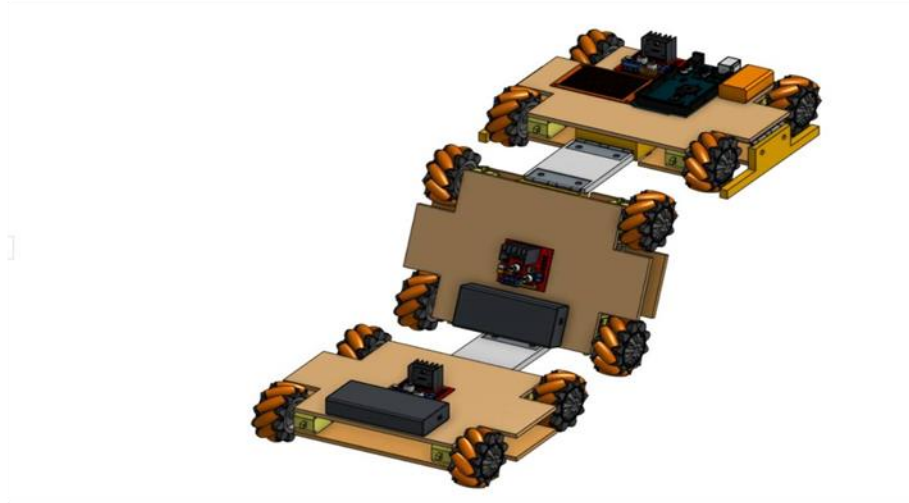


# 臺北市立大安高級工業職業學校專題製作競賽

## 「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：階梯清道夫

關鍵詞：樓梯清潔、掃地機器人、掃地機械化

# 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.....	1
一、硬體製作.....	1
二、程式撰寫.....	2
三、3D 列印.....	2
四、結構設計.....	3
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.....	7
(一)、零件材料.....	7
(二)、軟體介紹.....	11
伍、研究結果.....	14
一、硬體結構.....	14
二、成果展示.....	14
陸、討論.....	15
一、動力系統設計.....	15
二、清潔效能的再提升.....	15
三、設計充電座.....	15
柒、結論.....	16
捌、參考資料及其他.....	17
一、網路資料.....	17

## 表目錄

表 1	時間分配表.....	3
表 2	L298N 馬達驅動模組規格.....	7
表 3	Arduino Mega 2560 規格 .....	8
表 4	18650 鋰電池規格.....	8
表 5	9V 電池規格.....	9
表 6	TT 直流減速馬達規格.....	10

## 圖目錄

圖 1	3D 列印 .....	1
圖 2	雷射雕刻 .....	1
圖 3	Arduino IDE.....	2
圖 4	TPU 連結器 .....	2
圖 5	結構設計 .....	3
圖 6	初始步驟 .....	4
圖 7	下樓梯步驟.....	4
圖 8	清潔流程 .....	5
圖 9	下階層流程圖 .....	6
圖 10	L298N.....	7
圖 11	MEGA 2560 .....	8
圖 12	18650 鋰電池.....	8
圖 13	9V 電池.....	9
圖 14	極限開關 .....	9
圖 15	超音波感測器 .....	9
圖 16	TT 直流減速馬達.....	10
圖 17	麥克拉姆輪.....	10
圖 18	麥克拉姆輪動作示意圖.....	10
圖 19	Arduino IDE.....	11
圖 20	Tinkercad .....	11
圖 21	Tinkercad 接線模擬圖 .....	11
圖 22	Onshape .....	12
圖 23	Onshape 3D 模型設計圖.....	12
圖 24	Cura.....	12
圖 25	3Ds Max.....	13
圖 26	3Ds Max 操作介面 .....	13
圖 27	RDWorks V8.....	13
圖 28	硬體結構設計圖.....	14
圖 29	成品動作展示圖.....	14
圖 30	成品展示圖.....	14

