

## 自動組：戰爭機械 流浪者

指導老師：黃新賢 副教授

參賽同學：陳坤宏，許廷銓，林志忠，蘇睦淵

正修科技大學 電子工程系

### 機器人簡介

本機械人為配合競賽目的，將設計特色著重於強化、迅速、穩定、精確等四項優勢，在硬體架構部分鋼骨結構採以鋁管製作，以特殊形體搭建令車體更穩固且耐衝擊，可有效減輕重量降低負載功率損耗，行進裝置以掛載大型輪胎搭配脈衝調變訊號驅動，轉向機構符合『阿克曼幾何轉向』原理構建，適應於崎嶇道路行進及各階段之速率變化，保持車體全方位動態之穩定性，機械手臂結合平行支臂及無熔絲開關復歸原理，以彈簧抵銷擺盪慣性力量，使動作過程得保持水平穩固盛裝物品。在電子電路設計方面，紅外線感測採交叉比對方式準確修正偏移量，精細校正顏色感測反應幅度，令色球辨識精準零失誤，再以核心元件 AT89S51 整合數位類比訊號控制，完整規劃賽程各項動作連貫。

### 設計概念

第十二屆『TDK 創思設計競賽』主題『繞著地球跑』，牽引起我們沉寂已久的思緒崛起，謀取人類幸福的科技竟創作出毀滅文明的武器，諷刺著人們已經遺忘整個地球是全人類的家。我們將不再沉寂，文明科技的武器並不是侵略的器械，而是保衛家園捍衛生命自由民主的旗幟，學生隊伍選定服役於陸軍的『V150 裝甲運兵車』為設計方向，象徵著科技武器不再傳遞著嗜戰與侵略性，而是營救人民於災難與困境，讓更長遠的未來，世界將不再充斥著恐怖攻擊與威脅，徜徉在異國的風采中將不再有恐懼與不安，這才是適合人類長居久安的世界。

### 機構設計

#### (一) 機構設計暨作用原理

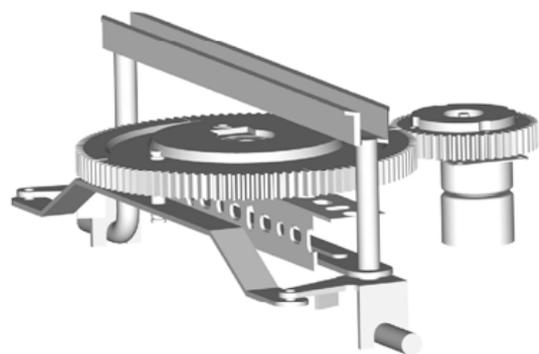
本次參賽之機械人設計係依據『裝甲運兵車 V150』為構圖，研析車體重要諸元及優點，以鋁製骨幹取代鋼骨結構，以塑膠瓦楞版塗裝迷彩色

澤偽裝板金披覆。(圖一)

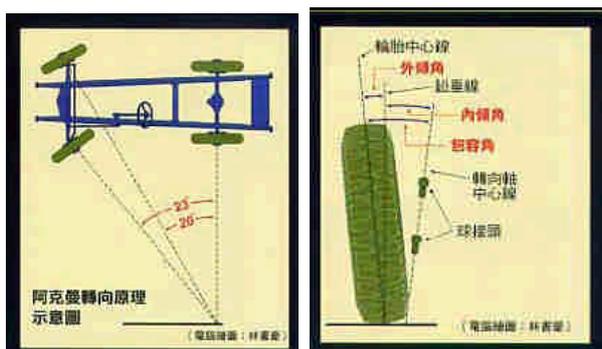


圖一、裝甲車原形

動力設計選用後輪驅動方式推導車體進退動態，將轉向輪設置於前輪處以馬達帶動齒輪控制，車輛轉向機構設計，是依據『阿克曼轉向幾何』定理為主要概念，利用四連桿的相等曲柄使內側輪的轉向角比外側輪大，使四個輪子路徑的圓心趨近交會於後軸的延長線上瞬時轉向中心，大幅降低轉向時輪胎與地面扭轉而產生損耗及誤差，結合主動力引擎 12V/10.5A/4400RPM 直流電動機搭配減速機 1:22 所組成，掛載大型輪胎 25.5CM\*12.5CM 及組裝『阿克曼』轉向機構後，重量達 3.7KG (含餘項結構組裝總重量約 17.3~17.8KG)，雖動力引擎具備較大功率輸出，卻因輪徑周長達 80.1CM 而使車體在靜態轉變動態的過程中，初速穩定平滑上升，克服輪胎打滑及劇烈搖晃等不良影響。(圖三)



