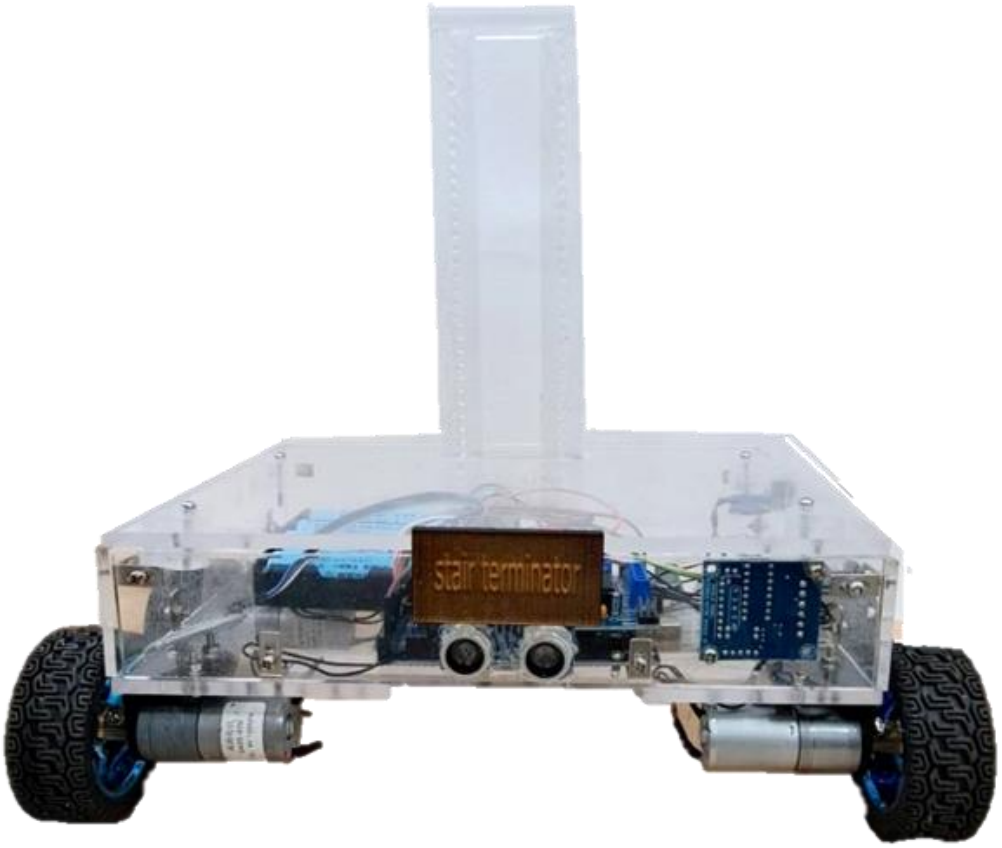
臺北市立大安高級工業職業學校專題製作競賽

「專題組」作品說明書封面



群別：電機與電子群

作品名稱：樓梯終結者

關鍵詞：搬運貨物、爬樓梯、超音波感測

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 3
肆、研究方法 4
　一、研究流程 4
　　(一)、研究步驟 4
　　(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 9
　　(三)、機構原理 10
伍、研究結果 11
　一、硬體結構 11
　　(一)、車身部分 11
　　(二)、齒輪齒條機構 12
　　(三)、升降配重機構 12
　　(四)、車蓋部分 13
　二、成果展示 13
陸、討論 14
　一、 超音波偵測的選用 14
　二、升降控制 15
　三、車體設計 15
柒、結論 16
捌、參考資料及其他 17

表目錄

表 1 JGA25-370 開關規格 5
表 2 LM2596 規格 5
表 3 Arduino Mega2560 規格 5
表 4 L293D 擴充板規格 6
表 5 L293D 規格 6
表 6 XD-25GA370 規格 7
表 7 HC-SR04 規格 7
表 8 HC-06 規格 8
表 9 18650 鋰電池規格 8

