

自動組：威震四海隊 狂暴螫蝦

指導老師：周立強老師

參賽同學：楊俊雄、李永駿、黃御其、陳奕璇

國立宜蘭大學 生物機電工程學系

機器人簡介

配合本次競賽主題「海洋城市、印象高雄」，自動控制組子題題目為「碼頭風雲」，隊名取作威震四海隊，機器人設計概念以海洋生物為出發點，故機器人名為狂暴螫蝦(如圖 1 所示)。車體驅動及機構動作皆以直流馬達作為動力輸出，並配合使用極限與按鈕開關完成機構作動及馬達傳動功能，配備有水泥電阻及可變電阻之煞車與調速電路⁽¹⁾。

機電控制方面係以光電開關為感測器，可程式控制器(FX1S-30MR)作為控制中樞⁽²⁾，使機器人類備精準定位與軌跡導引。依據動作要求，規劃動作策略真值表，以卡諾圖演算其電路邏輯，再經由布林代數函數式，結合程式流程圖觀念完成設計一完整功能的階梯電路程式^(3,4,5,6)。

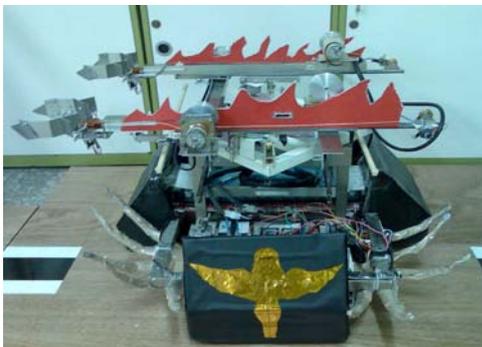


圖 1 狂暴螫蝦

設計概念

設計概念因應競賽主題與背景，機器人需具備取球、搬運與置球...等多項功能要求。機器人配備有兩隻機械手臂，具自動伸縮與左右移動功能，機械夾爪具抓握功能，行走部方面則具有循跡與定位能力，多項自動化控制功能使機器人得以克服層層關卡的挑戰。

根據競賽主題與規則限制，將這些創意構思先以 Solid Works 繪圖軟體呈現。再經過充分討論後，開始建構硬體設計，在此同時也必須先以 ADAMS 軟體模擬整體機器人的機構運動，以確保設計的可行性^(7,8)。

機構設計

競賽場地分為紅、綠兩區，因此機器人設計上必須能因應比賽場地的左右不同。競賽關卡一共可分為五大關卡，分別是有上下坡道的《加工出口區》、《前鎮商港》的取球區、《臨海工業區》為半徑是 220cm 的大半圓、《中興商港》的置球區、及標示線中斷的《過港隧道》。根據競賽規則及競賽關卡，機器人機構設計上必須具備完成所有動作的能力，機器人各部份機構設計如下：

- 1、「行走部」：行走部採後輪驅動，左右兩輪分別以直流馬達傳動並藉由控制其正反轉，以差速方式達到方向變化及變速功能，如前進、後退(視為 Y 方向的直線運動)、轉彎(視為 Z 方向的旋轉運動)及直線加速與過彎減速...等動作要求。前輪係以兩球型輪行走，可增加機器人通過下坡路段時的穩定度，避免因惰輪不規律轉動導致車體不穩的狀況。車體方面因必須承受整個取球機構的重量，以及整體穩定度的考量。車體主架構係以方口鋁組合而成，採方正造型以符合需求，機器人行走部構造設計如圖 2 所示。

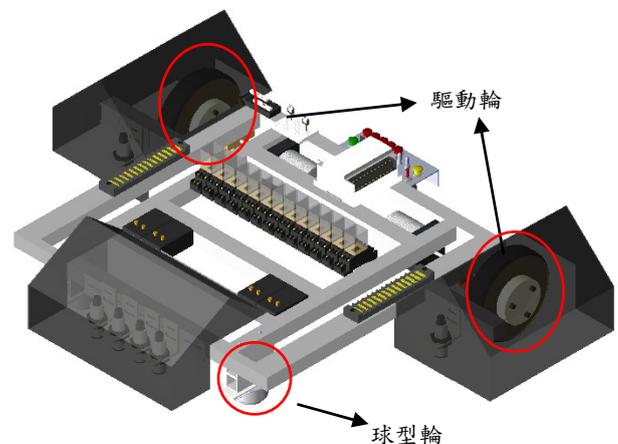


圖 2 機器人行走部構造設計

2、『承載支架及托盤』(圖 3)：配合比賽場地(分紅、綠區)，設計出可變換方向的托盤，利用戴帽子的概念將托盤之四方角落安裝上角鋁，將托盤與承載支架相互扣住，並且方便拆卸以因應場地不同。此外，在承載支架與行走部方面，係利用門門以插銷式固定承載支架與行走部。

