

自動組：呼你快樂 小鋼炮

指導老師：洪博雄 老師

參賽同學：張祐寧 林育申 蘇文瑞 陳宏霖

國立中正大學 機械工程學系

機器人簡介

本機器人以符合比賽要求而設計。具有自行設計製作的尋線感測器，自行製作的馬達驅動電路。其機體為了考量結構穩定和輕量化，以木板和角鋁製做，加上經過場地高度考量設計的取放球機構。製作出來之成品符合本機器人名字-小鋼炮，為一耐撞耐用的機器人。

設計概念

當初決定參賽時，組員間的討論就決定，藉由參賽學習實做相關的東西，所以只要是能自己設計製作的東西就自己設計，所以我們自己做驅動電路，自己做感測器，自己設計製作機體和取放球機構。讓機器人能達到在時間內走完比賽場地的目標。

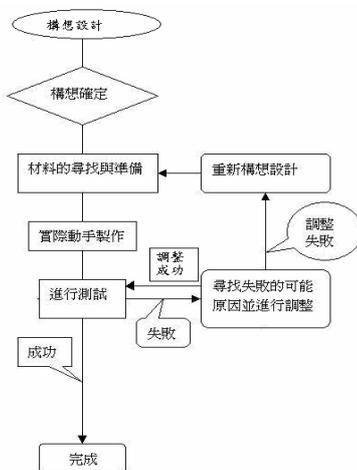


圖 1 設計製作流程

機構設計

底盤尺寸為 55 cm*50 cm 之長方形，中間則放置馬達和電路，後面放置電池，以分散重量，避免底板承受不了重量而破裂。傳動方式為馬達帶動皮帶，皮帶帶動後輪，轉彎則運用馬達轉速差轉彎。

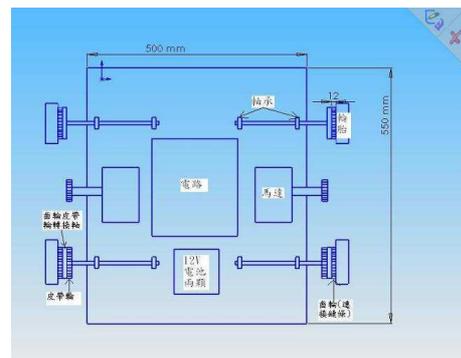


圖 2 底盤配置



圖 3 組裝好之底盤

取球手臂分為拍頭和拍桿尺寸如下圖。兩者間由丁雙和彈簧連接，使之可以上下拍打，拍頭會有一條線連接至小馬達。其固定之高度須大於 $45+10=54$ CM，45 為放球台高，10 為球高。當機體到達放球台並循線對位完畢時，馬達將會轉動，拍頭會將色球拍入放球漏斗。

放球漏斗具有漏斗和底部之活動擋板尺寸如下圖。進球入口高度不得大於 45 CM，放球出口高度不得小於 30 CM，活動擋板用丁雙和彈簧連接漏斗，當球拍入漏斗時會沿斜坡滾到底部開口，但此時因為有擋板擋著，球會停留在底部開口(擋板的支撐力為彈簧提供)，到達放球區時馬達轉動，擋板打開讓球掉落完成放球。