圖目錄

圖 1 貨運 1
圖 2 3D 圖繪製 2
圖 3 3D 列印實體 2
圖 4 3D 圖繪製 2
圖 5 雷射切割圖實體 2
圖 6 程式撰寫 1 2
圖 7 程式撰寫 2 3
圖 8 時間分配圖 3
圖 9 直流減速馬達 3
圖 10 直流電壓轉換器 3
圖 11 Arduino Mega2560 4
圖 12 L293D 擴充 4
圖 13 L293D 6
圖 14 船型開關 7
圖 15 XD25GA370 8
圖 16 HC-SR04 8
圖 17 HC-06 8
圖 18 18650 鋰電池 9
圖 19 Arduino Logo 9
圖 20 Arduino 程式撰寫 9
圖 21 Autodesk Inventor 3D 繪圖 10
圖 22 RDWorksV8 LOGO 10
圖 23 齒輪與齒條 10
圖 24 外殼部分 11
圖 25 外觀 11
圖 26 升降機構 12
圖 27 配重盒 12
圖 28 歐姆塊上 13
圖 29 歐姆塊側 13
圖 30 承載貨物 13
圖 31 車頭超音波感測器 14
圖 32 HC-SR04 14
圖 33 齒條板 15

【樓梯終結者】

壹、 摘要

本專題”樓梯終結者”，以解決人力搬運貨物爬樓梯為發想，運用了齒輪齒條組成車體爬升機構，和超音波感測技術用來偵測周遭環境，修正爬升高度，來讓一般運送車獲得爬樓梯的功能。

貳、研究動機

在我們的生活中，每天早起喝一杯牧場送到門口的鮮乳、看著報紙接收生活大小事，這些都是因為貨物的流通(如圖 1)，才使得我們的生活充滿便利且多樣性。

隨著科技日益進步， 21 世紀的指標即是機械自動化，而由人力轉型成自動化，使生活品質提升，便是科學家著手努力的目標。在現今高樓大廈林立的社會，人們住在高樓層，而貨物從地面送至我們手中，中間需要許多運送人力來不斷爬樓梯完成運送，而若是我們能發明一台能夠承載貨物爬樓梯的車車，如此，也就可省下運送的人力，達到自動化的目標。

圖 1　貨運

叁、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、硬體製作

我們使用了高三跨領域課程在製圖科所學的 Inventor 3D 繪圖軟體，來設計我們的齒條(如圖 2、3)、齒輪(如圖 4)，材料則是選用厚度 5mm 的壓克力。

同時，雷射切割的部分是使用 RDWorksV8 繪製，再由 Inventor 匯入成合適的檔案格式，轉換成圖檔，最後以雷射切割機切出所需零件(如圖 5)。

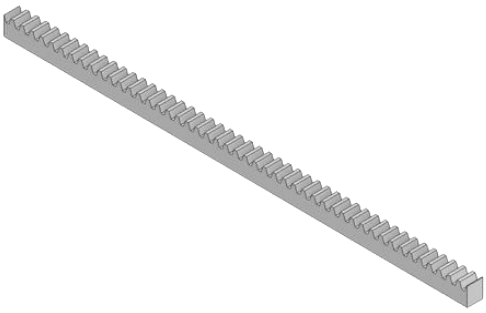


圖 2　3D 圖繪製

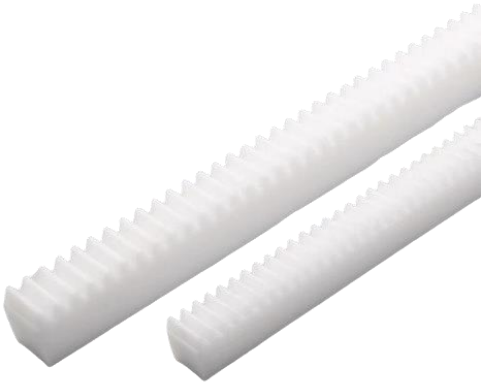


圖 3　3D 列印實體

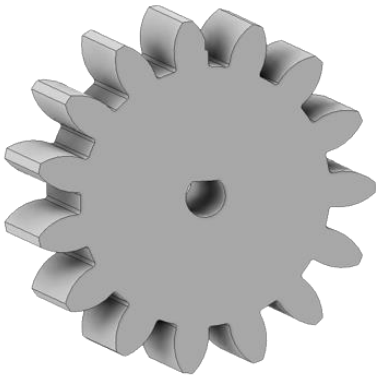


圖 4　3D 圖繪製

圖 5　雷射切割實體

二、程式撰寫

此專題選擇的程式是 Arduino(如圖 6、7)，除了可支援許多的元件，主要原因是在高二時，我們接觸過這套程式的課程，也包含 C++、89S51 等等...，讓我們對程式有基本的概念。除此之外，網路上也能找到提供程式碼的網站，讓我們在編寫過程中，不會有太多的困難和瓶頸。