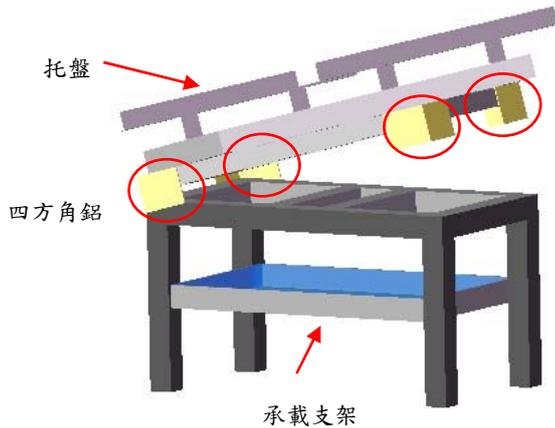


圖 3 承載支架與轉盤

3、『取球機構』：以滑軌式伸展台控制取球機構動作，完成機械手臂的伸縮與合併。機械手臂方面，具備伸縮(視為 X 方向直線運動)以及左右移動(視為 Y 方向直線運動)功能，如圖 4 所示。取球機構動作皆是由馬達帶動分線輪並配合滑軌與釣魚線，利用馬達轉動的動力將其轉換成線性移動，如此機械手臂便可前後左右移動，取球機構動作示意如圖 5 所示。

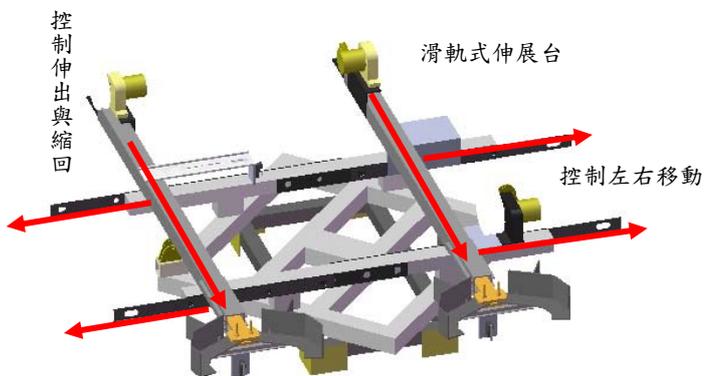
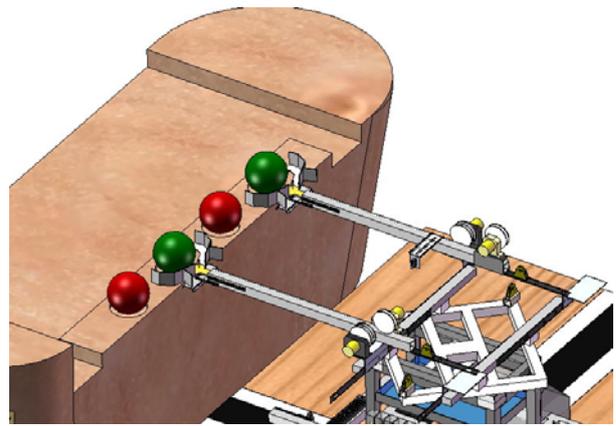
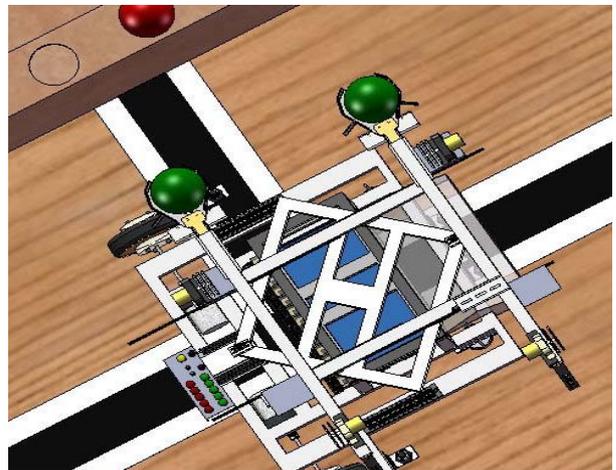


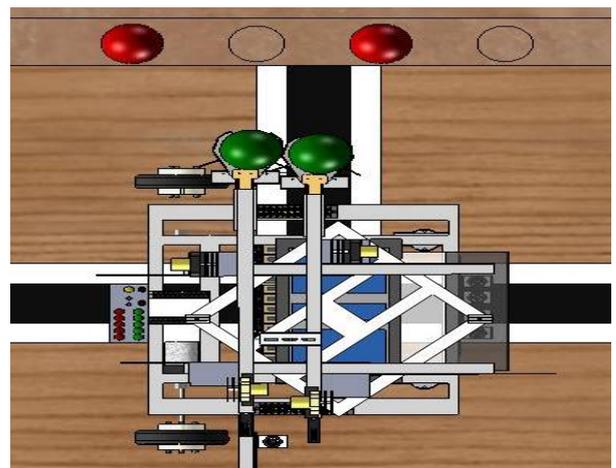
圖 4 取球機構



(a)機械手臂伸出取球



(b)機械手臂縮回



(c)機械手臂合併

圖 5 取球動作示意

4、『夾爪機構』：夾爪為一六角形夾具，採兩邊制動可緊緊抓握住色球。以 L 型角鋁製作，下方可以托住球體防止因晃動而掉落，在夾爪前端有防撞設計，避免夾爪與取球平台之間不必要的碰撞，夾爪後端有兩片擋板，擋板上裝有培林減少其摩擦，夾爪機構設計如圖 6 所示。夾爪動作則由直流馬達控制其正反轉帶動分線輪並配合收拉釣魚線，當夾爪後端彈簧向後拉伸時，強迫夾爪向內緊縮，再利用夾具兩端彈簧與後端彈簧的彈力復歸，如此夾爪就具備抓握功能，夾爪取球動作示意如圖 7 所示。

