

全國高級中等學校專業群科 107 年專題及創意製作競賽
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品：球型機器人

關鍵詞：機器人、全向移動

目錄

壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	1
參、研究方法.....	2
一、研究流程.....	2
(一)、時間規劃.....	2
(二)、研究步驟.....	2
(三)、操作步驟.....	3
二、使用材料及工具.....	4
(一)、零件介紹.....	4
1、伺服馬達(MG995).....	4
2、減速馬達(LT25GA34-370T).....	5
3、藍芽模組(HC-06).....	6
4、ATMEGA328(Arduino 微控制器).....	6
1、App Inventor.....	8
2、Tinkercad.....	9
3、Arduino.....	9
(三)、電路介紹.....	10
1、H 橋馬達驅動電路.....	10
2、ATMEGA 單晶片控制電路.....	11
3、NE555 (LED)閃爍電路.....	12
一、車身機構.....	13
二、手機介面.....	15
三、成品展示.....	15
伍、討論.....	16
一、配重與平衡.....	16
二、攝影機裝設.....	17
柒、參考資料與其他.....	18

表目錄

表 1、MG995 規格.....	3
表 2、LT25GA34-370T 規格.....	4
表 3、HC-06 腳位	4
表 4、L293D 腳位功能	6
表 5、555IC 資料表.....	9

圖目錄

圖 1、BB8 機器人	1
圖 2、劇照.....	1
圖 3、時間分配圖.....	2
圖 4、研究流程圖.....	2
圖 5、開啟電源.....	3
圖 6、機器人移動.....	3
圖 7、機器人頭部轉動.....	4
圖 8、MG995	5
圖 9、LT25GA34-370T 照片	5
圖 10、HC-06.....	6
圖 11、ATMEGA328	6
圖 12、Arduino UNO 板.....	7
圖 13、L293D 接腳圖	7
圖 14、App Inventor	8
圖 15、Tinkercad	9
圖 16、Arduino 語法	10
圖 17、H 橋電路.....	10
圖 18、馬達驅動版電路.....	11
圖 19、頭部動作電路.....	11
圖 20、信號控制板.....	11
圖 21、555IC 電路.....	12
圖 23、底層反面.....	13
圖 22、底層正面.....	13
圖 24、中層反面.....	14
圖 25、中層及上層.....	14
圖 26、頭部連接.....	14
圖 27、手機介面.....	15
圖 28、球型機器人.....	15
圖 29、改造前.....	16
圖 30、改造後.....	16
圖 31、針孔攝影機.....	17
圖 32、攝影模組.....	17

全國高級中等學校專業類群 107 年專題及創意製作競賽

【球型機器人】

壹、摘要

傳統的四輪遙控車擁有極大的轉彎半徑，操控不易，且外殼尖銳不安全；若是將車身改為球型，不但可以全向移動，且能安全操作。再加上電影給我們的靈感，我們希望做出一個利用手機遠端遙控、設備安全且適合各年齡操作的球型機器人。

我們以單晶片控制馬達訊號及藍芽模組，透過手機連接藍芽進行無線操控。機器人外殼使用壓克力球，利用兩顆減速馬達在球內轉動，帶動整個球型機器人行進，再利用伺服馬達帶動磁鐵吸引頭部旋轉，且頭部不會在機器人行進時掉落；手機介面則以 App Inventor 書寫，可以操控球型機器人的行進且同時轉動頭部。最後以噴漆及閃爍 LED 作為裝飾，使得球型機器人看起來更體面。

貳、研究動機

對於多數人來說，兒時愛不釋手的玩具莫過於遙控玩具車和機器人模型。遙控車的四輪使車身擁有行進速度快、操縱平穩等特點，玩具機器人則滿足了兒時對於超級英雄的嚮往。加上近年上映的電影「星際大戰」中出現了 BB8 機器人(如圖 1、2)，外觀為球型，給予我們靈感，因此我們這組結合遙控車及機器人，嘗試利用手機操控球體的行進，來完成所謂「球型機器人」。

希望能藉由專題將學校所學馬達控制、人機介面、電路設計及許多焊接和配重等技術應用在專題上，並利用這次的研究，以不同的樣式重現兒時的玩物，使它能全向移動，設備安全且適合各年齡層操作。



圖 1、BB8 機器人



圖 2、劇照

參、研究方法

一、研究流程

(一)、時間規劃

專題的時間分配如下圖 3：

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
1.購買材料	■	■	■	■	■	■	■
2.蒐集資料	■	■					
3.程式設計			■	■	■		
4.電路設計					■	■	■
5.操控介面			■	■	■		■
6.初版機構			■	■	■		
7.終版機構						■	■
8.頭部製作					■	■	■
9.外部裝飾							■
10.成品測試							■

