

瓦礫大挑戰

摘要

在高科技的社會中，機器人慢慢成爲生活中的一部分，機器的自動化又要有判斷的能力，人工智慧就是不可貨缺的重要因素，自走車應該是最初階但具備人工智慧的機器人。

在這次比賽當中，電工膠帶標示線就是比賽中重要指示，讓自走車能判斷路線，而速度、穩定度、精準度是必要的三大條件，要如何讓機器達到這三大條件才是最重要的問題。

車體機構是利用方型鋁條製作，重量輕且堅固耐撞，車體結構上分爲上下兩層，上層負責抓取資源回收物及回收物種類判斷與放置功能，而下層機構是負責認路及定點停車功能。

電控部分採用 AT 89C51 單晶片做爲中央控制核心，認路方面採取光二極體作爲 sensor，裝於車底的前後兩端，如此一來不管是前進或後退機動性便大大的提昇，就沒有車頭、車尾之分，都能準確的達到認路功能，並且在需要取物及置物之處做準確的定位停車。

一、前言：

自走車乃是機器人系統的一種，本專題以發展無人自走車爲目標，透過團隊合作以達成系統整合所需相關技術。自走車主要分爲驅動介面及感測系統二個部分，驅動介面以微處理器(89C51)爲核心，透過 PWM 信號來控制以功率電晶體所構成的 H 電橋，而達到馬達轉向。另外感測系統是使用反射型的光感測器來測試路徑，所以在剛開始設計時，希望車子在設定軌道上時，感測器能正確的感測，並適時的修正前進的路徑，進而平順的沿著路徑行走。在行進的路徑方面，可做直線前進和定點轉彎。

我們的設計概念是簡單的機構，不要將其複雜化，並以最少的經費預算完成各項動作功能，最重要的是各項功能的穩定性，其次才是要求速度。車體機構分爲上下兩層分開製作，上層負責抓取資源回收物及回收物種類判斷與放置功能，而下層機構是負責認

路及定點停車功能。爲了提高分辨回收物顏色的準確度，利用外部指撥開關的選擇設定，以避免顏色誤判。

設計重點主要在於上層的抓取回收物的部份，我們利用 L 型鋁條製作三個置物槽來放置回收物，而重點在於抓取回收物品時的準確度及時間快慢，我們摒除了機械手臂夾取物體的作法，而是利用伸縮架將回收物平台上的三個物品一次抓取回來，然後在車子行進當中再一邊做物品分類判斷，如此一來就能快速且準確的抓取物品及分類回收標的物。

製作與測試步驟：

- 1.先將基本車體組裝起來，再將馬達和輪胎裝上。
- 2.調整四顆輪胎都能平均接觸地面。
- 3.設計與製作認路用控制電路。
- 4.進行電路測試與程式設計，使車子能夠延著白色軌跡認路前進。
- 5.製作抓取回收物及放置回收物機構。
- 6.設計與製作取物與置物用控制電路。
- 7.進行電路測試與程式設計，使取物機構能夠順利將三個回收物一次取回。
- 8.將取物機構安裝到車上，實地測試車子的行進功能與取物、置物功能。
- 9.進行各部份機構修正及程式修改。

二、機構設計

車體機構的材料選擇方面，主要是利用方型鋁條製作，重量輕且堅固耐用，很適合我們作爲車體骨架的要件。而車體機構將其分爲上下兩層分開製作，並且分別測試功能，等功能正確了之後再將上下合併測試，上層是抓取回收物的機構，而下層是認路自走機構。

下層的機構爲，製作一方形的車架，長 80 公分寬 60 公分，並且安裝 4 顆額定 10W DC24V 的直流馬達，圖 1 所示爲下層自走車體的實體圖。而上層的機構是利用伸縮滑軌配合馬達的控制，如此一來就能將上層機構向前伸至回收物平台附近，由車子的側向抓