圖二、阿克曼轉向幾何機構



圖三、阿克曼轉向幾何原理

因應競賽任務設有接球、置球及擊鼓等項目，於車體頂部裝設機械手臂乙支，盛載托球、轉盤選球及置球閥門等機構，設計靈感來至於無熔絲開關復歸機構及檯燈平行支臂，將兩具尺寸與固定孔位置相等的基座，以相對角度 180 度對稱放置，於孔距水平間差決定傾斜角度及簧力復歸距離，垂直間差決定手臂平托時與地面平行角度，規格採予最適此次比賽製作。除裝設迴力圖一、裝甲車原形彈簧兩具降低手臂平舉負載，搭配低轉速 12V/4A/40RPM 之直流無刷馬達結合 5:1 減速機乙具，可使運動過程中功率損耗大幅降低，排除選用高功率馬達將造成重量加重及耗能之缺點。(圖四)



圖四、機械手臂 3D 模擬圖

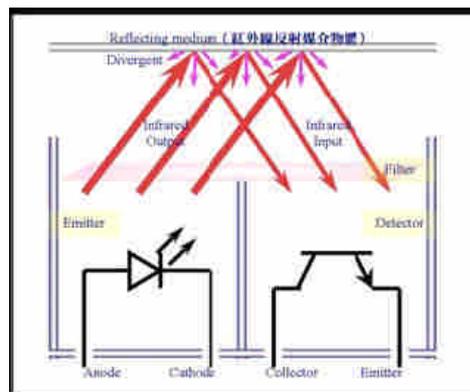
### 機電控制

#### (1) 紅外線感測單元

CNY70 紅外線感測器，是一種將發射與接收封裝於同一元件中，運用紅外線發光二極體發射紅外光( $\lambda$  800nm)於物體上，經物體反射通過光濾波器(濾光透鏡)後由光

電晶體接收，充足的紅外光令光電晶體呈現低組抗狀態，而使光電晶體之 Collector 及 Emitter 兩端呈現導通狀態，感測過程含括干擾因素~ Reflecting medium 的色澤、表面光滑程度、對應於感測器之距離及環境蘊含紅外光波長的光源等，對於感測訊號均有相當顯著之影響。

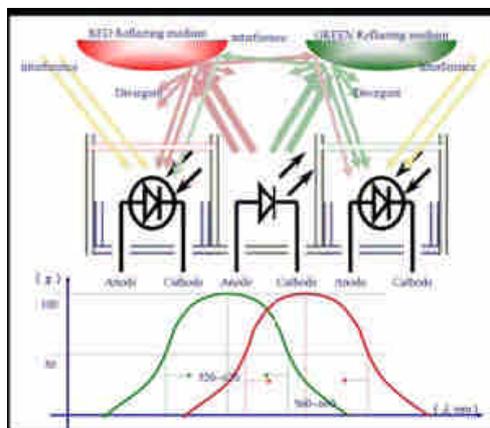
(圖五)



圖五、CNY70 做用原理圖

#### (2) 顏色感測單元

HMS-S6430 及 HMS-S6429 是一種對特定波長之光源產生反應的感測器，其接受波長範圍 S6430 介於 560nm~660nm 最大反應波長 600nm、S6429 介於 520nm~620nm 最大反應波長 550nm，根據光譜分析得知詳細辨識功能為 HMS-S6430 感測紅色光源、HMS-S6429 感測綠色光源。當同時使用兩種顏色感測器對物體進行辨識時，除必須考量干擾因素~Reflecting medium 的色澤、表面光滑程度、對應於感測器之距離及環境蘊含相對波長的光源等，此外，兩種感測器接受範圍局部性的重疊，亦需視為影響辨識準確性之因素。(圖六)



