

左翼份子

## 111-2 機械工程實務期末報告



### 第九組

組長：吳哲源 B09502088

組員：曾志榮 B09502040

組員：陳泉文 B09502119

組員：郭力權 B09502144

組員：程鏡丞 B08502097

## 前言

在這門課中，我們需要運用從大一到現在所學的所有專業科目知識，來試著組裝出一台符合規格與任務內容、不會超出預算限制，且能有效的被控制與分析的車子。在這過程中，我們需要完成爬坡、防止打滑、直線前進、精準停車等要求，因此在初步討論下，我們這一組把人力分成車體與機翼、升降機構與機電控制這三個領域，在各自進行設計、除錯與分析的同時，也藉由定期開會來統整成果並互相提出建議，藉以達到最高的實作成效。在整體結構上，大致可分為輪胎、車體、升降機構、馬達、Arduino板、機翼與電池等部分。動力源是由我們選購的馬達提供、下壓力則由我們設計的機翼與升降機構互相配合，並在吹側風的環境下取得；最後，機電控制則是概略分為前進、煞車、機翼升降與轉彎四個部分，分別由對應的參數及程式碼所控制。

這份報告將會著重在紀錄我們的設計發想與參考來源，以及測試後不斷分析、除錯、改良的過程與思考方式。我們將會盡可能的詳盡呈現我們是藉由怎麼樣的觀察與分析來完成整個任務；以及在前幾次測試的不理想表現下，我們是如何得到啟發或靈感，又是如何設計出新的版本，且在這樣的過程中得到了什麼課本上學不到的收穫的歷程。

## 目錄

<b>Chapter 1 課程與實作過程簡介</b>	<b>8</b>
1.1 測試規則	8
1.2 相關限制	10
1.3 組員工作分配	11
1.4 進度規劃參考模型	12
<b>Chapter 2. 設計過程、實作方式與分析除錯</b>	<b>14</b>
2.1 機翼	14
2.1.1 版本一 GA(W)-1	14
設計細節	14
風場環境	14
組裝細節	15
2.1.2 版本二 Davissm(Davissm-il)	17
設計細節	17
組裝細節	17
最佳攻角	17
賽道測試	18
2.1.3 版本三 Davissm-modified	20
設計細節	20
組裝細節	20
賽道測試	21
2.2 升降裝置	23
2.1.1 期中部分	23
預想設計	23
期中成品調較與變更	23
期中成品完成圖	24

期中問題探討	24
2.1.2 期末部分	25
期末設計更動	25
期末成品完成圖	25
期末問題探討	26
2.3 底板	27
2.3.1 期中兩層結構	27
設計細節	27
賽道表現	28
2.3.2 期末L型結構	29
設計細節	30
賽道表現	30
2.3.3 連接部件	31
設計細節	33
賽道表現	33
2.4 電路與控制系統	34
2.4.1 電路系統	34
硬體零件	34
選擇及更換	34
電路安裝	37
2.4.2 控制系統	39
動力系統	39
升降系統	39
循跡系統	40
2.4.3 最終參數調整	42
初始設定-起點正中央向前直行	42
期間測試設定-起點左邊向前直行	44

最終參數調整-起點左偏向右微偏前進	45
<b>Chapter 3 組別進度規劃</b>	46
3.1 組別公約	46
3.2 甘特圖	46
3.3 會議記錄	47
<b>Chapter 4. 組員心得</b>	54
4.1 組長：吳哲源	54
4.2 組員：曾志榮	55
4.3 組員：陳泉文	55
4.4 組員：郭力權	56
4.5 組員：程鏡丞	56
<b>Chapter 5. 附錄</b>	58
5.1 BOM 表	58
5.2 機電控制程式碼	60
5.3 工程圖與組合圖	64

## 圖片編號

圖 (1) 賽道裝置圖

圖 (2) 停止區設置圖

圖 (3) 計分規則

圖 (4) V-cycle diagram (Wikimedia Foundation, 2022)

圖 (5) GA(W)-1

圖 (6) 給定的雷諾數與 $N_{crit}$

圖 (7) GA(W)-1攻角圖

圖 (8) 機翼黏合方式

圖 (9) 期中版本的機翼組裝

圖 (10) Davissm (Davissm-il)

圖 (11) 升降機構

圖 (12) Davissm-modified

圖 (13) 最終機翼組裝

圖 (14) 第二版設計組合

圖 (15) 期中升降機構側視圖

圖 (16) 期末升降機構側視圖

圖 (17) 期中二層結構

圖 (18) 期末 L型結構

圖 (19) 電路板在底板的位置

圖 (20) 馬達連輪胎3D圖

圖 (21) 馬達連接輪胎

圖 (22) Arduino Uno Rev3

圖 (23) Sensor Shield V5.0

圖 (24) L298N馬達驅動模組

圖 (25) TT減速馬達

圖 (26) MG996R伺服馬達

圖 (27) 18650充電鋰電池

圖 (28) 電路系統連接示意圖

圖 (29) 動力系統程式

圖 (30) MG996R程式

圖 (31) 循跡系統程式

圖 (32) 初始參數調整

圖 (33) 期間參數調整

圖 (34) 最終參數調整

圖 (35) 甘特圖

## 表格編號

表 (1) 工作分配

表 (2) GA(W)-1相關數據

表 (3) Davissm (Davissm-il)相關數據

表 (4) Davissm測試數據

表 (5) Davissm測試最佳結果

表 (6) Davissm-modified相關數據

表 (7) 紙板材質panel測試數據

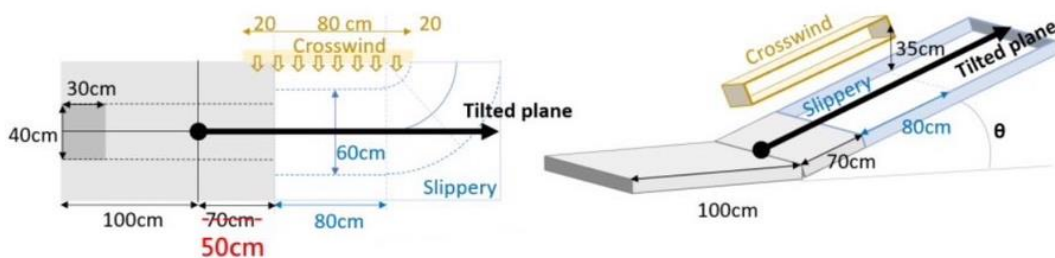
表 (8) 更換投影片後測試的最佳數據

## Chapter 1 課程與實作過程簡介

這門課是針對機械系大三學生推動的總整課程以小組專題形式進行，每組五人。目標是在規範內實際進行設計、製造、組裝測試、檢測分析、評估與改良的流程，並在期限內完成指定任務的機械作品，以落實工程實務訓練，強化團隊合作、學理應用與創新發想等能力。

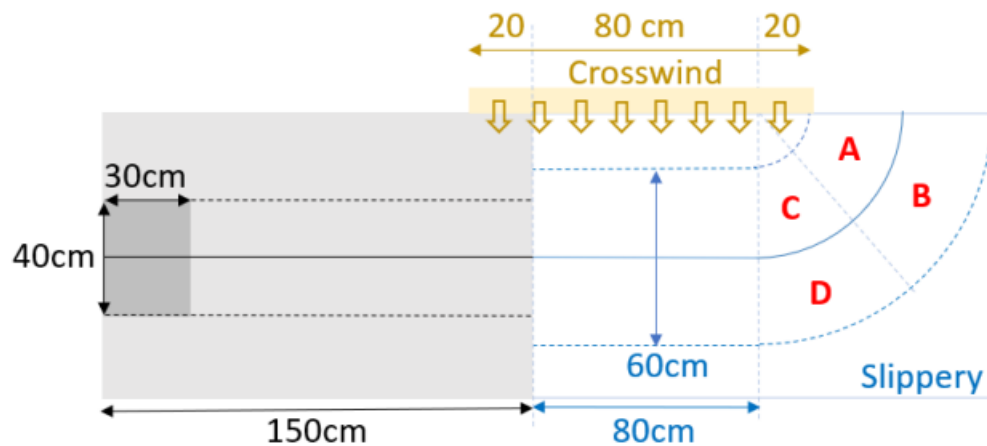
### 1.1 測試規則

- 一、全員到齊，測試時間八分鐘；測試期間除電池外，其餘物件不可抽換。
- 二、原水平賽道於100cm後傾斜，傾斜角度為14度；粗糙直線賽道總長為150cm（淺灰區），其中前100cm保持水平、後50cm於斜坡上，且最末20cm有側風，風道高度35cm。粗糙賽道後接光滑之直線賽道與弧形停止區，兩者均在斜坡上，尺寸與期中賽道相同；起始區、中線、邊界線均保持不變。賽道整體資訊如圖(1)所示。
- 三、驗收過程車子偏離賽道即可手動將車移回起跑區重新開始，過程不停錶。
- 四、啟動開關後車輛以馬達驅動，於粗糙段賽道內完全自主移動達光滑區。
- 五、自主啟動風力作動裝置（離開起跑區後），在光滑賽道內獲得壓地力 $F(t)=M(t)-M_0$ 以前行距離 $X$ 。以車輪第一次超過邊界線之位置，投影到中線分量的最大值計算 $X$ ，傾倒不予計算。風力作動裝置可延伸至賽道界線外，惟不得與其他物品接觸。
- 六、進入停止區、自主停駐於停止區賽道內，並以車輪接觸 A~D 區塊狀況評分，如圖(2)所示。
- 七、計分規則如圖(3)所示。



圖(1) 賽道裝置圖





圖(2) 停止區設置圖

分數	達成標準	
+8	完成粗糙段自主行進*	
+12	光滑段自主行進 X=80cm	
(+8)	(X≥60cm)*	
(+6)	(X≥40cm)	
+20	光滑段 不傾倒	Max [M(t)-M <sub>0</sub> ]/M <sub>0</sub> > 20%
(+16)		> 15%
(+12)		> 10%
(+8)		> 5%*
(+6)		> 3%
+10	停止段 不傾倒	車輪觸及 A 區
+7		B 區
+5		C 區
+3		D 區
*若傾倒以車子物件接觸停止區最低分區塊計算		

圖(3) 計分規則

## 1.2 相關限制

- 一、車子起始狀態需小於30cm(長)×21cm(寬)× 24cm(高)。
- 二、使用所提供的車輪，每組6個，全程只能有車輪與賽道接觸，輪數不限；車輪需透過作動機構與車體相接；車輪形狀與胎面不得改變。
- 三、風力作動裝置僅限擷取側風場能量動量的機構、不得以外部能量驅動任何風力裝置。
- 四、期中測試與期末驗收過程，均不得以遙控或遠端控制行進軌跡，也不得留下任何材料。
- 五、車輛之制動(煞車)方式不限，唯期末測試時不得遙控或遠端控制。
- 六、整體機電系統需自行配置組裝，可採購市售機電零組件，電池與馬達數量及規格均不限制，惟需遵守 BOM 總成本規範。
- 七、本次競賽最終設計成品的材料(BOM)總成本不得超過新台幣四千元，將依符合公告規範之單據核銷至多三千元。
- 八、所有元件均需保留原始型號及發票或收據以利報支，凡自製品均需有資料佐證(加工過程照片或影片等)，自製元件之材料也須列出，嚴禁元件委外加工。

