

## 自動組： 中州電子 究極零式

指導老師：余文俊 老師

參賽同學：曾仙旺、曾仙惶、楊騰駿、黃瑞松

中州技術學院 電子工程系

### 機器人簡介

本機器人—究極零式，設計的主軸是根據第十一屆創思設計與製作競賽的主題及規則來構思，採『完全循跡行走』、『岔路轉向定位』及『倒車入庫』的方式完成取球與放球功能。

控制方面使用嵌入式晶片 PSOC，並以 C 語言撰寫程式來控制機器人做出完全循跡與高難度甩尾動作。取球機構運用捕鼠籠原理，以達成速度快、穩定度高取球動作，且運用一顆直流馬達就可做到取球與放球的動作。在循跡行走感測則使用反射式紅外線 CNY70 元件，因 CNY70 易受光線干擾，易造成訊號不正常，因此在所有感測器上加裝遮光裝置，防止光線的干擾，穩定感測循跡。並運用各種鐵材、螺絲、木板、壓克力板等材料純手工打造本機器人，無使用任何機械加工元件。

### 設計概念

此次比賽因本機器人，究極零式，採『完全循跡行走』所需克服的重點在於：(1) 上、下坡感測問題。(2) 岔路判別與拿取種子球。(3) 岔路判別與置放種子球。(4) 彎道行走。(5) 盲區行走。(6) 左右賽道各項參數不同。(7) 取球/放球機構穩定與速度。

所以在控制程式需要較複雜的演算法，可分為『岔路轉向定位』、『岔路轉向定位導正』、『彎道模式』、『盲區模式』。

### 機構設計

本機器人在機構設計上以底盤架構、感測裝置、取球/放球機構三部份逐一說明

#### (1) 底盤架構：

本機器人的底盤支架結構是以門字型鋁條與壓克力板做結合，前輪與後輪都搭配培林與螺桿來支撐。在壓克力

板上裝有兩顆一般兒童沙灘吉普車的直流馬達並搭配減速齒輪運用、及四個兒童腳踏車的泡棉輪胎。壓克力下方裝有電池存放裝置。並採用後輪驅動模式。

在測試過程中發現泡棉輪胎的輪框與泡棉胎會產生剝離的現象，造成行走不正常、不穩定，以束線帶將輪框與泡棉胎固定，輪框與泡棉胎使其不會產生剝離，讓行走更穩定正常(圖 1)。又因為後輪的泡棉輪胎摩擦力不足，所以在泡棉輪胎上加裝一般腳踏車的黑色橡皮外胎以強力膠與大頭針固定(圖 2)增加摩擦力。