圖 3、時間分配圖

(二)、研究步驟

專題的研究步驟如下圖 4：



圖 4、研究流程圖

(三)、操作步驟

球型機器人的操作步驟如下圖 5、6、7：

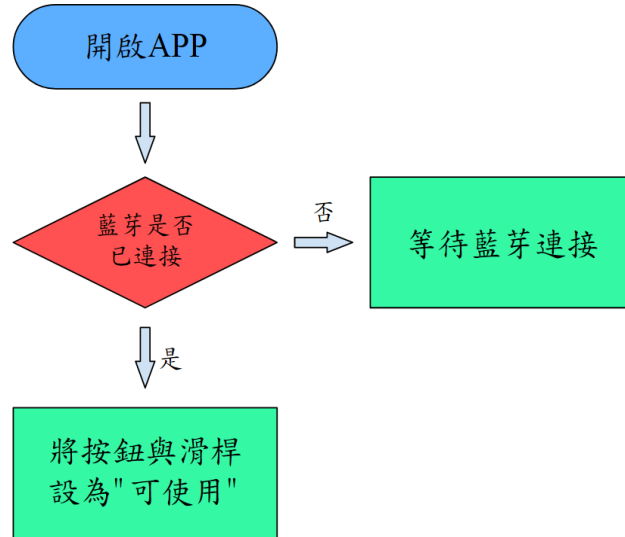


圖 5、開啟電源

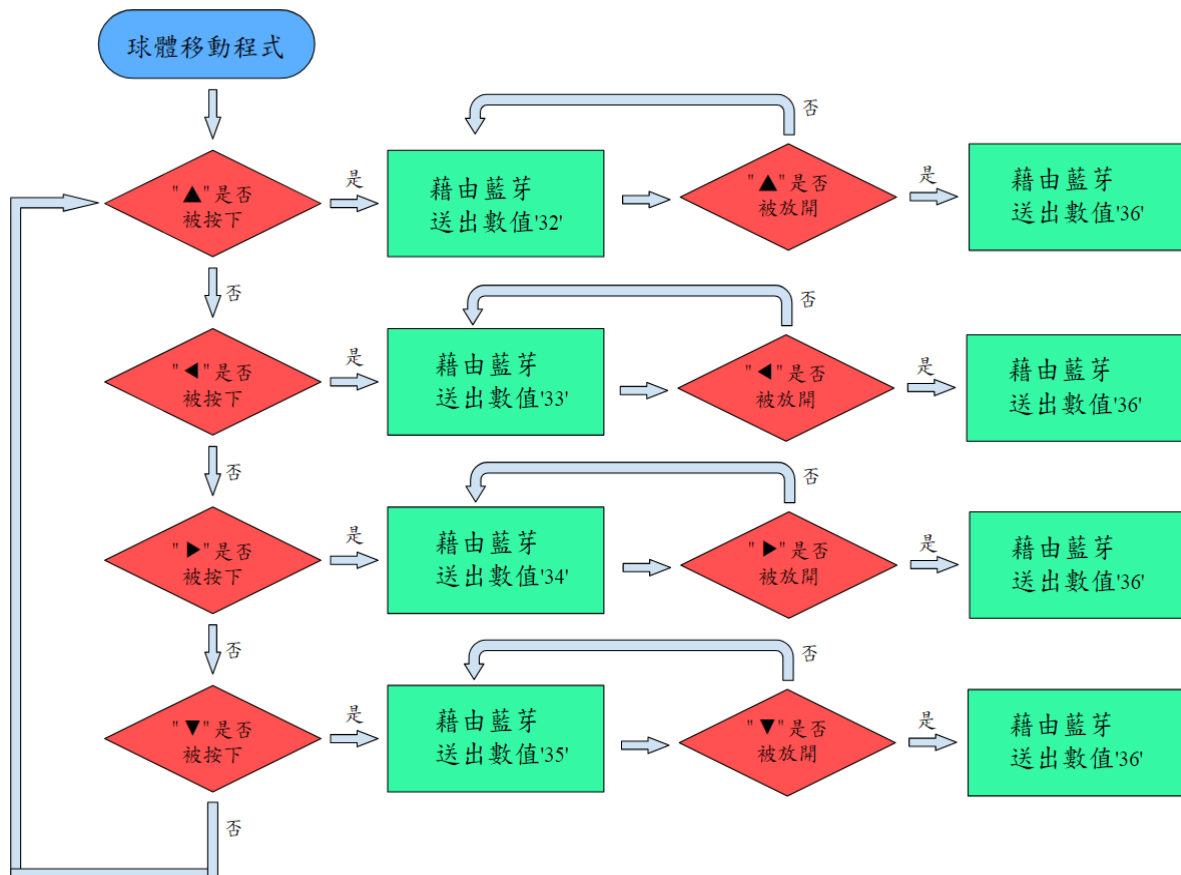


圖 6、機器人移動

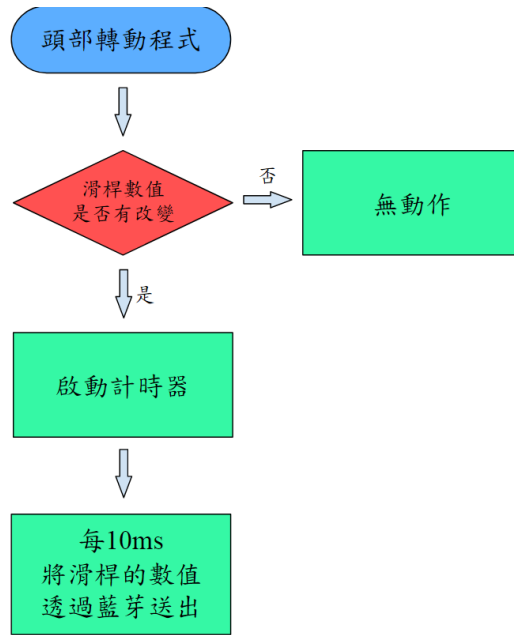


圖 7、機器人頭部轉動

二、使用材料及工具

(一)、零件介紹

1、伺服馬達(MG995)