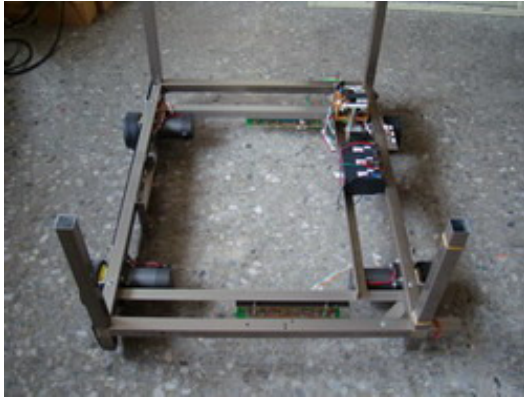


圖 1 下層自走車體實體圖

取回收物，在放置回收物的時候，也是相同作法，先將上層機構伸出之後再將回收物放下。

上層抓取回收物的機構部分，是利用一般的胡桃木條裝置於回收置物槽上方，並利用橡皮筋的彈力加以牽制住，並勾於馬達的轉軸上的固定栓上，當上層機構向前伸至回收物平台附近時，此時控制馬達轉動，將牽制用的橡皮筋放開，木條就會因橡皮筋彈力的關係向下擺動，並將三個回收物一起撥入回收置物槽內，圖 2 所示為抓取回收物的實體圖。

回收物的分類放置是利用 L 型鋁條製作出三個置物槽，並以塑膠 PP 瓦楞板做為活動的底蓋，再利用橡皮筋的彈力將其牽制住，並勾於馬達的轉軸上的固定栓上，當車子移動到回收物放置桶時，只需分別控制對應顏色的馬達轉動，將牽制用橡皮筋放開，如此一來，因回收物本身的重量，就會使得底蓋打開使回收物快速掉入回收桶，圖 3 所示為上層回收物置物槽與馬達配置圖。

選取材料說明：

- (1) 會選擇鋁條最主要的原因是因為比賽有重量限制，所以我們採用像鋁條較輕的材質，來減輕車體的重量，不採用鐵條較重的材質，可能會超過比賽的重量限制，這樣馬達的負載比較不會那麼重。
- (2) 輪胎馬達則是採用四顆 1800RPM 10W 12V 的直流馬達，經由減速齒輪降速成 200RPM 以提高扭力。
- (3) 選擇海棉輪胎有兩個原因，一是重量輕，另一個是它有經過設計，與馬達的軸心相符，這樣我們可以省去不少繁雜的加工。
- (4) 取球放球和敲鐘部分由於每個動作執行所需的轉速不同，採用 15~ 200 RPM 的馬達，來達到最佳

化的控制。

(5) 些部份需要大範圍的板子，用金屬的板子會增加車子的重要造成馬達的負擔，故使用木板和珍珠板來替代。



圖 2 為抓取回收物的實體圖

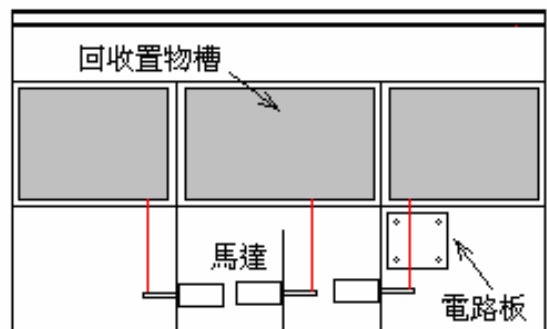


圖 3 上層回收物置物槽與馬達配置圖

三、機電控制

電控部分採用 ATMEL 公司所生產的 AT89C51 單晶片來負責所有輸入信號的感測與馬達的控制。圖 4 所示為下層自走車體系統配置圖，我們於車頭、車尾的底部中央位置，各安裝 6 個認路 sensor，安裝位置如圖 4(a)所示。圖 4(b)所示為感測器與白色路線位置圖，路線的左右各有 3 個 sensor，當感測器在白色軌跡上方時輸出信號為 High，當感測器離開白色軌跡時輸出信號為 Low，根據 6 個感測器的信號變化，經過單晶片的程式運算執行之後，就能分別控制左右馬達的轉速，以達到修正路線和轉彎動作。也就是說，如果 6 個 sensor 都沒有壓到白色軌跡，則左右馬達轉速一樣快，車子直線前進；如果靠近中間的 2 個 sensor 壓到白色軌跡時，則做輕度的方向修正；如果左右兩邊的第 2 個 sensor 壓到白色軌跡時，則做中度的方向