# 【階梯清道夫】

## 壹、摘要

我們希望能夠設計出一款能拖掃各種樓梯的掃地機器人。透過使用麥克拉姆倫以及三節機體的構造，使掃地機器人能順利的下階梯及左右清掃階梯的平面和側面，讓掃樓梯不再單單是清潔樓梯的平面而已。

透過對機器人底部清掃模組的更換，可自由地決定拖地及掃地的先後順序。若樓梯的規格與機器人不相符時，還能透過調整機體之間的連接器，使機體的長度與樓梯相互契合。

## 貳、研究動機

一學期的開始，每位學生都會有指定的掃地工作，有人打掃教室，有人打掃走廊，其中，也包括清潔樓梯的同學們，我們發現大家在拖掃樓梯時，需背對著樓梯，以致於經常有人踩空、滑倒並摔落樓梯。於是我們小組開始尋找可以避免此類悲劇的辦法。

翻看了前幾屆學長姐們製作的專題報告，發現已經有人製作出了能夠依靠扶手，順著樓梯向上清掃的掃地機器人，但是我們發現，有許多的樓梯並沒有扶手，且扶手的款式也各不相同，使得掃地機器人對樓梯種類的適應能力大大降低。

因此我們打算製作出一台不需要依靠樓梯扶手就能自行清潔樓梯的掃地機器人，既可以保障學生們的安全，也可以通過機械化的方式減少人力的支出。

## 參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

### 一、硬體製作

在高二的實習課中有學習到了如何使用 3D 列印機及雷射雕刻機，使我們可以製作出各種零件及符合需求規格之木板。(如圖 1、圖 2)

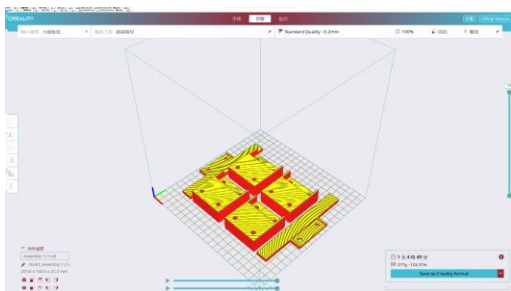


圖 1 3D 列印

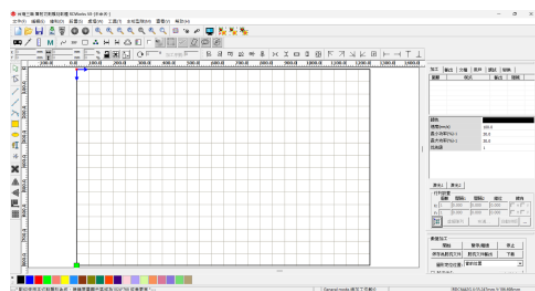


圖 2 雷射雕刻

## 二、程式撰寫

我們使用在高三實習課所學的 Arduino IDE 軟體撰寫軟硬體的控制程式(如圖 3)，並使用 Mega2560 作為驅動版。

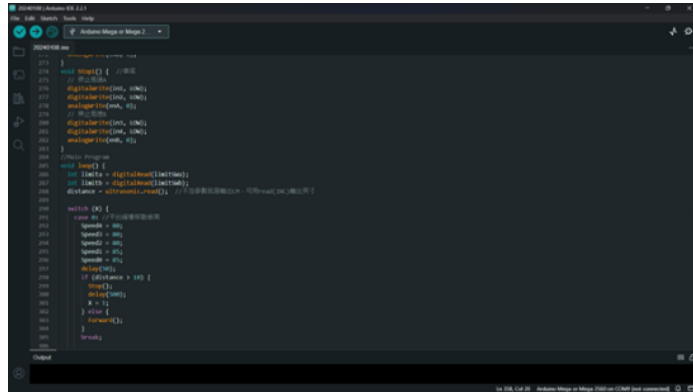


圖 3 Arduino IDE

## 三、3D 列印

我們在尋找機體之間的連接構造時發現 3D 列印是一個很好的選擇，我們使用韌性比 PLA 更強的 PETG 線材，使機體間的連結變得更加穩固。連結機體的部份則使用具有較高張力與拉力的 TPU 線材，在機體呈現垂直時提供較好的彈性，讓車體更能完整的貼平樓梯側面。(如圖 4)