圖 6　程式撰寫 1

```
}
void loop()
{
  front_Ultrasound();

  if (Serial2.available() > 0) {
    act = Serial2.read();
  }
  if (act == 'w') {
    switch (state) {
      case 0:
        wheel_forward();
        motor1.setSpeed(140);
        motor2.setSpeed(140);
        motor3.setSpeed(140);
        motor4.setSpeed(140);
        if (front_distance  < 6) {
          oldtimes = millis();
          state ++; //車子前進到靠近牆壁
        }
        break;
      case 1:
```

圖 7　程式撰寫 2

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

在確定了計畫後，分成了程式和機構兩部分，開始分工去設計。起初先設計好了機構，接著規劃零件的組裝。十一月時，已經將機構和零件組合完成，在這期間遇到一些麻煩的問題，但再經過與老師們的討論與幫助下，將機構細微調整過後，最終在一月初將這份作品給呈現出來。(如圖 8)

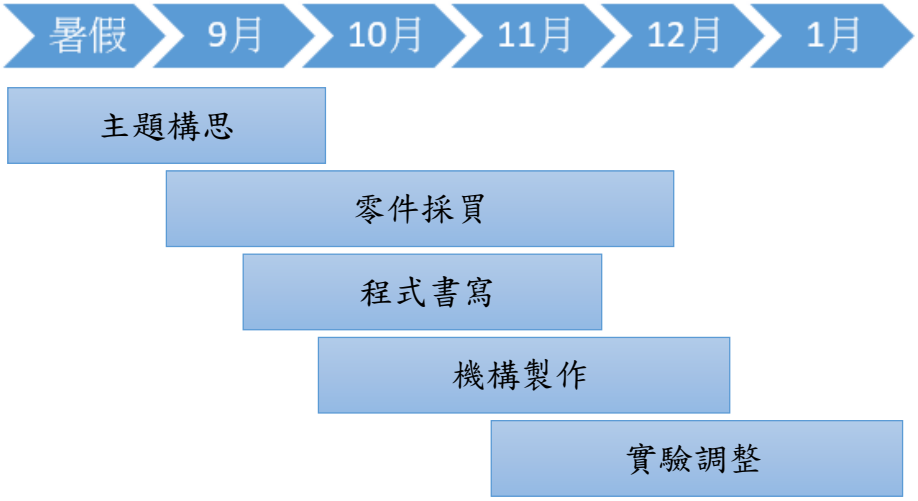


圖 8　時間分配圖

(二)、操作步驟

1、開啟電源開關
2、車子前進
3、當超音波模組偵測距離牆面四公分時，車子停下
4、升降機構開始動作、前輪沿著牆面轉動使車子開始爬升
5、當超音波模組感測距離大於設定的 15 公分時，停止升降
6、車子往前兩秒後，車子停下
7、收回升降機構
8、車子繼續前進
9、接著重複以上步驟完成爬樓梯任務

二、使用材料及工具

(一)、零件介紹

1、直流減速馬達(JGA25-370)

JGA25-370 為體型呈圓柱形且轉矩足夠的直流減速馬達(如圖 9)，其規格如表 1，本身有著 1kg/m 的轉矩，加上相配的轉速和車輪，讓車體能快速且平穩的移動。

表 1　JGA25-370 規格

無載轉速	130 rpm
額定扭矩	1kg / m
產品尺寸	25×25×57.3mm
工作電壓	DC 6-12 V
額定電流	0.45A
重量	88g

圖 9 直流減速馬達

2、壓降式交換式電壓調節 (LM2596)

為了控制整體電路在低壓大電流的模式運轉，我們選擇使用了 LM2596 作降壓動作(如圖 10)，其規格如表 2。本身構造簡易，體積小，非常適合我們的裝置。

表 2　LM2596 規格

產品尺寸	43x21x13 mm
輸入電壓	DC 4~35 V
工作電壓	DC 1.25~30V
重量	12 g

圖 10 直流電壓轉換器

3、Arduino Mega2560

作為讓車體移動的主要元件，Arduino Mega2560(如圖 11)能把程式整合並執行，將訊號傳給各零件動作，其規格如表 3。

表 3　Arduino Mega2560 規格

產品尺寸	102x53.3x10 mm
輸入電壓	DC 7V~12 V
工作電壓	5 V
重量	37g

圖 11　Arduino Mega2560

4、L293D 擴充版

我們選用 L293D 擴充版(如圖 12) 的原因，在於它能協助 Arduino 進行高精度的輸出，再者其能插入 Mega2560 的接腳，達到擴充電路和節省空間的功用，其規格如表 4。