MG995 伺服馬達(如下圖 8)經由齒輪箱減速後，可調整適當的轉速，並且提供更高的轉矩，伺服馬達可透過 Arduino 內建程式庫控制轉軸的停止角度，大約 0 到 180 度。我們透過伺服馬達上的磁鐵，吸住球外的頭部轉動，MG995 規格如下表 1。

表 1、MG995 規格

尺寸	40.7×19.7×42.9mm
堵住轉矩	9.4kg/cm (4.8v) ; 11kg/cm (6v)
運行速度	0.20sec / 60degree (4.8v) ; 0.16sec / 60degree (6.0v)
工作電壓	4.8~6.6v
電流怠速	10ma
空載工作電流	170ma



圖 8、MG995

2、減速馬達(LT25GA34-370T)

本直流馬達(如下圖 9)附有減速箱，可將原始較高的轉速藉由齒輪組減速到空載轉速(約 185rpm)，同時也增加了額定的轉矩，使得電動機能帶動更大的負載。利用此大轉矩馬達恰好符合我們大重量的需求，LT25GA34-370T 規格如下表 2。

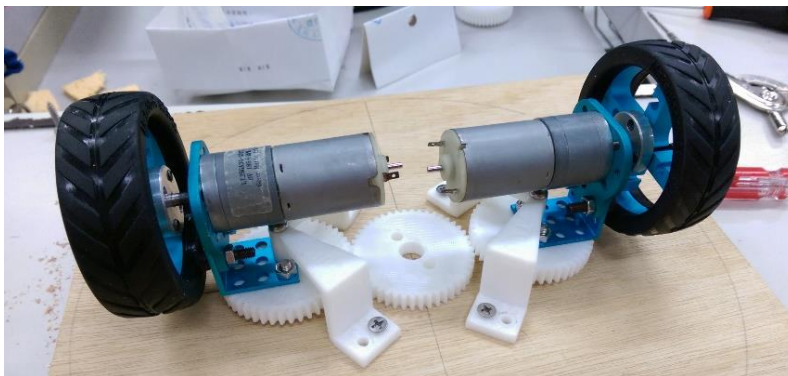


圖 9、LT25GA34-370T 照片

表 2、LT25GA34-370T 規格

額定轉矩	1.5 公斤·厘米;
額定電流	≤ 650 毫安
額定轉速	135 ± 10%RPM;
堵住轉矩	4.5 ± 公斤·厘米
堵住電流	≥ 2.0 A

3、藍芽模組(HC-06)

市面上的藍牙裝置通常都屬於“slave (從端)”設備，像藍牙滑鼠、鍵盤、藍牙 GPS、藍牙遙控玩具...等等。常見的兩種支援 SPP (Serial Port Profile, 序列埠規範) 的藍牙模組有 HC-05 及 HC-06(如下圖 10)。用哪種對 Arduino 都沒有影響，控制程式都一樣，實際接線都用到 4 條線：電源、接地、傳送和接收，我們利用 ATMEGA328 接收 HC-06 的訊號，連接 Arduino 腳位如下表 3。

表 3、HC-06 腳位

低電位	GND
高電位	VCC
TX / TXD	4
RX / RXD	2

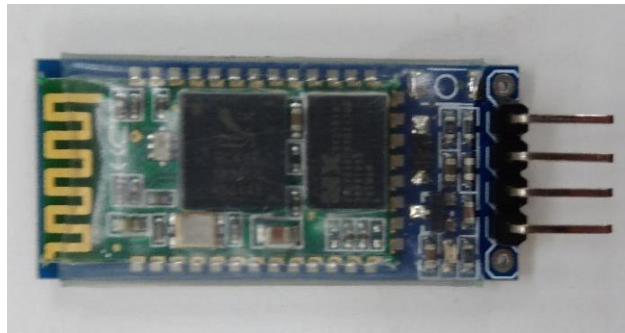


圖 10、HC-06

4、ATMEGA328(Arduino 微控制器)

Arduino 是一個開放原始碼的單晶片微控制器，它使用了 Atmel AVR 單晶片，建構於簡易輸出/輸入 (simple I/O) 介面板，並且具有使用類似 Java、C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。因此剛開始我們使用 Arduino 板(如圖 12)來設計電路，再將設計好的電路自行刻出，使用的為 ATMEGA328(如圖 11)。



圖 11、ATMEGA328



圖 12、Arduino UNO 板

5、L293D(直流馬達控制 IC)

若要操控球型機器人，使它能前進後退及轉彎，就要操控輪子正轉反轉，因此我們選用了 L293D 來控制馬達，利用 H 橋電路即能控制馬達正反轉可用於機器人及其它實作場合中直流馬達的順逆向控制及轉速控制、步進電機控制。可以分立元器件形式搭建，也可以整合到積體電路上。L293D 的腳位下圖 13。

表 4、L293D 腳位功能

腳位	功能	備註
2.7.10.15	input	輸出到 output
3.6.11.14	output	連接馬達
4.5.12.13	Gnd	零電位
1.9	Enable	當其中一個或兩個 Pin 為高電位時，1 為 IC 左半邊可作用，反之。
8	Vcc	馬達工作電壓
16	Vss	5V 電壓

