

第 19 屆 TDK 盃全國大專院校創思設計與製作競賽

參賽報告書

參賽組別：自動組

隊伍編號：A12

隊名：凱薩

學校名稱：國立中山大學

科系名稱：機械與機電工程學系

指導老師：彭昭暉 老師

參賽學生：楊文杉、吳委諺、王碩德

中華民國 104 年 08 月 09 日

一、 機器人特色摘要說明

根據第 19 屆 TDK 比賽規則，我們認為機器人最重要的環節之一為定點控制，若是能夠精確的定位，爾後所有流程只要完整且流暢的動作，即可輕易完成各項關卡，接下來本機器人將朝向精確定位的目標前進。

除了精準定位之外，坊間投籃方式有許多種，一般而言，最有把握的方式即是以伸縮至球框上，再自由落下落入籃框中，亦或是以連桿機構直接進行灌籃動作，而我們則是以人為基礎，採用與人類類似的投球方式(拋物線投法)，透過氣壓缸及調整好的角度以拋物線投射。在升降機構部分，我們則是以類似電梯的方式，透過捲線筒拉升來做升降動作。

二、 機構設計

A. 機器人底座與輪胎

原先將機器人設計為三輪型式，但於循跡測試時發現其穩定性不佳，容易發生甩尾的現象，因此將機器人改為四輪型式。主結構部分以 30mm*30mm 之鋁擠型結構組合而成，組合後其長為 71cm 寬為 60cm。而前輪分別由兩顆直流馬達驅動，感測器安裝位置則置於兩輪轉軸中心位置，使其能夠以感測器做為中心位置進行轉彎動作，後方則是採用兩顆推車輪作支撐。

為了將直流馬達與底座接合，我們選用厚度 2mm 的角鋁，將其裁切適當長度後，在角鋁上將直流馬達對應之鎖孔位置進行鑽孔，並以螺絲及墊片進行固定。而直流馬達與輪胎接合部分採用軸心 10mm 之輪胎與配合直流馬達輸出軸徑之 8mm 套管，將其分別攻牙與鑽孔後，以螺絲固定於直流馬達輸出軸之斷面，便可使直流馬達輸出軸與輪胎轉速同步。

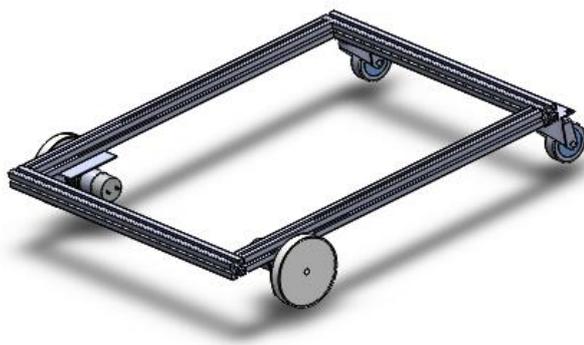


圖 1. 底座設計圖



圖 2. 機器人底座

B. 抓球機構

抓球機構以兩個相互齒合的壓克力材質的齒輪為基礎，再採用步進馬達帶動齒輪轉動，而在齒輪上固定木頭夾爪，以作為取球的夾爪。由於兩相互齒合的齒輪轉動方向相反，因此僅需使用一個步進馬達即可。由微控制器控制步進馬達轉動的角度，兩齒輪朝相反方向旋轉，兩夾爪逐漸靠近至夾緊球為止。

當夾爪夾緊球後，用來固定夾爪的木製手臂將因安裝於車體的捲線筒旋轉，而被釣魚線慢慢拉升，至一定高度之後，將步進馬達反轉，夾爪便會鬆開，球掉入後方的球道中，順勢滾進預備投籃的氣壓缸砲管，準備進行射擊。

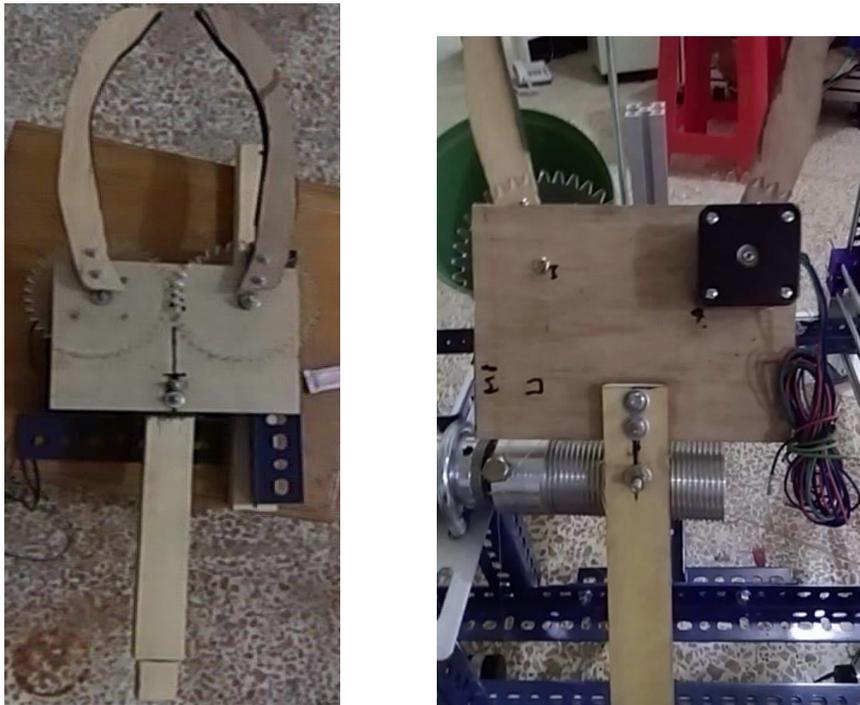


圖 3. 夾球機構

C. 投球機構

投球方面，原本計畫以彈簧製作成如投石機的機構(槓桿原理)來進行投籃，但在購買材料時，意外發現氣壓缸剛好適合用來製作如大砲一般的機構，因此改以氣壓缸及氣瓶為動力來進行投籃。瞄準砲管則採用直徑 17 公分之小垃圾桶，並在其底部鑽孔鎖螺絲，且以矽利康將其固定，而砲管角度則可由我們自行調整。最後自行製作 3 個由 2 公升的汽水瓶作為氣瓶，並架設於機器人上提供氣壓缸所需的氣體來源，其內部氣體填充壓力可達 8 kg/cm^2 。

氣壓缸的控制是配合電磁閥的通斷電，來進行伸縮。電磁閥以外徑 6mm 的 PU 管，一端連接於氣壓缸，另一端則連接於氣瓶，透過微控制器控制其通斷電。當電磁閥瞬間通電時，氣體將迅速衝入氣壓缸中，使氣壓缸前方鐵桿推出，藉由推出的力量順勢將球由砲管彈出，在角度及距離都正確的情況下，以拋物線方式投進籃框，此為投籃

動作；完成投籃動作後，電磁閥將會斷電，此時氣體將不再衝入氣壓缸中，並且由於氣壓缸內氣體壓力大於大氣壓力，氣體迅速衝出氣壓缸，鐵桿收回，回到預備射擊的狀態。

由此可知，只要藉由程式多次控制通斷電，便能使氣壓缸多次射擊，進而使機器人多次投籃。然而，此方式尚有唯一的缺點，氣瓶內的氣壓將隨著射擊的次數，逐漸降低，一旦投射次數過多將使氣壓不足，然而，經過測試即便氣壓會下降，仍可完成 4 至 5 次的投籃動作，並不影響我們投球的關卡。



圖 4. 氣壓缸



圖 5. 砲管及氣瓶

D. 寫字機構

在寫字關卡的部分，所需的任務是在一個平面做左右和上下移動的功能。機構想法是源自於 3D 列印機，以 z 軸為上下升降和 y 軸左右移動控制書寫平面。Z 軸部分，原先我們透過兩顆步進馬達同步旋轉，以聯軸器帶動兩條螺桿旋轉，利用螺桿轉動的方式進行上升下降的動作，但是經過測試後，發現螺桿上升速度緩慢，並不符合我們要求效率的目標，因此改為用萬用角鋼當作支架，架起如圖(6)門型結構，並將角鋼再鎖上固定架插入光軸作為升降軌道。動力來源則採用直流馬達，連接如圖(7)捲線筒使其旋轉帶動釣魚線拉升物件，捲線筒及馬達則架在門型架構之上方，左右再接上導輪以改變釣魚線收線之方向。考慮到重量因素，捲線筒以鋁作為材料，升降之直線距離約為一公尺，考量到捲線筒可能跳線，捲線槽不應超過 10 圈，所以捲筒直徑訂為 5cm，藉此改善上升速度緩慢的問題。

