

機械設計與專題實作

期末報告

自動隨行車

控制組

指導教授：

王國禎 老師

蔡志成 老師

學生：

49061020 許哲毓

49061031 黃繼輝(組長)

49061035 陳彥谷

49061037 陳霈璟

2004.3.1

目錄

| | |
|----------------|----|
| 一、緣起 | 1 |
| 二、目前技術討論..... | 2 |
| 三、功能描述 | 4 |
| 四、進行方法與步驟..... | 6 |
| 五、初步設計與評估..... | 9 |
| 六、進度規劃 | 14 |
| 七、車體製作 | 17 |
| 八、電路部分 | 22 |
| 九、程式部分 | 28 |
| 十、寒假進度 | 33 |
| 十一、討論 | 39 |
| 十二、結論 | 41 |
| 十三、經費支出..... | 42 |
| 參考資料 | 43 |
| 附錄 A：程式碼..... | 44 |
| 附錄 B：電路圖 | 47 |

圖目錄

| | |
|------------------------------------|----|
| 【圖一】循跡自走車基本結構..... | 2 |
| 【圖二】循跡自走車感測方式..... | 2 |
| 【圖三】沿牆行進機器人結構圖..... | 3 |
| 【圖四】紅外線隨行車..... | 3 |
| 【圖五】訊號傳輸與處理示意圖(1)..... | 4 |
| 【圖六】訊號傳輸與處理示意圖(2)..... | 4 |
| 【圖七】初步車體設計草圖..... | 7 |
| 【圖八】邏輯圖..... | 12 |
| 【圖九】角鋁接合處(a)..... | 17 |
| 【圖十】角鋁接合處(b)..... | 17 |
| 【圖十一】馬達固定於車架上之情形..... | 18 |
| 【圖十二】鏈輪、鏈條與馬達配置(a)..... | 18 |
| 【圖十三】鏈輪、鏈條與馬達配置(b)..... | 18 |
| 【圖十四】驅動輪..... | 19 |
| 【圖十五】惰輪..... | 19 |
| 【圖十六】車體底部之驅動軸與惰輪之配置..... | 19 |
| 【圖十七】軸套與軸承..... | 20 |
| 【圖十八】鏈輪..... | 20 |
| 【圖十九】惰輪定位..... | 20 |
| 【圖二十】車體俯視圖..... | 21 |
| 【圖二十一】車體前視圖..... | 21 |
| 【圖二十二】車體側視圖..... | 21 |
| 【圖二十三】超音波電路圖(發射)..... | 22 |
| 【圖二十四】超音波電路圖(接收)..... | 22 |
| 【圖二十五】超音波測試(a)..... | 23 |
| 【圖二十六】超音波測試(b)..... | 23 |
| 【圖二十七】555IC 第四隻腳為低電位時，超音波停止發波..... | 23 |
| 【圖二十八】555IC 第四隻腳為高電位時，超音波開始發波..... | 23 |
| 【圖二十九】第一次馬達轉速-電壓測試..... | 24 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 【圖三十】第二次馬達轉速-電壓測試 | 25 |
| 【圖三十一】第三次馬達轉速測試 12V..... | 26 |
| 【圖三十二】馬達切換電路(a)..... | 27 |
| 【圖三十三】馬達切換電路(b)..... | 27 |
| 【圖三十四】8255 馬達驅動電路測試(a)..... | 30 |
| 【圖三十五】8255 馬達驅動電路測試(b)..... | 31 |
| 【圖三十六】接收程式測試(1)..... | 38 |
| 【圖三十七】接收程式測試(2)..... | 38 |
| 【圖三十八】接收程式測試(3)..... | 38 |
| 【圖三十九】利用倒車雷達控制車體運動(1)..... | 39 |
| 【圖四十】利用倒車雷達控制車體運動(2)..... | 39 |
| 【圖四十一】IO51 控制板電路(1)..... | 47 |
| 【圖四十二】IO51 控制板電路(2)..... | 48 |
| 【圖四十三】8051 單晶片外接電路..... | 48 |
| 【圖四十四】LED 顯示器電路 | 49 |
| 【圖四十五】接收程式模擬按鍵..... | 49 |

表目錄

| | |
|----------------------------|----|
| 【表-1】車體規格 | 9 |
| 【表-2】三輪與四輪的比較 | 9 |
| 【表-3】傳動系統 | 10 |
| 【表-4】單馬達與雙馬達比較 | 10 |
| 【表-5】步進馬達或伺服馬達之比較 | 10 |
| 【表-6】控制系統 | 11 |
| 【表-7】超音波感測與 RF 感測之比較 | 11 |
| 【表-8】預期遭遇之障礙及解決方法 | 13 |
| 【表-9】93 學年第二學期進度表 | 14 |
| 【表-10】暑假進度規劃 | 15 |
| 【表-11】94 學年第一學期 | 15 |
| 【表-12】94 學年第一學期(續)..... | 16 |
| 【表-13】第一次馬達測試 5V | 24 |
| 【表-14】第一次馬達測試 12V | 24 |
| 【表-15】第二次馬達測試 5V | 25 |
| 【表-16】第二次馬達測試 12V | 25 |
| 【表-17】第三次馬達測試 12V | 26 |

一、緣起：

現今的工業界，自走車運用的範圍很廣泛，在工作站與工作站之間半成品的運輸，或是完成品送入倉儲...等等之間的運輸工具，往往都是靠著自走車來完成，以減少運輸的時間。而現在的自走車，已逐漸發展成越來越智慧化，我們用多組的感測器(一般來說都是用紅外線感測器)配合一台電腦控制器，就可以達到就算沒有人在旁邊操控，也可以藉由程式繼續完成工人該做的搬送運輸工作。

早期的自走車，往往都需要靠人的控制，或是利用跟著一條真實的感測線行走，這樣移動的方式缺乏了一些變化性，若是遇到障礙物可能導致車體不穩，或是撞車。因此，若能夠構想出一種不需人的控制，但車體卻能跟著目標物的路徑前進，並自行避障，將可大大提升自走車的靈活度。

在國外，這類的發明，大部分都是開發作為兒童的玩具；而在國內，也僅局限於工業上的運用，做為貨物的搬運。但是，若能將理論應用在日常生活中，將使生活更為便利舒適。像是上屆學長所做的電動輪椅，搭配此一想法，病人就可跟著護士行走而不用自行控制輪椅；或是應用在高爾夫球場上，人就可以不用自行揹負球具；以及，在「科學人雜誌」[資料來源(4) <http://www.sciam.com.tw> 科學人雜誌網頁 2003 年 12 月份—小小機器人軍團]這本書中提到的，利用此一想法，做為隨行犯人，或是警方攻監用的工具。

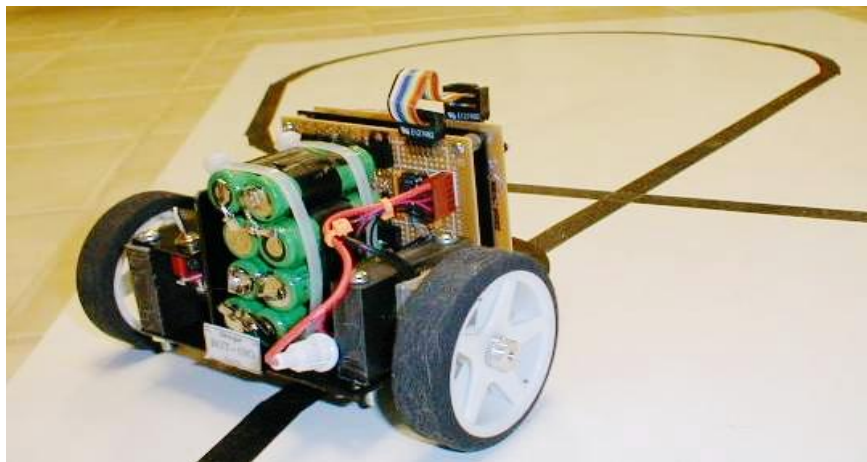
因此，在這樣的想法以及前瞻性之下，便對此感到興趣，希望能夠藉由這次的專題發揮在學校中所獲得的知識，創造出一台「自動隨行車」，不僅可以驗證所學，更可將此想法，應用在上活週遭的事物上，使未來的生活更為便利舒適。

二、目前技術討論：

目前有許多關於電子鼠的研究，而本組的「自動隨行車」亦屬於電子鼠的範疇之一，而電子鼠可分為以下兩種：1.循跡行進機器人、2.沿邊行進機器人。

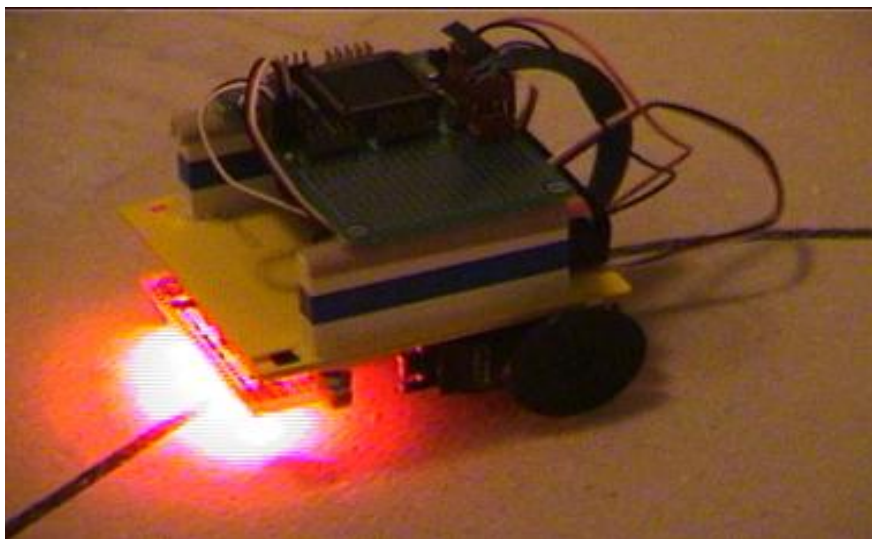
1. 循跡行進機器人 (Line following robot)：

以 CCD 或紅外線感測器進行對地上之深色線條之感測，藉由感測器之傳回值為依據，進行車體之轉向運動，以使車體行進路線與地上預先描繪之線條相符，多半作為無人載具之行進方式。



【圖一】循跡自走車基本結構

[資料來源(1) <http://www.wa4dsy.net/robot/line/>]

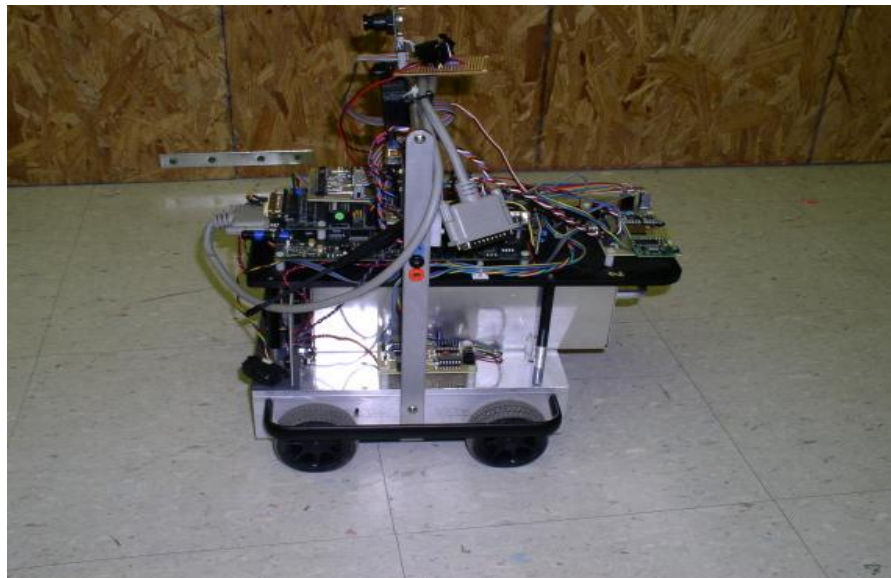


【圖二】循跡自走車感測方式

[資料來源(1) <http://www.wa4dsy.net/robot/line/>]

2. 沿邊行進機器人 (wall following robot) :

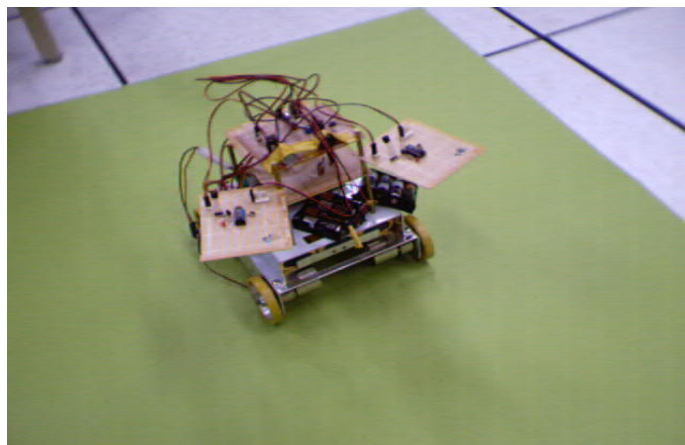
以超音波或紅外線感測器對四周進行距離之感測，使車體與四周邊界保持一定距離，車體行進路線與邊界之外型相同，並且可再遇到阻礙時進行轉向，找出可繼續前進之路線。迷宮電子鼠即屬於此種機器人，而利用於生活上之實例為自動吸塵器。



【圖三】沿牆行進機器人結構圖

[資料來源(2) <http://www.ece.uiuc.edu/coecs/>]

本組之「自動隨行車」為以上兩者之結合，而其中「循跡」為追蹤目標物之軌跡，追蹤原理為置於車頭兩個距離感測器所測得之距離與兩感測器之差值，作為追蹤與轉向之依據，目前已有以紅外線感測器版本之自動隨行車，本組將以此超音波隨行車作為出發點，但更改感測器種類與驅動模式，以期達到最佳效能，該紅外線隨行車如下圖。

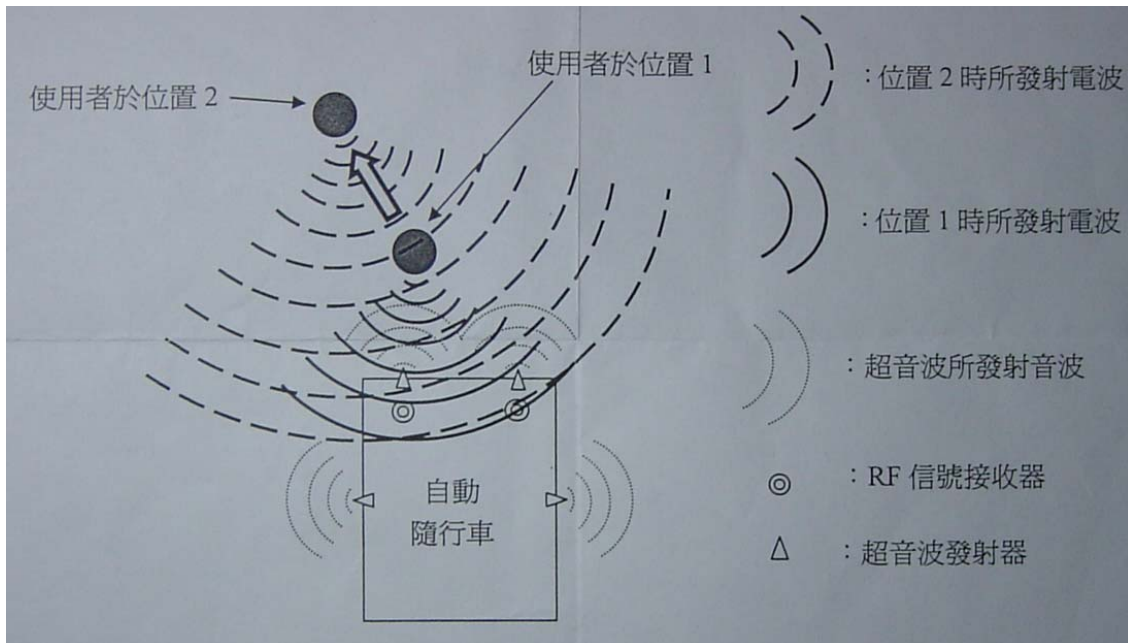


【圖四】紅外線隨行車

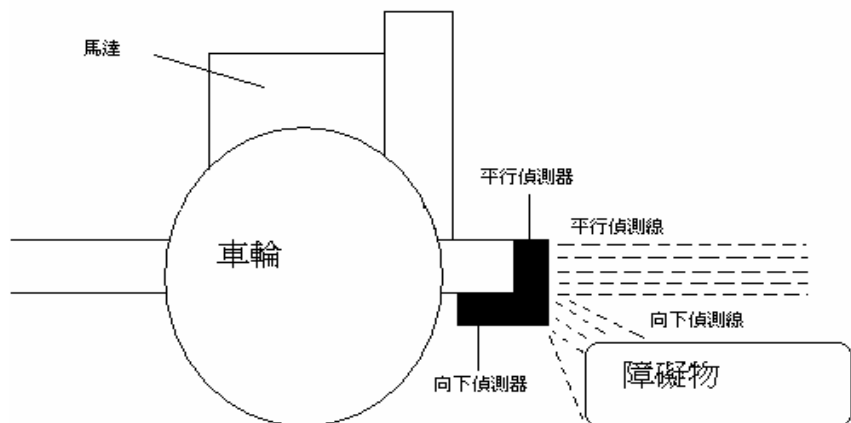
[資料來源(3) : <http://home.kimo.com.tw/s07368/3/index-left.htm>]