圖六、顏色感測器作用原理圖

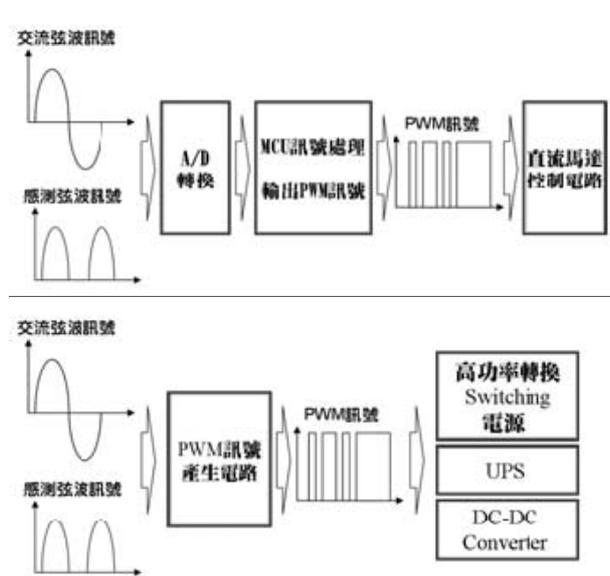
### (3) PWM 直流馬達驅動單元

PWM (Pulse Width Modulation) 脈衝寬度調變，廣泛應用在高功率轉換效率switching電源、馬達Inverter、DC-DC Converter、UPS等各種高功率電路，其工作原理為設定於某一固定頻率（馬達 250Hz~2KHz），改變高電壓準位在週期內佔有的比例，藉以控制於固定時間內馬達消耗的功率百分比。歸納PWM控制優勢可區分為以下5點：

1. 產生可程式化之驅動波型訊號輸出。
2. 不受元件誤差、特性飄移及老化所影響。
3. 可因應不同環境變化而變更其設定參數。
4. 可記錄操作情況作為除錯之參考。
5. 可與週邊數位化元件溝通。

訊號處理模式可由外部交流弦波訊號輸入方式，直接經由 PWM 訊號產生電路將弦波訊號轉變為 PWM 訊號輸出至下級電路使用，這種直接轉換方式遠比MUC 轉換輸出更為迅速，誤差值存在於晶體零件通道建立與截止時間。MUC 轉換控制則需考量程式指令週期時間，將完整週期切割為數等分後方可調變輸出，故控制頻率較低反應速度較慢，適用於較低頻率及無立即性反應需求之後級電路使用。

(圖七)

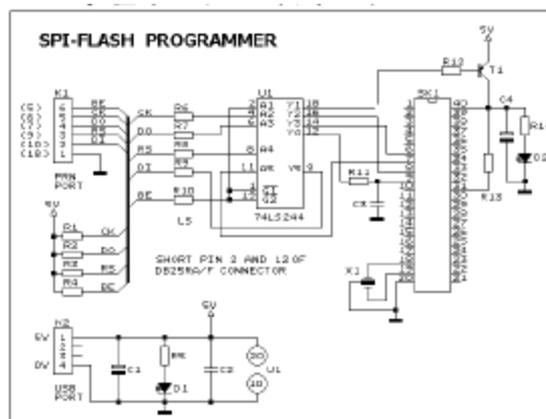


圖七、PWM 訊號轉換原理圖

### (4) FLASH 線上燒入單元

AT89S5X 系列在 P1.5、P1.6、P1.7、RESET 等四支腳位不僅存在資料輸出/輸入及重置功能，同時也是線上燒入的資料傳輸腳位，在無需將 IC 拔除的情況下可直接於成品

電路直接燒入程式，是為相當便利設計者之開發工具。使用線上燒入器需注意燒入腳位是否外接其他 IC 元件或具有電位之電路結構，這種情況可能導致燒入過程失敗，甚至無法與電腦連結，故必須於電路設計時將隔離措施一並考量在內。(圖八)