Y 軸的部分，由兩條 60cm 的光軸、皮帶、四線步進馬達、同步齒輪組成，藉由 Y 軸機構旁的步進馬達，旋轉時以同步齒輪帶動皮帶，使得移動塊可以在光軸上左右滑動，而夾筆機構及伸縮機構則固定於移動塊上。



圖 6. 門架與捲線筒

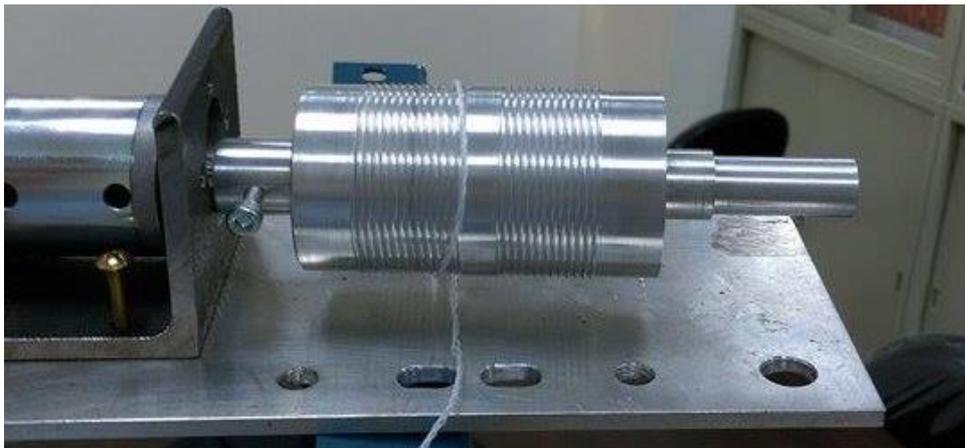


圖 7. 捲線筒

夾筆機構部分，為了方便加工及減輕重量，我們採用壓克力板加工後將其組裝，其設計概念主要以滑軌及二連桿機構為主，在伺服馬達轉子兩側各連接一支連桿，當轉子與夾爪移動軌跡為水平時，此時夾爪開度為最大，而當轉子與夾爪移動軌跡為垂直時，夾爪開度則為最小的狀態。為了增加持筆穩定性避免掉落及寫字時晃動，於夾筆機構前端加裝 2" (內徑 51mm) PVC 水管，透過水管本身圓弧貼合於筆套上。

除了寫字時筆需要上下左右移動外，寫字後須將筆與筆套一同放入指定顏色箱子，因此加入一組伸縮機構(夾筆機構 X、Y、Z 三軸皆可移動)。其概念與夾筆機構類似，在伺服馬達與滑軌間透過二連桿機構連接，使滑軌能夠經由馬達旋轉進行伸縮動作，其動作原理如同活塞移動時的曲柄機構。

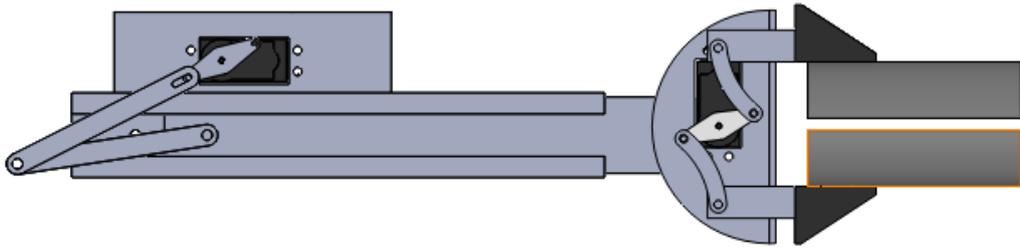


圖 8. 夾筆及伸縮機構設計圖



圖 9. 夾筆與伸縮機構

E. 完整機構

目前所有機構材料(包含加工件、零組件等)皆已齊全，機構製作與組裝也大致完成，而部分功能已加入馬達進行作動測試，但目前尚未完全加入微控制器後進行自動控制完成各關卡，由於機構部分已步上軌道，爾後將著重於控制程式之撰寫，以及將各關卡功能整合。



圖 10. 完整機構設計圖

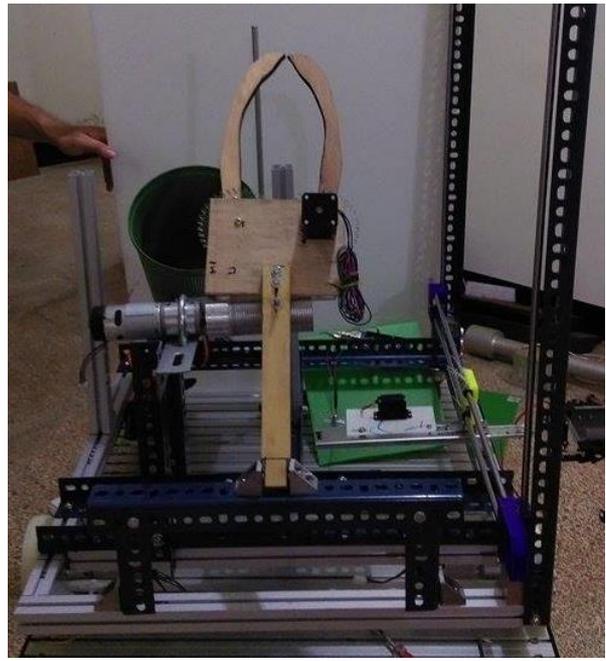
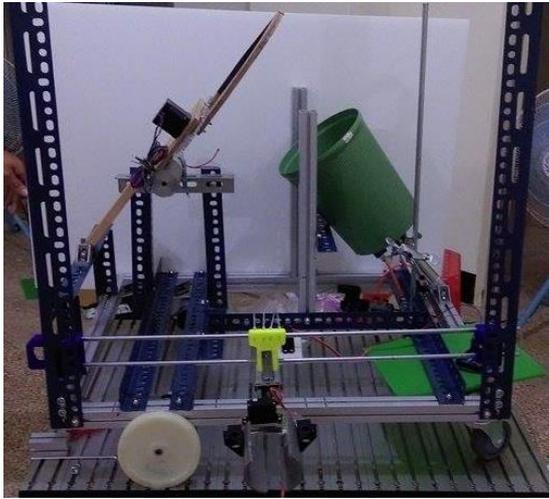


圖 11. 目前機構樣式

三、電控設計

控制器我們選用 Arduino Mega2560 R3 作為控制核心，其使用常見之 C 語言為開發基底，在操作與使用上皆較簡單方便，使我們可以快速上手。



圖 12. Arduino Mega2560 R3

電源供給方面，除了直流馬達需要 12V 電壓源外，其於部份皆僅需提供 5V 電壓源即可。我們以 12V/7AH 鉛酸電瓶供給直流馬達，微控制器部分則以行動電源提供 5V 電壓供給，而其他感測器及馬達則由 Arduino 所提供的 5V 電壓作為電壓源。



圖 13. 鉛酸電瓶



圖 14. 行動電源

辨色方面，這次比賽除了基本機構動作與穩定性外，在將筆放置於筆筒的部分，必須有辨色的功能，來判別可能為紅、綠或黑色的紙板顏色，最後由機器人行走到所對應顏色的筆筒放置筆。我們所使用的感測器為 TCS3200，如圖(15)所示，Vcc 和 GND 分別連接 Arduino 的 5V 和 GND，透過 S2、S3 不同的高低電位組合，產生濾波的效果，如表(1)所示，並將所判讀的訊號回傳給 Arduino，便可以透過已輸入的程式來判讀紙板的顏色。



圖 15. TCS3200

表 1. 濾波狀態表

Photodiode Type	S2	S3
Red	L	L
Blue	L	H
Clear(no filter)	H	L
Green	H	H

循跡方面，在感測黑線的部分選擇用 TCRT5000，並將輸出訊號送至 Arduino 數位輸入腳中，我們分別以左(L)、中(M)、右(R)三顆紅外線感測器訊號來判別車體此時是否在黑線上，其訊號所需產生的動作如表(2)，而量測到黑線時訊號為高電位，反之，則為低電位，其工作原理示意圖如圖(17)。