三、功能描述：

- 1、設計一個車體平台，使自動隨行車可以承受負載(目前所能承受的負載會依照車體重量跟馬達扭力來估算負載大小)。
- 2、自動隨行車的主要功能就是對目標物之追蹤，所以最主要目標為使自動隨行車找到目標物的方位，並尾隨目標物。而隨行車會與目標物保持一段距離，以求達到追蹤的目的。追蹤目標物的同時，途中可能會出現一些突發狀況，例如：突起、障礙物、裂縫、凹槽等等。另外，目標物與隨行車之間有段距離，如果在行進途中突然出現訊號干擾或是其他狀況，會因而阻礙隨行車追蹤的動作。此時隨行車將排除這些追蹤時的障礙，可閃避之狀況即立即閃避，不可閃避之狀況則停止。



【圖五】訊號傳輸與處理示意圖(1)



【圖六】訊號傳輸與處理示意圖(2)

3、追蹤範圍：定義為若目標物距離車體大於 1m 時，則開始進行追蹤的動作。

4、估計人一般步行速度大約為 2km/hr，但因為操作者可能會有「跑」的動作，因此定義隨行速度為 2km/hr~4km/hr。

5、對於目標物的追蹤方式，本組有兩種設計，以下將進行比較：

<1>記憶路徑法：

將追蹤目標所走之路徑，暫時儲存在外接記憶體內，車體便沿著此路徑行進。為了達成此種追蹤方式，必須先利用距離感測器將空間座標化，再將追蹤物在此座標系統內所經過的座標儲存在記憶體內，藉由系統將儲存之資料轉換成車體移動之依據。

此種跟隨方式最大的優點，在於追蹤目標會主動地閃避大型障礙物，如以此方法跟隨目標物，可減少車體在行進中遇到障礙物之可能，只需考慮追蹤目標可閃避而車體不能閃避之小型障礙物，因此對車體迴避大型障礙部份並不需要過於精密設計。可是此法所遇到的缺點，在於記憶路徑的資料過於龐大，所需要外接的記憶體相對的增加；再者，將空間座標化是以車體做為參考點，因此當車體在移動或是轉向的時候，相對應的記憶座標也會跟著平移或是旋轉，使得各記憶座標轉換過於複雜。另外，座標移動的速度與追蹤物的速度不盡相同，對於座標的取樣要使用相對位置而並非絕對位置，因此座標的取樣十分困難。

<2>連續追蹤法：

車體對追蹤目標所行經之路徑做連續性的偵測並修正，此種方式著重於追蹤物的位置掌握，而非上述所提「記憶路徑」方式，著重於追蹤物行走路徑之取得。

此種追蹤方式的優點在於不需要將空間座標化，因此避免了繁複的座標轉換之計算與相對位置的獲得，且不需外接大量記憶體，相對於記憶路徑的方式較為簡單且節省成本；而缺點在於沒有記憶追蹤目標所行經的路徑，因此車體在追蹤過程遇到額外障礙物之可能性大幅提高，則車體之避障功能必須要更精密設計，以避免車體被障礙限制，無法達到隨行的效果。

<3>結論：

經由本組討論，有鑒於採用「記憶路徑法」，對於定位方面過於困難；時間方面，若要在兩個學期的專題實作上完成，似乎過於緊湊；技術方面，在有限時間內進行研讀學習並應用在專題上實屬不易；成本方面，記憶路徑需要大量外接額外記憶體，不但會減慢處理速度，更增加本車之整體成本。相對地，採用「連續追蹤法」較於簡單，在有限的時間完成的可能性較高，因此將採用「連續追蹤」來作為本組「自動隨行車」的追蹤方式。

四、進行方法與步驟：

◎ 專題計畫之限制：

人力：由於目前所預定自動隨行車的要求並不複雜，所以在人力資源方面並非本組專題之主要限制，但人員相關知識不足，資料搜尋初步也有些許困難。

經費：影響材料的選擇，如感測器的敏感度降低，以及馬達和電池的效率不佳等，因此需仔細選購評估。

時間：此次專題最大的計畫限制就是程式碼的撰寫，需要有足夠的時間來做撰寫，以及測試的工作。另外，程式與晶片、電路的銜接，也需要一段長時間的測試與評估。同時，組員也要一段時間的學習。

技術：車體如何轉向與感測器選定的問題，以及規避障礙的邏輯與方式。

◎ 預期達成之目標：

1、近程目標：在沒有障礙物與負載的情況下，先做出目標物的感測跟追蹤，包括目標物移動時方位的感測和目標物與車體之間的距離感測，以達成直線追蹤及目標物偏移時的轉向動作。

2、中程目標：近程目標達成後，便加入阻礙追蹤動作的障礙物或突發情況做為變因。在此目標中，先不考慮閃避障礙物的部分，而是簡單的發出警告訊號告知使用者無法進行下一步動作並立即停止。

3、遠程目標：中程目標達成後，便考慮如何判斷何種障礙物不影響追蹤行動，並可以智慧性地閃避障礙物，以及提升使用者介面之操作功能，這便是自動隨行車最終目標。

◎ 進行方法與步驟：

1、 資料收集：

寒假前，王國禎與蔡志成老師給予有關自動隨行車的技術建議與研究方向，而寒假時，本組也找了一天至國家圖書館尋找相關資料跟技術，而隨行車的相關國外網站，大多定位為玩具的層面。但是，對於這類的資料，依然會參考其感測器的挑選及使用方式，還有電路圖的設計部分。在傳動及轉向部分，大量收集市面上與馬達有關的資料與規格，並確定挑選出所需要的馬達種類；在轉向方面，研究雙馬達驅動（差速轉向）及單馬達驅動（機構轉向）兩者何種比較適合本專題；再者，最重要的是程式撰寫部分，其中需要參考許多關於機器人

控制的程式語法，以及撰寫方式，希望資料收集齊全後，對本專題會有很大的幫助。

2、初步的設計與評估：

寒假時，略為規劃車體結構的部分，而目前初步分析，仍有許多選擇。

傳動與動力方面：具有雙馬達驅動跟單馬達驅動兩種方式。

馬達方面：使用步進馬達或伺服馬達。

車體結構方面：車輪使用三輪或四輪，支架使用鋼架或鋁條。

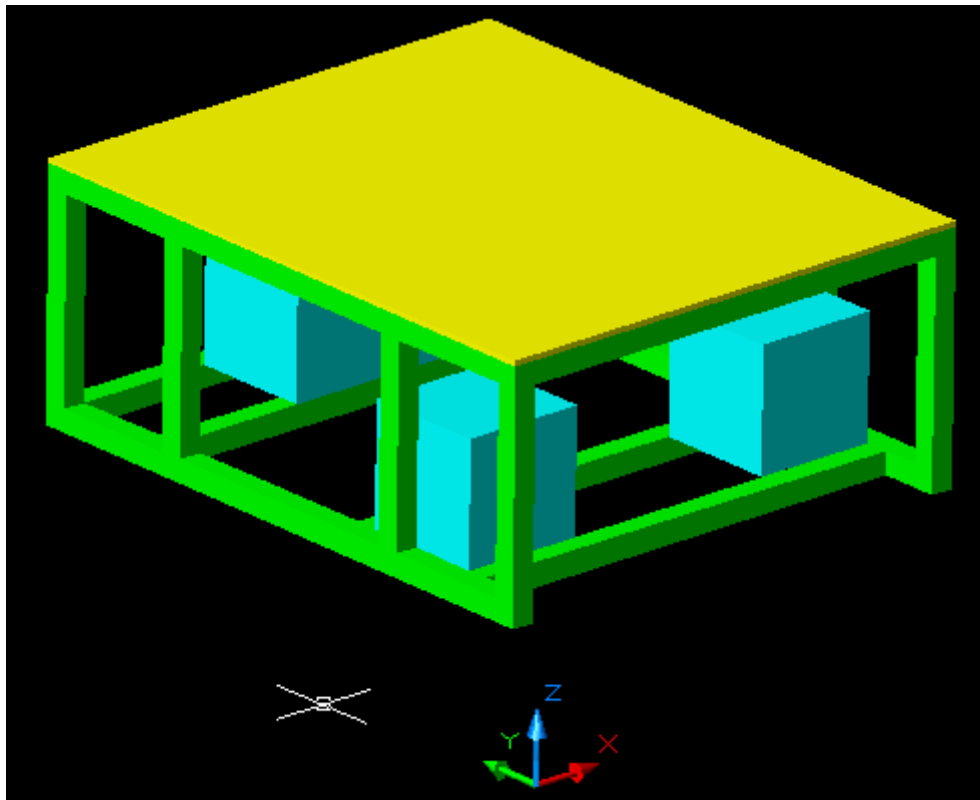
感測器部分：使用超音波或是RF接收模組。(後面將進行兩者之比較)

3、目標可行性分析：

完成初步設計及評估後，列出所有可能的條件，其中選出最適合的車體結構及裝備，並製作模型或使用電腦程式進行可行性測試，根據測試的結果，如不符合要求，則重新再評估並做分析，簡而言之，就是 try and error。

4、繪製藍圖：

可行性分析完後，以 AutoCAD 繪製立體以及平面之車體結構圖。



【圖七】初步車體設計草圖

※說明：前兩個立方體表示馬達放置空間，後面則為電池擺放處。

5、材料的選購：

基本的設計完成後，便是材料選購部分，採用輕量化的電池、馬達與材料，以減少車體本身的重量，並增加車身可負載的重量，更不會讓馬達負載過大。材料規格請見附表。

6、加工跟組裝：

材料選定後，即著手於車身的製作，採用組裝的方式(三角鐵、角鋼)比較有彈性，也來得及修改；若使用焊接的方式，出錯便要重做，既麻煩又會浪費材料，增加材料費的支出。

7、進行程式的撰寫：

可分成追蹤以及避障兩部分，這學期以追蹤之程式為主；下學期則著重在避障部分。預期利用大部分的時間執行程式的測試(try and error)，依照之前所制定的目標來進行程式的撰寫，並利用模型車做程式之測試。

8、作品的最後測試及改良：

做完最後車體與程式的撰寫後，隨行車大致上就算完成，不過還要做最後的總體測試與改良，是否契合遠程目標或是有出錯甚至是可以改良的地方，務必達到最佳的表現。

9、作品的展示：

最後的測試做完後，將如期參加系上作品展示，顯示一年來的辛勞及努力成果，並吸收別人的批評與指教，作為計畫的改良方向。

五、初步設計與評估：

根據此次專題，分做五個方面討論：1.車體系統 2.傳動系統 3. 控制系統

4.感測與訊號處理系統 5.預期遭遇之困難及解決方法

1. 車體系統：

【表-1】 車體規格

| 項目 | 規格 | 說明 |
|------|-----------------------------|------------------------------------|
| 車體大小 | 長：40cm 寬：30cm 高：15 cm | 車體不需過於龐大，可減少材料的開銷及提高運動之靈敏度 |
| 結構 | 雙層 | 下層為底盤，上層為物體托架，以”角鋁”及”薄木板”作為材料 |
| 重量 | 15kg 以內 | 車體重量大約 10kg，負載重量預計 5kg |
| 輪胎數 | 四個 | 以實心膠胎為主，而三輪與四輪的比較見 【表-2】 |
| 輪胎大小 | 驅動輪直徑約 15cm 惰輪直徑約 7 cm | 底盤高度依據輪胎直徑而定。底盤托高以免與凹凸不平的地面摩擦。 |
| 底盤高度 | 約 10cm | |

【表-2】 三輪與四輪的比較

| 項目 | 三輪 | 四輪 |
|-------|-----------|-----------|
| 結構重量 | 輕 | 重 |
| 迴轉半徑 | 小 | 大 |
| 迴轉速度 | 快 | 慢 |
| 載重能力 | 小 | 大 |
| 高速平穩性 | 直進性差，較不穩定 | 直進性佳，穩定性高 |

※經過討論之後，由於穩定性之考量，因此決定採用四輪的系統，前輪為驅動輪，後輪為惰輪。

2. 傳動系統：

【表-3】傳動系統

| 項目 | 規格 | 說明 |
|-----|---------------|--|
| 車速 | 2~4km/hr | 依據一般人行走的速度，一般步行速度約 2km， 快步步行速度約 4km |
| 馬達數 | 2 顆 | 雙馬達與單馬達之比較見 表-4 |
| 馬達 | 步進馬達 或伺服馬達 | 步進馬達或伺服馬達之比較見 表-5 |
| 電池 | 鉛酸電池 | 使用 12V 免加水式系統 |

【表-4】單馬達與雙馬達比較

| 項目 | 單馬達系統 | 雙馬達系統 |
|------|--------------------|--------------------|
| 控制系統 | 較為簡單 | 較為複雜 |
| 轉向系統 | 利用阿克曼轉向機構，達成轉向的目的。 | 將一輪正轉，一輪反轉來達成差速轉向。 |
| 扭力 | 較小 | 較大 |
| 回轉半徑 | 過大 | 較小 |
| 缺點 | 轉向機構太過複雜 | 同步行進需要控制處理 |

※ 討論後，決定利用雙馬達差速來做車體之轉向

【表-5】步進馬達或伺服馬達之比較

| 項目 | 步進馬達 | 伺服馬達 |
|------|------|------|
| 精確度 | 較低 | 較高 |
| 最高轉速 | 較慢 | 較快 |
| 反應時間 | 較慢 | 較快 |
| 誤差 | 較小 | 較大 |
| 扭力 | 較小 | 較大 |