修正；如果靠近最外側的 2 個 sensor 壓到白色軌跡時，則做重度的方向修正。

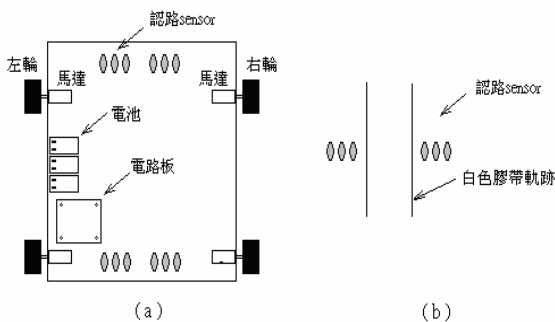


圖 4 (a)下層自走車體系統配置圖
(b)認路軌跡示意圖

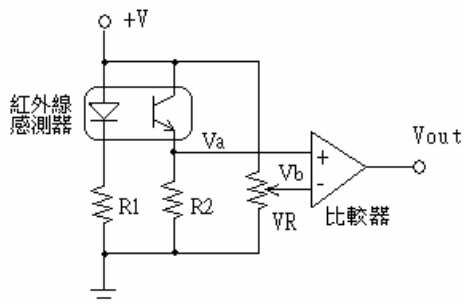


圖5 反射型紅外線感測器電路

圖 5 所示為反射型紅外線感測器電路，如果感測器在白色膠帶上方，光電晶體接收到較強反射光線，故 V_a 電壓大於 V_b 電壓，比較器輸出電壓 V_{out} 為 High；反之，如果感測器離開白色膠帶，光電晶體接收到較小反射光線，故 V_a 電壓小於 V_b 電壓，比較器輸出電壓為 Low。

圖 6 所示為控制系統架構圖，使用到二個 AT89C51 單晶片，其中一個負責認路功能，包括輪子馬達的驅動、認路感測器信號的判別以及啟動開關的偵測，另外一個 AT89C51 負責上層抓取物品的馬達控制、回收物顏色辨別及回收物放置動作。而上下兩個晶片間還必須有信號傳輸，當車子到達取物平台或是到達放置桶時，得通知上層的取物動作與放置動作。整台車子當中佔最大重量的零件應該屬於四個輪子馬達和蓄電池，為了減小重量起見，蓄電池的數量能減少就減少，所以馬達的正反轉控制不能採用雙電源的驅動方式，因為那將會用到二倍數量的蓄電池，而