圖八、線上燒入器電路圖

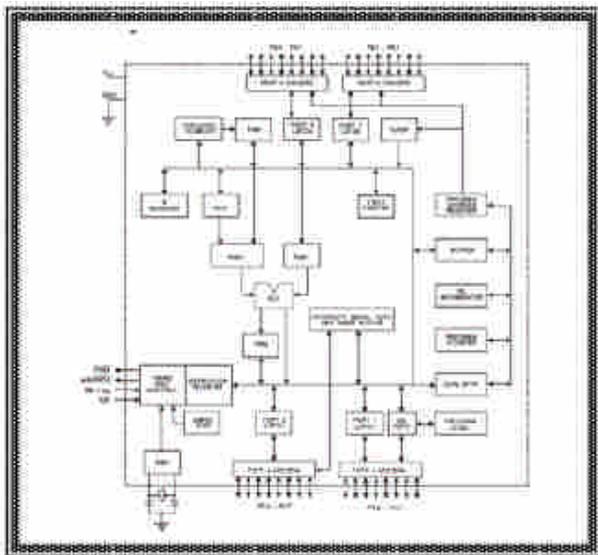
### (5) 核心主控單元

AT89S51源自Intel公司的MCS-51系列，目前市面流通晶片並不侷限於Intel 出產為主，而是由許多廠商所開發之相容規格所佔多數，其具有以下 8 項優點：1. 價格低廉，開發及教育成本負荷低。2. 具有強大邏輯運算能力。3. 內建程式記憶體 2K bytes(可外部擴充至64Kbytes)，資料記憶體128 Bytes(可外部擴充至64K bytes)，滿足各階層人士不同之使用需求。4. 具4組8位元I/O介面，且32條I/O線均可獨立定址。5. 內建 2個 16位元計時/計數器、1個全雙工串列埠、1個開門狗計時功能及 5個中斷源使用。6. 採用 FLASH 線上燒入模式，使開發及學習更為便利。7. 指令撰寫及功能使用簡單，適於微處理器初學者研習使用。8. 流通於市面已久教學範本取得容易。審慎比較Intel 公司初期80C51 與近期AT89S5X 系列之晶片，功能的提升及便利性與初期產品有了相當大之歧異，從僅可連結外部記憶體至內建程式及資料記憶體，從複雜且昂貴的資料燒入器至今的 FLASH 線上燒入功能，均顯示著今日科技時代發展趨勢的優越能力。以下將簡述AT89S5X 系列適用之硬體主要架構、程式記憶體架構、時序分析、外部擴充定址方式及擴充時序分析、主控MCU 擴充控制模態。

#### 1. 硬體主要架構 (圖九)

主要架構可區分為以下7 點：

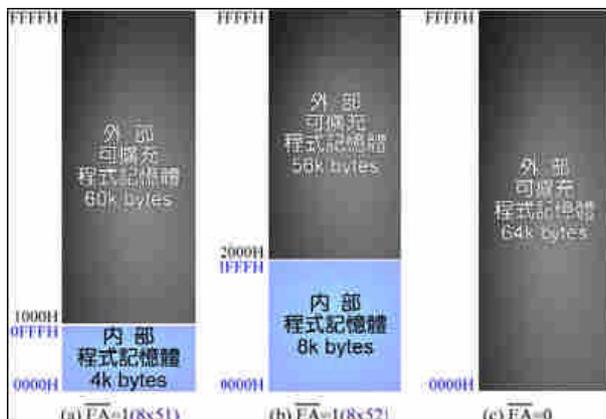
- 1 8051 為 8 位元微處理器。
- 2 程式記憶體ROM：內建4k bytes、外部最多可擴充至64k bytes。
- 3 資料記憶體RAM：內建128 bytes、外部最多可擴充至 64k bytes。
- 4 四組可位元定址2 的 8 位元輸出埠，即P0、P1、P2 及 P3。
- 5 一個全雙工串列埠，即UART；兩個16 位元計時/計數器。
- 6 五個中斷源，即INT0、INT1、T0、T1、TXD/RXD。
- 7 .111 個指令碼。



圖九、硬體架構圖

2. 程式記憶體架構 (圖十)