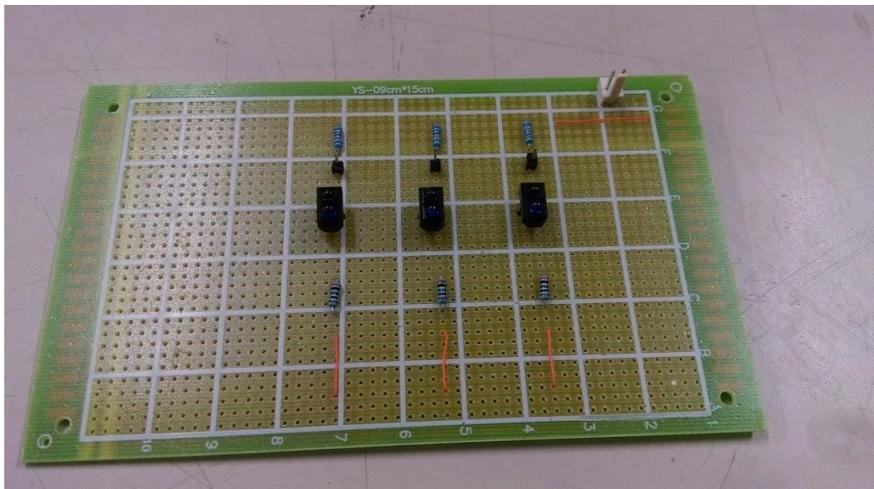


圖 16. 紅外線感測器

首先 S 形過彎的部分，採用兩輪速差的概念使其轉彎，為了使機器人能夠更穩定且精確的沿黑線行走，因此我們分為小轉彎與大轉彎。當三顆紅外線感測器皆讀取到黑線時，機器人會進行直走動作，而當有一顆紅外線沒有讀取到紅外線時，機器人會以小轉彎方式修正路徑，且依據未讀取到黑線的紅外線位置決定轉彎方向。而當有兩顆紅外線未讀取到黑線時，意謂著循跡路徑偏差過大，因此進行大轉彎動作做路徑修正，其轉彎方向也是依據未讀取到黑線的紅外線位置決定。

直角右彎的部分，一開始程式的撰寫上，我們是讓三顆感測器同時都是接收到 0 的訊號時，使右輪的馬達逆轉，但怕突然的改變馬達的轉向，馬達產生的逆電流會損毀馬達跟驅動板，所以後來改以偵測到此訊號後，讓左右輪的馬達先停止轉動大約 1 秒，再使右馬達改變轉向，而左馬達保持原來的轉向，一直轉到感測器完全在黑線上時，也就是三顆感測器都接收到 1，才讓馬達停止轉動大約 1 秒，再繼續原本的循跡程式。

表 2. 行走動作分類

L	M	R	動作	L	M	R	動作
1	1	1	直走	0	0	0	轉直角
1	1	0	微左轉	1	0	0	左轉
0	1	1	微右轉	0	0	1	右轉

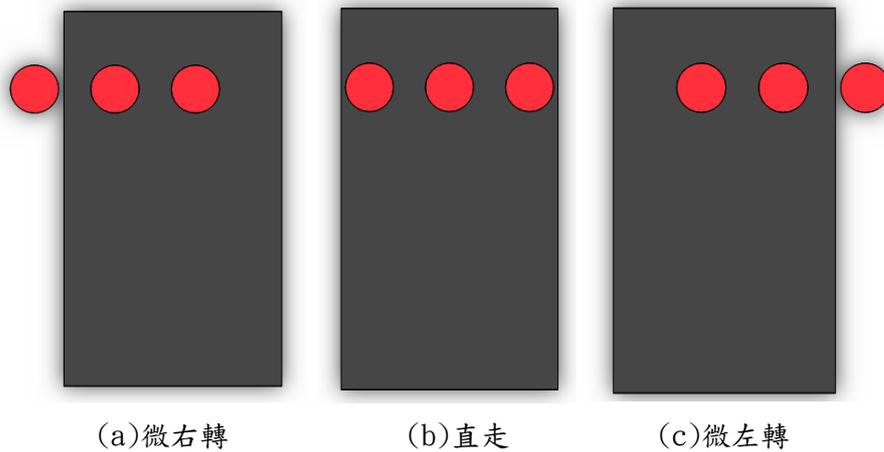


圖 17. 循跡工作原理示意圖

投球方面，氣壓缸可以透過手動按鈕或電磁閥的通斷電來控制，而本次競賽參賽組別為自動組，因此我們採用電磁閥搭配 Arduino 微控制器使其在適當的時機自行發射，而電磁閥控制僅需以微控制器的輸出功能控制其高/低電位，便能控制氣壓缸是為投球狀態或是預備狀態。



圖 18. 氣壓缸與電磁閥

寫字方面，分別在夾筆機構縮放、升降、左右移動及伸縮四個部分需要搭配馬達控制，夾筆機構縮放及伸縮則分別以兩個伺服馬達(MG996R)控制，升降部分則是控制直流馬達進行捲線動作，而左右移動則是以步進馬達控制皮帶輪的轉動方向及位置。

Arduino IDE 中內含伺服馬達控制函數，我們僅需輸入欲轉動的角度即可控制伺服馬達轉角，由於其輸入電源為 5V，所以我們直接使用 Arduino 本身的 5V 作為供給。直流馬達部分則是需要搭配驅動器及 PWM(脈波寬度調變)進行正反轉及轉速的控制，其驅動器工作原理主要是以 H 橋電路為基礎，根據 PWM duty 決定電晶體導通時間，藉此達成轉速及轉向的控制。步進馬達則是需搭配驅動版，並以 for 迴圈循環次數控制脈波訊號次數，使馬達轉子轉動至精確的位置。

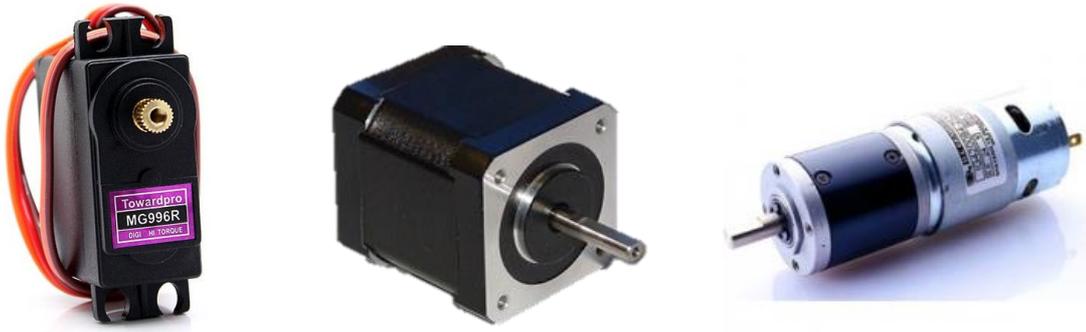


圖 19. 伺服馬達、步進馬達及直流馬達(由左至右)

四、 創意與科技人文整合說明

原先我們想以 3D 印表機的概念作為升降機構的基礎，因為螺桿轉動速度緩慢，因此我們將其改為如同電梯般的鋼索拉升方式，採用捲線筒與釣魚線進行升降動作。而投籃機構則是以人類拋物線投籃的概念為基礎，使機器人能夠更貼近人類的實際情況，如圖(20)。