表 4　L293D 擴充版 規格

產品尺寸	69x54x13 mm
工作電壓	DC 4.5~36V
適用馬達	5V 以下
提供電流	600mA/路

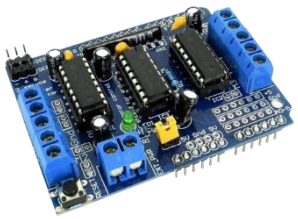


圖 12　L293D 擴充

5、L293D

為了讓負責升降的馬達有獨立的電路驅動，我們使用 L293D(如圖 13)來協助馬達正反轉，其小巧的外觀也是我們選用的目的，其規格如表 5。

表 5　L293D 規格

產品尺寸	39x34.5x9 mm
工作電壓	DC 4.5V~36V
最大電壓	5V
提供電流	600mA/路

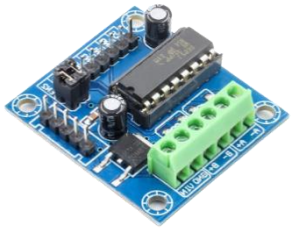


圖 13　L293D

6、船型開關

船型開關(如圖 14) 的設計簡易，使用上淺顯易懂，相對其他繁瑣設計的開關，船型開關較為直觀。

圖 14　船型開關

7、直流減速馬達(XD25GA370)

為了使齒輪支撐車體重量並轉動，有著大轉矩優勢的直流減速馬達(如圖 15)擔任了不可或缺的角色，並且能承受重負載，避免因電流過大而燒毀的風險，其規格如表 7。

表 6　XD25GA370 規格

產品尺寸	42.9×16.9×4.7 mm
工作電壓	DC 24 V
負載轉速	22 rpm
輸出功率	5 W
負載轉矩	1.87 kg/cm
重量	84g

圖 15　XD25GA370

8、超音波模組(HC-SR04)

車體在移動的過程，超音波模組(如圖 16)協助偵測物體與車體的距離，接著將訊號回傳給 Arduino Mega2560，判斷前進、剎車、抬升及下降，讓車體有著很高的機動性，其規格如表 8。

表 7　HC-SR04 規格

產品尺寸	45×20×15 mm
工作電壓	DC 5 V
靜態電流	2 mA
感應角度	15 度
探測距離	2 cm ~ 450 cm

圖 16　HC-SR04

9、藍芽模組(HC-06)

藍芽模組(如圖 17)可搭配 Arduino Mega2560 寫入程式碼，也可以透過 App Inventor 進行遠端控制，實現了自動與手動的移動方式，其規格如表 8。

表 8　HC-06 規格

產品尺寸	27×13×2 mm
工作電壓	3.6～6 V
工作電流	8 mA
發射功率	3dBm

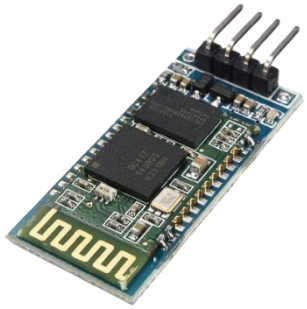


圖 17　HC-06

10、18650 鋰電池

相對於一般乾電池，18650 鋰電池(如圖 18)充電後反覆利用的特性，既省錢又便利，單顆鋰電池提供的電壓也高達 3.7V，減少了原本耗電快、電量不足的麻煩，其規格如表 9。

表 9　18650 鋰電池 規格

產品尺寸	18(直徑)×65(高度) mm
提供電壓	3.7 V
容量	3400 mAh
重量	48.5 g
電池內阻	40 mΩ

圖 18　18650 鋰電池

(二)、軟體介紹

1、Arduino

Arduino(如圖 19)，是一款可配合電路板控制的程式，在市面上也有各式各樣的模組和元件。程式概念類似於大家熟悉的 C++，不過其內建功能更加多樣化，使程式統整更加精簡。再者，Arduino 編寫相對容易，在網路上也有許多程式範本，讓我們能快速理解並運用，這也是我們選擇它的原因之一。(如圖 20)

圖 19 Arduino Logo

```
}
void loop()
{
  front_Ultrasound();

  if (Serial2.available() > 0) {
    act = Serial2.read();
  }
  if (act == 'w') {
    switch (state) {
      case 0:
        wheel_forward();
        motor1.setSpeed(140);
        motor2.setSpeed(140);
        motor3.setSpeed(140);
        motor4.setSpeed(140);
        if (front_distance  < 6) {
          oldtimes = millis();
          state ++; //車子前進到靠近牆壁
        }
        break;
      case 1:
```

