

修平科技大學 電機工程系

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
HSIUPING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

實務專題報告書 手機控制機械手臂



指導老師：許銘全

專題製作學生：

四技電三甲 徐翊瑋 BD109022

四技電三甲 林恩邑 BD109504

中華民國 112 年 6 月 9 日

修平科技大學
電機工程系

HSIU-PING UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

指導老師：許銘全

專題製作學生：徐翊璋、林恩邑

日期：112年6月9日

摘要

本專題以樹莓派 Raspberry Pi 為核心，構建了一個供用戶遠程操控六軸伺服馬達組成的機械手臂的系統。通過在樹莓派上使用 ngrok 架設網站，ngrok 將會提供一個網址，用戶可以通過該網址遠程連接並控制機械手臂。本專題使用了 Node-Red 做為整個系統的程式集成，Node-Red 提供了方便的操作介面，使用戶能夠更輕鬆地操控機械手臂，也能透過 Node-Red 結合控制伺服馬達及攝像頭等功能供開發者將各式需求更好的整合在一起。本研究旨在提供一種便捷的方法，使用戶能夠通過手機等遠程設備來控制機械手臂，讓用戶能夠遠距離排除故障並且遠離危險的施工範圍內減少勞工受傷的機率。

關鍵字：HS-645MG、Node-Red、樹莓派 Raspberry Pi

Abstract

This project is based on the Raspberry Pi and builds a system for remote control of a robotic arm consisting of six-axis servo motors. By using ngrok to host a website on the Raspberry Pi, ngrok provides a URL through which users can remotely connect and control the robotic arm. Node-Red is used as the programming integration for the entire system, providing a convenient user interface for easier manipulation of the robotic arm. Node-Red also allows developers to integrate various functionalities such as controlling servo motors and cameras, providing better integration for different requirements. The aim of this research is to provide a convenient method for users to control the robotic arm using remote devices such as smartphones, enabling users to troubleshoot remotely and Reduce the probability of labor injuries within hazardous construction areas.

Keywords: HS-645MG 、 Node-Red 、 Raspberry Pi

目次

摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目次.....	iv
圖目次.....	vi
第一章 論續.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 系統功能與系統架構.....	2
1-3 機械手臂介紹.....	3
第二章 相關原理與應用.....	6
2-1 Wi-Fi 原理與應用.....	6
2-2 網站架設與控制.....	7
2-3 伺服馬達原理與應用.....	9
第三章 系統功能規劃介紹.....	11
3-1 攝像頭.....	11
3-2 樹莓派 Raspberry Pi.....	13
3-3 控制軟體 Node-Red.....	15
3-4 架設網站 ngrok.....	17

3-5 馬達控制.....	19
第四章 系統硬體與韌體實作	21
4-1 軟體實作 樹莓派 Raspberry Pi 環境建設.....	21
4-2 軟體實作 Wi-Fi 設定	22
4-3 軟體實作 Node-Red 安裝及程式設計	22
4-4 軟體實作 ngrok 網站架設	30
4-5 韌體實作 攝像頭安裝.....	31
4-6 硬體實作 馬達安裝與機械手臂設計.....	32
第五章 系統功能測試	34
第六章 結果與討論	35
參考文獻.....	36

圖目次

圖 1 工作人員太過靠近機械手臂.....	1
圖 2 手機控制機械手臂系統架構圖.....	2
圖 3 常見的機械手臂.....	5
圖 4 系統架構圖.....	7
圖 5 網站運作原理.....	8
圖 6 伺服馬達運作原理.....	10
圖 7 攝像頭配置.....	11
圖 8 攝像頭運行流程示意圖.....	12
圖 9 樹莓派 Raspberry Pi 晶片.....	14
圖 10 樹莓派 Raspberry Pi 系統功能架構示意圖.....	15
圖 11 Node-Red 功能架構示意圖.....	16
圖 12 軟體 Node-Red 畫面.....	18
圖 13 ngrok 產生連結示意圖.....	19
圖 14 GPIO 電源、接地、訊號線接腳.....	19
圖 15 馬達功能架構圖.....	20
圖 16 樹莓派鏡像燒錄器.....	21
圖 17 樹莓派上開啟 Node-Red 示意圖.....	22

圖 18	button 編輯節點	23
圖 19	rpi-gpio out 編輯節點	24
圖 20	按鈕連接 GPIO 圖	25
圖 21	馬達 GPIO 腳位設定圖	25
圖 22	function 累加內容	26
圖 23	function 累減內容	26
圖 24	將資料存至資料庫概念圖	27
圖 25	將攝像頭即時影像傳至 Node-Red 概念圖	28
圖 26	Node-Red 流程最終成品圖	29
圖 27	Node-Red/UI 使用者介面功能測試圖	30
圖 28	樹莓派 config 設定圖	31
圖 29	樹莓派攝像頭啟用確認	31
圖 30	夾子設計	32
圖 31	手臂設計	32
圖 32	底座設計	33
圖 33	遠端控制 Node-Red 畫面	34

第一章 緒論

1-1 前言

在現代科技快速發展的時代，智慧化控制已成為趨勢。手機作為人們日常生活中不可或缺的工具，將手機應用於機械手臂控制，能夠實現智慧化控制，提升機械手臂的操作便捷性和智慧化程度。遠程操作是現代工業和服務領域的重要需求。利用手機控制機械手臂，可以實現遠端操作的功能，人們無需實際接觸機械手臂即可遠程操控，提高工作效率和便利性並且降低使用者的危險性。如圖 1、工作人員太過靠近機械手臂所示。



圖 1、工作人員太過靠近機械手臂(資料來源: bilibili)

1-2 系統功能與系統架構

將攝像頭模組連接到樹莓派的相應介面，樹莓派使用 Node-Red 和函式庫來讀取攝像頭畫面，並且透過設定和控制，樹莓派可以調整攝像頭的參數，如解析度、曝光等等，以確保獲得所需的畫面品質和整體流暢度。樹莓派將攝像頭所獲得的畫面訊號透過網路傳輸至運行 Node-Red 的伺服器或主機。再根據從 Node-Red 接收到的指令，樹莓派會生成相對應的輸出信號。這些輸出信號通過樹莓派的 GPIO 介面連接到伺服馬達。通過控制信號，伺服馬達可以調整機械手臂的角度和位置。讓使用者透過 Node-Red 提供的 UI 介面，將 Node-Red 軟體本身資料與樹莓派傳來的畫面訊號整合後，將其顯示在使用者介面上。如圖 2、手機控制機械手臂系統架構圖所示。

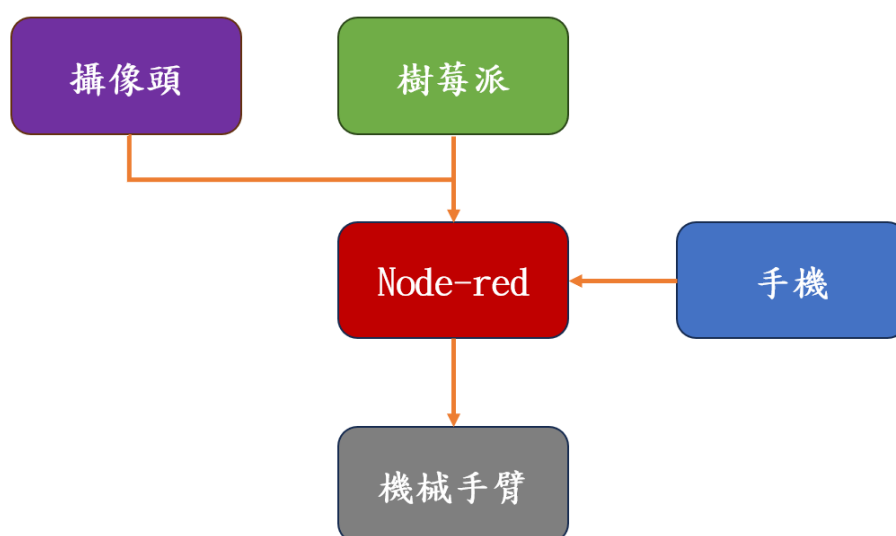


圖 2、手機控制機械手臂系統架構圖

1-3 機械手臂介紹

機械手臂是具有模仿人類手臂功能並可完成各種作業的自動控制設備，這種機器人系統有多關節連結並節允許在平面或三度空間進行運動或使用線性位移移動。構造上由機械主體、控制器、伺服機構和感應器所組成，並由程式根據作業需求設定其的指定動作。機器人的運作由電動機驅動移動一隻手臂，張開或關閉一個夾子的動作，並精確的回饋至可程式邏輯的控制器。這種自動裝置機械以完成「腕部以及手部」的動作，可以由熟練的操作者將作業順序輸入後，就能依樣照作並且反覆完成無數次的的正確規律運作。所示自從機器手臂技術開始發展，在1980年代機器手臂已成功的應用於汽車製造業等產業，在機械人技術領域是應用範圍最廣泛的自動化機械裝置，而許多工業危險之組裝、噴漆、焊接、高溫鑄鍛等繁重工作，皆能以機器手臂取代人工作業。目前機械手臂在機器人技術領域中得到最廣泛實際應用的自動化機械裝置除了主要用於工業製造上，商業農業、醫療救援、娛樂服務、軍事保全甚至在太空探索等領域都可以發現其應用裝置。機械手臂常用於工業自動化領域，其具有高精度、高靈活性和重複性能的特點。它們可以執行各種任務，如組裝、焊接、包裝、材料處理、載貨、分揀等。機械手臂的使用可以提高生產效率、減少人工勞動和提高工作安全性。近年來

機械手臂的發展非常迅速，出現了越來越多的先進功能和應用。例如，一些機械手臂配備了視覺系統，可以進行視覺辨識和對目標的定位。其他一些機械手臂還具有協作能力，可以與人類操作員在同一工作區域內共同工作。它們在工業領域中被廣泛應用，可以提高生產效率、減少勞動力成本並改善工作環境安全性。隨著技術的不斷進步，機械手臂在各種領域中的應用前景將繼續擴大。

機械手臂常見的結構由以下幾個部分組成：

底座：機械手臂的基礎，通常安裝在固定的平臺上，提供支撐和穩定。

機械臂段：機械手臂由多個可旋轉或可伸縮的機械臂段組成，這些段之間通過關節連接，以實現靈活的運動。

關節：機械手臂的關節允許各個機械臂段之間的旋轉運動，常見的關節類型包括旋轉關節、滑動關節和球形關節。

執行器：機械手臂末端的執行器用於執行具體的任務，例如夾取、旋轉、切割等。常見的執行器包括機械夾爪、磁力夾具、焊槍等。

控制系統：機械手臂的運動通常由一個控制系統控制，這個系統可以是預先編程的，也可以是根據感測器反饋實時調整的。如圖 3、常見的機械手臂所示。

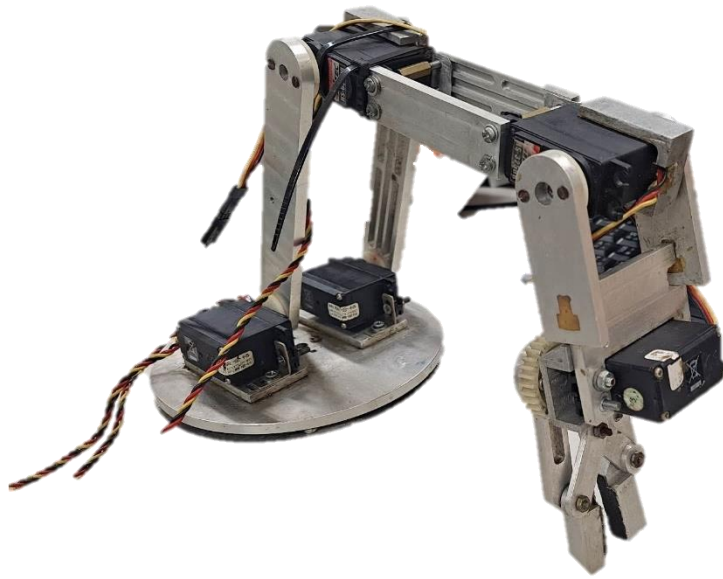


圖 3、常見的機械手臂

第二章 相關原理與應用

2-1 Wi-Fi 原理與應用

Wi-Fi 是一種無線通訊技術，使用無線電波來連接設備如電腦、手機、平板電腦等等，到互聯網或區域網路。Wi-Fi 的價格的持續下跌，使其逐漸普及化，已成為大部分企業普遍的基礎設施。Wi-Fi 網路通常由一個或多個無線接取點組成，它們充當網路的基礎設施，提供無線設備與互聯網或區域網路的連接。Wi-Fi 常會使無線電波在特定的頻段上進行通訊。通常使用的頻段包括 2.4 GHz 和 5 GHz，這些頻段被分成多個無線通道。Wi-Fi 部署區網可讓客戶端裝置無需使用電線，降低網路部署和擴充的成本。許多空間不能架設電纜，如戶外區和歷史建築，便可運用無線區網來改善。網路連接提供了使用者訪問網頁的基礎，並影響使用者網頁的速度和效能，通過網路連接能夠實現遠端控制和操作網頁。同時網路的安全性也是保護網頁和使用者數據的關鍵。網路連接和手機的特點使得遠端控制網頁得以實現，並提供了極高的便利性和靈活性。適當的網路設置和優化後的網頁設計是實現順利遠端控制的關鍵。透過網路和手機的結合，讓使用者得以隨時隨地遠程式控制制機器或設備，並實現自動化和監控的功能。如圖 4、系統架構圖所示。

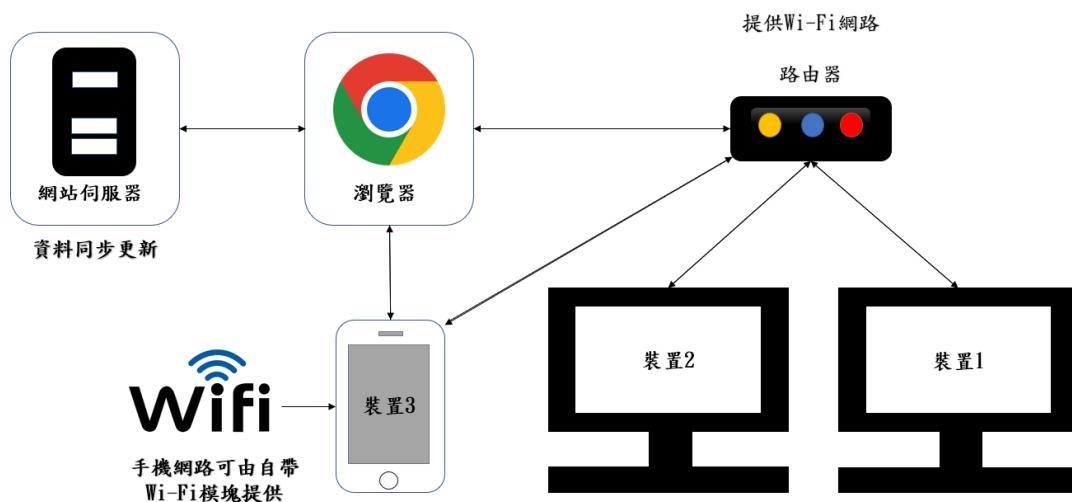


圖 4、系統架構圖

2-2 網站架設與控制

首先需要選擇一個主機服務提供商，他們是負責託管網站的伺服器如 Google 等。這些伺服器將存儲網站的檔和資料，並提供必要的硬體和網路基礎設施。當需要進行網站設計和開發時，可以選擇使用現有的網站範本或自定義設計以建立網站的功能和頁面。建立網站可以使用 HTML、CSS 和 JavaScript 等技術來建立網站的外觀和互動效果。如果需要儲存和管理資料，則可能需要建立和設計一個資料庫例如 MySQL。

在完成網站設計和開發後，需要將網站檔上傳到主機服務提供商的伺服器上。這可以通過使用檔案傳輸協定(FTP)，或其他檔案傳輸工具進行上傳和配置。一旦網站檔上傳完成，其他使用者便可通過瀏覽器輸入網址來訪問網站，並將存取請求發送到主機伺服器。為了使網站能

夠被其他使用者訪問，需要將功能變數名稱解析到主機服務提供商的伺服器。這可以通過在功能變數名稱註冊機構的 DNS 設定中添加 DNS 紀錄來實現。DNS 紀錄將功能變數名稱映射到伺服器的 IP 位址，瀏覽器向伺服器傳送 HTTP 訊息，請求伺服器向用戶端傳送網站的資訊。在用戶端及伺服器的之間，請求訊息與其他資訊，會使用 TCP/IP 在網路連線之間傳送。如果伺服器允許用戶端請求，伺服器就會傳送「200 OK」訊息，意味著使用者有權限可以閱覽這個網站的資訊，瀏覽器將會開始傳送網站的檔案。將瀏覽器的資訊整合成完整的網站，並把它呈現在使用者眼前。如圖 5、網站運作原理所示。

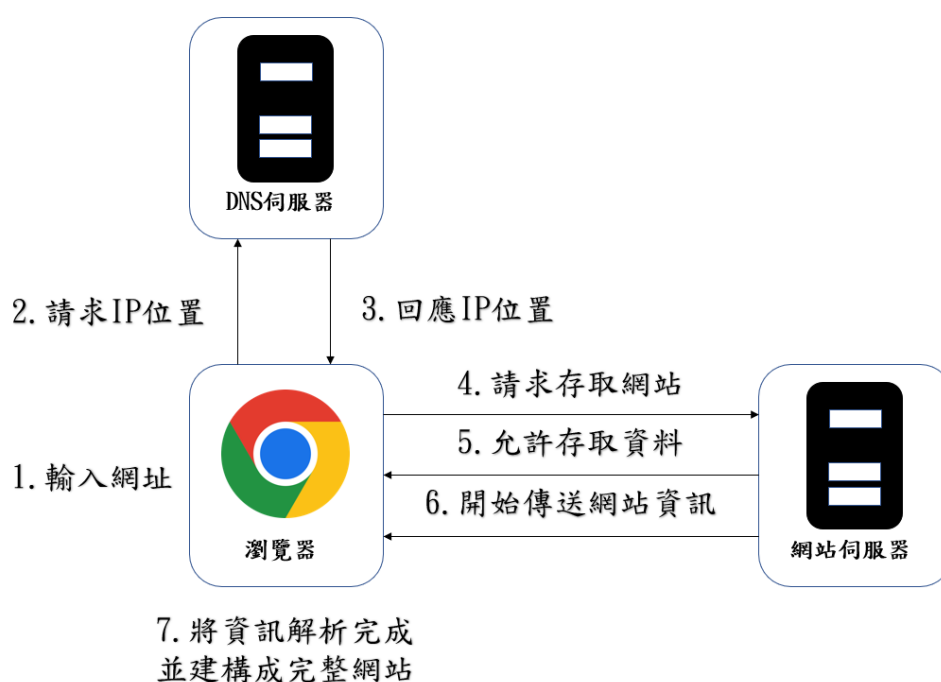


圖 5、網站運作原理

並且最後在網站正式上線之前，進行全面的測試，確保網站的功能和性能運作正常。如果有能力則可以進行網站優化，如加速載入速度、提升安全性等，以提供使用者更好的使用體驗。

2-3 伺服馬達原理與應用

伺服馬達是一種特殊的電動機，具有精確控制和反饋系統等特色，常用於實現精確運動控制。在需要高精度位置控制和速度控制的應用當中扮演著非常重要的腳色，例如機器人、自動化設備、CNC 機床、印刷機等等。伺服馬達的基本原理是通過控制電壓和電流來控制馬達轉子的位置和速度。伺服馬達通常使用脈衝寬度調變(PWM)做為控制信號。PWM 是一種調節脈衝寬度的技術，通過改變脈衝的寬度和頻率來控制電壓和電流的平均值。在伺服馬達控制中，PWM 信號被用於控制馬達的轉子位置和速度。控制器根據需要的運動目標和回饋信號生成 PWM 信號。PWM 信號的脈衝寬度代表控制器輸出的訊號強度，脈衝頻率則代表控制器輸出的更新速率。調整 PWM 信號的寬度可以改變馬達的轉速，調整 PWM 信號的頻率可以改變馬達的穩定性、運轉流暢度和響應速度，並且裝在某些機臺上，會有與機械共振的問題，其頻率也要盡量避免開。PWM 信號在伺服馬達控制中的應用是通過改變

脈衝寬度和頻率來控制馬達的轉動。控制器根據輸入信號和回饋信號的差異，調整 PWM 信號以使馬達轉到所需的位置或以所需的速度運動。它包括三個主要組件：

馬達本體：伺服馬達通常是直流無刷馬達或直流馬達。它由一個轉子和一個定子組成。當電流通過定子線圈時，它會在轉子上產生一個磁場，推動轉子旋轉。

控制器：負責接收控制信號並生成適當的輸出信號，以控制馬達的運動。再根據回饋信號（通常是位置或速度反饋），控制器將會調整輸出信號以確保馬達達到所需的運動目標。

反饋裝置：常見的反饋裝置如編碼器或位置傳感器等，用於提供實際位置或速度的反饋信號。回饋信號與控制器信號進行比較後，調整控制器的輸出信號。如圖 6、伺服馬達運作原理所示。

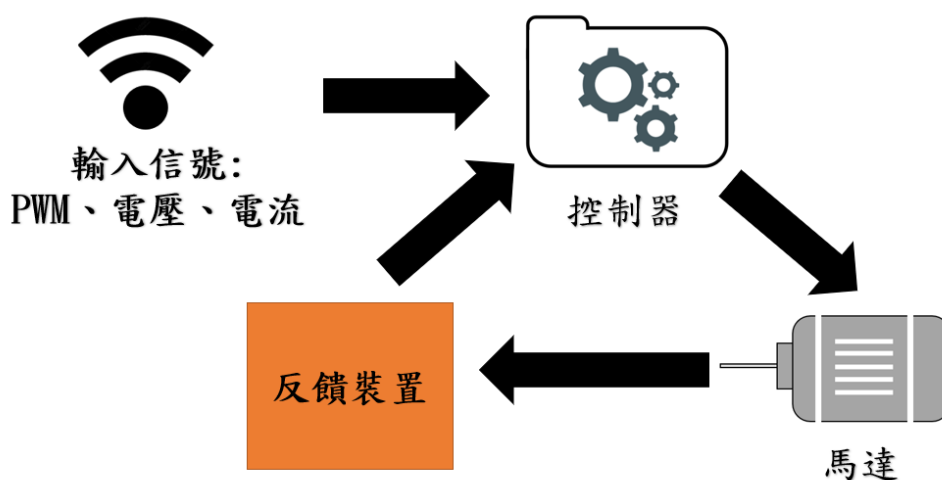


圖 6、伺服馬達運作原理

第三章 系統功能規劃介紹

將樹莓派 Raspberry Pi 作為本專題驅動伺服馬達的核心晶片，透過樹莓派 GPIO 腳位將 Node-Red 資訊之及 PWM 等訊號輸出自馬達後，伺服馬達將會按其輸出資訊移至其相應位置。透過讓樹莓派下載 Node-Red，讓 Node-Red 作為驅動馬達及整合本專題資訊的核心軟體，讓 Node-Red 將所有數據和指令整合再一起後放置在 Node-Red UI 介面上供使用者可以透過網頁遠程操作及觀賞攝像頭即時影像。

3-1 攝像頭

樹莓派 3B 攝像頭模組可配置於 CSI 插孔用於拍攝照片。如圖 7、攝像頭配置所示。

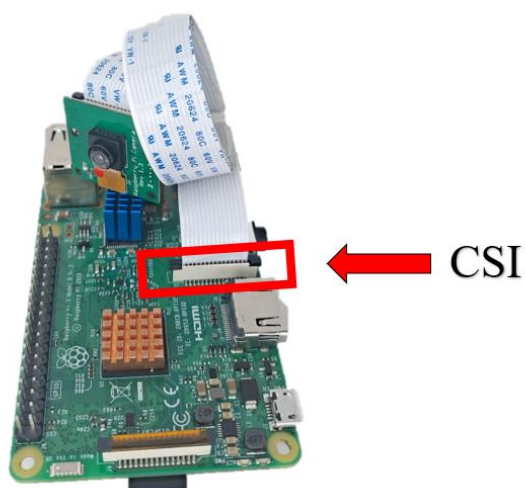


圖 7、攝像頭配置

或者錄製高品質的影片，它支援不同的影像解析度和幀率選項，可以根據使用者的需求調整參數，錄製高清影片。或者可以通過串流協議，將即時捕捉到的影像傳輸到軟體上如 Node-Red，再透過遠端連線提供給其他用戶在不同裝置上使用，如電腦、手機或其他設備。讓使用者可以遠程監控或遠程訪問攝像頭拍攝的場景。如圖 8、攝像頭運行流程示意圖所示。

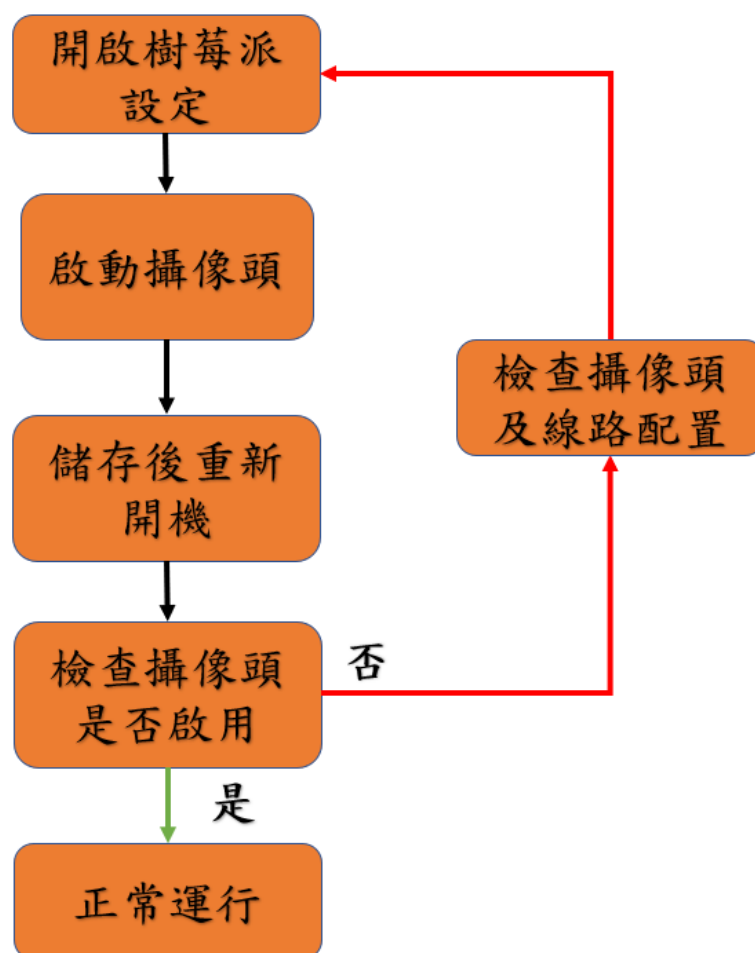


圖 8、攝像頭運行流程示意圖

3-2 樹莓派 Raspberry Pi

樹莓派架構:樹莓派 3B 採用基於 ARM 架構的 ARM Cortex-A53 四核處理器，時脈速度為 1.2 GHz。這使得它具有強大的運算能力，可以處理多種應用需求。樹莓派 3B 支持多種 Linux 作業系統，如 Raspbian、Ubuntu 等。讓開發者可以使用豐富的開源工具和軟體庫，進行應用開發。並且樹莓派具有下列重要功能。

GPIO 介面：樹莓派 3B 具有多個 GPIO 介面，可用於連接和控制外部設備，如傳感器、LED 燈、馬達等。這使樹莓派 3B 成為了物聯網和嵌入式應用的理想平臺。

HDMI 輸出：樹莓派 3B 具有 HDMI 介面和 3.5mm 音頻輸出介面，可連接顯示器和音響設備，實現高畫質視訊和音頻輸出。

USB 連接埠：樹莓派 3B 配備四個 USB 2.0 連接埠，可連接各種外部設備，如鍵盤、滑鼠、USB 存儲設備等。

網絡連接：樹莓派 3B 支援有線網絡連接，具有乙太網口，可實現網絡通信和網際網路連接。同時，樹莓派 3B 也支援無線連接方式如 Wi-Fi 和藍牙，方便無線數據傳輸和通信。

儲存擴展：樹莓派 3B 具有 microSD 卡插槽，可插入 microSD 卡作為系統和數據儲存。此外，它還具有 CSI 攝像頭介面和

DSI 顯示器介面，可連接攝像頭模組和觸控螢幕。

多媒體支援：樹莓派 3B 具有硬體視訊解碼器，可實現高清視訊播放。

可高清晰重播攝像頭錄製之影片。它還支援各種多媒體格式，如 H.264、MPEG-4 等方便使用者將多種資料型態存取提供更高的活性。如圖 9、樹莓派 Raspberry Pi 晶片所示。

示。

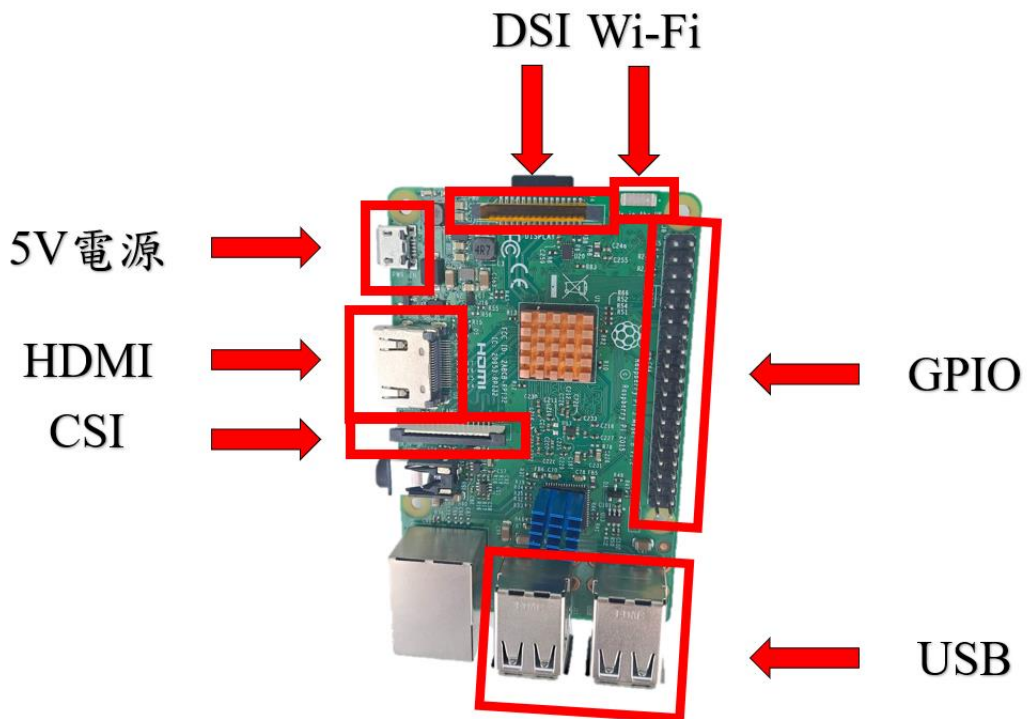


圖 9 、樹莓派 Raspberry Pi 晶片

基於上述樹莓派 Raspberry Pi 具有 USB 連接埠供開發者安裝開發時所需硬體、GPIO 介面將資訊傳輸至馬達、HDMI 供開發時確認軟體畫面、無線網絡 Wi-Fi 能夠將資訊存取至軟體 Node-Red 上、具有 CSI

攝像頭介面和 DSI 顯示器接口供使用者遠程訪問攝像頭拍攝的場景等功能，充分滿足了此次題目的所有需求，所以成為了本次選擇的核心晶片。如圖 10、樹莓派 Raspberry Pi 系統功能架構示意圖所示。

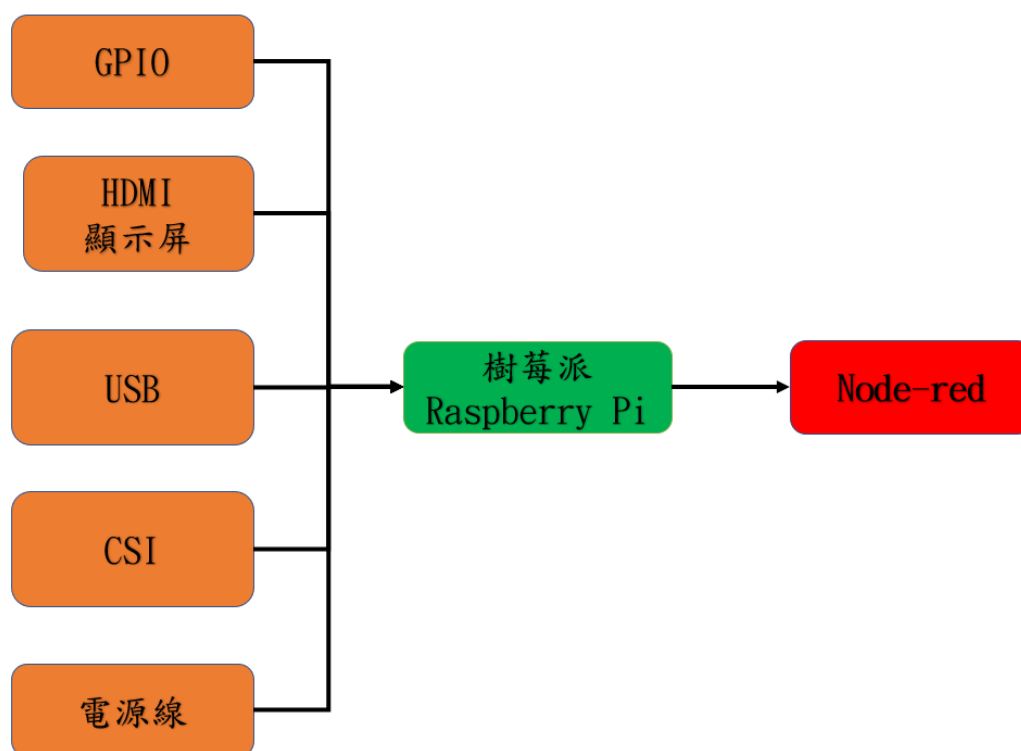


圖 10、樹莓派 Raspberry Pi 系統功能架構示意圖

3-3 控制軟體 Node-Red

Node-Red 是一個開源的流程編程工具，用於連接硬體設備、API 和網路服務。通過這一工具，開發者可以根據用戶需求編輯所需要的流程節點，將硬體設備與應用程式連接，組成一個小型物聯網。如圖 11、Node-Red 功能架構示意圖所示。

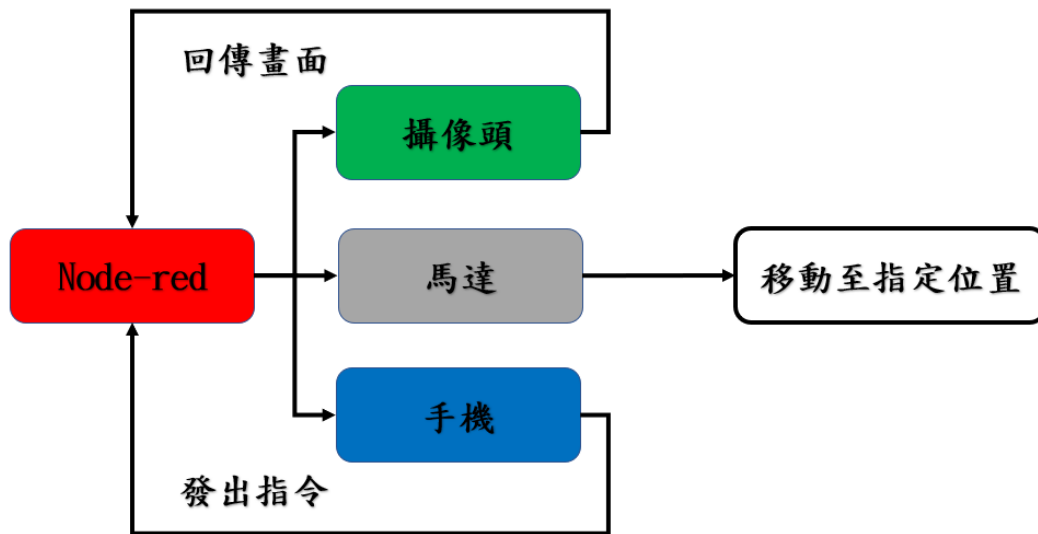


圖 11 、Node-Red 功能架構示意圖

在網頁中使用者可以透過 Node-Red 遠端控制介面設定和控制 Node-Red 流程。這個介面通過使用者設備上的 Wi-Fi 連接與 Node-Red 服務器進行通訊，使用 HTTP 或 WebSocket 等協議進行資料傳輸。使用者可以在遠端控制介面上發送控制指令和數據到 Node-Red 服務器，觸發流程執行。Node-Red 服務器接收到使用者的控制指令和數據後，根據預先設定的流程邏輯進行相應的處理和操作。這可能包括讀取和寫入硬體設備的數據、執行自動化任務、發送通知等。如圖 12 軟體 Node-Red 畫面所示。

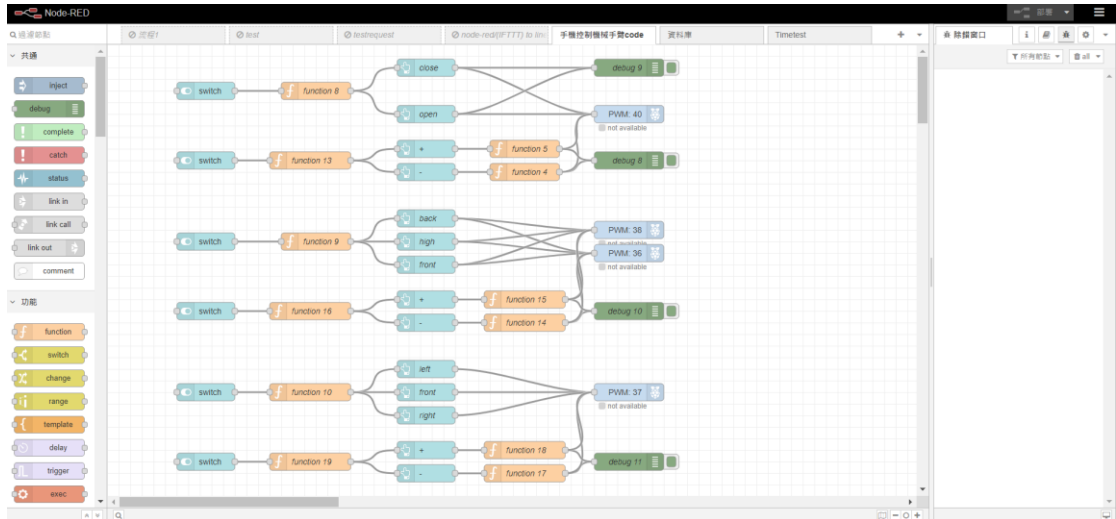


圖 12、軟體 Node-Red 畫面

3-4 架設網站 ngrok

透過使用 Ngrok，可以將本地伺服器如 Node-Red 等內容，部署到公共網際網路上，從而實現遠端訪問和控制。它使用反向代理的概念，通過生成一個公共 URL，將使用者的請求轉發到本地伺服器。讓使用者在本地電腦上運行 Ngrok 客戶端並指定要公開的本地埠，如 Node-Red 的預設埠是 1880。客戶端會在本地建立一個通道，並生成一個隨機的公共 URL，該 URL 將會指向本地伺服器，同時每次產生隨機的網址，也起到保護網頁和使用者數據關鍵的作用。如圖 13、ngrok 產生連結示意圖所示。

```
seabird@raspberrypi: ~  
檔案(F) 編輯(E) 分頁(T) 說明(H)  
ngrok by @inconshreveable (Ctrl+C to quit)  
Session Status      online  
Account             bd109022@hust.edu.tw (Plan: Free)  
Version             2.3.41  
Region              United States (us)  
Web Interface       http://127.0.0.1:4040  
Forwarding          http://3f44-2401-e180-8c20-10b0-eb24-c63b-8bc6-1b0e.ngrok-free.app -> http://localhost:1880  
Forwarding          https://3f44-2401-e180-8c20-10b0-eb24-c63b-8bc6-1b0e.ngrok-free.app -> http://localhost:1880  
  
Connections  
  ttl   opn   rt1   rt5   p50   p90  
  14    1    0.06  0.03  5.03  66.29  
  
HTTP Requests  
-----  
POST /ui/socket.io/      200 OK  
POST /ui/socket.io/      200 OK  
GET  /ui/socket.io/      200 OK  
GET  /ui/socket.io/      200 OK  
GET  /ui/socket.io/      101 Switching Protocols  
POST /ui/socket.io/      200 OK  
GET  /ui/socket.io/      200 OK  
GET  /ui/fonts/fontawesome-webfont.woff2 200 OK  
GET  /ui/icon192x192.png   304 Not Modified  
POST /ui/socket.io/      200 OK
```

圖 13、ngrok 產生連結示意圖

當使用者訪問該公共 URL 時，Ngrok 服務器會轉發該請求到本地伺服器的指定埠，從而使使用者能夠訪問本地伺服器，從而實現遠端控制。透過訪問該 URL，使用者可以在網頁瀏覽器中打開 Node-Red 的使用者介面，並遠端控制和監控連接的硬體設備、執行自動化等任務，讓使用者可以透過網頁瀏覽器在任何地方使用並連接硬體設備、執行自動化任務等。

3-5 馬達控制

伺服馬達是一種具有能夠控制精確的位置和控制速度調節能力的特殊馬達。首先在樹莓派上安裝 Node-Red。將伺服馬達連接到樹莓派的 GPIO 引腳。一根是電源正極、一根是地線、一根是控制信號線。將伺服馬達的電源線接到適當的電源供應器，將接地線將三者連接起來形成迴路，然後將信號線連接到樹莓派的 GPIO 引腳。如圖 14、GPIO 電源、接地、訊號線接腳所示。

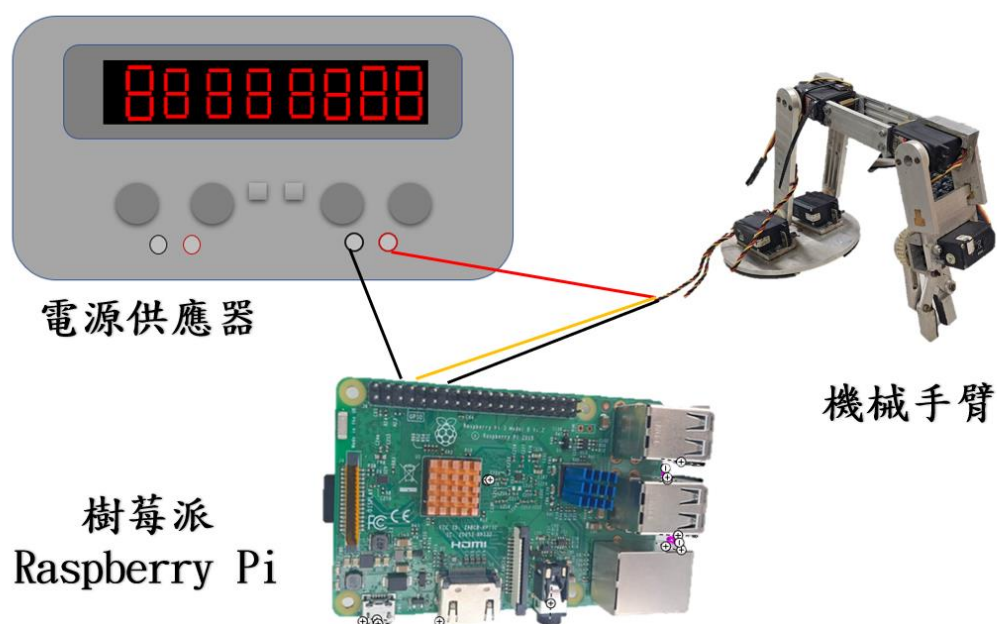


圖 14、GPIO 電源、接地、訊號線接腳

連接完成後設定節點參數，透過設定輸出通道和 PWM 信號的值，控制伺服馬達的位置和速度。完成流程的設計和參數設定後，點擊

「Deploy」按鈕來部署流程，使其生效。生效後可以使用 Node-Red 的控制元件如按鈕等來觸發伺服馬達的運動，藉此來控制伺服馬達。如圖 15、馬達功能架構圖所示。

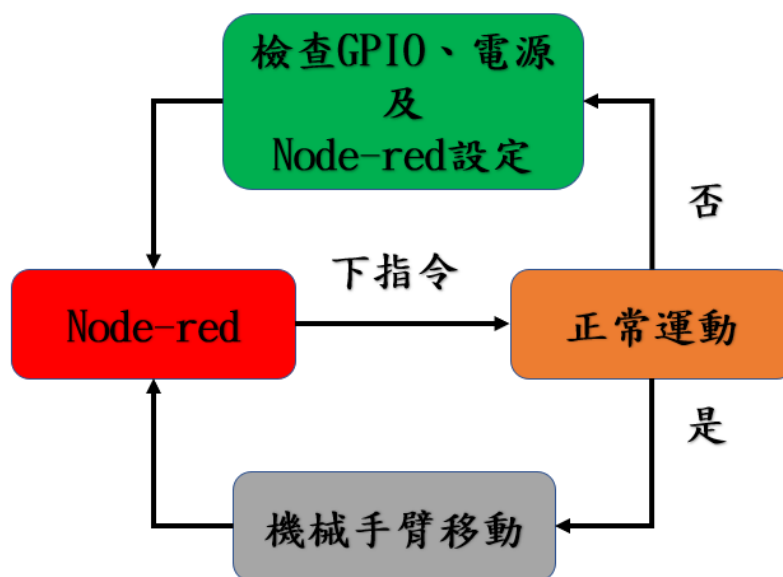


圖 15、馬達功能架構圖

第四章 系統硬體與軟體實作

4-1 軟體實作 樹莓派 Raspberry Pi 環境建設

首先進入到樹莓派 Raspberry Pi 官網下載環境燒錄器，開啟下載的檔案，樹莓派鏡像燒錄器。如圖 16、樹莓派鏡像燒錄器所示。



圖 16、樹莓派鏡像燒錄器

選擇操作系統 Raspberry Pi OS 32-bit，並選擇需要使用的 SD 卡後，點擊齒輪配置以後常駐使用的 Wi-Fi，Wi-Fi 國家選擇 TW，語言設置選擇 Taipei，鍵盤選擇 US，點擊燒錄，燒錄會清除原先 SD 卡的資料，確認 SD 卡沒有要做其他用途後點擊確定，樹莓派環境建置完成。

4-2 軟體實作 Wi-Fi 設定

輸入指令將下列改成自己未來將常駐使用的網路：

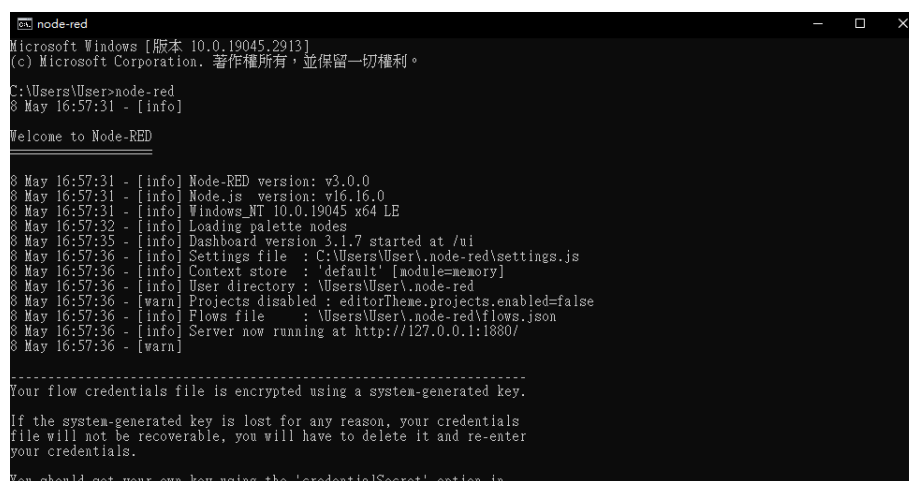
```
wpa-ssid : "網路名稱"
```

```
wpa-psk  : "網路密碼"
```

更改完成後點擊退出並儲存，新的 Wi-Fi 就設定完成了，退出後將樹莓派重新開機，樹莓派將會啟用新的 Wi-Fi 設定。

4-3 軟體實作 Node-Red 安裝及程式設計

打開命令提示字元(CMD)輸入安裝程式後即下載完成，下載完成後每次開啟前須在命令提示字元(CMD)中輸入:Node-Red，即可開啟編輯及使用。如圖 17、樹莓派上開啟 Node-Red 示意圖所示。



```
node-red
Microsoft Windows [版本 10.0.19045.2913]
(c) Microsoft Corporation. 著作權所有，並保留一切權利。

C:\Users\User>node-red
8 May 16:57:31 - [info]
Welcome to Node-RED

8 May 16:57:31 - [info] Node-RED version: v3.0.0
8 May 16:57:31 - [info] Node.js version: v16.16.0
8 May 16:57:31 - [info] Windows_NT 10.0.19045 x64 LE
8 May 16:57:32 - [info] Loading palette nodes
8 May 16:57:35 - [info] Dashboard version 3.1.7 started at /ui
8 May 16:57:36 - [info] Settings file : C:\Users\User\.node-red\settings.js
8 May 16:57:36 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
8 May 16:57:36 - [info] User directory : \Users\User\.node-red
8 May 16:57:36 - [warn] Projects disabled ; editorTheme.projects.enabled=false
8 May 16:57:36 - [info] Flows file : \Users\User\.node-red\flows.json
8 May 16:57:36 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
8 May 16:57:36 - [warn]

-----
Your flow credentials file is encrypted using a system-generated key.
If the system-generated key is lost for any reason, your credentials
file will not be recoverable, you will have to delete it and re-enter
your credentials.
You should set your own key using the 'credentialSecret' option in
```

圖 17、樹莓派上開啟 Node-Red 示意圖

開啟 Node-Red 後首先在 Node-Red 上安裝 dashboard 和

Raspberry Pi 節點，供後續做使用。拖動一按鈕和 rpi-gpio out 節點至流程內，編輯按鈕並輸入數字 1~9，如圖 18、butten 編輯節點所示。

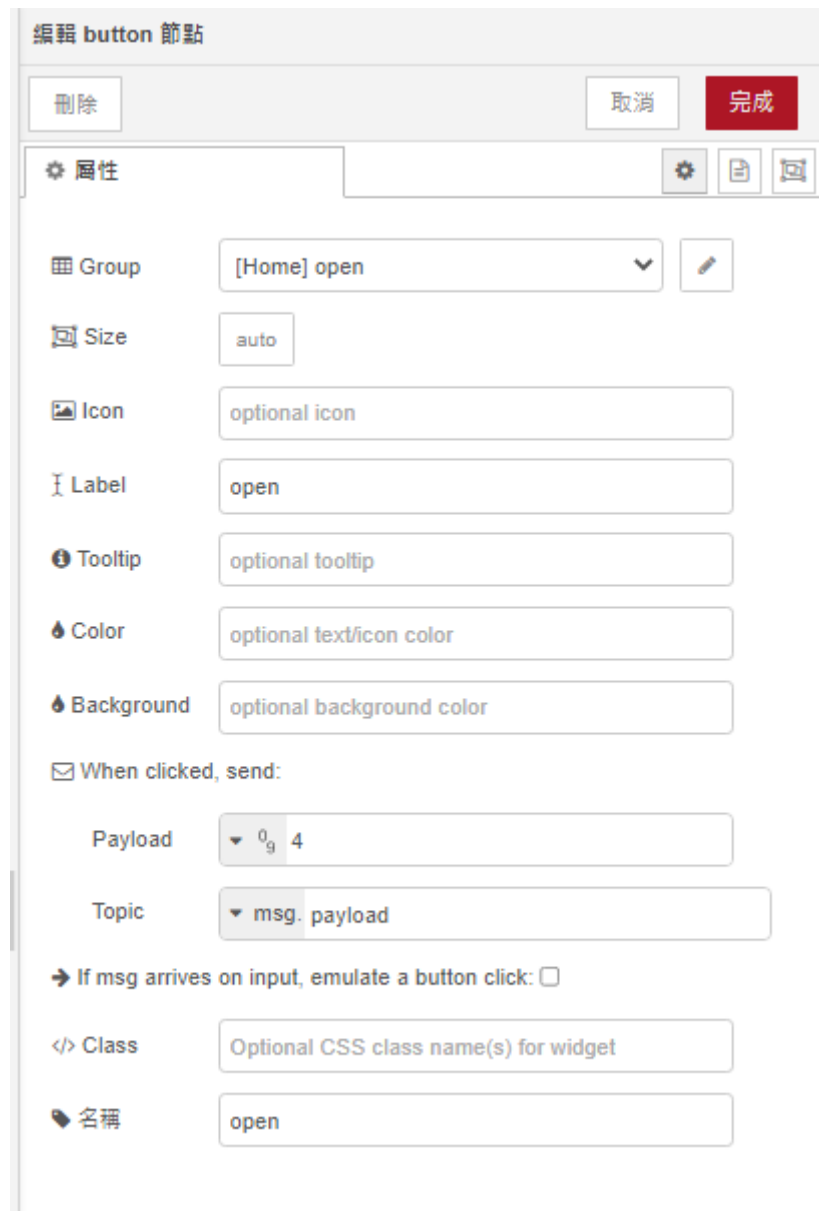


圖 18、butten 編輯節點

再編輯 rpi-gpio out，選擇作為輸出的信號腳位並將頻率調整至

60HZ，如圖 19、rpi-gpio out 編輯節點所示。

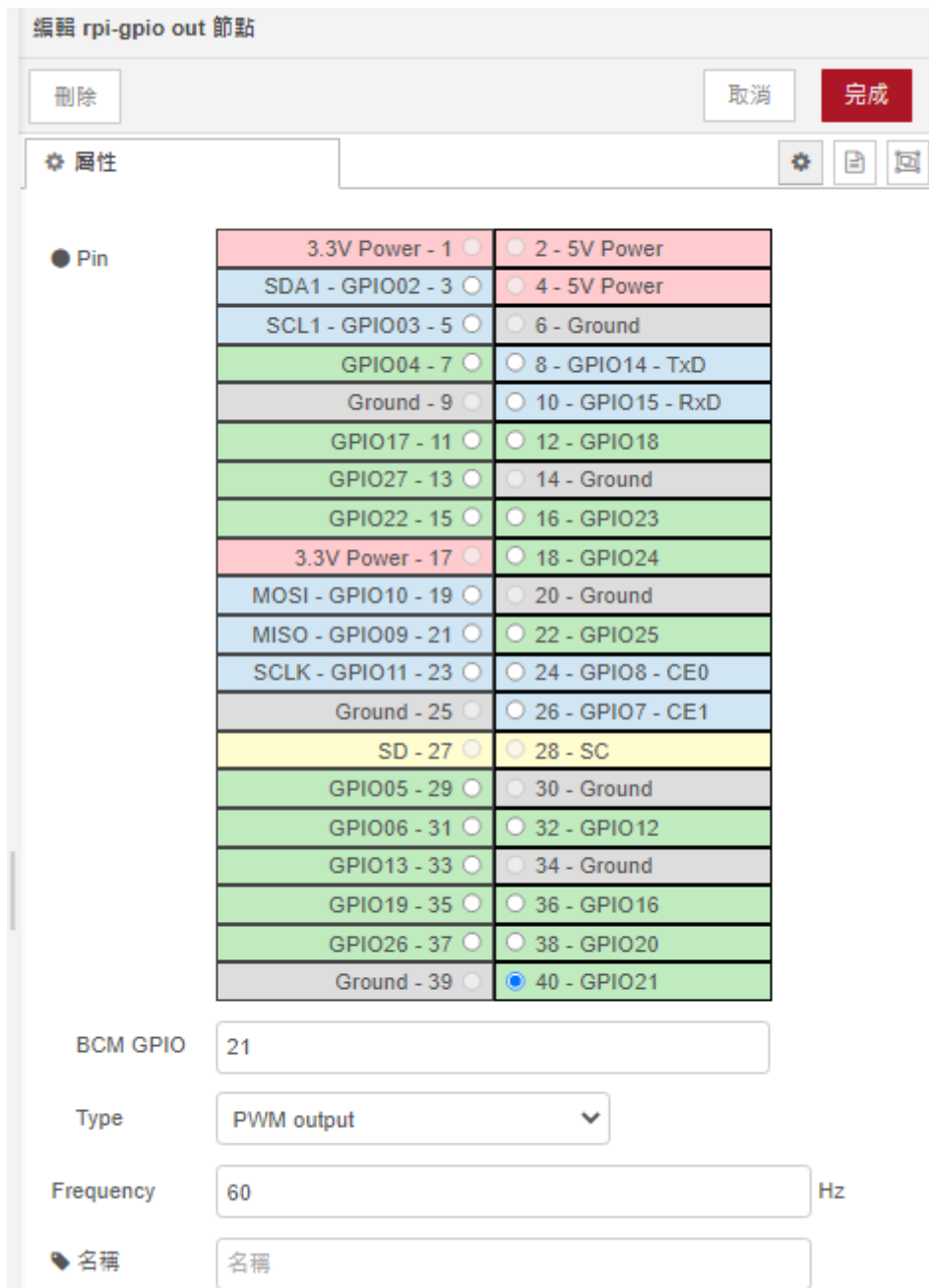


圖 19、rpi-gpio out 編輯節點

設定完成後將按鈕連接至 rpi-gpio out 開始測試，如圖 20、按鈕連接 GPIO 圖所示。



圖 20、按鈕連接 GPIO 圖

將電源、接地與訊號線連結後點擊按鈕，馬達隨即開始轉動至指定位置。在重複上述動作並且使用多個馬達時，切記請勿重複使用同個輸出腳位，否則將會造成輸出資源搶占，導致馬達抽搐或連續接收不同信號導致馬達持續移至訊號發送之指定位置，如圖 21、馬達 GPIO 腳位設定圖所示。

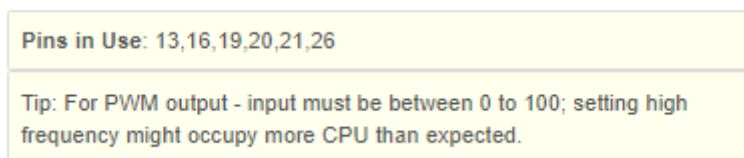


圖 21、馬達 GPIO 腳位設定圖

完成後即可開始透過馬達轉動角度來設計機械手臂外觀及結構。設計完成後，根據輸入的數字和馬達轉動的角度，逐一完成夾子開關、手臂提起放下和底座旋轉等功能後，即可控制機械手臂移至大致位置。將上述功能完成後，額外新增一功能，透過將數據儲存至資料庫，並在下次執行任務時，透過讀取資料庫數值完成累加

如圖 22、function 累加內容所示。

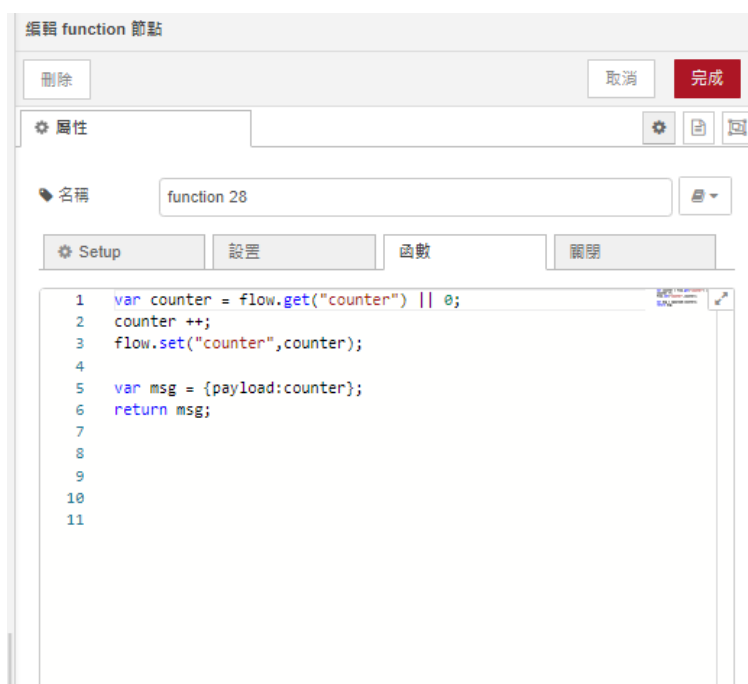


圖 22、function 累加內容

或者累減如圖 23、function 累減內容所示。



圖 23、function 累減內容

能夠將機械手臂做到更細微的控制，讓機械手臂的角度，能夠做到更細微的變化。透過將資訊存至 Node-Red 中的 flow 當中，流程中的 flow 是一個節點之間共用資料的資料庫。它類似於節點之間的全域變數，全域變數是在程式中可以在任何地方訪問和使用的變數，供使用者能夠遠端共用及時數據，可在整個流程中存取相同的即時資料。如圖 24、將資料存至資料庫概念圖所示。

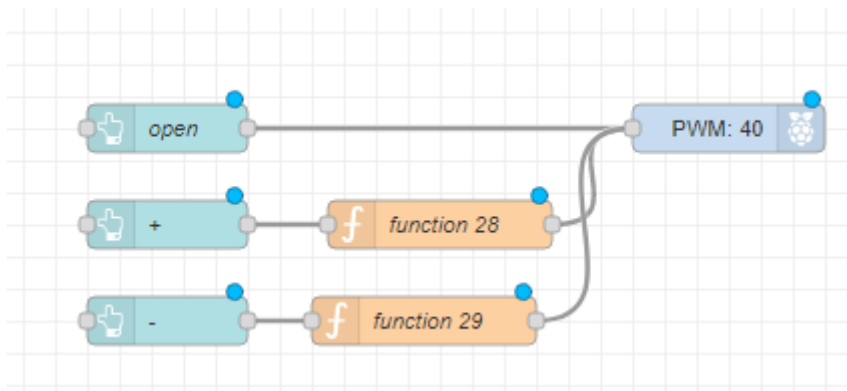


圖 24、將資料存至資料庫概念圖

完成後接下來將把攝像頭的即時畫面上傳到 Node-Red 中，供使用者透過即時畫面的反饋，更好的控制機械手臂。透過使用 ffmpeg 對攝像頭的影像進行處理，並使用 exec 節點執行外部程式，並且設定 exec 節點以執行 ffmpeg 命令，將攝像頭處理後的資訊輸出，在 exec 節點執行 ffmpeg 命令後，使用 base64 節點將處理後的資訊進行 base64 編碼。這樣可以將二進位資料轉換成可在

文本中傳輸的格式，最後用 template 節點編寫和設定自定義的文本範本，用於調整畫面輸出。最後生成的攝像頭資訊透過 HTTP 傳送到 Node-Red。上傳到 Node-Red 在 Node-Red 上可以使用相應的節點接收並處理該訊息，以顯示攝像頭畫面或進行進一步的處理。

如圖 25、將攝像頭即時影像傳至 Node-Red 概念圖所示。

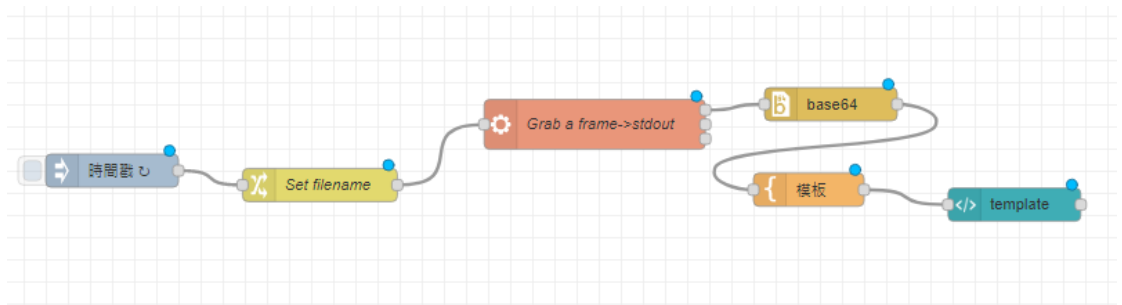


圖 25、將攝像頭即時影像傳至 Node-Red 概念圖

將上述功能完成後，Node-Red 軟體功能部分即完成。接下來將數值進行細微調整，如圖 26、Node-Red 流程最終成品圖所示。

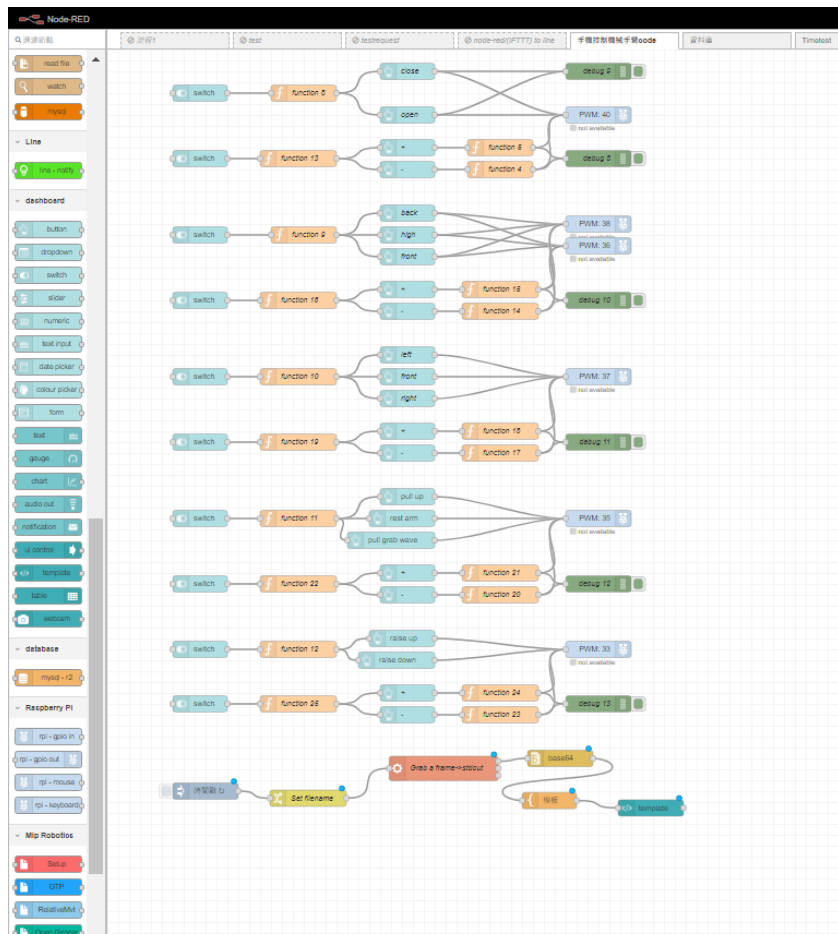


圖 26、Node-Red 流程最終成品圖

Node-Red /UI 使用者介面最終成品圖展示，如圖 27、Node-Red/UI 使用者介面功能測試圖所示。



圖 27、Node-Red/Ui 使用者介面功能測試圖

4-4 軟體實作 ngrok 網站架設

首先搜尋 ngrok，並創建一個帳號，點選 Linux(ARM64)進行下載，下載完成後在終端機上進行解壓縮並輸入指令，輸入授權碼與帳戶進行連接，網站架設軟件即安裝完成。接下來只需在每次開機後於終端機輸入 `./ngrok http 1880`，ngrok 會開始生成隨機網址，用戶只需輸入網址，並在網址最後加上 `/ui`，如 `http://<隨機生成的子功能變數名稱>.ngrok-free.app/ui`。即可透過協力廠商裝置遠程式控制制 Node-Red Ui 介面進行操作。

4-5 韌體實作 攝像頭安裝

將攝像頭至於 CSI 插孔後，打開終端機輸入 `sudo raspi-config` 以此設置和配置樹莓派的各種系統選項和設定，如圖 28、樹莓派 config 設定圖所示。

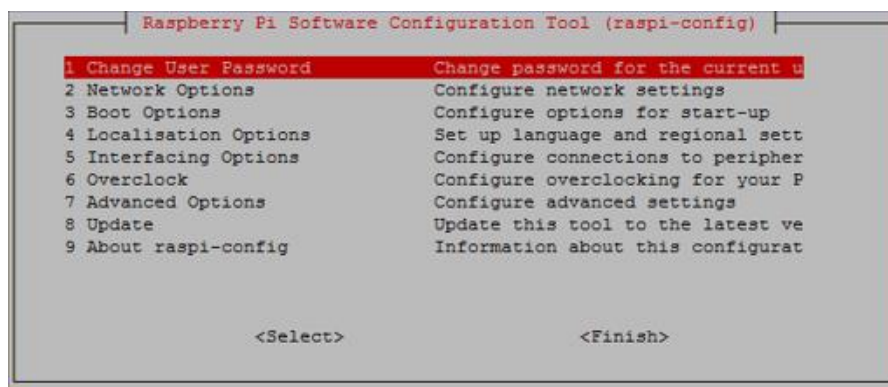


圖 28、樹莓派 config 設定圖

打開樹莓派 config 設定後，然後選擇 Interfacing Options，點選 Camera，點即開啟後確認存檔將樹莓派重新開機，樹莓派攝像頭即啟用。如圖 29、樹莓派攝像頭啟用確認所示。



圖 29、樹莓派攝像頭啟用確認

4-6 硬體實作 馬達安裝與機械手臂設計

根據馬達轉動角度設計機械手臂外觀及結構，根據輸入的數字和馬達轉動的角度，逐一完成夾子開關如圖 30、夾子設計所示。



圖 30、夾子設計

手臂提起放下如圖 31、手臂設計所示。

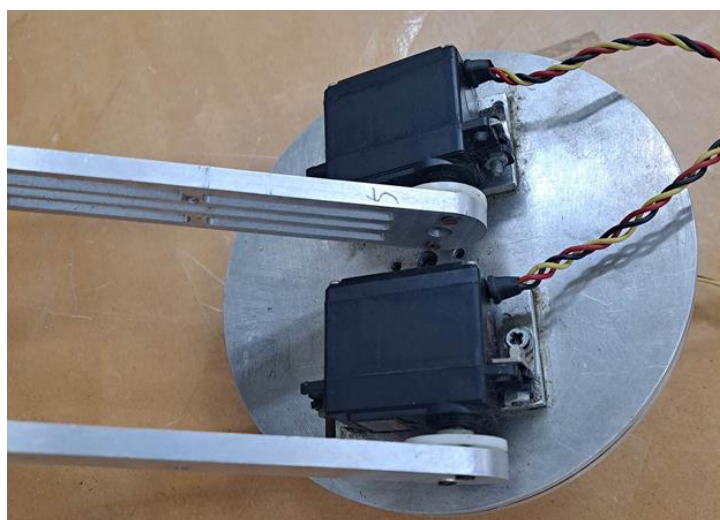


圖 31、手臂設計

和底座旋轉等功能如圖 32、底座設計所示。



圖 32、底座設計

第五章 系統功能測試

本專題將樹莓派開機後，打開命令提示字元(CMD)輸入 node-Red 將 node-Red 開啟，供使用者進入訪問。開啟後再次打開新一命令提示字元(CMD)，輸入 `./ngrok http 1880`。輸入完成後將會提供兩個網址供其他使用者從外部裝置進入訪問 Node-Red，輸入網址後在最後方額外輸入/ui，其他使用者即可透過手機在網頁上輸入網址後透過 Node-Red UI 介面遠程操控機械手臂並觀賞攝像頭即時影像。如圖 33、遠端控制 Node-Red 畫面所示。

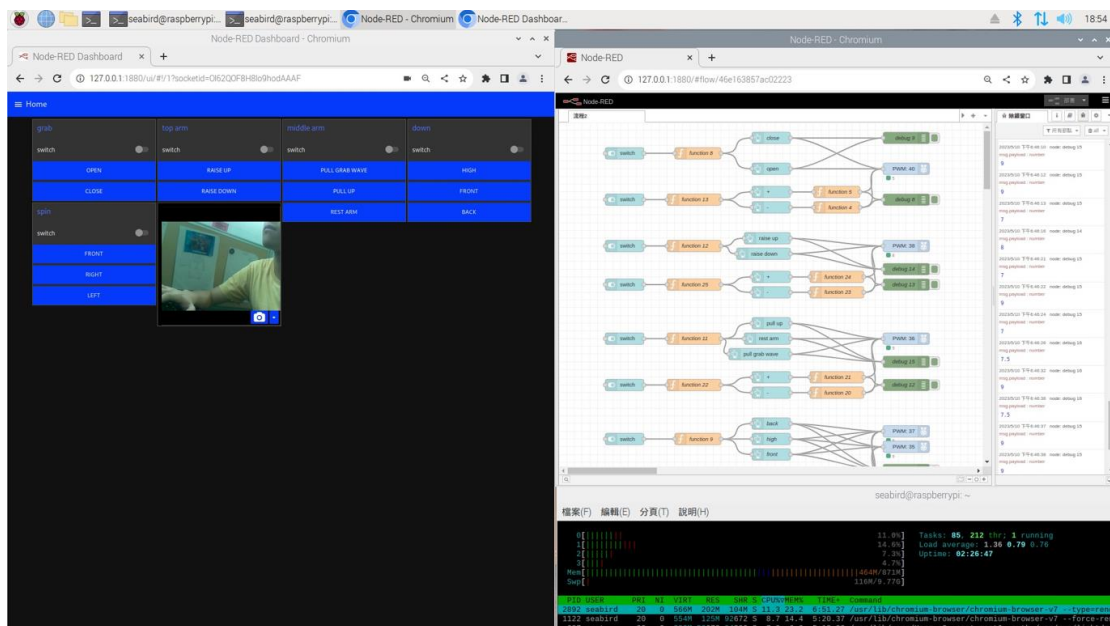


圖 33、遠端控制 Node-Red 畫面

第六章 結果與討論

手機控制機械手臂可以避免使用者進入危險的工作環境，減少意外和傷害的風險。使用者可以在遠程位置通過手機來控制機械手臂，無需直接接觸到機械手臂，提高使用者的操作的效率和安全性，同時手機做為一種普遍攜帶的設備，使用者可以隨時隨地通過手機來控制機械手臂，藉此降低維護時通勤的時間成本。但是手機控制機械手臂也存在一些挑戰和討論的問題，如延遲穩定性、精確性和準確性，並且安全性和隱私保護是重要考慮因素，通信時的加密和身份驗證機制成了保護系統的安全性和用戶的隱私的重要關鍵。因此，手機控制機械手臂需要考慮具體的應用場景、技術選擇等一系列因素。在實際應用中，需要進行更詳細的系統分析和測試，以確保手機控制機械手臂系統的性能、可靠性和安全性。

參考文獻

1. 工作人員太過靠近機械手臂(資料來源: bilibili):
<https://reurl.cc/RzOXrg>
2. Wi-Fi 運作原理:<https://reurl.cc/mDZI3j>
3. 所使用的架設網站:<https://ngrok.com/>
4. 網站運作原理:<https://reurl.cc/2L8W84> 、 <https://reurl.cc/M8XRNX> 、
<https://reurl.cc/jDRI1L>
5. 樹莓派使用:<https://reurl.cc/N0Gq0e>
6. 樹莓派攝像頭相關教學:<https://reurl.cc/p6ZL5x>
7. 伺服馬達使用規範與操作:<https://reurl.cc/65LNQd>