圖 4 TPU 連結器

#### 四、結構設計

我們將此掃地機器人的結構設計成三節，並利用三節的結構設計，讓機器人能在清掃階梯平面的同時清潔階梯的側面。(如圖 5)

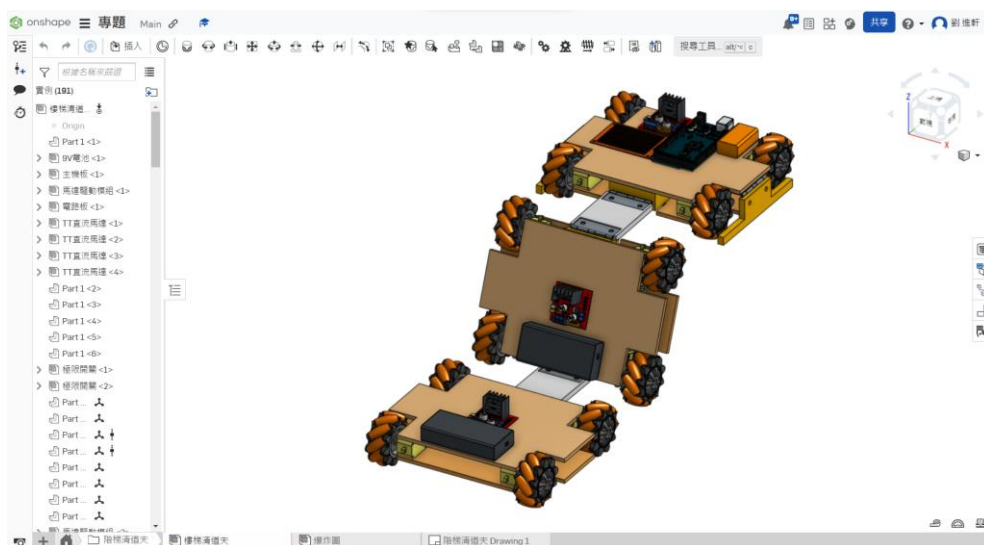


圖 5 結構設計

#### 肆、研究方法

##### 一、研究流程

##### (一)、研究步驟

於七月下旬確認專題題目後，我們開始上網找尋可用資料，並積極討論硬體構造及軟體設計，以下便是研究時間分配表(如表 1)。

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. 外殼設計							
4. 程式撰寫							
5. 誤差修正							
6. 成品測試							

## (二)、操作步驟

### 1、初始模式

將掃地機器人放置於樓梯之平面上，並使其與前進方向和樓梯垂直，按下啟動開關後機器人便會進行(如圖 6)之步驟。

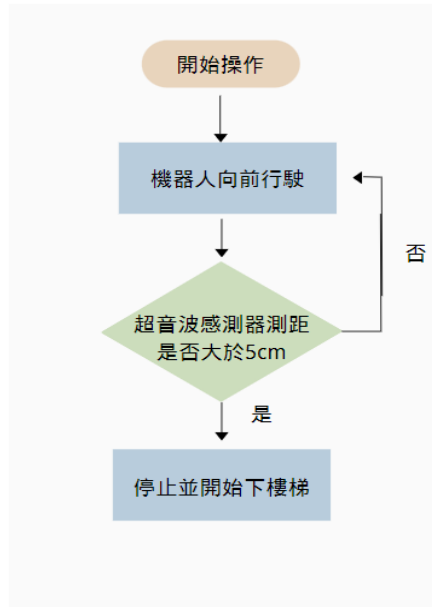


圖 6 初始步驟

### 2、下樓梯步驟(如圖 7)

- (1)、機器人向前行駛一段距離。
- (2)、超音波偵測機器和地面的距離。
- (3)、如果距離大於設定值，車體後退進行校正。
- (4)、如果距離小於設定值，進入清潔模式。