## 1.3 組員工作分配

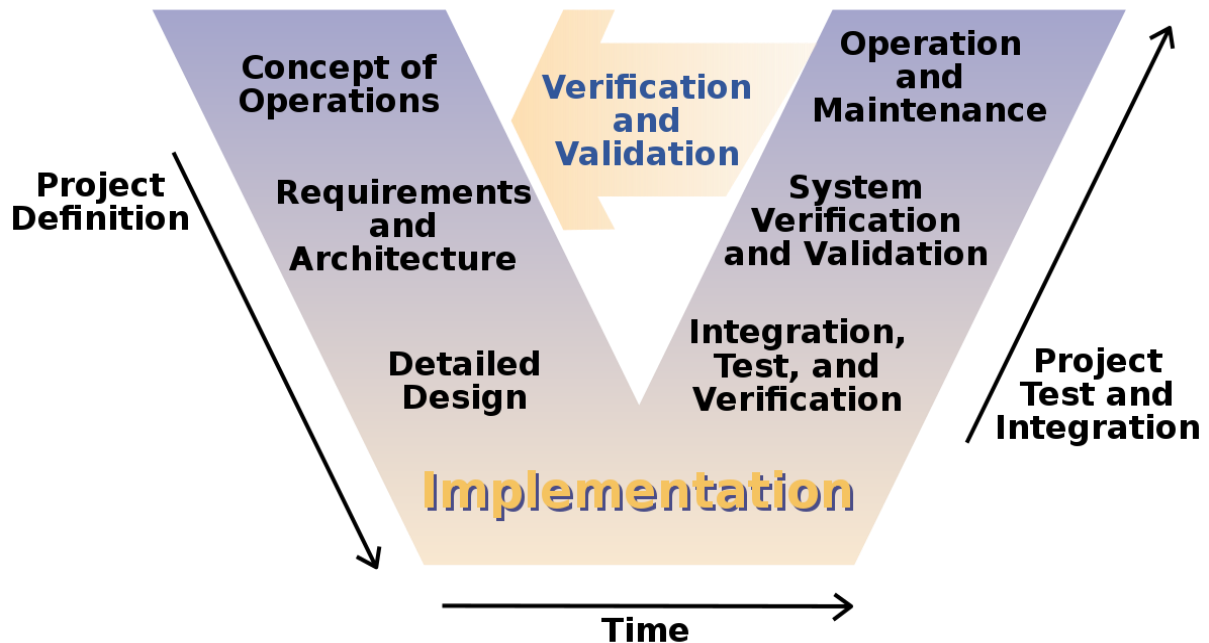
我們五個人根據對題目的理解與設計方向大致分為三組：車體組(含機翼)、升降組與機電組，細項分工如下表(1)所示：

組別	細項	主要目標	成員
車體與機翼	車體設計與組裝	設計車體並符合任務要求	吳哲源 陳泉文
	機翼設計	設計機翼並符合任務要求	
	車體分析與除錯	分析測試中發生的問題並改良	
升降	升降機構設計與組裝	設計升降機構並符合任務要求	曾志榮 程鏡丞
	升降機構分析與除錯	分析測試中發生的問題並改良	
機電	馬達的比較與挑選	選購馬達並符合任務要求	郭力權
	控制車體程式碼	撰寫程式碼控制車體運動	
	機電分析與除錯	分析測試中發生的問題並改良	

表(1) 工作分配

## 1.4 進度規劃參考模型

To accomplish the project in order and with high efficiency, we refer to the famous development process in automotive engineering, V-model.



圖(4) V-cycle diagram (Wikimedia Foundation, 2022)

The V-model is a graphical representation of a systems development lifecycle. It is used to produce rigorous development lifecycle models and project management models.

The left side of the "V" represents the decomposition of requirements, and creation of system specifications. The right side of the "V" represents integration of parts and their validation. However, requirements need to be validated first against the higher-level requirements or user needs. Furthermore, there is also something like validation of system models.

Based on V-cycle model, we divide the process of organization and implementation into 4 stages:

### 1. Brainstorming (Concept of Operations, Requirements)

Based on the problems we encountered in the midterm test, everyone came up with some ideas to solve the problem. The solutions may refer to online information or other groups. Also, we try to simplify the task into the element or index needed or crucial in this stage.

### 2. Discuss and exchange (Detailed Design)

Everyone shares their ideas and comes up with solutions to solve the previous problem. After the

discussion, the structure group and the lift-structure group start to make the vehicle CAD files as a concept map, and the control group starts to organize the rotating strategy of our motor and choose better electrical devices.

### **3. Implementation**

After having a consensus, each group will decide the details by group discussion and start to implement the idea. In this stage, the structure group will start the laser cutting after finishing engineering drawings, the lift-structure group will try to sample their design and do some simple trial and error to make sure it will function successfully, and the control group will start buying the device.

### **4. Verification and Improvement (Validation)**

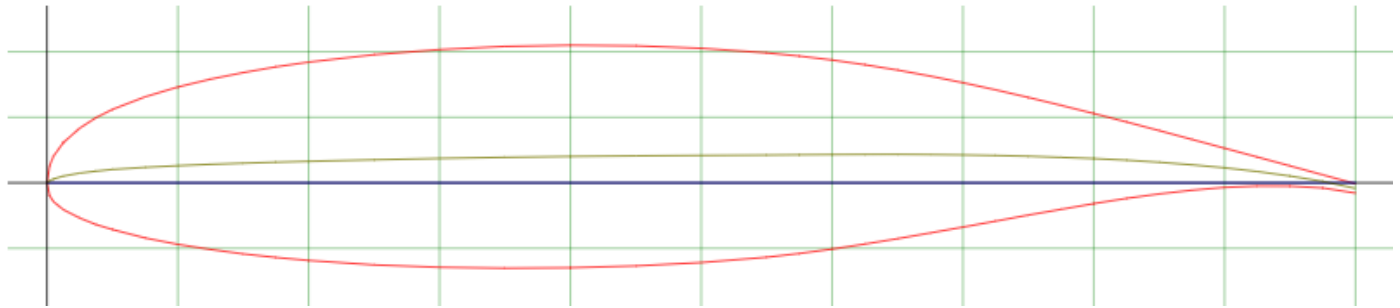
After the system is combined, we will start to test the performance and check whether it attains our expectation. If the problem isn't serious, the group will discuss by themselves and turn back to step 3. If the performance is serious enough to affect the whole system performance, we will come back to step 1 and start again.

## Chapter 2. 設計過程、實作方式與分析除錯

### 2.1 機翼

自期中測試到最後成功通過壓地力測試的機翼構型，總共歷經了兩次的改進，以下將由時間序列呈現出本組在機翼這方面的除錯過程。

#### 2.1.1 版本一 GA(W)-1



圖(5) GA(W)-1

設計細節：

	Relative value ( % )	Chord Line Location ( % )
Maximum thickness	17	40
Maximum camber	2.4	65

表(2) GA(W)-1相關數據

風場環境：

我們機翼實際在動線上收到的風速約為 3 m/s(利用實驗室借來的風速計測量)，空氣定在 25 度，特徵長度  $L_c$  為該 airfoil 的 chord line，依以上環境因子可以得到下列參數：

$$V=3 \text{ m/s}, T=25 \text{ }^{\circ}\text{C}, \rho_{air}=1.184 \text{ kg/m}^3, \mu=1.86 \times 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s}, L_c=0.16028 \text{ m}$$

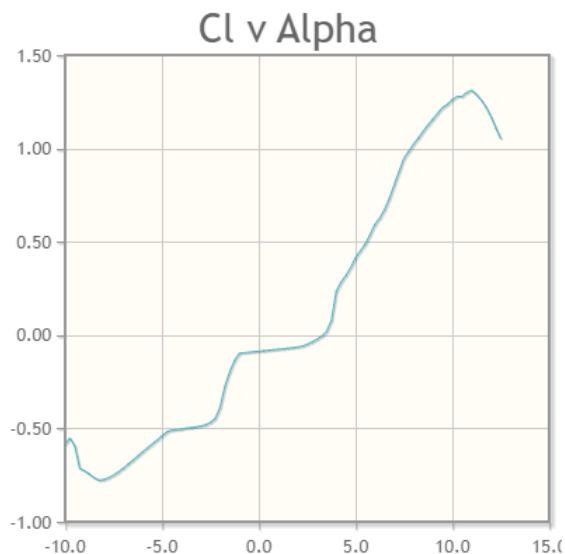
將以上參數帶入雷諾數的公式：

$$Re=V * \rho_{air} * L_c / \mu \approx 30608$$

由於期中尚未提供風洞測試，本組利用 NACA 網站提供的升力係數及攻角圖表，決定安裝時提供最大壓地力的攻角，以下為在給定雷諾數範圍及給定  $N_{crit}$  後得到的圖表：

Set Reynolds number and Ncrit range		Low	High
Update Range	Reynolds Number	50,000 ▼	50,000 ▼
	NCrit	9 ▼	9 ▼

圖(6) 給定的雷諾數與 Ncrit



圖(7) GA(W)-1 攻角圖

網站提供最低雷諾數為 50000，雖然本組算出的雷諾數為 30608，但在數量級相同的情況下，產出的圖表還是具有參考性的。而圖(6)中的 Ncrit 為風洞環境，本組選定了 9，也就是一般風洞，由圖(7)可看出在攻角約 10 度時，升力係數為最大值，因此本組起初以 10 度為安裝標準。要注意的是，將機翼反過來時，其最大升力之攻角並不會直接對應到提供最大下壓力之攻角，此問題點會在組裝細節中修正。

### 組裝細節：

機翼的主支架由密集板經由雷切加工後，利用熱融膠組合而成。為輕量化整體重量，外圍由投影片包覆，利用雙面膠黏合在一起，以完成整體機翼的組裝，如圖(8)。



圖(8) 機翼黏合方式

兩側的 airfoil 有往下延伸的支架，以將整體機翼受到的壓地力傳遞到車體。但後來在測試中，發覺如果直接將支架連接至平面，此攻角(約 10 度)提供不到壓地力，故在底部安裝一長方形底面，再用一摺疊鐵片支撐(參考圖 A-4)，以讓攻角大幅增加至 30 度左右，此關鍵改動也讓我們成功通過壓地力測試。



圖(9) 期中版本的機翼組裝

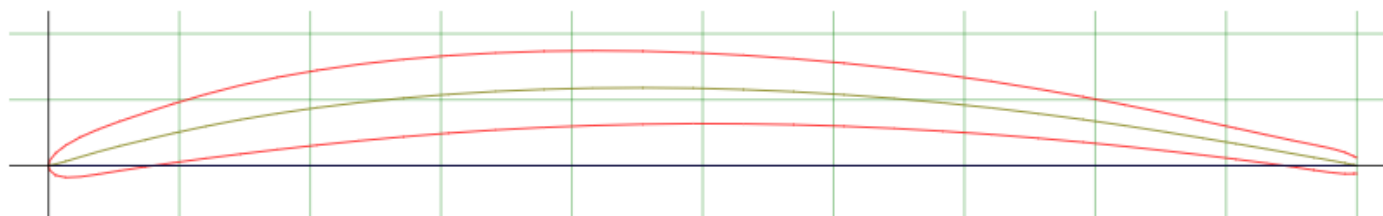
然而，此版本在期中僅提供了不到 1% 的壓地力，雖然成功通過了期中測試，但在此架構下，如要在期末測試達到 20% 的壓地力並不實際，因此在期中測試完後我們針對整體升降裝置及機翼構型做了全面的檢討，並得到了以下三個結論：

1. 連桿的機構無法有效傳遞機翼所受到的壓地力。
2. 機翼的構型無法在給定的風場下生成足夠的壓地力。
3. 機翼離出風口太遠，導致實際收到的風速不到 2 m/s。

第一點、第三點將在升降機構的章節提出本組的解決方針，由於本章節探討的是機翼的設計與除錯，故會針對第二點提出本組採用的 solutions。



## 2.1.2 版本二 : Davissm (Davissm-il)



圖(10) Davissm (Davissm-il)

### 設計細節：

	Unit	Chord Line Location
Maximum thickness	5.9%	30.6%
Maximum camber	5.9%	45.4%

表(3) Davissm (Davissm-il)相關數據

### 組裝細節：

此次採用的工法和先前版本一十分雷同，機翼的主支架也由密集板經由雷射加工後，利用熱融膠組合而成，外圍由投影片包覆，利用雙面膠黏合在一起。

### 最佳攻角：

為了讓機翼在低雷諾數(低風速)的情形下產生足夠大的下壓力，我們採用的第二個版本，相較於前一版本，有相對較大的 Camber 的 Airfoil。為了找到提供最大下壓力的攻角，我們預約了風洞測試，以下為當時測試的數據：