※由於所要求之扭力要較大，反應時間也要夠快所以採用伺服馬達

3.控制系統：

【表-6】控制系統

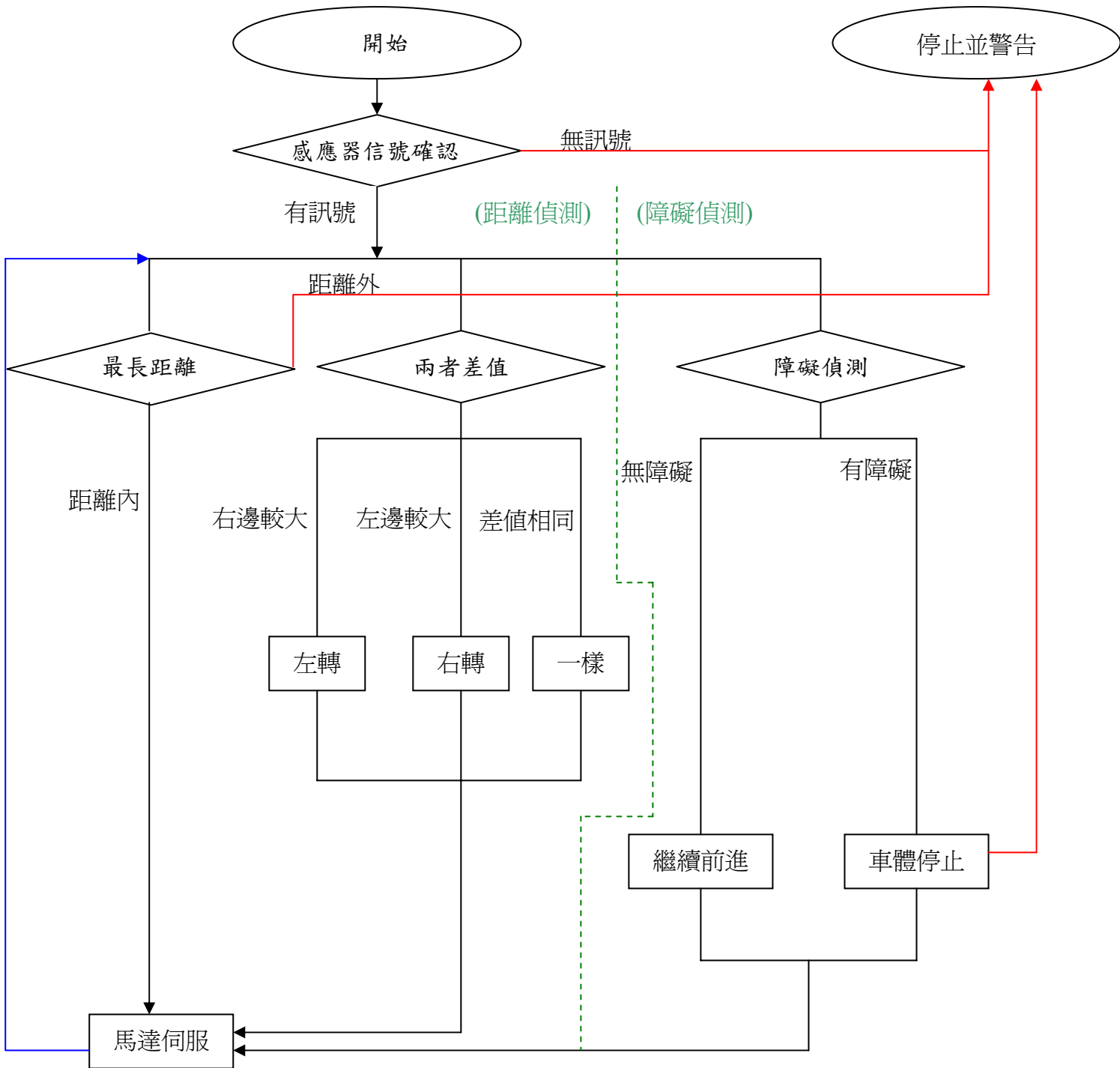
| 項目 | 規格 | 說明 |
|-------|---|-------------------------------------|
| 控制方法 | 8051 同系列單晶片 | 使用 ATMEL 89C51 或 89C52 作為本車之計算晶片 |
| 單晶片數目 | 一個~兩個 | 一負責距離方向感測，另一負責障礙物感測。 (數目視程式大小而定) |
| 感測器 | <p>超音波或是 RF 無線電感測</p> <p>分為兩部分：</p> <p>1.追蹤部分—以兩個置於車頭的感測器，所得到之距離以及兩者差值，作為追蹤以及轉向的依據。</p> <p>2.避障部份—置於車體周圍進行附近障礙物的感測，以避免碰撞或掉入坑洞。</p> <p>(超音波感測與 RF 感測之比較見表-7)</p> | |

【表-7】超音波感測與 RF 感測之比較

| 項目 | 超音波 | RF |
|----|--|--|
| 優點 | <ol style="list-style-type: none"> 對於距離敏感性高 原理簡單 | <ol style="list-style-type: none"> 不受遮蔽物干擾 感測距離長 |
| 缺點 | <ol style="list-style-type: none"> 易受遮蔽物干擾 距離越長敏感度越差 | <ol style="list-style-type: none"> 速度過快難以取樣 原理複雜 對距離不敏感 |

※目前選定『超音波感測模組』，做為車體感測用

3.感測與訊號處理系統：以下為初步設計之邏輯圖



【圖八】邏輯圖

1. 圓形表示 start 和 end。
2. 方形表示動作修正。
3. 菱形表示狀況分析，即為 if-else 的邏輯判斷區間。
4. 將”避障”以及”追蹤”大略合併。
5. 由於隨行車會一直做追蹤動作，因此邏輯圖並無終點，只有可能因為發現問題而停止。
6. 此邏輯圖只是對於近程目標所設，因此”避障”部份暫不考慮。

◎感測方式：

原先設計是由發波器置於車體，發波後由目標物反射波來感測，感測方式較為被動；目前打算將發波器置於目標物上，主動進行感測,原因如下:

1. 「被動式」超音波感測對取得初始時間，較「主動式」感測困難。
2. 「被動式」感測是利用『都卜勒效應』原理來測距，需利用相對速度導致頻率的不同而達到測距的效果；而「主動式」是利用「狹縫干涉」原理來測距，能夠得到距離的最大值。

5.預期遭遇之障礙及解決方法：

【表-8】預期遭遇之障礙及解決方法

| 項目 | 定義 | 初步解決方案 |
|-------|--|--|
| 突起 | 總高度高於車軸高度 | 由置於車體前方同車軸高度之超音波感測器，測得前方 30 cm~50 cm有物體存在時，停止車體行進並 alarm |
| 斷層、凹穴 | 深度大於輪子的半徑 | 暫定車輪為 10 cm，若置於車軸的感測器測得下方深度大於 7 cm時，車體停止行進並 alarm |
| 突發狀況 | (1)突然進入感測範圍之物體 (2)追蹤訊號微弱或消失 (3)車輪空轉 (4)訊號干擾 | (1)對於突然進入感測範圍之物體，與”突起”之方案相同 (2)車體停止並發出警告訊號 (3)車輪空轉，車體便無法行進，導致目標訊號微弱，車體停止並發出警告訊號 (4)當訊號發生干擾時，使用者遙控車體停止 |

六、進度規劃：

【表-9】92 學年第二學期進度表

| 週次 項目 | 第一週 | 第二週 | 第三週 | 第四週 | 第五週 | 第六週 | 第七週 | 第八週 | 第九週 | 第十週 | 第十一週 | 第十二週 | 第十三週 | 第十四週 | 第十五週 | 第十六週 | 組員 分配 |
|------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|
| 日期 | | 2.19 ~ 2.18 | 2.26 ~ 3.03 | 3.04 ~ 3.10 | 3.11 ~ 3.17 | 3.18 ~ 3.24 | 3.25 ~ 3.31 | 4.01 ~ 4.07 | 4.08 ~ 4.14 | 4.15 ~ 4.21 | 4.22 ~ 4.28 | 4.29 ~ 5.05 | 5.06 ~ 5.12 | 5.13 ~ 5.19 | 5.20 ~ 5.26 | 5.27 ~ 6.02 | |
| 資料 蒐集 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | 全組同學 |
| 初步構 想分析 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | | | | | | | 全組同學 |
| 企劃書 撰寫 | | | | ◎ | ◎ | | | | | | | | | | | | 全組同學 |
| 可行性 分析 | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | | | 全組同學 |
| 構想 藍圖 | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | | | | 許哲毓 陳彥谷 |
| 模型 製作 | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | 全組同學 |
| 程式 撰寫 | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | 許哲毓 |
| 電路 設計 | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | 全組同學 |
| 電路 測試 | | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | 全組同學 |
| 材料 選定 | | | | | | | | | | | | | | | ◎ | ◎ | 陳彥谷 陳霈璟 |

【表-10】92 學年暑假進度規劃

| 日期 項目 | 6.28 | 7.05 | 7.12 | 7.19 | 7.26 | 8.02 | 8.09 | 8.16 | 8.23 | 8.30 | 9.06 |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | ~ 7.4 | ~ 7.11 | ~ 7.18 | ~ 7.25 | ~ 8.01 | ~ 8.08 | ~ 8.15 | ~ 8.22 | ~ 8.29 | ~ 9.05 | ~ 9.13 |
| 材料選用採購 | ◎ | ◎ | | | | | | | | | |
| 架構組裝 | | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | | |
| 架構修正 | | | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | |
| 程式測試 | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | |
| 車體直線感測 | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | |

【表-11】93 學年第一學期

| 日期 項目 | 第一週 | 第二週 | 第三週 | 第四週 | 第五週 | 第六週 | 第七週 | 第八週 | 第九週 | 第十週 | 第十一週 | 第十二週 | 第十三週 | 第十四週 | 第十五週 | 第十六週 | 第十七週 | 第十八週 | 組員分配 |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------|
| 日期 | 9.13 ~ 9.19 | 9.20 ~ 9.26 | 9.27 ~ 10.3 | 10.4 ~ 10.10 | 10.11 ~ 10.17 | 10.18 ~ 10.24 | 10.25 ~ 10.31 | 11.1 ~ 11.7 | 11.8 ~ 11.14 | 11.15 ~ 11.21 | 11.22 ~ 11.28 | 11.29 ~ 12.5 | 12.6 ~ 12.12 | 12.13 ~ 12.19 | 12.20 ~ 12.26 | 12.27 ~ 1.2 | 1.3 ~ 1.9 | 1.10 ~ 1.16 | |
| 車體製作 | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | | | | | | | | | | | 陳彥谷 陳霈璟 |
| 車體測試 | | | ◎ | ◎ | | | | | | | | | | | | | | | 陳彥谷 陳霈璟 |
| 程式撰寫 | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | | | | 許哲毓 |
| 企劃書修正 | | | | | ◎ | ◎ | | | | | | | | | | | | | 全組同學 |
| 期中報告 | | | | | | | | | ◎ | | | | | | | | | | 陳彥谷 |

【表-12】93 學年第一學期(續)

| 日期 項目 | 第一週 | 第二週 | 第三週 | 第四週 | 第五週 | 第六週 | 第七週 | 第八週 | 第九週 | 第十週 | 第十一週 | 第十二週 | 第十三週 | 第十四週 | 第十五週 | 第十六週 | 第十七週 | 第十八週 | 組員 分配 | |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|-------------------|----------|------------|
| 日期 | 9.13 ~ 9.19 | 9.20 ~ 9.26 | 9.27 ~ 10.3 | 10.4 ~ 10.10 | 10.11 ~ 10.17 | 10.18 ~ 10.24 | 10.25 ~ 10.31 | 11.1 ~ 11.7 | 11.8 ~ 11.14 | 11.15 ~ 11.21 | 11.22 ~ 11.28 | 11.29 ~ 12.5 | 12.6 ~ 12.12 | 12.13 ~ 12.19 | 12.20 ~ 12.26 | 12.27 ~ 1.2 | 1.3 ~ 1.9 | 1.10 ~ 1.16 | | |
| 程式 測試 | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | 全組 同學 |
| 電路 設計 | | | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | | 許哲毓 陳彥谷 |
| 電路 測試 | | | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | | | 黃繼輝 陳霈璟 |
| 整體 配合 | | | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | 全組 同學 |
| 功能 測試 | | | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | | 全組 同學 |
| 期末 報告 | | | | | | | | | | | | | | ◎ | | | | | | 黃繼輝 |
| 期末 展示 | | | | | | | | | | | | | | | | ◎ | | | | 全組 同學 |

七、車體製作：

材料購買

暑假一開始，在蔡志成老師的允許下，本組可拆卸學長自動輪椅上的零件，整理過後，選出有用之零件如下：數隻鋁條與角鋼，螺絲、螺帽與墊片、2 個惰輪、2 根銅棒，3 個軸套、3 顆馬達和電池，以作為本組專題所需之車體材料。

由於學長鋁條的規格與先前設計的規格並不符合，須重新再購買符合所需規格的鋁條；而原先打算將銅棒加工用來作為隨行車的軸承，但考慮銅棒重量過重，改採用鋁棒取代。此外，學長所使用之直流馬達，其中馬達之功率、馬達扭力與所需電流安培數遠遠超過預定值，對於專題之規格之需求相差甚多，因此預計購買符合本組所需規格之馬達；在輪胎方面，學長所使用之驅動輪與惰輪，對車體來說大上許多，因此另外去購買較合適的輪子。在傳動部份方面，原先設計馬達軸並非直接當為驅動軸與驅動輪相接，而是將驅動輪連同驅動軸裝置在軸套上，並利用鏈輪與鏈條將馬達輸出之動力傳送到驅動軸上，因此除了主要之動力來源為 DC 直流馬達外，還需加購買鏈輪以及鏈條。

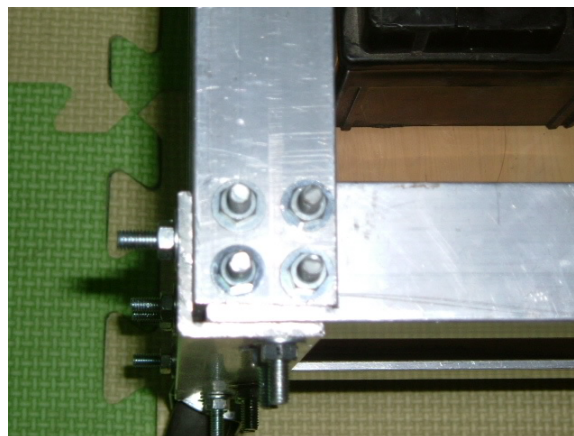
車體製作

車體結構加工：

組裝車體時，一開始選擇空心鋁條作為車體架構的主要材料，但由於在鋁條與鋁條接合處之定位有所誤差，而在加工處也因加工後有所變形，導致組裝時產生接合處接合不上以及車架整體變形的問題。經由討論後，採用”角鋁”來代替鋁條作為車體的架構，原因為對於角鋁而言，接合處定位與加工較為容易，且藉由角鋁也可固定馬達與電池的位置。

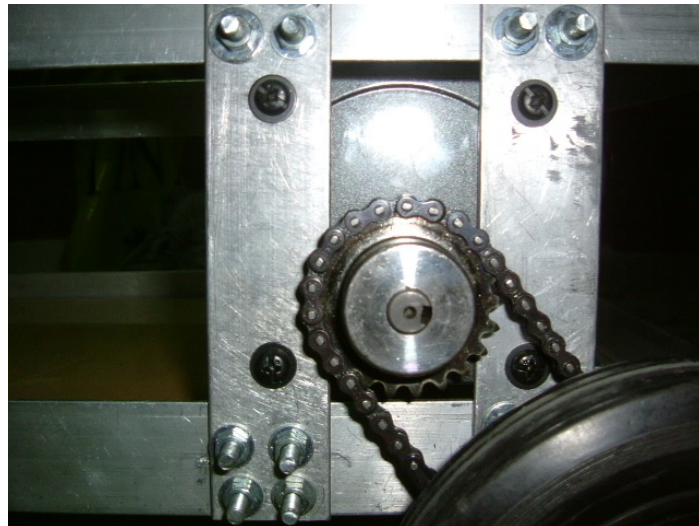


【圖九】角鋁接合處(a)



【圖十】角鋁接合處(b)

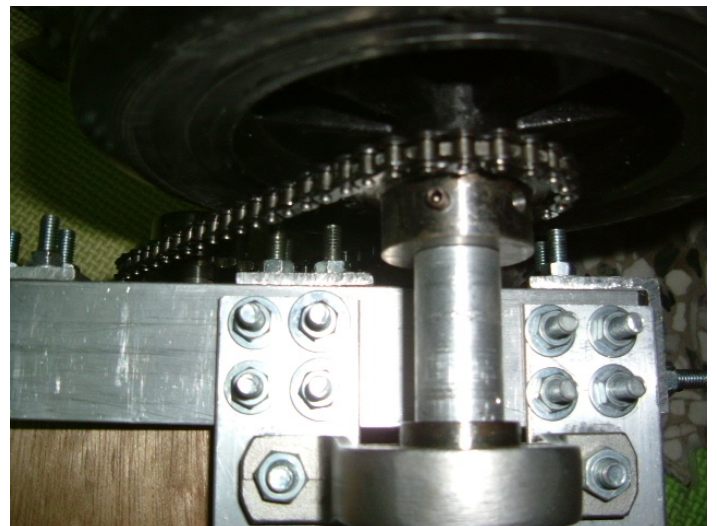
傳動方面之加工：



【圖十一】馬達固定於車架上之情形



【圖十二】鏈輪、鏈條與馬達配置(a)