圖 1：束線帶將輪框與泡棉胎固定



圖 2：腳踏車橡皮外胎以強力膠與大頭針固定

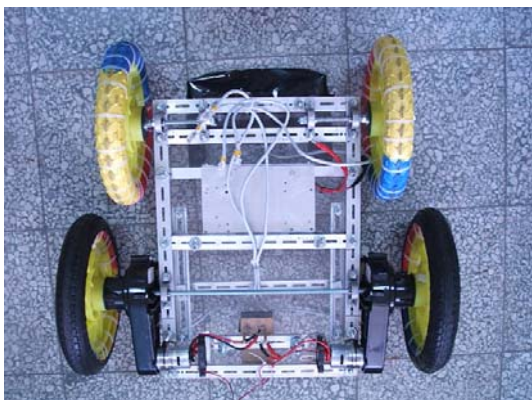


圖 3：底盤架構圖

### (2) 感測裝置：

感測裝置共分為前測、左測、右測、後測四大區塊(圖 4)，共 8 顆感測元件 CNY70。前測屬固定式感測，其他是非固定式感測。

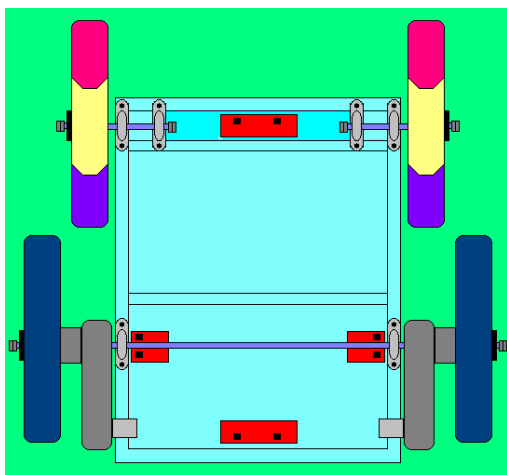


圖 4：感測裝置分布圖(紅色區塊的黑點為 CNY70)

為克服上、下坡之感測問題，在左測、右測、後測等非固定式感測上，運用市面上常見之電腦排線(圖 5)與 CNY70、小金輪做結合(圖 6)，在上、下坡感測黑線行走時，能達到與彈簧一樣的伸縮特性，克服上、下坡之感測問題。



圖 4：市面上常見之電腦排線

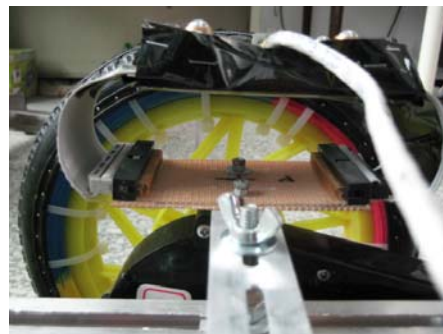


圖 6：電腦排線與 CNY70、小金輪結合完成圖

因 CNY70 易受光線干擾，造成訊號不正常，因此在所有感測器上加裝黑色的遮光裝置，防止光線的干擾，穩定感測循跡(圖 7)。



圖 7：遮光裝置

### (3) 取球/放球機構：

運用一顆直流馬達就可做到取球與放球的動作。

#### 1. 取球機構

運用補鼠籠的原理，在馬達上裝有一橫桿壓住打球裝置的橫桿上，當馬達轉動時打球裝置的橫桿會被放開，彈簧的拉力會將種子球打進機體內的置球區。(圖 8)



圖 8：取球機構

## 2. 放球機構

放球採用『釣魚式』，運用插銷與擋球板來擋球，並在插銷上裝有一重物如鉛錘般讓線與插銷穩穩的固定在擋球板的插銷槽上，當馬達轉動時有如釣魚般拉起線來做到放球的動作。(圖 9)



圖 9：放球機構

## 3. 穩定行走

本機器人內部的置球槽採兩層式，第一層是取球滑道，第二層是放球滑道，利用兩層的高低差與放球滑道中間的隔板，來防止『倒單擺效應』，讓本機器人在取球後在彎道感測循跡行走時更穩定(圖 10)。



圖 10：防止『倒單擺效應』

取球/放球機構置於馬達軸心上方(本機器人尾部)，目的在讓本機器人重心更穩定，好讓本機器人在控制與行走時更加穩定，並以此穩定的方式進行『倒車入庫』做取球與放球(圖 11)。

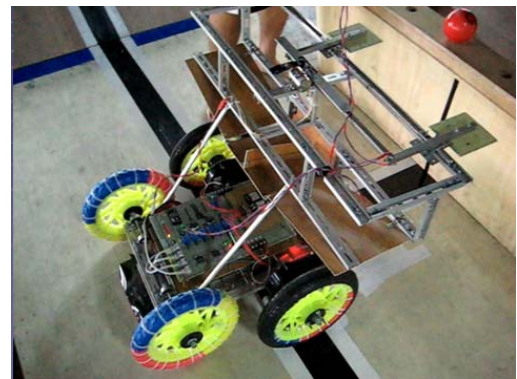


圖 11：取球/放球機構置於馬達軸心上方

## 機電控制

本機器人機電控制的重點：控制系統、電源、配線、感測電路、防重置機制、馬達驅動電路、取球/放球機構馬達驅動電路、程式演算。

### (1)控制系統：

自動組比賽是採全自動來完成所有任務，需有晶片來作為核心，接收所有感測器訊號進行判斷、進而控制其周邊硬體。所以本隊採用嵌入式晶片 PSOC 來控制本機器人，本隊使用的嵌入式晶片 PSOC 型號是 CY8C27443 是顆可重複燒寫的單晶片，用 C 語言撰寫程式。