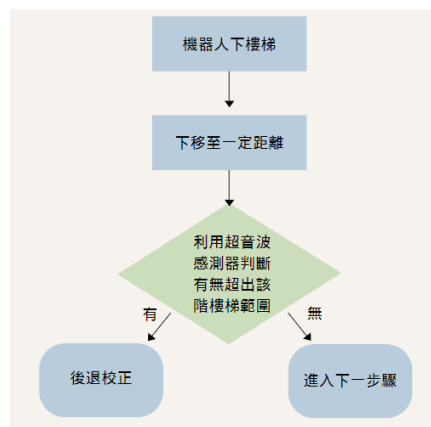


圖 7 下樓梯步驟



### 3、清潔流程(如圖 8)

- (1)、機器人開始左移。
- (2)、碰到左側牆面後左側極限開關被觸發。
- (3)、機器人開始右移。
- (4)、碰到右側牆面後右側極限開關被觸發。
- (5)、機器人向左移，回到樓梯中央。
- (6)、向下一層樓梯前進。

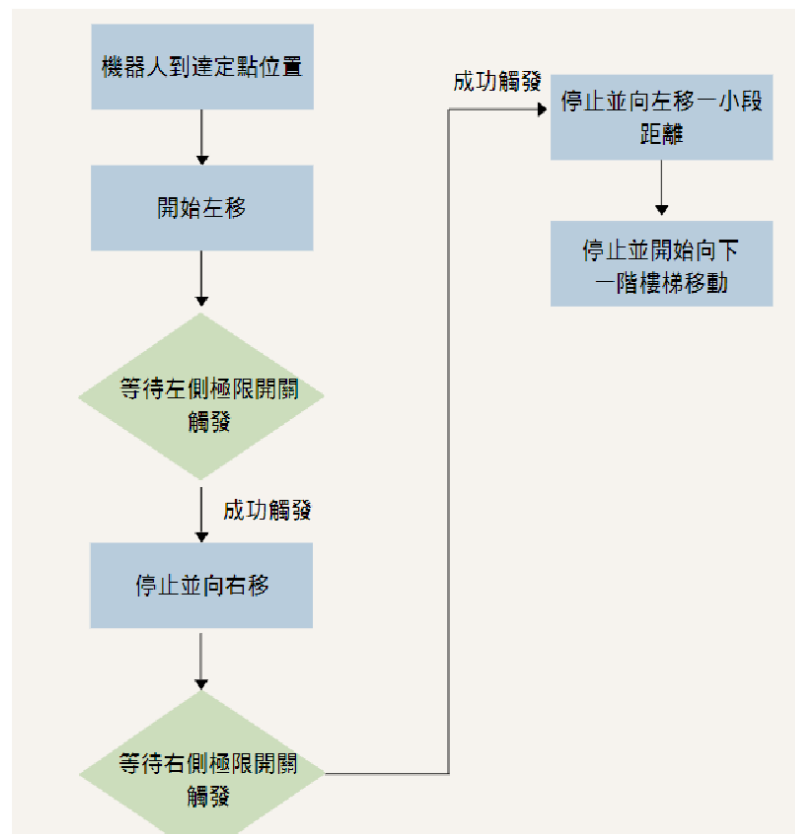


圖 8 清潔流程

#### 4、下階層動作流程圖(如圖 9)

- (1) 機器人前移
- (2) 若過了一定時間後超音波數值未發生改變
- (3) 則判定機器人位於樓梯階層之間
- (4) 機器人第一節向左，最後一節向右，車體旋轉 180°
- (5) 三節車體同時向右行駛直到右側極限開關碰撞牆壁
- (6) 三節車體同時向左行駛一小段距離
- (7) 回到初始模式並循環執行