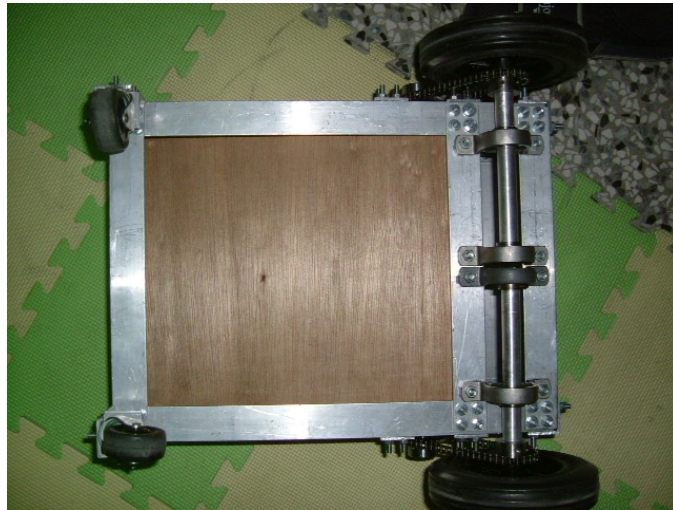
【圖十三】鏈輪、鏈條與馬達配置(b)



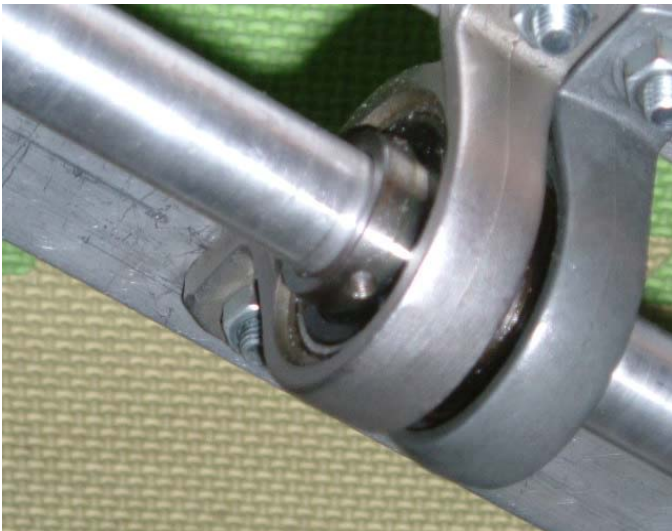
【圖十四】驅動輪



【圖十五】惰輪



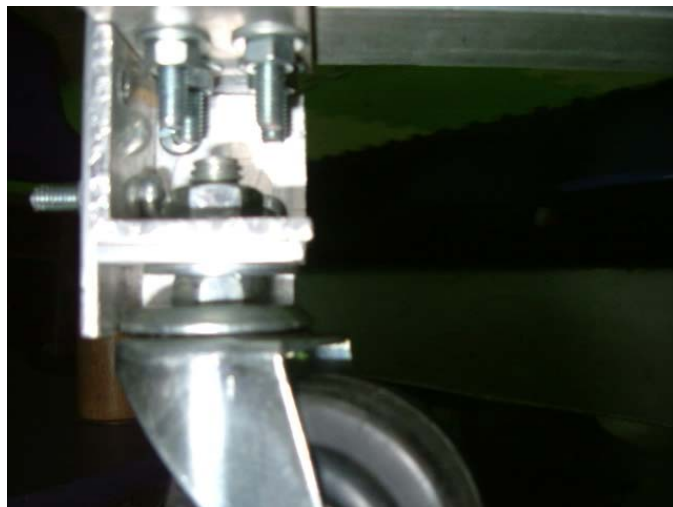
【圖十六】車體底部之驅動軸與惰輪之配置



【圖十七】軸套與軸承



【圖十八】鏈輪

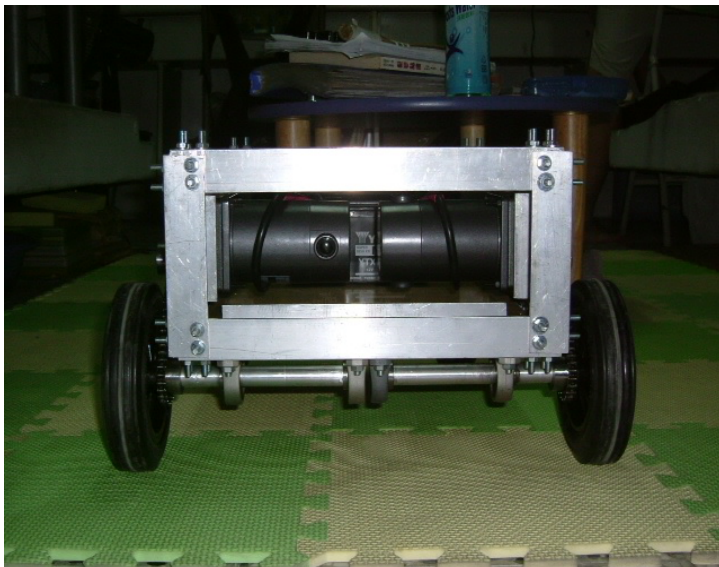


【圖十九】惰輪定位

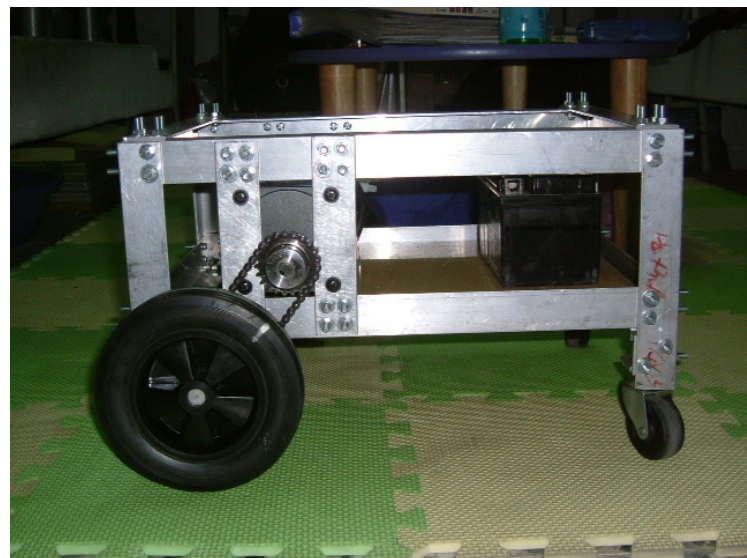
全視圖：



【圖二十】車體俯視圖

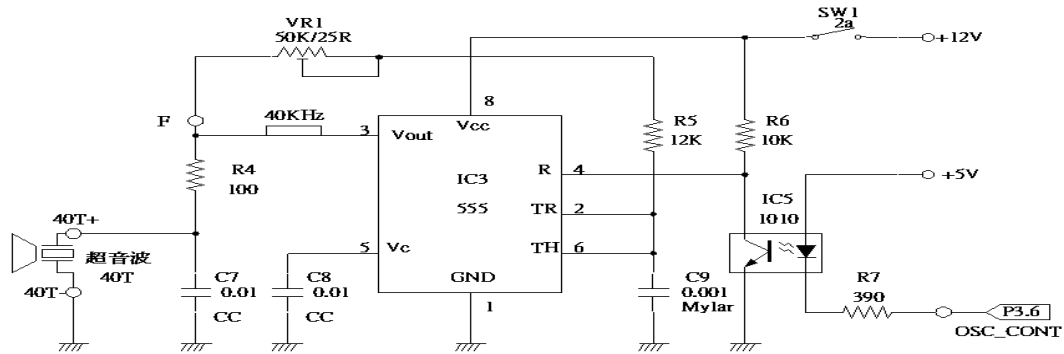


【圖二十一】車體前視圖



【圖二十二】車體側視圖

八、電路部份：



【圖二十三】超音波電路圖(發射)

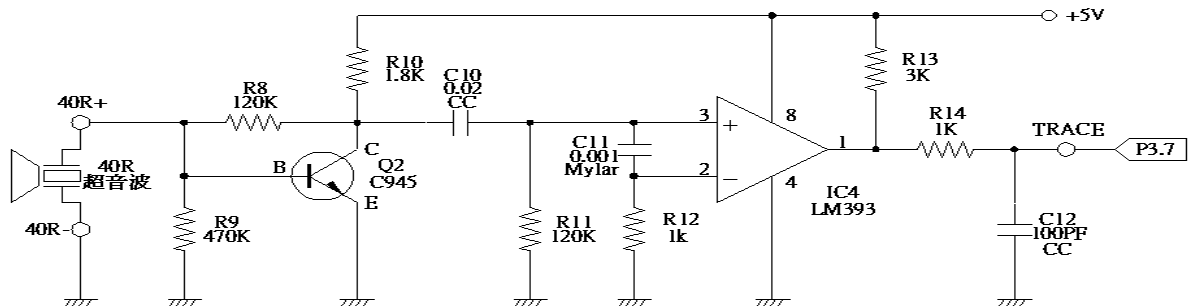
[資料來源(7) <http://s07368.myweb.hinet.net/>]

*555IC、R5、VR1、C9 組成一不穩態多諧震盪器,由第3腳產生脈波,調整 VR1 使第3腳輸出脈波為 40.000~40.250KHz。

*C8 為 555 之雜訊抑制濾波器。

*C7,R4 與 40KHZ 超音波產生器配合產生超音波輸出其能量來源由 555 之第3腳供應。

*555IC 之 R(第4腳)為 H 時,555 產生震盪,R 為 L 時停止震盪。



【圖二十四】超音波電路圖(接收)

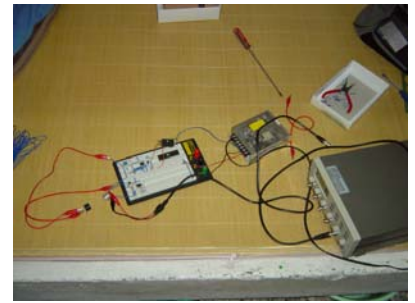
[資料來源(7) <http://s07368.myweb.hinet.net/>]

*Q2、R8、R9、R10 組成一寬頻帶放大器,將 40R 之超音波接收器收到之信號放大約 60db,經由 C10 將信號送到 IC4 做信號零位比較檢出。

*IC4、R11、R12、C11 組成一零電位準比較器,C11 是用來抑制雜訊用,R13 是用來提昇輸出為 H 時之電流(因 LM393 輸出電流非常小)。

1. 超音波套件：

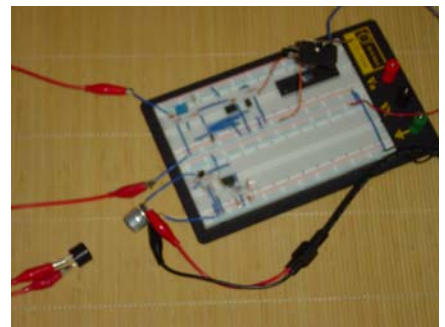
- (1) 超音波之感測距為 2m。
- (2) 發波器發出頻率為 40kHz 的脈波進行電路之測試。
- (3) 接收器反應區間為 40.0~40.25kHz。
- (4) 接收到訊號時，接收器晶片 HA17393 發出同頻率之 5V 方波。
- (5) 距離正比於波程差。



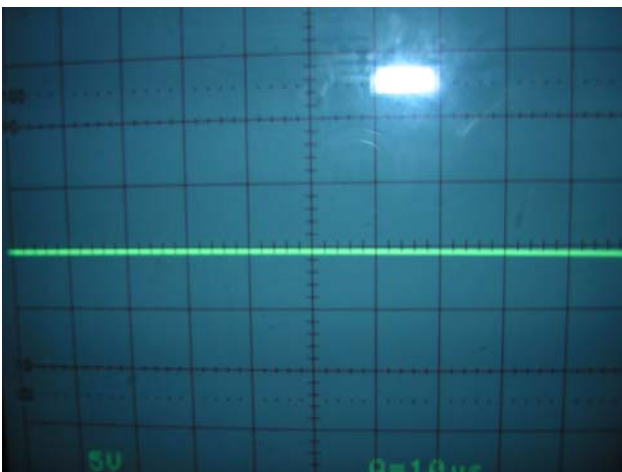
【圖二十五】超音波測試(a)

測試結果：

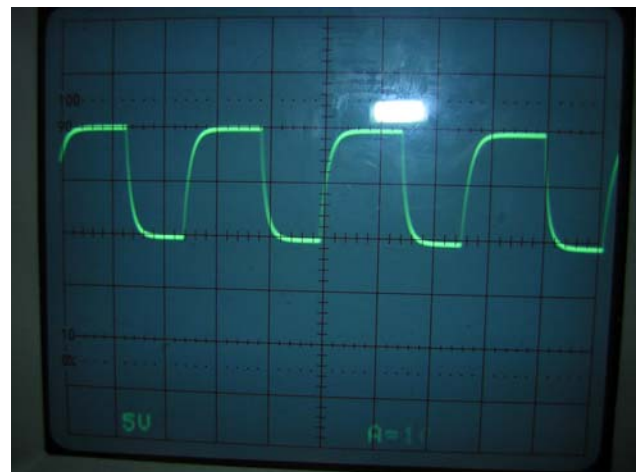
- (1) 當超音波發射端接近接收端時，可明顯發現燈泡會突然變亮。
- (2) 當在發射端與接收端之間，突然加入一遮蔽物，燈泡也會有變暗的情形產生。



【圖二十六】超音波測試(b)



【圖二十七】555IC 第四隻腳為低電位時，
超音波停止發波



【圖二十八】555IC 第四隻腳為高電位時，
超音波開始發波

* 超音波發波頻率為 38.46KHZ

* 超音波壓差為 3.4V

* 超音波週期為 26µs

2.馬達調速電路：

由於初期為了觀察車體直進的效果，因而對馬達做了轉速上的測試，但發現馬達轉速差異過大，導致車體無法直進。以下是測試的結果。

第一次馬達測試：

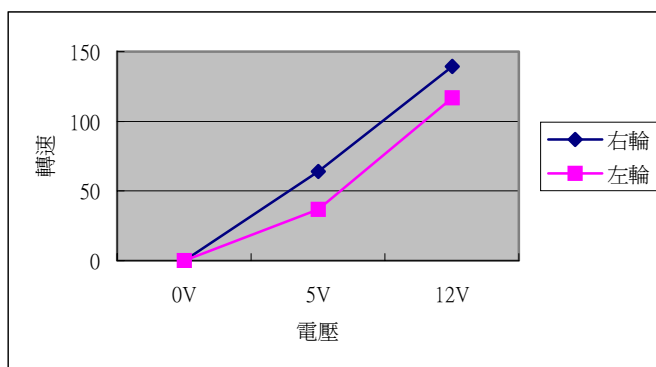
轉速方面：

【表-13】第一次馬達測試 5V

| 5V 測試 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|-------------|------|------|-------|------|------|-------|
| 右輪 (rpm) | 63.9 | 63.6 | 63.96 | 63.7 | 64.1 | 63.85 |
| 左輪 (rpm) | 39.6 | 40.2 | 39.96 | 40.5 | 39 | 39.62 |

【表-14】第一次馬達測試 12V

| 12V 測試 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 右輪 (rpm) | 139.2 | 139.5 | 140.4 | 139.8 | 139.2 | 139.62 |
| 左輪 (rpm) | 117 | 117.6 | 118.2 | 115.8 | 116.4 | 117 |



