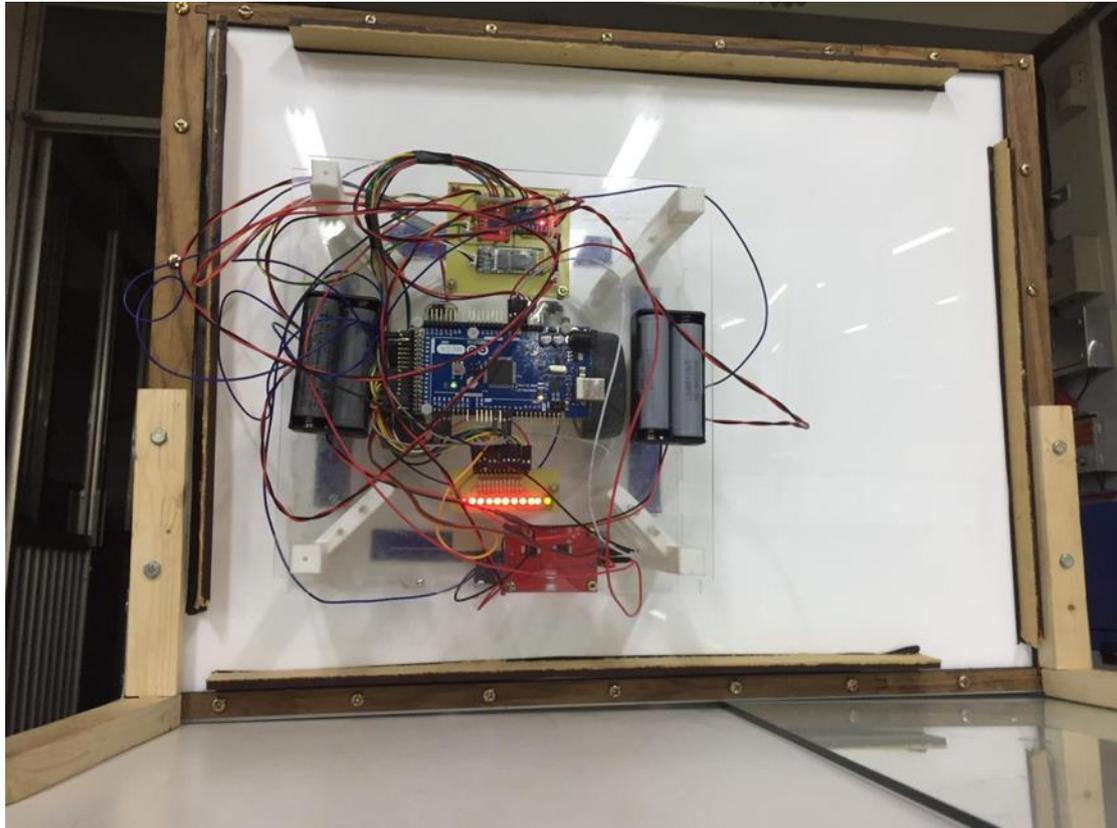


全國高級中等學校專業群科 109 年專題及創意製作競賽  
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：自動控制高樓窗戶清潔自走車

關鍵詞：玻璃吸附、自動清潔、雙面擦拭

# 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、硬體製作.....	2
二、電路雕刻.....	2
三、特殊電機.....	2
肆、研究方法.....	3
一、研究流程.....	3
(一)、研究步驟.....	3
(二)、操作步驟.....	4
二、使用材料及工具.....	5
(一)、零件介紹.....	5
(二)、軟體介紹.....	12
伍、研究結果.....	16
陸、討論.....	17
一、材質選用.....	17
二、馬達控制.....	17
三、電路問題.....	17
四、溝通問題.....	17
柒、結論.....	18
捌、參考資料及其他.....	19

## 圖目錄

圖 1、高樓窗戶清潔墜落示意圖 .....	1
圖 2、APP INVENTOR.....	3
圖 3、研究步驟.....	4
圖 4、MG996R .....	6
圖 5、TT 減速馬達 .....	6
圖 6、HC-06 .....	6
圖 7、SS-5GL13T.....	7
圖 8、MPU6050 .....	7
圖 9、LM2577+LM2596.....	8
圖 10、18650 電池 .....	8
圖 11、ATmega2560.....	8
圖 12、壓克力 .....	9
圖 13、磁鐵.....	9
圖 14、D-SUN.....	10
圖 15、磁簧開關.....	10
圖 16、TB6612FNG .....	10
圖 17、TTP233B15 .....	11
圖 18、USB TYPE-C .....	11
圖 19、Arduino.....	12
圖 20、 App inventor .....	12
圖 21、手機畫面 .....	12
圖 22、電路板雕刻機 .....	13
圖 23、電路板.....	13
圖 24、Tinkercad.....	14
圖 25、車體外殼.....	14
圖 26、磁力線示意圖 .....	15
圖 27、旋轉圓盤.....	15
圖 28、自動模式流程圖 .....	16