#### \*PSOC 的基本特色

1. PSOC 在執行時能隨時變更週邊設備定義
2. 可設定混合訊號陣列
3. 可以動態重新設定混合訊號陣列
4. 可模擬各種數位與類比，或是混和設計實驗

#### \*PSOC-CY8C27443 的基本功能

1. 工作電壓為 5V
2. 三個埠：P0、P1、P2，28pin DIP
3. CPU 速度執行速度為 24MHz
4. 具備 16K bytes Flash Memory
5. 256-Bytes SRAM
6. 8 個數位方塊
7. 12 個類比方塊
8. 24 數位輸出入
9. 12 個類比輸入及 4 個類比輸出

### (2)電源

本機器人使用一顆 YUASA 12V 7Ah 作為本機器人的整

體電力來源與一顆 Ni-MH 9V 200mAh 作為取球/放球機構馬達電力之用。

在電路的電源上原先使用穩壓 IC 7805，將 12V 的電源轉成 5V 輸出供給電路，但因為本電路與沙灘車馬達共同使用同一電源，地線會互相干擾所以採用型號 SLW05A-05 的穩壓元件(圖 12)，將地線隔開讓電源電壓更穩定。

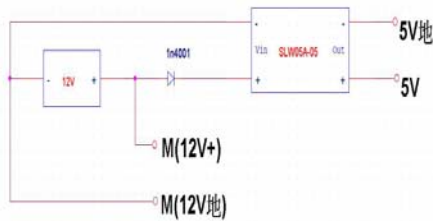


圖 12：SLW05A-05 電路圖

### (3)配線

配線採用網路線(RJ-45) 連接機體下方所有主電路板的 CNY70 訊號線，簡化配線與維修(圖 13)。並整合所有電路，使電路之間的外接線路減少，避免斷線情形發生。其外接線路均使用多芯線，因多芯線耐電流較高較不易燒毀!

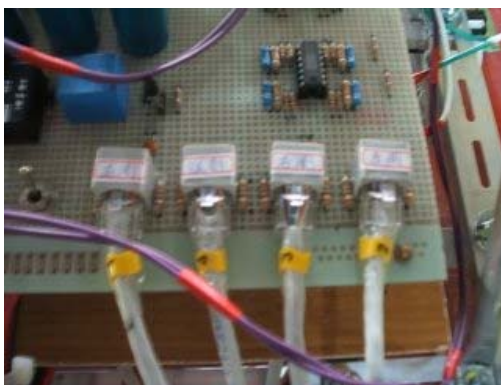


圖 13：網路線(RJ-45)

### (4)感測電路

當感測到黑線時 LM324 會輸出高電位，而感測到白線時 LM324 會輸出低電位，之後 PSOC 會依 LM324 輸出的電位狀態進行判斷，來感測循跡(圖 14)。