圖 9 下階層動作流程圖

## 二、使用材料

### (一)、零件材料

#### 1、L298N 馬達驅動模組(如圖 10)

L298N 是一種高電壓、大電流電機驅動芯片，因其內含兩個 H 橋的全橋式驅動器，工作電壓高及輸出電流大是其主要特色，具有兩個控制端，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。(其規格如表 2 所示)。

表 2 L298N 馬達驅動模組規格

驅動電壓	5V ~ 35V
驅動電流	2A
最大功率	25W
尺寸	55mm*60mm*30mm

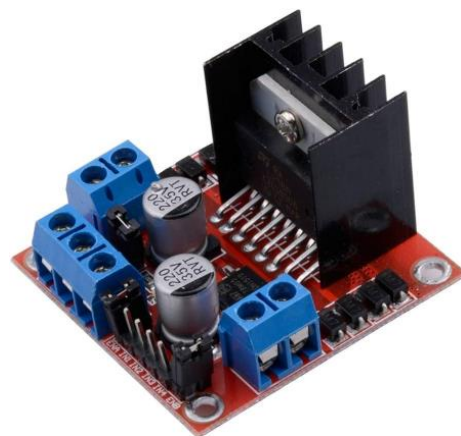


圖 10 L298N

## 2、Arduino Mega 2560(如圖 11)

Arduino Mega 2560 是採用 USB 接口的核心電路板，具有 54 路數字輸入輸出，適合需要大量 IO 接口的設計，擁有許多網路資源及模組，對初學者而言，此開發板是一個非常友善的選擇。(其規格如表 3 所示)。

表 3 Arduino Mega 2560 規格

尺寸	101*54mm
工作電壓	5V
輸入電壓	7-12V
內存大小	256KB
記憶體類型	閃存
頻率	16 Mhz
每個 I/O 口的輸出電流	40mA

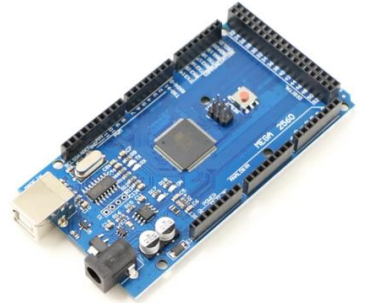


圖 11 MEGA 2560

## 3、18650 鋰電池(如下圖 12)

18650 鋰電池用於供應多個輪胎馬達，我們將其接於 L298N 馬達驅動模組上。(其規格如表 4 所示)。

表 4 18650 鋰電池規格

工作電壓	3.7v
容量	1200~3300mAh
直徑高度	18mm/65mm



圖 12 18650 鋰電池

#### 4、9V 電池(如下圖 13)

9v 電池用於驅動 Arduino Mega 2560 之電源。(其規格如表 5 所示)。

表 5 9v 電池規格

尺寸	17.5 *26.5 * 48.5 mm
工作電壓	9v



圖 13 9V 電池

#### 5、極限開關(如下圖 14)

極限開關放置於車體的左右兩側，當車子進行左右橫向移動時用於感測機器本體在觸碰到牆體時會進行回彈的動作，之後並執行反方向或下一步的動作。



圖 14 極限開關

#### 6、超音波感測器(如下圖 15)

置於車頭底部的超音波感測器，用於感測車體和樓梯間的高度。



圖 15 超音波感測器

### 7、TT 直流減速馬達(如下圖 16)

運用此馬達帶動麥克拉姆輪使機器能前後左右的水平移動。  
(其規格如表 6 所示)。

表 6 TT 直流減速馬達規格

尺寸	7*4*2cm
減速比	1 : 48
轉速	125 下/min
額定電壓	3V
空載電流	160mA



圖 16 TT 直流減速馬達

### 8、麥克拉姆輪(如圖 17)

一種具有創新結構的輪子，稱為麥克拉姆輪，被發明出來以解決傳統輪子在移動中可能產生的偏轉問題。普通的輪子可以使裝置進行前後移動，但若需在不同方向移動，則需要改變輪子轉動的方向，這可能導致裝置偏轉，使其在狹小空間中難以操作。相反，麥克拉姆輪不僅能夠實現左右移動而不偏轉，還能夠實現原地轉向，使裝置能夠靈活完成各種操作。以下是麥克拉姆輪的動作示意圖(如下圖 18)。