是採用單電源的 H 型驅動電路，控制電路如圖 7 所示。

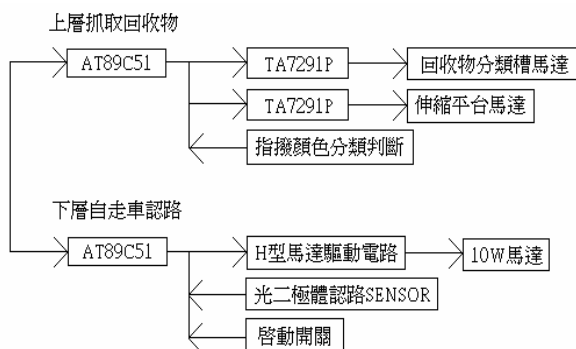


圖 6 控制電路硬體配置架構圖

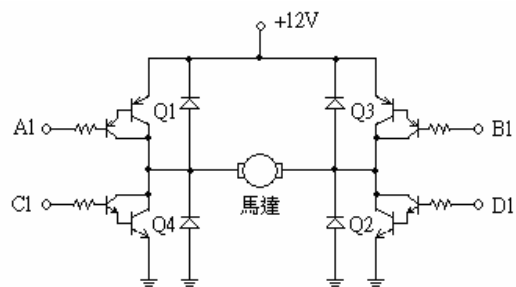


圖 7 H 型馬達驅動電路

圖 7 所示電路，當 Q1 和 Q2 兩個電晶體導通時，電流從馬達左方流到右方，馬達產生正向轉矩，反之，當 Q3 和 Q4 兩個電晶體導通時，電流從馬達右方流到左方，馬達產生逆向轉矩；以 PWM 方式控制時，只要改變控制脈波的工週期就可以改變馬達轉速和轉向，Q1 與 Q4 以及 Q2 與 Q3 的導通時間必須錯開，否則會發生短路。以 Q1 和 Q2 兩個電晶體而言，當工作週期 $D=50\%$ 時馬達停止不動， $D>50\%$ 時馬達正轉，工作週期越大轉速越快， $D<50\%$ 時馬達逆轉，工作週期越小轉速越快。必需特別注意的是，Q1 和 Q4 不能同時導通，Q3 和 Q2 也不能同時導通，否則將造成短路現象。

電路製作：

- (1) 先用麵包板測試電路。
- (2) 利用 Prote1 99 SE 繪出電路圖。
- (3) 印電路圖，並曝光出所需的電路板。
- (4) 利用蝕刻液洗出電路板。
- (5) 鑽孔並安裝各式元件，焊接。
- (6) 進行電路板測試，並進行基本的動作測試。

四、討論

1、機構製作時遭遇的問題與解決辦法

起先，先使用舊的車體，但是問題是鐵做的太重了，而且不符合我們的需求，所以就重新用鋁再做一個新的結構，但是很多構想還是從原本舊的車體聯想出來的。一開始我們在組裝車體時，事先都沒經過準確的量測和做記號就鑽洞和鎖上螺絲，這樣導致車體不平衡，螺絲的規格也不一樣，車體也鎖不緊，解決的方法就是用全部相同而小一號的螺絲並且加大鎖點裝上墊片。

在馬達與輪胎的選購上我們困擾了很久，一開始是想要使用步進馬達，但是程式過於繁雜，最後改用 XAJONG 05SP-1218 的直流馬達，這是經過與賣馬達的老闆和指導老師討論過依重量而選擇這顆馬達，輪胎則是採用海綿胎，這樣跟木板的摩擦係數就剛好達到我們的所需的要求，裝上馬達輪胎後整個車體變高，在拆掉全部車體，再切掉 10cm 的高度，降為和原來高度差不多，否則車體太高重心會不穩。

取球與敲鐘手臂的部分是機器人最困難的地方，手臂起初我們先拆下舊的來參考，但是購買新的外殼不符，所以拿舊的口型鋁條來當外殼，而且舊的手臂太長，會超過尺度限制，我們把尾段切除，來縮短距離這時有個問題是該要怎麼固定它，解決的辦法是利用滑軌，鎖在車體上，接下來裝上驅動手臂的馬達，馬達的選擇也是很頭痛的問題，我們測試了幾顆馬達，最後是 115R.P.M 最符合我們所需，不會太慢而且力道也夠，不然都會發生扭力不夠的問題。

最後包括電路部分全部組裝起來經過多次測試，測試就沒問題了。這樣做下來我們發現有很多事我們都事先雖然有計劃好，但都沒有很詳細，總是但後來才再修改，不僅浪費時間，而且反而會越來越模糊，但是到最後還好漸入佳境，慢慢的越來越上手，而且計劃的越來越完善。

2、電路製作時遭遇的問題與解決辦法

我們最早遇到的問題在於 CNY70 的電路，第一次做自走車組員都沒經驗，首先就上網跟圖書館搜尋資料，找了感測器相關的資料，也從網路找到 CNY70 使用的電路，剛開始我們以 9V 的乾電池測試，都測試不出來正確動作，由於他的訊號是類比的，所以我們

經過比較器來設一個臨界電壓來調整它的門檻。原本我們有一個感測器要裝在車體前方來做停車判斷，在測試上下坡時幾乎都會撞到，經過幾次測試，最後還是就以馬達下方的感測器以算時間的方式掌握停車位置，在擺放感測器時，一開始上下坡時都會碰到，而且感測器感測的距離大約 1cm 左右，解決的方法就是近量壓低車體，並讓感測器盡量靠近輪軸的地方。