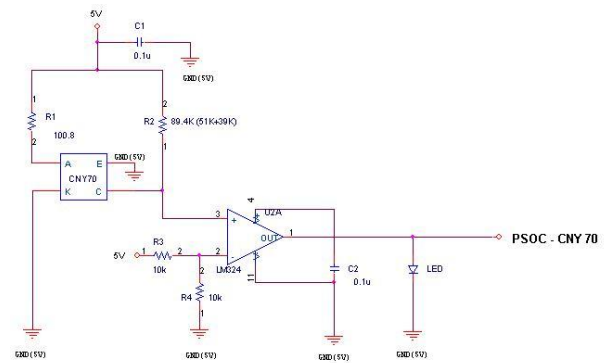


圖 14：CNY70 感測電路

### (5)防重置機制

本機器人在實測時在岔路取球或放球時是靠程式設定取球與放球時間，常發生 PSOC 重置的現象，後來發現在岔路取球或放球時碰到平台時，設定的取球或放球時間尚未結束馬達仍持續轉動，因此馬達的電流負載過高，造成電池輸出電壓下降，使得 SLW05A-05 的穩壓元件輸出低於 5V 的電壓，造成 PSOC 重置，為解決此問題在取球/放球機構與底盤上共裝有 4 個微動開關，利用這 4 個微動開關與程式修改，進行更穩定、準確的取球與/放球，並防止 PSOC 重置。

### (6)馬達驅動電路

我們利用四顆 10A 5VDC 的繼電器加上兩個固態繼電器 SSR 來完成馬達的正反轉轉換以及 PSOC PWM 的速度控制與變化。(圖 15)

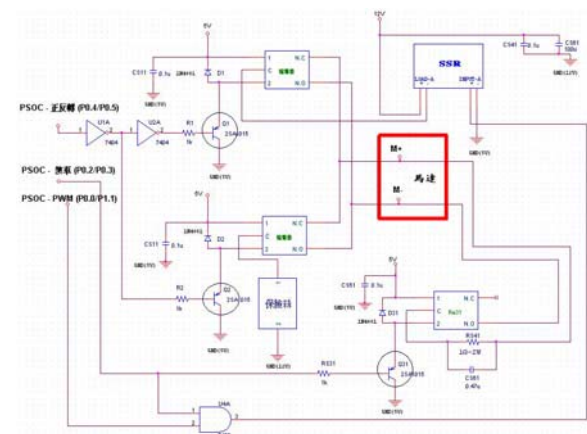


圖 15：馬達驅動電路

### (7) 取球/放球機構馬達驅動電路

我們利用一顆 10A 5VDC 的繼電器加一顆 9V 電池，當 PSOC 給訊號後，繼電器的 C 點就會和 NO 導通讓馬達反轉，所以只需兩次反轉就可完成取球/放球(圖 16)。

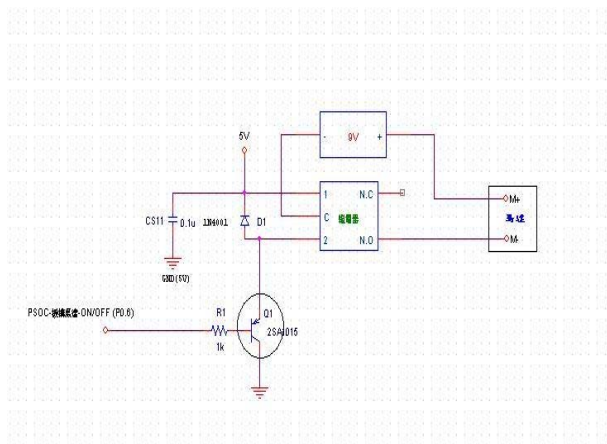


圖 16：取球/放球機構馬達驅動電路

### (8)程式演算

因本機器人，採『完全循跡行走』所以在控制上程式需要較複雜的演算法來架構。可分為『岔路轉向定位』、『岔路轉向定位偏移導正』、『彎道模式』、『盲區模式』，以及針對岔路轉向的『岔路偏向狀態解釋圖』。

因比賽分左、右賽道競賽，所以左、右賽道的各項參數設定及循跡狀況會有所不同，因此本隊將左、右賽道的程式分開撰寫，來對左、右賽道的各項參數設定及循跡狀況，在實測時可分開修改，並整合在同一 PSOC 上，經一搖頭開關作左、右賽道切換。

以下為本機器人 PSOC-CY8C274432 的埠配置。(1)馬達配置。(2)CNY70 配置。(3)其它配置。

表 1：馬達配置

馬達配置							
P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0
	機構馬達 ON/OFF	左馬達正轉	右馬達正轉	左馬達煞車	右馬達煞車	左馬達 PWM	右馬達 PWM

表 2：CNY70 配置

CNY70 配置							
P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0
前測		後側		岔路(前排)		岔路(後排)	

表 3：其它配置

其它配置							
P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	P2.3	P2.2	P2.1	P2.0
左賽道提示燈	測試提示燈	微動開關(左)	微動開關(右)	測試提示燈	右賽道提示燈	左、右賽道切換控制	啓動

#### 1. 岔路轉向定位

在左測、右測的感測裝置上分為前排、後排 2 組，前排為(P1.3、P1.2)、後排為(P1.1、P1.0) (圖 17)，當本機器人感測到岔路時開始轉向，其定位基準為前排與後排的感測器 CNY70 任一組同時為高態時，為到達定位點馬上煞車。

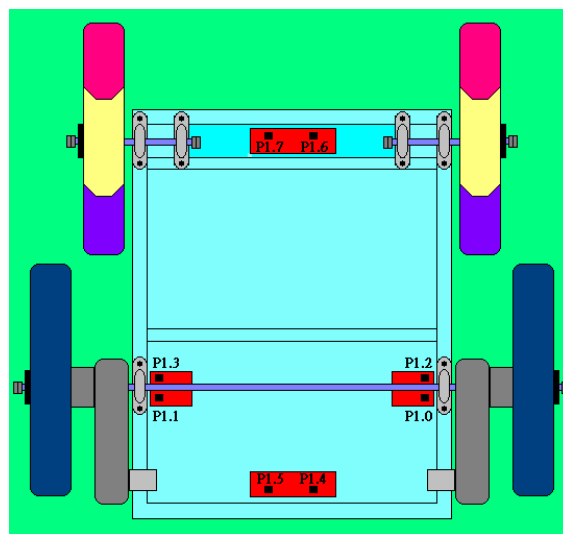


圖 17：左測、右測前後排分布

#### 2. 岔路轉向定位導正

為防止岔路轉向定位時因場地太滑或其他外在因素影響，在岔路轉向定位煞車後會再感測左測(P1.3、P1.1)與右測(P1.2、P1.0)現在的狀態進行導正，此動作可讓『倒車入庫』取球與放球時感測循跡更加順暢、快速。

以下為左賽道、右賽道岔路轉向定位的定位偏移離預

測圖(圖 18、圖 19)，根據此定位偏移離預測圖撰寫程式，進行岔路轉向定位偏移導正。空心黑圈為前排感測器、實心黑圈為後前排感測器，兩條實心線相夾為黑色軌跡線範圍。

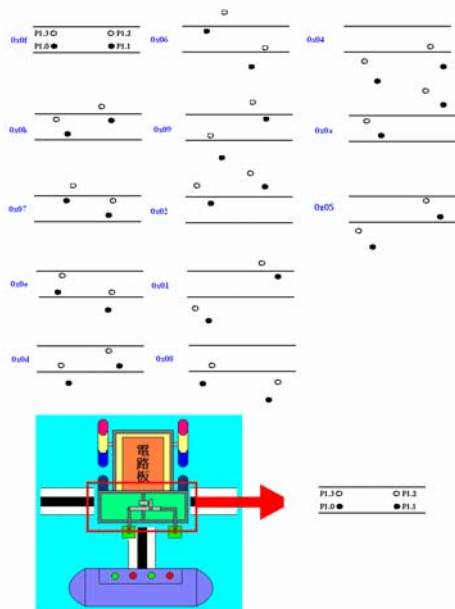


圖 18：左賽道定位偏移離預測圖

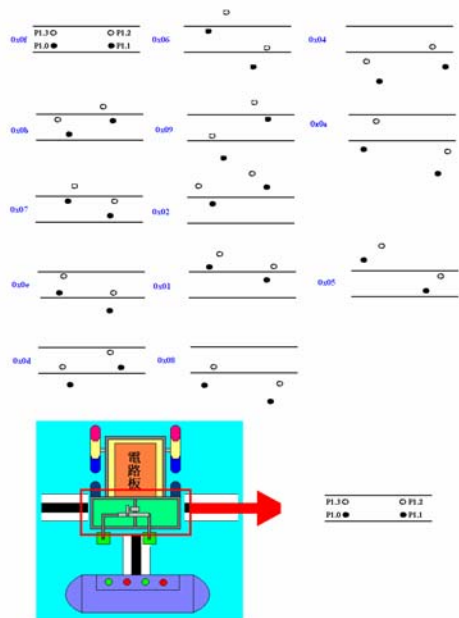


圖 19：右賽道定位偏移離預測圖

本機器人在彎道循跡行走時，根據前測(P1.6、P1.7)感測黑色軌跡線的狀態行走分兩個階段，每一階段皆有兩段速度切換，第一段速度**差速比**大、第二段速度**差速比**小。第一階段彎道循跡從進彎道前約 30-40 公分前開始，到出彎點(彎道與直線之間)進入第二階段彎道循跡(降速)。

a. 偏左與偏右：

表示本機器人已偏離黑色軌跡線需做大力的拉回(第一段速度)，已確保保持在黑色軌跡線附近上感測。

b. 不再直線上：

表示本機器人已偏離黑色軌跡線需做大力的拉回(第一段速度)，並根據前一狀態是偏左或偏右，進行欲執行偏向之偏向判別，以確保保持在黑色軌跡線附近上感測。

c. 直線上：

不管前一狀態是偏左或偏右時，都會因馬達的**慣性與指令反應時間慢**，而發生偏向修正過頭的現象發生。為預防此現象發生，當本機器人處於直線上時會根據前一狀態做**反向拉回**，又因處於直線上做**反向拉回**時差速比不能太大避免反向過頭(第二段速度)，以確保保持在黑色軌跡線附近上感測。

透過以上 a、b、c 三種程式演算可確保在彎道循跡行走時更穩定、快速！表 4 為彎道模式循跡修正動作表。

表 4：彎道模式循跡修正表

彎道模式循跡修正				
狀態	P	P	動作	記錄狀態
	1	1		
	.	.		
	7	6		
偏左	0	1	左馬達快，右馬達慢 (第一段速度)	偏左
偏右	1	0	左馬達慢，右馬達快 (第一段速度)	偏右
直線上	1	1	根據前一狀態是否為 (1)偏左：左馬達慢，右馬達快 (2)偏右：左馬達慢，右馬達快 (第二段速度)	不記錄

### 3. 彎道模式

不在直線上	0	0	根據前一狀態是否為 (1)偏左：左馬達慢，右馬達快 (2)偏右：左馬達慢，右馬達快 (第一段速度)	不記錄
-------	---	---	--	-----

4. 盲區模式

在通過『過港隧道』時會有 1 公尺的盲區，機器人需能夠無感測循跡通過此『過港隧道』到達終點陣。本機器人在通過過港隧道會根據進入盲區時，前測最後一次有感測到黑色軌跡線(圖 20)的狀態進入盲區模式，其盲區動作說明如表(表 5)。而出盲區以前測重新感測到黑色軌跡線為基準。

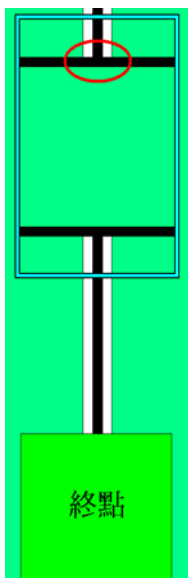


圖 20：最後一次有感測到黑色軌跡線(紅圈)

表 5：盲區模式動作說明

盲區模式動作說明			
狀態	P1.7	P1.6	動作
偏左	0	1	左馬達快，右馬達慢 (執行時間 25ms) 左馬達慢，右馬達快 (執行時間 25ms) 循環交替，進行 <u>左左</u> 微幅偏盪

偏右	1	0	左馬達慢，右馬達快 (執行時間 25ms) 左馬達快，右馬達慢 (執行時間 25ms) 循環交替，進行 <u>左右</u> 微幅偏盪
偏右	1	1	左馬達、右馬達等速行走

5. 岔路偏向狀態解釋圖

實測練習時在岔路定位煞車、岔路轉向定位導正這兩種狀態時，可看到本機器人的中心點與岔路取球、放球的黑色軌跡線是否在同一線上，這會影響岔路取球、放球循跡行走修正幅度大小與取球、放球的準確位置及整體時間的延遲，因此可藉有此現象來判斷本機器人岔路偏向狀態，來調整左右馬達轉向速度，讓岔路定位、取球、放球、循跡更穩定、快速(圖 21、圖 22)。

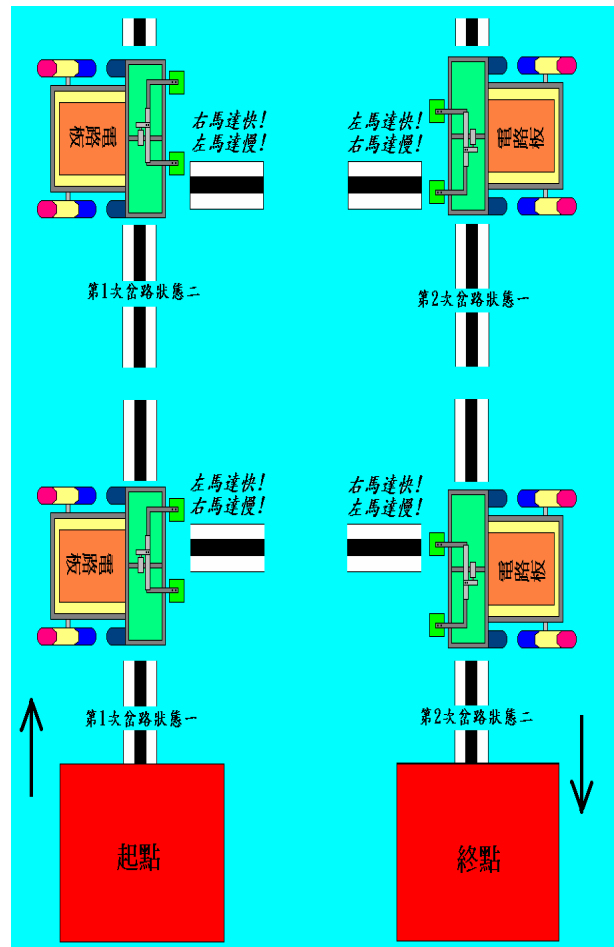


圖 21：左賽道岔路偏向狀態解釋圖

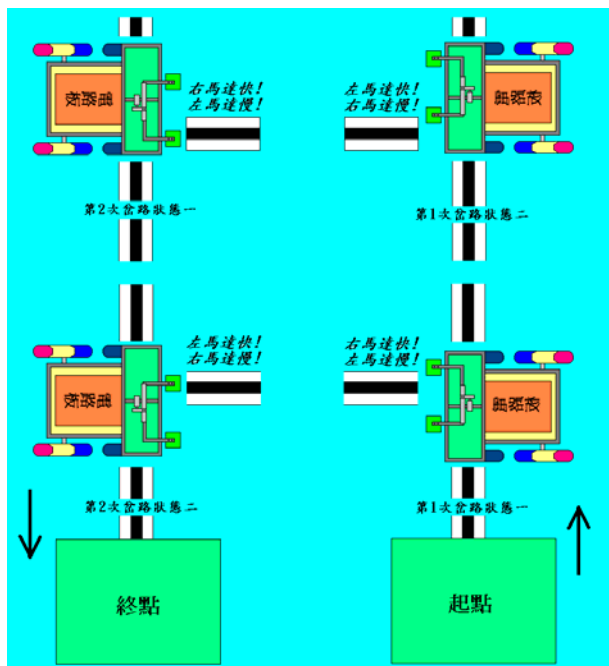


圖 22：右賽道岔路偏向狀態解釋圖

### 機器人成品

機器人一究極零式完成作品如圖 23 機器人一究極零式

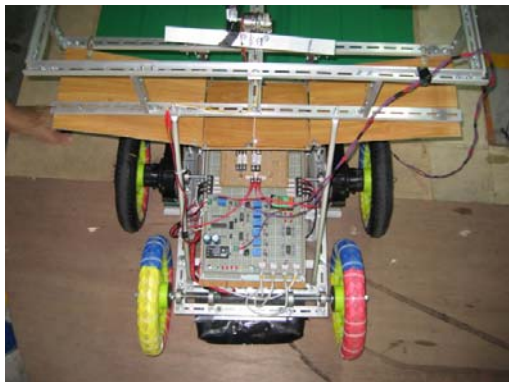


圖 23：機器人完成圖

### 參賽感言

很榮幸參加 TDK 盃 第 11 屆全國大專院校創思設計與製作競賽，在這半年的時間我們的機器人，究極零式，從第一代只有兩個馬達與鋁門窗架構出的底盤，到第三代完整的呈現，我們真的花費許多心血在裡頭。在這半年我們幾乎每天都到指導老師的研究室報到，隊員們一起討論，互相提供不同的意見，並與指導老師討論出製作方向與修正。

在學校模擬場地測試時我們遇到許多問題，經過許多次討論、測試才解決這些問題，本隊印象最深刻的是在實測發生問題時，如果沒明顯的錯誤顯現，基於各種懷疑與錯誤假設時，隊員們『撰寫程式的說製作硬體的出錯』，『製作硬體的說撰寫程式的出錯』，這種情發生時這不明顯的錯誤往往要花很多的時間才能找出來，真的讓對隊員們傷透腦筋。

而最好笑也是最興奮的測試有兩個，一是一開始在岔路定位時一直無法定位非常精準且偏移角度過大，結果在發生一個不因該發生的問題時，跟老師一起檢查程式時意外發現岔路定位程式少了一個括號，加上括號後岔路定位變的非常精準，真是又氣又好笑。二是在快接近比賽時把程式中太長的延遲時間減到最少，結果岔路轉向定位到進岔路取球、放球竟發生甩尾現象，更是無法言語的興奮！

### 感謝詞

感謝 TDK 與教育部技職司舉辦了這樣有意義的比賽，讓我們能有機會與其他學校互相觀摩與切磋，經由這次的比賽可以讓我們展現出在學校所學的技术與專長，進而將其發揮在比賽上面，更感謝學校中州技術學院對我們的支持與鼓勵，並且感謝所有當天比賽為我們加油鼓勵的觀眾朋們，最重要的是，更加感謝我們的指導老師，余文俊老師用心的與我們討論與指導，謝謝！

### 參考文獻

- [1] 全國大專院校創思設計與製作競賽資料庫型網站  
<http://RobotTW.ntust.edu.tw>
- [2] 8051 C 語言實習[入門篇]，作者余文俊，出版年 88.5  
出版者匯高出版社
- [3] 8051 單晶片 C 語言設計實務，作者楊明豐，出版年 93.3，出版者基峰資訊股份有限公司
- [4] 感測器原理與應用電路實習，作者黃宏彥、余文俊、楊國輝，出版年 94.1.10，出版者高立圖書有限公司