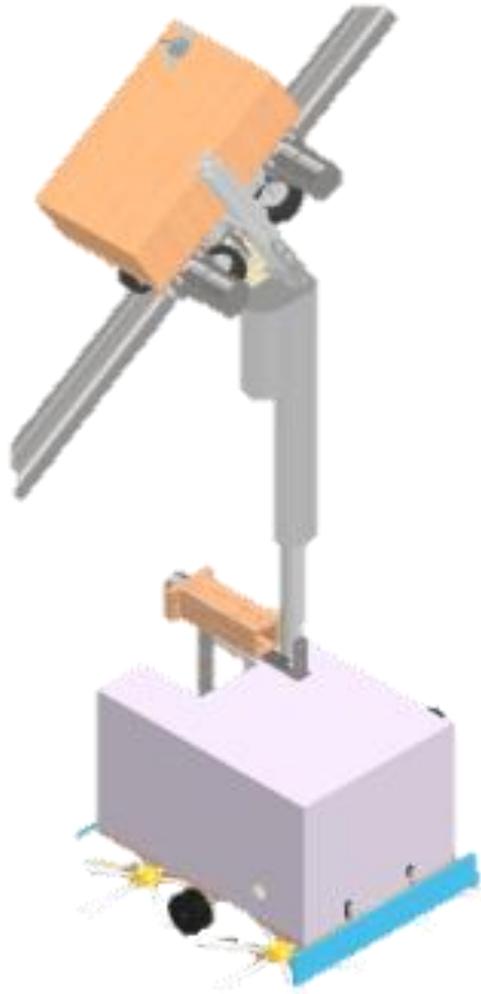


臺北市立大安高級工業職業學校專題製作競賽
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：爬升樓梯 清潔溜溜

關鍵詞：掃地機器人、清潔樓梯、減少人力

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、程式撰寫.....	2
三、電路板雕刻.....	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.....	6
(一)、零件材料.....	6
(二)、機構原理.....	11
(三)、軟體介紹.....	11
伍、研究結果.....	14
一、硬體結構.....	14
(一)、吸塵車.....	14
(二)、爬升機.....	14
二、通訊軟體架構.....	15
三、成果展示.....	15
(一)、吸塵車.....	15
(二)、爬升機.....	15
(三)、APP 介面.....	16
陸、討論.....	17
一、輪胎強度不足.....	17
二、爬升機打滑.....	17
三、爬升機保持平衡.....	18
四、吸塵車直線運行.....	18
柒、結論.....	19
捌、參考資料及其他.....	20
一、書籍資料.....	20
二、網路資料.....	20

表目錄

表 1	時間分配表.....	3
表 2	L298N 馬達驅動模組規格	6
表 3	繼電器模組規格.....	6
表 4	Arduino Mega 2560 規格	7
表 5	12V 鋰電池組規格.....	8
表 6	24V 鋰電池組規格.....	8
表 7	ESP32 規格.....	8
表 8	MINI560 規格.....	9
表 9	24V 電動推桿規格.....	9
表 10	可調穩壓電源規格.....	9
表 11	直流減速馬達規格.....	10
表 12	3V 微型直流小電動機規格.....	10
表 13	SMC RC500 馬達規格.....	10

圖目錄

圖 1	3D 列印.....	2
圖 2	雷射雕刻.....	2
圖 3	Arduino 程式撰寫.....	2
圖 4	APP INVENTOR2 頁面設計.....	2
圖 5	繪製電路圖.....	3
圖 6	元件配置圖.....	3
圖 7	研究步驟.....	3
圖 8	人員操作流程.....	4
圖 9	機器運作流程.....	5
圖 10	繼電器模組.....	6
圖 11	研究步驟.....	6
圖 12	Arduino Mega 2560.....	7
圖 13	極限開關.....	7
圖 14	12V 鋰電池組.....	8
圖 15	24V 鋰電池組.....	8
圖 16	ESP32.....	8
圖 17	MINI560 降壓穩壓模塊.....	9
圖 18	24V 電動推桿.....	9
圖 19	可調穩壓電源.....	9
圖 20	直流減速馬達.....	10
圖 21	3V 微型直流小電動機.....	10
圖 22	SMC RC500 馬達.....	10
圖 23	Autodesk Inventor logo.....	11
圖 24	Autodesk Inventor 3D 圖繪製介面.....	11
圖 25	Arduino logo.....	12
圖 26	Altium Designer logo.....	12
圖 27	App Inventor logo.....	12
圖 28	Ultimaker Cura logo.....	13
圖 29	RDWorksV8 logo.....	13
圖 30	吸塵車內部結構.....	14
圖 31	爬升機內部結構.....	14
圖 32	通訊關係圖.....	15
圖 33	吸塵車.....	15
圖 34	爬升機.....	15
圖 35	APP 初始介面.....	16
圖 36	藍芽選擇介面.....	16

圖 37	儲存清單.....	16
圖 38	APP 整體樣貌	16
圖 39	輪胎 D 孔.....	17
圖 40	齒輪帶動輪胎.....	17
圖 41	摩擦力原理.....	17
圖 42	爬升機的摩擦力關係.....	17
圖 43	吸塵車側面加裝輪胎.....	18
圖 44	吸塵車與樓梯搭配.....	18
圖 45	吸塵車側面加裝輪胎.....	18
圖 46	吸塵車與樓梯搭配.....	18