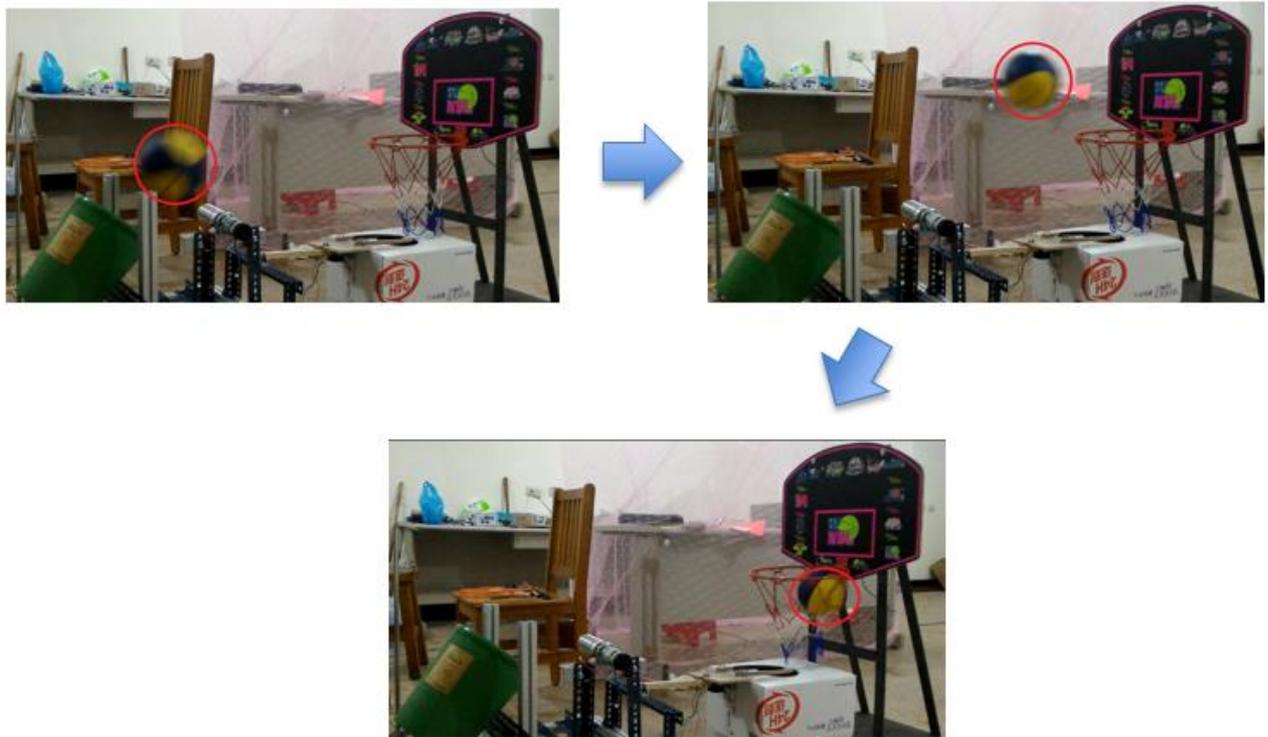


圖 20. 拋物線投球

在夾筆及伸縮機構部分，由於兩段式滑軌及夾筆滑動塊本身並無動力，因此我們兩者皆以曲柄機構為概念進行驅動，而其就類似並列式滑動曲柄機構，利用曲柄機構的旋轉使得滑軌及滑塊能夠在我們預先設定的軌跡上滑動。



圖 21. 夾筆機構

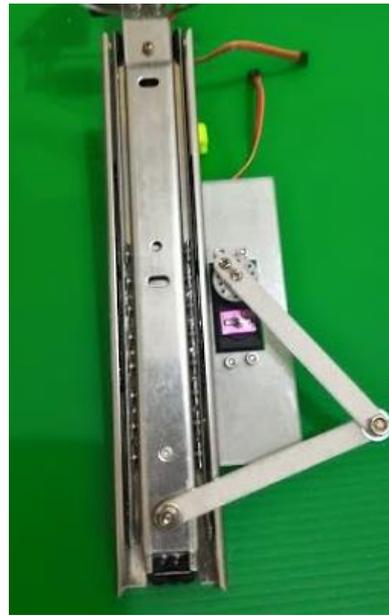


圖 22. 伸縮機構

五、遭遇困難

1. 起初雖設計出夾球機構，同時也完成投球機構，但是夾球後並找不到較佳的方式將球放入投球的砲管中，最後我們決定以捲線器拉升夾球機構至指定位置後，將夾球機構鬆開使其自由落下進入砲管中。
2. 要維持投射距離及角度需仰賴氣瓶中的氣體，但自製氣瓶瓶口因封裝不易使得會有漏氣的情形發生，最後我們則是以矽利康進行瓶口的封裝，並且反覆測試觀察其是否有漏氣情形發生，再進行補強直至漏氣情形改善。



圖 23. 氣瓶瓶口封膠

3. 為避免扭力不足情形發生，我們採用較大扭力之直流馬達，起初以電源供應器搭配驅動版測試時，發現會產生轉不動的情形，使得我們以為驅動版已經燒壞，欲添購新品前發現改以電瓶供給電源時，馬達便能正常動作，因此研判是馬達在剛要旋轉時須克服較大的扭力，瞬間所需的最大電流已超過電源供應器本身可以供給。

4. 當感測器判別到要轉彎的訊號時，兩輪的速差太少則會使機器人衝出循跡的線，所以經過多次的修改後，目前已能順利地通過彎道，但速度的部分會再修改到能更快速的過彎。
5. 起初認為伸縮裝置的曲柄機構受力應該不會太大，但實際測試後發現在曲柄機構與伺服馬達的接觸受力相當大，使得壓克力製作的連桿已經斷裂兩根，爾後我們將壓克力厚度及邊緣距離加大來增加機構強度。

六、未來規劃

1. 目前升降器周遭零組件皆已加工完成，將取代原先所使用的螺桿進行寫字測試。
2. 目前雖已完成沿黑線循跡部分，但其行走速度尚過於緩慢，接下來將朝以最快速度進行循跡且不衝出黑線為目標。
3. 加入 RGB 感測器將機器人於各個關卡精準定位
4. 將各個關卡控制程式完成，完成後進行所有程式的整合。

七、團隊成員分工說明

楊文杉:負責程式撰寫(包含循跡、寫字等關卡)，以及寫字左右移動、機器人底座與夾筆機構設計及製作。

吳委諺:負責部分有夾球與寫字機構升降功能，而各項所需機械加工也有其負責。

王碩德:負責程式撰寫(包含循跡、夾球等關卡)，以及投球砲管與氣瓶製作。

為了確保每名組員的想法一致，以及各部分機構能夠互相搭配，避免組合後有干涉問題，我們固定於每週五下午進行兩個小時的小組會議，在小组會議中每個人以簡報搭配圖片呈現自己的設計概念與大家共同討論。在會議中，我們主要討論機構設計的可行性及干涉行為，若是看法一致即開始尋找材料和機構製作，為了節省大家搜尋材料時間，我們會將材料清單列出，請大家共同注意及尋找。在各部分關卡製作時，由每個負責人為主，其餘人則協助其完成，並適時提供改善建議與方針。