## 表目錄

表 1 時間分配表 .....	4
-----------------	---

## 【自動控制高樓窗戶清潔自走車】

### 壹、摘要

在科技快速發展的今日，機器的能力不斷提升，以穩定精準的機械人代替人力在工業生產上已成趨勢。然而，為了滿足便利和效率的需求，如何快速讓機器取代人力來降低危險的發生，便是人類的一大挑戰。因此本專題希望能做出一台能在家中或者辦公室的自動控制高樓窗戶清潔自走車，能自動打掃窗戶，也能手動控制打掃的位置和方校用以提升打掃的效率和方便性。我們以便宜且操作簡單的想法來製作這一次的專題。

### 貳、研究動機

在科技快速發展的今日，機器的能力不斷提升，以穩定精準的機械人代替人力在工業生產上已成趨勢。然而，為了滿足便利和效率的需求，如何快速讓機器取代人力來降低危險的發生，便是人類的一大挑戰。因此本專題希望能做出一台能在家中或者辦公室的自動控制高樓窗戶清潔自走車，能自動打掃窗戶，也能手動控制機體的位置和方向用以提升打掃的效率和方便性。我們以便宜且操作簡單的想法來製作這一次的專題。



圖 1、高樓窗戶清潔墜落示意圖

## 參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

### 一、硬體製作

在高三專題製作實習課中，我們學會使用 tinkercad 建立 2D 以及 3D 的模型，以及學習 3D 列印機的使用，讓我們繪製所構思的物品，並且在短暫時間內成為實體，是非常便捷的硬體建構方式，也因此我們選用 3D 列印的 PLA 材質做為本次專題的主體，不但質地輕巧，更讓我們的實體具有一致性。主車體和副車體的設計上，我們使用高三專題製作實習課中所學的雷射切割機製作，將繪製的 DXF 檔轉換以後使用雷射切割機將壓克力板成型。

### 二、電路雕刻

高三的專題製作實習課當中我們接觸了电路板的繪製以及雕刻，我們可以在 AltiumDesigner 繪製電路圖並轉為 PCB 板電路，轉檔後再使用電路板雕刻機將自己設計的電路板刻出。在設計較複雜的電路時，相比於使用麵包板拉線偏向實驗性質的簡單電路，將會需要一個更穩定的電路，而使用 Altium Designer 以及電路板雕刻機讓電路設計流程在自己手邊即可完成，是極為方便的工具。

### 三、特殊電機

高二下學期的電工機械課程最後一個章節提到了特殊電機，書中的伺服馬達擁有快速響應、精準控制，以及輸出穩定的特性，而我們利用伺服馬達在這一次的專題中幫助我們的車可以精準且順利的來轉向，達成這次專題的目的。

### 四、程式撰寫

在高三的數位專題製作課，我們對於程式的有了一些基本的了解，並且從 APP INVENTER 製作藍芽連線、按鈕控制和模式切換的功能。在這一次的專題當中我們利用了專題製作課中所學的 Arduino 編寫程式，編寫了陀螺儀校正、伺服馬達控制、微動開關檢視、減速齒輪組、馬達驅動板和墜落保護的程式，來控制我們的整個車體。