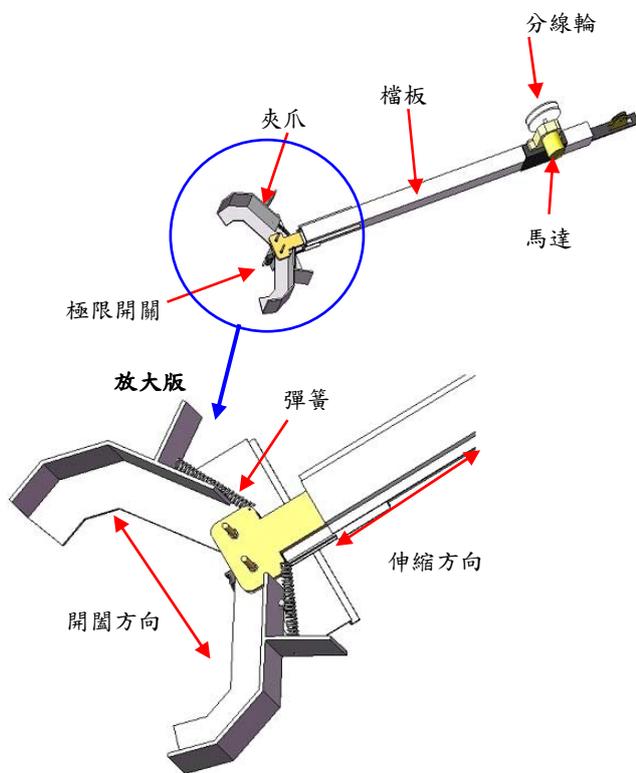
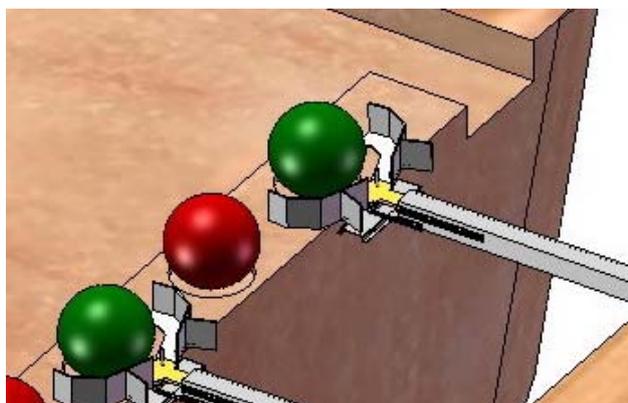
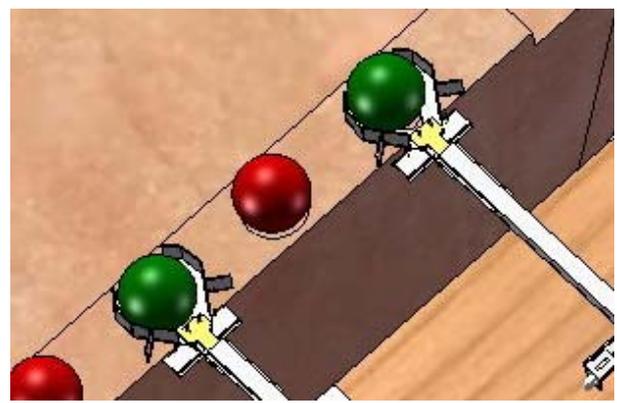


圖 6 夾爪機構設計



(a) 夾爪張開



(b) 夾爪抓球

圖 7 夾爪取球動作示意球

機電控制

在這次比賽中，最重要也就是機電控制這部份，必須控制行走部、機械手臂伸縮與合併及夾爪夾放球馬達的正反轉，一共有七個自由度之多。在功能要求上，行走部要讓機器人能走完全程，再進一步要求最快的速度和最佳化過彎程式；在取球機構方面要讓夾爪和機械手臂能完成預定動作，並且配合行走部達到精準定位、夾放球和預先動作等目標。為了要完成如此繁雜之控制，故採用可程式控制器 (PLC) 來處理 8 支光電感測器(光電開關擺放位置如圖 8 所示)和 7 個極限開關的輸入訊號 (如圖 9 所示)，並完成順序與邏輯之控制。

