32 的時間通知來帶動偵測系統和清潔系統動作。

表 3 Mega2560 規格

產品尺寸	101×53mm
重量	37g
主控芯片	ATmega2560
工作電壓	DC5V
外接電源輸入	DC7V~12V
USB 接口	TYPE-B
數位 I/O 接腳	54(其中 15 支提供 PWM 輸出)
類比數入接腳	16



圖 15 Mega2560

3、太陽能板

作為整個專題的設計核心，太陽能板負責提供電源供給整個系統。規格如下表：

表 4 太陽能板規格

輸出功率	20W
輸出電壓	18V
最高短路電流	1.16A
轉換效率	17.5% 以上
重量	1.8kg
尺寸	420×340×117m



圖 16 太陽能板

4、直流電動推桿

主要任務為：支撐太陽能板和追蹤光源，透過四支推桿的上升和下降可調整太陽能板傾斜的角度和方位。清潔時推動太陽能板使其傾斜，讓上方的壓克力板上的水流下。偵測時推動 LED 桿上升。清潔時推動噴頭桿上升。

表 5 直流電動推桿規格

行程	150mm
工作電壓	12V
轉矩	500N
速度	DC12V



圖 17 直流電動推桿

5、L293D

因可同時驅動多個直流馬達，且體積較小，而被我們選用來控制直流電動推桿。

表 6 L293D 規格

直流準位	5V
每個腳位最高容忍電流	600mA
適合控制工作電壓	4.5~636V 的馬達

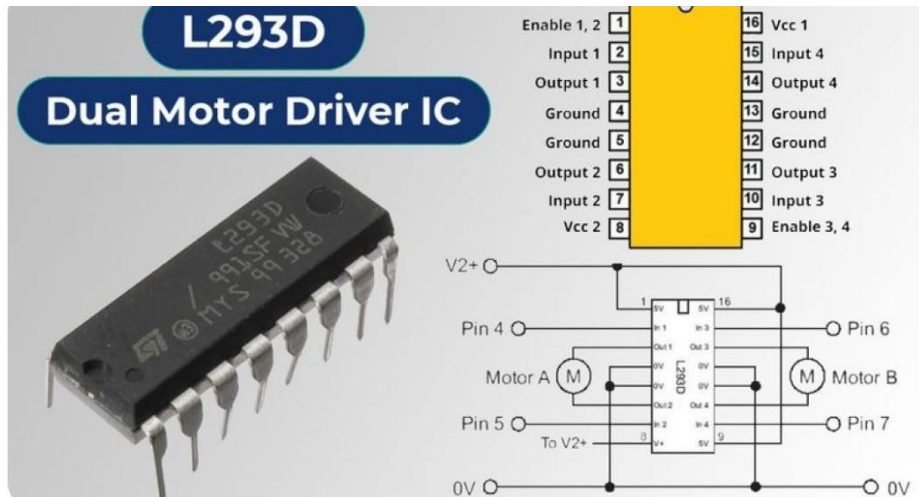


圖 18 L293D

6、數位功率計

數位功率計是一款可測量 26V 8A 以內各類電子模塊、用電設備的電壓、電流和功率(最大誤差不超過 $\pm 0.2\%$)。而這次的專題，我們利用數位功率計測量太陽能版的發電功率，並透過 app inventor 顯示。

表 7 數位功率計規格

供電電壓	3.3~5.5V
電壓量程	0~26V
電流量程	0~ $\pm 8A$
功率量程	0~206W
產品尺寸	30.0mm \times 22.0mm
產品重量	4g

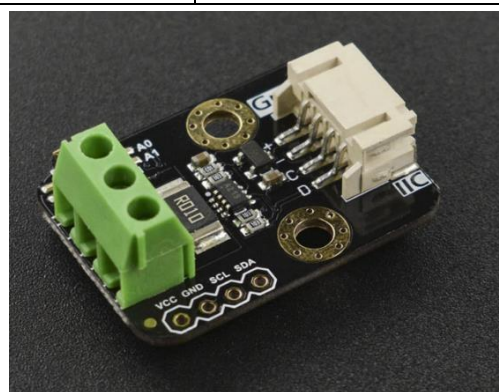


圖 19 數位功率計

7、太陽能充放電控制器

可整合太陽能板和續電池的連接，有充放電保護裝置，也提供 USB 供電，故我們使用太陽能充放電控制器來作太陽能板和續電池的電路整合，也使用其 USB 供電至各控制板。