圖 20 Arduino 程式撰寫

2、Autodesk Inventor

這款 Autodesk Inventor，可以輔助電腦進行製圖、機械模擬、3D 動畫等輔助功能，因此在建築工程、模具設計及產品設計上，Autodesk Inventor 占了很大的功勞。在此次專題中，我們使用此程式繪製出機構的架構，並協助雷射切割機製作出成品；另外，Autodesk Inventor 也含有簡報投影的功能(如圖 21)，讓我們的作品影片呈現更具特色。

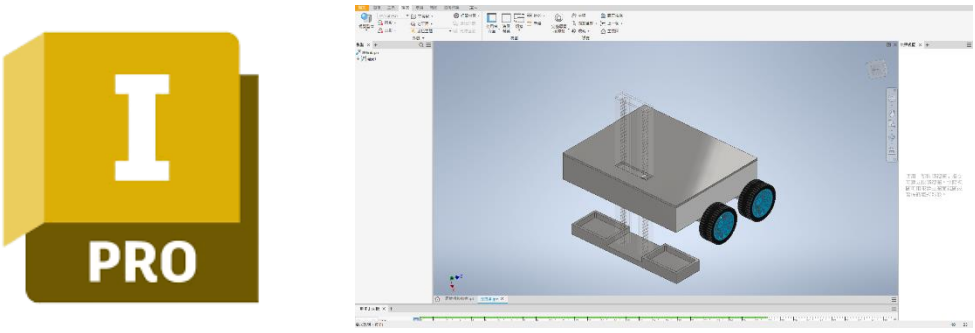


圖 21 Autodesk Inventor 3D 繪圖

3、RDWorksV8

由於我們選用了機械強度相對木板高的壓克力板，為了做出我們樓梯終結者的機構，我們運用了 RDWorksV8(如圖 22)。

RDWorks V8 是一款能夠用電腦繪製 2D 圖檔的軟體，配合著雷切機將繪製檔案輸入，雷切機即能精準切割我們的料材，而我們樓梯終結者的名牌，也是用其掃描功能所製成的。

圖 22 RDWorks LOGO

(三)、機構原理

我們的車體爬升機構是由一對齒輪和一對齒條所構成(如圖 23)，當馬達帶動齒輪正轉，同時齒輪帶動齒條向下撐起，使車體相對向上爬升。

而當爬升動作完成，則齒輪反轉，齒條向上收回，使機構回歸初始狀態，繼續前進到下一道階梯。

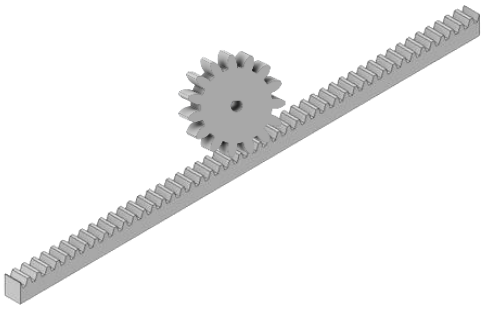


圖 23 齒輪與齒條

伍、研究結果

一、硬體結構

樓梯終結者，整體機構由壓克力組成，除車壁為 3mm，其餘皆為 5mm 的壓克力板所組成。以功能區分為車身部分和升降部分，車身作為元件放置區，升降部分則作為爬升動作區，說明如下:

(一)、車身部分

樓梯終結者的車身由四片 3mm 的車壁和兩片 5mm 的車板組成，作為置放電路板和升降機構的區域(如圖 24、25)，其之間透過角鐵、M3 螺絲及螺帽做為連接。

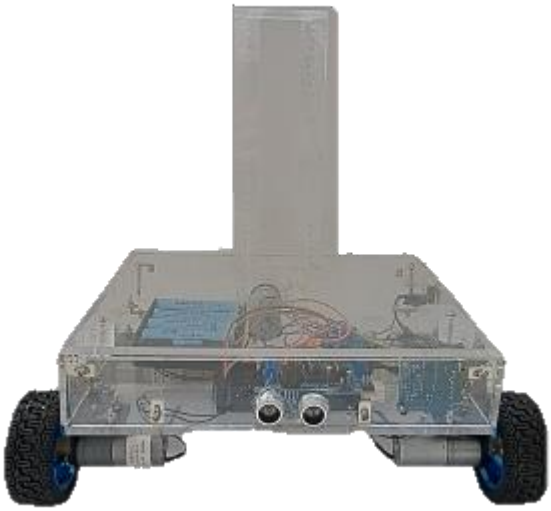


圖 24　外殼部分

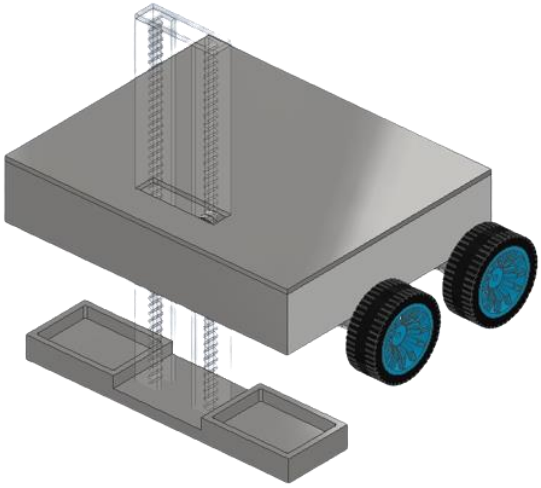


圖 25　外觀

(二)、齒輪齒條機構

我們用了 5mm 的壓克力板，做出一對大小齒輪和一對齒條作為我們樓梯終結者的升降機構(如圖 26)，用以使我們車體能夠爬樓梯。

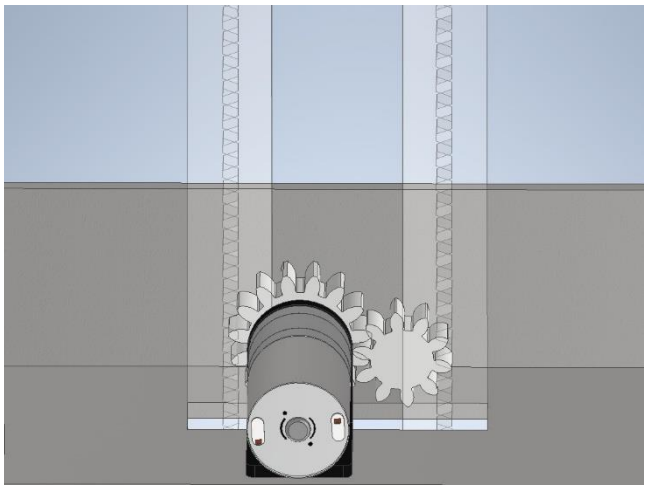


圖 26　升降機構

(三)、升降配重機構

為了使我們的升降機構能夠穩定地爬樓梯，我們於齒條底板加裝了放置配重鐵塊的壓克力盒(如圖 27)，使車體重心於升降時不易偏移，總重達 800 公克。

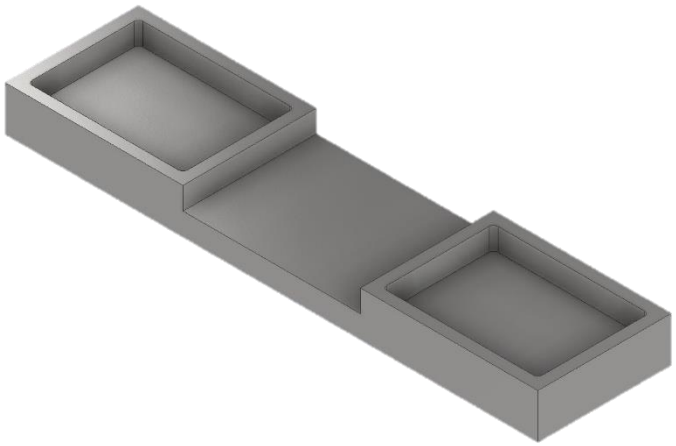


圖 27　配重盒

(四)、車蓋部分

車蓋是由 5mm 的壓克力板組成，和車壁的連接方式則是由歐姆塊和長柄螺絲組成，以達到方便取下車蓋做程式修改的功用(如圖 28、29)。