【圖二十九】第一次馬達轉速-電壓測試

※測試時發現的問題：

- 1.鏈條有鬆脫情形，已稍做改善
- 2.兩個馬達之間轉速差異
- 3.啟動時，車身會有晃動的情形產生

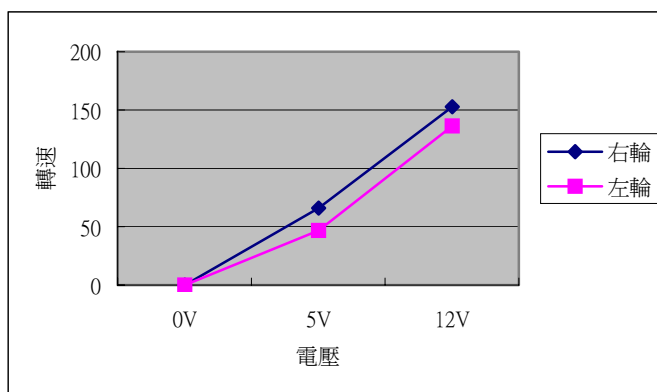
第二次馬達測試：將馬達與車體重新組裝一次並改善鍊條之鬆緊程度
轉速方面：

【表-15】第二次馬達測試 5V

| 5V 測試 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 右輪 (rpm) | 65.08 | 66.59 | 65.64 | 65.36 | 66.08 | 65.79 |
| 左輪 (rpm) | 47.47 | 46.33 | 46.12 | 47.10 | 46.84 | 46.88 |

【表-16】第二次馬達測試 12V

| 12V 測試 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 右輪 (rpm) | 153.85 | 151.13 | 153.45 | 151.13 | 153.06 | 152.67 |
| 左輪 (rpm) | 136.67 | 134.23 | 134.53 | 135.75 | 139.53 | 136.36 |



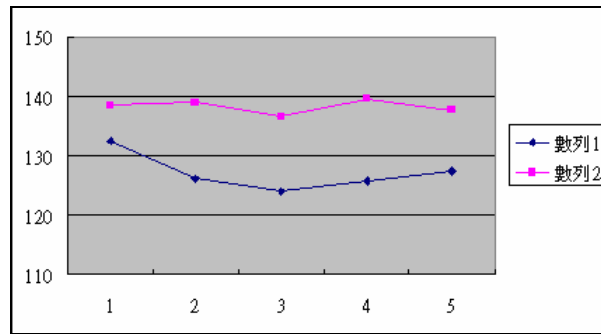
【圖三十】第二次馬達轉速-電壓測試

※結果：左輪速度有改善許多但與右輪速度還是有一段差距。

※此外本組以三用電錶對馬達作內電阻的量測，發現控制右輪之馬達內電阻值為 1.6Ω ，而另一個馬達之內電阻為 4.4Ω 。

※據此，本組以可變電阻將兩個馬達差速減小，使車體穩定。

第三次馬達測試：



【圖三十一】第三次馬達轉速測試 12V

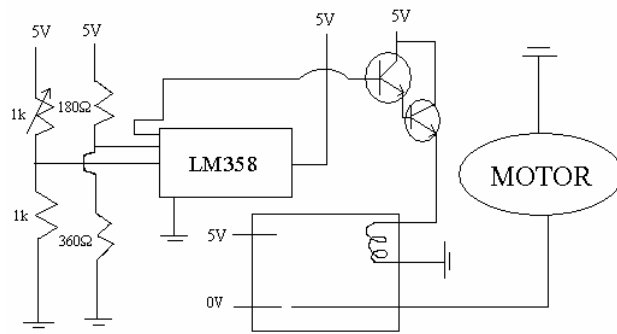
【表-17】第三次馬達測試 12V

| 12V 測試 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 右輪 (rpm) | 132.45 | 126.05 | 123.97 | 125.78 | 127.38 | 127.126 |
| 左輪 (rpm) | 138.57 | 138.89 | 136.67 | 139.53 | 137.61 | 138.25 |

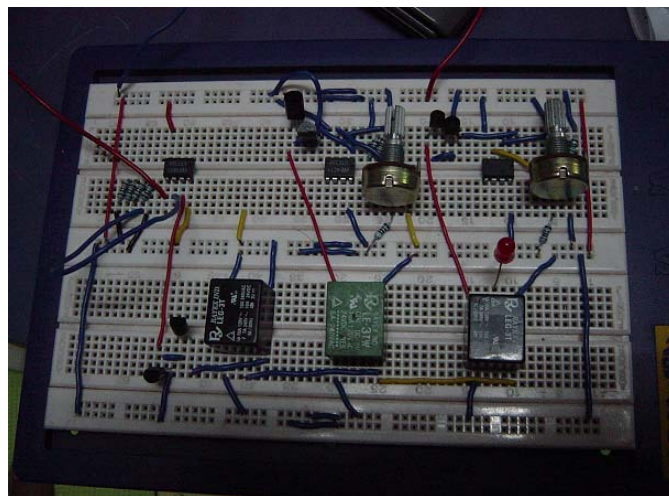
- ※ 將兩個馬達各串聯一個可變電阻，使兩者速差減小，並讓其扭力盡可能一致，完成後，車體已有直進的效果。
- ※ 另外，之前測試結果發現 5V 時，馬達轉速過慢，無法達到隨行的效果；同理，由於 12V 時轉速過快，將超出預先設定之車速，因此可利用可變電阻做調速的動作。
- ※ 此外，將車體載重以測試串聯電阻後對扭力之影響，發現由於兩者扭力不盡相同，導致在實際地面測試時，啟動的瞬間會發生右輪未反應但左輪已動作的情形，另外兩者之反應時間也有所不同。

3.馬達控制電路：

根據超音波測試結果，當超音波發射頭遠離接收頭時，輸出之電壓將提升，反之則下降。因此，利用此一特點，使馬達產生兩段式的速度(轉與不轉)。所設計的電路是採用 LM358 比較器做為判斷依據，根據由超音波輸出之電壓與參考電壓做比較後，將繼電器切換使馬達有兩種不同的轉速，讓車體有直進或是轉向的效果。



【圖三十二】馬達切換電路(a)



【圖三十三】馬達切換電路(b)

電路測試結果：

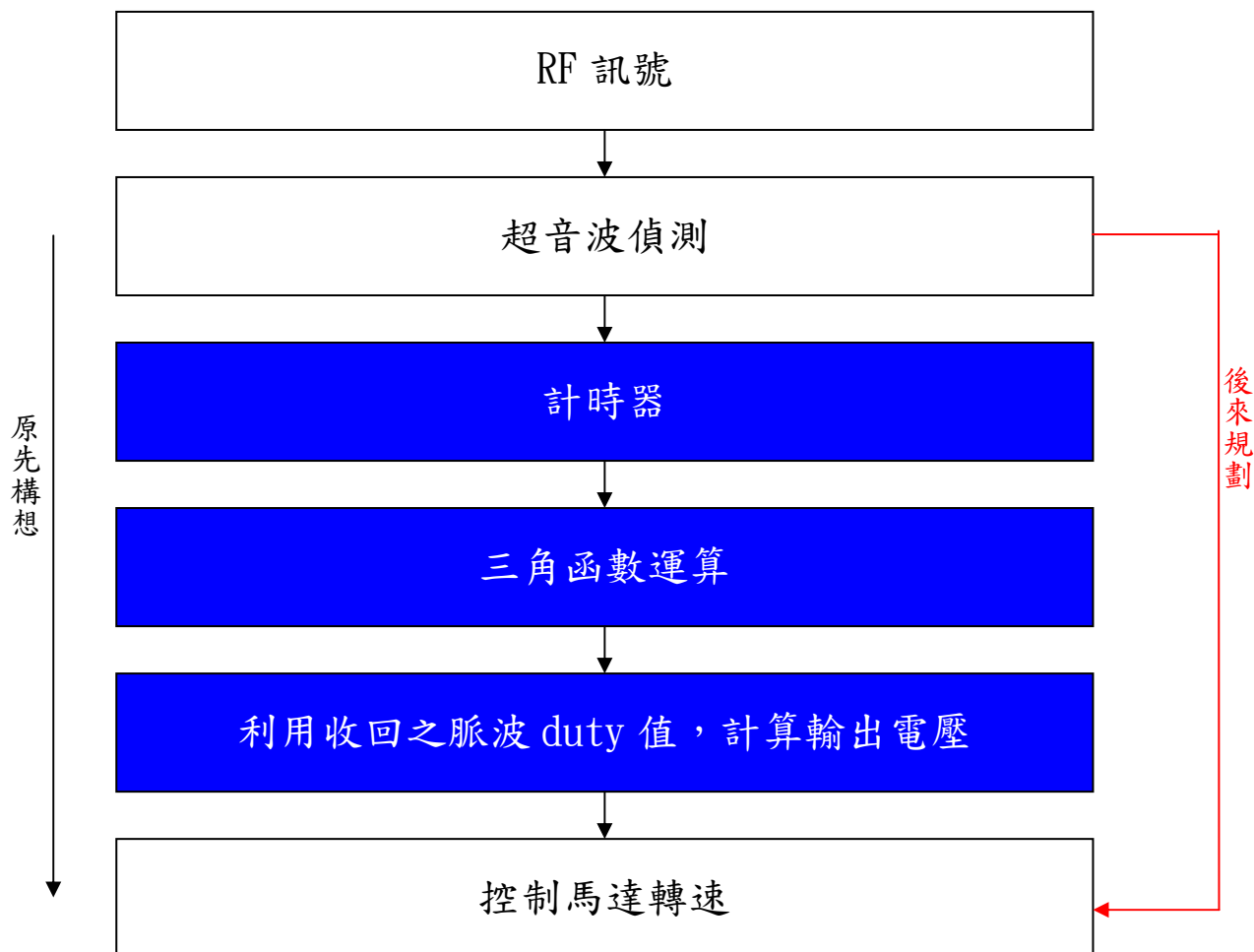
- ※ 超音波輸出電壓改變範圍約在 1.1V 到 1.8V 之間。
- ※ 超音波感測器輸出電壓範圍過小，難以明確地利用上述電路將繼電器作確實的切換。
- ※ 另外，超音波之發射端與接收端須相當靠近，繼電器切換的效果才會出現。
- ※ 單獨對超音波電路與馬達轉速電路作測試時，測試之結果皆正常，但將兩者做一結合時，繼電器會發生不正常的切換，此外電路也變的相當不靈敏。

九、程式部分

初步程式碼(主動式迴圈)：

```
RF REG P0.0 ;將 P0.0 定義為 RF(RF 發波端)
SONIC REG P0.1 ;將 P0.1 定義為 SONIC(超音波接收端)
;-----
ORG 0H ;程式由 0 開始
JMP MAIN ;跳至 MAIN 主程式
;-----
MAIN: ;MAIN 主程式區段
CLR RF ;清除 RF 訊號
CLR SONIC ;清除 SONIC 訊號
CALL RF_SIGNAL ;呼叫 RF 脈波發波子程式
CALL ULTRASONIC_SIGNAL ;呼叫超音波接收子程式
CALL COUNTER ;呼叫距離及偏角計算主程式(---未寫---)
CALL SERVO_SIGNAL ;呼叫伺服馬達數值子程式
CALL DELAY ;呼叫時間延遲子程式
JMP BEGIN ;跳至 BEGIN 主程式
;-----
RF_SIGNAL: ;RF 脈波發波主程式區段(發出脈寬 1us 之方波)
SETB RF ;將 RF 設為高電位 1
NOP ;延遲 1us
CLR RF ;將 RF 設為低電位 0
NOP ;延遲 1us
RET ;返回主程式
;-----
ULTRASONIC_SIGNAL: ;超音波脈波接收程式區段(接收發波器之方波)
MOV A,#00H ;定義累加器 A 為 0
LOOP: ;LOOP 迴圈
INC A ;將累加器加 1
JNB SONIC,LOOP ;當 SONIC 為高電位 1 時跳出迴圈
MOV R0,A ;將 A 之值輸入暫存器 R0
RET ;返回主程式
;-----
SERVO_SIGNAL: ;伺服馬達數值傳輸區段
MOV P1,R0 ;將 P1 輸出 R0 之值
CLR R0 ;清除 R0 數值
RET ;返回主程式
;-----
DELAY: ;時間延遲子程式區段
MOV R1,#400 ;定義 R1 為 400
HERE: ;HERE 迴圈
NOP ;時間延遲 1us
NOP ;時間延遲 1us
NOP ;時間延遲 1us
DJNZ R1,HERE ;將 R1 進行遞減至 0 時跳出迴圈
RET ;返回主程式
;-----
END ;程式結束
```


本組在程式上原先之設計如下：



但在計時器、三角函數運算，以及利用收到之脈波輸出電壓上，出了些許的問題。首先，超音波收到了訊號之後雖然能夠計算出目標物與車體間的距離，但卻無法利用組合語言完成三角函數之計算，導致無法得知車體是否與目標物在感測範圍內(設定當目標物與車體距離 1 公尺時，開始動作)。因此，需將原先之想法作一改變，利用超音波感測時所收到的電壓值，對馬達進行兩段式的變速，使車體動作。

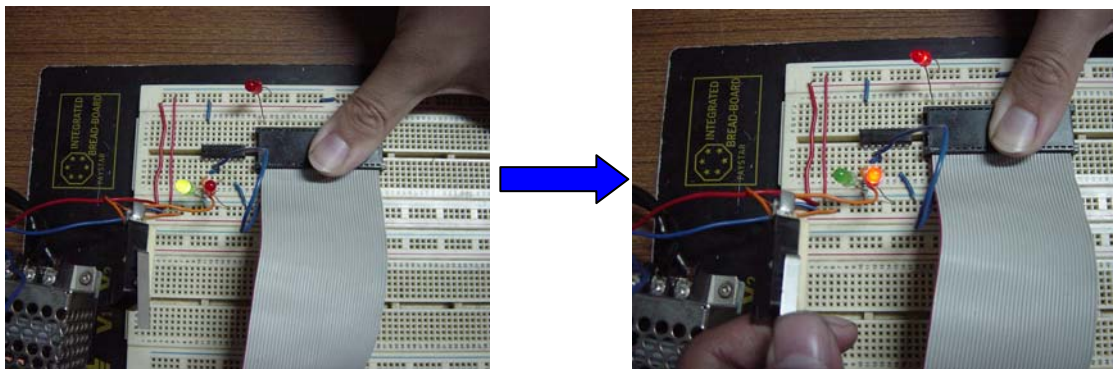
在重新擬定方案之後，一開始則是直接利用超音波輸出之電壓配合達靈頓電路以及繼電器做執行，但因為繼電器不正常切換的問題，因此便改以電腦配合 8255 來完成車體行進的動作。

首先在 Borland C++ Builder 內建立一使用視窗介面，程式執行時，將 8255 之模式設定為模式 0，A-Port 設定為輸入端，B-Port 設定為輸出端。將超音波之接收電路輸出與 A-Port 相連，利用 8255 將收到之訊號傳回電腦內，由 Borland C++ Builder 內部之程式處理接收到之訊號，處理過後在由 B-Port 輸出 0 或 1 之訊號，藉此切換電路上之繼電器以達到馬達控制之效能。主要之程式邏輯如下：

超音波發射端所發射出之訊號為一脈波訊號，由接收端接收後，利用程式去計算其脈波訊號次數，經由一連串的计算得知與發射端之距離與偏向角，由程式判斷後輸出相對應之輸出訊號。但其中對於如何利用 Borland C++去計算由 8255 接受端所收到之脈波數目還尚待研究，而測試超音波電路時，發現當超音波之發射端與接收端之間，會因相隔距離而有電壓改變的情況。因此先採用以電壓改變量為準，來作為隨行車測距之依據。

