

臺北市立大安高級工業職業學校  
電子科

專題報告

仿昆蟲多足機器人  
Imitation insect multi-legged robot

學生 組長:林忠賢

組員:陳柄菘

組員:李昶泰

組員:宋昌禮

指導老師:薛元陽

中華民國 110 年 1 月

## 中文摘要

世上昆蟲千千萬萬種，而且在自然中的昆蟲都能夠在各個地形中的移動，並且適應環境的能力是非常優異的，因此我們在仿昆蟲機器人這個專題中去探討昆蟲的走路方式以及適應不同的地形，也或許在未來中可以運用在我們人無法到達的地方。

專題中我們使用雷射切割機將密集板切出機器人的各部位零件和組裝，並使用 Arduino UNO 版和符合 UNO 版的 PCA9685 來控制 12 顆馬達的轉動，還有使用 HC-SR04 的超聲波感測器來偵測機器人與障礙物的距離，使用 App Inventor 撰寫手機的遙控程式，再用 HC-05 的藍芽模組來連接手機與 UNO 版來做控制。

關鍵字：機器蟲，多足機器人，雷射切割

## 英文摘要

There are tens of thousands of insects in the world, and all insects in nature can move in various terrains, and their ability to adapt to the environment is very excellent. Therefore, we will discuss how insects walk and adapt in the topic of insect-like robots. Different terrain may also be used in places where we cannot reach in the future.

In the topic, we use a laser cutting machine to cut the dense board out of the parts of the robot and assemble it, and use the Arduino UNO version and the PCA9685 conforming to the UNO version to control the rotation of 12 motors, and use the HC-SR04 ultrasonic sensor To detect the distance between the robot and the obstacle, and use APPINVENTOR to write the remote control program of the mobile phone, and then use the HC-05 Bluetooth module to connect the mobile phone to the UNO version for control

Keywords: robot insect, multi-legged robot, laser cutting

# 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
第一章 前言.....	1
1-1 研究背景 .....	1
1-2 研究目的 .....	1
第二章 理論探討.....	2
2-1 元件介紹 .....	2
2-1-1 MG-90S.....	2
2-1-2 Arduino UNO .....	2
2-1-3 HC-05 .....	3
2-1-4 HC_SR04 .....	4
2-1-5 PCA9685 .....	4
2-2 雷射切割 .....	5
2-2-1 繪圖軟體 LibreCAD.....	5
2-2-2 雷射切割機.....	5
2-2-3 3mm 密集板.....	6
2-3 App Inventor.....	6
2-4 介紹昆蟲的移動方式 .....	7
第三章 專題準備.....	9
3-1 系統架構.....	9
3-2 專題製作方法與步驟 .....	9
3-2-1 .....	9
3-3 專題製作進度(以甘特圖呈現).....	11
3-4 Arduino 設計 .....	12
3-5 App Inventor 設計.....	13
第四章 專題成果.....	14
4-1 機器蟲模型 .....	14
4-1-1 初代機器蟲.....	14
4-1-2 網路參考多足機器蟲.....	14
4-1-3 實際模型.....	15
4-2 App Inventor 開發圖.....	16

4-3 行進圖 .....	16
第五章 結論與建議.....	17
5-1 結論 .....	17
5-2 建議 .....	17
5-3 未來展望 .....	17
參考文獻.....	18
附錄.....	19

## 表目錄

表 1: 甘特圖 .....	11
----------------	----

## 圖目錄

圖 1：MG90S.....	2
圖 2：Arduino UNO.....	3
圖 3：HC-05.....	3
圖 4：HC-SR04.....	4
圖 5：PCA9685，需接線.....	4
圖 6：PCA9685 UNO 相容版.....	4
圖 7：PCA9685 接線圖.....	4
圖 8：PCA9685 接 UNO 版.....	4
圖 9：繪圖軟圖 LibreCAD.....	5
圖 10：雷射切割機.....	5
圖 11：3mm 密集板.....	6
圖 12：App Inventor.....	6
圖 13：昆蟲移動分解圖.....	7
圖 14：四足動物的重心示意圖.....	7
圖 15：貓咪分解動作 1.....	8
圖 16：貓咪分解動作 2.....	8
圖 17：貓咪分解動作 3.....	8
圖 18：貓咪分解動作 4.....	8
圖 19：架構圖.....	9
圖 20：專題製作步驟.....	10
圖 21：程式流程圖.....	12
圖 22：App Inventor 設計圖.....	13
圖 23：初代機器蟲模型.....	14
圖 24：網路搜尋多足機器蟲.....	14
圖 25：腳部模型(1).....	15
圖 26：腳部模型(2).....	15
圖 27：實際模型(正面圖).....	15
圖 28：實際模型(側面圖).....	15
圖 29：實際模型(側視圖).....	15
圖 30：實際模型(俯視圖).....	15
圖 31：藍芽連接與未連接.....	16
圖 32：遙控機器蟲實測.....	16
圖 33：行進過程(擷取影片).....	16

# 第一章 前言

## 1-1 研究背景

於自然環境下觀察動物走動，發現一般昆蟲與人類或其他四腳動物的走路方式不太一樣，覺得很感興趣，便決定選六足機器人這個主題來探討昆蟲的移動方式，並試試看做出仿生物機器人。

## 1-2 研究目的

機器人是目前很熱門的科學研究，開發機器人無疑是為了要使人類的生活更方便，除了以昆蟲型的機器人搬、載運貨物，未來有機會能以非輪子的載具接待乘客，以不合乎常理的方式體會六足動物的生存模式，探討昆蟲為何能在地球上生存如此久的原因。



## 第二章 理論探討

### 2-1 元件介紹

#### 2-1-1 MG-90S

MG-90S 金屬馬達微型輕巧，具有高輸出功率，這款小型伺服電機耐用性佳。



圖 1：MG90S

#### 2-1-2 Arduino UNO

Arduino UNO 使用 ATmega328P 處理器，P 表示 pico power，也就是處理器很省電，有多個數位與類比的輸入輸出，有多個數位與類比的輸入輸出埠，可以使用序列埠，I2C 或 SPI 等應介面與外部感測器交換訊息。



圖 2：Arduino UNO

### 2-1-3 HC-05

HC-05 藍芽模組使用方法和一般傳統的有線串列通訊完全一樣，使用者無需了解複雜的藍牙底層協議。最基本的設定有 4 個 AT 指令，分別是測試通訊，改名稱，改波特率，改配對密碼，AT 指令必須從 TXD,RXD 信號腳設置，不能通過藍牙信道設置。發送 AT 指令的設備可以是各種類型的 MCU（比如 51，avr，pic，msp430，arm 等），也可以是電腦通過串口（PC 串口接 MAX232 以後或者 USB 轉串口）發送。



圖 3：HC-05

### 2-1-4 HC\_SR04

HC\_SR04 超聲波模組 HC-SR04 是一個超音波感測器，價格大約 100 元左右，它可以探測的距離為 2cm-400cm，精度為 0.3 cm，感應角度為 15 度。主要應用在機器人或自走車避障、物體測距等，當它被觸發的時候，會發射一連串 40 kHz 的聲波並且從離它最近的物體接收回音。



圖 4：HC-SR04

### 2-1-5 PCA9685

PCA9685 是一款 16 路舵機控制擴展板，只要主控晶片具備了 I2C 通信，就能夠讓主控晶片和 PCA9685 通信。內置了 PWM 驅動器和一個時鐘，不需要不斷發送信號而佔用處理器空間。

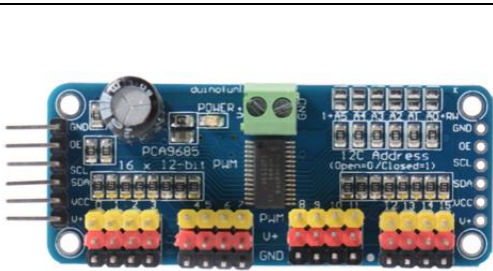


圖 5：PCA9685，需接線

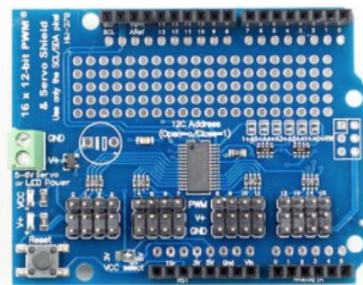
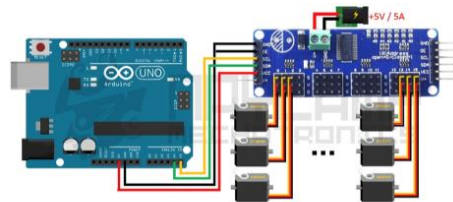


圖 6：PCA9685 UNO 相容版



GND接GND    SDA接A4  
VCC接VCC    SCL接A5

圖 7：PCA9685 接線圖

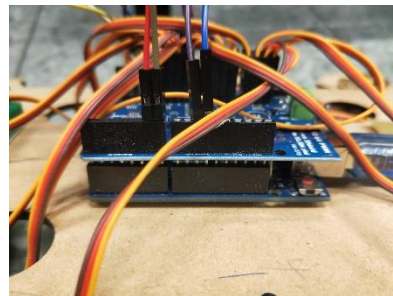


圖 8：PCA9685 接 UNO 版

## 2-2 雷射切割

### 2-2-1 繪圖軟體 LibreCAD

LibreCAD 是一款開源的 2D CAD 繪圖軟體，完全免費！檔案非常小，僅約 30MB，支援繁體中文，且介面功能排列清楚，雖然跟 AutoCAD、Draftsight 不太相同，不過還算是容易上手，值得新手或需求較少的用戶來使用。

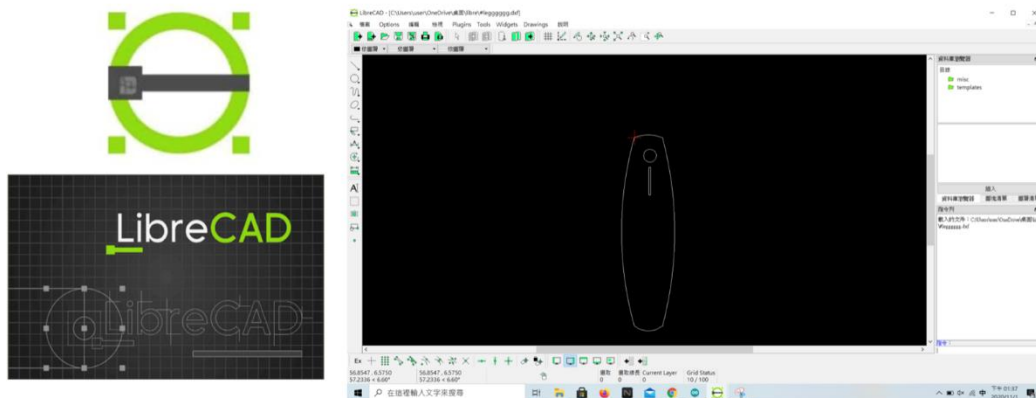


圖 9：繪圖軟體 LibreCAD

### 2-2-2 雷射切割機

「激光寶盒」是一款桌上型智能雷射機，專為教育和創造而設計。高清超廣角鏡頭結合 AI 電腦視覺演算法，使激光寶盒具備了「辨」的能力，從而實現智能材料識別、可視化操作、自動設置參數、自動對焦等革命性的功能。



圖 10：雷射切割機

### 2-2-3 3mm 密集板

3mm 密集板是將木材、樹枝等物體放在水中浸泡後經熱磨、鋪裝，熱壓而成，以木質纖維與其他植物纖維為原料，施加樹脂或其他膠合劑製成的人造板材，由於材質軟硬適中，耐衝擊，密度均勻，非常容易加工，密集板成為多數木製產業使用的人造木質板材。



圖 11：3mm 密集板

### 2-3 App Inventor

原是 Google 實驗室（Google Lab）的一個子計畫，由一群 Google 工程師與勇於挑戰的 Google 使用者共同參與。Google App Inventor 是一個完全線上開發的 Android 程式環境，拋棄複雜的程式碼而使用樂高積木式的堆疊法來完成您的 Android 程式。除此之外它也正式支援樂高 NXT 機器人，對於 Android 初學者或是機器人開發者來說是一大福音。因為對於想要用手機控制機器人的使用者而言，他們不大需要太華麗的介面，只要使用基本元件例如按鈕、文字輸入輸出。



圖 12：App Inventor

## 2-4 介紹昆蟲的移動方式

1. 昆蟲如果以右前足先跨步，其先後的順序是...

右前足→左中足→右後足，然後以左前足→右中足→左後足  
快速地以「<型」或「反<型」輪替交換

2. 昆蟲腳的功能：

前足選擇方向前進，中足固定方向跟進，後足則用力向前推進以右左右或左右左的三角平衡關係踏穩地面。

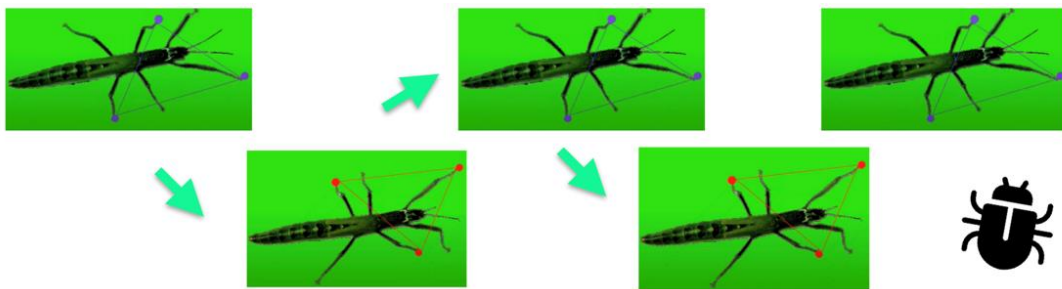


圖 13：昆蟲移動分解圖

3. 介紹四足動物的移動方式

四足動物大多是採用身體兩側前後腿交替行走的方式

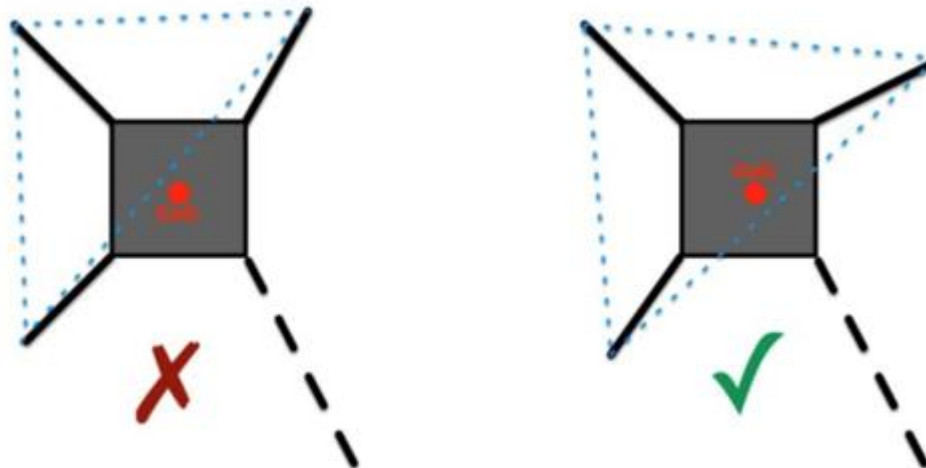


圖 14：四足動物的重心示意圖



圖 15: 貓咪分解動作 1



圖 16: 貓咪分解動作 2



圖 17: 貓咪分解動作 3



圖 18: 貓咪分解動作 4

## 第三章 專題準備

### 3-1 系統架構

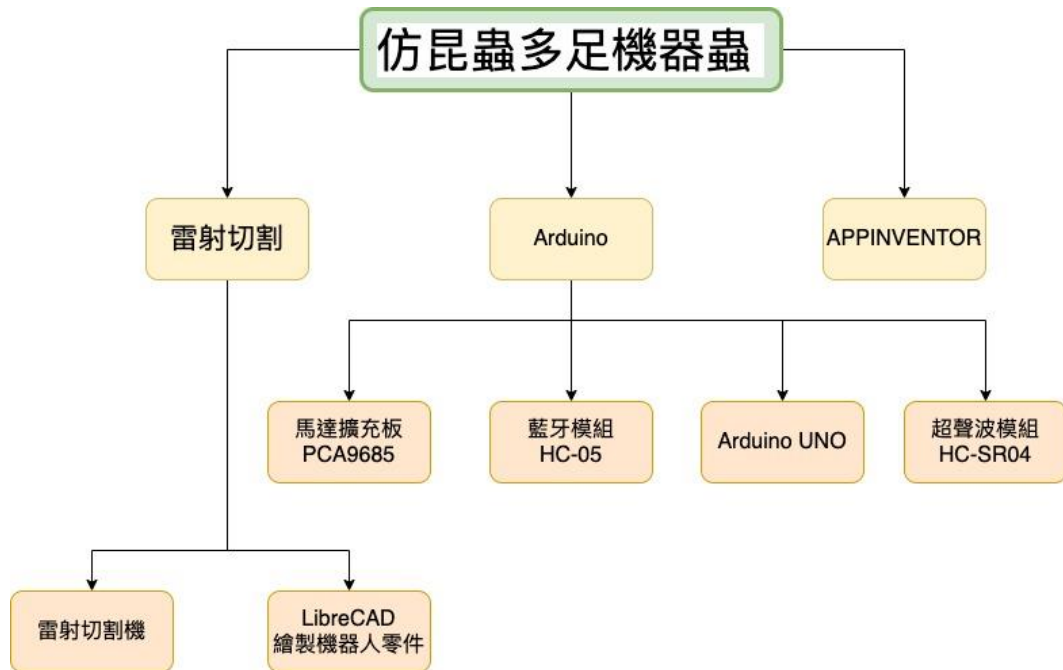


圖 19：架構圖

### 3-2 專題製作方法與步驟

#### 3-2-1 專題製作方法

我們分成四個部分

- 一、繪製機器人雛形，並組裝。
- 二、以伺服馬達控制機器人移動。
- 三、增加超音波感應器，去增加避障功能。
- 四、增加藍牙遙控功能，去遙控多足機器人。



在專題開始前擬定流程圖，預想專題的過程。

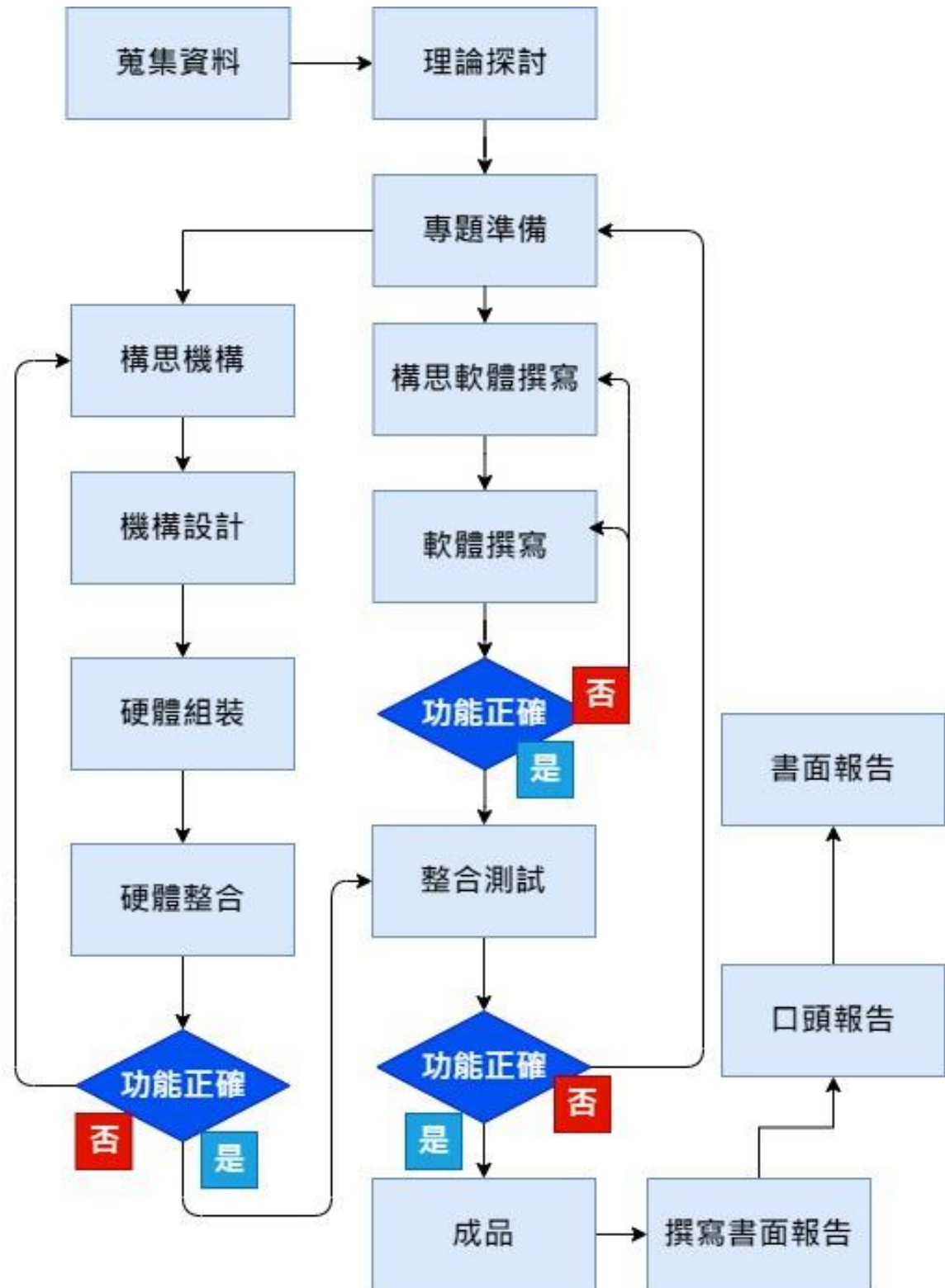


圖 20：專題製作步驟

### 3-3 專題製作進度(以甘特圖呈現)

為了使每周有明確的目標，我們決定擬定甘特圖來確保每周有進度。

工作項目	週次 (日期)																		負責成員
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
蒐集資料	█	█																	全體
理論探討	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█								10,11
專題準備	█	█																	全體
構思機構			█																全體
機構設機				█	█														10,11
硬體組裝						█	█												10,11
硬體整合								█	█	█	█	█	█	█					11,26
構思軟體撰寫					█	█													全體
軟體撰寫						█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		全體
整合測試														█	█	█	█		全體
成品																		█	全體
撰寫書面報告																	█	█	10,11
口頭報告																	█	█	全體
書面報告																		█	10,11,26
預定進度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	95	累積 百分比%

表 1：甘特圖

### 3-4 Arduino 設計

先將馬達校正在約 90 度再將其鎖緊，預防有些微角度差距，在微調一些角度使每個馬達角度一致，之後研究 PCA9685 的函式，能一次控制多顆馬達轉動，之後再寫各個行進模式的函式，還有藍芽的控制，最後才能以手機來操控機器蟲的移動。

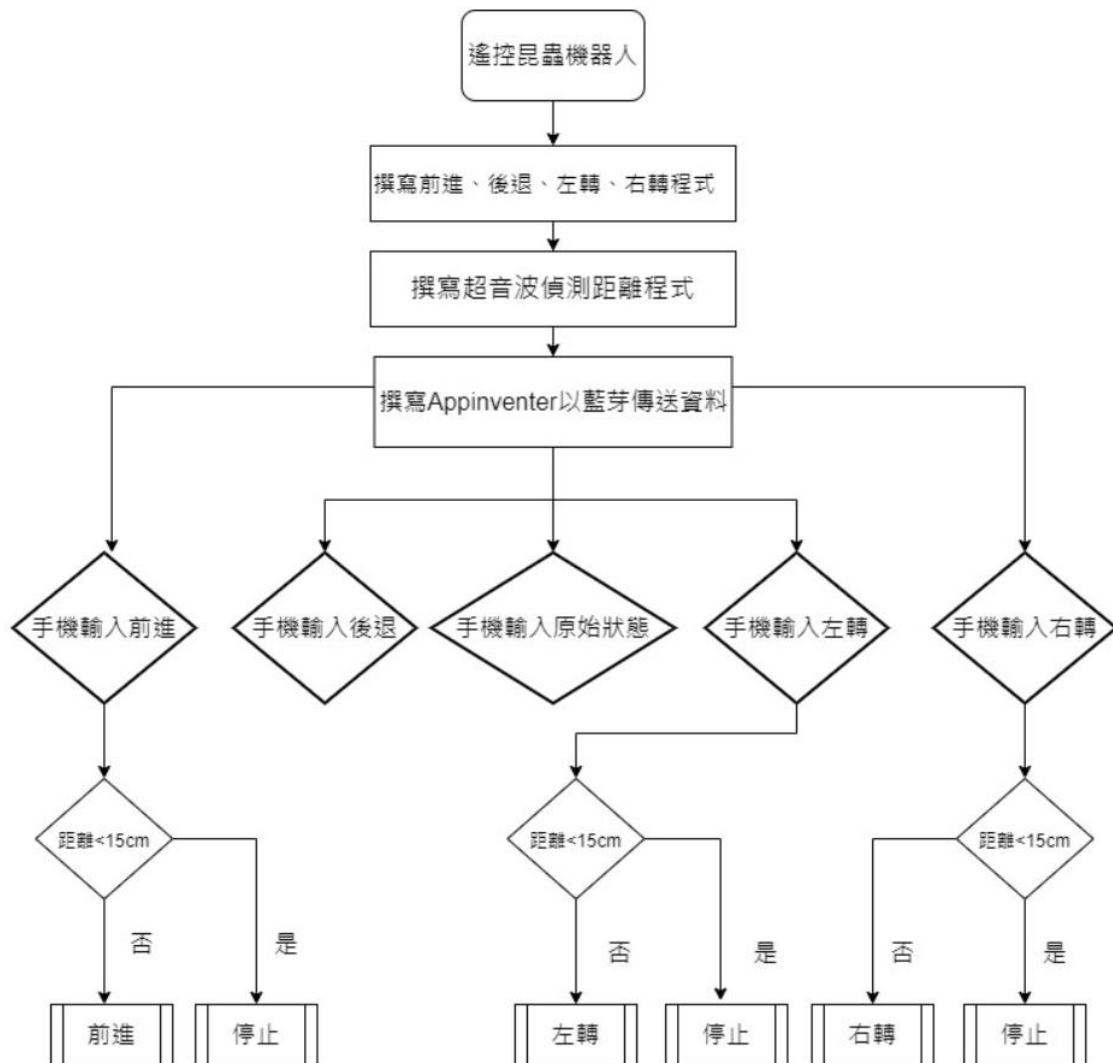


圖 21：程式流程圖

### 3-5 App Inventor 設計

App Inventor 將連接藍芽與斷開藍芽以綠色及紅色來表示，機器蟲的行走分為五種模式，分別為前進、後退、左轉、右轉還有原始狀態。

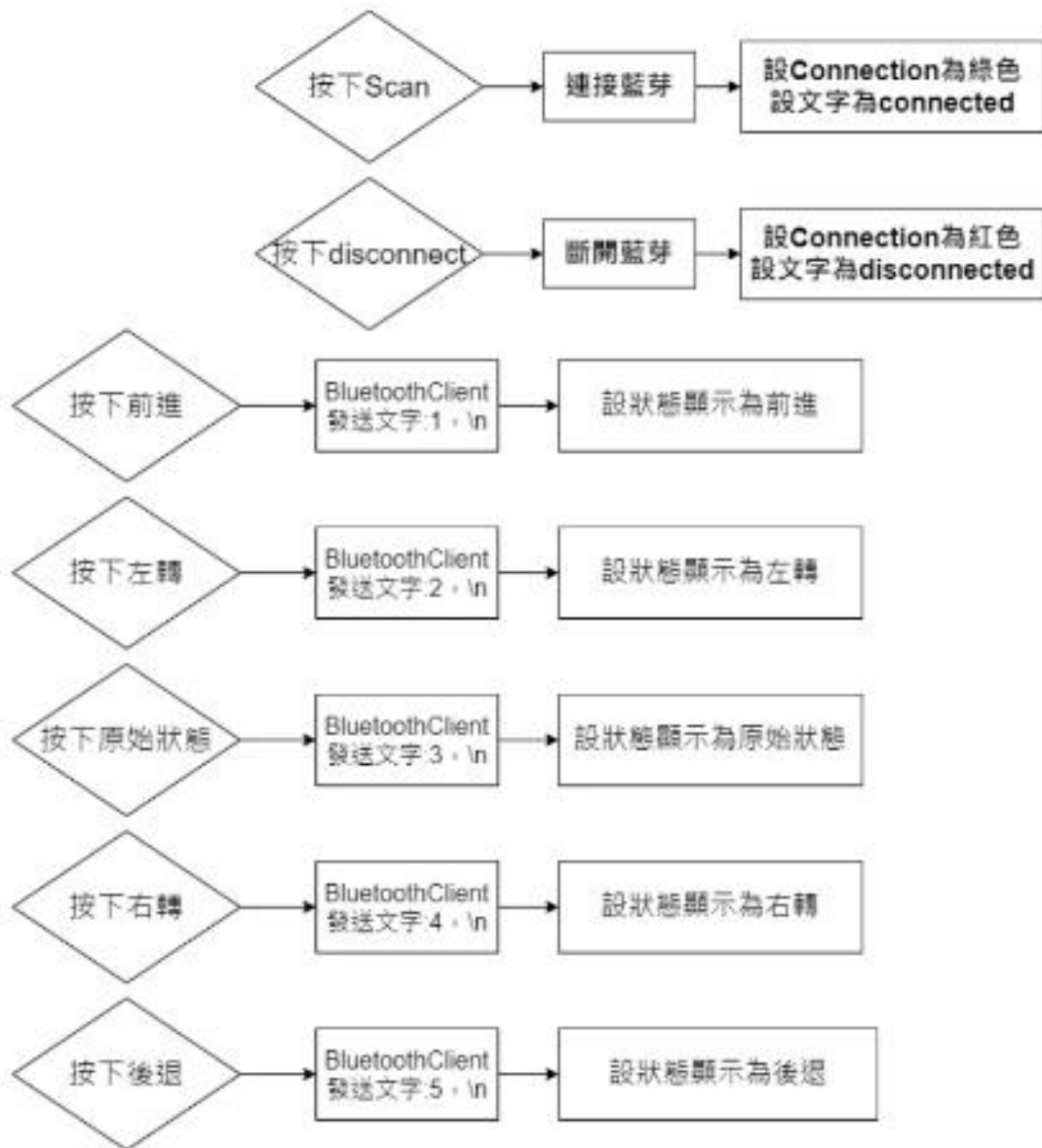


圖 22： App Inventor 設計圖

## 第四章 專題成果

### 4-1 機器蟲模型

先用 LibreCAD 畫好機器人的零件，再以雷射切割機將機器人各個部位切割並組裝。

#### 4-1-1 初代機器蟲

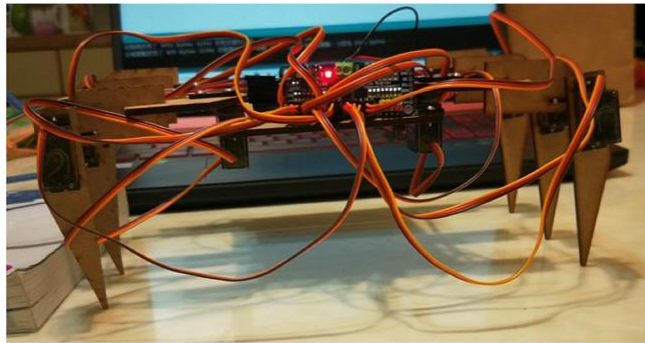


圖 23：初代機器蟲模型

第一代機器蟲的缺點：

1. 身體太小，需要放在板子上的東西很多:開發版、擴充板、行充、麵包板。
2. 結構較簡單，不夠牢固。
3. 設計的腳接觸在地上的面積太小，站立或移動皆顯得不穩。
4. 外型不好看，希望設計出的模型能將馬達遮住，使外觀更好看。

#### 4-1-2 網路參考多足機器蟲

網路搜尋多足機器蟲的圖自己想像各部位零件並試著畫出。

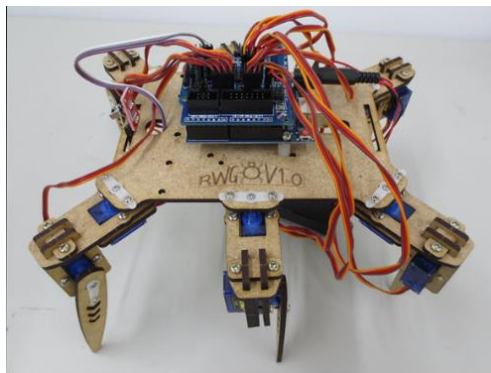


圖 24：網路搜尋多足機器蟲

### 4-1-3 實際模型

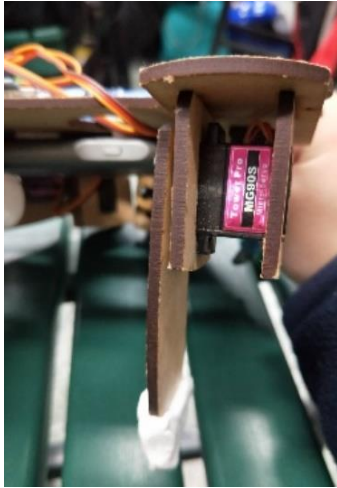


圖 25：腳部模型(1)



圖 26：腳部模型(2)

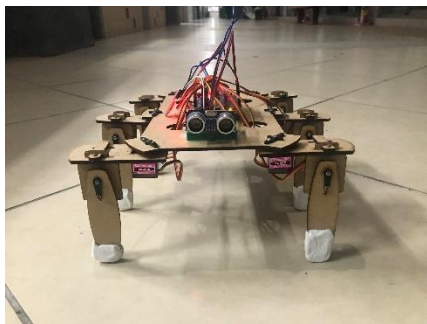


圖 27：實際模型(正面圖)

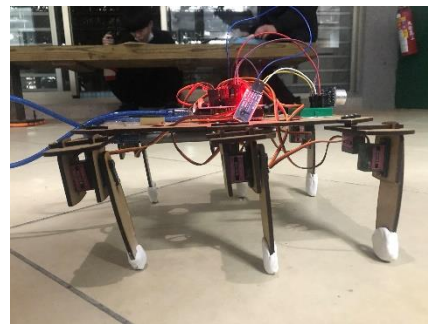


圖 28：實際模型(側面圖)

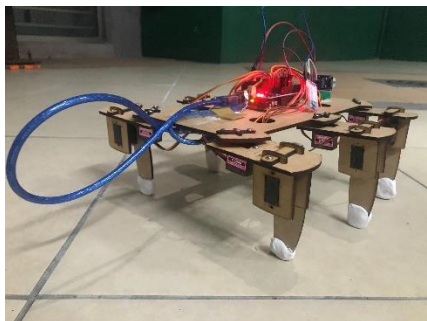


圖 29：實際模型(側視圖)

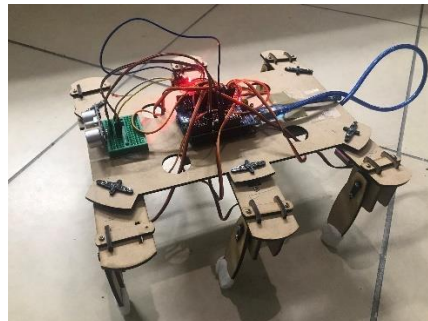


圖 30：實際模型(俯視圖)

改善後的優點：

1. 機型變大，可以有更大的空間放下所需的原件。
2. 結構較先前穩固。
3. 腳下放了黏土，能接觸地面上的面積更多。
4. 外觀較先前好看。

## 4-2 App Inventor 開發圖



圖 31: 藍芽連接與未連接



圖 32: 遙控機器蟲實測

## 4-3 行進圖

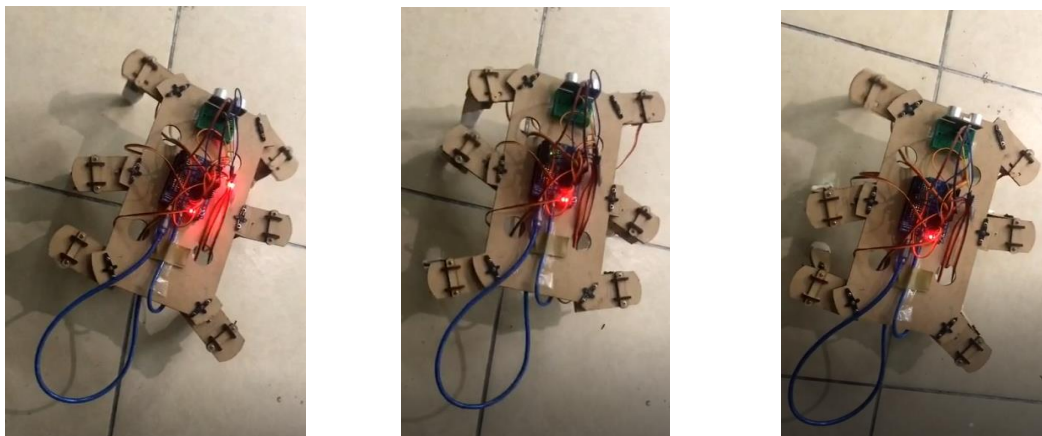


圖 33: 行進過程(擷取影片)

## 第五章 結論與建議

### 5-1 結論

在這一學期製作專題的歷程中，不管是從一開始的繪製機器蟲的機體，或是在測試及撰寫程式的過程中，都需要我們謹慎且有耐心的去操作。

在一開始繪圖的部分，因為我們沒有電腦繪圖的經驗，所以一開始在做的時候就投入了大量精力與時間，果然有付出就會有回報，設計機體的部分，我們做得很成功，雖然後來因為一開始的設計錯誤，導致機器蟲無法前進，但因為一開始的努力，我們很快就成功的把第二版的機器蟲做出來了。

接下來研究 PCA9685 就研究了很久，從接線到如何控制多顆馬達就花了約 1 個月的時間，接下來研究昆蟲的移動也花了很多的時間，再把移動方式轉成馬達的轉動是個困難的任務，不過在克服了眾多問題下終於將前進、後退、左轉、右轉的副程式寫完，最後用再加上藍牙及超音波整合，完成了這次專題。

### 5-2 建議

1. 因伺服馬達的精密度不夠使伺服馬達異常抖動，導致機器蟲運作不穩定，但不影響實際功能所以沒有解決，未來希望可以嘗試換精度更高的馬達。
2. 版型設計可以再完美一點，並沒有將網路上的圖完美重現，以及重量分配不均，使前足偶爾會浮空，導致馬達行走方向不穩定。
3. 因時間因素，避障功能沒有完善，只有讓機器蟲遇到障礙物停止，希望未來能讓他自動尋路。

### 5-3 未來展望

1. 再增加一個伺服馬達在腳上，實現真正的仿生物多足機器人，可以操控三個關節去控制行走。
2. 增加攝像頭，並回傳資料，使機器人可以影像遙控。
3. 把機型放大，讓他可以乘載更多的負重。



## 參考文獻

## 參考文獻

1. micro:bit X MbitBot 創造 Q 腳獸(一)。創克萊吧。民 108 年 1 月 11 日，取自：<https://www.makerlab.tw/post/microbitqleggedrobot>
2. 仿生蜘蛛機器人 (六足/四足)。思頂創客。取自：[https://steam.347.com.tw/product/class\\_news.php?main\\_group=453&nid=7881](https://steam.347.com.tw/product/class_news.php?main_group=453&nid=7881)
3. u/Panda\_911.reddit .How a cat makes footprints.Retrieved May 17,2017,from [https://www.reddit.com/r/aww/comments/6b3zjc/how\\_a\\_cat\\_makes\\_footprints/](https://www.reddit.com/r/aww/comments/6b3zjc/how_a_cat_makes_footprints/)
4. 竹節坊。竹節蟲怎麼走路? 竹節坊【憲哥分享】。取自：民 107 年 4 月 27 日  
[https://www.youtube.com/watch?v=It6SLHIW\\_QU](https://www.youtube.com/watch?v=It6SLHIW_QU)
- 5.輝盛 MG90S datasheet。
- 6.Xukyo.AranaCorp ArduinoPCA9685.Retrieved August 9,2020,from <https://www.aranacorp.com/en/using-a-pca9685-module-with-arduino/>
7. 庫珀·馬阿。HC-SR04 超音波感測器介紹。Retrieved September 17,2012,from <https://coopermaa2nd.blogspot.com/2012/09/hc-sr04.html>
- 8.木百貨。Makeblock 激光寶盒 智能雷雕機 (專業版)。  
<https://woodmall.com.tw/shop/product/makeblock>
- 8. 鄧文淵等編著(2017)手機應用程式設計超簡單：APP Inventor2 初學特訓班(中文介面第三版)(附上影音/範例/架設與上架 PDF)。台北：碁峰出版社。
9. 梅克 2 工作室(2015)。Arduino 微電腦控制實習(OZONE 適用)-邁向 AMA 中級先進微控制器應用認證。新北市：台科大圖書公司。
10. 楊仁元等編著(民 97)：專題製作理論與呈現技巧。台科大圖書股份有限公司。

## 附錄

### 一、 設備清單

類別	設備、軟體名稱	應用說明
硬體	電腦	寫程式、寫報告
硬體	雷射切割機	切出多足機器人的機體
軟體	Laserbox	控制雷射切割機
軟體	Arduino	撰寫程式控制軟體 App
軟體	LibreCAD	畫多足機器人的設計圖
軟體	Microsoft Office	撰寫計劃書，撰寫、設計報告所需投影
軟體	APPINVENTOR	寫遙控機器人的程式
硬體	隨身碟	儲存資料
硬體	TYBE-B	連接電腦與 UNO 板
硬體	手機	遙控六足機器人、拍照紀錄
硬體	行動電源	提供電源

## 二、 材料清單

類別名稱	材 料 名 稱	單位	數量	應 用 說 明	備註
伺服馬達	MG90S	個	12	驅動機器人	
開發版	Arduino UNO	個	1	撰寫程式，控制機器人	
線材	杜邦線	條	N	連接板子與各個模組	
耗材	MDF 密集板	片	N	製作機器人各部位零件	
模組	UNO 相容版 PCA9685	個	1	擴充馬達的數量	
模組	HC-SR04	個	1	超聲波測距	
電源	行動電源	個	1	供電 PCA9685、Arduino	
螺絲	自攻螺絲	個	N	固定馬達	
板子	麵包版	片	1	放置超聲波模組及藍牙模組	
模組	HC-05	個	1	連接藍芽與手機	