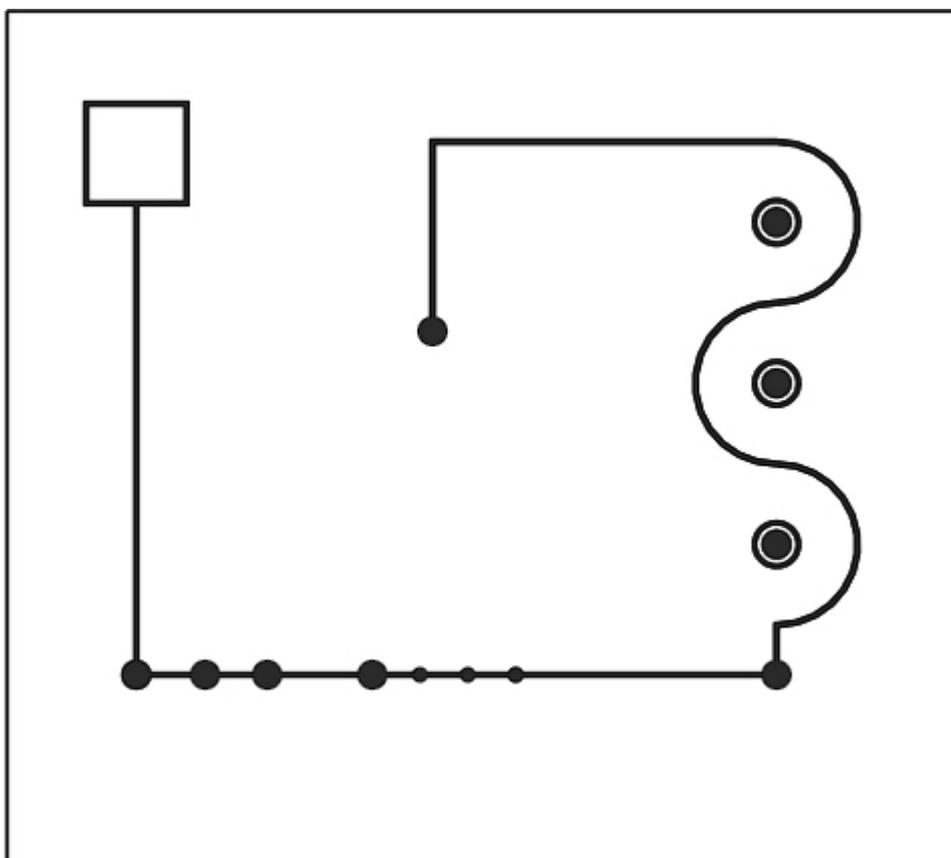
附錄：工作週報

填寫日期 | 104 年 4 月 3 日

上週工作內容說明

1. 場地佈置構思

A. 以 SolidWork 繪製場地圖



B. 等比例放大繪製的圖，並影印和封膠

C. 地板紅點以人工方式剪貼

2. 機構設計構思

比賽需求：須完成一個可以自動循跡、寫字、辨識顏色、抓球、投籃

A. 底座的拼裝以鋁擠型來組裝

B. 循跡部分，討論出以紅外線來當作辨識黑線的感測器

C. 移動時，動力提供部分，以兩顆直流馬達，並配合車輪組合

D. 寫字部分，初步構想是尋找線性滑軌材料為主

E. 顏色辨識，欲以 TCS 3200 為辨識三個顏色的感測器

F. 取球部分，還在構思適合的夾爪機構

G. 投籃部分，欲以投石機的方式製作

工作週報

填寫日期 | 104 年 4 月 10 日

上週工作內容說明

1. 場地佈置：如下圖所示，將列印並封膠好的圖貼好，並布置籃框和紅點



2. 機構部分

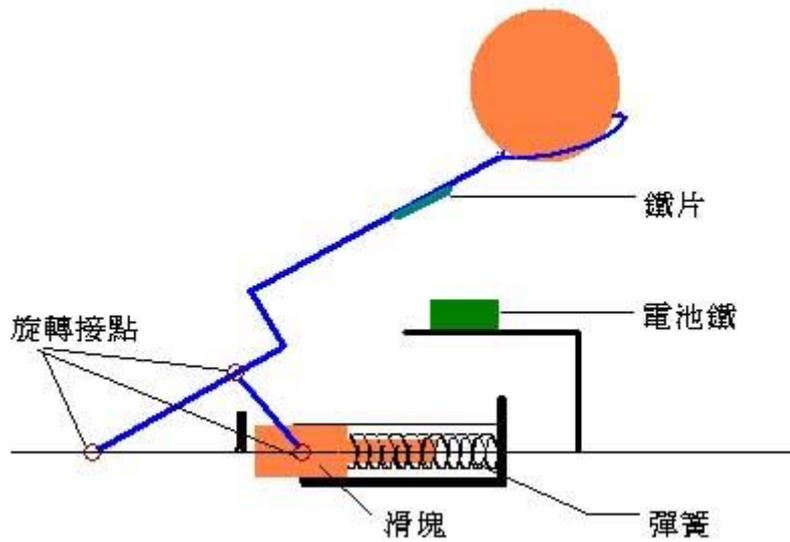
- A. 直流馬達已訂購完成，但還未送達
- B. 寫字部分改以參考 3D 列印機的機構，材料在找尋中
- C. 底座部分已用鋁擠型拚好初步結構
- D. 馬達和輪胎之間的連結方法還在構思中

填寫日期 | 104 年 4 月 17 日

上週工作內容說明

1. 機構部分：投籃

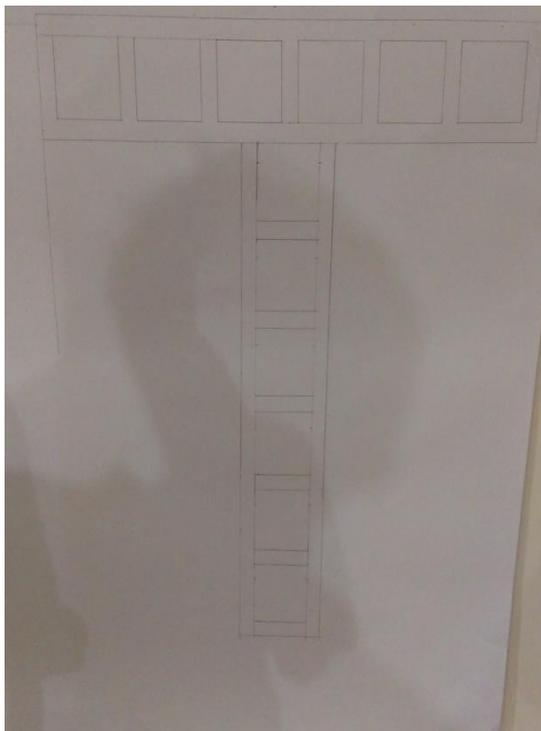
A. 投籃機構設計圖



B. 已購買適當彈簧

2. 場地佈置

A. TDK 字報



填寫日期 | 104 年 4 月 24 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 投籃改以電磁閥配合氣壓缸的伸縮，達到將球噴射的功能