在軟體與硬體之測試方面，分為兩部分：

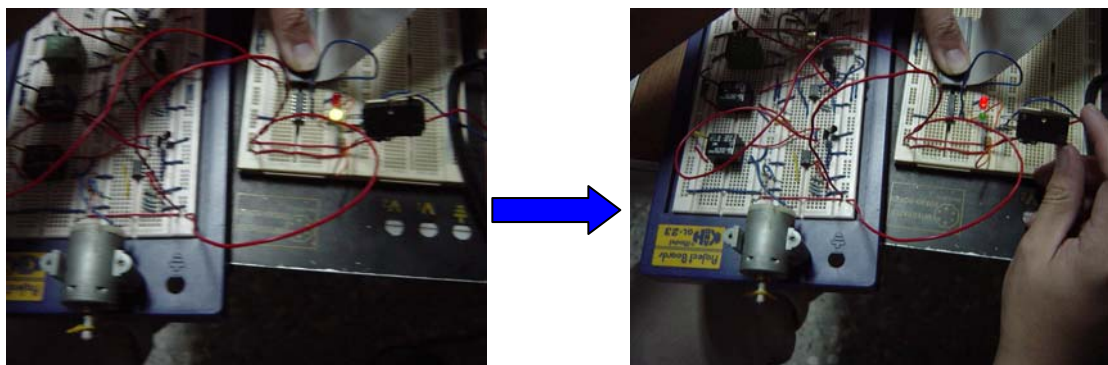
- (1) 以微動開關代替超音波輸入，以 LED 來顯示 8255 輸出：在此階段主要測試所撰寫之 Borland C++ 程式語言是否可以達到預計之功能。當輸入端訊號為 0 時，輸出端也為 0，LED 不亮；反之，當輸入端訊號為 1 時，輸出端也為 1，LED 亮。測試結果與預期所須之功能相同，証實程式並無問題。



【圖三十四】8255 馬達驅動電路測試(a)

(圖左：無輸入則無動作，圖右：有輸入則動作)

- (2) 以微動開關代替超音波輸入，並在輸出端接上小直流馬達：此階段為測試當輸入為固定電壓時，輸出端之馬達驅動電路是否達到預期之效果。輸入端訊號為 0 時，輸出端也為 0，馬達停止；反之，當輸入端訊號為 1 時，輸出端也為 1，馬達轉動。測試結果與預期所須之功能相同，証實馬達驅動電路並無問題。

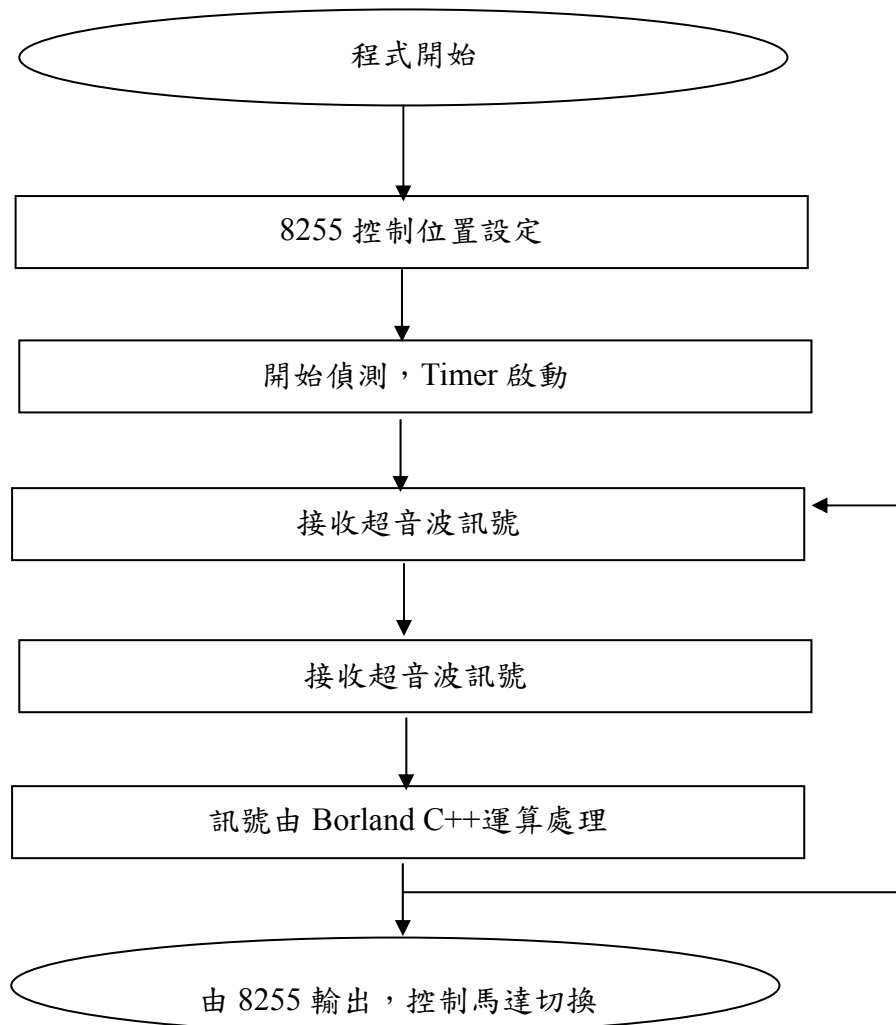


【圖三十五】8255 馬達驅動電路測試(b)

(圖左：無輸入則無動作，圖右：有輸入則動作)

(3) 以超音波電路之輸出作為輸入，並在輸出端接上小直流馬達：此階段為測試兩者間搭配後是否可達到預期之效果，輸入端訊號小於一參考電壓時，輸出端也為 0，馬達停止；反之，當輸入端大於一參考電壓時，輸出端也為 1，馬達轉動。測試結果發現當兩電路相連接時，由於超音波輸出為脈波訊號，造成 8255 接收端之電壓不穩定，時大時小。而輸出端之馬達驅動電路，也受到輸入端之影響，造成繼電器不正常之切換，讓馬達在切換過程中並不順利，因此無法達成預期之效果。而將輸入端之訊號經由穩壓器後得到之效果也相同。因此對於超音波電路與馬達轉向電路的結合遭遇到瓶頸。

設計流程邏輯：



※根據以上，在專題時間內無法將車體效果表現，因此，必須利用未來的時間(寒假農曆年前)將效果充實，即利用計算超音波脈波的方式，以獲得車體追隨目標物的位置與距離，使超音波電路能夠與馬達驅動電路結合，完成隨行的效果。

十、寒假進度：

由於此組超音波對於距離變化產生之壓差較小且會使技電器產生不正常跳動的現象，又設計之模式是希望能夠藉由距離的變化，導致電壓的改變，進而驅動馬達電路，因此在期末後的一個星期，獲得網路上討論區的建議，可利用倒車雷達來完成，因此便將原先之構想重新做一設計。

所購買的倒車雷達規格大致上是，一組有兩個接收與發射端，而一個感測器則包含接收與發射的動作，另外感測器的範圍張開角為 110° ，但此部份經過測試的結果，並沒有如此大的感測範圍，但是感測器在直線感測上相當靈敏。

1、倒車雷達：

倒車雷達：通常倒車雷達由超音波傳感器、控制器和顯示器(或蜂鳴器)等部分組成。系統採用超音波測距原理，在控制器的控制下，由傳感器發射超音波信號，當遇到障礙物時，產生回波信號，傳感器接收到回波信號後經控制器進行數據處理、判斷出障礙物的位置，由顯示器顯示距離並發出其他警示信號，得到及時警示。

車體動作原理：倒車雷達在 30 cm 的距離內會輸出一 5V 左右的電壓，利用此特性完成安全範圍的設定；而超過 90 cm 時，輸出是 10V 左右的電壓。但在 30~90 cm 間之電壓會產生跳動，因此利用比較器與繼電器的搭配，讓低於 9V 的電壓輸出訊號為 "0"（即此時馬達不動作）；若大於 9V 時則其輸出訊號為 "1"。

測試過程與結果：直線測試：利用一組倒車雷達，將感測器置於車體前方且靠近車軸中心之兩端做測試，操作者站於車體正前方，起初先讓車體處於停止狀態，當操作者作直線前進時，車體將跟隨操作者移動，當操作者停下腳步時，車體會緩慢地移動至操作者後方之安全範圍。測試後發現，能夠達到要求之動作，但由於車體本身是屬於開迴路系統(利用雙馬達驅動)，因此若移動較長距離時，會有偏移的情形發生。

- (1) 轉向測試：利用兩組倒車雷達，感測器置於車體前方兩端，以一組倒車雷達控制一個馬達的動作，使之達到轉向的效果。一開始車體不動，當操作者移動時車體則進行隨行的動作，當操作者偏向於車體一端時，將使無偵測到操作者之感測器輸出大於 9V，而經過馬達驅動電路後將進行動作，而另一端由於在感測範圍內，將使其輸出電壓小於 9V，導致所驅動之馬達停止動作，進而使車體有轉向的效果。

在測試的結果中發現，此套轉向依據是成立的，但由於一組倒車雷達有兩個感測器，彼此間由於間距過短的問題而影響感測的效果，因此，將兩組倒車雷達的感測器各卸除一個，結果發現，效果會較先前的方式靈敏。

利用倒車雷達完成之車體，所產生之問題檢討與改進：

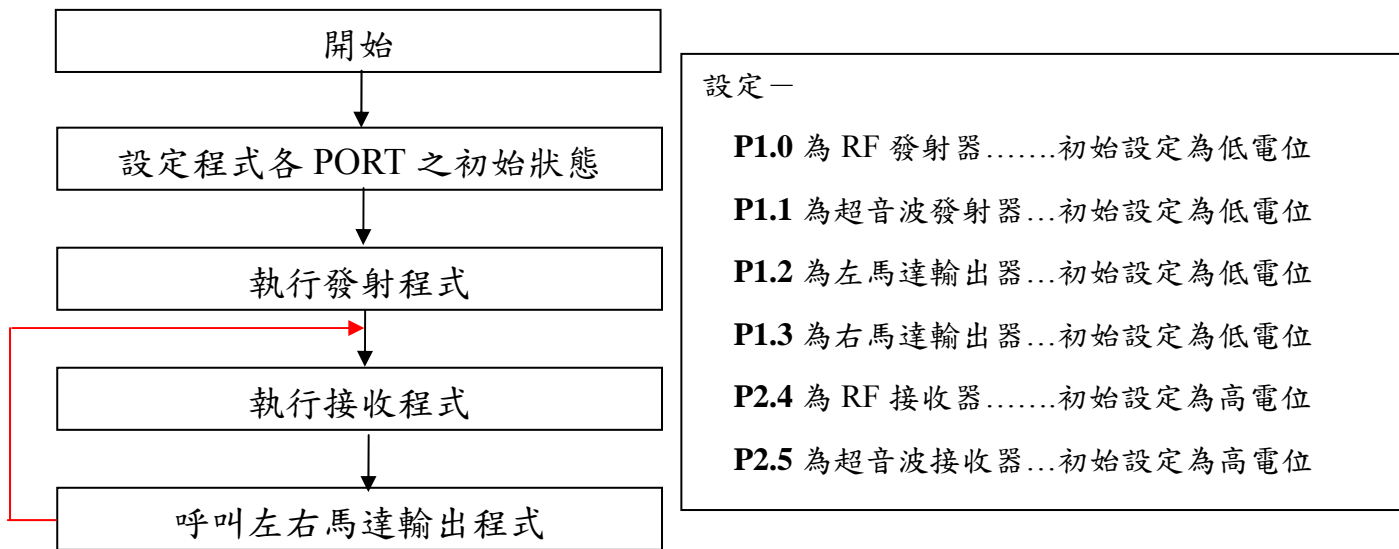
- (1) 利用倒車雷達表面上能夠達到隨行的效果，但實際上卻有一個相當嚴重的問題，即是無法確保車體能夠跟隨操作者移動，這是由於倒車雷達僅能以與障礙物距離判斷，以獲得不同的電壓導致車體進行直線或是轉向的動作，因此可能由於兩者間有其他人的經過或是其他障礙物的影響，使得車體無法確實的達到要求的效果，這是利用此法所面臨最大的問題。
- (2) 另外，即是感測的範圍與人車安全距離過短，若人車距離過長，則車體將會持續進行直線的運動，而導致車體會不斷地直線運動，這將使車體可能因為無法跟隨操作者而遇到凹穴或是水池等等的障礙，使得車體掉入水中或是凹穴。
- (3) 根據以上兩點問題，若是採取車體警告的方式，告知使用者需將車體做停止移動的動作，並不是一個能夠解決問題根本的方法，因此在一月底時，經過組內同學討論的結果，打算以程式部分為主軸，而倒車雷達則是做為車體偵測障礙的工具。

2、8051 程式：

根據以上，將車體隨行的效果利用超音波與程式上的結合，以完成專題上的需求。

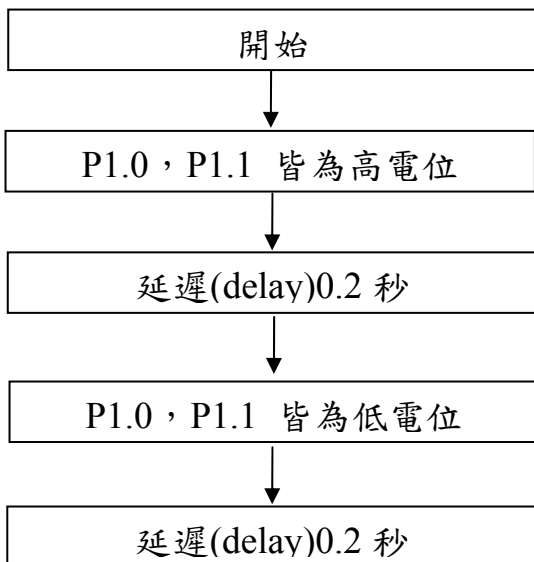
在程式方面，主要是以 8051 晶片配合組合語言來完成車體內部程式的規劃，以下則對此次專題程式的撰寫流程，作一介紹：

程式主要流程如下：



而各部份程式之邏輯流程如下：

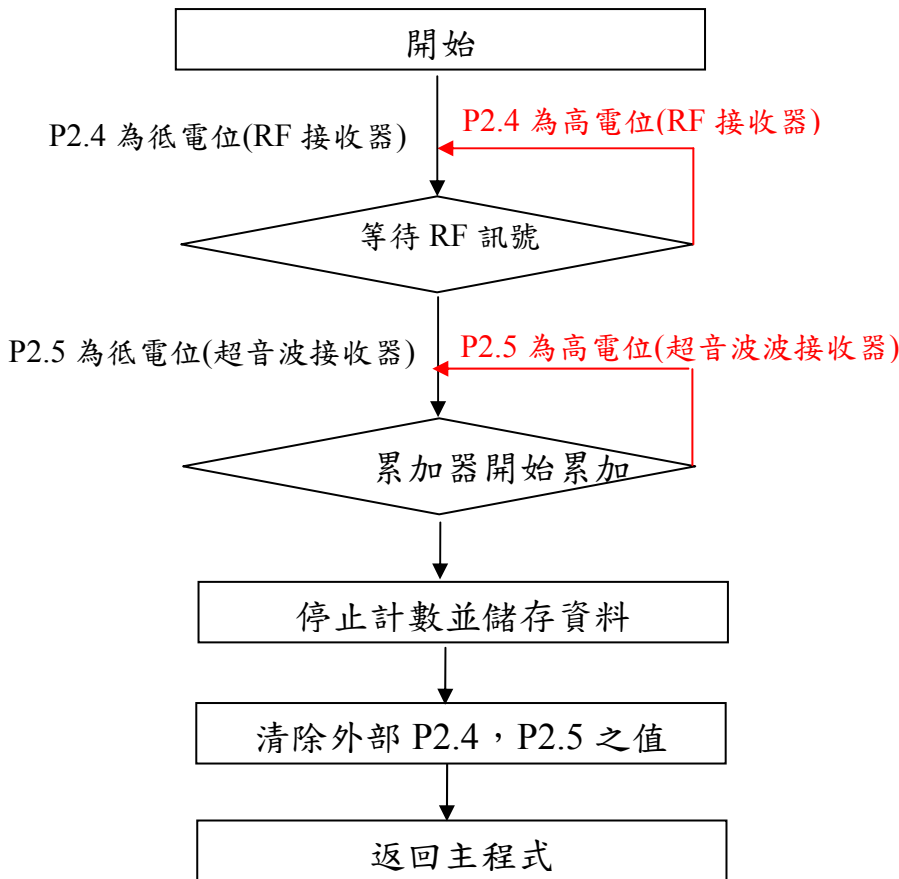
發射程式—



發射程式之設計解說

發射程式的設計是將一組超音波與 RF 發射頭裝配在使用者身上，利用 8051 內部程式將其中兩 port 間斷輸出高電位，讓使用者身上之超音波發射端與 RF 發射端可間接發射出超音波與 RF 訊號，讓車體上之接收晶片接收到 RF 訊號時開始計時，接收到超音波訊號時停止計時並開始計算使用者距離車體之遠近。間斷時間大約為 0.4 秒左右。