表 8 太陽能充放電控制器規格

額定電流	10A
最高輸入電壓	<50V
USB 輸出	5V/2A
待機電流	<10mA
工作溫度	-35~+60°C
產品尺寸	133×70×33mm
產品重量	150g



圖 20 太陽能充放電控制器

8、光敏電阻

光敏電阻是利用光電導效應的一種特殊的電阻，它的電阻和入射光的強弱有直接關係。光強度增加，則電阻減小；光強度減小，則電阻增大。透過撰寫 Arduino 程式則可利用光敏電阻的這項特點來判斷當前光亮的大小。我們利用光敏電阻來追蹤光源方位和判斷髒汙數值。

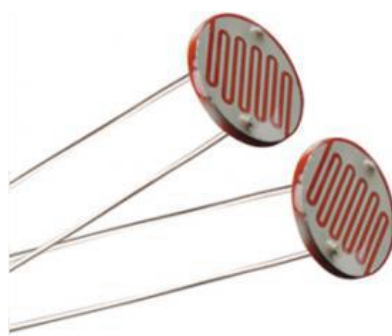


圖 21 光敏電阻

9、DHT22(數位溫溼度感測器)

數位溫溼度感測器應用專用的數位模組採集技術和溫濕度傳感技術，確保產品具有極高的可靠性與卓越的長期穩定性。我們使用 DHT22 來監測工作時電路盒內部溫濕度。

表 9 DHT22 規格

工作電壓	3V~5.5V
溫度測量範圍	-40°C~80°C
測量精度	0.5°C
濕度測量範圍	0~100%RH
測量精度	2%RH
產品尺寸	40×23mm
產品重量	4g



圖 22 DHT22

10、MG996R

我們使用 MG996R 來帶動 LED 燈桿。晚上時，當設定間到，直流電動推桿上升後，Mega2560 會控制 MG996R 轉動燈桿讓 LED 燈保持在太陽能板正中心。

表 10 MG996R 規格

產品尺寸	40.8×20×38mm
產品重量	55g
轉動速度	4.8V-0.20sec/60° 6V-0.19sec/60°
轉矩	4.8V-13kg-cm 6V-15kg-cm
工作電壓	4.8~7.2V



圖 23 MG996R

11、水位感測器

感測器偵測到的水越多，導電性就越好。感測器偵測到的水越少，導電性越差。由此可知，水位與電阻值成反比，感測器根據電阻產生輸出電壓，透過測量我們可以確定水位。我們利用這項特性來檢測水箱水位，當水位低於額定值時，會通知用戶加水。

表 11 水位感測器

工作電壓	3~5V
工作電流	<20mA
檢測面積	40×16mm
工作溫度	10~30°C
產品重量	3.5g
產品尺寸	62×20×8mm

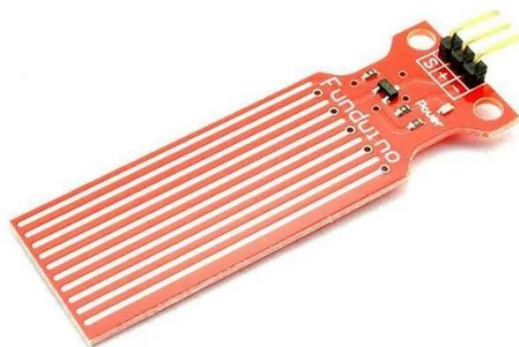


圖 24 水位感測器

12、雨滴感測器

雨滴感測器會透過金屬表面線路感知水滴。由於水本身具有導電特性，附著在表面上的水越多，電量也隨之增加，進而影響輸出的電值。我們利用雨滴感測器檢測當前是否有下雨，如過有下雨，則追日、偵測和清潔等動作都不會執行。

表 12 雨滴感測器

工作電壓	3.3~5V
工作電流	>15mA
控制板尺寸	32×14×8mm
感應片尺寸	54×40mm
產品重量	15g

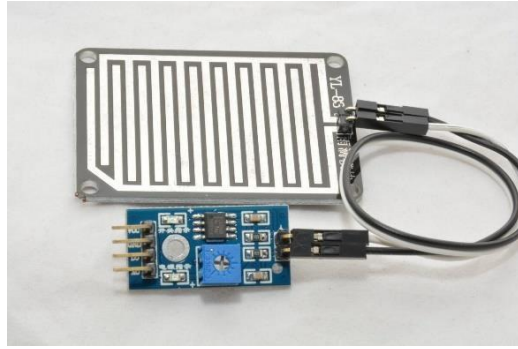


圖 25 雨滴感測器

(二)、軟體介紹

1. Arduino

Arduino 可供用戶免費使用的整合式開發環境，其語法類似 C 語言，內間許多函式庫可供使用，可大幅度縮短開發時間，故我們使用 Arduino 為我們的專題進行軟體程式撰寫。