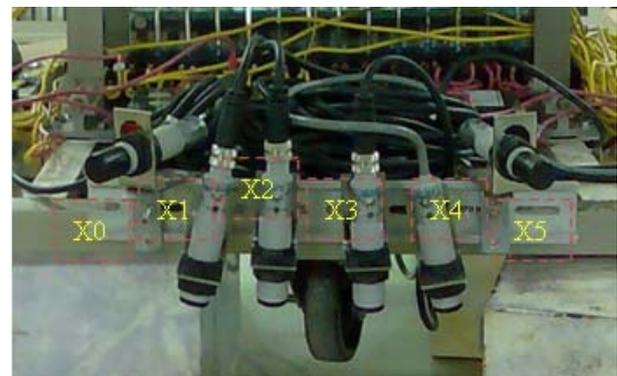
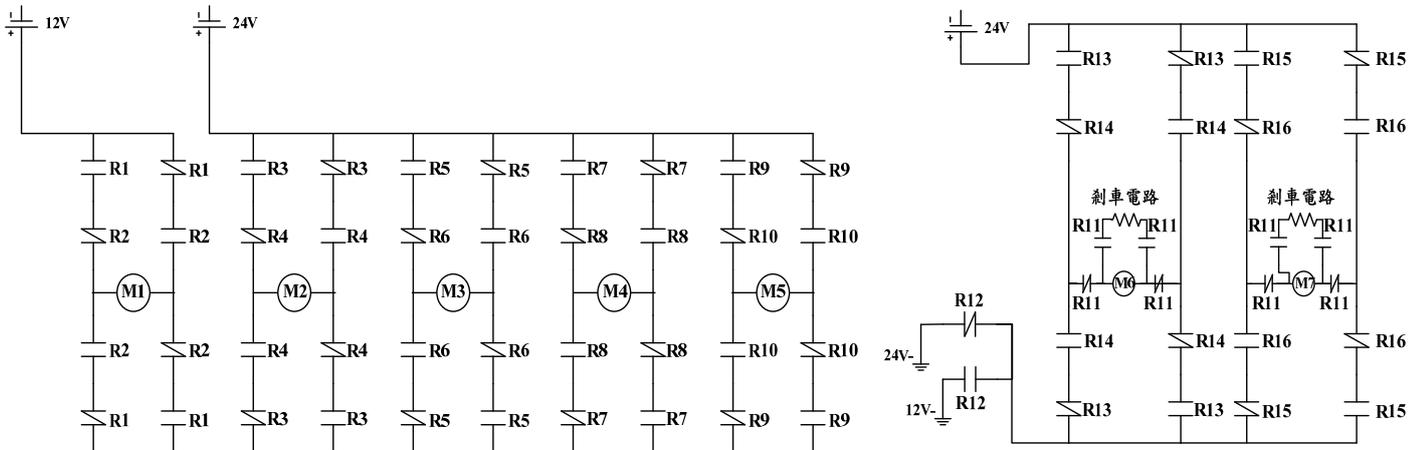
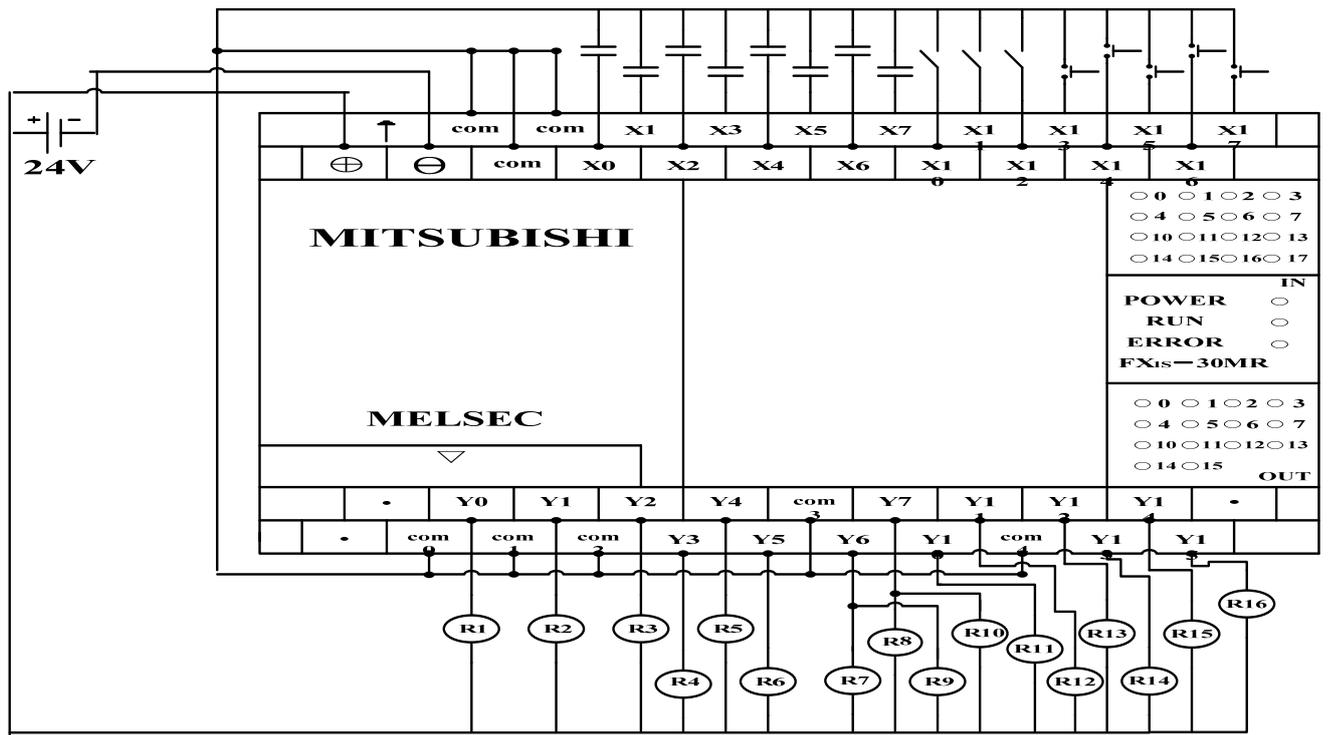