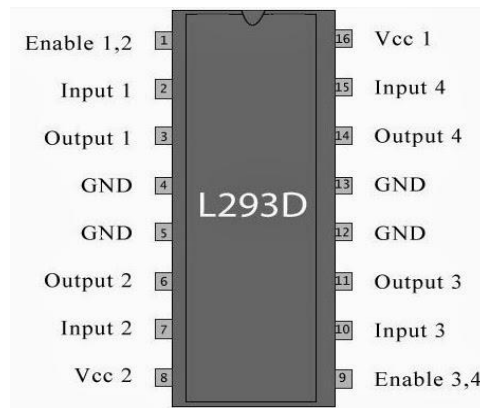


圖 13、L293D 接腳圖

(二)、軟體介紹

1、App Inventor

App Inventor 是一款可以簡單設計 Android 手機程式的工具。書寫方式採用了類似積木的堆疊方式呈現，不是傳統複雜的程式碼，因此適合初學者；且介面外觀簡明扼要，使用方式簡易，在雲端即可完成設計。我們透過手機操作面板，使球型機器人有行進、轉彎以及調整頭部的功能。如圖 14 是設計的流程說明。



圖 14、App Inventor

2、Tinkercad

Tinkercad 是屬於線上版軟體，操作介面簡潔易懂。不用下載任何程式，只要開啟瀏覽器就能使用。網站除了內建常用的幾何圖形元件，也有其他使用者提供的元件，利用剪貼的方式，就能製作出各式各樣的 3D 模型。使用者可透過電子郵件註冊或 Facebook 帳號、Autodesk ID 登入，會在使用者初次登入時進行互動教學，介紹基本的使用方法。經過 Tinkercad 設計後，再連接到 3D 列印機，將成品印出。由於可製造出各種需要的形狀，因此本專題所需的機械零件大多是利用 3D 列印製成的。如圖 15 是設計的流程說明。

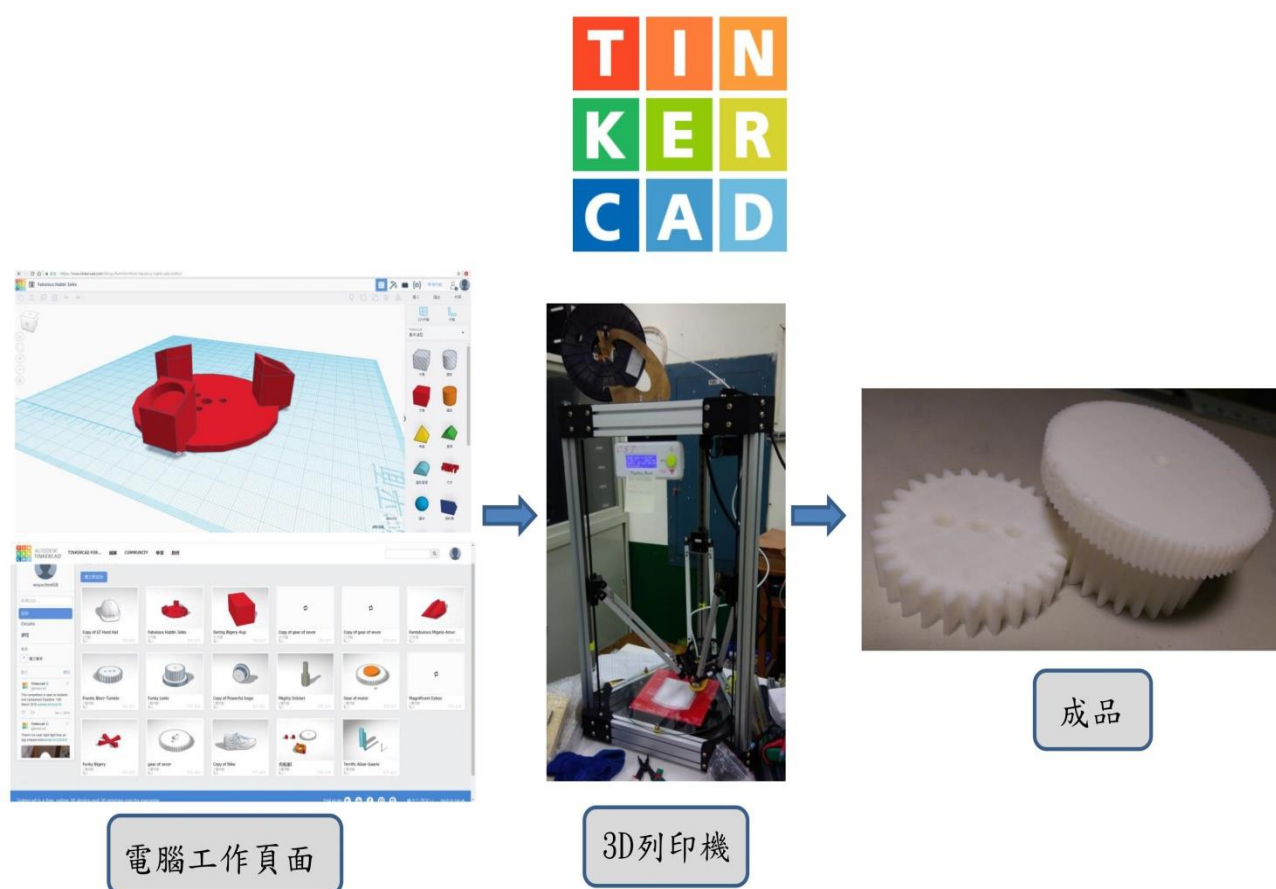


圖 15、Tinkercad

3、Arduino

Arduino 的軟體開發環境是開放源碼，可以在官網免費下載，它所用的程式語法類似 C++，具備文字編輯介面、常用工具欄、圖形化控制介面及錯誤編輯器。Arduino 程式主要由 `setup()` 和 `loop()` 這兩個函式組成，編寫 Arduino 程式時，可直接點選 `File > Examples > Basics > Digital ReadSerial`，另存新檔後，然後再修改 `setup()` 和 `loop()` 兩個函式(如圖 16)的內容即