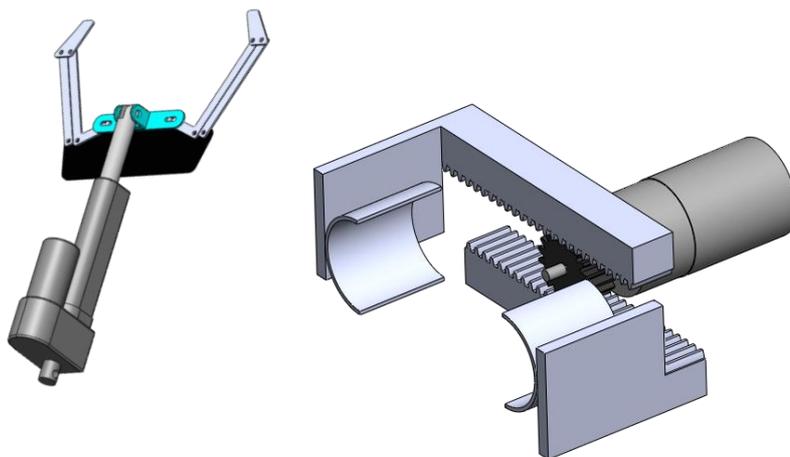


氣壓缸

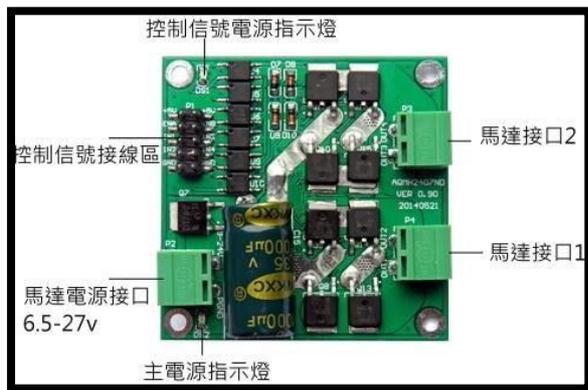


電磁閥

B. 抓筆機構討論，示意圖如下



C. 掌握直流馬達的控制方法和驅動板的使用方法

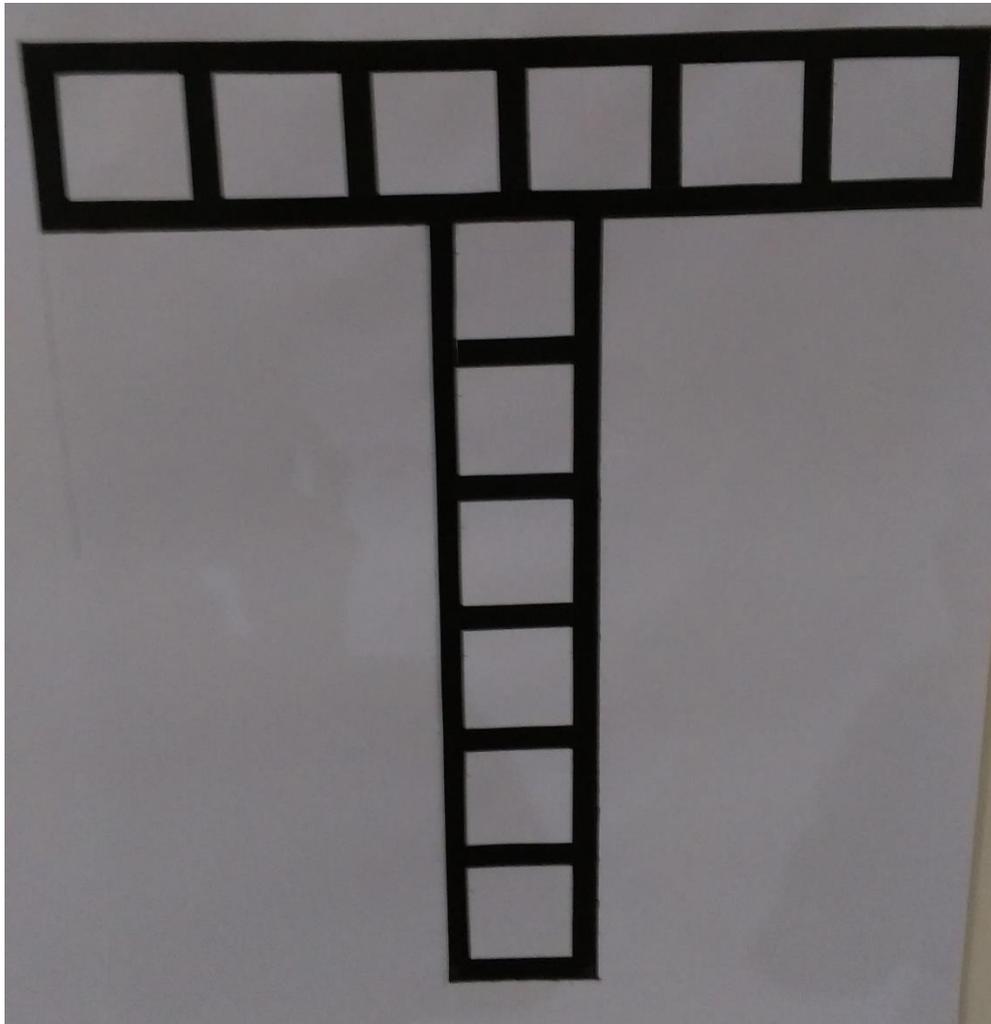


直流馬達驅動板

D. 了解紅外線感測器的工作原理，及電路的接法，此部分由於不太熟悉紅外線電阻的配置，導致多顆燒毀

2. 場地佈置

A. TDK 字報加粗



工作週報

填寫日期 | 104 年 5 月 1 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

- A. 氣壓缸、電磁閥的測試
- B. 氣壓缸連接氣瓶方法



C. 紅外線感測器測試：

此部分測試時，因為電阻太小燒毀，或者電阻太大而量測不到訊號，最後先以電表測試二極體的檔位，確認出紅外線發射與接收器的正負極，並找出合適的電阻串上，才測試成功

工作週報

填寫日期 | 104 年 5 月 8 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 直流馬達線路測試：

有時測試馬達可以順利運轉，但有時又會推不動，因此懷疑馬達剛要啟動時，由於扭矩較大所需的瞬間電流超過電源供應器的上限，改以電瓶測試後結果正常



B. 車體底座與輪子組裝完成，如下圖示



工作週報

填寫日期 | 104 年 5 月 15 日

上週工作內容說明

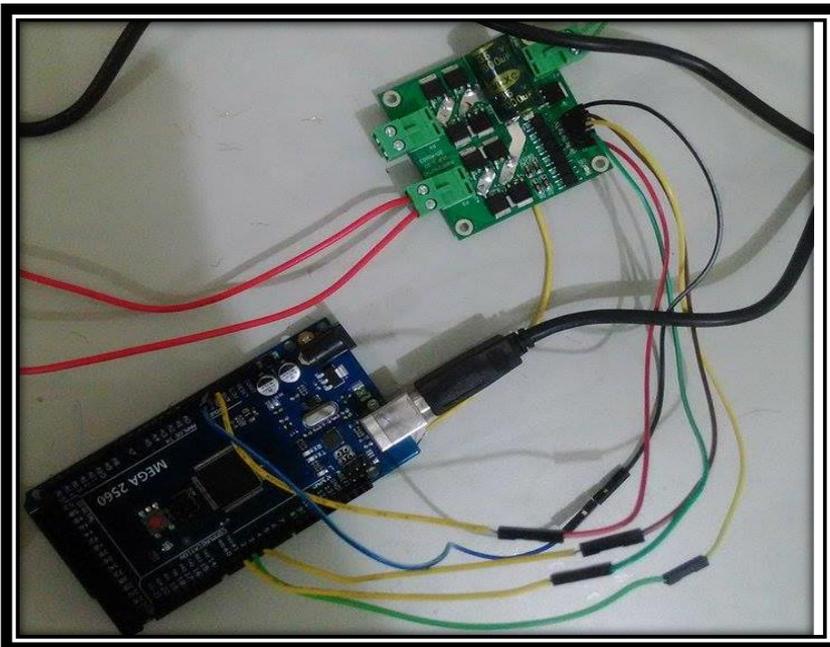
1. 機構部分

A. 投籃機構加工完成，氣瓶亦組裝完成，並完成測試



B. 馬達測試：

改以電瓶供電，並成功初步撰寫循跡程式，並測試紅外線的訊號對於馬達轉速的影響



2. 場地佈置

A. 放球架的製作

B. 變色紙板的製作

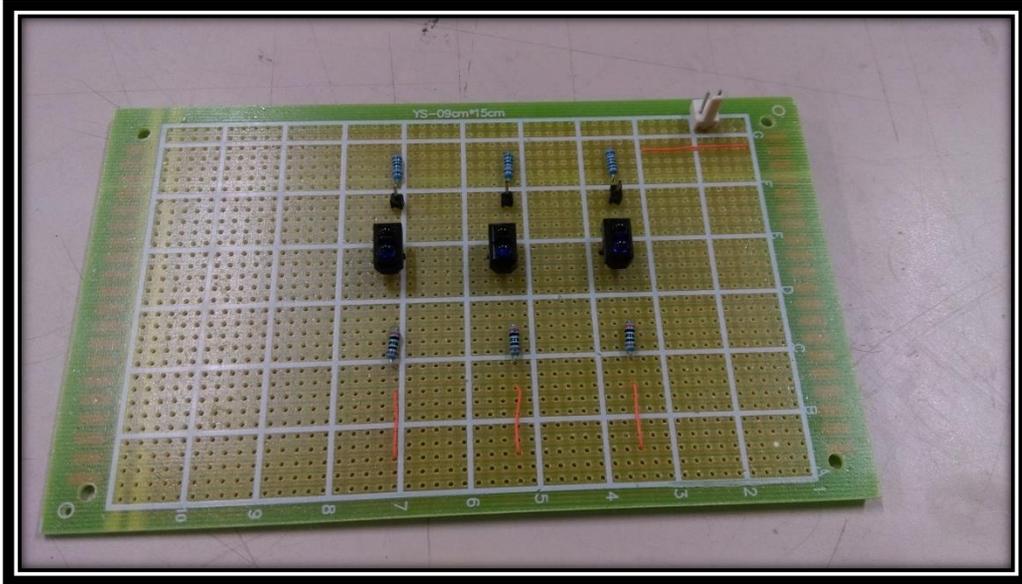
工作週報

填寫日期 | 104 年 5 月 22 日

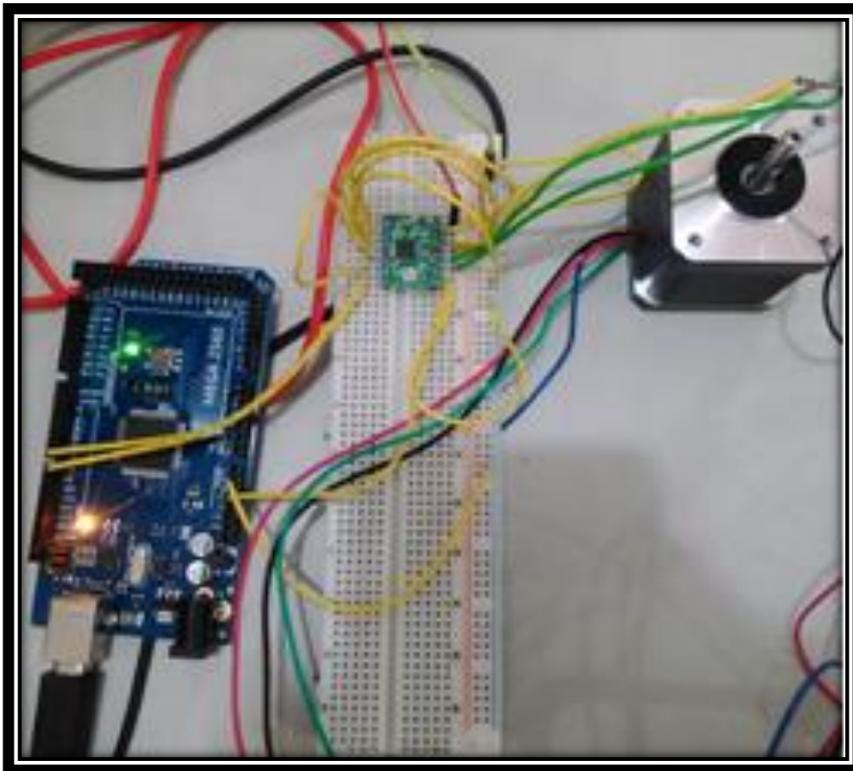
上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 循跡：將紅外線感測器焊接至洞洞板上