AOA (degree)	Before (gage reading)	After (gage reading)	Difference (gage reading)
0	-0.000025	0.000838	0.000863
8.7	-0.000026	0.000911	0.000937
20	-0.000046	0.000842	0.000888
30	-0.00001	0.000915	0.000925
36.2	-0.00015	0.001012	0.001162
45.1	-0.000117	0.00095	0.001067

表(4) Davisssm 測試數據

從表(4)可得出，在攻角為 36.2 度時有最大的差值，理論來說，機翼在此攻角應提供最大壓地力，所以我們決定以此 36 度左右作為安裝時的標準。

### 賽道測試：

接著我們將車子移到賽道上做實際的測試，以下為數次測試後最佳的結果：

	Before, w0	Car placement, w1	Wind blowing, w2
<b>Gage reading</b>	0.003155	0.004017	0.004135

表(5) Davisssm 測試最佳結果

為了求得相對於車重的下壓力，將以上數據帶入以下公式：

$$\text{Downforce(\%)} = [(w2-w1)/(w1-w0)] * 100\% \approx 13.8\%$$

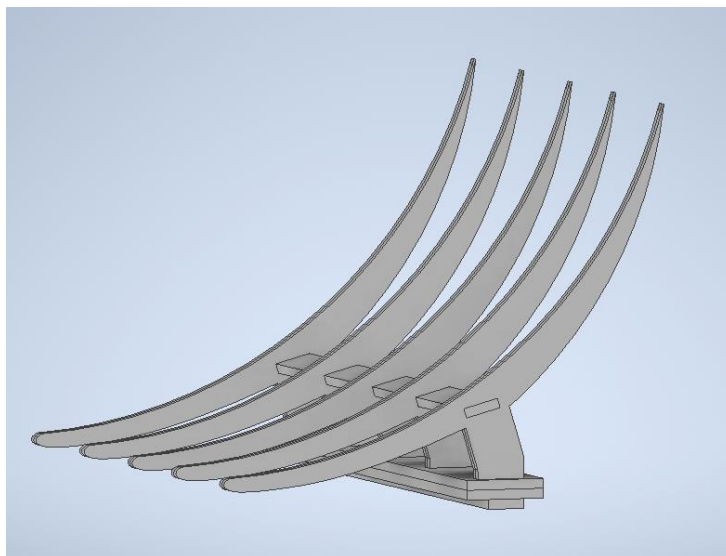
相較於版本一，此版本的 airfoil 的確額外提供了大量的壓地力，印證了我們先前有關機翼輪廓的猜想。此一增幅也受惠於在升降機構的改良和使機翼更靠近出風口的設計，如圖(11)所示。



圖(11) 升降機構

然而為了達到期末 20% 的壓地力測試，本組進一步改良了此版本的 Camber，使整體 airfoil 有更大的輪廓，也就是版本三- **Davissm-modified**。

### 2.1.3 版本三 : Davissm-modified



圖(12) Davissm-modified

#### 設計細節：

	Unit	Chord Line Location
Maximum thickness	6.7%	45.6%
Maximum camber	22.2%	53.3%

表(6) Davissm-modified相關數據

#### 組裝細節：

大致上的組裝工法與前一版本大同小異，值得注意的是，在機翼的兩端都加上了兩片紙板，如圖(13)所示。過程中本組也更換了投影片的材質，在接下來將會在賽道測試中驗證這些設計的實用性。



圖(13) 最終機翼組裝

## 賽道測試：

紙板材質的 panel 的壓地力測試，以下為測試數據：

	Before, w0	Car placement, w1	Wind blowing, w2	Downforce
<b>Without Panels</b>	0.003100	0.003975	0.004101	14.4%
<b>With Panels</b>	0.003001	0.003876	0.004012	15.7%

表(7) 紙板材質 panel 測試數據

由以上圖表可以看出加裝兩片紙箱做的 panel 小幅度增加了 1.3% 的下壓力，秉持著不無小補的精神我們最終將此設計留了下來。此外，也可以看出改良後的 **Davissm** 在壓地力的表現依舊不如預期，故本組經過討論，決定更換外圍包覆 airfoil 的投影片材質，採用另一個質地較硬的品牌，以下為更換後，在跑道上測試數次的最佳數據：

	<b>Before, w0</b>	<b>Car placement, w1</b>	<b>Wind blowing, w2</b>	<b>Downforce</b>
<b>Stiffer version</b>	0.003032	0.003907	0.004100	22.1%

表(8) 更換投影片後測試的最佳數據

此一關鍵改動讓我們第一次越過 20% 壓地力的門檻，為了確保此效果的重現性，我們前前後後又做了數十次的跑道測試，並配合不同的行進路線，大致上每次都能逼近或大於 20%，這也成了我們最終期末測試使用的翼型。

## 2.2 升降裝置

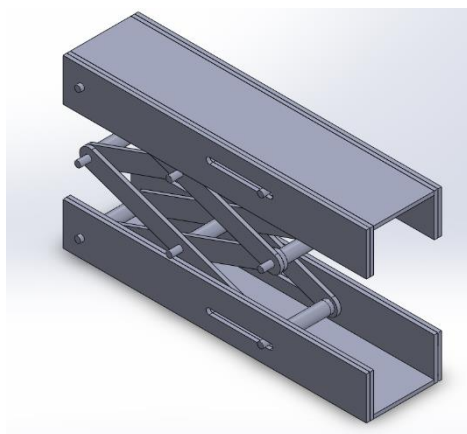
### 2.2.1 期中部分

#### 預想設計：

期中預想設計之初，我們曾想使用油壓桿件來進行控制，無奈油壓桿與馬達的連動乃是一大問題，因而作罷。後來我們最終使用螺桿加上馬達當作升降平台的驅動來源。利用馬達帶動螺桿後，帶動升降平台之桿件前進，以達到升降的效果。

#### 期中成品調較與變更：

我們在這次試驗過程中。修正升降平台機構多次。第一次時我們採用寬 160mm 的平台進行升降，但是在實驗過程中，發現可能因承重過重或是不夠緊配問題，抑或是行經路線的潤滑問題導致升降機構無法順暢地進行升降，因此緊鑼密鼓地進行第二版的設計。第二版採用寬 50mm 的平台進行升降，這次吸取上次教訓，大幅縮小升降平台面積，達到減重之效果，並且將緊配問題依照上述方法調整，至於潤滑問題，我們自行購買潤滑油並塗抹於軌道處，以此來順利帶動螺紋軌道前進。這次升降平台的成果展現極佳，遺憾的是，因為設計此平台時，驅動螺桿的馬達是置於平台內部，但是在設計之時忘記考量馬達大小，因此此次設計作罷。幸運的是，第三次設計版本採用 80mm 寬的底板進行組裝，有了前兩次的組裝經驗後，這次組裝進行的一切順利，此版本也是我們的最終測試版本。

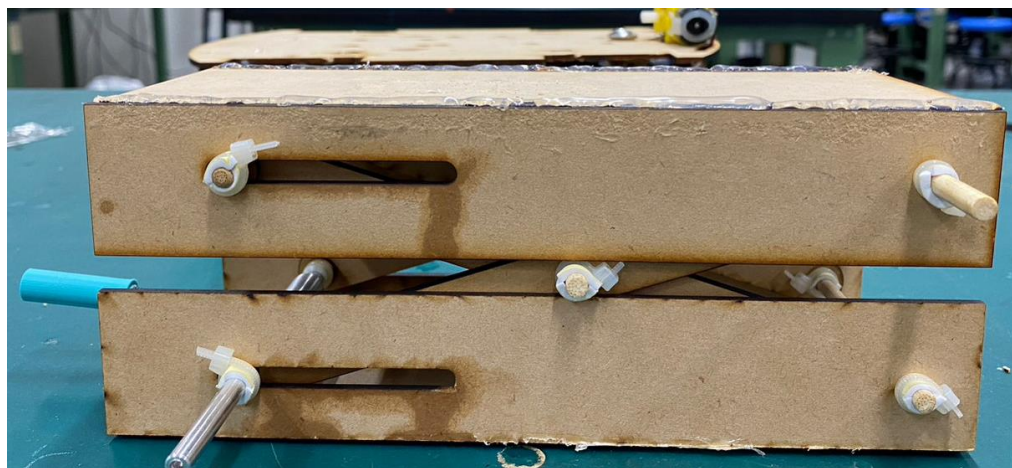


圖(14) 第二版設計組合



## 期中成品完成圖：

下圖(15)為我們升降平台完成之結果。其中圓形桿件因為 3D 列印穩定性不足因而作罷，後來幾經測試之後，發現竹筷可以完美契合我們所需之要求，因此最後使用竹筷作為我們的連通桿件。而其中最為關鍵的桿件為帶有螺紋的驅動桿，因為此物件的挖洞位置要求百分百精確，因此我們自行進行手動加工，原料為直徑 10mm 鋁棒，先將桿件切削至直徑 5mm 後，保留中間長 38mm 的圓徑 10 部分，接著轉移至車床鑽孔後使用絲攻加工出 M5\*0.8 的螺紋，便可與螺桿契合達到要求。其餘零件大部分皆使用雷射切割製造而成，其原因除了準確度比 3D 列印高之外，更重要的是便宜快速。值得一提的是，因為彼此間有蠻大的誤差，加上桿件升降時可能會因為彼此不夠緊配導致力量分散從而升降失敗，因此組裝平台的時候，我們不單只使用束帶來固定，還在每個連結平面端黏上泡棉膠，如此一來利用泡棉膠所提供的寬度以及可壓縮性，外加束帶的固定即可使整個升降機構處於緊配的狀態。



圖(15) 期中升降機構側視圖

## 期中問題探討：

雖然這次挑戰順利完成，但是針對升降機構我們也認知到幾項問題。首先，由於我們設計的升降平台是由馬達螺桿驅動，附屬物件比較多，重量也比其他支架更重，因此若想達到期末目標顯得困難。第二是設計稍嫌複雜，我們每次變更設計可能都要花費1-2天時間，雖然永齡的器材良率也有影響，但相較於設計簡單實用的組來說顯得有點雞肋。第三是角度無法傾斜，沒辦法將機翼更加貼近出風口，從而利用更大的下壓力，第四是高度的問題，我們為了裝置這個支架，差點導致我們的車體超高。最後是穩定性問題，因為支架由太多部件組成，因此即便已將機構處理至緊配狀態，在強風的吹拂下仍會傾斜並使機翼無法形成升力，最後我們將重複的機構拆下才勉強通關。綜上所述，這組升降機構難以負荷期末的考驗，需要改良。



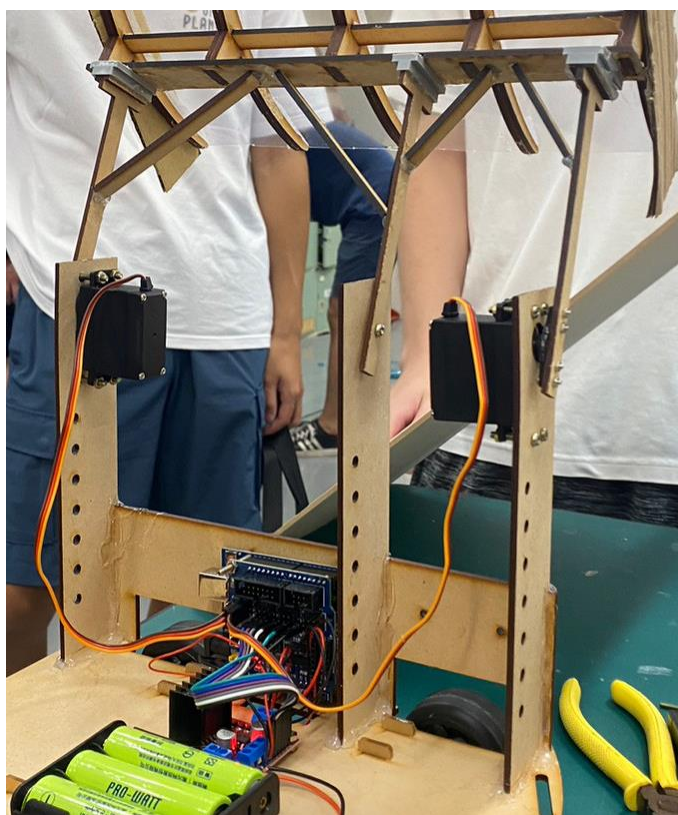
## 2.2.2 期末部分

### 期末設計更動：

目前，鑑於前面提到的種種缺點，我們已經開始著手設計期末的升降系統。首先我們會盡量廢除繁雜的機構，Simple is the best.，不要因為複雜的系統導致除錯更加困難。再者，我們會將馬達動力直接用於驅動桿件之上，這樣可以使馬達效益最大化，並且透過觀察其他組的車子確定此方法之可行性。第三點是高度的掌握，這次測試機翼高度因為結構設計問題升降高度其實不太足夠，而且也只是垂直升降而沒有靠近風口的動作，下一版的設計要將機翼對準風口進行升降操作。至於側向力使車輛翻倒之問題，觀察這次大家的車體基本上沒有太多人遇到此項問題，因此會等到我們實際測試之時再另行調整。

