

臺北市立大安高級工業職業學校專題實作競賽

「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：黑白傳奇

關鍵詞：自動鋼琴、可調式、手機點歌

目錄

壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	1
參、主題與課程之相關性或教學單元之說明.....	2
一、壓接及配線.....	2
二、居家控制實習.....	3
三、雷射切割.....	3
肆、研究方法.....	3
一、研究時程.....	3
二、用到的硬體.....	4
三、相關軟體.....	6
四、硬體研究關鍵點.....	8
五、軟體研究過程.....	11
伍、研究結果.....	15
一、硬體結構.....	15
二、成果展示.....	16
陸、討論.....	20
一、馬達汰換問題.....	20
二、樂譜轉換精確度.....	20
三、馬達噪音問題.....	20
柒、結論.....	21
捌、參考資料及其他.....	22
附錄：作品分工表.....	22
附錄：競賽日誌.....	22

表目錄

表 1 黑白傳奇與傳統鋼琴比較.....	2
表 2 樹莓派.....	4
表 3 電源供應器.....	5
表 4 伺服馬達.....	5
表 5 PCA9685.....	6

圖目錄

圖 1 雷射切割.....	3
圖 2 樹莓派.....	4
圖 3 電源供應器.....	5
圖 4 MG90S 伺服馬達.....	5
圖 5 PCA9685 馬達控制器.....	6
圖 6 python[1].....	6
圖 7 Basic Pitch[2].....	6
圖 8 Vue.js[3].....	7
圖 9 Node.js[4].....	7
圖 10 Discord[5].....	7
圖 11 PYQT[6].....	7
圖 12 Visual Studio Code[7].....	7
圖 13 Blender[8].....	8
圖 14 RDWorksV8[9].....	8
圖 15 馬達白鍵(8).....	8
圖 16 馬達白鍵(全).....	8
圖 17 壓黑鍵木頭.....	9
圖 18 連接的壓克力.....	9
圖 19 控制板針腳焊接.....	9
圖 20 控制板地址焊接.....	9
圖 21 端子與號碼圈.....	10
圖 22 捲式束線帶.....	10
圖 23 改裝桌板.....	10
圖 24 校正偏移.....	11
圖 25 音檔轉換流程圖.....	12
圖 26 MIDI 可視化.....	15
圖 27 元件編排.....	15
圖 28 樹莓派壓克力盒.....	15
圖 29 機構架構.....	16
圖 30 機構外觀.....	16
圖 31 使用流程.....	17
圖 32 選擇歌曲.....	18
圖 33 選擇分類.....	18
圖 34 輸入指令.....	18
圖 35 播放歌曲.....	18
圖 36 停止指令.....	18

圖 37 停止播放.....	18
圖 38 上傳檔案.....	19
圖 39 輸入音樂名稱.....	19
圖 40 選擇種類.....	19
圖 41 選擇歌曲.....	19

【黑白傳奇】

壹、摘要

本專題開發了一款獨特的裝置，能夠自動彈奏鋼琴，結合了點歌網站、彈奏裝置，以及創新的 Discord 機器人點歌功能，為使用者帶來前所未有的音樂體驗。通過這個系統，使用者可以在專門設計的點歌網站上傳自己喜歡的音樂，想讓鋼琴演奏時，在網站上選擇喜愛的曲目，或透過 Discord 機器人下達點歌指令，裝置中的伺服馬達便會自動彈奏鋼琴。我們的平台不僅支持 midi 檔案的上傳還能 YouTube 連結。此外，裝置配備了專門設計的兩排伺服馬達，分別對應黑鍵和白鍵，以及一個螢幕來視覺化 midi 文件，使用者可以直觀地看到音符的下落，更深入體驗旋律的流動與節奏。

為了提高移動性和適應性，整個機構安裝在一個高度可調、易於移動的桌子上。這樣的設計使得裝置不僅能夠輕鬆移至不同的演奏場所，還可以通過調節馬達間距和桌子的高度，輕鬆適配各種型號和尺寸的鋼琴。以及模組化的設計，可以擴充適應不同鍵數的鋼琴。這一特點讓我們的專題不再局限於單一地點或特定型號的鋼琴使用。

貳、研究動機

在當代社會，耳機已成為主流的音樂聆聽方式，但它們通常無法提供與現場演出相匹配的音質和情感體驗。因此，我們開發了這款革命性的自動彈奏鋼琴裝置，旨在突破數位音樂的限制，重現音樂的細節和現場感。