圖 26 Arduino

2、Autodesk Inventor

Autodesk Inventor 是一款可供用戶進行 3D 機械設計、模擬的軟體，故我們使用 Autodesk Inventor 為我們的專題作機構設計而動作也會使用其模擬，並在發表時利用其模擬機構拆解，能讓聽眾更容易地了解我們的機構。



圖 27 Autodesk Inventor

3、Cura

Cura 可供用戶上傳 3D 檔，並連接 3D 列印機製作。我們使用 Cura 製作專題各項機構。



圖 28 Cura

4、Firebase

Firebase 可供用戶上傳，並記錄在雲端。我們會把相關太陽能板的各項數據上傳至 Firebase 並儲存在雲端資料庫中。



圖 29 Firebase

5、APP Inventor

APP Inventor 可供用戶設計 APP 並使用。我們使用 APP Inventor 設計軟體提供用戶監控太陽能板各項數據包含電流、電壓和功率並可在外網遠端控制清潔太陽能板。



圖 30 APP Inventor

6、Altium Designer

Altium Designer 是一款電腦輔助電路設計軟體，可供用戶設計電路板並利用電路雕刻機製作。我們使用 Altium Designer 設計兩塊電路板，一塊可連接 esp32 和光敏電阻，另一塊則連接 Mega2560 和馬達。



圖 31 Altium Designer

7、RDWorks V8

RDWorks V8 是一款可供用戶設計並上傳至雷射切割機切割的軟體。我們使用 RDWorks V8 設計太陽能板上方的壓克力板，並再利用熱風槍彎折成我們要的形狀。

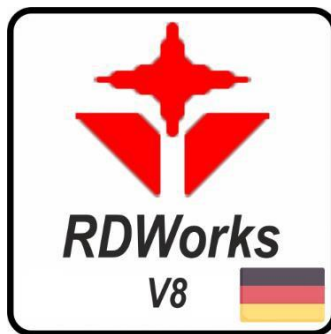


圖 32 RDWorks V8

8、LINE Notify

LINE Notify 可傳送訊息至用戶端。我們利用 Line Notify 通知用戶髒汙數值是否超標、水箱是否水位過低，及實時動作。

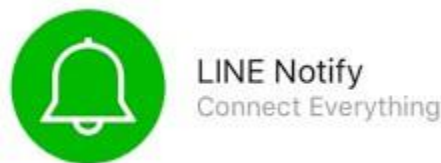


圖 33 LINE Notify

(三)、使用工具

1、3D 列印機

3D 列印機使用熔融堆疊成型技術，將噴頭加熱至塑膠料可融化的溫度，再把溶化後的塑膠利用堆疊的方式，一層一層堆疊硬化後成形。我們使用 3D 列印機製作本次專題的各項機構。



圖 35 3D 列印機

2、雷射切割機

雷射切割機利用高功率雷射光精準和快速地進行切割加工。在本次專題中，我們使用雷射切割機製作太陽能板上方的壓克力板。物件連接鋁擠料的壓克力支撐也是使用雷射切割機製作的。



圖 36 雷射切割機

3、電路板雕刻機

位於電路盒內部的電路板則是使用電路雕刻機製作的。利用 Altium Designer 設計布線和繪製電路板後，會將檔案傳送至電路雕刻機並開始加工，加工完成後再清洗並噴上保護膜就完成了一塊兼具體積和美觀的電路板。而電路板上的線路也比使用杜邦線更加穩固。