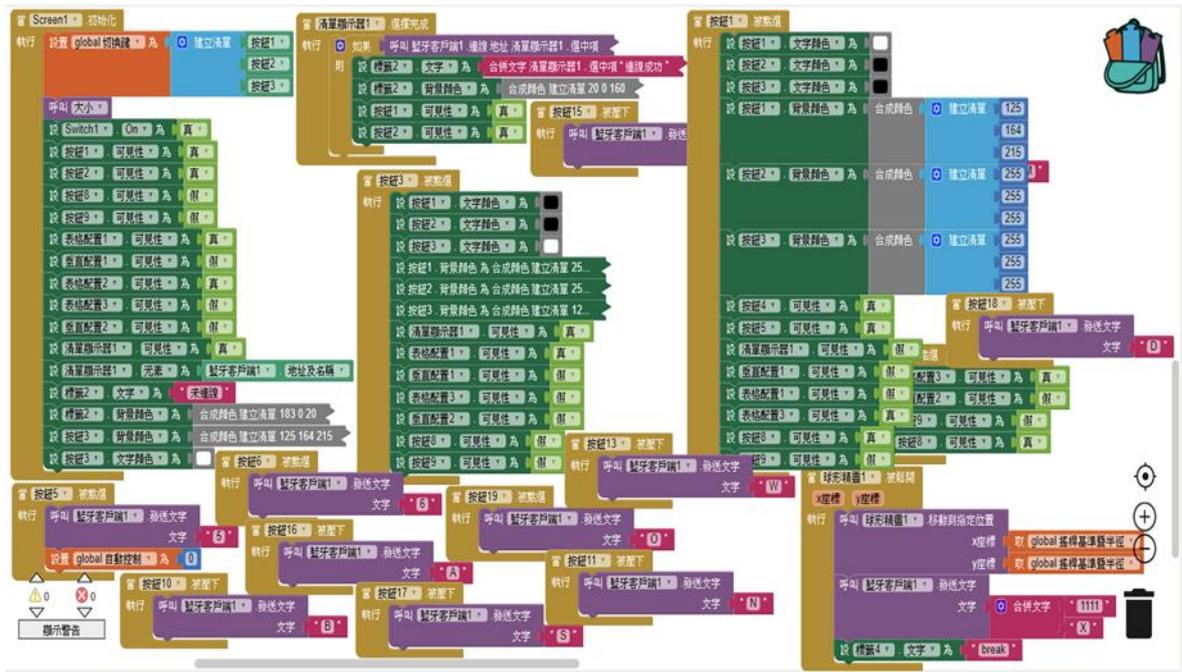


圖 2、APP INVENTOR

## 肆、研究方法

### 一、研究流程

#### (一)、研究步驟

在七月中定下專題題目後，便開始我們的製作流程。我們首先從程式軟體的設計開始著手，不斷嘗試陀螺儀的定位，接著開始主車體和副車體的設計，然後開始著手手動和自動的操控，最後做程式與硬體的最終整合以及外觀的修飾，完成專題成品。專題的時間分配及研究步驟分別如下(表 1)：

表 1、時間分配表

	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
1.購買材料							
2.蒐集資料							
3.程式設計							
4.電路設計							
5.主車體製作							
6.副車體製作							
7.外殼製作							
8.成品測試							

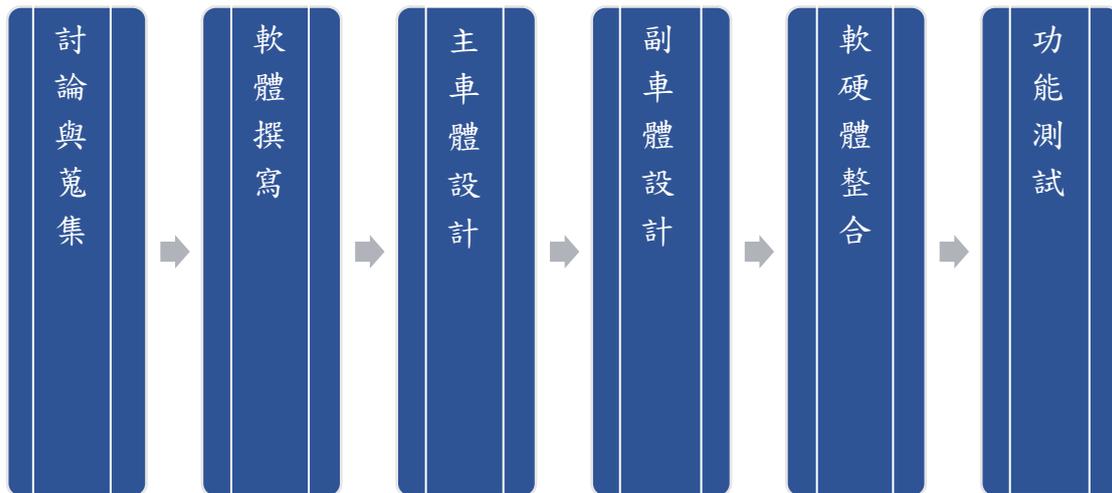


圖 3、研究步驟

## (二)、操作步驟

### 1、模式切換

將由 Appinventor 介面點選手/自動控制按鈕即可模式切換，無論點選自動或手動控制，若機體在運作將被強制停止。

## 2、自動模式

首先開啟 Appinventor，手機與機體藍芽連線。點選自動控制，點選開始/深度清潔鍵，則該鍵代表之數值經由藍芽傳至 Arduino，並存入 Arduino 的 char BT 變數。經由 if 判斷是否開始/深度清潔鍵被按下，如果有，則機體開始執行姿態校正及起始點歸位。姿態校正及歸位完成後，機體將前進。當前、後任一開關接觸邊框則直行轉彎程序。程序執行完畢後再判斷要向前或倒退，假設是正面開關碰觸到，則轉彎程序執行後則接下來機體會倒退。

反之亦然。若為正/反+左/右的兩個開關被觸發，則紀錄為一個點，當累計三個點後，Arduino 判斷工作完成並開始歸位。

(以上稱為一個清潔流程)

若剛開始點選深度清潔，則機體會執行兩次清潔流程。

若點選電容開關啟動，則和與點選開始鍵相同，執行兩次清潔流程。

## 3、手動控制

首先開啟 Appinventor，手機再與機體藍芽連線。點選手動控制。Arduino 經驅動板驅動馬達一正一反轉並經由 mpu6050 判斷機體姿態，在機體正面朝上前馬達將持續運轉，直到正面朝上後才停止。當按下任意方向鍵，該鍵代表之數值經藍芽傳至 Arduino 藍芽並存入 Arduino 裡的 char BT 變數，然後以 switch 判斷 BT，並對應數值，當數值符合判斷式其中一項條件時，由 Arduino 傳輸脈波、數位數值至 TB661 馬達驅動板，並藉由驅動板驅動馬達正、反轉；以及傳輸脈波控制伺服馬達轉動。若條件皆不符合，則不執行任何項目，將保持前一個動作進行。若碰到邊框，則 Arduino 藉由驅動板控制馬達反轉，使機體離邊框離開一段距離後停止。

## 二、使用材料及工具

### (一)、零件介紹

#### 1、MG996R 伺服馬達

MG996R 可以旋轉 90 至 180 度的角度，同時，他的扭力很大，所以我們使用 MG996R 裝在旋轉圓盤上，使車體轉向更為精準。



圖 4、MG996R

#### 2、1：48 減數齒輪組

減速齒輪組是原動機和工作機之間獨立的閉式傳動裝置，用來降低轉速和增大轉矩以滿足各種工作機械的需要。



圖 5、TT 減速馬達

#### 3、HC-06 藍芽模組

一種無線通訊技術標準，用來讓固定與行動裝置，在短距離間交換資料，以形成個人區域網路（PAN）。其使用短波超高頻（UHF）無線電波，每台手機都會內建藍牙功能，且傳輸速率快、功耗低、建立時間短，對於使用者來說十分方便。



圖 6、HC-06

#### 4、微動開關

微動開關是運用機械原理，用東西直接碰觸到的開關連桿。由於具有微小的接點間距及瞬動機構，所以我們使用在四個邊上，來感應是否碰到邊框。



圖 7、SS-5GL13T

### 5、MPU6050 陀螺儀

用來感測與維持方向的裝置，MPU6050 是基於角動量守恆的理論設計出來的。陀螺儀由軸心且可旋轉的轉子構成。陀螺儀一旦開始旋轉，由於轉子的角動量，陀螺儀有抗拒方向改變的趨向。



圖 8、MPU6050

### 6、雙 IC 自動升降壓式 DC-DC 直流轉換器

是電能轉換的電路或是機電設備，可以將直流（DC）電源轉換為不同電壓的直流（或近似直流）電源。其功率範圍可以從很小（小的電池）到非常大（高壓電源轉換）。有些直流-直流轉換器的輸出電壓和輸入電壓有相同的參考點，而有些直流-直流轉換器的輸出電壓是和輸入電壓隔離。

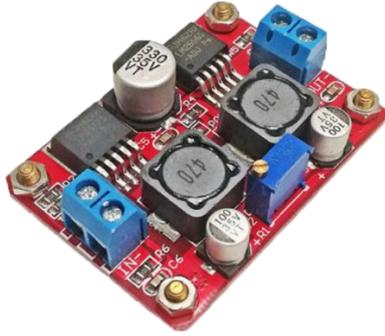


圖 9、LM2577+LM2596

#### 7、18650 電池

是一種充電電池，其直徑是 18 公釐，長度是 65 公釐，外觀為圓柱型，我們用來當作主要供電電源。



圖 10、18650 電池

#### 8、Arduino Mega 2560 微控制板(ATmega2560)

Arduino Mega 2560 是一塊以 ATmega2560 為核心的微控制器開發板，它為我們控制中樞，且供電部份可選擇由 USB 直接提供電源，或者使用 AC-to-DC adapter 及電池作為外部供電，所以使用起來非常方便。



圖 11、ATmega2560

## 9、壓克力

用來製作車體的結構與支架，因為重量低，且支撐力強，所以使用壓克力。



圖 12、壓克力

## 10、磁鐵

用來吸住主副車體，且使用海爾貝克陣列的排法，海爾貝克陣列（Halbach Array）是一種新型的磁鐵排列方式。不同磁化方向的永磁體按照一定的順序排列，從而使得陣列一邊的磁場顯著增強，而另一邊顯著減弱



圖 13、磁鐵

## 11、KTDUINO 超迷你型降壓模組 DC-DC

用來降壓，供給Arduino板5v電壓。



圖 14、D-SUN

### 12、磁簧開關

磁簧開關內有一隻磁簧管，兩片端點處重疊的可磁化的簧片密封於玻璃管中，兩簧片呈交疊且間隔有一小段空隙，磁鐵產生的磁場在接近簧片時，磁場使兩片簧片端點位置附近產生不同的極性，當磁吸力超過本身的彈力時，這兩片簧片會吸合導通電路，當磁場消失後，簧片由於本身的彈性而釋放，觸面就會分開而斷開電路。