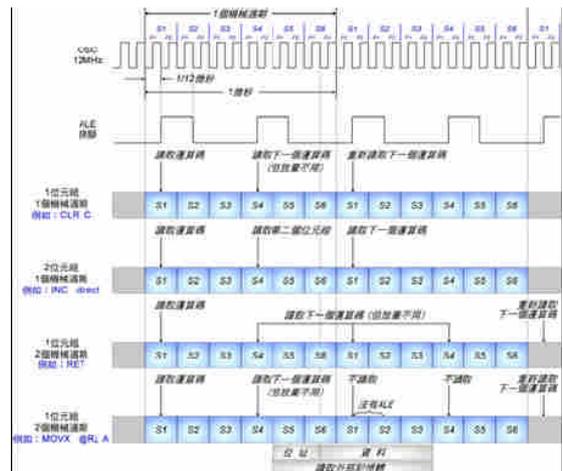
程式記憶體(ROM)是存放程式的位置，而CPU將自動從程式記憶體讀取所要執行的指令碼。



圖十、程式記憶體架構圖

3. 時序分析 (圖十一)

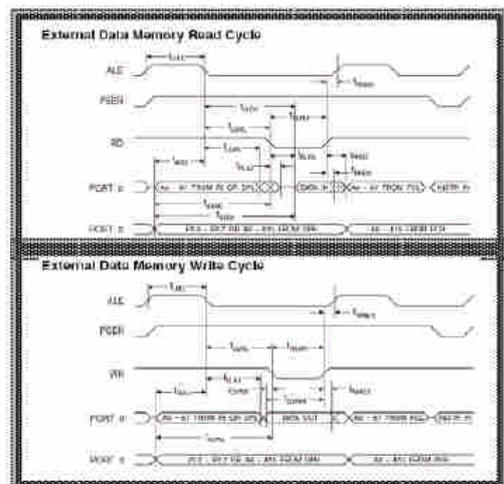
在 8051 的 111 個指令裡，除了執行乘法與除法指令須要 4 個機械週期外，其餘指令都能在 1 個或 2 個機械週期執行完畢。對於不同的指令，CPU 讀取(fetch)與執行(execution)在首先是位址栓鎖致能接腳 ALE，每個機械週期送出兩個脈波(分別是在 S1 及 S4 時)，以栓鎖 P0 輸出之位址 (A0-A7)，CPU 將進行讀取記憶體的動作。



圖十一、時序分析圖

4. 外部擴充定址方式及擴充時序分析 (圖十二)

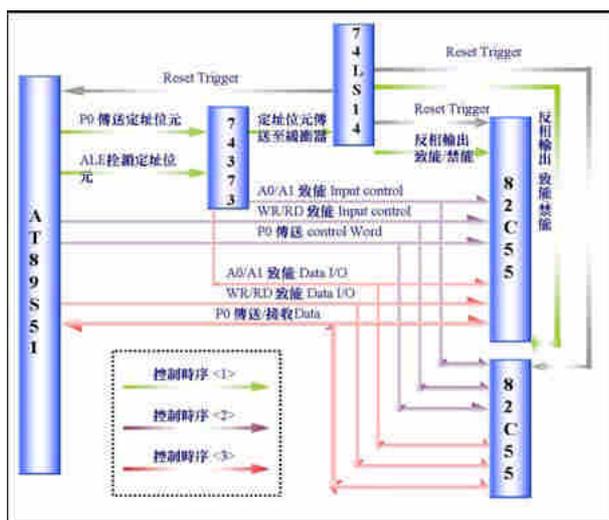
外部擴充設計使用了 P0.0~P0.7、P3.6、P3.7 及 ALE 等共 11 隻腳位，其中除了 ALE 以外均為 I/O Pin 宣告特殊功能使用，與燒入功能不同的是，這些腳位經程式宣告為外部擴充即不可再外接其他功能電路使用。在設計過程中，必須外加 74LS373 IC 作為位址資料栓鎖。