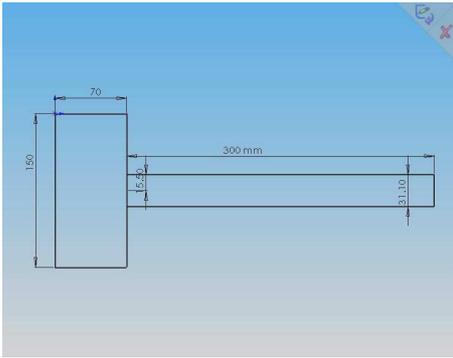


圖 4 取球手臂尺寸

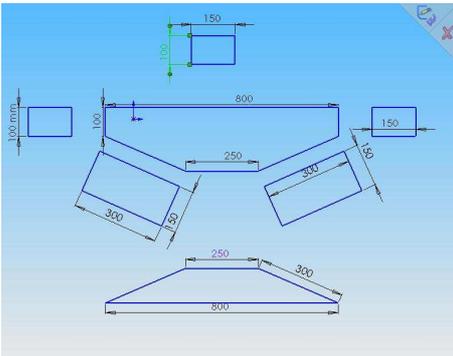


圖 5 放球漏斗尺寸

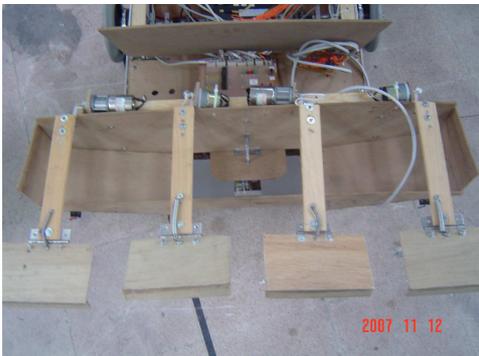


圖 6 取放球機構(上視)



圖 7 取放球機構(側視)

機電控制

機電系統設計架構如下圖，中央控制以 89S52 及 PIC16F877 單晶片為主，負責驅動馬達，控制取放球機構，接收感測器狀態分析下一步動作。初期測試時設計一連接介面，可以使用 RS-232 與電腦連線，透過電腦蒐集機器人目前狀態，以利分析程式狀況極控制邏輯是否錯誤。電腦程式以 Borland C++ Builder 6 撰寫，介面如圖 9 所示。

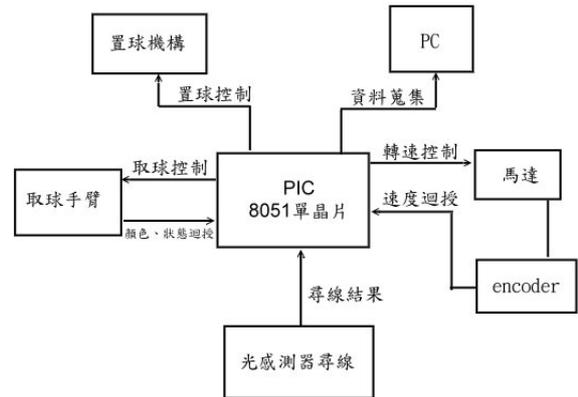


圖 8 機電系統架構圖



圖 9 PC 上的資料蒐集程式

馬達驅動採用四象限 DC chopper，具有正、反轉及煞車回充功能，chopper 接線方法如下圖，由 4 顆 Power MOSFET 及 4 顆快速二極體組成，加裝快速二極體是為了避免 Power MOSFET 關斷時造成的巨大反向脈波摧毀 MOSFET。

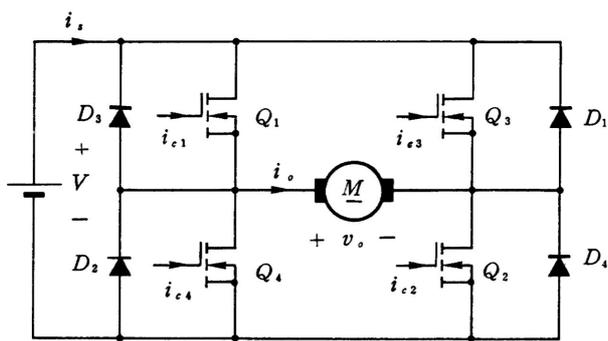


圖 10 四象限 DC chopper 接線圖

DC chopper 的控制訊號由 PIC16F877 產生，藉由 PIC16F877 的內建模組產生約 20KHz 的 PWM 訊號，之後經由控制電路反向、延遲後送至 chopper 上的 Power MOSFET。

兩組反向的 PWM 訊號必須有適當延遲，避免訊號交替的瞬間使上下兩組 Power MOSFET 同時開啟造成短路而使 Power MOSFET 燒毀，延遲示意圖如下所示。控制電路如圖 12 所示，一般 DC chopper 成用的控制方法分為雙極性電壓切換和單極性電壓切換，但是單極性電壓切換控制訊號較不容易產生，且雙極性電壓切換有較大的電流漣波，所以控制方式採用兩組二象限 DC chopper 的訊號，透過繼電器來決定要送出正轉訊號或是反轉訊號到 chopper 上。