B. 寫字機構：步進馬達透過 A4988 控制



2. 場地佈置

A. 放球架製作



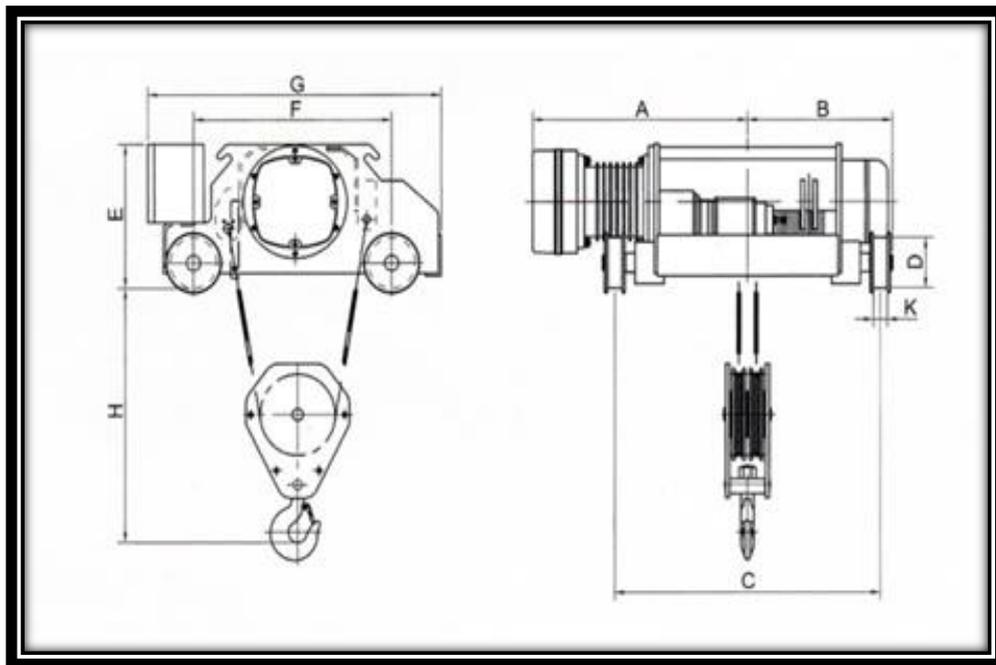
填寫日期 | 104 年 5 月 29 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 升降機機構討論：

由於本來寫字機構升降的部分考慮到導螺桿速度太慢，考慮以電替的升降方式作改良，以下為示意圖



B. 抓球機構製作：以下為示意圖



C. 研究 TCS 3200 辨色的工作原理，並嘗試程式的撰寫與測試

工作週報

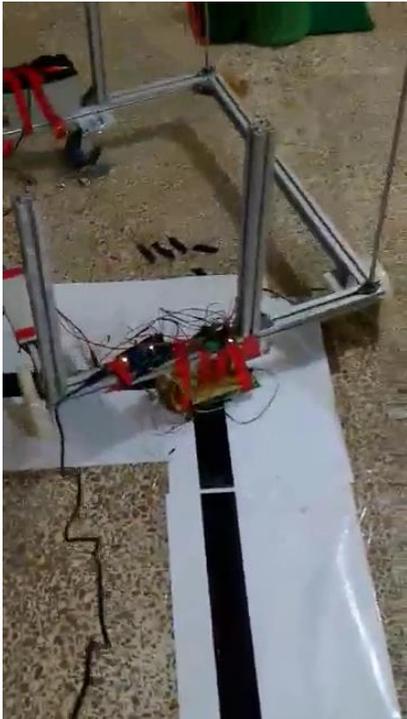
填寫日期 | 104 年 6 月 5 日

上週工作內容說明

1. 機構部分：

A. 循跡：

將電路板裝置於車體測試後，發現直角轉彎部分是成功的，但 s 型彎道時，由於速度參數調整不好，容易衝出路線，此部分還在調整

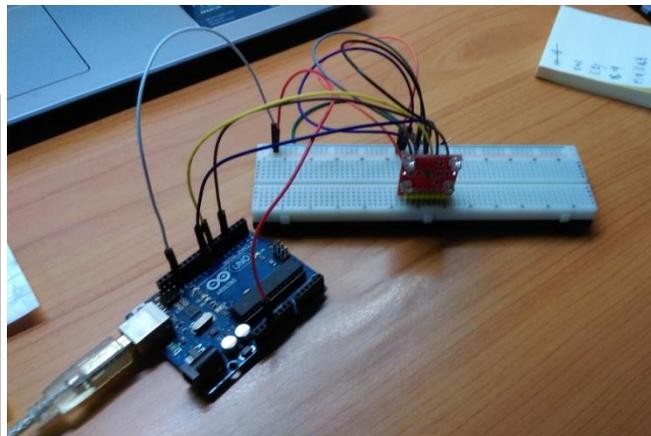
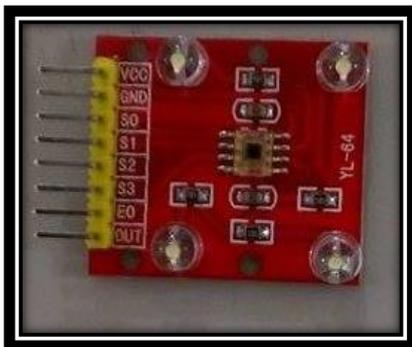