接收程式一



接收程式解說

首先介紹超音波接收程式，因為 RF 傳送速度較超音波為快，因此超音波接收程式首先會先判別 RF 接收頭是否有接收到 RF 訊號，若接收到 RF 之訊號，便開始利用累加器計算超音波從發射到接收後總共行走了幾個超音波的波長，並在接收器收到超音波訊號時停止累加器的動作；在此強調一點，為了使累加器能達到上述的目標，必須讓累加器的時間週期與超音波能夠互相配合，即累加器累加一次所需的時間若與超音波週期同樣是 $25\mu\text{s}$ ，則所累加的數字就是超音波所經過的波長數目。

接收程式中累加器運算原理

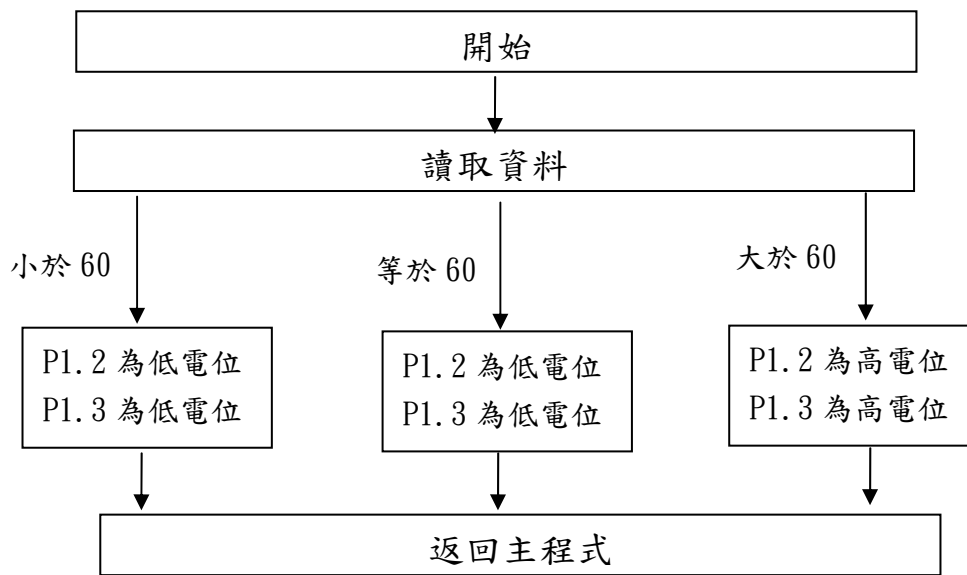
在介紹運算原理前，先說明超音波的頻率與其他基本物理特性。

1. 超音波的頻率為 40KHZ ，而且音速為 340m/s
2. 又超音波之週期等於頻率的倒數，即為 $1/40000=2.5\times 10^{-5}(\text{sec})=25\mu\text{s}$
3. 利用物理公式裡的 $V=f\times\lambda$ (波速等於頻率乘以波長)，由此可推得波長等於波速除以頻率 $\lambda=340(\text{m/s})/40000=8.5\times 10^{-3}(\text{m})=8.5\text{mm}$

了解超音波基本的物理特性後，針對所設計的 50cm 安全距離而言，超音波走 50cm 所需花費的時間，根據物理公式 $S=V\times T$ (位移量等於定速度乘以時間)，由此可推得時間等於位移量除以定速度 $T=0.5(\text{m})/340(\text{m/s})\doteq 1500\mu\text{s}$

計算出超音波行走 50cm 所需要之時間後，便可以預測超音波在這段期間內需要經過多少個超音波的波長 $T=n\times t$ (所需時間等於經過之波數乘以週期)，由此可推得經過之波數等於所需時間除以週期 $n=1500(\mu\text{s})/25(\mu\text{s})=60$ 。在經過上面詳細的推導後得知，超音波行走 50cm 會經過 60 個超音波的波長，於是便利用這項結果來判定使用者與車體間是否在安全距離外。

判斷程式—(以累加器累計結果是否超過 60 為判斷依據)



判斷程式解說

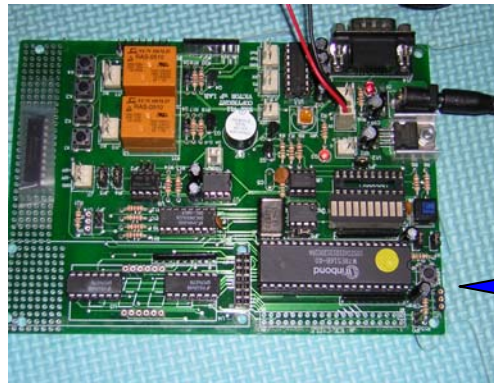
判斷程式是利用之前接收程式累加器所累加出來的結果來作為左右馬達驅動的依據，在組合語言內有一語法類似 C 語言 CASE 選擇的方式來讓單晶片執行判斷的工作，以下是設計的三種 CASE：

1. 當累加器所累加的數字不超過 60 時，即人車間距離並未超過安全距離，則不啟動馬達作動。
2. 當累加器所累加的數字剛好等於 60 時，即人車間距離等於安全距離，則不啟動馬達作動。
3. 當累加器所累加的數字大於 60 時，即人車間距離大於所需保持之安全距離，則啟動馬達作動。

如此，只要累加之數字超過 60 後，馬達便開始啟動並跟隨使用者，以達到預期的效果。

個別測試結果：

1. 發射程式測試：於單晶片上 P1.0 與 P1.1 接上 LED，以便觀測單晶片輸出之高低電壓是否正常，經測試後，發現 LED 之明滅與預期效果相同，測試結果，可由“發射程式測試”影片中得知。
2. 接收程式測試：由於與超音波電路之整合尚未成功，因此，暫時無法利用超音波電路來進行測試，目前先以 8051 測試板上之按鍵 K1 模擬 RF 接收端訊號，按鍵 K2 模擬超音波接收端訊號。為了方便觀察程式執行效果，將原程式之判斷時間延長為一秒進行測試，以下圖片為測試結果。

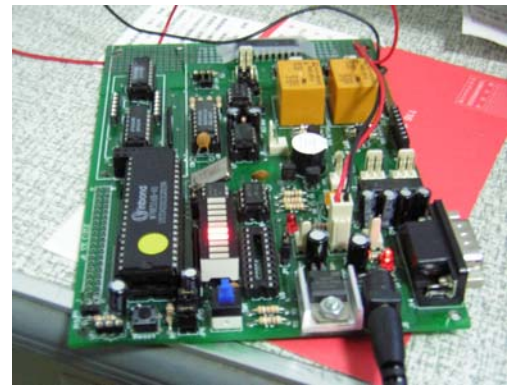


【圖三十六】接收程式測試(1)



【圖三十七】接收程式測試(2)

接收程式開始，按下 K1 後程式開始累加，於一秒內按下 K2，程式停止累加，由程式判斷後是否在一秒之內收到 K2 之訊號，而此圖為時間內收到訊號所產生之結果(一個 LED 亮)



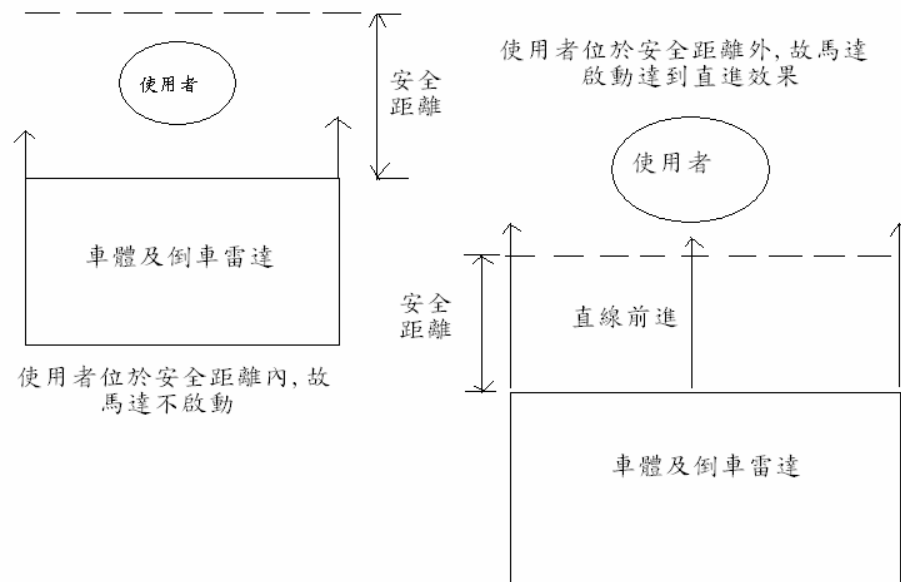
【圖三十八】接收程式測試(3)

接收程式開始，按下 K1 後程式開始累加，於一秒內按下 K2，程式停止累加，由程式判斷後是否在一秒之外收到 K2 之訊號，而此圖為時間外收到訊號所產生之結果(兩個 LED 亮)

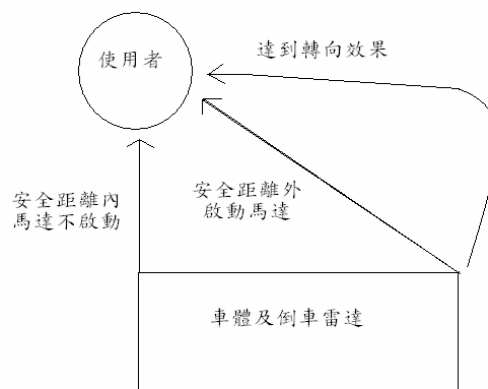
十一、討論：

(1) 隨行過程中轉向的部分，目前有兩種可行的方案：

甲、選用對距離敏感之感測器，如倒車雷達，將其置於車體左右兩個馬達驅動電路上，左右兩組感測器各自偵測與操作者之距離，若左右兩組感測器與操作者之距離小於安全距離，則讓車體停止，反之，操作者與感測器距離大於安全距離時，則車體行進；轉向方面，也以操作者與感測器之距離為基準，當操作者轉向時，另一邊的感測器感測到操作者大於安全距離而使同側馬達動作，另一邊感測器偵測到操作者在安全距離內而使馬達停止運轉，如此則可達到轉向的效果。



【圖三十九】利用倒車雷達控制車體運動(1)



【圖四十】利用倒車雷達控制車體運動(2)

乙、由一個單晶片控制左右兩個馬達，利用單晶片內建之計時器分別紀錄操作者至左右兩組接收器之時間，若操作者轉向將使單晶片紀錄左右兩邊接收器的時間產生差距，將左右邊之間的時間差利用單晶片計算出來，並建立一個時間差對應轉向角度的資料庫，如此可應用此資料庫的資料來驅動馬達作動達成轉向的目的。

- (2) 關於行進途中遇到障礙的問題，可利用目前已購得之倒車雷達作為避障的主要工具，由於倒車雷達的超音波發射與接收裝置在一起，因此可以用來偵測安全距離內是否有任何障礙物，只要有障礙發生，倒車雷達便會啟動蜂鳴器發出聲響告，通知使用者作緊急處理(如切掉電源使車體停止)。在程式方面則可以應用組合語言以及單晶片指令裡的中斷程式來進行，只要倒車雷達偵測到障礙物即啟動中斷程式馬上中斷隨行的工作並停留於原地。
- (3) 關於馬達轉速的部分，目前採用兩段式變速，即給予馬達 5V 與 0V 的驅動電壓，使馬達有全速與停止的作動。因此希望未來能夠達到馬達可以調速的境界，亦即當車體在進行轉向時不再是全速與停止，而能夠擁有全速轉向、半速轉向或者還是以停止不動來轉向，讓馬達的應用能夠更廣泛，轉向的過程可以更順暢。
- (4) 在程式方面，目前利用的單晶片是個不錯的選擇，建議可以繼續使用；目前程式內部計算是以累加器作為運算的工具，但也可利用單晶片裡的計時器來執行測距的工作，8051 可外加建立一組資料庫，來進行轉向依據的判斷，以求達到確實轉向的效果；而中斷程式則可以讓車體在遭遇障礙物之前讓車體停止，以達到使用的安全性。

十二、結論

忙了兩個多學期，完成了這次專題實作，但成品之內容並非相當的完善，即無法將所完成之程式電路與馬達驅動電路做一完美的結合，這是相當可惜的一件事，若能在各部分的結合上有所突破，應該能將此次專題的成果完美的呈現。

而目前所完成之內容乃是將道倒車雷達之原理沿用，但由上述之內容可知，倒車雷達對於此次專題最大的缺點在於無法跟隨操作者移動，因此，本組在最後一次設計時，便將接收端與發射端各自獨立，以完成此次專題的製作，而在電路與程式測試方面，單獨測試馬達驅動電路與超音波發射接收電路皆有達到預期之效果，程式也由 8051 測試板以按鍵和 LED 執行程式測試，模擬出程式之邏輯與輸出均符合原先之構想。但將上述之電路與程式做一結合後，則發現與分別測試之結果不相符合，由於電路與程式之間的整合經驗不甚豐富，因此遇到極大的困難，所以現在只能各別展示出程式與電路方面之測試，卻無法將之整合在一起，因此希望未來能加強電路方面之知識，以達到系統整合的目標，達成所希冀之目標。

另外，感謝王老師與蔡老師在這一年多來的指導，以及各組同學在製作過程中給予的建議與鼓勵。

十三、經費支出：

| 項目 | 數量 | 金額(元) |
|----------|----|-------|
| 超音波感測模組 | 1 | 250 |
| IC 夾 | 1 | 15 |
| 剝線钳 | 1 | 60 |
| 超音波模組 | 1 | 110 |
| 端子 | 1 | 20 |
| 電子材料 | 1 | 42 |
| 蜂鳴器 | 1 | 25 |
| 耗材 | 1 | 29 |
| 配線器材 | 1 | 4 |
| 電阻 | 1 | 25 |
| 電阻 | 2 | 30 |
| 銅柱、螺線 | 1 | 16 |
| 螺絲膠 | 1 | 40 |
| 電路板 | 1 | 10 |
| PC 電路板 | 2 | 10 |
| 開關 | 4 | 12 |
| 馬達 | 2 | 3600 |
| 軸承 | 1 | 170 |
| 螺絲、螺帽、墊片 | 50 | 75 |
| 輪子 | 4 | 200 |
| 鏈條 | 1 | 695 |
| 鏈輪 | 2 | 340 |
| 空心鋁條 4m | 1 | 225 |
| 角鋼 5m | 1 | 350 |
| 鋁棒 50cm | 1 | 60 |
| 電子零件 | 1 | 55 |
| 電子零件 | 1 | 34 |
| 電阻 | 1 | 140 |
| 電晶體 | 6 | 12 |
| 電阻 | 1 | 90 |
| 鋁棒 15cm | 2 | 50 |
| 積體電路 | 1 | 90 |
| | | |
| 合計 | | 6892 |
| 剩餘 | | -892 |

經費運用 2004/12/13

參考資料

- (1) <http://www.wa4dsy.net/robot/line/>
- (2) <http://www.ece.uiuc.edu/coecsl/>
- (3) <http://home.kimo.com.tw/s07368/3/index-left.htm>
- (4) <http://www.sciam.com.tw> 科學人雜誌網頁 2003 年 12 月份—小小機器人軍團
- (5) 上屆學長專題(健康醫療器材-電動輪椅)所提供的比較資料(馬達系統)
- (6) 超音波套件說明書
- (7) 自走車設計與製作網站<http://s07368.myweb.hinet.net/>
- (8) 大鳥的實驗室<http://www.dainau.com/phpBB2/>
- (9) 陳巧茵，*小型自走車以超音波避障之研究*，國立成功大學工程科學研究所碩士論文，民國 91 年 6 月
- (10) 楊雅兆，*使用超音波感測之自走車避障實務設計*，私立中原大學，民國 93 年 7 月
- (11) 鄧錦城，*8051 單晶片實作寶典*，益眾/宏友圖書出版，1999
- (12) 盧正興、陳昭綾，*8051 單晶片微電腦應用*，高立圖書出版，1998
- (13) 王國禎、楊烽正、余文俊，*視窗介面微電腦感測與控制應用實務*，2003，全華圖書