圖 17 麥克拉姆輪

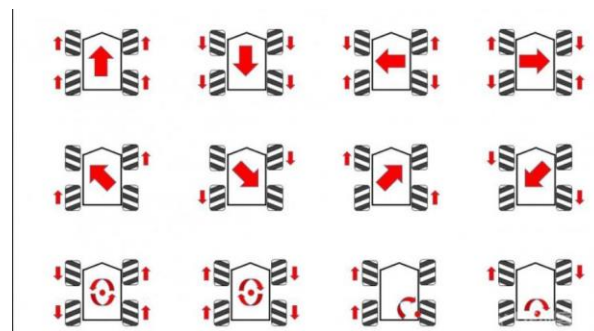


圖 18 麥克拉姆輪動作示意圖

## 二、軟體介紹

### (一)、Arduino IDE

Arduino Software IDE(如圖 19)，一套以 Java 編寫的跨平台應用軟體。程式語言類似於 C 語言和 C++及 Java 語法。並且提供了常見的輸入/輸出函數 Wiring 軟體函式庫。語言上的用法較為簡單，適合初學者使用。且網路上有許多範例及程式檔案可供參考。便利的單晶片控制，可以輕鬆地連接硬體配備。所以 Arduino IDE 是我們撰寫程式的第一選擇。



圖 19 Arduino IDE

### (二)、Tinkercad

Tinkercad(如圖 20)，一款線上雲端的 3D 圖形設計的網頁，在網頁上製作好你的圖形即可匯出檔案，除了可以進行 3D 模型的製作以外，網站上還可以進行元件的電路模擬，另外更有程式編碼的功能，方便的讓我們可以嘗試多種的電路以供我們探索更多更適合的電路配置(如圖 21)。



圖 20 Thinkercad

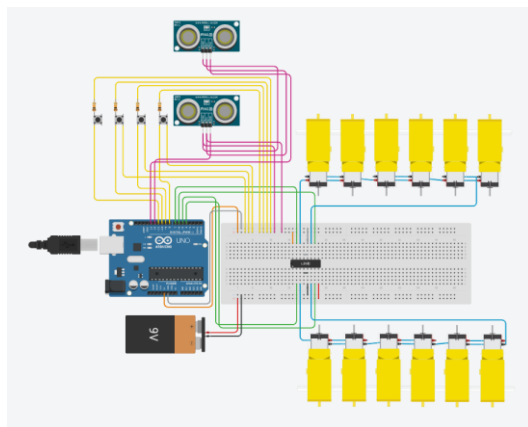


圖 21 Thinkercad 接線模擬圖

### (三)、Onshape

Onshape(如圖 22)，另一款線上雲端的 3D 圖形設計的網頁，跟 Tinkercad 差別在於模型的可調性更高，可以自由的設計多元的圖形零件，細部上的調整更是方便許多(如圖 23)。