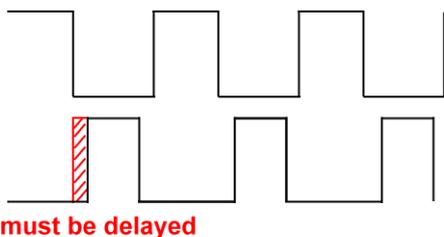
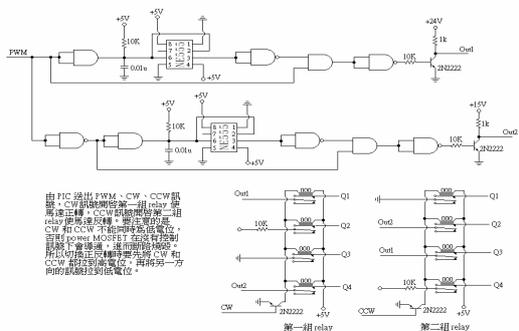


圖 11 兩組 PWM 訊號需經適當延遲



由 PIC 送出 PWM、CW、CCW 訊號，CW 訊號驅動第一組 relay 旋轉，CCW 訊號驅動第二組 relay 旋轉，CCW 訊號驅動第二組 relay 旋轉，無法實現 CW 和 CCW 不能同時由電機，所以將 Power MOSFET 在電機控制訊號下，當電機旋轉時，將 CW 和 CCW 訊號分別送到電機，將另一方向的訊號送到電機。

四象限直流斬波控制訊號電路圖

圖 12 chopper 控制電路

馬達迴授部份採用 Encoder 將轉速資訊傳回控制系統中，89S52 將 Encoder 輸出的脈波訊號轉成轉速資訊後再傳送到 PIC16F877 做轉速控制。

尋線感測部份採用自製的感測電路，一般市售的感測器價格高昂且感測距離太短，自己製作可以節省大量成本。感測電路主要零件有光電晶體及白光 LED，由白光 LED 發出光訊號到地板上，反射後由光電晶體接收。由於黑色物體會吸收光線，所以若白色光打到黑色物體後將被吸收，此時光電晶體便無法接收到光線訊號，藉此我們就能感測到地板上的黑色線。光電晶體檢測電路如下圖，光電晶體 BPW77N 接收到光訊號後會產生順向電流，此電流經 BC547 電晶體放大後輸出，控制系統檢查輸出狀態即可得知目前感測器的感測狀況。實體電路如圖 15。

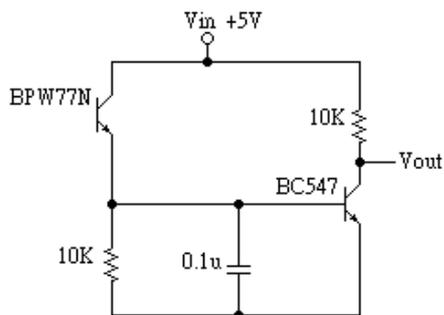


圖 13 光電晶體檢測電路

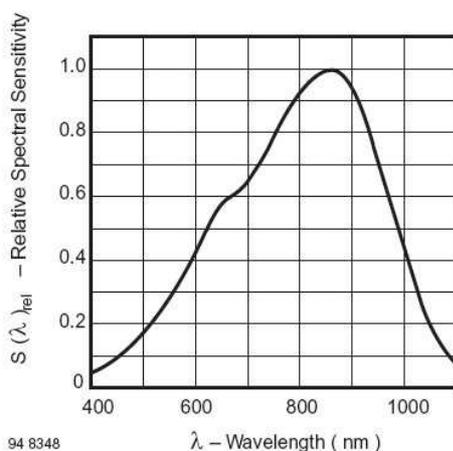


圖 14 BPW77N 感測波長



圖 15 光感測器實體電路

中控部份詳細架構如下，兩顆 89S52 接收 Encoder 訊號並將轉速資訊傳送到伺服，中控接收各感測器狀態傳送馬達轉速命令給伺服，伺服根據現在轉速和命令轉速來做 PID 控制。整體核心仍以中控為主，負責控制週邊機構及決定機器人下一步動作