### 期末成品完成圖：

期末試驗過程相對輕鬆，有了第一次的經驗，使我們在設計以及改良方面進步神速。這次的設計分為下方的升降支座以及上方的升降支架。升降支座方面，透過與 L 型車體的相結合，切出一塊高 19.5 公分，寬 4 公分的支座，並在上方挖洞並且把 MG996R 用螺絲固定其於上方，這樣一來只要透過電控把升降支架轉高，便可帶動機翼往上正對風口，從而實現風力最大化。升降支座後排小洞本是為了插入竹筷，增強支座支撐的力道，後來實際操作後發現不需要便沒有使用。升降支架方面，透過一塊長 13cm 的 T 型支架，一端連接馬達旋轉處，一端則與機翼相連結，帶動機翼到達足夠高度的同時，也可以帶動機翼往前 3-5cm，不只到達指定高度還可以藉此縮小與風口的平行距離。並且最終利用 3D 列印製作出機翼與支架連結的機翼骨架支架接頭，以此確保雙方機構連結的穩定性。



圖(16) 期末升降機構側視圖

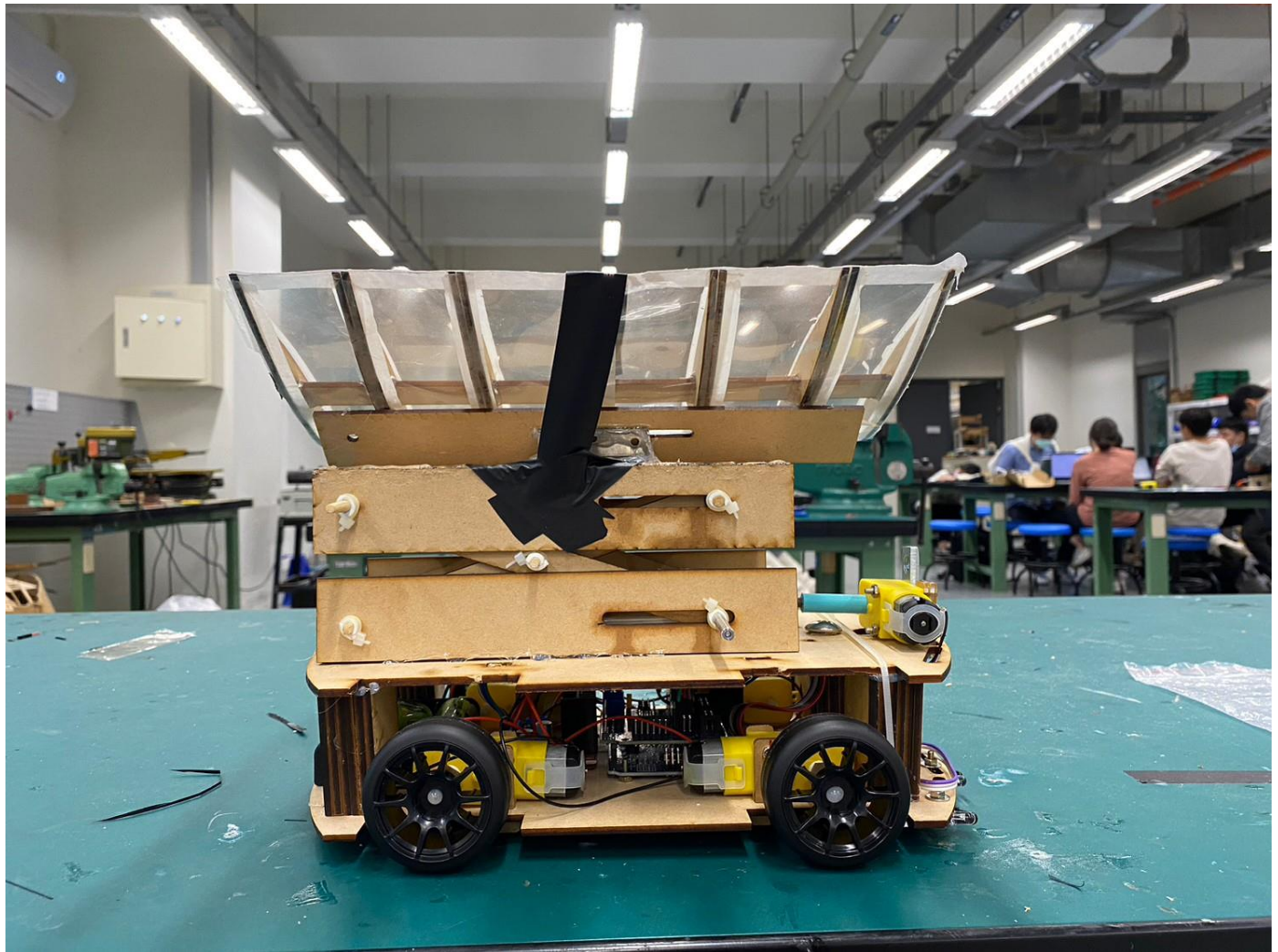
### 期末問題探討：

升降機構部分，首先便是升降支座的強度問題。這次雖然已經克服了期中支架會被風吹動導致下壓力無法往下傳達之問題，但是有另一個問題產生，便是馬達固定處會因為木板不夠堅固而造成支座向馬達螺絲固定處內凹，因此需要靠手動施力固定螺絲，以此確保鎖的力量適中，既可以固定好馬達，又不會損害到升降支座。再來便是空間問題，如上文所述，我們希望可以在升高支架的同時，使機翼可以盡量貼近風口，但是這是就必須面臨支架長度以及機翼大小的取設(限制於寬度21cm的限制)。最後我們經過多次的測試，決定透過機翼設計內彎來配合13cm的升降支架。再來是升降支架的強度問題，其實我們在測試前兩天一度發生支架斷裂之情況，所幸還有備料於是馬上補上，免於一場危機，但是這就要討論到組合板的強度問題，以及若是使用更強之鐵料所會面臨之重量加重問題。

## 2.3 底板

我們的底板總共歷經了兩次的改進，以下將由時間序列呈現出本組在底板這方面的除錯過程。在介紹完底板設計之後，我們會介紹把輪胎與馬達連接在一起的連接部件。

### 2.3.1 期中兩層結構



圖(17) 期中二層結構

#### 設計細節：

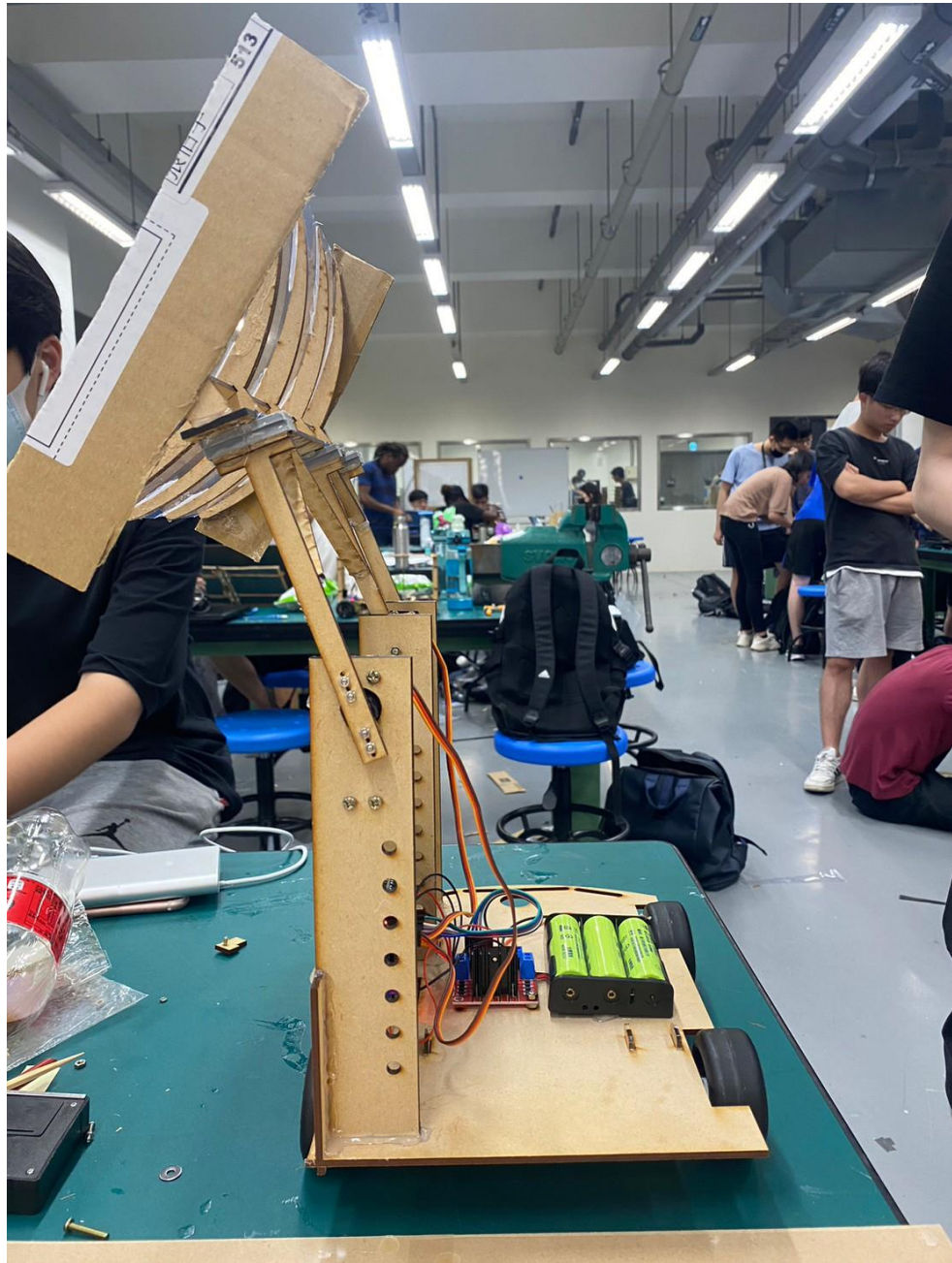
我們這兩層的設計，主要是因為電路板，電池和升降裝置不夠位置放在一層，所以我們第一層放電路板，電池.第二層則是升降機構。另外，我們一開始的設計都是盡量把重心放在中心，想說可以在上斜坡的時候可以穩定一點。