可。我們一開始利用 Arduino 實驗板接電路，等實驗成功後再自行將電路板刻出。

```
void setup(){  
  //setup 初始環境設定  
}  
void loop(){  
  //loop 程式執行主體  
}
```

圖 16、Arduino 語法

(三)、電路介紹

1、H 橋馬達驅動電路

L293D 的 H 橋是一種控制小型直流馬達驅動的電路(如圖 17)，利用四個開關改變輸入電流之流向，進而進行正轉與反轉的效果。L293D 需要額定 5V 電壓，我們的減速馬達則需 6V，因此我們將 IC 及馬達的供應電壓分開：IC 的電源由鋰電池 8.4V，再經過 7805 穩壓成 5V 供應；馬達的電源則用 7806 穩壓成 6V 後供應。

當電源開關按下時，電源指示燈亮(如圖 18)，分別代表兩顆穩壓 IC 正常工作(綠燈 7806、黃燈 7805)；當馬達運轉時四顆紅燈分別代表左右馬達正轉反轉。此外我們在減速馬達的電路板加上一塊繼電器電路(如圖 19)，以供應伺服馬達停轉時的斷電，由於頭部轉動時有卡住的危險，馬達堵住時則須更大電流，若不及時斷電容易將伺服馬達燒毀。

另外在輸入給 L293D 前加一個 74hc244，是為緩衝器，雖無運算功能，但可加強訊號強度，使馬達能以 6V 額壓運轉。

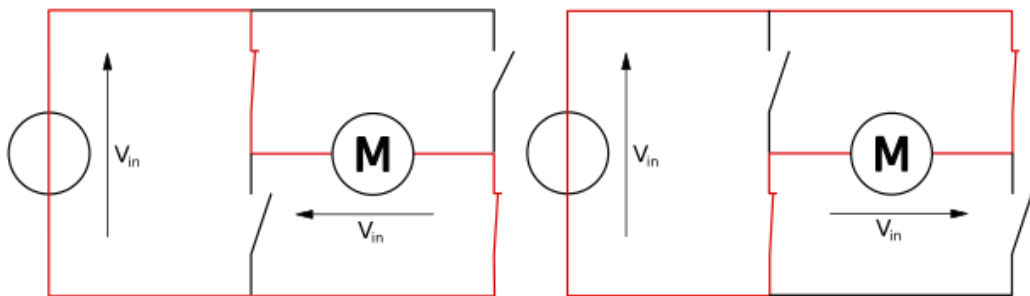


圖 17、H 橋電路

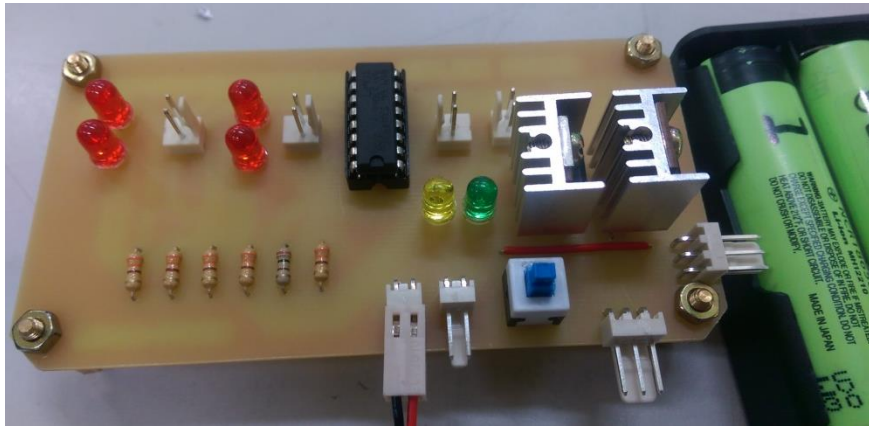


圖 18、馬達驅動版電路

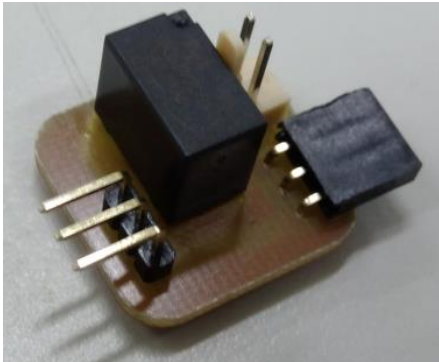


圖 19、頭部動作電路

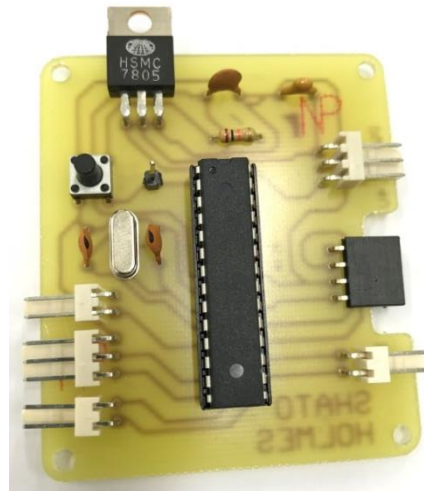


圖 20、信號控制板

2、ATMEGA 單晶片控制電路

由於本球型機器人的電路在密閉的球體中，故有必要使用到無線通訊設備。藍牙通訊對於入門者來說又較為容易，所以利用藍芽傳送訊號，再利用 ATMEGA328 晶片做為微控制器處理收到的藍牙訊號和送出對應的馬達動作訊號就是很重要的一部份。首先，要使單晶片運作必須具備電源與適當的時脈訊號，分別是 7805 穩壓 IC 提供的 5V 與石英震盪器配合陶瓷電容提供的 16MHz。再來就是將寫好的程式寫入晶片了，於是就得把原本實驗用的 Arduino 實驗版當作燒錄器，將本電路接出的 1、17、18、19 以及電源的兩隻腳拉到實驗版上，便能擁有燒錄程式的功能。至於其他像是藍芽和馬達訊號的腳位也必須接出來，再透過實體接線，傳送到其他驅動電路(如圖 20)。