圖 8 光電開關位置圖

在行走底盤部份，使用 PLC 內部計數電驛的功能作為控制機器人行走與機構順序控制，如圖 10 所示；並利用 PLC 內部計時電驛的功能撰寫差動變速程式⁽⁹⁾，如圖 11 所示。在沒有差動變速時，只能使用單輪正轉 (狀態 A 速差 100%) 一輪正轉一輪反轉 (狀態 B 速差 200%)，而有差動變速時，可以控制狀態 A 差速 70%，狀態 B 差速 110%，因此大大的改善車體過彎之圓滑度，減少許多不必要的修正時間，並以調速電路彌補左右輪原本的速度誤差。



- | | | |
|-------------|-------------------|-----------------------------|
| M1:控制機械手臂展開 | Y0、Y1：手臂左右合併輸出 | X1~X4：用於循跡之光電開關 |
| M2:控制左手臂伸縮 | Y2~Y5:手臂伸縮輸出 | X0 和 X5:用於過港隧道之光電開關 |
| M3:控制右手臂伸縮 | Y6：夾爪放球輸出 | X6、X7：用於抓放球定位之光電開關 |
| M4:控制左夾爪抓握 | Y7：夾爪夾球輸出 | X12：夾爪合併之極限開關 |
| M5:控制右夾爪抓握 | Y10：水泥電阻煞車輸出 | X10、X11、X13~X16：手臂伸縮定位之極限開關 |
| M6:控制左輪正反轉 | Y11：有段變速輸出 | X17：啟動開關 |
| M7:控制右輪正反轉 | Y12~Y15：左右輪正反轉之輸出 | |