## 賽道表現：

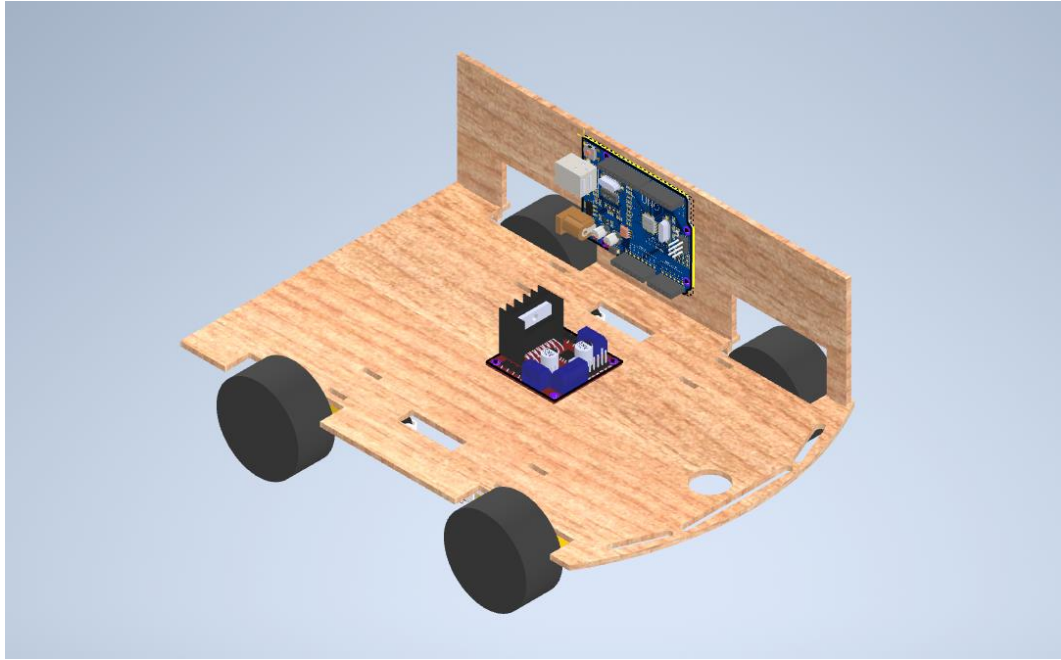
我們期中測驗的壓地力很低，大約只有 1~2%，除了是我們機翼的問題，我們也發現那個風力有把我們的車稍微向右邊吹起來，這樣就導致我們測到數值變成升力，所以接下來為了解決這個問題，我們把底板由二層結構變成 L 型結構，這樣還可以使車輕量化。



### 2.3.2 期末 L 型結構



圖(18) 期末 L 型結構



圖(19) 電路板在底板的位置

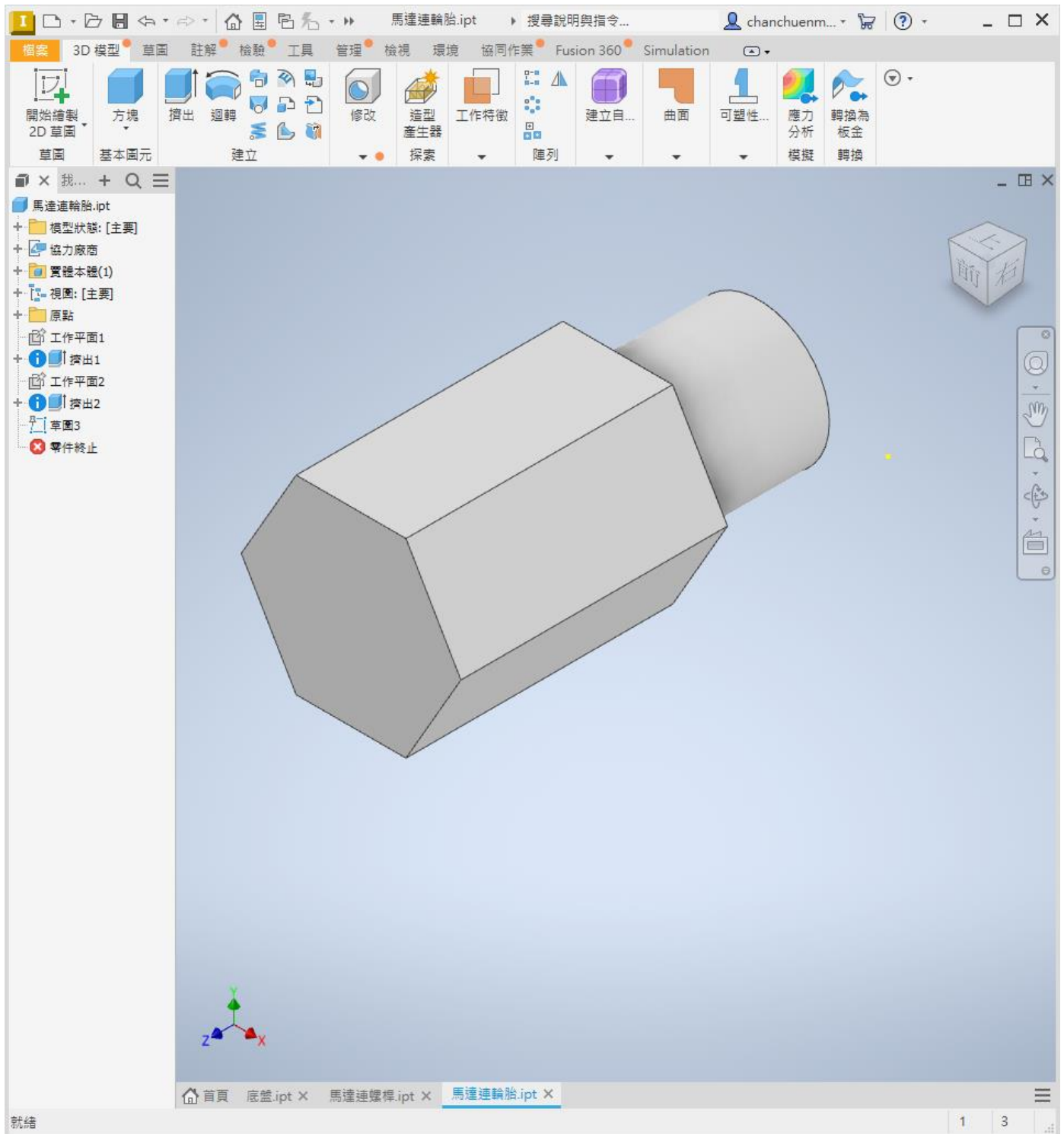
### 設計細節：

可以看到 L 型結構會把車體重心偏移到左邊，這樣我們即使遇到左邊吹來的風也不會被吹起來。除此之外，這樣的設計還可以把電路板放在牆上，節省放電池的底板空間。可以看到外面在底板的只有兩邊有個方形的洞，這是爲了可以把連接馬達的電綫沿著洞口下去。另外就是車頭的那些洞，我們原定是用循跡的方式去進行移動，所以前面的洞是爲了放循跡的元件進去的，不過之後發現即使不用循跡也可以達成我們的目標。我們商量以後，決定還是不重新雷切新的底板，因爲那些洞不會影響我們運行。

### 賽道表現：

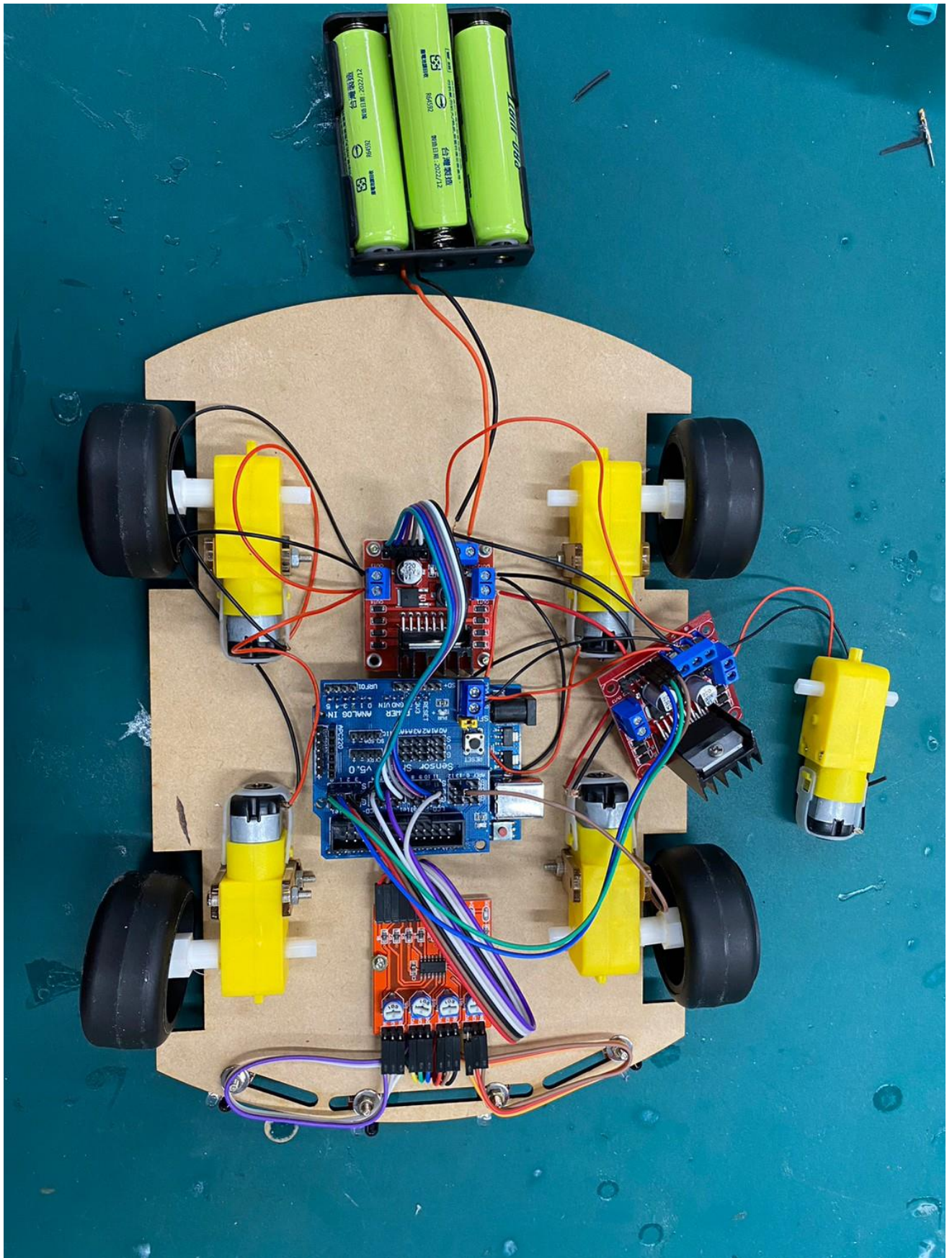
在期末測試之前，我們做過多次測試，過程中都沒有被風吹起來，即使我們的重量(875g)比起期中測試的車(1000g)還輕，不過也因爲我們重心不在中間，所以我們停了之後再啓動，車子會打滑，也導致我們要把速度調成最慢，務求在風場可以停留足夠多的時間。

### 2.3.3 連接部件



圖(20) 馬達連輪胎 3D 圖





圖(21) 馬達連接輪胎



## 設計細節：

這總共有四個，用於連接馬達和輪胎，六角形連接在輪胎，另一面長方形的洞則連接在馬達上，而長方形的洞我們是有稍微弄大一點，這樣即使我們往裡面擠熱熔膠也不會因為空間不足而滿出來，影響馬達。六角形的部分我們也是直接用熱熔膠黏起來。

## 賽道表現：

因為黏得不好，所以一開始我們的輪胎會有點搖晃，所以過程中我們也重複拆了又黏，黏了又拆這個過程。在最後我們也調整成不會搖晃，使我們可以更精準的停在我們要停的位置。

## 2.4 電路與控制系統

### 2.4.1 電路系統

#### 硬體零件：

1. Arduino Uno Rev3 x1
2. Sensor Shield V5.0 x1
3. L298N 馬達驅動模組 x1
4. TT 減速馬達 x4
5. MG996R 伺服馬達 x2
6. 18650 充電鋰電池 x3

#### 選擇及更換：

1. 在考慮預算上限以及操作簡易性，我們選擇使用 Arduino Uno Rev3 當整體的控制系統。



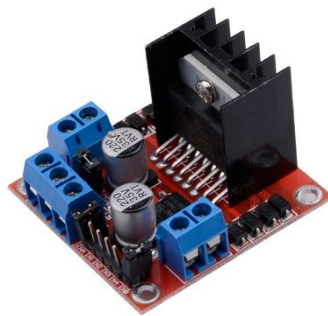
圖(22) Arduino Uno Rev3

2. 由於需要控制馬達控制模組以及循跡控制模組，我們選擇加裝 Sensor Shield V5.0 來確保 Arduino 的擴充性。



圖(23) Sensor Shield V5.0

3. 考量重量以及預算問題，我們選擇使用 L298N 馬達驅動模組來控制 4 個 TT 減速馬達當作整台自動車的動力系統。由於一個 L298N 只能控制兩邊的轉動方向以及 PWM，我們剛開始選擇使用兩個 L298N 控制四個馬達來左轉以及右轉。但之後考量到其實左轉以及右轉只需要讓整個左邊或是右邊的輪胎都減速就可以達成，不需要個別控制，因此最後只使用一個來降低重量以及成本。



圖(24) L298N 馬達驅動模組



圖(25) TT 減速馬達

4. 在期中測試的前半段時間，我們曾經選擇使用 360° MG996R 伺服馬達作升降系統的動力，雖然 MG996R 的扭力很大，能夠達到 13KG，但由於我們期中的升降裝置為持續轉動一根螺桿直到升降系統升到固定高度，使用伺服馬達轉動速度極慢，將整個升降系統升上去就需要花費將近一分鐘。為了減少上升的時間，我們嘗試使用扭力較小但速度很快的 TT 減速馬達，發現他的扭力足夠讓升降系統升上去，且上升時間大副降低到只要 10 秒，因此最後決定使用與動力系統一樣的 TT 減速馬達當作升降系統的動力。



圖(26) MG996R 伺服馬達

- 由於升降系統不能跟動力系統一起控制，因此我們再加裝了一個L298N來控制他，但可能是因為我們的電池是輸入到動力系統的L298N，再從這個L298N輸出到升降系統的L298N以及Arduino，造成升降系統的電壓變小，TT減速馬達的轉速變慢，最後還是需要花費30秒才能將升降系統完全升起來，但還是比原本的MG996R少了一半的時間。
5. 期中測試過後，我們決定將升降系統改為側翻式的，直接將機翼翻到指定高度，因此我們又將升降系統的動力改為可以翻到固定角度的 MG996R 伺服馬達。由於不需要再另外控制 TT 減速馬達，因此我們只留下一個 L298N 來控制車子的前進方向，而 MG996R 直接由 Arduino 控制。
6. 我們剛開始選擇用四個三號電池的串接盒當作電力來源，在 Arduino 接著傳輸線時所有的馬達都能正常轉動，但一拔掉傳輸線就會有馬達沒辦法轉動的情況。我們覺得是因為電壓不足所造成，四個三號電池的電壓為 6V，但是光 tt 馬達就需要 6V 的電壓，再加上其他的零件就會電壓不足，所以我們更換成三個 18650 充電鋰電池作電力系統，電壓有 11.1V，足夠驅動所有零件。



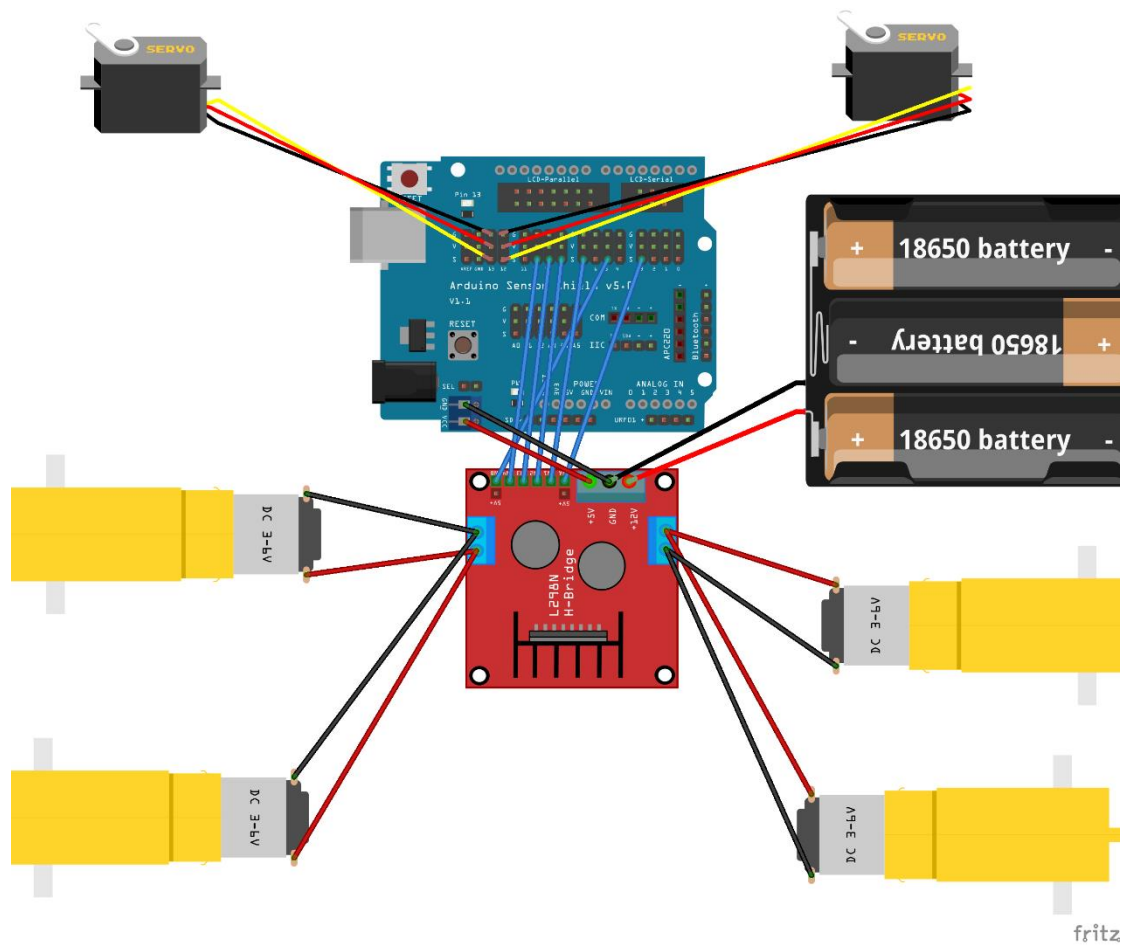
圖(27) 18650 充電鋰電池

### 電路安裝：

期中測試之前，我們將所有的電路系統(Arduino Uno、Sensor Shield、動力系統的L298N以及電池盒)都放在車底的上表面，而升降系統的L298N鎖在車頂的下表面，並且把升降系統的tt減速馬達固定在車頂的上表面來轉動升降系統的螺桿。

期中測試之後，我們改為將Arduino Uno及Sensor Shield放置在車子的左側來節省空間，而L298N放置在車底的正中央，這是為了能夠較為平均的連到四個tt減速馬達，而電池盒一樣放在車底維持車子的重心。

由於剩下一個L298N，我們一樣將電池盒接到L298N後供電給Arduino，四個tt減速馬達連到L298N上，而兩個MG996R直接由Arduino板供電。



圖(28) 電路系統連接示意圖

## 2.4.2 控制系統

### 動力系統

與期中測試相同，我們使用Arduino IDE當作主要的編譯器。動力系統的部分，需要去控制左右兩邊的輪胎轉動方向以及PWM，將IN1及IN3設定為HIGH、IN2及IN4設定為LOW就可以讓左右兩邊都往前轉動，而全部都設定為LOW就可以使所有輪胎停止。未來再加入循跡系統後，我們會嘗試兩種轉彎方式，第一種是直接將左邊或右邊的輪胎停止，第二種是去更改PWM的值，例如左邊為200，右邊為100，由於左邊PWM較大，因此車會向右轉。

```

● ● ●

int IN1 = 7;
int IN2 = 8;
int ENA = 3;

int IN3 = 9;
int IN4 = 10;
int ENB = 5;

int speed;

void setup()
{
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(ENA, OUTPUT);

  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);

  speed = 100;
}

void forward() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void turnLeft() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void turnRight() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void stop() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void loop() {
  analogWrite(ENA, speed);
  analogWrite(ENB, speed);

  forward();
  delay(5000);

  stop();
  delay(1000);
}

```

圖(29) 動力系統程式

### 升降系統

期中測試過後，我們改為使用MG996R來控制升降系統的角度。



```
#include <Servo.h>
Servo myservo1;
Servo myservo2;

void setup()
{
  myservo1.attach(13);
  myservo2.attach(12);
}

void loop() {
  myservo1.write(100);
  myservo2.write(60);
}
```

圖(30) MG996R 程式

## 循跡系統

一開始我們選擇四個紅外線偵測裝置搭配一個循跡控制板來控制車體的前進停止以及左轉右轉。然而，雖然循跡系統能夠讓我們沿著黑色線前進，但沒有辦法穩定的停在A區裡，甚至有時候會有感應不良等問題，因此最終我們決定拔掉循跡系統。



```
#define FRONT_LEFT 6
#define FRONT_RIGHT 4
#define REAR_LEFT 11
#define REAR_RIGHT 2

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(FRONT_LEFT, INPUT);
  pinMode(FRONT_RIGHT, INPUT);
  pinMode(REAR_LEFT, INPUT);
  pinMode(REAR_RIGHT, INPUT);
}

void loop() {
  int FR = digitalRead(FRONT_RIGHT);
  int FL = digitalRead(FRONT_LEFT);
  int RR = digitalRead(REAR_RIGHT);
  int RL = digitalRead(REAR_LEFT);

  if( FR == LOW || FL == LOW)
  {
    Serial.println("Front obstacle");
  }
  else {
    Serial.println("no");
  }

  if( RR == LOW || RL == LOW )
  {
    Serial.println("Rear obstacle");
  }
  else {
    Serial.println("no");
  }
  delay(200);
}
```

圖(31) 循跡系統程式

### 2.4.3 最終參數調整

#### 初始設定-起點正中央向前直行

拔掉循跡系統後，我們決定使用秒數調整的方式使車子轉彎以及停止。最剛開始選擇把車子放在起點的正中間，由於在側風處需要離風機越近下壓力越高，因此我們設定車子直線前進一小段時間後短暫往左偏轉再瞬間轉回直線前進，並且在行駛到側風處跑到的正中央時停止五秒以蒐集更多下壓力的數據。最後到轉彎處時再向左偏轉直到整台車停在A區。

然而在測試時我們發現一個問題，雖然輪胎與斜面的摩擦力足夠支撐車體停在斜面處，但停下來後再前進會因為動力不足而沒辦法跑上斜坡而下滑，因此我們在之後的調整裡都會移除停在斜面這個設定。

```

#include <Servo.h>
Servo myservo1;
Servo myservo2;

int IN1 = 7;
int IN2 = 8;
int ENA = 3;

int IN3 = 9;
int IN4 = 10;
int ENB = 5;

int motor_ENA = 13;
int motor_IN1 = 0;
int motor_IN2 = 1;

int speed;
int motor_speed;

void setup()
{
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(ENA, OUTPUT);

  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);

  pinMode(motor_IN1, OUTPUT);
  pinMode(motor_IN2, OUTPUT);
  pinMode(motor_ENA, OUTPUT);

  speed = 100;
  motor_speed = 250;

  myservo1.attach(13);
  myservo2.attach(12);
}

void forward() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
}

void turnLeft() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void turnRight() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void stop() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void airfoil_up() {
  digitalWrite(motor_IN1, LOW);
  digitalWrite(motor_IN2, HIGH);
}

void airfoil_down() {
  digitalWrite(motor_IN1, HIGH);
  digitalWrite(motor_IN2, LOW);
}

void airfoil_stop() {
  digitalWrite(motor_IN1, LOW);
  digitalWrite(motor_IN2, LOW);
}

void loop() {
  analogWrite(ENA, 110);
  analogWrite(ENB, 110);

  myservo1.write(100);
  myservo2.write(60);

  delay(5000);
  forward();
  delay(1750);
  analogWrite(ENA, 130);
  delay(1000);
  analogWrite(ENA, 110);
  analogWrite(ENB, 130);
  delay(750);
  analogWrite(ENB, 110);
  analogWrite(ENA, 110);
  delay(1000);
  stop();
  delay(5000);
  forward();
  delay(800);
  analogWrite(ENB, 100);
  analogWrite(ENA, 140);
  delay(400);
  stop();
  delay(10000000);
}

```

圖(32) 初始參數調整

## 期間測試設定-起點左邊向前直行

我們在移除掉停在斜坡上這個設定後遇到了另一個問題，由於升降裝置在升到最高後整個會在車體的最左邊，因此車體的重心也會偏左，導致整台車在上道斜坡後會往左打滑沒有辦法前進。起初我們覺得是因為車子在經過直線路段後要短暫向左轉以靠近風機，因此我們將車子改為放置在起點的最左邊，這樣就可以不用向左偏轉又可以靠近風機。

然而，車體還是一樣會向左打滑，我們預估是因為車體的動力不夠(前面車體都是以最小PWM 100前進)，因此我們將速度改為最大PWM 220來前進，真的可以成功跑上斜坡並停在停車區。

```

#include <Servo.h>
Servo myservo1;
Servo myservo2;

int IN1 = 7;
int IN2 = 8;
int ENA = 3;

int IN3 = 9;
int IN4 = 10;
int ENB = 5;

int motor_ENA = 13;
int motor_IN1 = 0;
int motor_IN2 = 1;

int speed;
int motor_speed;

void setup()
{
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(ENA, OUTPUT);

  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);

  pinMode(motor_IN1, OUTPUT);
  pinMode(motor_IN2, OUTPUT);
  pinMode(motor_ENA, OUTPUT);

  speed = 100;
  motor_speed = 250;

  myservo1.attach(13);
  myservo2.attach(12);
}

void forward() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
}

void turnLeft() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void turnRight() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void stop() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void airfoil_up() {
  digitalWrite(motor_IN1, LOW);
  digitalWrite(motor_IN2, HIGH);
}

void airfoil_down() {
  digitalWrite(motor_IN1, HIGH);
  digitalWrite(motor_IN2, LOW);
}

void airfoil_stop() {
  digitalWrite(motor_IN1, LOW);
  digitalWrite(motor_IN2, LOW);
}

void loop() {
  analogWrite(ENA, 110);
  analogWrite(ENB, 110);

  myservo1.write(100);
  myservo2.write(60);

  analogWrite(ENA, 220);
  analogWrite(ENB, 220);
  delay(5000);
  forward();
  delay(2350);
  analogWrite(ENB, 100);
  analogWrite(ENA, 140);
  delay(400);
  stop();
  delay(10000000);
}

```

圖(33) 期間參數調整

## 最終參數調整-起點左偏向右微偏前進

雖然增加前進速度能夠成功跑上斜坡，但是整個過程很不穩定，有時候會與之前一樣向左打滑，並且每一次在停車區停止的位置都不相同，因此我們將車速改回原本的110 PWM，並且在放置車體時把車頭微微往右偏，使車子在前進時會先往右斜前方前進，這又在斜坡上就不會往左打滑了。最後再利用程式控制車體向左轉彎停在A區。雖然這個方式也沒有辦法保證車子停在A區內，但是可以確保車子能夠爬上斜坡停到停車區內，並且停在A區的機率高達90%。

```

#include <Servo.h>
Servo myservo1;
Servo myservo2;

int IN1 = 7;
int IN2 = 8;
int ENA = 3;

int IN3 = 9;
int IN4 = 10;
int ENB = 5;

int motor_ENA = 13;
int motor_IN1 = 0;
int motor_IN2 = 1;

int speed;
int motor_speed;

void setup()
{
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(ENA, OUTPUT);

  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);

  pinMode(motor_IN1, OUTPUT);
  pinMode(motor_IN2, OUTPUT);
  pinMode(motor_ENA, OUTPUT);

  speed = 100;
  motor_speed = 250;

  myservo1.attach(13);
  myservo2.attach(12);
}

void forward() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
}

void turnLeft() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void turnRight() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void stop() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void airfoil_up() {
  digitalWrite(motor_IN1, LOW);
  digitalWrite(motor_IN2, HIGH);
}

void airfoil_down() {
  digitalWrite(motor_IN1, HIGH);
  digitalWrite(motor_IN2, LOW);
}

void airfoil_stop() {
  digitalWrite(motor_IN1, LOW);
  digitalWrite(motor_IN2, LOW);
}

void loop() {
  analogWrite(ENA, 110);
  analogWrite(ENB, 110);

  myservo1.write(100);
  myservo2.write(60);

  delay(5000);
  forward();
  delay(4700);
  analogWrite(ENB, 100);
  analogWrite(ENA, 140);
  delay(400);
  stop();
  delay(10000000);
}

```

圖(34) 最終參數調整

## Chapter 3 組別進度規劃

### 3.1 組別公約

- 一、目標：拿到85分以上。
- 二、遲到標準：線上開會5分鐘或實體開會10分鐘內沒有出席。
- 三、遲到處罰(遲到2次做1次/進度延遲1次做1次)：請所有組員喝飲料，可醜一。
- 四、固定開會時間：禮拜五下課後，一次開2小時。
- 五、回覆訊息時間：一天內(看過按表情符號)。
- 六、完成任務時間：依工作內容而定，逾時依遲到處罰的規定。
- 七、遇到什麼問題一律提出來大家討論。
- 八、主席開會前一天把當週議程丟群組，記錄在會後一天內整理好會議結果。
- 九、任何款項支出拍照發群組(發票、收據or明細)，若無法報公帳就五人平分。

### 3.2 甘特圖

	細項	二月		三月				四月				五月				六月		
		Week1	Week2	Week3	Week4	Week5	Week6	Week7	Week8	Week9(期中)	Week10	Week11	Week12	Week13	Week14	Week15	Week16(期末)	Week17
進度 規劃	車 體 結 構	資料搜集與初步發想																
		設計、調整與改良																
		繪製工程圖																
		採買零件																
		雷切、3D列印																
	風 動 裝 置	整體組裝																
		測試與修改																
		資料搜集與初步發想																
		設計、調整與改良																
		繪製工程圖																
	機 電 與 控 制	採買零件																
		雷切、3D列印																
		整體組裝																
		測試與修改																
		資料搜集與初步發想																
	報 告	學習模組使用方法與Arduino																
		機電元件收集與購買																
		車體移動、張開風動裝置程式設計與修改																
		計算平面/坡面車體行駛路徑																
		電源供應測試與改良																
分 析	電源開關與配線設計、改良																	
	整體測試與改良																	
	計畫、分工、歷屆報告參考																	
	期中報告撰寫																	
	期末報告撰寫																	
	討論分析內容與方式																	
	設計分析																	
風力流場分析																		
應力分析																		
風動裝置抵力分析																		
車體運動分析																		
加工與損差分析																		

圖(35) 甘特圖

### 3.3 會議記錄

會議一	地點	普通103	時間	15:10~16:00
	日期	April 28, 2023	出席狀況	全到
會議內容	<p><b>機翼</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用半月型設計(3D列印印出骨架、貼上透明膠片)</li> <li>2. 機翼固定後，使用伺服馬達進行俯角調整，初始設定為8度垂直於升降桿件。機翼初始長度26.6cm，初始寬度18.1cm，初始高度5cm</li> <li>3. 為使下壓力充分傳導至下方車體，使其與一套整套木板連接</li> </ol> <p><b>車體</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 第二層底板移除，使用一層底板外加一邊側板。在節省車輛重量的同時，也能確保空間足夠塞下所有電子元件</li> <li>2. 升降機構使用3根支架旋轉撐起，可使下壓力往下的分力更大</li> <li>3. 三根支架分布於車體的0cm,13.5cm,27cm處</li> <li>4. 經過討論確定不會因為側風導致車輛翻轉，因此不須特別擔心</li> </ol>			

會議二	地點	線上	時間	20:00~21:00
	日期	May 5, 2023	出席狀況	全到
會議內容	<p><b>機翼</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成第一版本的3D列印，並嘗試分析</li> <li>2. 機翼的分析須更嚴謹與系統化</li> </ol> <p><b>升降</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已畫出新工程圖並雷切，盡快確定車體組裝方式就能馬上組裝</li> <li>2. 機構與期中完全不同，要多做一點評估與測試</li> </ol> <p><b>機電</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 期中用的馬達不夠力，要換新</li> <li>2. 這週末就會去光華購買</li> </ol>			



會議三	地點	永齡	時間	13:20~15:00
	日期	May 12, 2023	出席狀況	全到
會議內容	<p><b>機翼</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 機翼的特性符合預期，不需要再更動</li> <li>2. 機翼與升降的固定方式要再改進(機翼會晃)</li> </ol> <p><b>升降</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 固定在車板上的升降裝置尺寸有些不合，要盡快改良</li> <li>2. 下週有改良版後要裝在車子側板上，著重關注穩定度</li> </ol> <p><b>機電</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已購入MG996R馬達</li> <li>2. 要測量最佳的機翼攻角，使下壓力/車重比值進一步提升</li> </ol>			

會議四	地點	永齡	時間	13:20~15:00
	日期	May 19, 2023	出席狀況	全到
會議內容	<p><b>車體</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 把電池盒以外的零件裝到側板上，好讓重心穩定避免傾倒</li> <li>2. 提早畫好備用或改良零件圖檔並雷切或3D列印，避免像期中測試前機台出狀況而大幅延宕進度的窘境</li> </ol> <p><b>升降</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已經縮短支架以符合車體尺寸要求</li> <li>2. 穩定度仍有可進步之處，需再構思第三版本當備案</li> </ol> <p><b>機電</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 空間利用仍不夠有效率，要重新接線避免浪費空間、甚至干涉車體運行的狀況發生</li> </ol>			

會議五	地點	永齡	時間	13:20~15:00
	日期	May 26, 2023	出席狀況	全到
會議內容	<p><b>車體</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 測試在即，要趕快組裝完整車體進行測試</li> <li>2. 賽道目前load cell仍未架設好，可先以確保穩定爬坡為測試目標</li> </ol> <p><b>升降</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對穩定度與裝設上再次優化，作出第三版本</li> <li>2. 須調整升降底座高度，使測試時能穩定達到35公分產生下壓力</li> </ol> <p><b>機電</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 要確保旋轉升降機構的兩顆馬達同步，參數要再調整的更精確</li> <li>2. 馬達需將升降機構轉至約210度的位置最為理想</li> </ol>			

會議六	地點	永齡	時間	13:20~15:00
	日期	June 2, 2023	出席狀況	全到
會議內容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 車體在無風情況下雖然可爬坡，但總是會有向左偏的趨勢，要趕快找出可能的成因進行除錯</li> <li>2. 推測成因為輪胎接頭不理想緊配、整體重心太偏左、馬達功率不足、參數調整不夠精確、電池電量太低、馬達功率不足等。各組須針對自己負責領域的可能成因進行測試，或是構思改良方式</li> <li>3. 下壓力數值不夠大，要再思考一下機翼的裝設方式</li> <li>4. load cell似乎有問題，且各跑道間的測試結果相去甚遠，因此要在確定我們這組的跑道後只用該跑道測試才會準</li> </ol>			

會議七	地點	永齡	時間	18:00~20:00
	日期	June 7, 2023	出席狀況	全到
會議內容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 停車的精確度、走直線的穩定度、升降機構運作等特性表現理想</li> <li>2. 下壓力讀值十分不穩，從負的到22%都有，推測是load cell的問題。須做好備案從機電控制程式碼下手，以防測試當天問題無法排除會影響成績</li> <li>3. 要再確定一下電池充滿電的情況下最好的出發位置與行進路線</li> <li>4. 老樣子，一人買一包乖乖</li> <li>5. 測試當天互相確認有沒有睡過頭，務必準時到場</li> </ol>			

會議八	地點	線上	時間	21:00~22:00
	日期	June 10, 2023	出席狀況	全到
會議內容	<p>1. 討論期末報告分工</p> <p>哲源：機翼、志榮：升降、泉文：底板、力權：機電、鏡丞：統整</p> <p>2. 規定各自完成各自部份報告的時限</p>			

## Chapter 4. 組員心得

### 4.1 組長：吳哲源

Legend has it that there's a lurking monster class in the second semester of junior year. In the beginning of the semester, I was so terrified that this would make me overwhelmed for the whole semester. It was until that we first passed the midterm test that this mental burden started to become ease. At the beginning of our journey, I tried to find everyone's strength and find a niche for them. Thankfully, everyone was satisfied with their job distribution., and they even wanted to do more and helped each other. Nonetheless, things did not always go smoothly. There was a tragic event happening after midterm test which we found out our lifting device needed to be re-design comprehensively. But 志榮 did not even hesitate and immediately kept his nose to the grindstone, despite the fact that he had put so many effort in making the first version of our lifting device work. Also, while 泉文 was initially in charge of the chassis and the wheel connector designing, he came to find 志榮 and helped with brainstorming and test without a complaint. I also wanted to give a special thanks to 力權. While our car was stumbling to follow the designated route and parked at the A section, he never got tired of doing the trial and error and consistently altered the parameters in the Arduino. And because he has tried so many times, as the car slightly divert from the track, he could instinctively modify the code in the right way and made the car run at his will again. To now, it's still impressive to me of how adept he has become. Moreover, 鏡丞 volunteered to do all the messy work of unifying the format of report and he was always the one who did the documentation of meeting when it's a tedious task to do. Retrospectively, I found out that these hardships were the moment that we showed the true value of our teamwork. And I feel extremely lucky and honored to be the leader of this well-functioning team. Each of us has our own strength, but most important of all, all of us are willing to sacrifice for others' sake. As a leader, I still consider myself deficient and there's huge room for me to learn. But this class feels nothing like a monster to me. Instead, I actually gain a great sense of achievement during the process of fighting along with teammate, and this class is definitely the most adventurous one among every class that I have taken for the past three years.

## 4.2 組員：曾志榮

與大家一同參與這堂課程是一個令人難以忘懷的經驗。在此之中，我們面臨了許多挑戰，但也獲得了許多寶貴的學習和成長機會。我們從頭開始設計了這台車。從構思到實際製作，每個人都發揮了自己的創意和專業知識。我們花了很多時間進行討論和設計試驗，確保我們的車輛具有良好的平衡和穩定性。

在製作過程中，我們遇到了許多技術問題和困難。有時候我們的設計需要不斷地調整和改進，以確保車輛的性能達到預期。這要求我們具有良好的溝通和協作能力，以及解決問題的能力。通過共同努力和團隊合作，我們克服了困難，並且成功地達到課程要求。參與蔗糖課程不僅是為了課業，更是為了增進我們的專業知識和技能。我們有機會實際應用所學的機械工程理論和實驗方法。最重要的是，這堂課程讓我們深刻體會到了實驗和理論之間的聯繫。我們不僅僅是研讀書本上的知識，還有機會將這些知識應用到實際問題中。這種實踐經驗讓我們更加全面地理解了機械工程的原理和應用。

總而言之，與大家一同參與蔗糖課程是一個充滿挑戰和收穫的過程。通過這個項目，我們獲得了寶貴的學習機會，提升了專業知識和技能，同時培養了團隊合作和問題解決的能力。這將對我們的未來發展產生深遠的影響，並成為我們職業生涯中的重要里程碑。特別感謝小組的每位組員帶給我一段酸甜苦辣盡嘗的美妙旅程。

## 4.3 組員：陳泉文

在這個專題中，我負責的是底板設計的部分，這對我來說既是一個學習機會，也是一個實踐我知識和技能的場地。底板設計的部分，因為期中之後要重新設計，要解決期中遇到的困難，透過與組員之間的討論，我們也逐步改進了底板的設計，最終達到了預期的效果。此外，這個專題也讓我學會了如何與團隊成員有效地合作。在這個過程中，我們需要彼此之間的信任和努力，並且需要學習如何更有效地溝通和協調。每個人的貢獻都是重要的，而每個人的貢獻都建立在良好的團隊合作之上。總的來說，這次的專題研究是一次充滿挑戰和收穫的旅程。我不僅學習到了實際的技能和知識，如何3D列印和雷切，還學習到了如何解決問題和與他人合作。

## 4.4 組員：郭力權

機械工程實務可以算是機械系必修中為數不多的實作課之一，要將我們平常所學的理论用於實作中，一開始有點徬徨，不知道從何下手。在經過多次翻閱資料以及學長姐們留下來的作品後，開始對整體的架構有初步的認識。我所負責的部分是電路以及程式，最難的應該是從頭開始摸索Arduino程式的部分。由於之前從來沒有接觸過Arduino，需要大量的上網蒐集資料，但在看完網路上的教學之後，發現Arduino與平常所學的其他程式語言架構相似，只是用途以及組件不同而已。

由於我們最後選擇不使用循跡系統，而是算秒數的方式，測試前夕花費最多時間以及精神的就是在參數調整上。每次擺放的位置不同就會有不一樣的結果、時間上差了零點幾秒就會超出跑道或是停在不同區域，或是因為車體重心偏左，因此常常會往左打滑等，都是我們不斷嘗試處理的問題。幸好最後如期的停在我們預期的位置。

這堂課讓我學到最多的就是在於錯誤的分析以及改良。過程中一定會遇到大大小小不一樣的問題，關鍵就在於如何去分析他的原因並且找尋方法解決他。

## 4.5 組員：程鏡丞

由於之前都沒有實作專題的經驗，即使在設計車體前已經跟組員討論過很多細節，期中前設計出的車子還是在不斷的試錯中誕生的。不論是零件的製作或是材料選用，都是在「做出來、試試看、發現問題、重做」的循環中不斷重複，到了期中測試的前一晚才勉強能產生微乎其微的下壓力，還好最後還是有驚無險的完美通過了。但我們深知期末測試不可能再這麼幸運，且期中測試的車體並不能完成大部分的期末測試要求。因此我們結合期中測試前的經驗，把整台車都重新設計了。

在新版本的車體上，我們棄用了本來的雙層車體設計，並改用完全不同的升降機構，除了解決升降過程中受力不平均也不穩定導致風力被大部分消耗的缺陷外，也大幅減輕了車體重量，對於壓地力/車體總重的比值提升有很大的幫助。過程中雖然有幾乎重新設計新的車子所帶來的陣痛期，但有了期中的經驗，在畫工程圖、雷切與3D列印、組裝與設計等工作的效率也大有提升，因此很快就進入狀況。最後也幸運地只損失了1.25分的Bonus，正規任務的得分一分都不漏。

之前就聽說過大三下學期不要選太多課，因為會有一大半的時間需要花在實作上，但這次大家還是有幸不用經歷本來害怕的瘋狂爆肝與熬夜測試，甚至測試前的信心還比期中時要高



出許多，一切都要感謝大家積極的把我們的左翼份子調整到最佳狀態。雖然真的壓力很大，但也因此得到很多寶貴的實作經驗。最後要感謝我最給力的神隊友們，大家這學期都辛苦了！

## Chapter 5. 附錄

### 5.1 BOM表

編號	名稱	數量	單價	總價	來源	一二手
0	整台車總計	1	2423	2498	自行組合	
1	MG996R馬達	2	210	420	光華購買	
2	18650電池	3	140	420	光華購買	
3	減速雙軸馬達	4	30	120	光華購買	
4	L298N馬達驅動器	1	130	130	光華購買	
5	升降支座	3	-	-	永齡雷切	
6	升降支架	3	-	-	永齡雷切	
7	傳力桿	4	-	-	永齡雷切	
8	機翼支架	7	-	-	永齡雷切	
9	支撐平板	2	-	-	永齡雷切	
10	機翼骨架	10	-	-	永齡雷切	
11	車底板	1	-	-	永齡雷切	
12	車側板	1	-	-	永齡雷切	
13	骨架連接桿	1	-	-	永齡雷切	
14	底盤卡桿	8	-	-	永齡雷切	
15	輪胎馬達接頭	4	-	-	永齡3D列印	
16	機翼骨架支架接頭	3	-	-	永齡3D列印	
17	輪胎	6	-	-	課程提供	
18	3mm螺絲	17	-	-	永齡提供	
19	3mm螺帽	17	-	-	永齡提供	
20	2mm螺絲	8	-	-	永齡提供	
21	2mm螺帽	8	-	-	永齡提供	
22	投影片	3	60	180	網路購買	
23	Arduino電路板	1	550	550	網路購買	
24	18650電池盒	1	18	18	網路購買	

25	UNO擴充板+電線	1	60	60	網路購買	
26	機翼兩側豎板	2	-	-	回收紙箱製成	二手
27	密集板	24	25	600	永齡購買	

註：一二手欄位中未標註者皆為非二手零件

## 5.2 完整機電控制程式碼

```
#include <Servo.h>

Servo myservo1;
Servo myservo2;


int IN1 = 7;
int IN2 = 8;
int ENA = 3;


int IN3 = 9;
int IN4 = 10;
int ENB = 5;


int motor_ENA = 13;
int motor_IN1 = 0;
int motor_IN2 = 1;


int speed;
int motor_speed;


void setup()
{
    pinMode(IN1, OUTPUT);
    pinMode(IN2, OUTPUT);
    pinMode(ENA, OUTPUT);


    pinMode(IN3, OUTPUT);
    pinMode(IN4, OUTPUT);
    pinMode(ENB, OUTPUT);


    pinMode(motor_IN1, OUTPUT);
    pinMode(motor_IN2, OUTPUT);
    pinMode(motor_ENA, OUTPUT);
```

```
speed = 100;
motor_speed = 250;

myservo1.attach(13);
myservo2.attach(12);
}

void forward() {
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, HIGH);
}

void turnLeft() {
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}

void turnRight() {
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}

void stop() {
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}
```

```
}
```

```
void airfoil_up() {  
    digitalWrite(motor_IN1, LOW);  
    digitalWrite(motor_IN2, HIGH);  
}
```

```
void airfoil_down() {  
    digitalWrite(motor_IN1, HIGH);  
    digitalWrite(motor_IN2, LOW);  
}
```

```
void airfoil_stop() {  
    digitalWrite(motor_IN1, LOW);  
    digitalWrite(motor_IN2, LOW);  
}
```

```
void loop() {  
    analogWrite(ENA, 110);  
    analogWrite(ENB, 110);
```

```
    myservo1.write(100);  
    myservo2.write(60);
```

```
    delay(5000);  
    forward();  
    delay(4700);  
    analogWrite(ENB, 100);  
    analogWrite(ENA, 140);  
    delay(400);  
    stop();  
    delay(10000000);
```

```
    // delay(5000);
```

```
// forward();
// delay(1750);
// analogWrite(ENA, 130);
// delay(1000);
// analogWrite(ENA, 110);
// analogWrite(ENB, 130);
// delay(750);
// analogWrite(ENB, 110);
// analogWrite(ENA, 110);
// delay(1800);
// analogWrite(ENB, 100);
// analogWrite(ENA, 140);
// delay(400);
// stop();
// delay(10000000);

// analogWrite(ENA, 220);
// analogWrite(ENB, 220);
// delay(5000);
// forward();
// delay(2350);
// analogWrite(ENB, 100);
// analogWrite(ENA, 140);
// delay(400);
// stop();
// delay(10000000);
}
```