圖 15、磁簧開關

### 13、馬達驅動板

用來驅動馬達正反轉，使車體動作的零件。

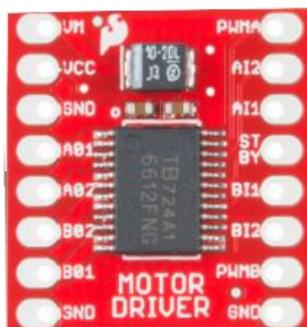


圖 16、TB6612FNG

#### 14、TTP233B15

手指與線路接觸時，電容產生變化，控制器內的電路即可進行偵測，電容值的變化越大，偵測的效果愈佳。用來啟動車體的一個零件。



圖 17、TTP233B15

#### 15、USB TYPE-C

尺寸：40\*25MM 板子厚度：1.6MM



圖 18、USB TYPE-C

## (二)、軟體介紹

### 1、Arduino

Arduino(圖 19)是我們主要用來撰寫程式的工具，因為它具有廣大的函式庫可以供我們運用，而且撰寫的方式也比較容易了解，所以我們使用了 Arduino 來設計我們的程式的設計。



圖 19、Arduino

### 2、App inventor

我們使用 app inventor 來設計控制車體的打掃模式，分成自動控制以及手動模式，透過手機連接藍芽後，即可看到模式的選擇按鍵，按下自動控制按鍵即可開始操控車體，以此類推。



圖 20、App inventor



圖 21、手機畫面

### 3、Altium Designer

Altium Designer 這個軟體是印刷電路板、電路圖的設計、電路仿真等功能的一個合體，使用這一個軟體在專題當中，可以設計電路板，而不是使用麵包板，讓我們的配線更符合我們車體中的結構，而不會因為麵包板的固定性跟其他零件有所卡住。設計完，並且使用電路雕刻機刻出後(圖 22)，一個符合我們車體的電路板也就出來了(圖 23)。

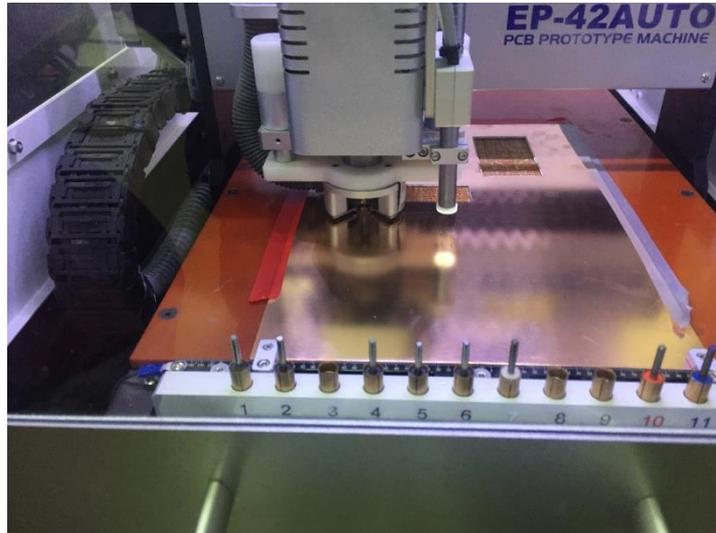


圖 22、電路板雕刻機

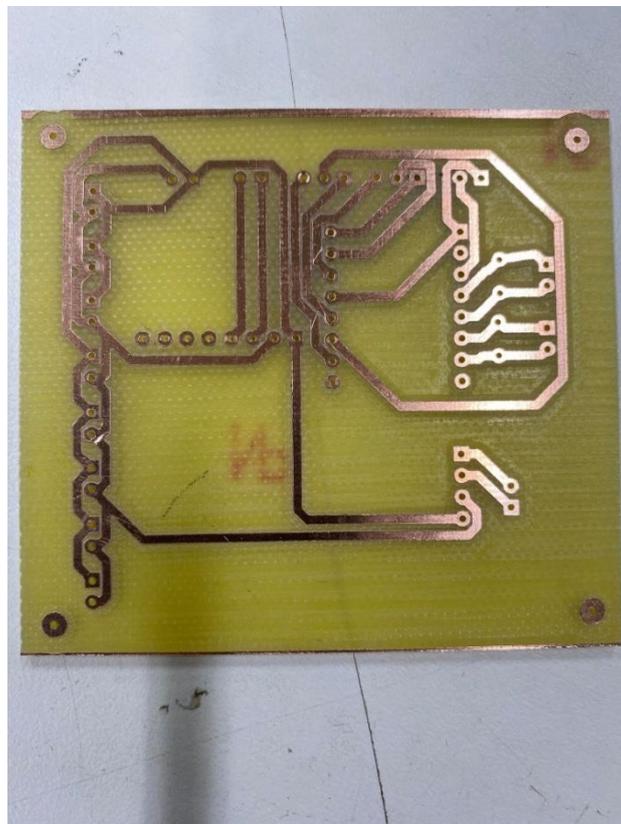


圖 23、電路板

#### 4、Tinkercad

用來設計我們須需要的零件，然後在 3D 列印機印出來，這個程式使用起來十分方便且容易操作，這對我們的專題幫助非常大。下圖是我們使用 Tinkercad 繪製且印出的東西。