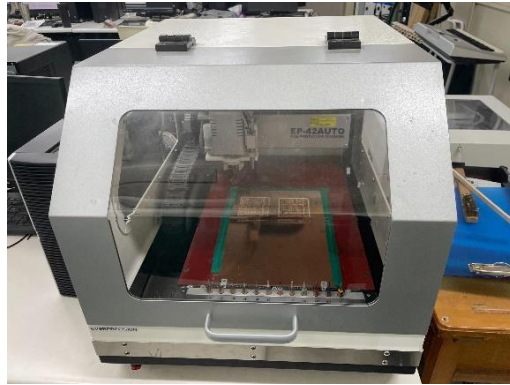


圖 37 電路雕刻機

伍、研究結果

一、硬體結構

(一)、追日系統

追日系統主要由四象限光敏電阻、四根推桿和太陽能板組成。四象限光敏電阻由四顆相同數值的光敏電阻和利用 3D 列印機製作的物件組成(如圖 38)。這個物件可以把四個光敏電阻分隔開來，不會吃到來自不同方位的光。如果太陽方位變動，四象限光敏電阻會判斷當前太陽的位置，並傳送訊號至 Mega2560，再經由 L293d 操控直流電動推桿帶動太陽能板進行追日。連接太陽能板和推桿的接件為一球體(如圖 39)，這能讓推桿帶動太陽能板追日的同時，不會因為角度的變動導致太陽能板斷裂。而直流電動推桿的支撐設計為與地面相差 15 度角，這能讓推桿在推動太陽能板時，能接受些微的誤差。

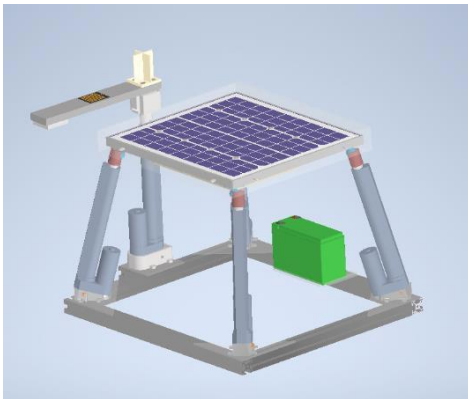


圖 38 追日系統

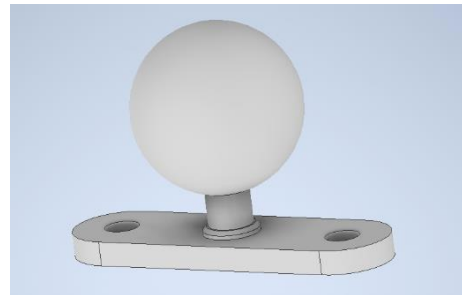


圖 39 自製 360 度接件

(二)、髒污偵測系統

髒污偵測系統主要由兩路 4 顆光敏電阻並聯(如圖 41)、一根 LED 桿子、一顆伺服馬達、兩滴偵測模組和一根直流電動推桿組成(如圖 40)。在晚上規定的時間到達後，兩滴偵測模組會偵測當前天氣是否為雨天，如果是雨天，則兩滴偵測系統不會動作，如果是晴天，推桿帶動伺服馬達往上升起後，伺服馬達會轉動 90 度讓 LED 光能均勻照射到太陽能板上的光敏電阻。如果髒污數值超過額定標準，會利用 LINE Notify 通知用戶，清潔系統則會開始動作。