【爬升樓梯 清潔溜溜】

壹、摘要

為了使清掃樓梯更加便捷並減少人力，我們設計出一款能夠在樓梯間爬升及自動清潔樓梯的掃地機器人。本專題分為爬升機及掃地機兩部分。掃地機模擬市售掃地機器人的吸塵功能，並透過直流馬達進行移動到達下一層階梯進行清掃，以達到專責清潔樓梯的功能。爬升機藉由樓梯的扶手以直流減速馬達驅動輪胎進行爬升，並配合電動推桿來達到整體機構的上下移動，且能透過手機 APP 調整樓梯的參數，使其在不同規格的樓梯都能夠順利使用。

貳、研究動機

現代生活中的高樓林立，社會步調緊湊，又有多少人有多少時間、精力去做到房屋的清潔呢？根據 momo 購物網 2021 年家電風雲榜公布的資料，清潔家電佔了六成，最熱銷前三名就有兩項是掃地機器人，多數人維護居家環境的時間不夠充足，進而轉向購買掃地機器人來輔助家中清潔，根據 2022 台灣民眾掃地機器人購買行為調查，多達 60.3% 的受訪者每週打掃時間不足一小時，顯然，智慧居家清潔是一片可發展的藍圖。

然而經過我們小組討論，發現掃地機器人有一致命缺點，其對於任何樓梯皆束手無策，造成一棟大樓內，必須由多台掃地機器人完成打掃的動作，且在樓梯或閣樓方面，也沒有任何方法可以清潔到，造成每次打掃都無法完整清掃到家裡的每個角落，所以我們團隊決定開發出一款能運載掃地機器人的爬升裝置，解決掃地機器人的短板，也減少大樓清潔的成本。

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、硬體製作

高二實習課中，學習到 3D 列印機和雷射雕刻機的使用，讓我們能用 3D 列印出我們需要的各種齒輪，如圖 1 所示。以及運用雷射雕刻機雕刻 3mm 木板刻出吸塵車底板和外殼，如圖 2 所示。



圖 1 3D 列印

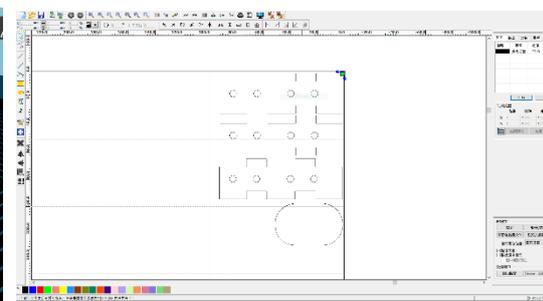


圖 2 雷射雕刻

二、程式撰寫

我們利用高二實習課中學習到的 Arduino IDE 為此次專題硬體撰寫控制程式，如圖 3 所示，再搭配 Mega2560、ESP32 作為驅動板，ESP32 透過藍芽串聯起 APP 和硬體之間的通訊對爬升機的參數進行控制。APP 軟體則是利用 APP INVENTOR2 進行撰寫，如圖 4 所示。

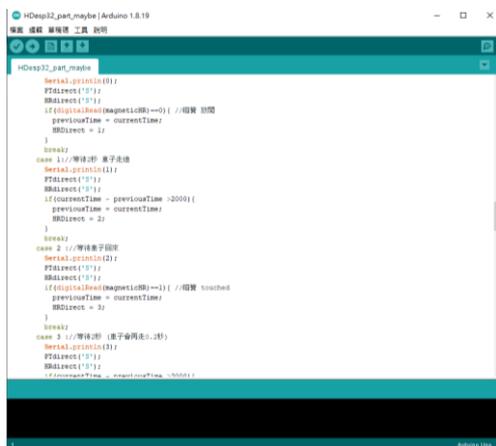


圖 3 Arduino 程式撰寫



圖 4 APP INVENTOR2 頁面設計

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 5 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，如圖 6 所示，不只有效減少電路面積，更能降低線路錯誤的可能性。

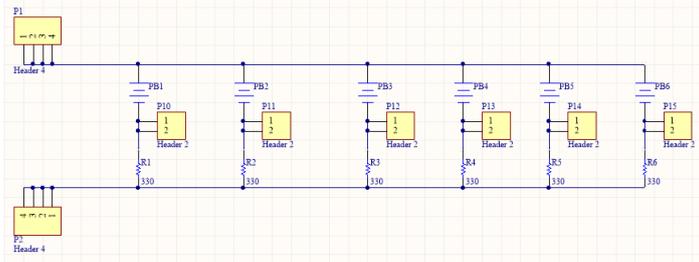


圖 5 繪製電路圖

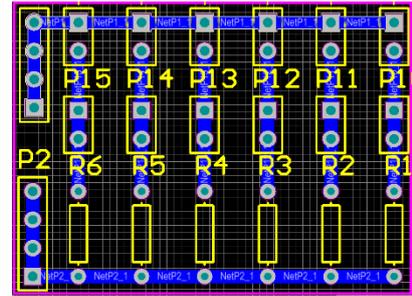


圖 6 元件配置圖

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

在七月中旬確認專題題目後，我們開始蒐集資料，時間分配如表 1 所示，研究步驟如圖 7 所示。

表 1 時間分配表

	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
1.資料蒐集							
2.元件採購							
3.吸塵車製作							
4.爬升機製作							
5.程式撰寫							
6.電路製作							
7.APP 製作							
8.成品測試							