圖 9 外部負載接線圖

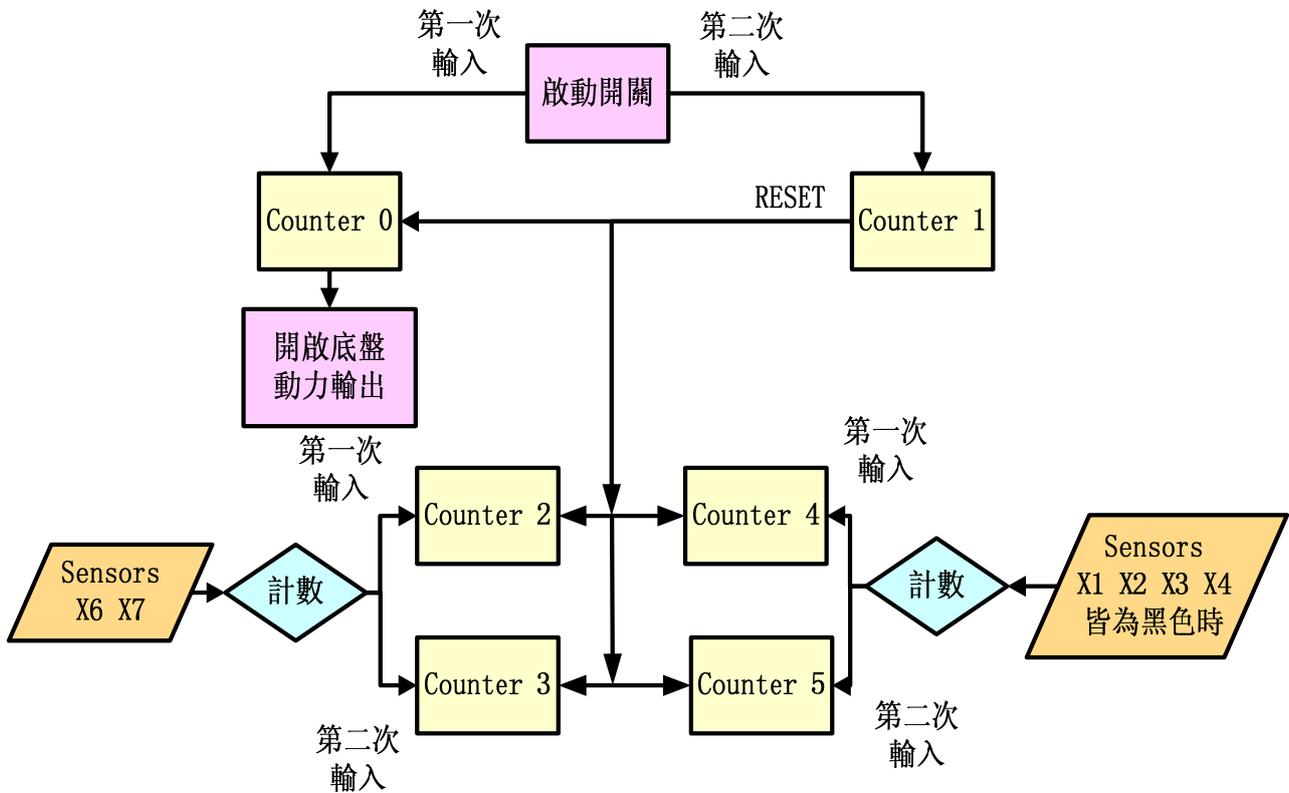


圖 10 內部計數電譯應用於控制機器人行走與機構順序動作之流程圖

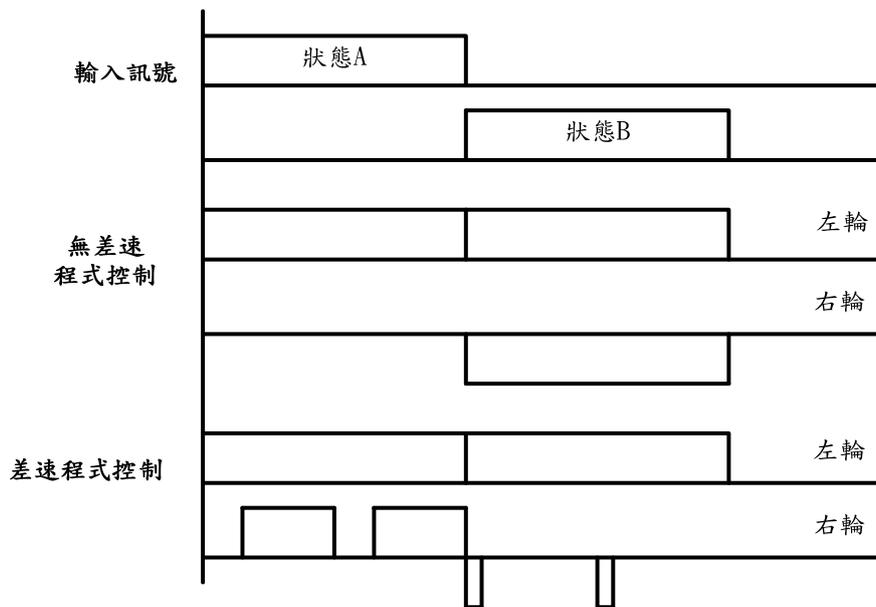


圖 11 「時序圖」有無差動變速程式之示意

在對應場地之定位與障礙排除，使用煞車電路可減緩下坡時重心所造成的偏移。在夾球時，以時間延遲⁽¹⁰⁾做夾球定位；在放球時，更使用寸動步進程式⁽¹¹⁾增加放球準度。另外使用獨木橋程式解決過港隧道沒有黑色軌跡線的部分，減少在通過與過完隧道後的出軌機率，如圖 12 所示。

在機構控制部份，使用內部計時電驛和極限開關的輸入訊號控制機構的運動，讓手臂能夠伸到剛好的長度夾放球並讓夾爪能緊緊的夾住種子色球；並且用內部計時電驛做機構保護程式，預防極限開關故障而造成機構之損傷。為節省機構在夾放球的時間，故撰寫機構預先動作程式。