圖 22 Onshape

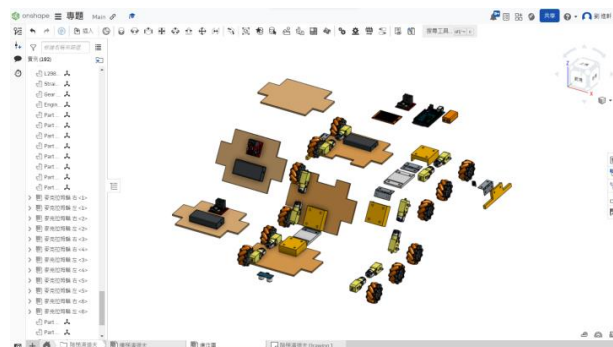


圖 23 Onshape 3D 模型設計圖

### (四)、Cura

Cura(如圖 24)，一款 3D 列印軟體，3D 列印機器是一層一層的將線材溶解並疊成零件，Cura 的工作則是將我們繪製好的 3D 圖切片，並在軟體內設置你所列印的元件密度及運作速度等等，再將檔案匯入給 3D 列印機以供列印。



圖 24 Cura



### (五)、Autodesk 3DsMax

3DsMax(如圖 25)，一款製作 3D 動畫的軟體，可將外部製做好的模型圖匯入，再進行動畫的製作，可用功能非常多元(如圖 26)。



圖 25 3Ds Max

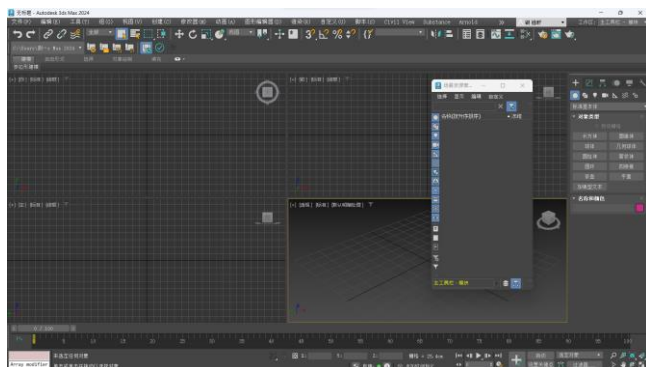


圖 26 3Ds Max 操作介面

### (六)、RDWorks V8

RDWorks(如圖 27)，一款用來設定雷射雕刻機內容的軟體，可在軟體內進行切割、雕刻、畫線，也可在裡面繪製簡易的圖片，再下載檔案至 USB 匯入雷射雕刻機內。



圖 27 RDWorks V8

## 伍、研究結果

### 一、硬體結構(如圖 28)

三節連接車上個別裝載了四顆直流馬達以及四顆麥克拉姆輪輪子。各節車體上配置了一個 L298N 驅動模組和塞入兩顆 18650 電池的電池盒。為了不讓車體滑落階梯，因此我們想到讓重心放在後方較不容易摔落，所以最後一節車體上配置更多元件，以達到配重的目的。最後一節車體上放置了 Mega2560 驅動板、9V 電池、麵包板、兩顆極限開關。第一節車體前端底部放置超音波。所有車體的底盤黏有魔鬼氈用以黏住抹布。