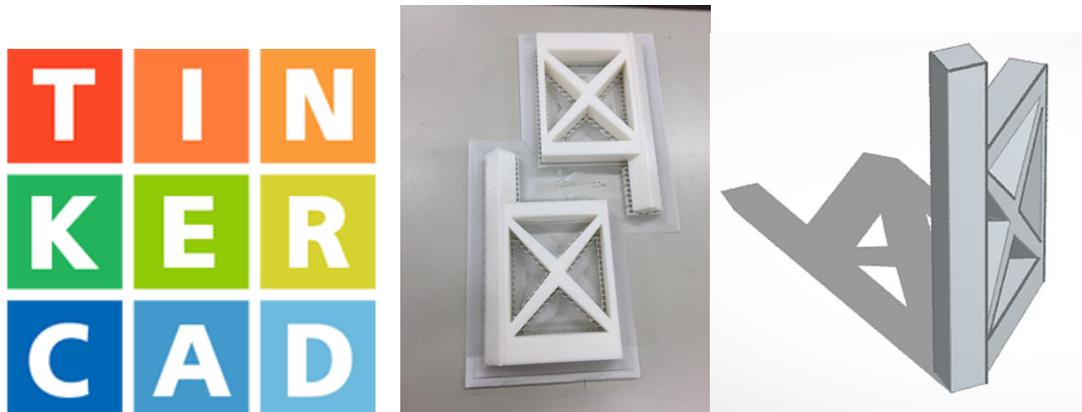


圖 24、Tinkercad

#### 5、MakerCase

我們用 makercase 來設計外殼，不須自己繪製，長寬高可自行調整的殼子。如下圖。

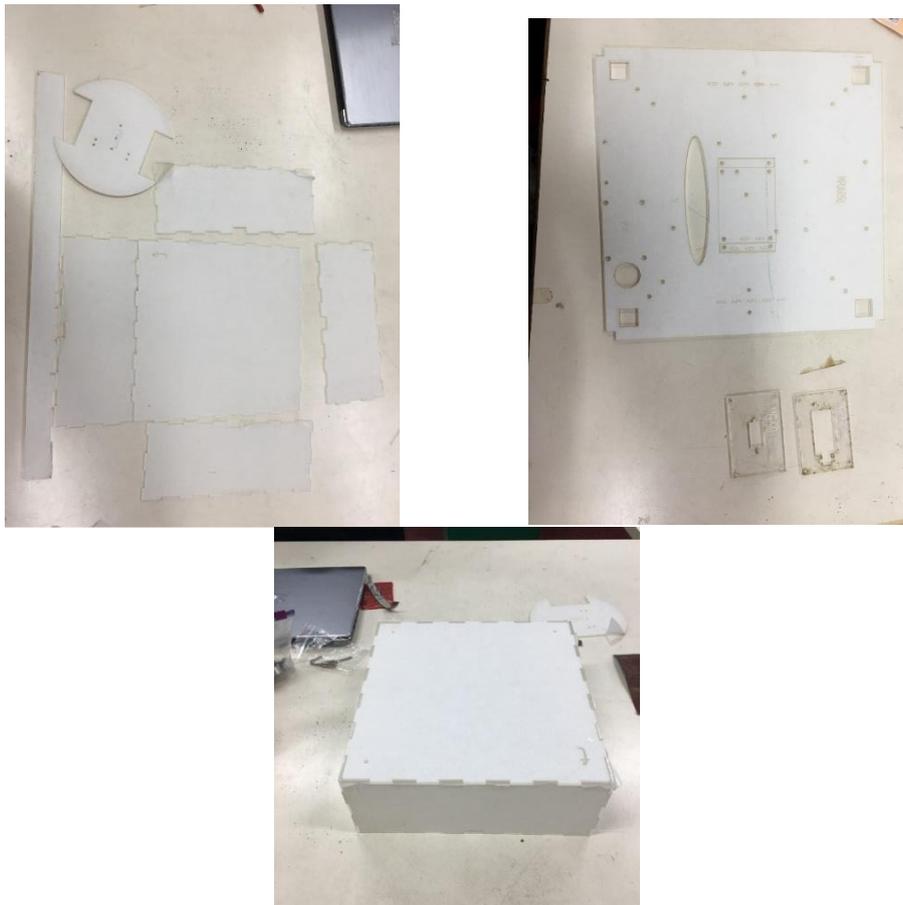


圖 25、車體外殼

### (三)、機構原理

#### 1、海爾貝克陣列

在我們的專題當中，運用了有些人不了解的原理，在圖(25)中是常常看到磁鐵的磁力線，而海爾貝克陣列用了一個固定的排列，讓其中一邊的磁力變得更大，而其他邊則縮小。