3、NE555 (LED)閃爍電路

球型機器人頭部同樣以 3D 列印模型印製，裝飾的部分以兩顆藍光 LED 閃爍呈現，再以一顆紅光 LED 作為眼睛；因此我們使用 NE555 電路來實現，電路板則裝設在頭部底層，以兩顆水銀電池供電。腳位及外觀如下圖 21。

表 5、555IC 資料表

腳位	名稱	功能
1	GND	0V
2	TRIG	觸發。當 pin2 小於 $1/3V_{cc}$ 時，輸出高態及 pin7 對地開路。
3	OUT	輸出。由 pin2.4.6 控制
4	RESET	當 pin4 小於 0.4V 時，腳 3 輸出低態，pin7 對地短路。
5	CTRL	與比較器的參考電壓相通，改變 pin2 及 pin6 的動作電壓。
6	THR	當 pin6 電壓大於 $2/3V_{cc}$ 時，使 output 輸出低態，Pin7 對地短路。
7	DIS	與 output 同步。
8	VCC	6V

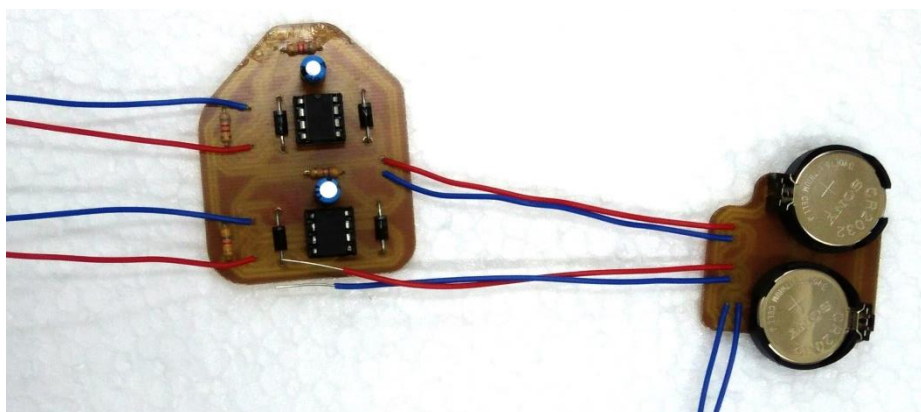


圖 21、555IC 電路

肆、研究成果

一、車身機構

球型機器人的機械結構分成三層，最底層的木板反面放置輪子、700公克鐵塊(如圖 22)，正面放置電路及電源，再藉由木柱支撐中層圓木板，而木板與木柱連接的部分都用角鐵固定(如圖 23)。中層圓木板裝設伺服馬達(如圖 24)，馬達帶動圓木板上的白圓盤旋轉(如圖 25)，圓盤上的磁鐵方能吸引最上層，同樣裝有磁鐵的頭部，帶動頭部轉動(如圖 26)。

由於球體不易平衡，因此底層馬達輪軸組的部分有裝設鐵塊，藉此加重底盤的重量，可以減少啟動與停止時的慣性。車旁兩顆鐵滾珠藉由 3D 列印製造的斜面零件支撐，可以與球內曲面接觸，使得輪子在球內滾動時可以更加流暢。

底層木板正面主要放置機器人所需的電源與電路部分，也是頭部平台的支架位置所在。將 2 顆鋰電池放置於車身兩旁，再利用銅柱將電路板架高，除了接線方便，也避免重量不平均。中層及上層板各有三顆磁鐵及三顆塑膠滾珠(如圖 25)。塑膠滾珠同樣也是為了和球內外曲面接觸，使得白圓盤不會因為磁鐵吸引而歪斜。再將 555 電路固定於頭部，將外殼蓋上，就能在行進時閃爍。