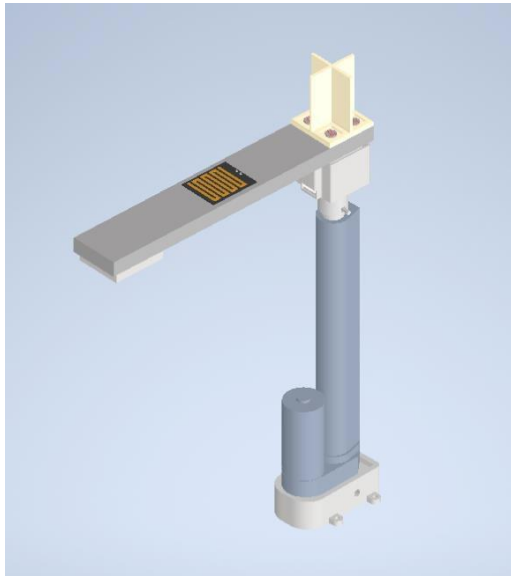


圖 40 偵測系統

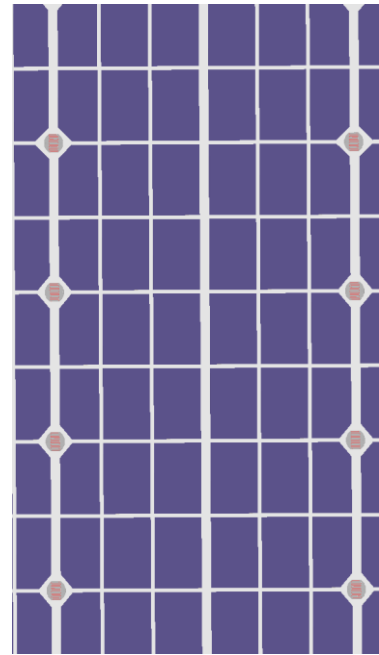


圖 41 太陽能板上方光敏電阻

(三)、清潔系統

清潔系統主要由幫浦、灑水器，水箱和一根直流電動推桿組成(如圖 42)。當收到髒污偵測系統的髒污超標通知，推桿會帶動灑水器向上移動並開始灑水清潔，並控制兩隻推桿則會上升傾斜一個角度以利壓克力板上的水流下。

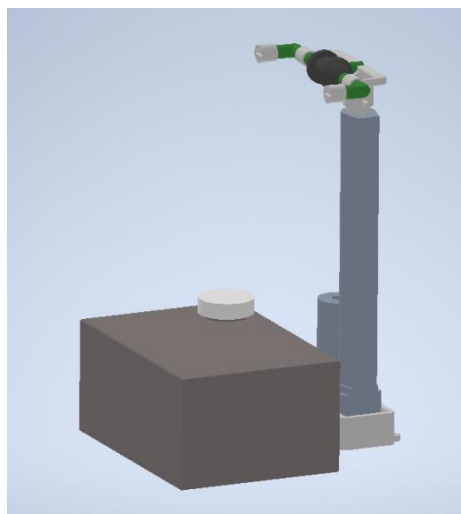


圖 42 清潔系統

二、軟體架構

軟體架構主要由 Arduino 串聯 LINE Notify、APP Inventor 和 Firebase。白天時，追日程式會控制推桿追蹤日光，而夜晚時，髒汙偵測程式會先運行，如果髒汙數值超標，會連結 LINE Notify 通知用戶，並發送訊號至清潔系統，清潔系統清潔完畢也會通知用戶。而用戶可以利用 APP Inventor 全天監控發電功率和髒汙程度，也可以一鍵清潔。而夜間偵測的數據也會一併上傳至 Firebase 用作數據統整。

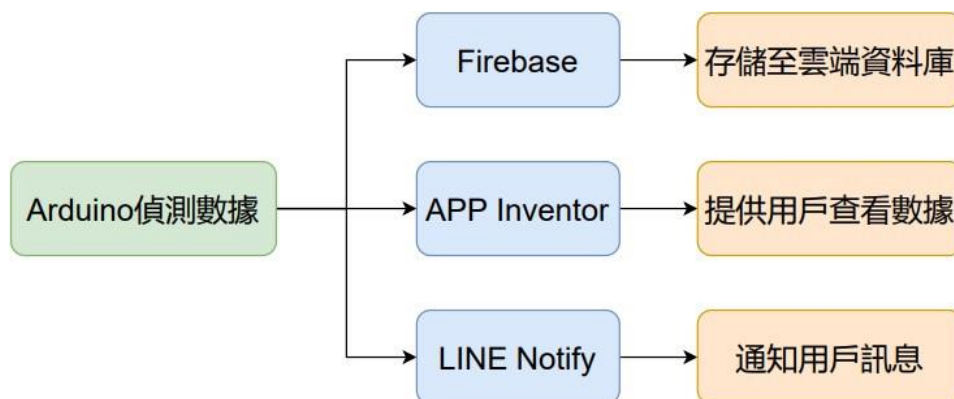


圖 43 軟體架構圖

陸、問題與討論

一、推桿連接太陽能板無法完美吻合

首先，我們在討論機構時，提到了太陽能板會因為傾斜角度的不同而導致長度不同的問題。一開始我們自製一個 360 度接件來(如圖 39)連接太陽能板與推桿，然而，只作這樣的改善並不能讓我們的太陽能板進行多方位、大角度的追日。再經過多次的測試後，我們使進行追日的四支推桿下方的支撐傾斜 15 度(如圖 4)，這樣能讓太陽能板在進行追日時，能夠自由的活動，不會因為傾斜角度過大而導致破裂。