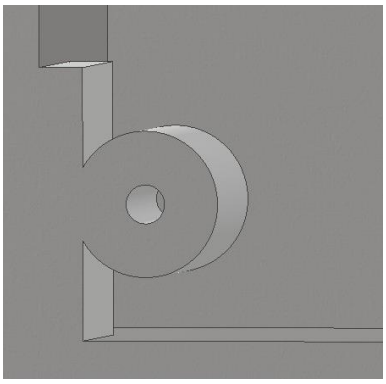


圖 28　歐姆塊上

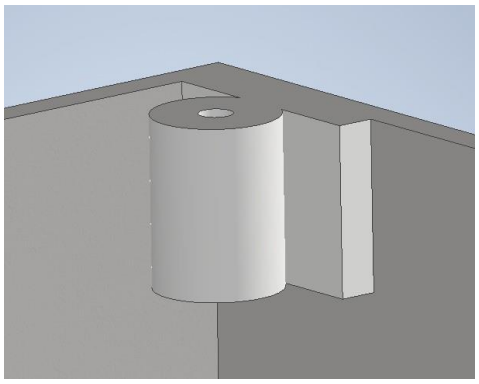


圖 29　歐姆塊側

二、成果展示

樓梯終結者，結合了運送貨物(如圖 30)、和爬樓梯的功能，藉由我們的研發，再也不必扛著沉重的貨物上樓，只需要送貨人員將貨物放在樓梯終結者上固定好，開啟電源開關，貨物即能自動上樓，送至使用者們的手中，如此節省了送貨的人力需求。

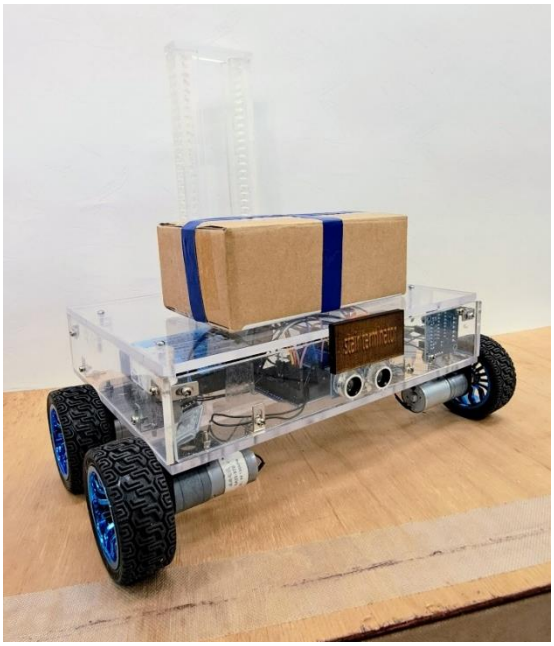


圖 30 承載貨物

隨著不同高度的樓梯，我們的樓梯終結者也能透過車頭如眼睛一般的超音波感測器(如圖 31)，偵測該台階所需的爬升高度，讓貨物能在我們樓梯終結者的帶領下，適應各種高度的樓梯。

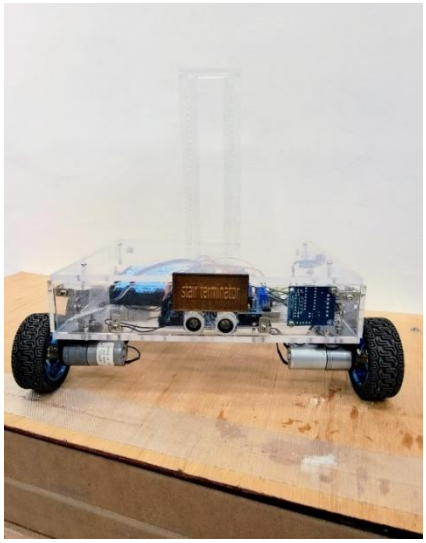


圖 31 車頭超音波感測器

陸、討論

一、 超音波偵測的選用

我們選用 HC-SR04(如圖 32)是因為其設計簡單明瞭，加上其體積較小，我們只需要設計兩個圓孔讓超音波模組的兩個凸起的發射器穿過即可固定，另外程式控制的撰寫十分簡單，20 公分的訊號距離讓我們能精準的操控，透過序列繪圖家我們也能監控其訊號的發送。