在測試馬達的時候，我們發生了很多的難題，首先是用麵包板測試馬達，當時只能讓馬達以全速轉動，使用 PWM 改變速度會產生嗡嗡的噪音，而馬達卻無法啟動，後來查了很多書也問了老師與學長，學長說是馬達的反應時間不夠，要把 PWM 的週期調大一點，而老師說可能電流不夠大或線路有錯，我們經過很長時間的實驗，漸漸的解決了問題，剛開始馬達不會動是因為我們使用的電源供應器故障，導致偶爾會發生短路，而學長所說的反應時間也不適用於我們，他們教導我們以 delay 的方式產生 PWM 相同的動作，所以會有反應時間的問題。接著就往另一個方向尋找問題，我們仔細檢查過很多次電路也發現並沒有錯誤，經過多次確認電路無誤，於是我們直接洗了一個電路板來測試，一開始是使用 TA7291P 可以正常使用，經過幾次的測試後狀況開始時好時壞，直到學長把我們的電路板翻起來看才發現電路板燒了，那時才知道原來是線路太細使電流無法流過，進而導致馬達的啟動電流不夠。

接著我們又重新製作電路板，這一次我們把線路加粗，以增加電流的流量，剛開始可以順利的使用，不過馬達也沒什麼扭力，測試彎道時常因扭力不夠而無法順利的轉彎，經過一番研究我們又將馬達的線路並上單心線增加電流量，接著就可以順利的使用了。而難題還是不斷的出現，緊接著出現的問題就是 IC 燒毀，測試爬坡時因 TA7291P 無法承受過大的負載而發生冒煙燒毀，找了 IC 的 Data sheet 才發現 TA7291P 的耐流太低，接著就把驅動 IC 改為 TA7257P，它的耐流較大，使用時因電流夠所以扭力大，使得爬坡、轉彎可以非常的順暢。又過了一段時間 IC 再次燒毀了，這一次問題出在馬達，當瞬間逆轉時會使 IC 發燙，如果沒使用散熱片瞬間逆轉個幾次，IC 就毀掉了，而我們裝上散熱片後發覺散熱效果還是不佳，所以後來問了老師之後，就製作四個達靈

頓對來控制馬達，且元件是使用大功率的，因為大功率的散熱面積較大，所以效果較佳。

最後我們也找出為什麼馬達有時可動有時不可動的問題，馬達若瞬間正反轉就會發生，所以在程式上先給它靜止在切換正反轉，並加裝保護電路的二極體與電容，問題也有了解決。

還有個問題是極限開關，一開始裝上極限開關，一邊加上 5V 一邊連接 89C51，結果卻不能動作，訊號也有進去 89C51 裡面，我們以為是程式碼的錯誤，仔細檢查程式和電路後，發現電路的部分有錯，因為這樣沒有形成迴路，導致單晶片判斷時出現數位電路的第三種狀態“開路”，應該在輸入訊號間接上電阻，使電路部份形成一個迴路，這樣動作就可正常使用了。

3、自走車行走時的問題與修正

測試直線與轉彎的過程中，須以 PWM 改變兩邊的轉速，達成修正與轉彎的效果，一開始使用了不同百分比的轉速來修正直線，發現需要一段時間才修正回來，後來試了很多組的速度，最後直線與轉彎都以單輪全速、單輪制動，單輪全速、單輪反轉，這樣在轉彎時可以順暢的過去，只不過直線若偏離的時候，需花較多的時間修正。

五、機器人成品

圖 8 所示為完成後的實體圖，機構簡潔而美觀，車身金屬部份為香檳色鋁管及 L 型鋁條，搭配黑色、灰色和白色塑膠製瓦楞板，在瓦楞板上貼上隊名“大牛”圖案。

六、參考文獻

- [1]蔡朝洋著，單晶片微電腦 8051/8751 原理與應用，全華出版社。
- [2]黃東正著，單晶片微電腦專題製作論壇，全華出版社。
- [3]王健幕著，小型馬達控制用 IC，電子技術出版社。
- [4]盧鵬任、盧明智著，感測應用與線路分析，全華出版社。
- [5]鄧錦城，8051 單晶片專題製作，全華出版社
- [6]何中庸，電源穩壓 IC 應用手冊，全華出版
- [7]王健幕，小型馬達控制用 IC，電子技術出版