二、偵測推桿下垂

在一開始夜間測試偵測髒汙時，我們發現 LED 桿會因為中量分布不均而導致桿子前段有下垂的情況(如圖 44)，而這會使太陽能板上的光敏電阻無法接收 LED 全部的光，數值會無法辨識。經過我們小組間的討論後，我們決定使用配重的方式在桿子後端加上一塊銅塊，這樣能讓 LED 桿與太陽能板保持平行(如圖 45)，髒汙偵測時，光敏電阻數值就不會變動。



圖 44 配重前 LED 燈桿前端下垂



圖 45 配重後 LED 燈桿保持平衡

柒、結論

我們專題的核心圍繞著太陽能板偵測髒污不易及清潔不便來展開，於是我們開始思考該如何設計出一個可以使偵測及清潔更方便的系統。雖然市面上已經有許多成熟的髒污清潔系統，但是沒有一款能夠同時擁有髒污偵測以及清潔的產品。所以，我們想到是否可以利用具有感光性的元件，透過髒污所造成的數值變化，來判斷是否髒污，我們便著手開始製作。

本專題以太陽能板為主軸，在發電效率方面，透過自行開發的四象限偵測太陽光方向，實測後能有效使太陽能板能自動追日，增加發電效率；在自動清潔維護方面，夜晚時若無下雨，可自動灑水清潔，並偵測清潔程度；在遠端監控及遙控方面，使用者可用自行開發的 APP 了解太陽發電狀況及太陽能板髒污程度，並結合 Line notify 通知清潔狀況，也可用 APP 遠端遙控清潔，且太陽能板上所有數據都透過 Firebase 紀錄及傳送。

在專題的製作過程中我們從無到有，一步一腳印的慢慢摸索，為了尋找最合適的感光元件，我們測試了許多樣品，學習了我們不擅長的光學原理，為了實現遠端監控及數據庫的架設，學習了我們不熟悉的網路資訊架構；為了能將推桿及太陽能板達成滑順的活動，我們學習了如何使用 3D 建模，並逐步設計製作出我們獨一無二的結構。剛開始製作時，我們不禁懷疑自己，是否能夠完成這項艱困及碩大的工程，但現在來看，我們做到了，雖然過程中並非一直都一帆風順，常常遇到許多意料之外的問題，好在透果我們不屑的努力排查錯誤，更改不合適設計，最終帶著滿鉢的知識及成就感完成了這項不可能的任務。

我們相信我們的專題還是擁有許多發展空間，不論是將我們的專題與太陽能光電廠做實際的連結，亦或是加入更強大的清潔系統，都是我們將來可以努力的方向，我們相信，在太陽能日漸普及的今日，我們專題的出現，一定能使太陽能的使用更加的便利，也更能加速太陽能的發展，達到環境的永續，使我們生存的星球更加的美好。

捌、參考資料及其他

一、書籍資料

1. 趙英傑(2018) Arduino 互動設計入門 第三版 旗標出版社
2. 蔡宜坦(2017) APP Inventor2 增訂第二版 旗標出版社

二、網路資料

1. 圖 1 立院三讀新建物屋頂應設太陽光電設備
<https://poweranch.com/%E7%AB%8B%E9%99%A2%E4%B8%89%E8%AE%80%E6%96%B0%E5%BB%BA%E7%89%A9%E5%B1%8B%E9%A0%82%E6%87%89%E8%A8%AD%E5%A4%AA%E9%99%BD%E5%85%89%E9%9B%BB%E8%A8%AD%E5%82%99/>
2. 表 2 esp32 規格
<https://shop.playrobot.com/products/esp32-wifi-modul>
3. 圖 14 esp32
<https://www.taiwansensor.com.tw/product/nodemcu-esp32-s-%E7%89%A9%E8%81%AF%E7%B6%B2%E9%96%8B%E7%99%BC%E6%9D%BFwifi%E8%97%8D%E7%89%992%E5%90%881%E9%9B%99%E6%A0%B8cpu-%E5%87%BA%E8%B2%A8-ch340-usb-%E7%AE%A1/>
4. 表 3 Mega2560 規格
<https://shop.playrobot.com/products/mcr0007>
5. 圖 15 Mega2560
<https://www.taiwaniot.com.tw/product/arduino-mega2560-r3-italy-offical/>
6. 表 4 太陽能板規格
<https://www.isolars.com.tw/zhTW/products/%E5%96%AE%E6%99%B6%E7%9F%BD20w%E5%B0%8F%E5%9E%8B%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E6%9D%BF>
7. 圖 16 太陽能板
<https://www.rakuten.com.tw/shop/legou/product/p0cd5xbjn/>
8. 表 6 L293D 規格
<https://www.mouser.tw/ProductDetail/STMicroelectronics/L293D?qs=gr8Zi5OG3MgMJICDzLQbg%3D%3D>
9. 圖 18 L293D
<https://how2electronics.com/l293d-dual-h-bridge-motor-driver-ic-pins-circuit-working/>

10. 表 7 數位功率計規格

<https://www.taiwansensor.com.tw/product/gravity-i2c-digital-wattmeter-%E6%95%B8%E4%BD%8D%E5%8A%9F%E7%8E%87%E8%A8%88-arduino-%E6%95%B8%E4%BD%8D%E5%BC%8F%E5%8A%9F%E7%8E%87%E6%84%9F%E6%B8%AC%E6%A8%A1%E7%B5%84/>

11. 圖 19 數位功率計

<https://www.taiwansensor.com.tw/product/gravity-i2c-digital-wattmeter-%E6%95%B8%E4%BD%8D%E5%8A%9F%E7%8E%87%E8%A8%88-arduino-%E6%95%B8%E4%BD%8D%E5%BC%8F%E5%8A%9F%E7%8E%87%E6%84%9F%E6%B8%AC%E6%A8%A1%E7%B5%84/>

12. 表 8 太陽能充放電控制器規格

<https://www.googolcom.com/zh-tw/productDetails.asp?nid=65>

13. 圖 20 太陽能充放電控制器

<https://www.googolcom.com/zh-tw/productDetails.asp?nid=65>

14. 圖 21 光敏電阻

<https://shop.mirotek.com.tw/arduino/arduino-start-12/>

15. 表 9 DHT22 規格

<https://www.taiwaniot.com.tw/product/dht22-%E6%BA%AB%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-%E6%BF%95%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-%E6%BA%AB%E6%BF%95%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-dht22/>

16. 圖 22 DHT22

<https://piepie.com.tw/product/dht22-temperature-and-humidity-sensor>

17. 表 10 MG996R 規格

<https://www.taiwansensor.com.tw/product/mg996r-360%E5%BA%A6%E9%80%A3%E7%BA%8C%E6%97%8B%E8%BD%89%E8%88%B5%E6%A9%9F-%E5%85%A8%E9%87%91%E5%B1%AC%E9%BD%92%E8%BC%A13kg%E5%A4%A7%E6%89%AD%E5%8A%9B%E8%88%B5%E6%A9%9F-%E4%BC%BA%E6%9C%8D%E9%A6%AC-2/>

18. 圖 23 MG996R

<https://hackmd.io/@JustMakeIt/Bk4XxY0Bj>

19. 表 11 水位感測器規格

<https://www.taiwaniot.com.tw/product/water-sensor-%E6%B0%B4%E4%BD%8D%E6%84%9F%E6%B8%AC%E5%99%A8>

20. 圖 24 水位感測器
<https://www.jmaker.com.tw/products/product333>
21. 表 12 雨滴感測器規格
<https://buy.yep.tw/product.html?i=58>
22. 圖 25 雨滴感測器
<https://buy.yep.tw/product.html?i=58>
23. 圖 26 Arduino
<https://www.davidhuanglab.com/post/arduinointro>
24. 圖 27 Autodesk Inventor
<https://media.cakeresume.com/image/upload/v1659481126/fdrqsaunln9apn59zdxz.png>
25. 圖 28 Cura
https://miro.medium.com/v2/resize:fit:1400/0*SAOJYSGgPa5D7UFH
26. 圖 29 Firebase
<https://firebase.google.com/?hl=zh-cn>
27. 圖 30 APP Inventor
https://play-lh.googleusercontent.com/bftU9gU-q5BvC5k2vaFciol7tlHaco2IIRcIibzt-jJlZj5L3FLyaJ_Vq0vAdcgj60s
28. 圖 31 Altium Designer
https://zh.wikipedia.org/zh-tw/Altium_Designer
29. 圖 32 RDWorks V8
https://www.fm-laser.ch/web/image/product.template/87/image_1024?unique=7e86333
30. 圖 33 LINE Notify
<https://www.teamsart.com/upload/uimg/20231121/rn20231121155490Muis.png>