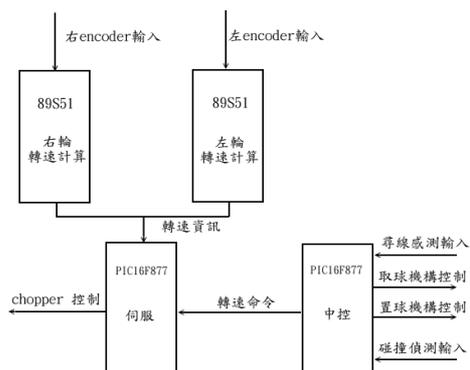


圖 16 中控架構圖

為了使機器人具備智慧，中控需得知目前機器人狀態並做出判斷，控制機器人下一步的動作，所以我們採用最簡單的人工智慧實做方式—有限狀態機，並且以感測器感測狀態作為判斷依據，使機器人可以因感測狀態不同而做出相應的動作。有限狀態機中則類似一流程，機器人根據傳回的感測資訊判斷目前位置，根據目前位置設定狀態，之後依據狀態做出因應動作，由於目前的狀態關係到下一次狀態的判斷，所以如果有一個狀態被忽略了（感測器沒趕測到此一狀態），則後續流程將會大亂。

機器人成品



圖 17 機器人整體外型

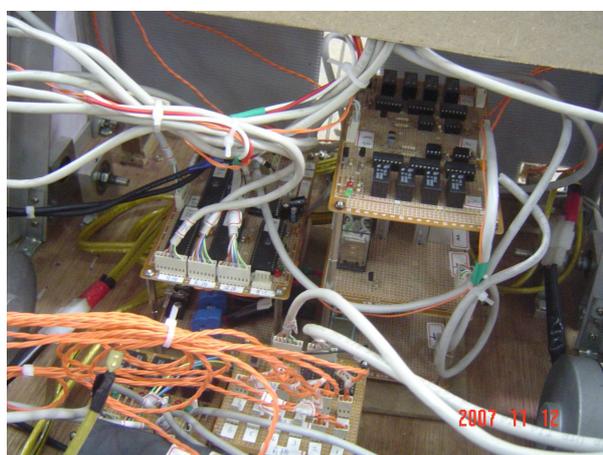


圖 18 機器人內部機電系統

參賽感言

這次的比賽讓我們學習到很多東西。由於一般大學在實做上較為欠缺經驗，所以在一開始的設計製作上是比較辛苦，不過藉由大家的努力和分工合作，我們獲得很多東西，不管是電路還是機構，在實作的經驗上都有很大的進步，更能將大學所學習的理論藉由實做加以映證。

到正修科大參加比賽的過程，我們看到各式各樣的機器人，觀看他人的機器人，我們發現有很多構想是我們所沒想到的，也有些是我們曾經想過但卻沒採用的想法。藉由比賽我們了解別人的優點，也看到自己和別人的缺點，我們將會把這次比賽的所學所聞傳承給學弟，讓他們比我們更加出色。

感謝詞

感謝 TDK 文教基金會所舉辦的創思設計與製作競賽，讓我們有機會參與這次的機器人大賽！由衷地感謝洪博雄老師的教導與啟發，指點我們正確的設計觀念，在循循善誘、輕鬆愉悅的過程中，慢慢地一點一滴累積起機器人的設計與實作的經驗。我們學習到了如何做可行性的評估、如何把構想變成實際物品以及它的難處所在、期間會遭遇到什麼問題、該如何解決問題等，這些都是在平常的課程中所觸碰不到的！

參考文獻

- [1] 仲成儀器股份有限公司編輯部，電動機控制理論與實習，全華，1996
- [2] 陳福春，感測器，全華，1997
- [3] 蕭敏學，電子學(上)，全華，1997
- [4] 孫清華，感測器應用電路的設計與製作，全華，1992
- [5] 施慶隆，PIC16F877 微控制器原理實習與專題應用，全華，2003
- [6] 陽明豐，8051 單晶片設計實務，基峯，1998
- [7] 夏靜如、林榮璋譯，運算放大器及線性積體電路理論與實驗，儒林，1998