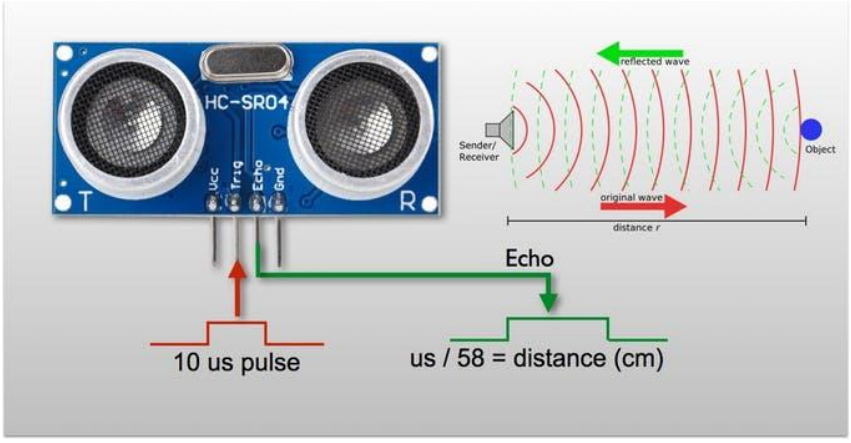


圖 32 HC-SR04

二、升降控制

起初我們想利用皮帶帶動車體上升，但考慮到整體機構會過於龐大，於是後來我們想到利用齒輪齒條直接帶動車體上升(如圖 33)，並在齒輪齒條組外加齒條板加以固定，以防止齒輪滑出軌道。

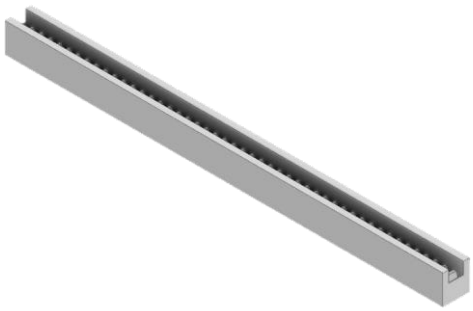


圖 33 齒條板

而升降的部份，我們則是利用一顆轉矩大的馬達，來控制正反轉帶動兩顆不一樣大的齒輪，當車子上升的時候，馬達正轉，兩顆齒輪同時相反的向外轉，齒條沿著齒輪向下撐，並借助前輪與牆壁的摩擦力爬升。至於馬達反轉時則可使齒條向上移動，藉此達到收回升降機構的目的。

三、車體設計

由於我們的車體是影響爬樓梯效能的關鍵，我們在實驗中不斷改良，嘗試在承載貨物大小和車體輕盈兩者之間做平衡取捨，同時容納電路板和升降機構。而最終，我們把車高訂下了八公分，車底定下 20*25 公分，做出了第 16 台樓梯終結者。

柒、結論

一、經歷了近半年的修改、實驗，我們終於在一月初做出樓梯終結者。由於車體以壓克力作為材料，相較於木板，我們更能精確地鑽孔固定我們的元件，另外雖然我們的車體較小，但配合著 5mm 壓克力的堅固性和車體輕盈下，我們能以最小的體積，承載最大的貨物。

二、雖然我們的專題看似完善，不過也有許多部份還能夠做的更好，像是手機藍芽遠端遙控我們的樓梯終結者、或是在樓層平台運用紅外線偵測以自動轉彎上樓梯，都是我們作品還能更完美的地方。在專題這塊我們也學到很多學科實習的知識，比如: 降壓板，由於電容容量大，所以在多次實驗後須將其短路放電，以延長電路板們的使用壽命、或是電壓電流大易導致馬達燒壞等等，都是我們在專題中學到的寶貴知識。

三、在這半年我們不斷失敗，在無法爬樓梯這部分受到很大的挫折，但有著組員們互相支持和老師的鼓勵，我們不斷在機構和程式進行改良，不斷在失敗中學習，在最後成功爬上樓梯的那一刻，一切的努力都值得了，也希望能將這次專題所積累的挫敗和努力，化作成長的養分，更精進自己。

捌、參考資料及其他

- 【雙 A 計畫】藍芽模組(HC05、HC06)常見的指令使用教學。2022 年 11 月 25 日。取自。https://blog.cavedu.com/2017/10/18/hc05-hc06/
- HCSR04 超聲波傳感器庫。2022 年 11 月 18 日。取自 https://github.com/topics/hcsr04
- HC-06 規格。取自 https://swf.com.tw/?p=693
- L293D 程式基礎。取自 https://atceiling.blogspot.com/2019/08/arduino54l293d.html
- 如何讓電容安全放電。取自 https://www.digikey.tw/zh/blog/how-to-safely-discharge-a-capacitor
- 齒輪技術入門篇。取自 https://www.khkgears.co.jp/tw/gear_technology/pdf/gear_guide1.pdf
- 爬樓梯機器人發想。取自 https://youtu.be/ijd2sYxNB_4