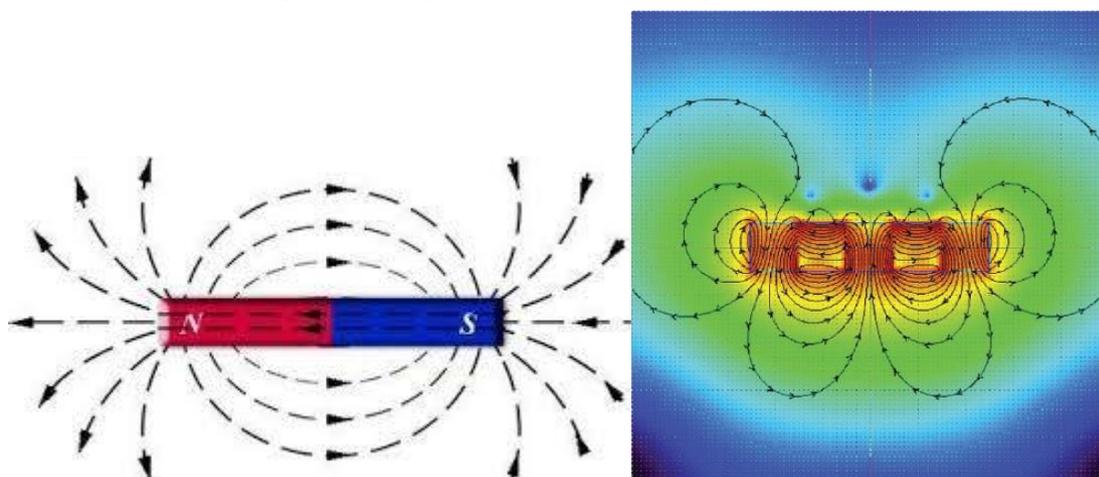


圖 26、磁力線示意圖

#### 2、旋轉圓盤

我們的專題使用橡膠輪來移動我們車體，但因為四個邊固定，所以我們採用可旋轉的底盤，讓四個邊不移動。當需要轉彎時，會讓一輪往前，一輪往後，且配合伺服馬達，讓底盤可以轉向 90 度。

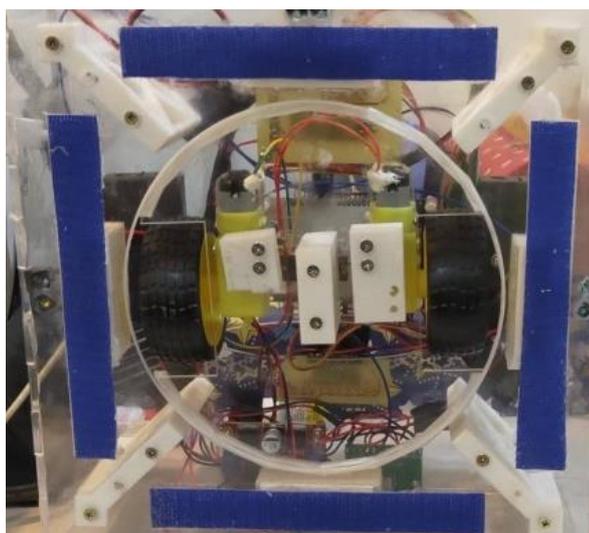


圖 27、旋轉圓盤

## 伍、研究結果

智慧擦窗機的模式分成兩個，一個是自動模式，另一個是手動模式。手動模式比較簡單明白，首先是用藍芽連接車體，切換到手動開關，即可開始手動模式。自動模式則是利用邊框以及角落來進行判斷整個流程。如下圖

