



科技應用專題

六足機器人

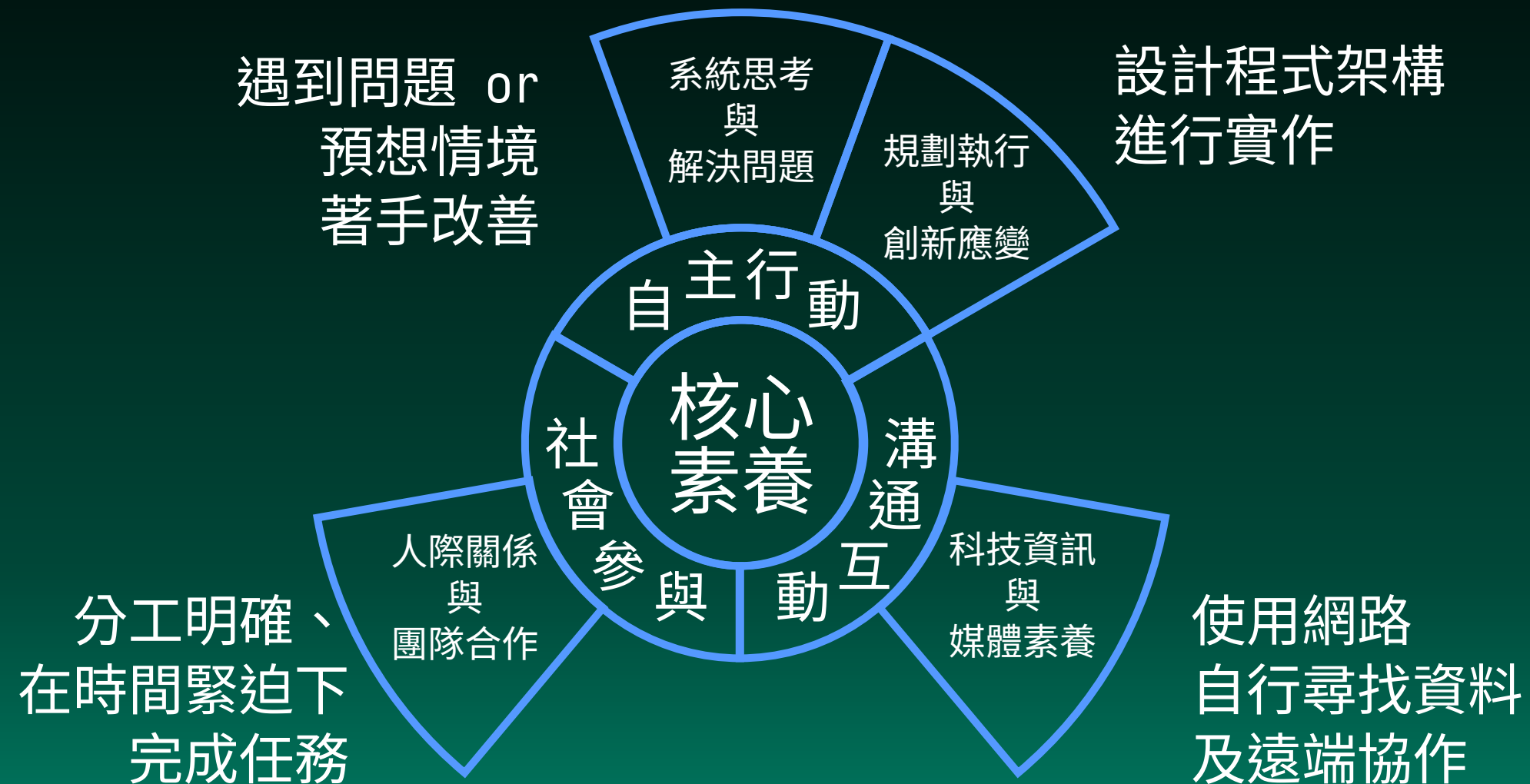
建國中學

潘仰祐

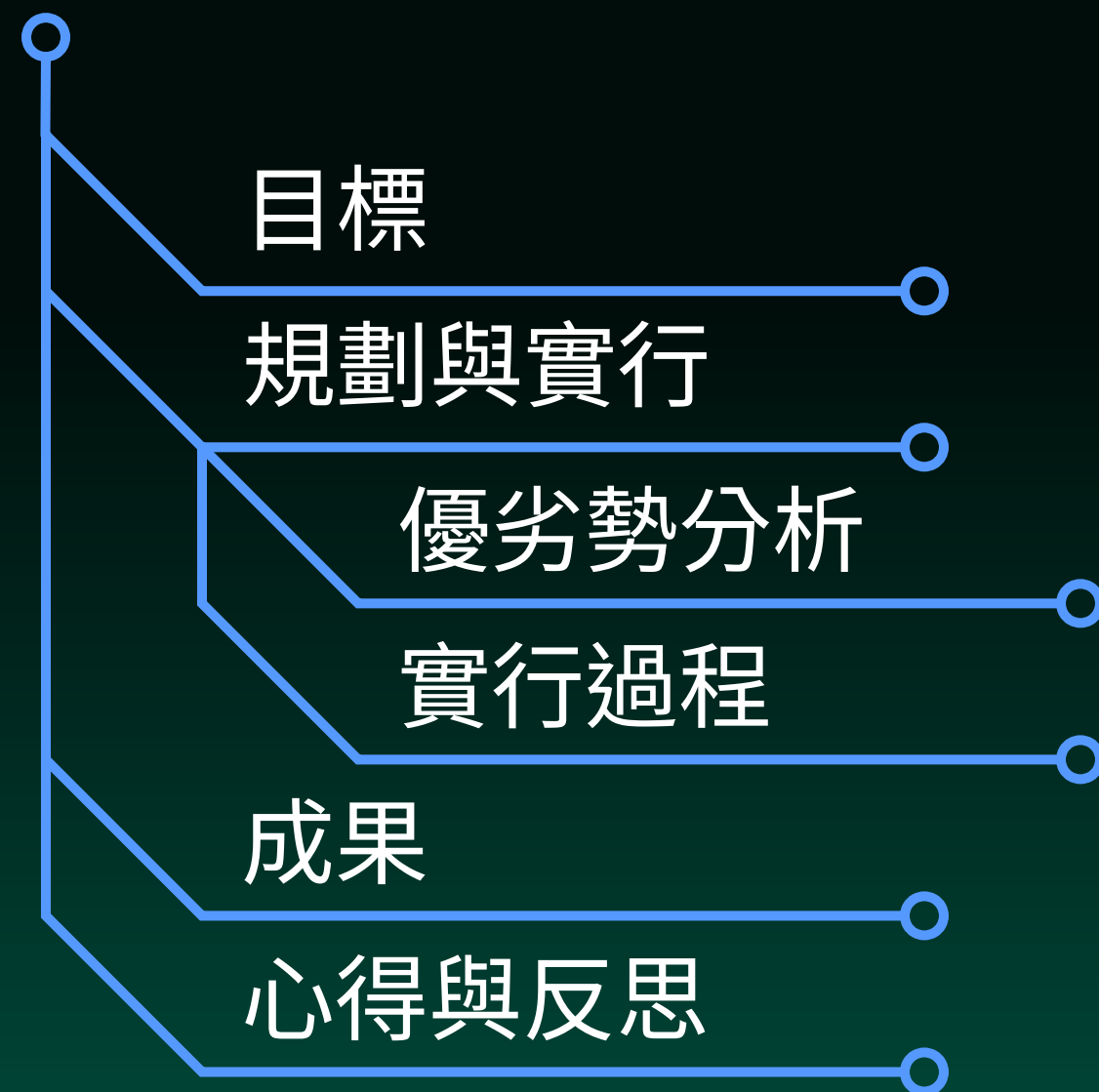
指導老師：趙珩宇

## 簡介

不只是復刻別人的設計圖與程式，而是大幅改變機器構造，以及採取相異的控制策略，進而完成無人載具。



# 大綱



致檢視者：

若您的檢視器支援，不妨開啟大綱／書籤／目錄／Outline 之側邊欄，俾便快速瀏覽。

# 目標

製作無人載具，裝設相機錄影，並繞指定場合一圈。

遙控車、遙控飛機、四軸飛行器.....

教師將依據實作難度 & 成品的速度表現給分。

買現成組裝 vs. 自行摸索規劃

相對同類載具，用時與穩定性

# 規劃與實行

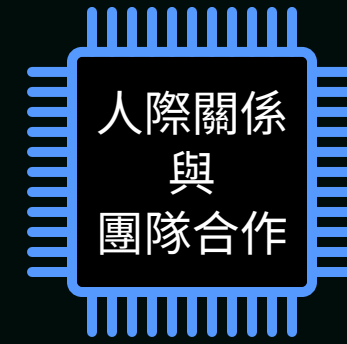
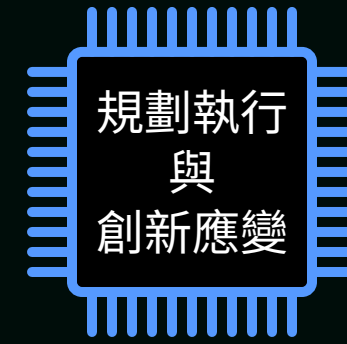
## 優劣勢分析

	優勢	劣勢
(我) 潘仰祐	程式能力強 C, JS, Python	沒修過 工程應用專題 硬體只知 LEGO EV3
蔡俊則	有程式能力 C++ 有修過 工程應用專題	時間相對拮据
吳東穎	時間相對充裕	沒修過 工程應用專題



# 規劃與實行

## 優劣勢分析



根據前頁，職務分配如下：

蔡俊則：主導者。決定大方向，並負責硬體方面。  
如 3D 繪圖、列印、焊接，及比較零件並採購。

**潘仰祐（我）**：協作者。提出疑議，並負責程式  
方面。如設計 & 實作程式，及調教機器動作。

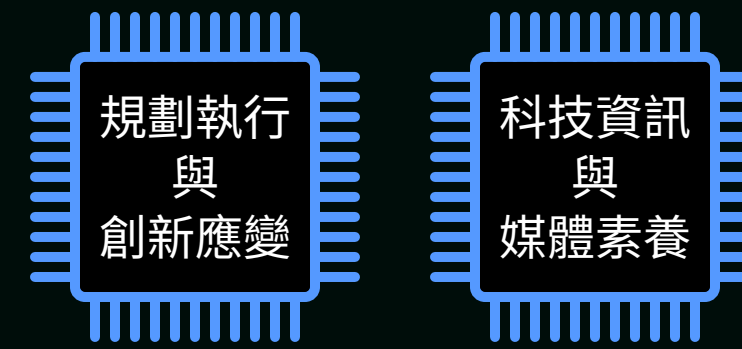
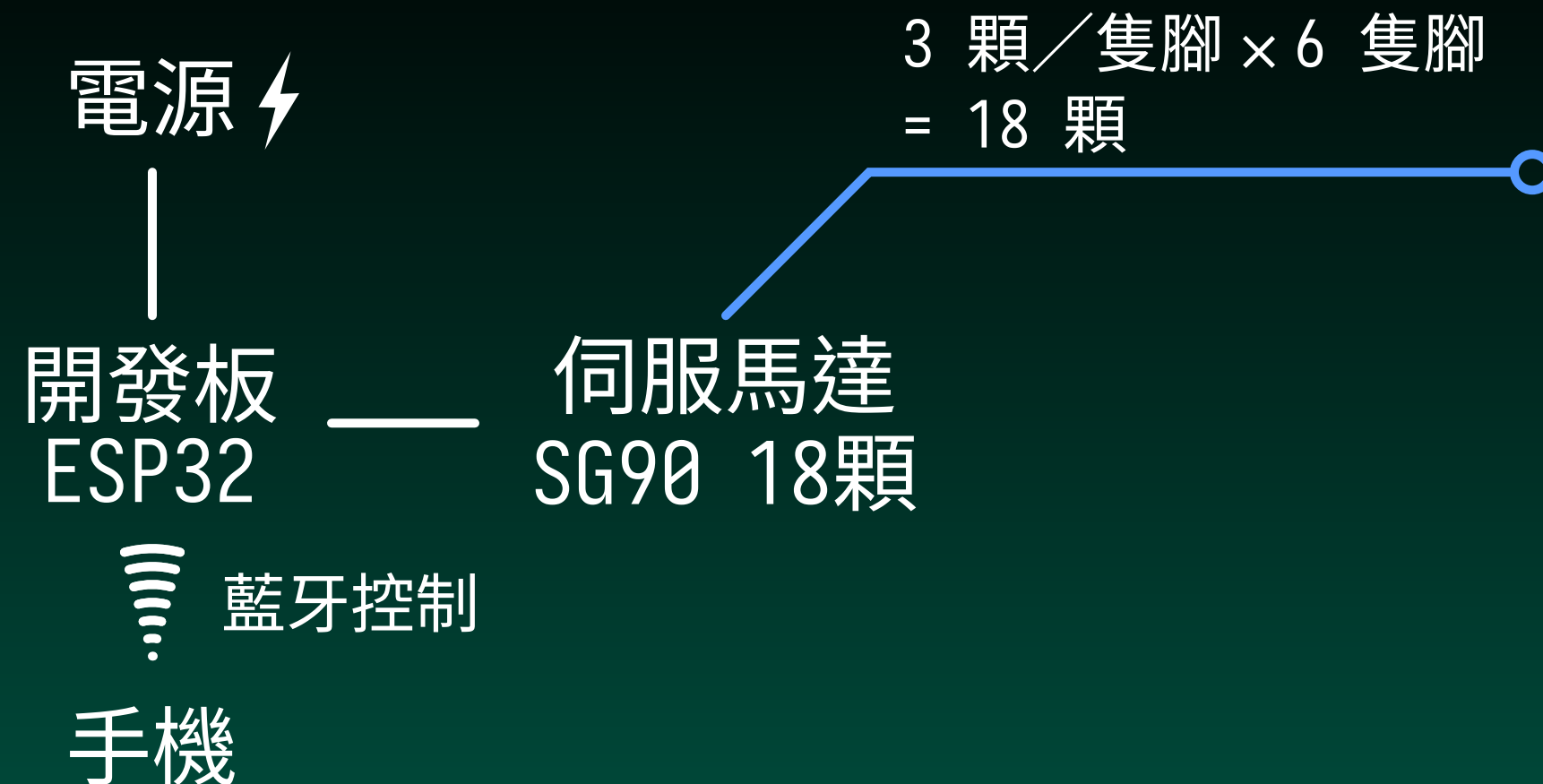
吳東穎：協作者。提出意見，並負責雜項、伺機而  
動。如打磨零件、初步組裝等。

# 規劃與實行

## 實行過程

有些我們的規劃及遇到的問題，我認為值得一提：

### 架構規劃：第一版 vs. 第二版



我們以 Instructable 上的模型為原型 (連結)

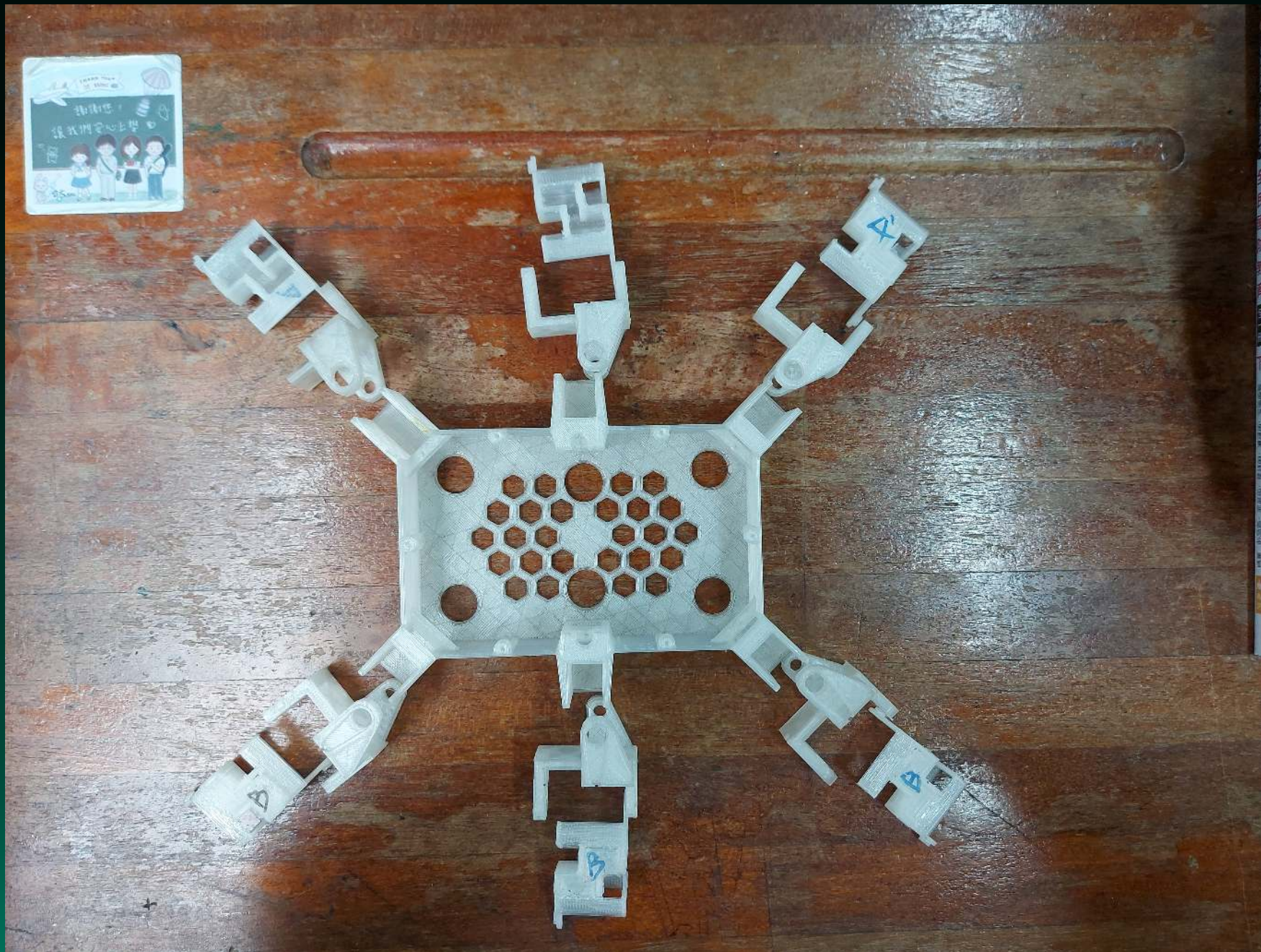
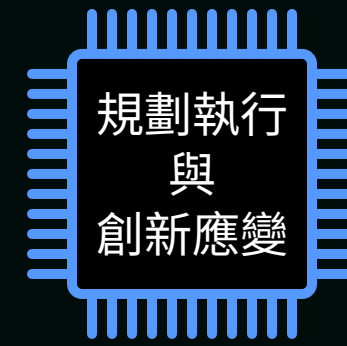
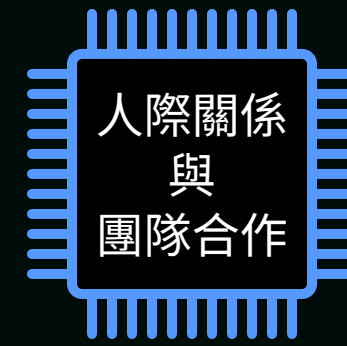
考慮到成本問題，我們的伺服馬達與開發板皆改用便宜的版本



# 規劃與實行

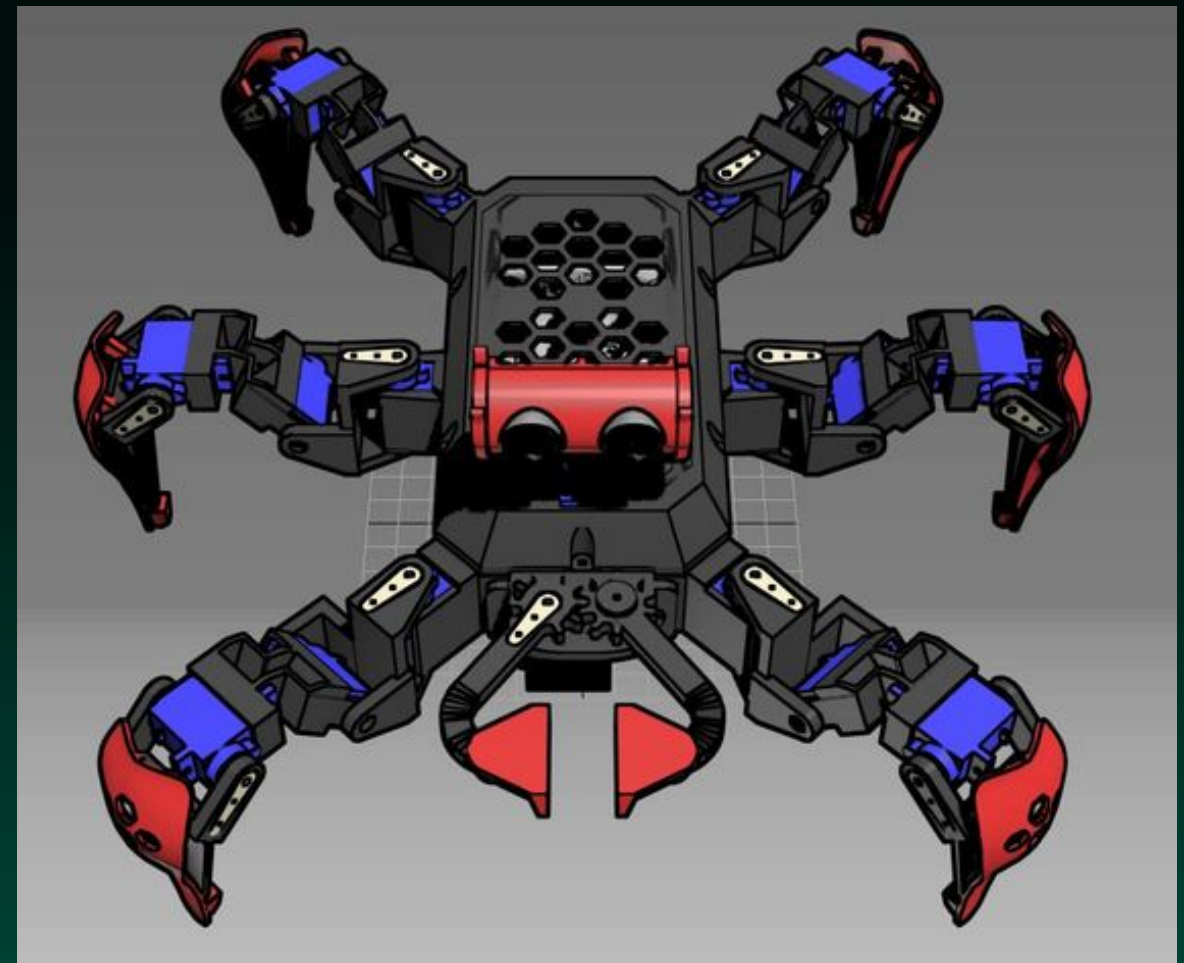
## 實行過程

依照架構規劃，俊則將修改過的零件印出，而東穎則負責打磨零件。



◀ 一部分印好的零件

▶ 原作者的模型圖





# 規劃與實行

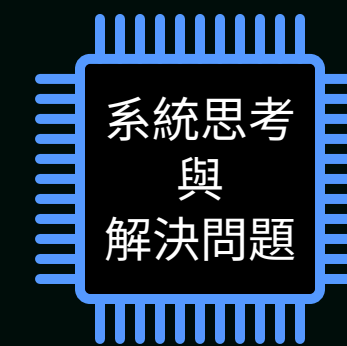
## 實行過程

實作過程中，曾遇過許多問題。其中有些值得一提：

### 問題一：沒有辦法操縱大量馬達

每個馬達，程式都可以單獨連接並操縱。但若依序大量連接，特定順位會失敗；也有成功但動不了者。

1. 軟體除錯：更改連接順序，特定順位依然失敗
2. 硬體除錯：
  - 更換腳位，依然失敗
  - 即使大量連接，因為挨個操縱，故不考慮供電
3. 進行求助：據老師所言，因為開發板 ESP32 沒有辦法同時對過多馬達發送 PWM 訊號，所以需要使用 PCA9685 這類擴展板來分擔壓力。



▶ 跟老師借的、非實作用的馬達  
用於練習控制

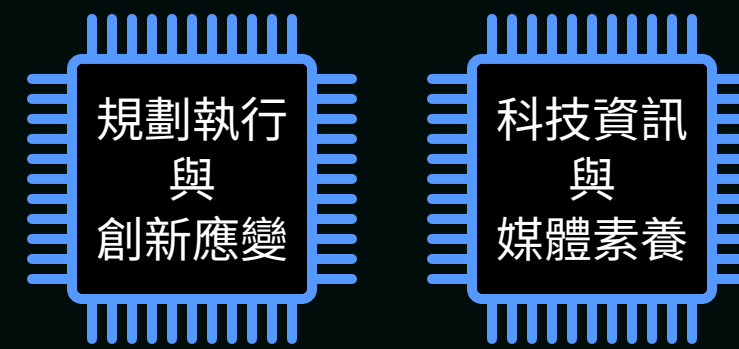


# 規劃與實行

## 實行過程

於是，我們加上 PCA9685 來控制馬達

架構規劃：第二版 vs. 第一版



我們另外改變了連接方式：

1. 對於會網頁的**仰祐**  
**(我)**而言，更好開發
2. Youtube 上存在可直接修改的程式碼 ([連結](#))

# 規劃與實行

## 實行過程

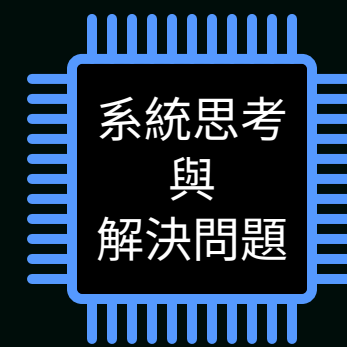
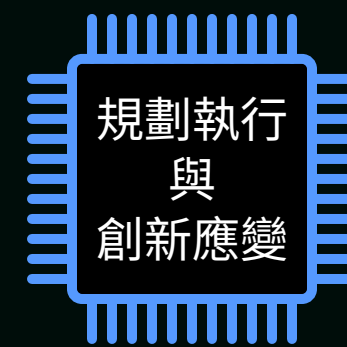
原作者的程式架構如下：

程式規劃：原始版 vs. 第二版 第三版

ESP32：建立伺服器，監聽網址

- [IP]/ : 渲染控制界面
- [IP]/servo : 根據參數移動馬達
  - do = "all" : 所有馬達前後擺動
  - do = 其它 : 停止擺動所有馬達
  - move ≠ "" : 將該代號的馬達，轉動一下

這個程式，原本的功能便只是測試馬達而已。



缺乏的功能：

- 單獨控制各馬達角度

另外，考慮下列幾點

- 開發板儲存空間小
- 前後端混在一起，不易維護
- 稍改前端就須編譯並燒錄，浪費時間

所以需要前後端分離



# 規劃與實行

## 實行過程

依上頁，改變如下：

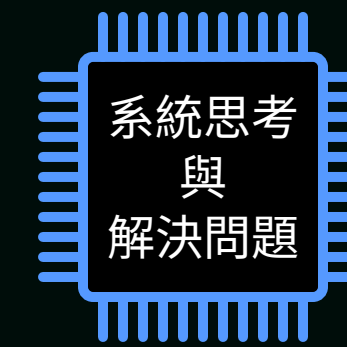
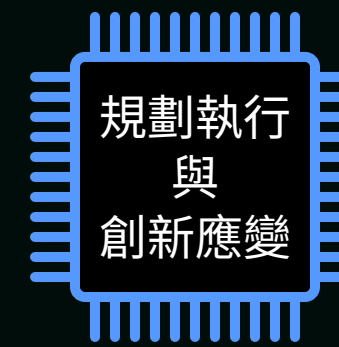
程式規劃：第二版 vs. 原始版 第三版

ESP32：建立伺服器，監聽網址

- [IP]/info：回傳渲染用資訊
- [IP]/servo：根據參數移動馬達
  - servo：要被移動的馬達
  - deg：要到幾度

手機：以 NodeJS 建立伺服器，監聽網址

- [IP]/：顯示單馬達控制界面
- [IP]/robot.html：顯示動作控制界面



然而，一個動作需要控制多個馬達，因而發出多個 HTTP Request。這有下列問題：

- 馬達間延遲嚴重
- 有些 Request 遲遲等不到 Response，堵住新的 Request

# 規劃與實行

## 實行過程

為減少 Http Request 數量，改進如下：

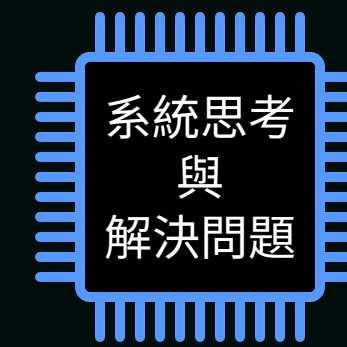
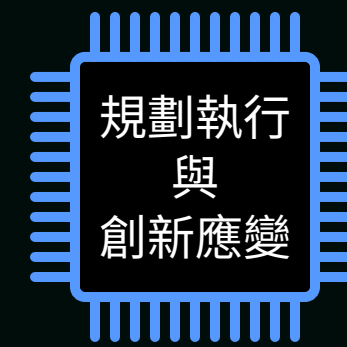
程式規劃：第三版 vs. 原始版 第二版

ESP32：建立伺服器，監聽網址

- [IP]/servos : 批量控制角度
- servos：要轉動的馬達，',' 分隔
- degs：相應角度，',' 分隔

手機：同第二版

如此，成功地解決了問題。



# 規劃與實行

## 實行過程

### Robojax PCA9685 ESP32 Servo

IP: 192.168.54.87 Start All Servo

#	Deg		
All	0	-	+
1	98	-	+
2	52	-	+
3	119	-	+
4	80	-	+
5	110	-	+
6	123	-	+
7	100	-	+
8	112	-	+
9	122	-	+
16	93	-	+
17	88	-	+
18	68	-	+
19	85	-	+

◀ 單馬達控制界面

▶ 動作控制界面

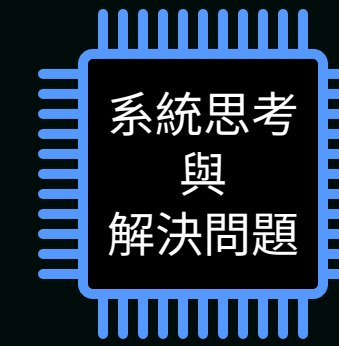
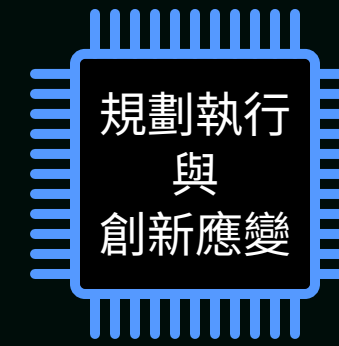
IP: 192.168.54.87

Wave Degree: 30

Push/Hang Degree: 20

初始姿態	ready	A	B
C	D	E	F
hf	pf	hb	pb
N	O	P	Q
R	S	T	U
V	W	hang	crowded
pre初始姿態			

直走	停止	逆時針	順時針
重新站立			

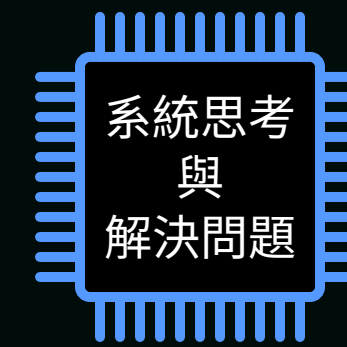


可調整的參數

簡單動作

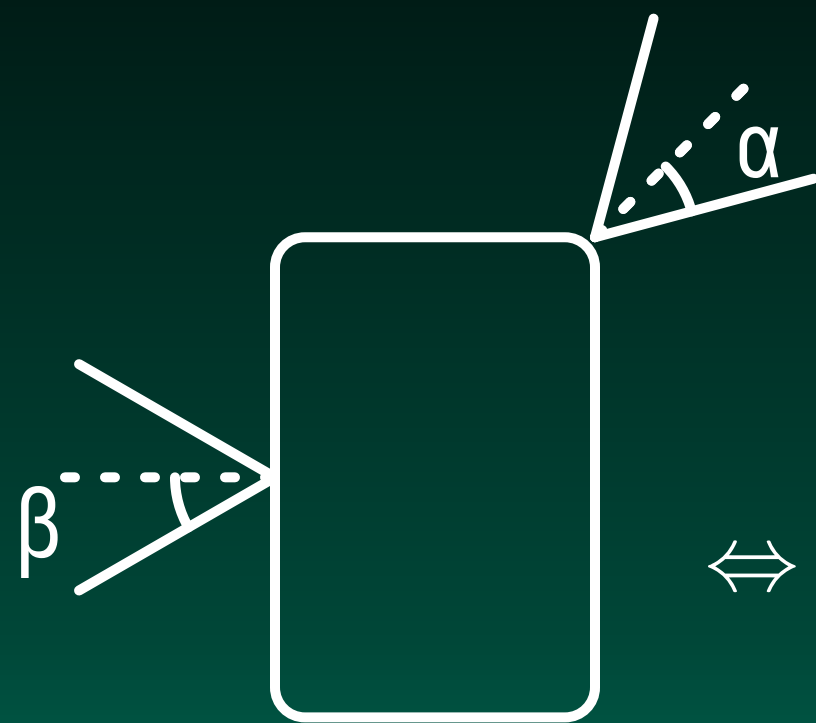
動作連續變化





### 問題二：走路時刮地板

在觀察機器人走路之後，我們發現它的中間兩腳會有刮地板的聲音。仔細觀察後，知道是兩腳揮動的角度需要修正，而我如此計算：



$\Leftrightarrow$

$$\begin{aligned} 2 \sin \beta &= \sin(45^\circ + \alpha) - \sin(45^\circ - \alpha) \\ &= (\sin 45^\circ \cos \alpha + \cos 45^\circ \sin \alpha) \\ &\quad - (\sin 45^\circ \cos \alpha - \cos 45^\circ \sin \alpha) \\ &= 2 \cos 45^\circ \sin \alpha \end{aligned}$$

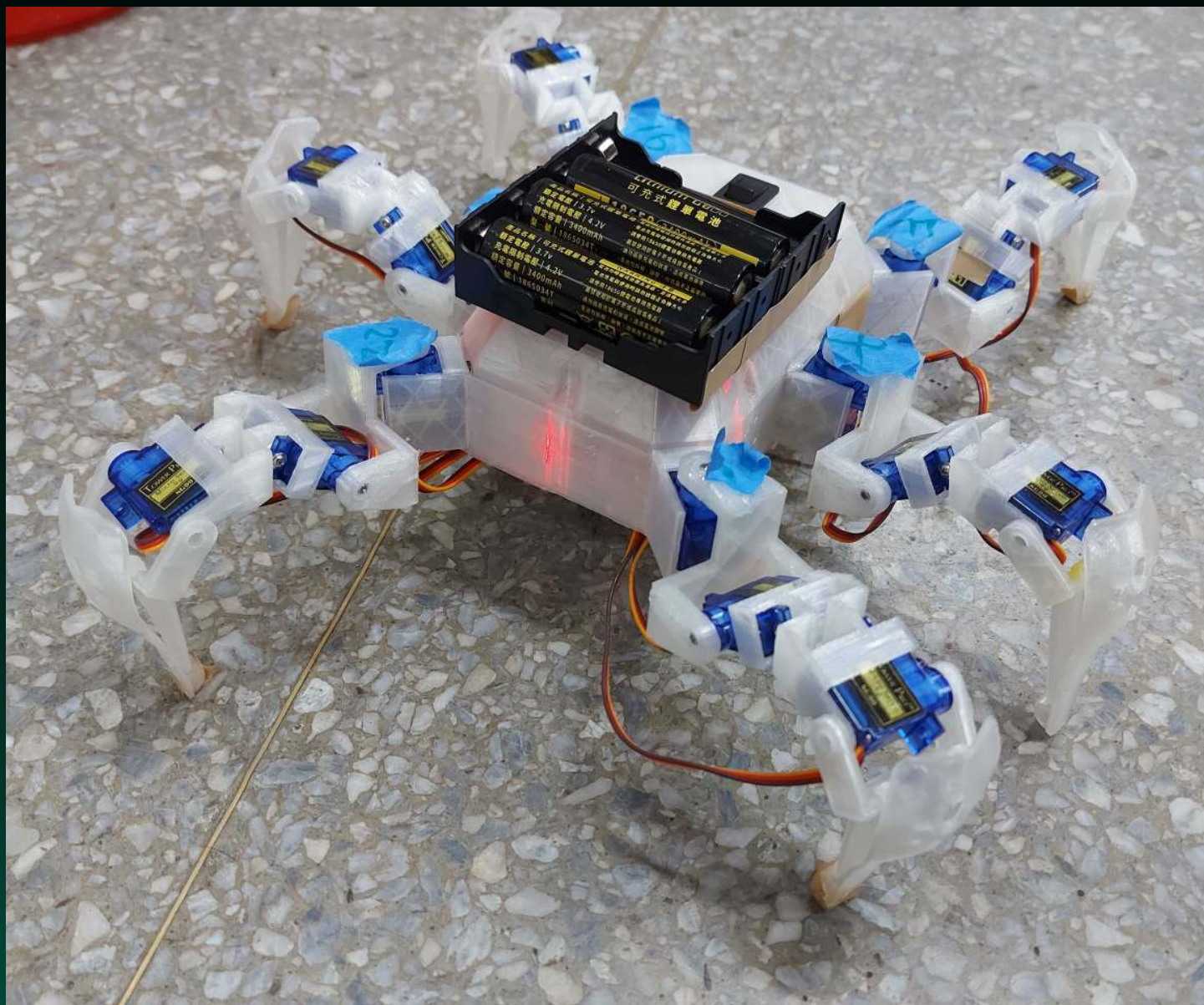
$\Rightarrow$

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \frac{\sin \alpha}{\sqrt{2}} \\ \beta &= \arcsin \left( \frac{\sin \alpha}{\sqrt{2}} \right) \end{aligned}$$

故，解決方法如下：

- $\beta \neq \alpha$ ，以左式修正
- 在腳底塗熱溶膠，增加摩擦力

# 成果

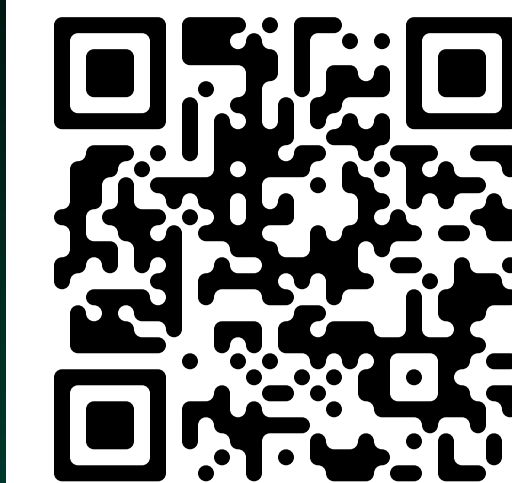


▲成品圖照

目標是：繞活動中心四樓一圈。  
在成功繞完之後，我心想，  
我們的努力終於有了回報！

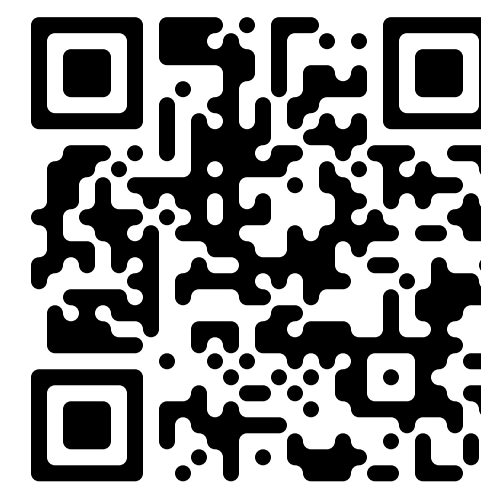
請查看繞行時以機器人為第一人稱  
視角的錄影記錄：（2m20s）

[tiny.cc/x816vz](https://tiny.cc/x816vz)



主要連結

[supr.link/FWVfc](https://supr.link/FWVfc)



備用連結



# 成果

另外，我們有在 Google Docs 上詳細記錄遇到的問題以及解決方法。請點連結查看：

←

Summary

+

Outline

目錄（此僅列出最重要事件）

– [2023/02/22] 蒐集參考資料

[03/08] 機械構造 3D 列印完成

[03/08] 嘗試連接到 esp32

[03/08 ~ 03/09] 嘗試控制馬達

[03/14] 無法控制 pca9685

[03/15] 使用 Wifi 作為連接方式

[03/16] 前後端分離

[03/22] 組好機器人 & Wifi 連接改進

[03/23] 電不夠，機器自動重啟

[03/24] 設計控制方法：基於動作切換

[03/26] Wifi 改進：連熱點➡自成熱點

[03/29] 經過計算，修正動作

[03/31] 完成作業！

[2023/02/22] 蒐集參考資料

[馬達MG90S](#)

[Instructable 上的原型](#)

[03/01]

購買

esp32+擴充版 309

[03/08] 機械構造 3D 列印完成

已完成必要零件列印

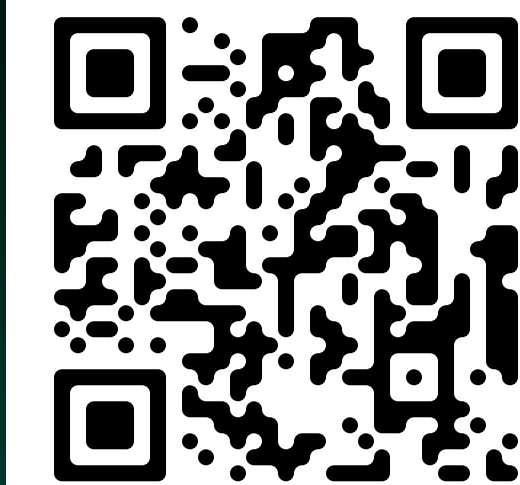




[03/08] 嘗試連接到 esp32

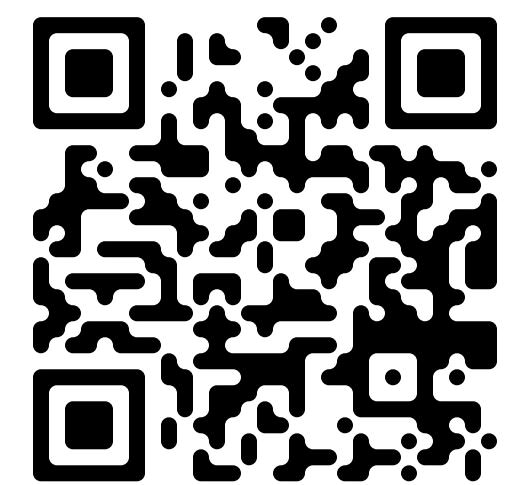
- 如果 Arduino IDE 在 Verify 以及 Upload 時有問題（import serial 的地方有問題），可能是 Python 沒有裝某個 Module
  - `pip3 install pyserial`
  - 以此解決

[tiny.cc/x616vz](https://tiny.cc/x616vz)



主要連結

[supr.link/zXi8o](https://supr.link/zXi8o)



備用連結



# 心得與反思

## 心得

製作完這個作品，我再次被合作的力量驚豔到了。事實上，我之前並沒有用過幾次 Arduino。但是，兩個月之內，作出一隻機器人！雖然它猶待改進，但我對自己程式能力，產生了莫大的信心！也因而開始對硬體方面有了些興趣。希望之後可以學習！

## 未來展望

我認為，之後應該可以開發一個比較通用型的界面，讓使用者可以快速新增動作、以及將之串聯起來。這樣就不用改原始碼了。

另外，網頁的操作還是不太直覺，有空來研究如何用另一片 ESP32 上裝搖桿控制。

## 反思

過程中，其實壞掉很多顆馬達。而且，還曾經因為電池太重所以越走後腳越不能彎，最後動不了。也許，如果有能力且有時間，應該來學習怎麼進行力學分析，增加穩定性。