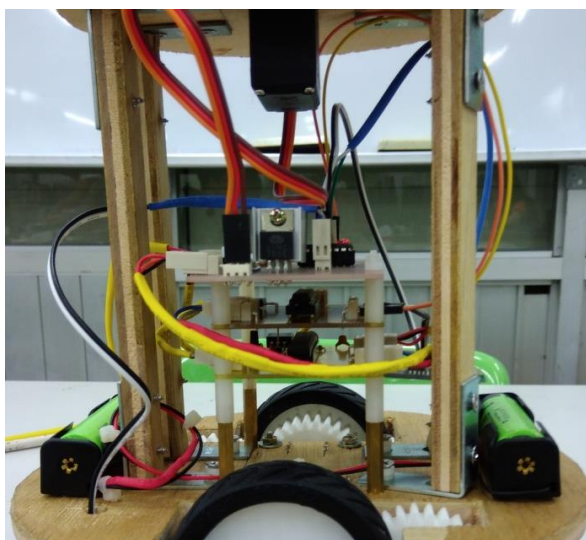


圖 23、底層正面

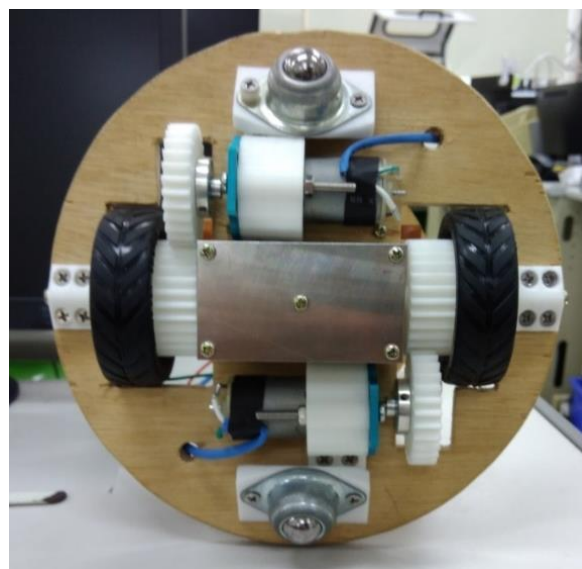


圖 22、底層反面



圖 24、中層反面



圖 25、中層及上層



圖 26、頭部連接

二、手機介面

如圖 27 是我們利用 App Inventor 寫成的手機操控介面，介面左方可操控球體行進方向，介面右方可操控頭部進行無段式轉動，右上方則操控藍芽連接。

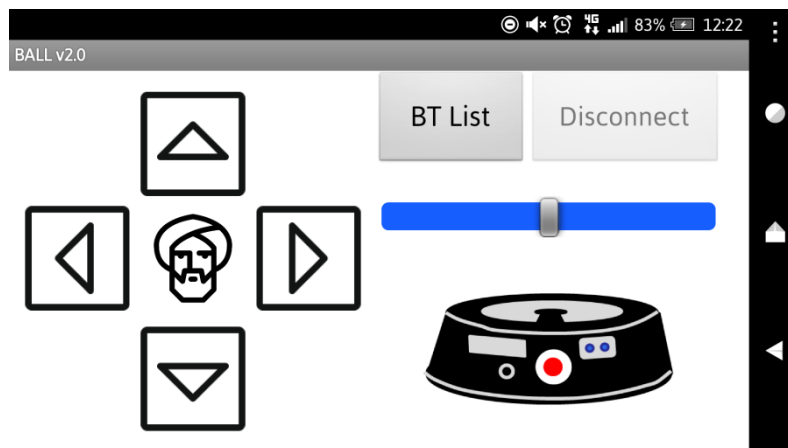


圖 27、手機介面

三、成品展示

球形機器人經過裝飾後的成品如下圖 28。



圖 28、球型機器人

伍、討論

一、配重與平衡

在球體行進的過程中，球內平衡是很重要的，木板、電路及零件再加上鐵塊，約有 1 公斤重，木板擺放位置及高低會嚴重影響行進的平衡及停車時的穩定。一開始我們將木板放置約在平面距球體 $1/3$ 的高度，測試停車時卻發現，球體需搖晃些許時間方能完全停止，於是我們改造馬達齒輪的構造，採用交互放置，可以將木板面積縮小，進能將整個木板位置往下移，距地面約 $1/5$ 的位置，且在車身正下方加上約 700 公克的鐵塊，車身穩定增加不少。