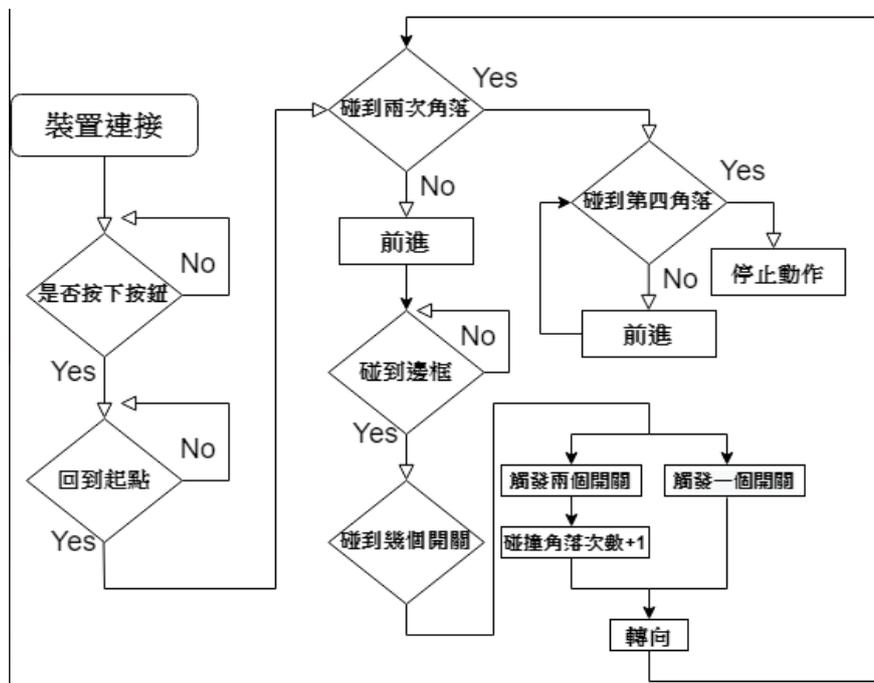


圖 28、自動模式流程圖

## 陸、討論

### 一、材質選用

在本次的專題當中，我們本來是選用木頭來當作車體的結構，但由於考慮到防水以及結構強度的方面，最後選用了壓克力來組裝我們的車體。並且採用透明壓克力，使機體動作時我們能觀察到內部結構的動作，在修正上極為方便且外型別具風格。

### 二、馬達控制

我們原先只用 1:48 減速齒輪組，連接兩個輪子來進行底盤的轉向，讓車體可以上下左右的移動。但是我們發現這個方式沒辦法精準地轉到 90 度，所以加上了伺服馬達，來協助旋轉到 90 度，來進行精準的移動，達到較完美的清潔。

### 三、電路問題

我們使用雷切機，切出第一塊板子後，經過一些測試發現有問題，所以在之後又重新切了新的一塊，才解決掉這個問題。

### 四、溝通問題

在一開始決定題目時，我們組員有了一些爭吵，在溝通後才決定了這一個題目。後來，在功能的增減上也是沒有非常順利，因為有些是非常不容易辦到的功能，有些雖然看似簡單，但實際上是非常的複雜。

## 柒、結論

自動控制高樓窗戶清潔自走車在經過不斷的嘗試與改進後，我們以壓克力作為主體，具有足夠的機械強度並達成我們輕量化的目標，並且部分利用圓盤機以及相對運動原理，使機體可以在姿態不變的狀況下可以轉向。

操作部份我們將所有控制利用手機來完成動作，讓自動控制高樓窗戶清潔自走車的操作更加簡單便利，介面部份我們利用簡單的操縱面板，讓初次操作的使用者皆能很快適應。雖然在專題中我們成功將自動控制高樓窗戶清潔自走車的操作方式簡化，達成我們的理念，但仍有許多可以更加精進加強的部分。

期許未來有機會能夠提高感測器的精密及穩定度，以及讓車體意外墜落時，有緩衝的機制保護，增加操作的便捷性並且使操作不再受到手機和距離的受限。一個完整的專題所要的，不只需要各個專業領域的能力，在專題製作過程中，有很多領域的專業知識是我們從未接觸過的，軟硬體整合的設計，甚至是我們遇到最大的難題：機械原理的應用。我們皆是不斷的上網查詢資料，以及不斷的透過實驗在過程中學習，才能順利將機械與控制整合，設計出我們的自動控制高樓窗戶清潔自走車。相信這個專題的經歷，不僅增強了自我學習的能力，更是培養我們做事的態度，也對未知學問有了進一步的了解，然後對於 3D 列印、雷射雕刻機和電路版的設計有了進一步的認識，對日後的學習和發展有絕對的幫助。

## 捌、參考資料及其他

- SpaceX 競賽實錄——設計源自年輕人創意。2018 年 1 月 10 日。  
取自  
<https://www.edntaiwan.com/20180110nt01-spacex-hyperloop-pod-competition-design-from-creative-young-minds-part-1/>
- 洗窗洗一半纜繩斷裂...紐約工人「垂直懸掛」69 樓 2 小時。2014 年 11 月 13 日。取自  
<https://www.ettoday.net/news/20141113/425310.htm>
- Arduino 筆記(71): MPU-6050 (GY-521) 三軸陀螺儀+三軸加速計感測模組。2019 年 9 月 30 日。取自  
<https://atceiling.blogspot.com/2019/09/arduino57mpu-6050-gy-521.html>