圖十二、外部擴充定址時序分析圖

### 5. 主控 MCU 擴充控制模態 (圖十三)

本車體主控 MCU 即以 AT89S51 為核心，延伸設計 82C55 IC 兩顆，擴充 I/O 傳輸線路為 70PIN，由此對應於頗為繁雜之週邊電路游刃有餘，對於賡續強化、修改週邊電路將不再局限於 I/O PORT 短缺之困擾。※圖示即為本車體設計電路傳輸時序，經 74LS373 將位址資料栓鎖後，再將 ALE 經過反相傳輸置 82C55 CS 低態控制腳位，即可對 82C55 下達接收或輸出資料指令動作。



圖十三、控制傳輸分析圖

### (5) 電源供應單元

主機端之電源系統為 12V9A 直流電源。為供應直流無刷馬達的驅動電源。由於主機控制板及肌電量測裝置所能承受之電源為 5V 直流電壓，故將 12V 直流電源透過 DC to DC、整流電路及穩壓電路整合成主機控制板及感測裝置所需之電壓。

### 機器人成品

結合機械骨架結構及電子電路集成完成機械人成品，擬達到下列五項訴求。(圖十四)

1. 裝甲造型塗裝迷彩款式擬真設計，掛載大型輪胎及機械手臂，更顯氣勢磅礴。
2. 主馬達大動力輸出整合 PWM 電路控制，依負載強度穩定功率輸出，克服彎道、上下坡道因引力及慣性造成之不穩定因素。
3. 以『阿克曼轉向幾何』原理設計方向控制機構，搭配寬幅度之紅外線路徑感測，遵循路徑之曲面變動量採線性方式(非固定角度)完成微幅或大幅度修正，無論直行

或彎路均暢行無阻。

4. 僅使用一組顏色感測電路，結合旋轉托盤及閥門開關，降低機械手臂承載重量暨運作速度，手臂平伸時閥門低空置於球櫃中央，可準確投球降低失誤率。
5. 採用 Analog-Digital 整合電路設計，經濾波器、放大器及比較器處理感測訊號，提昇顏色辨識及紅外線感測器量測精準度。



圖十四、機械人成品模擬圖

### 參賽感言

本次參賽作品，融入了學生對國際情勢的觀感，從國內政黨輪替、西藏問題爆發及至國際油價大幅飆漲影響民生等，均深沉的撼動了學生們的心靈，更深切的體會了和平的意義及價值。嗜戰並非人類的天性，武器亦不僅止於是侵略與征戰的利器，而是當百姓淪陷於危難中掙扎求生時，營救及保護人民的神聖護盾。學生隊伍選定服役於陸軍單位的『V150 裝甲運兵車』為設計概念，取其原意保衛士兵及災難救護之使命，將原掛載之攻擊性武器換裝為機械手臂，予人耳目一新之觀感，譬喻著將受困箱籠中的『種子球與非種子球』，護送至安全的『置球櫃』家園中，並敲響和平的鐘聲，傳達和平與自由的時代即將到來。

### 感謝詞

由 TDK 國際文教基金會所主辦『全國大專院校創思設計與製作競賽』，積極鼓勵莘莘學子們研發與創新，應用巧思融合科技知識於競賽中，設計出獨具創建的智慧型機械人，於賽程中靈活迅速的完成各項模擬關卡。在創思設計過程中，與會學生發揮無限想像空間，拓展學習的視野，跨越系所知識領域的窒礙，逐步勾勒出完美創思的形

體，再經由反覆的測試與修改中而漸趨完整，期間，天馬行空的翱翔於科技智慧的領域中，昇華競賽隊伍的知識與思維，由競賽中虜獲創思設計的靈感與精神。

### 參考文獻

- [1]維基百科  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/>
- [2]劉穎，“機械設計基礎”，北京交通大學出版社出版，2005
- [3]黃廷合，“機械設計製圖”，全華科技圖書出版，1987
- [4]賴麒文，“C 與 8051 單晶片實務設計”，文魁資訊出版，2006
- [5]張義和、王敏男、許宏昌、余長春，“例說 89S51-C 語言”，新文京開發出版，2005
- [6]谷腰欣司，“感測器”，全華科技圖書出版，2006
- [7]蔡錦福，“運算放大器原理與運用』”，全華科技圖書出版，2003
- [8]楊棧雲、李世文、王俊惠、曾鴻祥，“ELECTRONIC DEVICES”，全華科技圖書出版，2005