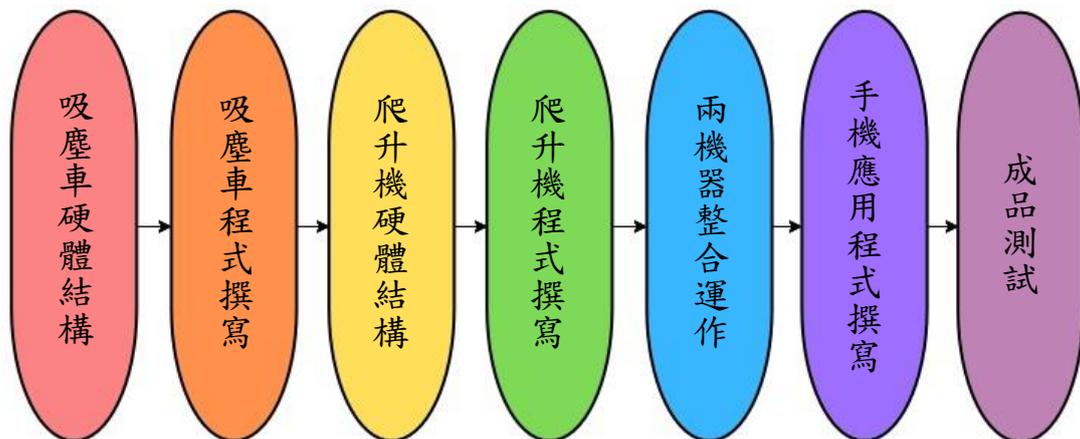


圖 7 研究步驟

(二)、操作步驟

1、人員架設流程

人員將爬升機及吸塵車架設至樓梯後，用手機 APP 輸入樓梯規格，即可開始清掃工作，如圖 8 所示。

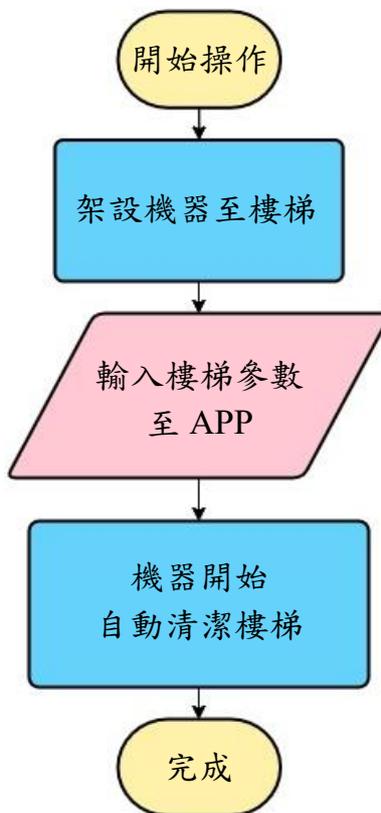


圖 8 人員操作流程

2、機器運作流程

機器方面則為吸塵車及爬升機配合工作，如圖 9 所示。

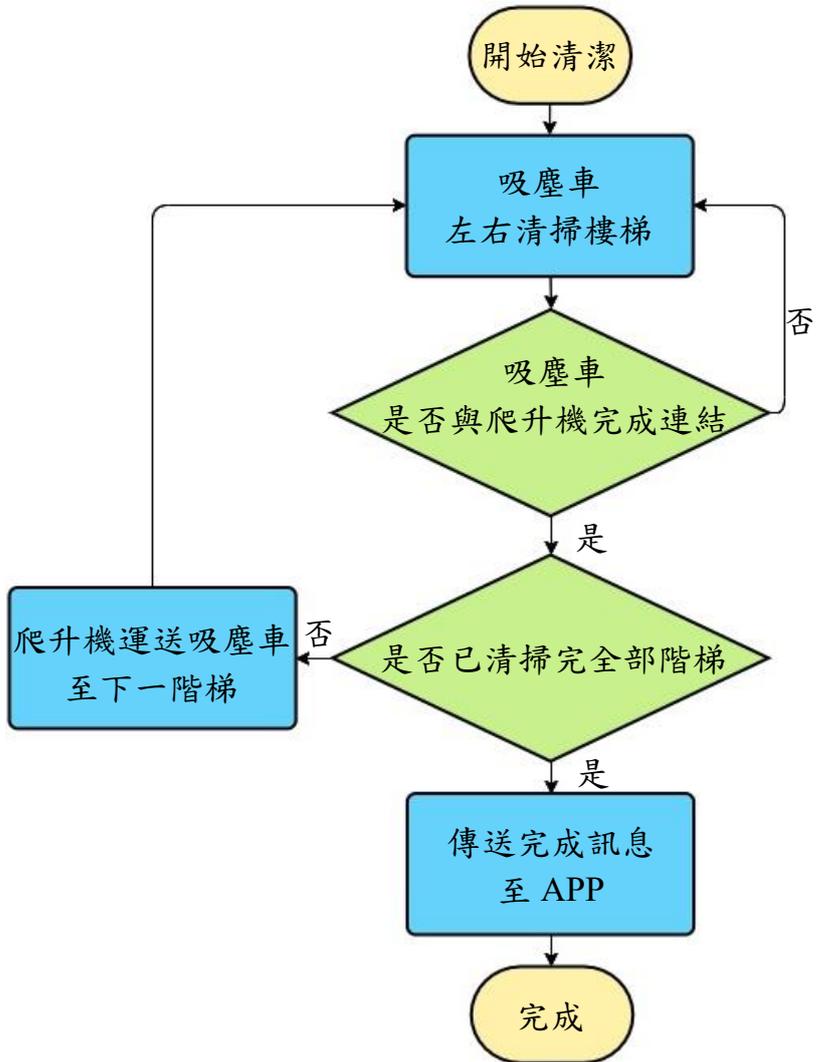


圖 9 機器運作流程

二、使用材料

(一)、零件材料

1、L298N 馬達驅動模組

L298N(圖 10) 是一種高電壓、大電流電機驅動芯片。其規格如表 2 所示。內含兩個 H 橋的高電壓大電流全橋式驅動器，可以用來驅動直流電動機和步進電動機、繼電器線圈等感性負載；採用標準邏輯電平信號控制；具有兩個使能控制端，在不受輸入信號影響的情況下允許或禁止器件工作有一個邏輯電源輸入端，使內部邏輯電路部分在低電壓下工作；可以外接檢測電阻，將變化量反饋給控制電路。使用 L298N 芯片驅動電機，該芯片可以驅動一台兩相步進電機或四相步進電機，也可以驅動兩台直流電機。

表 2 L298N 馬達驅動模組規格

驅動芯片	L298N
驅動電壓	5~35V
邏輯電壓	5V
邏輯電流	0~36mA
驅動電流	2A
最大功率	20W(溫度 75°C 時)
尺寸	43x43x29mm

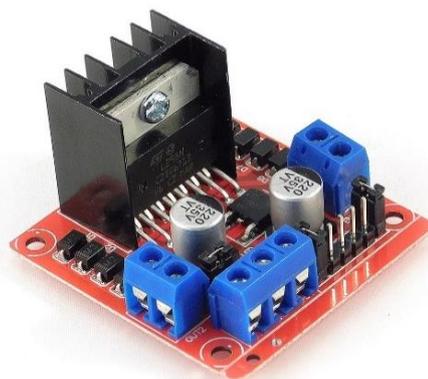


圖 10 L298N 馬達驅動模組

2、繼電器模組

繼電器(圖 11)是具有隔離功能的自動開關元件，廣泛應用於遙控、遙測、通訊、自動控制、機電一體化及電力電子設備中，是最重要的控制元件。繼電器模組之規格如表 3 所示。

表 3 繼電器模組規格

最大負載	AC 250V/10A, DC 30V/10A
程式記憶體大小	256KB
程式記憶體類型	閃存
電壓 - 電源	DC 7V ~ 12V
時脈速度	16 MHz

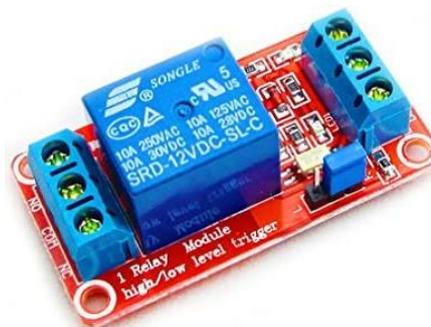


圖 11 繼電器模組

3、Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560(圖 12)專為更複雜的項目而設計。借助 54 個數字 I / O 引腳，16 個模擬輸入和用於草圖的更大空間，推薦用於 3D 打印機和機器人或工業自動化項目。這給你的項目提供了充足的開發空間和更多的硬體支援。

Arduino Mega2560 是一塊以 ATmega2560 為核心的微控制器開發板，本身俱有 54 組數字 I/O input/output 端 (其中 14 組可做 PWM 輸出)，16 組模擬比輸入端，4 組 UART(hardware serial ports)，使用 16 MHz crystal oscillator。(表 4)由於具有 bootloader，因此能夠通過 USB 直接下載程序而不需經過其他外部燒寫器。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。

表 4 Arduino Mega 2560 規格

微控制器	ATmega2560
工作電壓	5V
輸入電壓	6-20V
數字 I/O 端口	54
直流電流 I/O 端口	40mA
直流電流 3.3V 端口	50 mA
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
頻率	16 MHz



圖 12 Arduino Mega 2560

4、極限開關

極限開關用於確定吸塵車是否到達目標位置，並加以控制機構運行如圖 13 所示。



圖 13 極限開關

5、12V 鋰電池組

12V 鋰電池(圖 14)組運用在吸塵車供應輪胎馬達、邊刷馬達、吸塵模組，其規格如表 5 所示。

表 5 12V 鋰電池組規格

工作電壓	16.8~25.2V
容量	6000mAh
持續電流	5A



圖 14 12V 鋰電池組

6、24V 鋰電池組

24V 鋰電池組(圖 15)運用在爬升機供應輪胎馬達、邊刷馬達、吸塵模組，其規格如表 6 所示。

表 6 24V 鋰電池組規格

工作電壓	16.8~25.2V
容量	3200mAh
持續電流	5A



圖 15 24V 鋰電池組

7、ESP32

ESP32(圖 16)模組集成了傳統藍牙、低功耗藍牙和 Wi-Fi，具有廣泛的用途：Wi-Fi 支持極大範圍的通信連接，也支持通過路由器直接連接互聯網；而藍牙可以讓用戶連接手機或者廣播 BLE Beacon 以便於信號檢測。模組支援的資料傳輸速率高達 150 Mbps，可實現最大範圍的無線通訊。因此，這款模組具有行業領先的技術規格，在高集成度、無線傳輸距離、功耗以及網路聯通等方面性能極佳。規格如表 7 所示。

表 7 ESP32 規格

晶片	ESP32-D0WD
工作電壓	3.3V/5V
工作電流	60mA
工作溫度	-25°C~+65°C
SPI Flash	32Mbit/3.3V
晶體振盪器	40MHz
時鐘頻率	80MHz~120MHz

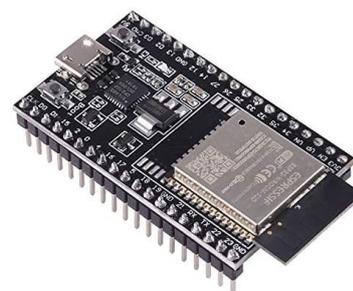


圖 16 ESP32

8、MINI560 降壓穩壓模塊

這款降壓穩壓電源模組(圖 17)擁有超小的尺寸，非常容易嵌入各個系統中，模組依衝壓孔設計，方便用戶銲接。也便於工業使用的貼片，轉換效率高，發熱量低。其規格如表 8 所示。

表 8 MINI560 規格

輸入電壓	輸入電壓
輸出電流	輸出電流
輸出電壓	輸出電壓
開關頻率	開關頻率

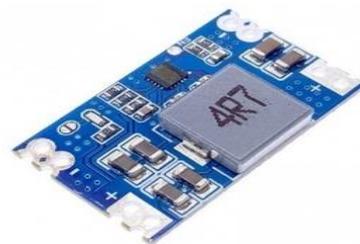


圖 17 MINI560 降壓穩壓模塊

9、24V 電動推桿

電動機透過齒輪換向將行程改為直線運行，運用在爬升機以致適應不同扶手規格。其規格如表 9 所示、外型如圖 18 所示。

表 9 24V 電動推桿規格

電壓	DC 24V
最大推力	900N
行程	20cm
速率	10mm/s



圖 18 24V 電動推桿

10、ZK-4KX 可調穩壓電源

可調穩壓電源(圖 19)將爬升機電池電源 24V 轉換成 12V 提供輪胎馬達進行運轉。其規格如表 10 所示。

表 10 可調穩壓電源規格

輸入電壓	5V~30V
輸出電壓	5V~30V
最大電流	4A
最大功率	35W



圖 19 可調穩壓電源

11、 直流減速馬達

運用直流減速馬達(圖 20)高扭力特性，將其裝置在爬升機上，以利爬升機能夠順利向上爬升不易滑落。其規格如表 11 所示。

表 11 直流減速馬達規格

電壓	DC24V
轉速	12rpm (空載)
轉矩	3.6 N-m



圖 20 直流減速馬達

12、3 V 微型直流小電動機

微型直流小電動機(圖 21)裝置在吸塵車的輪胎上，運用電動機正反轉特性，讓吸塵車進行前進與後退。其規格如表 12 所示。

表 12 3V 微型直流小電動機規格

電壓	DC 3V
轉速	16500RPM
運轉電流	1.3A



圖 21 3V 微型直流小電動機

13、SMC RC500 馬達

我們將 SMC RC500 馬達(圖 22)加上掃地邊刷，裝置在吸塵車的四角集中垃圾，再用小型吸塵器將垃圾吸除。規格如表 13 所示。

表 13 SMC RC500 馬達規格

電壓	DC12V
轉速	5800 轉
運轉電流	34 mA



圖 22 SMC RC500 馬達

(二)、機構原理

吸塵車上方裝設兩組簡易吸塵模組進行對地的吸塵，車體前後各設置兩顆極限開關搭配壓克力長板偵測吸塵車是否到達樓梯兩端的牆壁，在側面加裝 4 顆輪胎讓吸塵車在前進與後退時，可以沿著內側牆壁行走，使其能順利運作，避免跌落樓梯。

爬升機的部份我們以鋁擠型材料做為主要結構，利用兩顆直流減速馬達加上 3D 列印的齒輪驅動輪胎，運用輪胎與扶手之間產生的摩擦力，來使爬升機上升的時候不會產生下滑的現象，也運用四顆活動輔助輪夾住扶手，使裝置可以適應不同寬度之扶手並防止其滑落，加上萬向輪抵住牆壁讓爬升機保持穩定平衡的狀態，下方架設電動推桿抬升吸塵車。

(三)、軟體介紹

1、Autodesk Inventor

Autodesk Inventor(圖 23)，是一款電腦輔助設計應用程式可以藉由繪製 2D 草圖及 3D 物件建立模型，廣泛應用於工業設計、美術設計及建築相關等領域。內建工具可以準確地製作動畫、工程圖、分析評估。建立完成的模型可以搭配 3D 列印機，快速地印出成品圖 24 所示。



圖 23 Autodesk Inventor logo

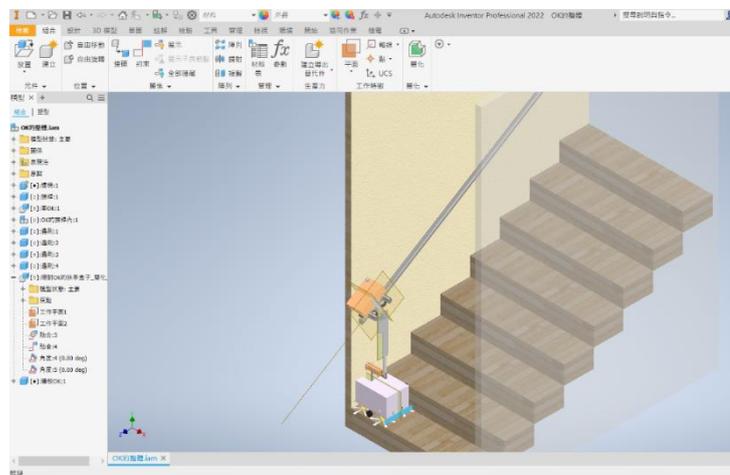


圖 24 Autodesk Inventor 3D 圖繪製介面

2、Arduino IDE

Arduino (圖 25)是一個開放原始碼的嵌入式軟體平台，它所使用的程式語言語法類似 C/C++，且擁有許多已模組化的套件與函式庫，提供初學者使用。由於它在控制單晶片的方便性，可以輕鬆連結硬體套件及通訊系統，所以我們選擇 Arduino IDE 作為硬體程式編寫的軟體。



圖 25 Arduino

3、Altium Designer

Altium Designer (圖 26)是由 Altium 公司推出的電子電路開發系統，是一套整合性開發軟體，包括電路原理圖、PCB、FPGA 設計和設計輸出等技術，讓設計者可以在同一個環境中完成整個電路設計。我們利用 Altium Designer 將我們在吸塵車和爬升機中所用到複雜的電路透過電路板的方式簡化。



圖 26 Altium Designer

4、App Inventor

App Inventor(圖 27)是一款透過視覺化圖形介面來設計應用程式的軟體，用來設計 Android 裝置的應用程式。使用拼圖模式來組合程式，讓沒有程式基礎的人也能夠輕鬆設計應用程式。



圖 27 App Inventor logo

5、Ultimaker Cura

Ultimaker Cura(圖 28)是 3D 列印前製編輯切片軟體，它能將 3D 的 STL 模型轉換成 3D 印表機可以讀取的 gcode 檔案。並可依照需求調整列印參數。其中包含 Ultimaker Digital Factory 等串連、遠端監控、雲端共享功能，讓 3D 列印工作流程更加順暢。



圖 28 Ultimaker Cura logo

6、RDWorksV8

RDWorksV8(圖 29)是一款用來控制雷射切割機的操作及設定的軟體，利用分色可同時執行切割、雕刻、畫線，不需另外安裝繪圖軟體，可直接在介面中開啟，也能進行簡易繪畫。並直接透過 USB 與網路連線來和該系統連結。

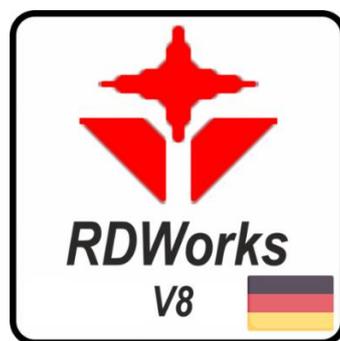


圖 29 RDWorksV8 logo

伍、研究結果

本專題結構可以分成硬體結構與軟體通訊架構，以下所示。

一、硬體結構

硬體結構主要分為兩部分，吸塵車及爬升機，我們將其分開介紹。

(一)、吸塵車

吸塵車細部介紹，如圖 30 所示。

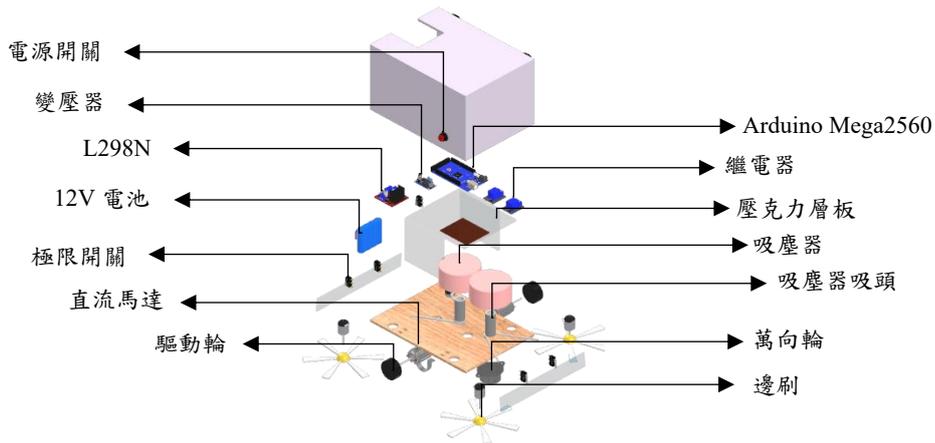


圖 30 吸塵車內部結構

(二)、爬升機

爬升機細部介紹，如圖 31 所示。

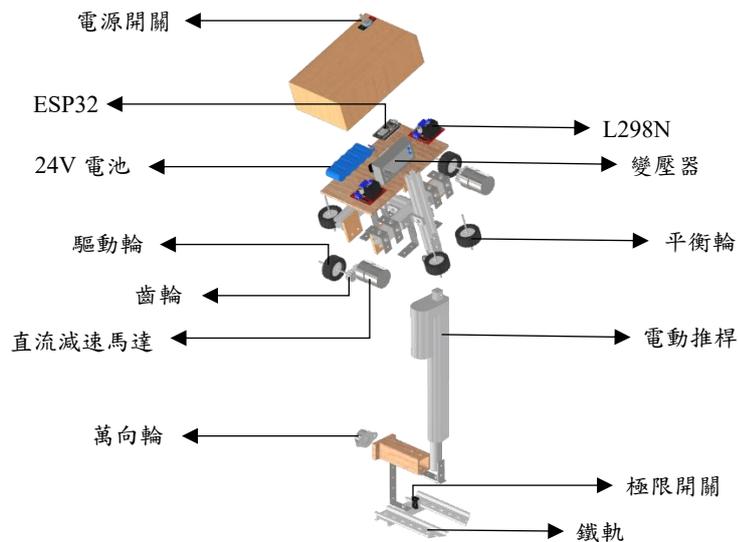


圖 31 爬升機內部結構

二、通訊軟體架構

手機是現代人日常生活中不可或缺的一部分，所以我們決定將改變樓梯參數的方式，結合手機 APP，方便使用者進行數值的修改。

我們使用 App Inventor 撰寫手機應用程式，透過藍芽連結 ESP32，進而控制我們機器的運作，如圖 32 所示。



圖 32 通訊關係圖

三、成果展示.

(一)、吸塵車

吸塵車的工作為左右移動，用吸塵的方式清掃階梯平面灰塵，前後各裝設兩個極限開關搭配壓克力板，偵測牆壁及障礙物，左側加裝輔助輪，右側設有電源開關，如圖 33 所示。

(二)、爬升機

爬升機則以直流減速馬達作為主要動力，搭配電動推桿完成對吸塵車的爬升，如圖 34 所示。

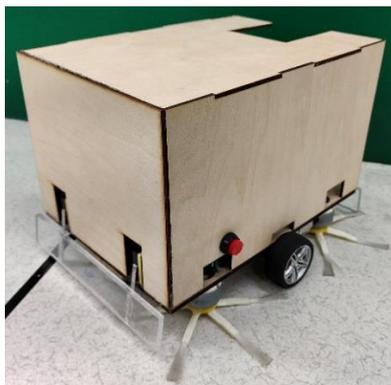


圖 33 吸塵車



圖 34 爬升機

(三)、APP 介面

APP 操作流程分為兩部分，藍芽連接及參數輸入，以下所示。

1、藍芽連接

剛開始進入 APP 會顯示藍芽連接按鈕，如圖 35 所示，按下後即可選擇欲連接之藍芽，如圖 36 所示。



圖 35 初始介面



圖 36 藍芽選擇介面

2、參數輸入

上方兩個輸入窗格可填寫樓梯階數及每階扶手長度，點按 ENTER 扭即可傳送數值，中間灰色清單可選擇已儲存的樓梯參數，如圖 37 所示，而下方三個紫色按鈕即可儲存樓梯參數至清單中，最下方的藍色按鈕為斷開藍芽連接，整體樣貌如圖 38 所示。

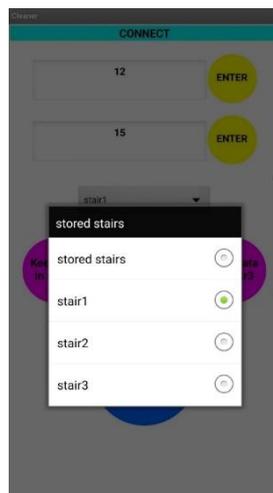


圖 37 儲存清單

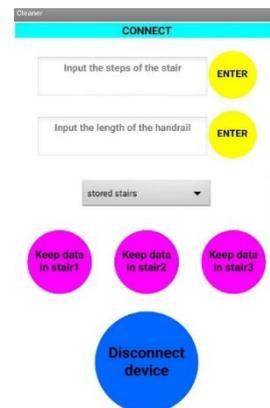


圖 38 APP 整體樣貌

陸、討論

一、輪胎強度不足

在爬升機的結構中，我們會需要一顆強而有力的馬達搭配輪胎去帶動整體，一開始我們是使用馬達軸帶動齒輪並轉換成 3mm 的 D 軸，直接帶動輪胎的 D 孔，如圖 39 所示，但運作不久就會發生，輪胎的 D 孔被破壞成 O 孔，導致馬達空轉，所以我們最後選擇使用 3D 列印的齒輪卡著輪胎的凹槽並由 D 軸帶動齒輪如圖 40 所示，再由齒輪帶動輪胎，這樣輪胎本體就不會受到破壞。



圖 39 輪胎 D 孔



圖 40 齒輪帶動輪胎

二、爬升機打滑

初次將爬升機掛上扶手運行時，我們發現雖然爬升動力足夠，但有時會滑下，我們後來發現是因為輪胎和扶手之間摩擦力的問題。再仔細研究後發現，摩擦力是和正向力成正比，如圖 41 所示，因此我們將所有重量分配在扶手上方，以增加爬升過程中的摩擦力，如圖 42 所示。

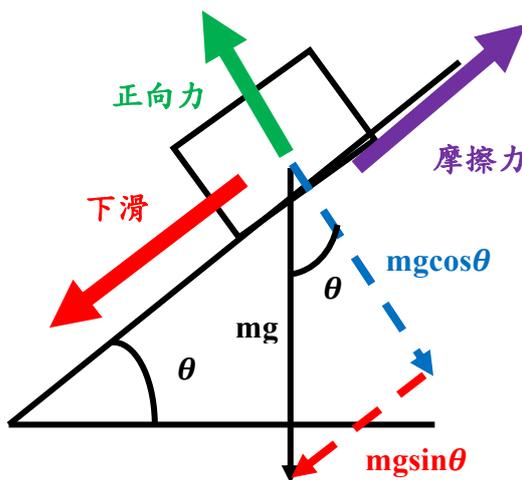


圖 41 摩擦力原理

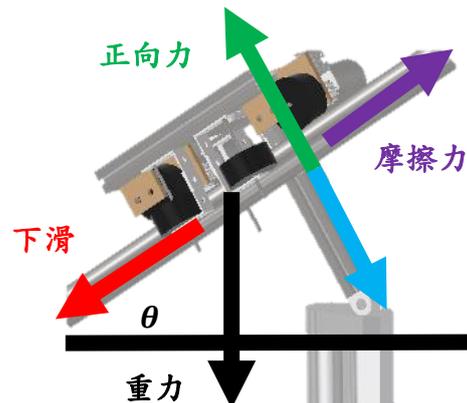


圖 42 爬升機的摩擦力關係

三、爬升機保持平衡

爬升機的整體結構中，整體重量皆偏向樓梯側，導致爬升機在爬升過程中會向階梯傾斜，因此我們使用四顆輪胎，如圖 43 所示，以及一顆萬向輪，如圖 44 所示，來讓整體機構保持平衡。



圖 43 吸塵車側面加裝輪胎



圖 44 吸塵車與樓梯搭配

四、吸塵車直線運行

吸塵車製作完成後，我們讓他實際上去階梯運行，卻發現會有無法直線前進的問題。後來我們發現是因為在馬達製作過程中，一般注重於正轉，所以兩顆輪胎之間正轉的速度趨近於一致，但在反轉時，速度落差就會很大，導致吸塵車產生轉彎的現象。於是我們決定在吸塵車的側面加裝四顆輪胎，如圖 45 所示，讓吸塵車在運行過程中盡量偏向階梯內側行駛，如圖 46 所示，大大降低吸塵車掉下樓的可能。



圖 45 吸塵車側面加裝輪胎



圖 46 吸塵車與樓梯搭配

柒、結論

經過我們的團隊研究了各種爬樓梯方式，最後我們採取了現在常見的樓梯中都會有的扶手來做為我們爬升機上下移動的路徑，我們利用兩顆直流減速馬達加上 3D 列印的齒輪讓輪胎轉動，並利用爬升機上的輪胎與扶手之間產生摩擦力，來使爬升機上升的時候不會產生下滑的現象，也運用四顆輔助輪夾住扶手，加上萬向輪抵住牆壁讓爬升機保持穩定平衡的狀態。吸塵車的部分運用兩組簡易吸塵模組進行吸塵，前後各兩顆的極限開關偵測吸塵車是否到達樓梯兩端的牆壁，也在側面加裝 4 顆輪胎讓吸塵車在前進與後退時可以沿著內側牆壁行走，以免落下樓梯。連接端利用兩顆極限開關來偵測吸塵車和爬升機之間的連接狀況。而我們遠端操控介面是使用 App Inventor 進行製作，可以利用手機調整參數數值，使爬升機可以適應各種不一樣寬度長度的階梯，並在完成工作後，發送提示訊息。

我們的專題從零開始，從無到有，其中每一位組員的用心付出，不管是程式撰寫，又或是結構設計，都能互相學習討論，每個人都是環環相扣缺一不可，缺少一個就不完美，我們各自去學習專題所需的各項專業技能，互相配合，完成最後的成品。

透過此次專題製作讓我們都學習到了書本上學習不到的知識，像是在一個團隊中如何團隊合作，互相幫助互相包容，團隊中每個人都能夠發揮自己的優點、彌補彼此的不足才能夠順利的完成我們的爬升樓梯清潔溜溜。

捌、參考資料及其他

一、書籍資料

1. 黃穎豐、陳明鈺（2019）。Autodesk Inventor 2018 特訓教材基礎篇。全華圖書股份有限公司。
2. 張榮洲、張宥凱（2020）。電子電路及 Arduino 應用。全華圖書股份有限公司。

二、網路資料

1. 元件規格及介紹。
<https://www.taiwansensor.com.tw/>
2. TechBridge 技術共筆部落格-簡明 App Inventor 手機應用程式設計入門教學
<https://reurl.cc/KXWAZ9>
3. 元件規格及介紹。
<https://hk.botsheet.com/>
4. 切片軟體> Cura 15 教學 - ATOM 3D Printer
<https://www.atom3dp.com/cura-15-%E6%95%99%E5%AD%B8>
5. 國中科技-雷射切割 CNC 雕刻 完全攻略
<https://reurl.cc/aaYkLZ>
6. Altium Designer - PCB Design Software
<https://www.altium.com/altium-designer>
7. 你的智慧家電真的夠智慧嗎？讓最新市調告訴你掃地機器人該怎麼選！
<https://reurl.cc/ROZdEG>