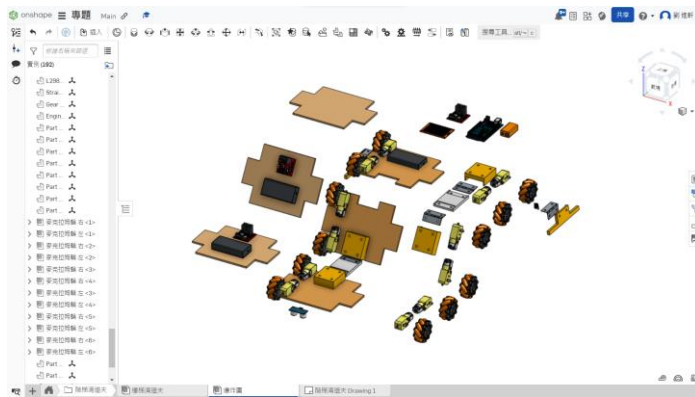


圖 28 硬體結構設計圖

### 二、成果展示(如圖 29、30)



圖 29 成品動作展示圖

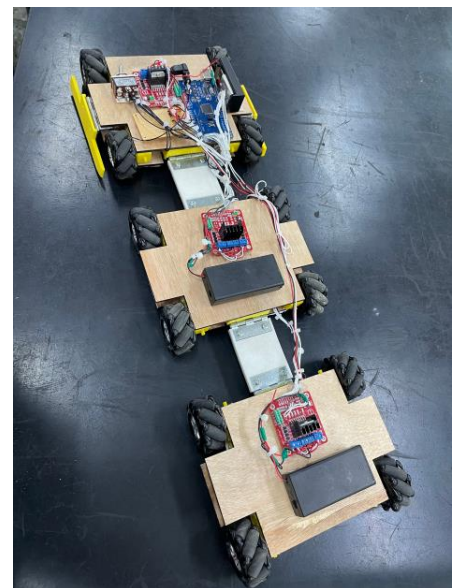


圖 30 成品展示圖

## 陸、討論

### 一、動力系統的設計

我們在設計這台機器人的時候考慮過使其能自如地上下樓梯，然而受限於重力所導致的動力問題，我們最後決定利用重力，讓機器人從高處往低處爬，達到清潔樓梯的效果。

### 二、清潔效能的提升

儘管使用了濕抹布及乾抹布進行清潔，我們發現還是有許灰塵沒有被清理乾淨，我們有想過為他加裝吸塵模組，但由於機器人本身的空間有限所以無法安裝，我們希望未來能有更輕巧的吸塵模組，讓掃地機器人的清潔功能更加完善

### 三、設計充電座

我們注意到若要讓機器人達到完全的無人化，充電座是必不可少的。因此我們希望未來能突破上述(陸之一)的瓶頸並使掃地機器人能上下樓梯往充電座移動。要提高掃地機器人的清潔效率，需要減輕電池的重量，進行長時間的打掃，可能會有電量不足的情況發生，因此我們希望未來能突破上述(陸之一)的瓶頸並使掃地機器人能定時上下樓梯並前往充電座充電及換水。

## 柒、結論

經過組員間的討論後，礙於重量以及馬達馬力不足的情況我們認為下樓梯的方式較有可行性，先從初步的一台車進行馬達和麥克拉姆輪的測試，再加裝極限開關模擬測試，確定程式的可行性之後，再進行製作第二、三台車體，最後將三台車體連接、接線。在樓梯間測試時，從下去第一階的參數進程式調整，到階梯下階梯，過程當中進行了無數次的程式和機構調整。

將車體放置在平面上，並使其行駛方向和樓梯垂直，當車子向前行駛時，若超音波感測到高度變化，車子便會執行下樓梯的動作，為了不讓車子偏移，我們讓第二節車體全速倒退，並將第一節及最後一節向後旋轉的麥克拉姆輪轉速提高，經過了無數次的調整，最終找到了合適的轉速設定。

當機器人橫向清潔樓梯時，車頭有時會向前位移，為了解決這個問題，我們讓超音波在感測到高度變化時，使整台車以最大馬力向後退，讓車體貼平樓梯面，重新校正與樓梯的角度。

在這次的專題製作當中，我們從中了解到團隊之間的合作及工作之間的連貫性，程式和機構都非常重要，各個零件及程式彼此連貫著，因此團隊的分工及溝通顯得格外重要。合作的經驗十分寶貴且是無法從書上學的，如何利用自身的特長來協助團隊，讓團隊間互相協調、討論才是這次專題的重點。

## 捌、參考資料及其他

### 一、網路資料

1. ezbutton library 按鈕開關函數庫教學  
<https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-button-library>
2. Arduino 教學 感測模組應用 Ultrasonic Sensor  
<https://jimirobot.tw/arduino-tutorial-ultrasonic-sensor-501/>
3. 86duino 網站  
<https://www.86duino.com/?lang=zh>
4. 傑森創工教學網站  
<https://blog.jmaker.com.tw/>
5. L298N Motor Driver Arduino 教學  
<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/>