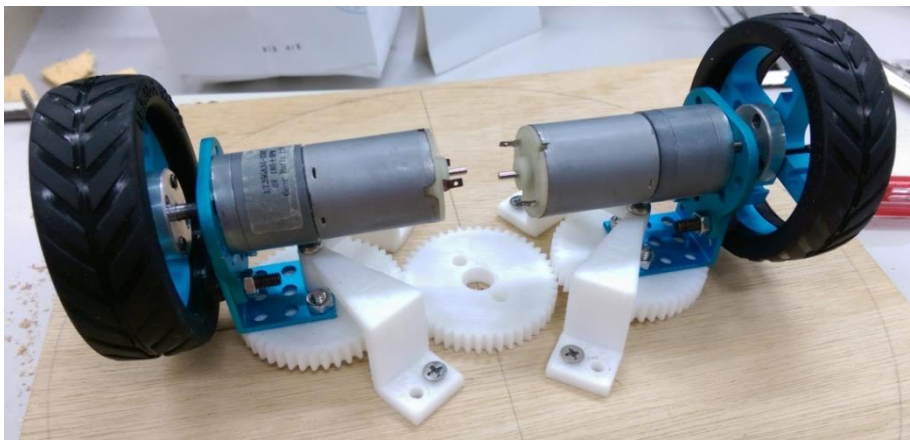


圖 29、改造前

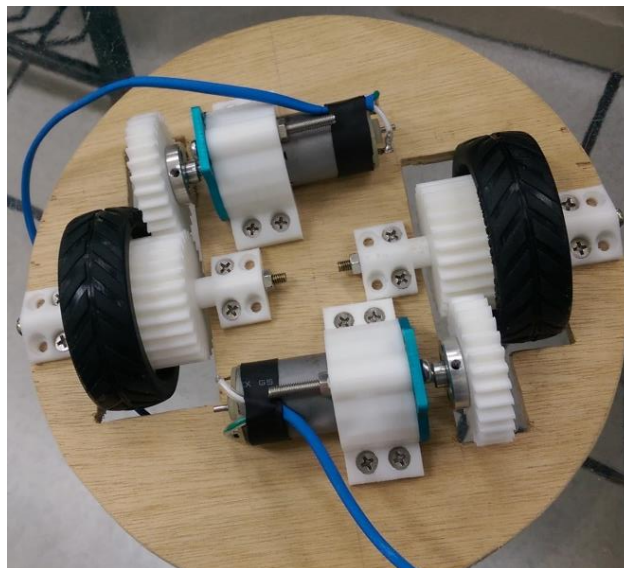


圖 30、改造後

二、攝影機裝設

若是在頭部加上攝影機，使無輪車擁有探勘功能，就如同電影裡的機器人一樣，可同時操控方向及監看影像。我們曾想選用 OV7670 模組〈如圖 32〉，但在查資料的過程中發現，OV7670 模組雖然體積小、工作電壓低且可用 Arduino 板驅動，但影像用 SD 卡存取後只能顯示在電腦上，不能在操控同時用手機監看，無法達成探勘的功能，因此淘汰了這個選項。

我們也曾考慮使用市售的針孔攝影機〈如圖 31〉，可用現成 APP 操控；換句話說，不能同時與無輪車行進方向一起操控。且價格十分昂貴，再加上供應針孔攝影機的電源體積十分龐大，將影響整個無輪車的配重，使得平衡降低，因此淘汰了裝攝影機的想法，改以 LED 閃爍裝飾頭部。

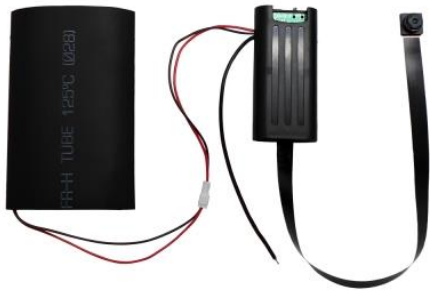


圖 31、針孔攝影機

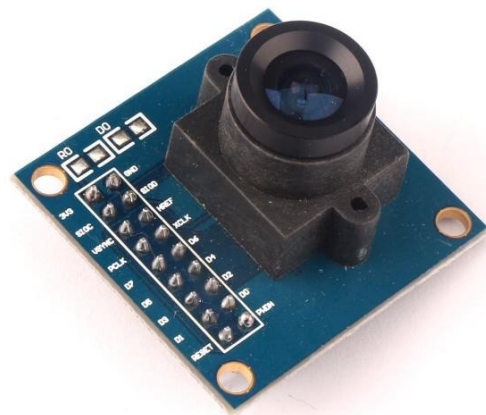


圖 32、攝影模組

陸、結論

球型機器人經過了多次改良，以木板作為車身，增加了機械強度，進能延長使用壽命；又經過降低木板高度及增加配重，增加了行進的穩定度，使得球型機器人速度稍慢但操作更方便；與我們當初設備安全及適合各年齡操作的目標相符。頭部上的 LED 裝飾以及經過設計的外殼噴漆，增加了機器人的真實性及觀感，希望藉此吸引幼童興趣。期許將來能進一步加上無線充電或感測障礙物的功能。

研究一份專題就像以後在工作上處理一件專案，需要經過長時間的思考及規劃，還需適當的工作分配及人力調配。在研究的過程中也會遇到許多問題，與預期的成果不相符，甚至有時必須做一些犧牲，捨棄一些成品優點以改進更大的缺點。在團隊合作中，意見相左及理念不合會影響整份研究的走向，如何讓組員同心協力，同時也將成品做出，是最困難的課題，

而我們也順利地克服了這點，希望藉由這次專題，學會以後職場上的技能，因為遠比課本上的知識重要。

柒、參考資料與其他

BB8 星際大戰圖片。2017/7/2。取自：

https://www.google.com.tw/search?q=BB8+%E6%98%9F%E9%9A%9B%E5%A4%A7%E6%88%B0&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiNkJ2Jpb3YAhWKW7wKHdTGCo8Q_AUICigB&biw=1536&bih=760

Tinkercad 教學。2017/10/24 取自：

<https://www.techbang.com/posts/41611>

MG995 資料。2017/12/22 取自：

<https://translate.google.com.tw/translate?hl=zh-TW&sl=en&u=http://www.towerpro.com.tw/product/mg995/&prev=search>

張義和(民 105) 新例說 ALTIUM DESIGNER。台北市:新文京

LT25GA34-370T 資料。2017/10/11 取自：

<https://www.robot-r-us.com/vmchk/mechanical-makeblock/dc-motor-25-6v/185rpm.html>

HC-06。2017/11/5。取自：

<http://swf.com.tw/?p=693>

王安邦 (民 103)。MIT App Inventor2 易學易用。台北市:上奇。

L293D。2017/11/25。取自：

<http://atceiling.blogspot.tw/2014/02/raspberry-pi-l293d.html>

趙英傑(民 106)。超圖解 Arduino 互動設計。台北市:旗標。

Tech Builder。2017/7/21。取自：

http://yehnan.blogspot.tw/2012/02/arduino_21.html

• [NE555](#)

https://www.google.com.tw/search?q=ne555%E8%85%B3%E4%BD%8D&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjK_cz0097YAhUTh7wKHXKsAUcQ_AUICigB&biw=1920&bih=925#imgsrc=QBLK2W5pw1om-M: