

# 後軸直驅電動車

指導老師：王勝清老師

組員：林和頡、錢璽鈺、陳奕華、李士揚、林家正、施柏綸、盧承駿

## 摘要

本專題製作具駕駛人輔助系統的電動車，經由SolidWorks設計單人四輪結構之車輛，用Ansys進行有限元素之應力分析，採用機械加工技術製造車體零件並組裝，透過Arduino結合CANBus車載網路系統設計控制程式，完成可以實現定速巡航、盲點提醒、倒車輔助並可以穩定行駛的電動車。

關鍵字：輪轂馬達、有限元素分析、CANBus

## 1. 前言

據統計顯示電動車市場需求量逐年增長，在未來電動車將取代部分燃油車，為了跟進市場的脚步，因此本專題試著以大學所學技術自製一輛電動車，並模擬市售車搭載駕駛人輔助系統。為確保系統能符合預期的目標，以Ansys有限元素分析軟體，針對車輛結構與懸吊系統設計進行分析。最後經由自行加工組裝、控制電路設計、程式撰寫，完成電動車，並進行功能與性能的測試。[1]、[2]、[3]、[4]、[5]

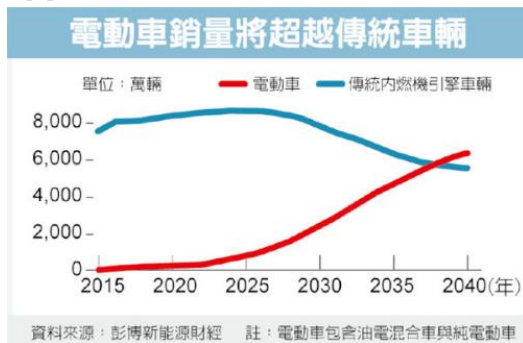


圖1. 2015~2040預測圖

## 2. 設計目標

有關電動車在性能設計上，要滿足表1所示的性能。最高時速40km/h 以上；續航力能達30min 以上；車體淨重能在250kg 以下；最高能負重100kg 以上；並能行駛在12%以上的坡度。在功能方面必須具備以下三種功能。

1. 盲點偵測
2. 倒車輔助系統
3. 定速巡航

表1：預期性能

時速	≥ 40km/h
續航力	≥ 30 min
車體淨重	≤ 250 kg
負載	≥ 100 kg
坡度	≥ 12 %

### 2.1. 動力傳輸選用

車輛馬達系統可分為兩大類型，分別為輪轂馬達、直流無刷馬達，如表2所示。因本專題所設計之車輛為了節省設計空間加上馬達直接輸出，所以選用輪轂馬達。

表2：動力傳輸選用

馬達種類	輪轂馬達	直流無刷馬達
優點	馬達直接輸出 節省設計空間	可由齒比調整 扭力 單顆配置即可 驅動
缺點	需要成雙配對	需要一定空間



(a) 輪轂馬達



(b) 直流無刷馬達

### 2.2 馬達選用公式

馬達選用方面，因為輪轂馬達最為廣泛的被使用，性能方面也較穩定，因此我們以輪轂馬達作為我們的動力來源。根據本專題所預期之性能並依照車輛設計條件，將車重(含電池與負載)設定在約350kg，其詳細條件如表3所示。由式(1)、(2)能求得馬達所需之功率[6]。

$$P_e \geq \frac{1}{\eta_t} \left( \frac{mgf_r}{3600} v_m + \frac{C_d A}{76140} v_m^3 \right) \quad (1)$$

$$P_m \geq \frac{1}{\eta_t} \left( \frac{mgf_r \cos \alpha}{3600} v_m + \frac{mg \sin \alpha}{3600} v_m + \frac{C_d A}{76140} v_m^3 \right) \quad (2)$$

表3馬達選用公式

一般道路(1)	
最高車速	40 km/h
整車重量 ( $m$ )	350 kg
滾動摩擦係數 ( $f_r$ )	0.015
空氣阻力係數 ( $C_d$ )	0.35
車輛整體迎風面積 ( $A$ )	3.0 $m^2$
整車動力傳輸系統效率 ( $\eta_t$ )	0.9
最小需求功率	1.62 kw
(爬升道路)(2)	
最高車速	20 km/h
坡度角 ( $\alpha$ )	12 %
最小需求功率	2.96 kw

### 3. 車架主結構

本專題力求車輛結構堅固、容易製作，因此車架以中碳鋼材料為主，以方便事後安裝電路板、懸吊系統等。如圖2所示。

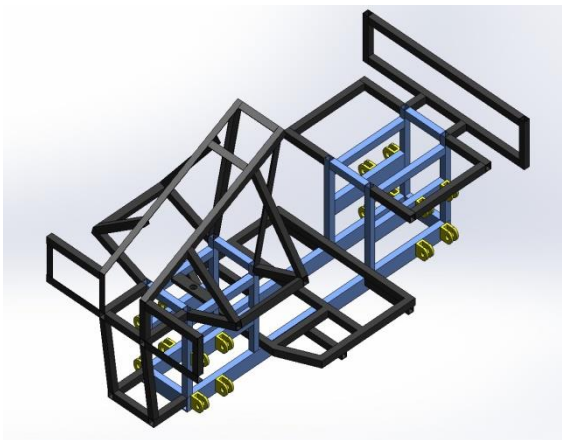


圖2車架主結構

### 4. 懸吊選用

車輛懸吊系統可分為兩大類型，分別為麥花臣式、雙A臂式，如表4所示。

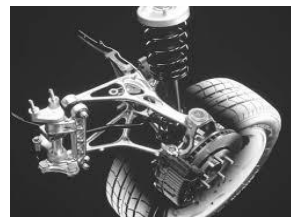
本專題之所以以這兩種懸吊作為設計考量是因為此種避震形式皆屬獨立型避震系統。

雙A臂式相較麥花臣式而言則是多了上方搖臂，使得上、下搖臂和避震器形成較強的避震結構，且能配合當下路面情況作調整。

其優缺點如下表所示。因本專題所設計之車輛安裝空間充足，且避震需求高，因此以雙A臂式做為懸吊設計。[7]

表4：懸吊選用

	安裝設計	安裝空間	避震效果
麥花臣式	簡單	小	低
雙A臂式	普通	中	中



(a) 雙A臂式



(b) 麥花臣式

### 5. 電池選用

目前大部分常用的電動車電池，以鉛酸電池與鋰電池為主，兩者中以鋰電池各方面表現較優，如表6所示，重量輕，體積小、自放電率低於鉛酸電池大約20倍之多，也較環保，雖然成本高出許多，但鋰電池較符合我們的需求，而且在安全性方面，在目前的技術，已獲得大幅的改善。

表5：電池比較

	鉛酸電池	鋰電池
價錢	低	鉛酸電池 2~3 倍
重量與體積	重且較大	較輕且小
壽命	約2年	約4年
自放電率	約30%	1% ~ 15%
耐撞擊性	高	略低，有爆炸風險
環保性	製作過程、回收不當會有汙染，但可回收汰舊換新。	製作過程較環保，但不可回收。

接下來根據性能目標的設定，以最高時速40km/h 續航30min。單顆馬達需求電壓為48V、所

需電池容量為31.25Ah，因此本專題選擇 電池規格為電壓48V、電池容量40Ah。以公式(3)所算出[8]

$$1500W \div 48V \times 0.5 \text{ hr} \times 2 = 31.25Ah \text{ (3)}$$



圖3 電池

### 6. 轉向結構選用

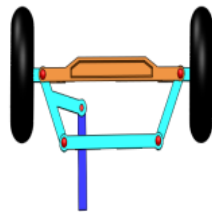
車輛轉向系統可分為兩大類型，分別為齒輪齒條式、連桿式，如表7所示。本專題所設計之車輛轉向需省力並提供高穩定性，所以選用齒輪齒條式。

表6：轉向結構選用

	齒輪齒條式	連桿式
優點	穩定性較高 轉向較省力	結構設計簡易
缺點	結構較複雜	穩定性偏低 轉向出力大



(a) 齒輪齒條式



(b) 連桿式

### 7. 有限元素分析

本專題的車輛結構主要的受力部分有車架主體與懸吊系統，因此以 Ansys 進行有限元素分析驗證車架結構設計具有安全性。[9]

#### 7.1 分析項目-下 A 臂

因下 A 臂需承受很大壓力，所以要對下 A 臂進行應力分析進行評估。分析結果如圖6到圖9所示，最大應力為34.295MPa，最小安全係數為7.2896由模擬結果可知下 A 臂設計在安全性可接受範圍內。

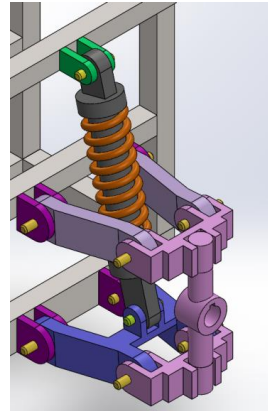


圖4 後方 A 臂

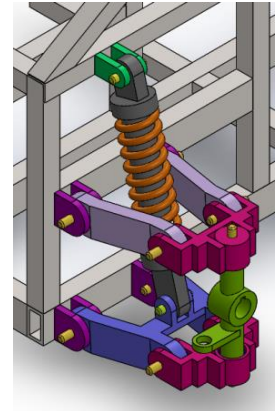


圖5 前方 A 臂

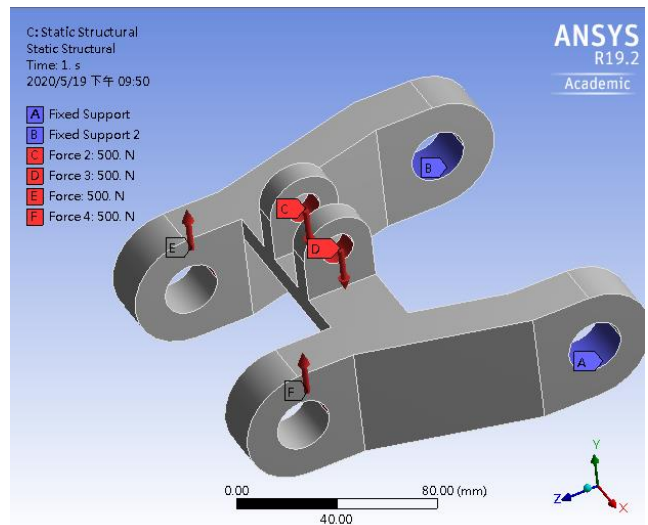


圖6 邊界條件

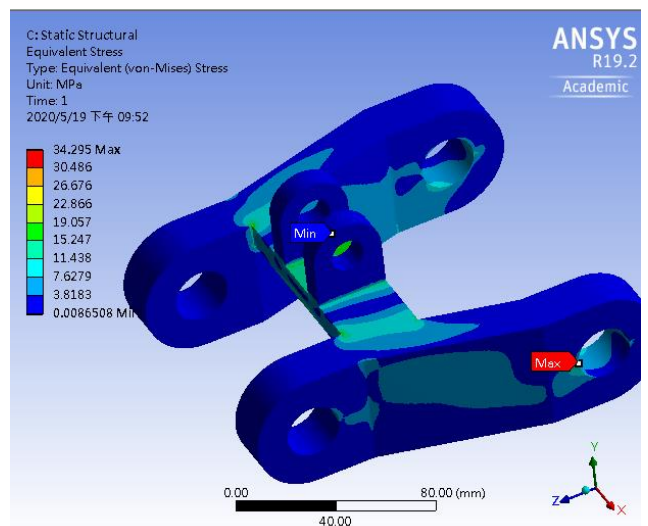


圖7 最大應力：34.295MPa

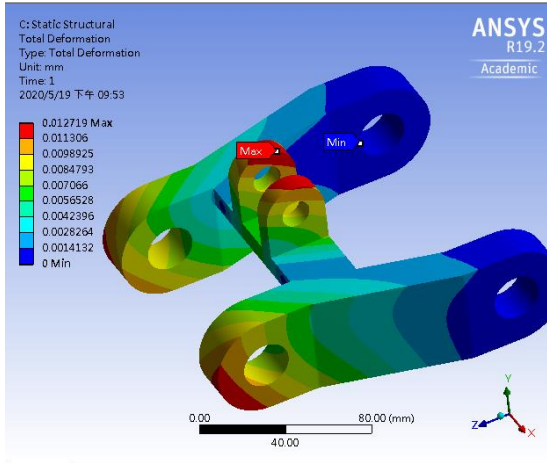


圖8 最大變形量：0.012719mm

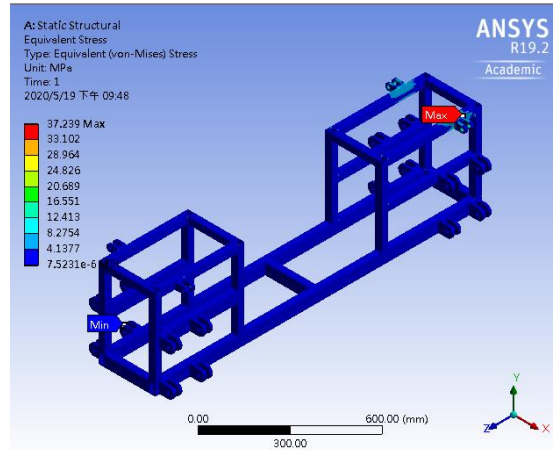


圖11 最大應力：37.239MPa

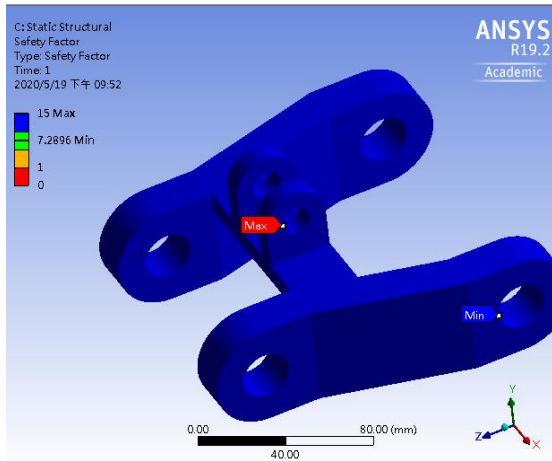


圖9 最小安全係數：7.2896

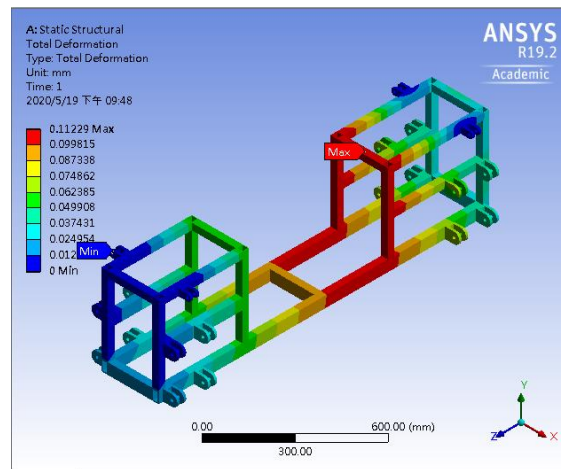


圖12 最大變形量：0.11229mm

## 7.2 分析項目-車架

車架需承受本身重量250kg 加上人體重量100kg 的壓力，所以對此處進行應力分析。分析結果如圖10到圖13所示，最大應力為37.239MPa，最小安全係數為6.7133，由模擬結果可知車架設計在安全性可接受範圍內。

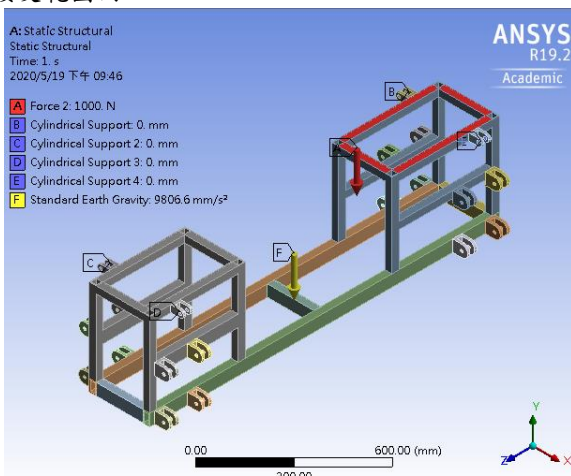


圖10 邊界條件

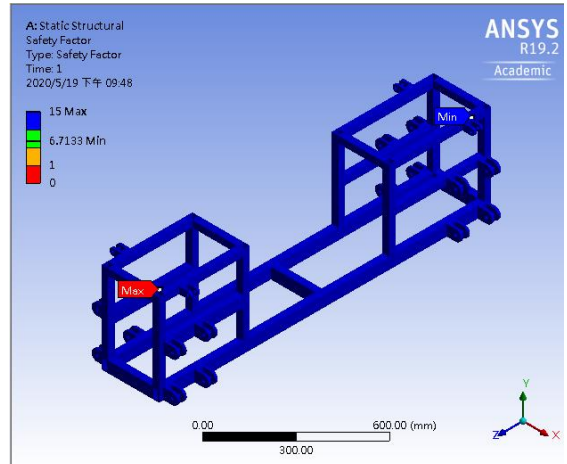
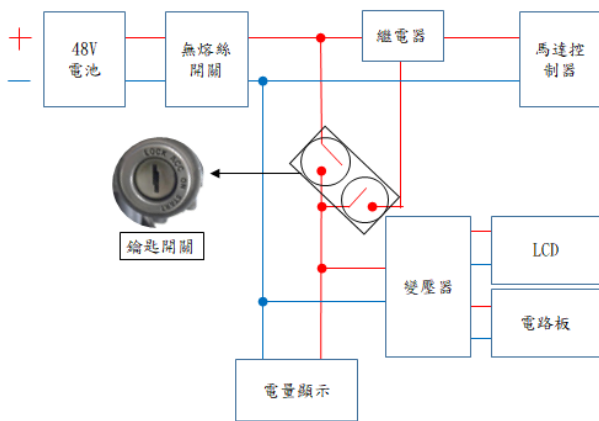


圖13 最小安全係數：6.7133

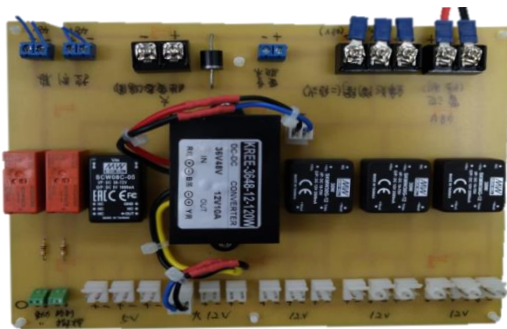
## 8. 電路設計與製程

### 8.1 電源系統

本專題的電路系統設計，將所有電路接上48伏特的電池，透過無熔絲開關作保護，在使用二段式鑰匙開關來分別開啟燈系的電源和動力的電源。如圖14所示。



本專題的電源系統的電路板，接收48伏特的電透過變壓器轉換成5伏特及12伏特，供其他電路板使用。如圖15所示。



### 8.2 CANBus 電路

本專題的控制系統傳輸網路規畫，為了防止油門訊號受干擾或延遲，因此在控制電路上面設計兩組 CANBus，其中一組是傳送人機介面訊號 CANBus1，例如盲點提示、倒車輔助，另外一組是傳送速度信號進行控制 CANBus2，例如油門及定速控制。藍色框是我們主要接收的控制信號。如圖16所示。

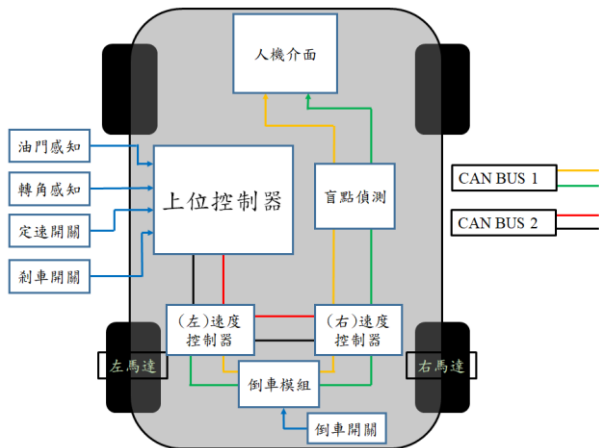
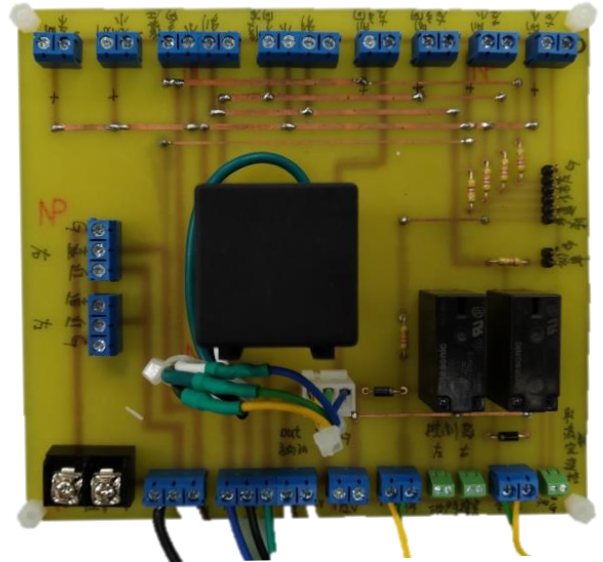


圖16 CANBus 電路

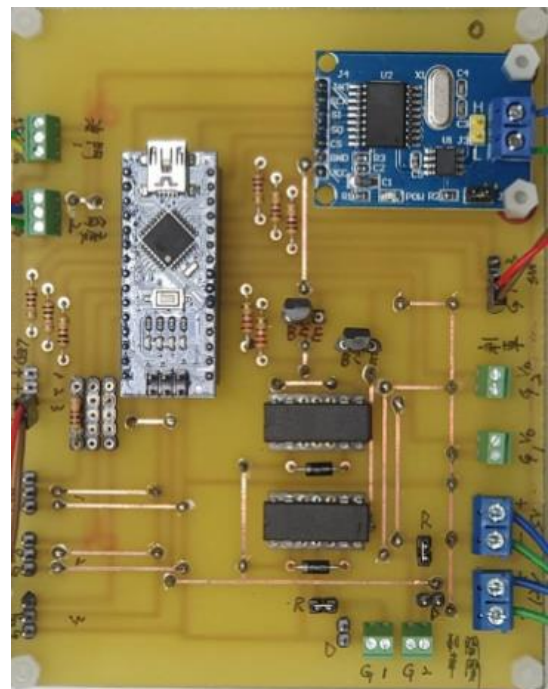
### 8.4 燈系控制

本專題的燈系控制的電路板，分別供給所有燈系電源以及接收煞車訊號。如圖17所示



### 8.5 上位控制器

如圖18所示，為車輛之中樞，接收油門訊號跟定速開關訊號控制車輛的移動。



### 8.6 超音波

如圖 19 所示，接收兩組超音波訊號，並轉換成距離，最後回傳數據給上位控制板做判斷。[10]

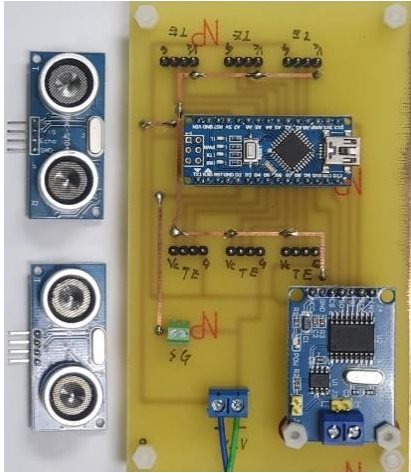


圖 19 超音波

### 8.7 倒車系統

本專題的倒車面板，分別控制馬達的反轉以及倒車燈、倒車雷達的開關，並以蜂鳴器提示駕駛人。如圖 20 所示。

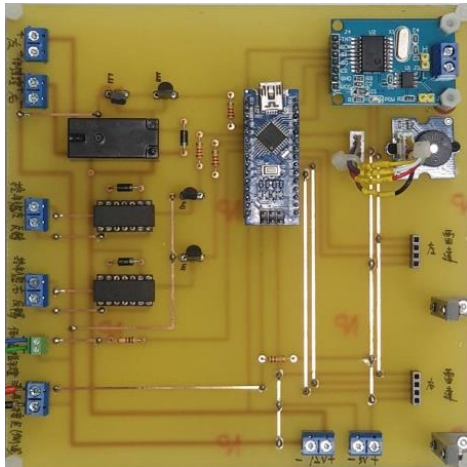


圖 20 倒車系統

### 8.8 儀表設計

本專題的儀表板設計，上面包含了各種功能的指示燈，並透過 LCD 顯示盲點提示、倒車輔助以及時速。如圖 21 所示。

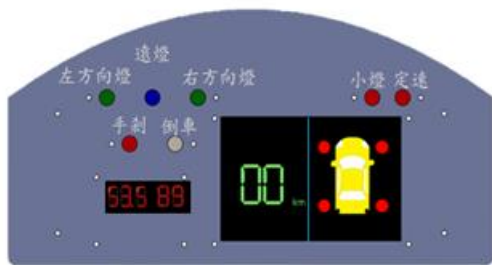


圖 21 儀表設計  
9 程式設計

#### 9.1 盲點偵測

本專題設計之盲點偵測，偵測電動車兩側是否有障礙物

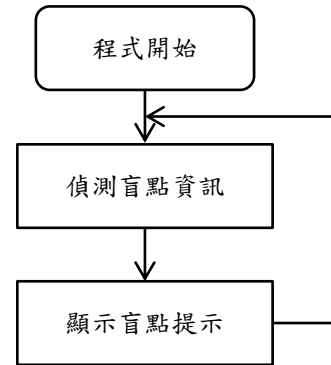


圖 22 盲點偵測流程圖

#### 9.2 LCD 切換顯示

本專題設計之 LCD 切換顯示，顯示車速和倒車模式。

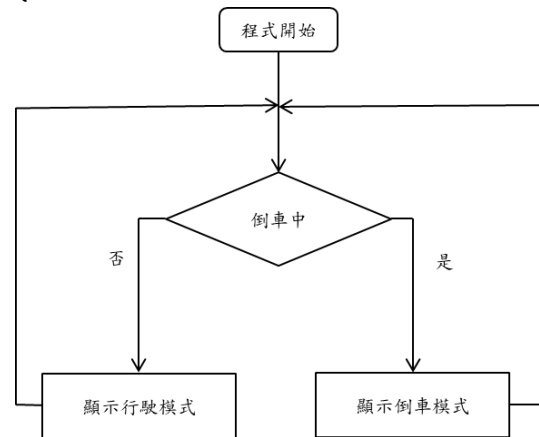


圖 23 LCD 切換顯示流程圖

#### 9.3 倒車輔助顯示

本專題設計之倒車輔助顯示後方是否有障礙物。

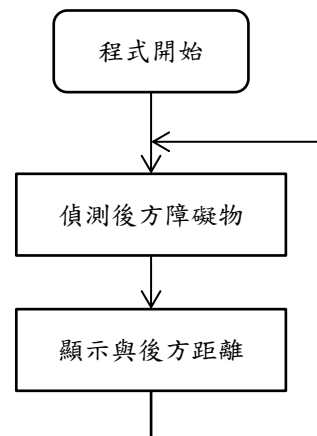


圖24 倒車輔助顯示流程圖

9.4 定速巡航

本專題設計之定速巡航，撥動撥桿進入定速巡航。

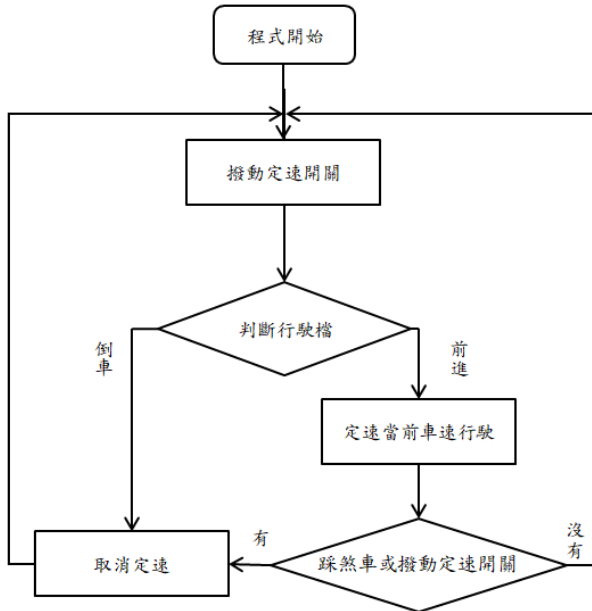


圖25 定速巡航流程圖

9.5 馬達轉速響應曲線

圖26為車輛定速行駛中遇上下坡之速度響應曲線，藍色時速定速差，黃色左輪時速，綠色右輪時速，黑色平均時速，紅色定速值。

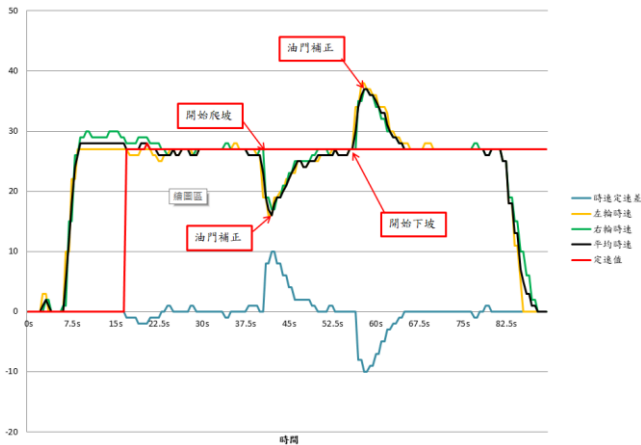


圖26 馬達轉速響應曲線

10. 加工成品

10.1 前懸吊系統、後懸吊系統

利用銑床製作出上下 A 臂，再透過手工的方式將其組合而成。如圖27、圖28所示。



圖27 前懸吊系統



圖28 後懸吊系統

10.2 車軸箱

固定碟盤及前輪，透過車床與銑床加工而成的零件組裝起來，內部套上滾珠軸承與黃油，完成車軸箱。如圖29所示。



圖29 車軸箱

### 10.3 車架組裝

車架主要採用二氧化碳焊接，製成難度不高且強度夠，能夠使車架承受足夠的重量，焊接完畢後即可鎖上製作好的懸吊系統，最外面則裝上輪胎。如圖30所示。



圖30 車架組裝

## 11. 結論

### 11.1 車體總成

本專題完成之後軸直驅電動車，其車體側面之照片。如圖31所示



圖31 車體側面

### 11.2 結果與討論

本專題確實完成一輛電動車，搭載盲點提示、倒車輔助、定速巡航等子系統，時速能達到47km/h，續航力能達到60min，如表7所示。

我們發現喇叭作動時，會干擾全車控制訊號系統，因此需做獨立電路以供喇叭使用才能解決。較佳的改善方法應為重新設計整車電路。

表7 預期目標

	預期目標	測試結果
車體淨重	≤ 250 kg	230 kg
平地時速	≥ 40 km/h	47 km/h
爬坡時速	≥ 20 km/h	32 km/h
續航力	≥ 30 min	60 min

## 12. 誌謝

特別感謝民間技師，錢仁賢先生協助，特別感謝民間友人，李明仁先生協助，以及實驗室學長與老師指導協助幫忙，使本專題順利完成。

## 13. 參考文獻

- [1].林敬喬，「雙輪機器人 DSP 嵌入式系統之研製」，國立台灣科技大學高分子工程系碩士學位論文，2008。
- [2].柯博仁，四輪驅動電動車之製作與設計，碩士論文國立屏東科技大學車輛工程系，屏東，台灣，2012。
- [3].Shinichiro,S., Yoichi, H., “Advanced Vehicle Motion Control of Electric-Vehicle based on theFast Motor Torque Response”,International Symposium on Advanced Vehicle Control(AVEC),Michigan, USA, 2000.
- [4].朱文吉，「四輪驅動電動車電子差速系統的研習」，同濟大學，汽車學院碩士論文，2009。
- [5]. ADAS 先進駕駛輔助設備 [https://www.eup.com.tw/?page\\_id=8141&utm\\_source=bing&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=%E5%8F%B8%E6%A9%9F%E5%AE%89%E5%85%A8&utm\\_term=ADAS&utm\\_content=ADAS](https://www.eup.com.tw/?page_id=8141&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=%E5%8F%B8%E6%A9%9F%E5%AE%89%E5%85%A8&utm_term=ADAS&utm_content=ADAS)
- [6].每日頭條。懸吊系統你知多少(2018.03)。檢自 <https://kknews.cc/car/93npxvl.html>.Blogger (2016.10.19)。
- [7].隨意窩部落格。純電動車馬達及電池組規格參數設計初步概算-加入爬坡度參數(2012.01.20)。檢自 <https://blog.xuite.net/joh3622/johnason/112606223>
- [8].陳世明，林保成，陳炳仁，「混合動力車之整車控制技術發展」，機械工程雜誌，2008。
- [9]. 純電動車馬達及電池組規格參數設計初步概算加入爬坡度參數
- [10].Arduino 超音波模組測試。檢自 <http://yhhuang1966.blogspot.com/2016/10/arduino.html> (2019.01.19)
- [11]. 2015~2040 電動車預測 <https://e-info.org.tw/node/209978>
- [12]. 陳建安，林明志，盧廷星，「電動車動力系統參數匹配分析與應用」，台南，台灣，2010。
- [13]. 馬斯克該盤計的兩件事 <https://mtmelove.pixnet.net/blog/post/3499094-92-%E9%A6%AC%E6%96%AF%E5%85%8B%E8%A9%B2%E7%9B%A4%E8%A8%88%E7%9A%84%E5%85%A9%E4%BB%B6%E4%BA%8B>