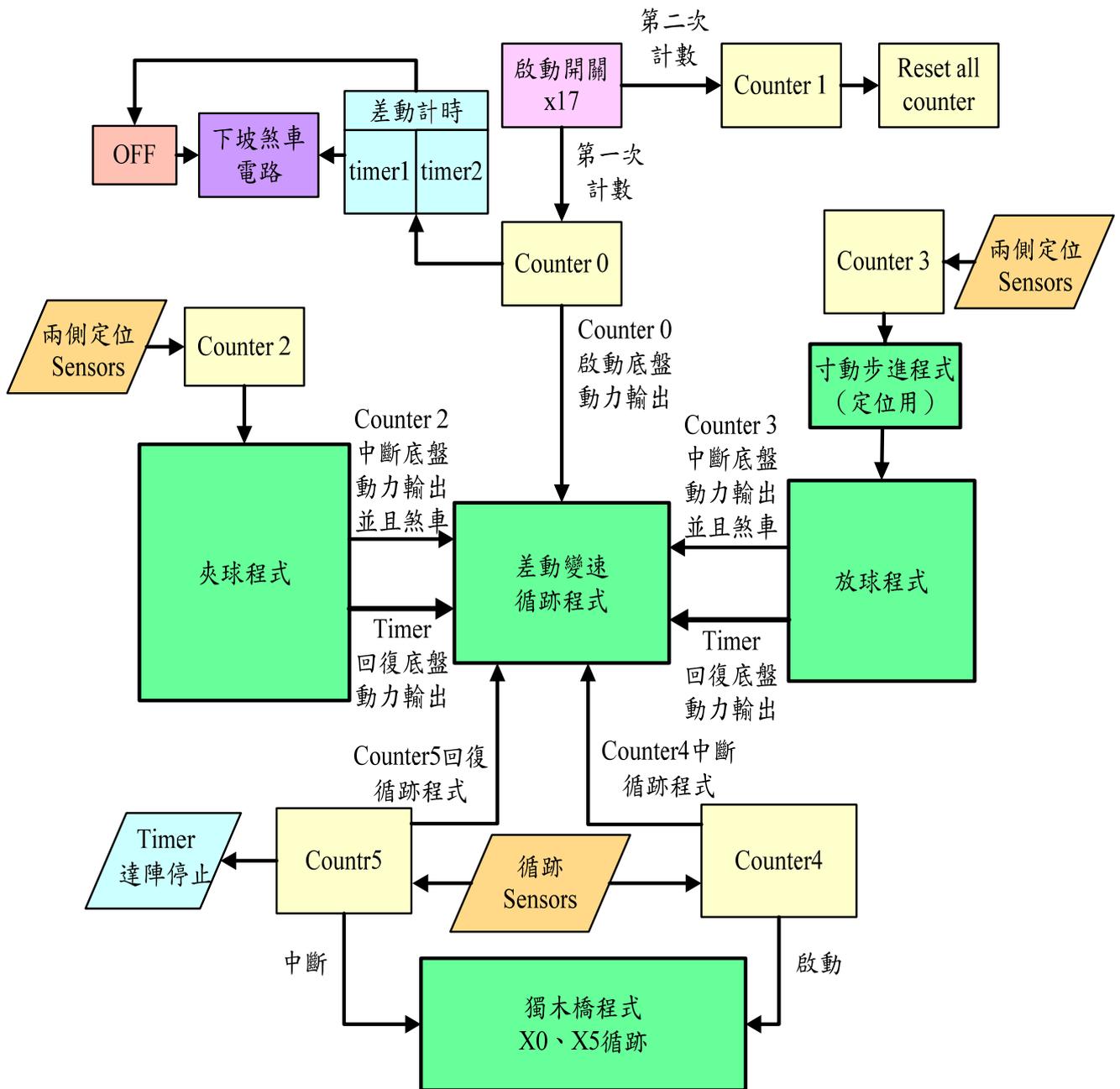
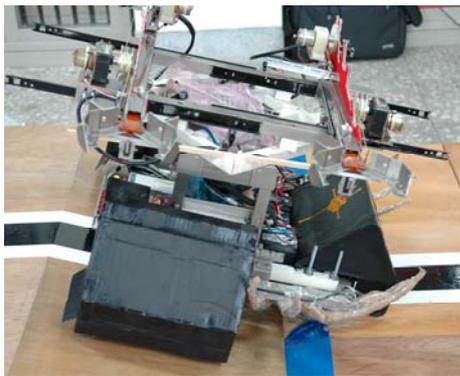


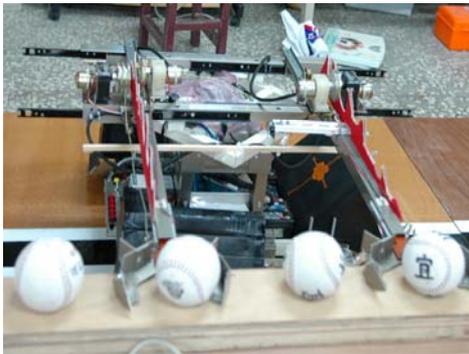
圖 12 行走部對應比賽策略之流程圖

機器人成品

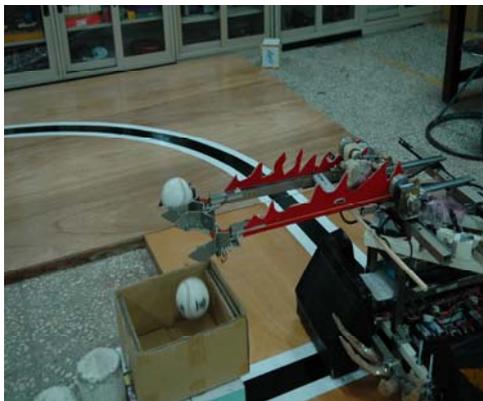
機器人總重量為 21.7 公斤，於完成機器人製作之後，在學校裡配合 1:1 模擬的比賽場地，經歷無數的測試及修改，為使機器人能在比賽中達到最佳狀態，機器人試跑並完成全部動作的最佳成績為 31 秒，如圖 13 所示。經過多次模擬測試，才能將機器人的狀況調整到最佳，以下是機器人在競賽場地進行比賽實況，如圖 14 所示。