附錄 A：程式碼

超音波發射程式一

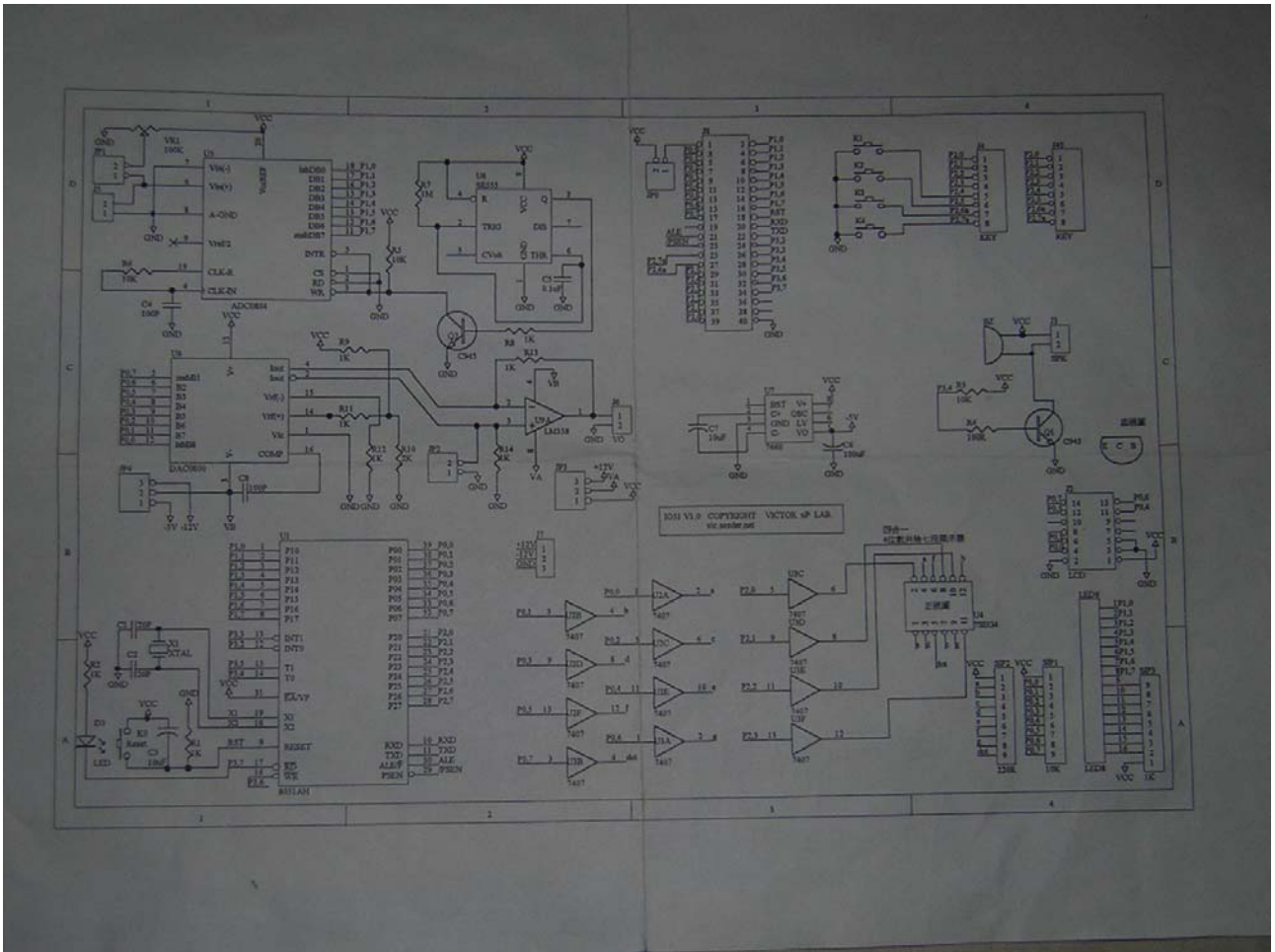
```
ORG 00H ;程式由 00H 開始
MAIN :CLR P1.0 ;清除 RF 發波端之值
CLR P1.1 ;清除超音波發波端之值
SETB P1.0 ;RF 發射端發波
SETB P1.1 ;超音波發射端發波
CALL DELAY ;呼叫時間延遲子程式
CLR P1.0 ;RF 發射端停止發波
CLR P1.1 ;超音波發射端停止發波
CALL DELAY ;呼叫時間延遲子程式
SJMP MAIN ;跳至 MAIN 主程式
DELAY:MOV R1,#400 ;定義 R1 為 400
HERE :MOV R2,#250 ;定義 R2 為 250
BACK :MOV R3,#5 ;定義 R3 為 5
AGAIN:NOP ;時間延遲 1us
NOP ;時間延遲 1us
NOP ;時間延遲 1us
DJNZ R3,AGAIN ;將 R3 進行遞減至 0 時跳出迴圈
DJNZ R2,BACK ;將 R2 進行遞減至 0 時跳出迴圈
DJNZ R1,HERE ;將 R1 進行遞減至 0 時跳出迴圈
RET ;返回主程式
END ;程式結束
```


超音波接收程式一

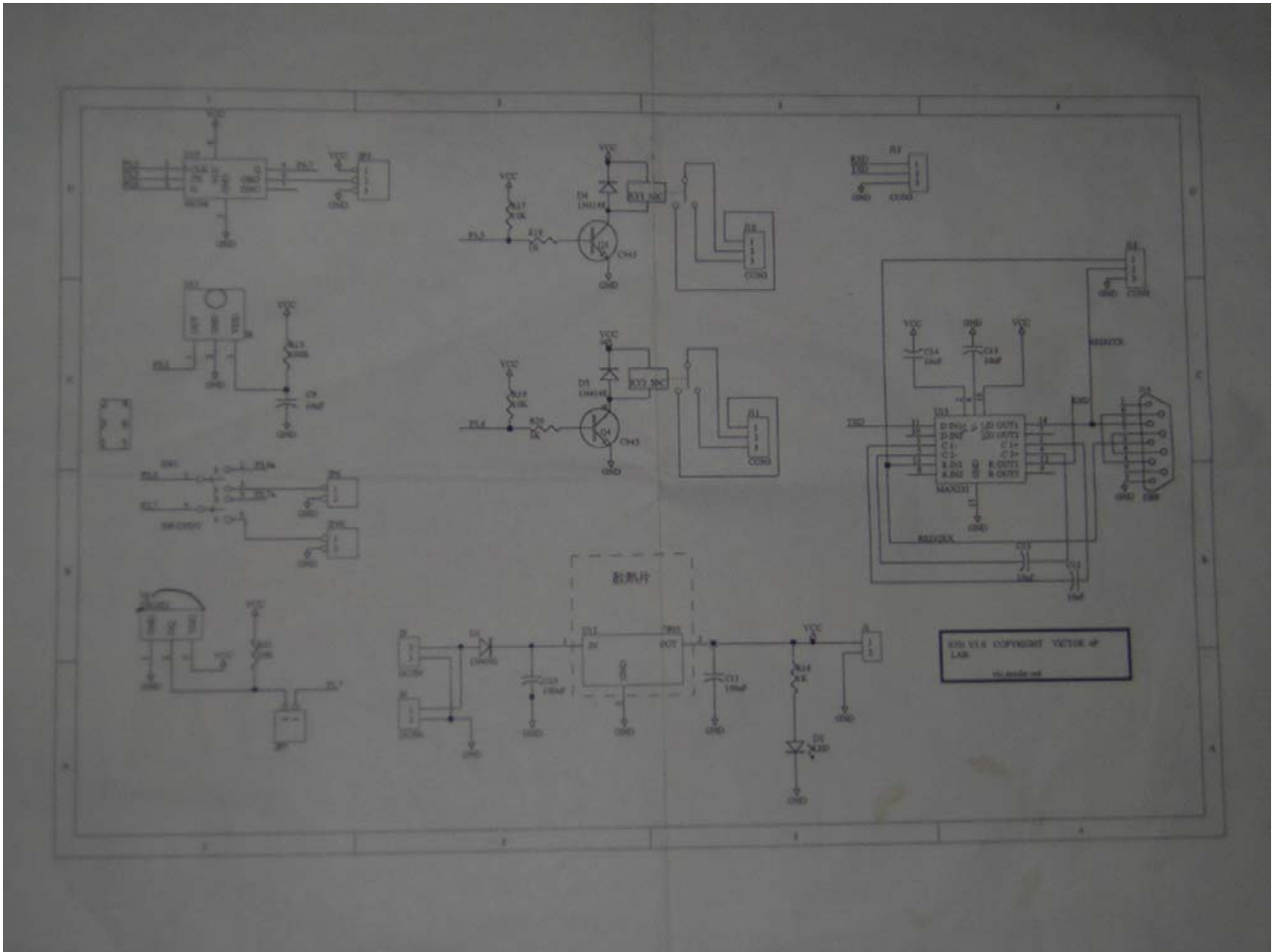
```
ORG 00H                ;程式由 0 開始
SETB P2.4              ;將 RF 定義為高電壓(初始狀態)
SETB P2.5              ;將超音波定義為高電壓(初始狀態)
MAIN :CALL ULTRASONIC  ;呼叫超音波接收子程式
NEXT :CALL CONTROL     ;呼叫伺服馬達數值子程式
BACK :CALL DELAY       ;呼叫時間延遲子程式
    SJMP MAIN          ;跳至 MAIN 主程式
ULTRASONIC:MOV A,#00H  ;定義累加器 A 為 0
CHECK:JB P2.4,CHECK    ;當 RF 為低電位 0 時跳出迴圈
    JNB P2.4,$         ;當 RF 為高電位 1 時跳出迴圈(壓下按鈕)
LOOP :INC A             ;將累加器加 1
    CALL DELAY         ;呼叫時間延遲子程式
    JB P2.5,LOOP       ;當 SONIC 為低電位 0 時跳出迴圈
    JNB P2.5,$        ;當 SONIC 為高電位 1 時跳出迴圈(壓下按鈕)
    MOV R6,A           ;將 A 之值輸入暫存器 R6
    SJMP NEXT          ;返回主程式
CONTROL:CJNE R6,#05H,NOT_EQU ;條件判斷 R6 之值(等於 50 公分)
    SETB P1.2          ;右馬達不啟動
    CLR P1.3           ;左馬達啟動
    CALL DELAY         ;呼叫時間延遲子程式
    SJMP BACK          ;返回主程式
NOT_EQU:JC BELOW      ;條件判斷 R6 之值(在 50 公分過後)
    CLR P1.2           ;右馬達啟動
    CLR P1.3           ;左馬達啟動
    CALL DELAY         ;呼叫時間延遲子程式
    SJMP BACK          ;返回主程式
BELOW:                 ;條件判斷 R6 之值(在 50 公分以內)
    SETB P1.2          ;右馬達不啟動
    CLR P1.3           ;左馬達啟動
    CALL DELAY         ;呼叫時間延遲子程式
```

| | |
|-------------------|-----------------|
| SJMP BACK | ;返回主程式 |
| DELAY:MOV R5,#400 | ;定義 R5 為 400 |
| HERE :MOV R2,#250 | ;定義 R2 為 250 |
| AGAIN:NOP | ;時間延遲 1us |
| NOP | ;時間延遲 1us |
| NOP | ;時間延遲 1us |
| DJNZ R2,AGAIN | ;R2 遞減至 0 後跳出迴圈 |
| DJNZ R5,HERE | ;R5 遞減至 0 後跳出迴圈 |
| RET | ;返回主程式 |
| END | ;程式結束 |

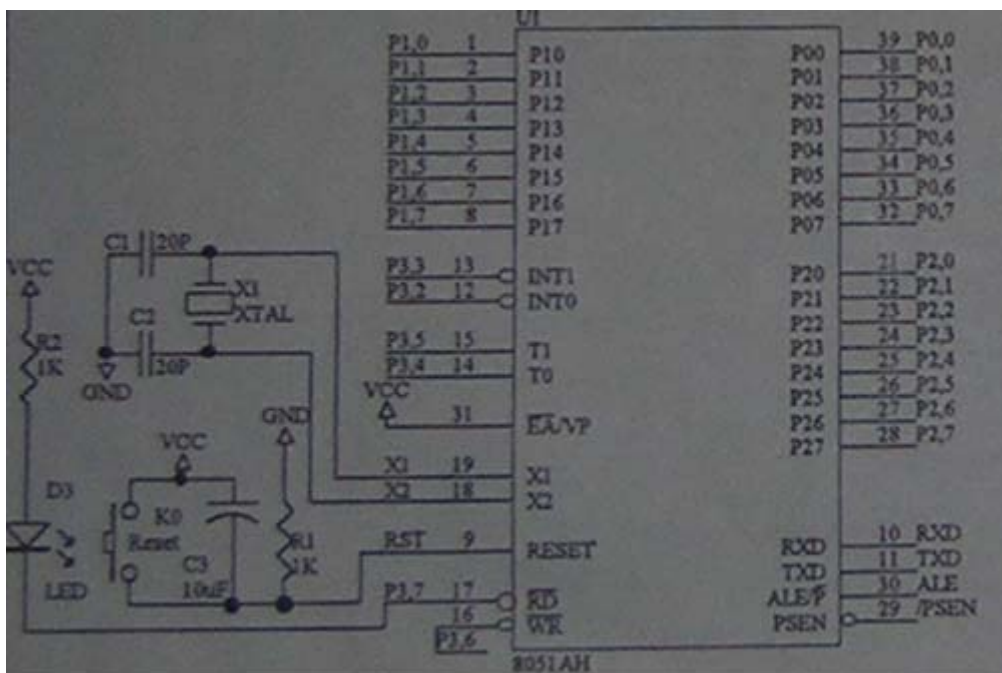
附錄 B：電路圖



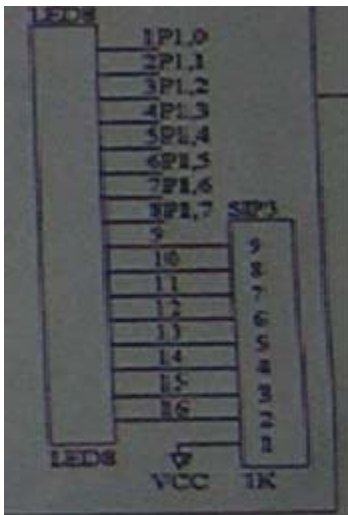
【圖四十一】IO51 控制板電路(1)



【圖四十二】IO51 控制板電路(2)

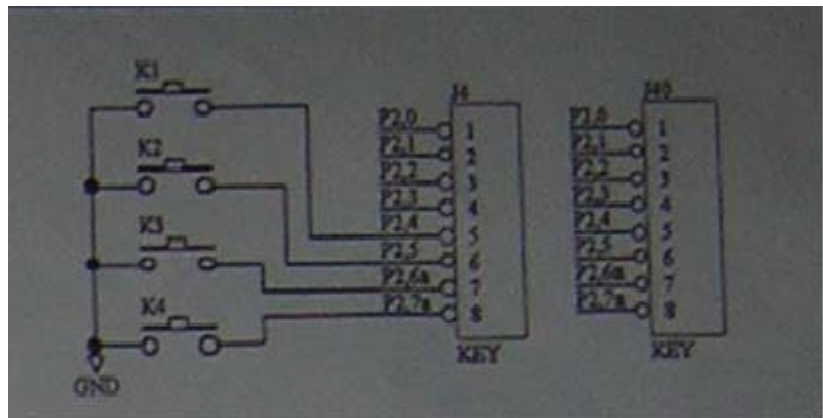


【圖四十三】8051 單晶片外接電路



LED顯示器電路
 P1.0為RF發射器
 P1.1為超音波發射器
 P1.2為驅動左馬達
 P1.3為驅動右馬達

【圖四十四】LED顯示器電路



接收程式模擬按鍵圖
 (K1為RF接收器, K2為超音波接收器)

【圖四十五】接收程式模擬按鍵