B. 寫字升降機構製作：

計畫以釣魚的捲線器當作升降時的捲線筒

C. 辨色：

TCS 3200 有初步了解工作原理，但程式撰寫的測試上仍遭遇困難



工作週報

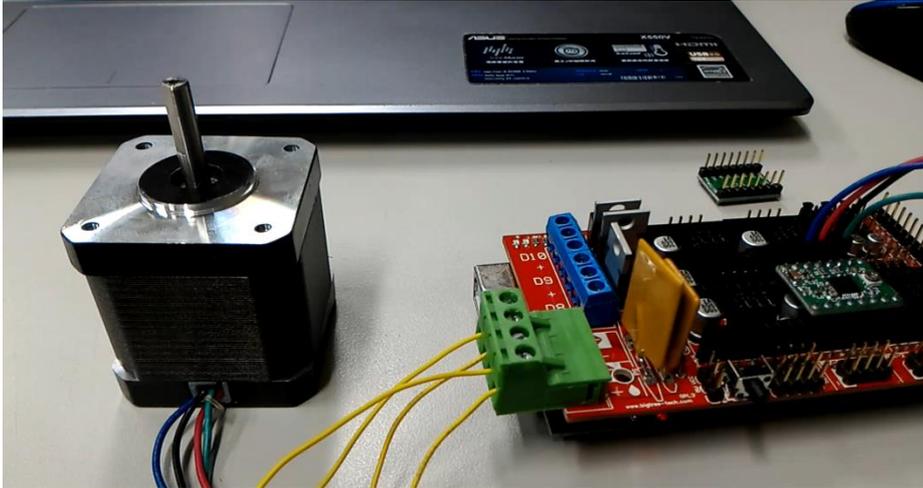
填寫日期 | 104 年 6 月 12 日

上週工作內容說明

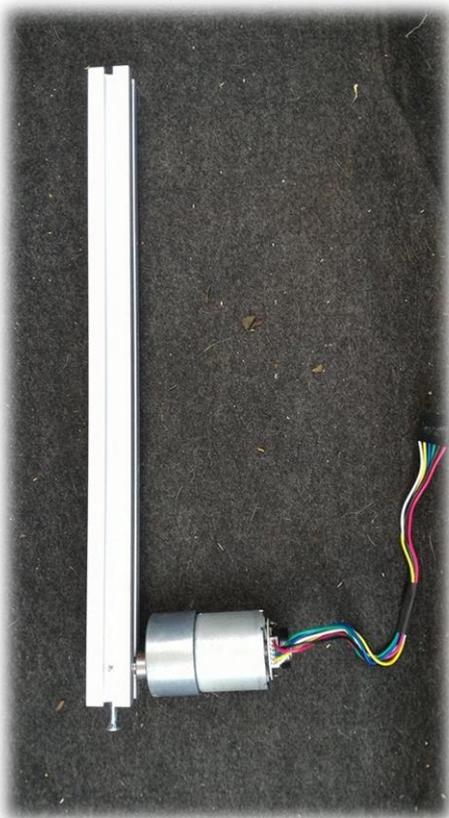
1. 機構部分

A. 寫字：

將 A4988 裝置擴充板上，嘗試以 arduino 給擴充板訊號控制步進馬達



B. 夾筆機構製作



工作週報

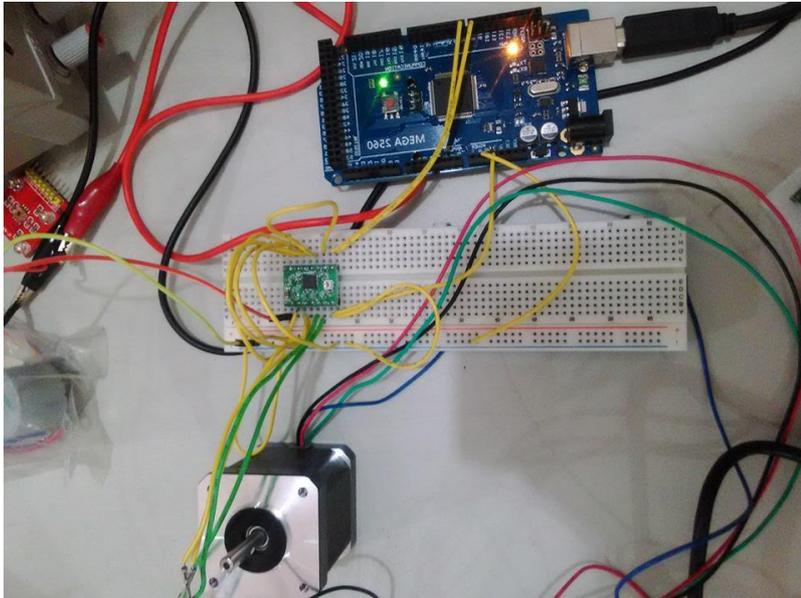
填寫日期 | 104 年 6 月 19 日

上週工作內容說明

1. 程式部分

A. 步進馬達測試：

馬達順利轉動，持續了解程式如何撰寫及其控制



B. 辨色：

成功撰寫 TCS 3200 辨色的程式，並能辨識色板顏色

工作週報

填寫日期 | 104 年 6 月 26 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 製作抓球夾爪



B. 紅外線：電路焊接的部分需做修正

2. 程式部分

A. TCS3200 辨色：修改程式，以便更精準判斷色板顏色

工作週報

填寫日期 | 104 年 7 月 3 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 製作抓球機構捲筒



2. 程式部分

A. 循跡：程式測試部分，直接拿紙來測試額外的馬達時，可以精準地依照指令行動，但遇到直角轉彎的指令時，馬達瞬間反轉容易損壞，此部分需要再修正。實際上車測試時，紅外線的距離離地面太遠，電路線容易鬆脫需修改；直線時疑似速度過快，遇到轉彎可能會來不及修正，等紅外線電路板重新修正完後，在測試速度設定的部分。

工作週報

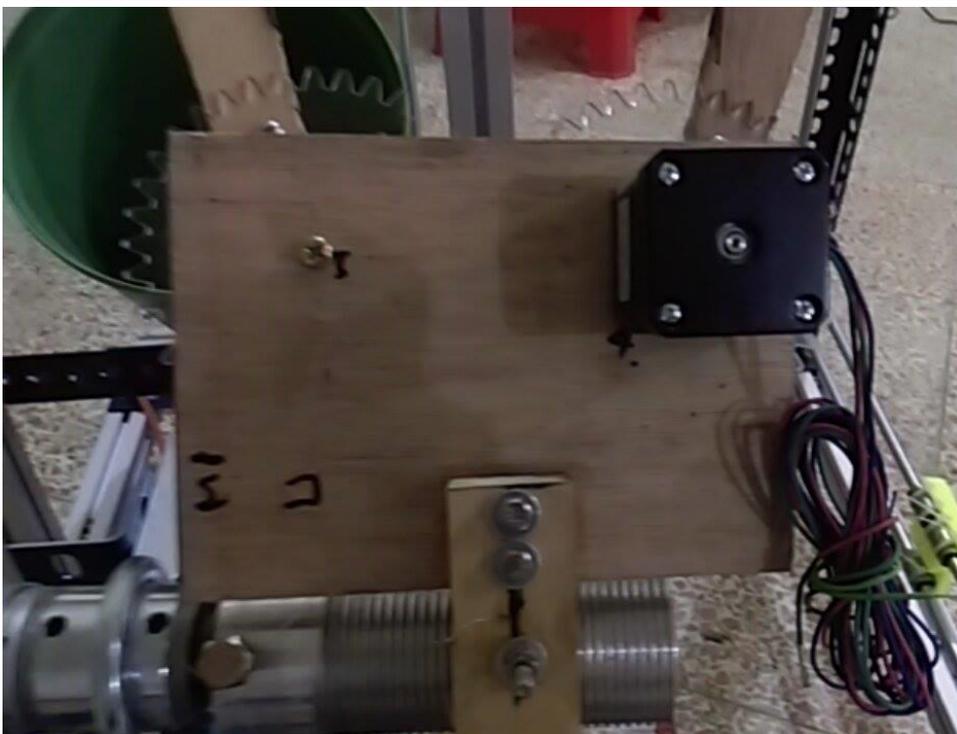
填寫日期 | 104 年 7 月 10 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 投籃：已掌握汽缸及電磁閥的使用方法

B. 製作抓球機構接合桿，並組裝夾爪機構



2. 程式部分

- A. 寫字機構：已能掌握如何使用 A4988 來操控步進馬達,程式的部分預計於循跡完成後來做測試。
- B. 紅外線：電路部分已完全焊接完成,實際測試時感測器的有效距離也量測完成。

工作週報

填寫日期 | 104 年 7 月 17 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 製作升降機構捲筒



B. 購買角鋼組裝車體

C. 購買化學三叉夾，用以安裝投球機構

2. 程式部分

A. 循跡：實地測試時過彎仍會衝出跑道，需再修正

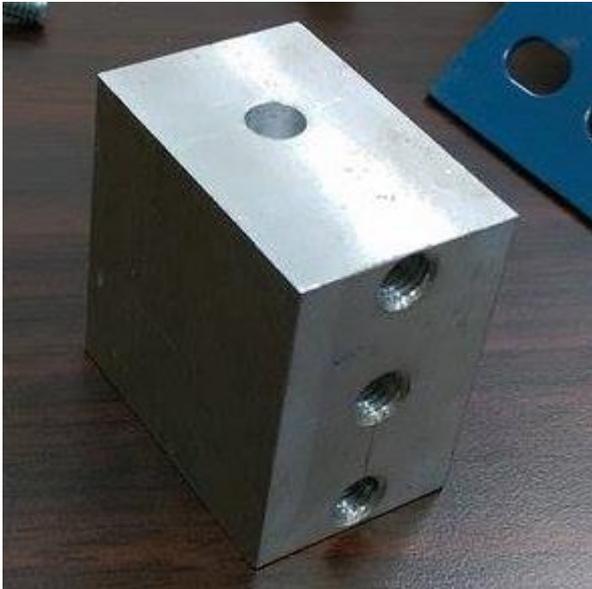
工作週報

填寫日期 | 104 年 7 月 24 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

A. 製作光軸固定器，將光軸固定於角鋼上



B. 購買 UCP202 軸承，用來固定捲筒

2. 程式部分

A. 循跡：實地測試成功，不過速度略慢需再加強

工作週報

填寫日期 | 104 年 7 月 31 日

上週工作內容說明

1. 機構部分

- A. 製作升降機構接合版
- B. 組裝寫字升降機構