(a)順利通過加工出口區

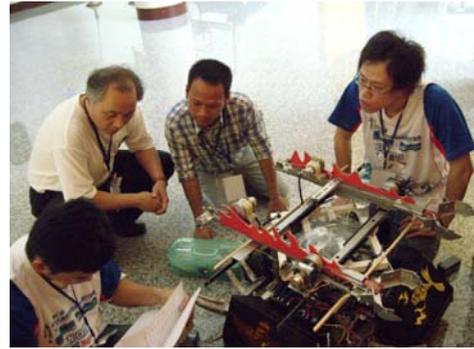


(b)定位取球與機器手臂伸出



(c)定位放球與夾抓張開

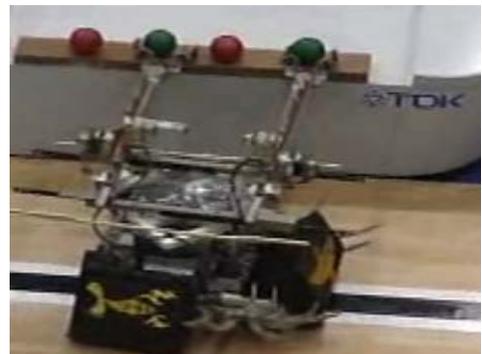
圖 13 機器人在模擬場地測試實況



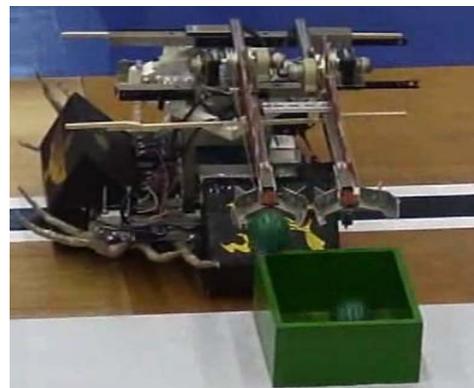
(a)比賽策略商討



(b)等待區準備出賽



(c) 定位取球與機器手臂伸出



(d)定位放球與夾抓張開

圖 14 機器人在競賽場地比賽實況

參賽感言

TDK 盃自民國 86 年起，至今已舉辦至第十一屆，此競賽不僅增進各校之間的交流，也激發多元化的創思設計與製作，更提升學生創造思考與實作的能力。

參與本次比賽製作過程中，除了可以學到機電整合的精髓外，更可以讓我們學到團體之間的合作，這些都是平常很難遇到的訓練，除非有參與類似活動。

創思與設計部份可以學到如何利用觀察能力去設計出有關於創意點子，這是件很棒的學習。所謂創新就是要能因應主題去思考與設計出契合題意的概念，將這種精髓應用於機器人製作，是件不簡單的事。經由這種訓練過程，往往會激發學生對週遭事物有更不一樣的想法與見解，相信這就是 TDK 的精神。

競賽當天與他校爭奪過程，那種為了與他校爭奪分秒，難以形容的場景，臨場反應格外重要，這點真的很有價值！本隊最後雖無晉級前八強，但我們從中也學到不少經驗！馬上平緩失敗的情緒於隔日一同參與啦啦隊的心態，是件很難得可貴的挑戰！應該是說，本次比賽讓我們學到如何挑戰人生，為日後即將面臨的考驗而事先做準備！

感謝詞

感謝財團法人 TDK 文教基金會大力支持與贊助競賽的材料費，以及感謝教育部與正修科技大學主辦本次活動。並感謝本校林榮信院長、邱奕志學務長、胡懷祖研發長、吳剛智主任及蔡孟利副教授補助機器人製作經費。再感謝國立羅東高工機械科提供製作所需鋁料與本校高職進修部木工科提供木材。最後非常感謝周立強副教授與程安邦教授，總是不斷給予支持與指導，讓本次製作競賽才得以順利完成，使學生從中獲得不僅是相關知識與經驗，更學習到如何掌控經費、進度與團隊合作的重要性。

參考文獻

- [1]康世緯、林聖傑、呂宗訓、周立強(2005),「循跡式自走車的方向與速度控制器之製作」,農機與生機論文發表會論文摘要集,屏東,第 231-232 頁。
- [2]三菱可程式控制器 FX2N/1N/1S 系列操作說明書,實用機構設計圖集。

- [3]Rosem, Kenneth H. (1999), "Discrete Mathematic and Its Applications", 4th edition, WCB/McGRAW-Hill Co. pp. 593-617.
- [4]周立強、程安邦(2003),「布林代數演算法在條件序控的應用—以線控機器人操作為例」,宜蘭大學學報第一期,第 105-114 頁。
- [5]周立強、高易宏、吳建昌(2001),「線控機器人與自走子車製作在教學上之應用」,宜蘭技術學報第六期,第 85-102 頁。
- [6]Li-John Jou, Chung-Min Liao, Yi-Chich Chiu, (2005), "A Boolean algebra algorithm suitable for use in temperature-humidity control of a grafted seeding acclimatization chamber", Computers and Electronics in Agriculture. pp. 1-18.
- [7]周立強、程安邦、林玟明(2004),「創思設計與製作在機電整合課程的教學上啟發~以第六屆機器人競賽為例~」,宜蘭技術學報第二期,第 159-176 頁。
- [8]周立強、游哲銘、洪英傑、林岳迪(2000),「線控機器人之製作」,第三屆全國技專院校創思設計與製作競賽技術論文集,雲林,第 43-48 頁。
- [9]曾賢堉 (1999),機電整合之順序控制 (I),第 389-390, 502-504, 525-527 頁,全威圖書有限公司,台北。
- [10]周榮泉、謝明得、羅弘利、何孟詞、楊翠婷(2002),「機器人火焱光之創思設計與製作」,技術學刊第十七卷第三期,第 413-420 頁。
- [11]周立強、莊英銘、蘇文德、邱國維(2003),「線控機器人之製作」,第七屆全國創思設計與製作競賽技術論文集。



指導老師與隊員合影