與傳統的自動鋼琴相比，我們的裝置「黑白傳奇」具有多項顯著優勢。首先，「黑白傳奇」設計靈活，可調節以適配各種大小和型號的鋼琴，這一點在傳統自動鋼琴中是罕見的。此外，我們的裝置還配備了 midi 可視化螢幕，不僅增強了使用者的視覺體驗，也使得音樂的結構和節奏更加直觀，這對於音樂教育和表演均有莫大助益。再加上 Discord 機器人點歌功能，用戶可以更方便快捷地選擇和播放音樂，這在傳統自動鋼琴中是無法實現的。

表 1 黑白傳奇與傳統鋼琴比較

特點	黑白傳奇	傳統自動鋼琴
適配性	可調節以適配各種尺寸鋼琴	通常僅限特定型號鋼琴
靈活性	可以方便的移到任何需要表演的地方	需要移動整台鋼琴費時費力
控制方式	支持 Discord 機器人及網頁點歌	通常需要安裝專門 APP 控制
力度控制	能夠根據 MIDI 文件中的力度及節奏等資訊控制力度	使用電磁鐵控制力度控制困難
可視化	內置 midi 可視化螢幕	通常無可視化功能
成本	相對經濟，適合普通消費者	成本較高
演奏靈活性	可根據 midi 文件精確演奏	通常演奏曲目受限
音樂教育應用	midi 視覺化有助於學習和教學	缺乏教育輔助功能

通過這上表比較，我們可以看到「黑白傳奇」在多個方面都優於傳統的自動鋼琴，無論是在技術創新、使用便捷性還是成本效益上。我們的目標是將這款裝置推廣到更廣泛的應用領域，並持續優化其性能，以提供最佳的音樂體驗。

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、壓接及配線

為了滿足伺服馬達對電流的需求，我們利用學校高二學到的電工知識，選擇了合適厚度的電線，以確保電流傳輸的效率和安全性。通過精確計算每顆馬達的功率和整體系統的負載，我們確定了最佳的電線規格，以避免過熱或電壓損失。在壓接過程中，我們嚴格遵守了電工學的標準作業程序，確保每一個連接點都牢固可靠。這包括使用專業的壓接工具和技術，以及對每個連接點進行嚴格的檢查，確保沒有鬆動或短路的風險。此外，為了系統的整潔和維護方便，我們合理規劃了電線的走線，並使用捲式束線帶進行整理，以避免電線纏繞或干擾。這樣的佈局不僅美觀，也方便未來的維護和檢修。

二、居家控制實習

在「黑白傳奇」的製作過程中，我們巧妙地應用了高二居家控制實習中學到的知識，尤其是關於樹莓派和伺服馬達的運用。我們首先對樹莓派進行了基本的配置和程式設置，確保它能夠有效地控制伺服馬達，實現精確的鋼琴操作。

通過這次實習，我們成功地將理論與實踐結合，不僅增強了「黑白傳奇」的技術層面，也使其操作更加靈活和智能化，為使用者帶來更佳的音樂體驗。

三、雷射切割

在「黑白傳奇」的製作過程中，我們採用了學校高二教的雷射切割技術來製造和固定馬達的關鍵部件。此技術的應用不僅增強了機構的結構穩定性，同時也提升了設計的精確度。外殼部分選用了具有美觀質感的木板材料。在需要承受較大力量的部位，我們選擇了強度更高的壓克力材料。通過對雷射切割技術(如圖1)的應用，我們不僅提高了製作效率，也確保了組件的質量和整體設計的美觀性，這對於「黑白傳奇」的成功製作和運行起到了至關重要的作用。

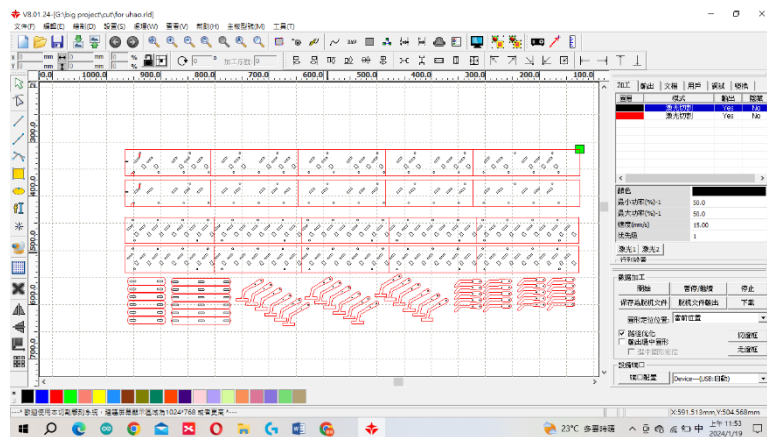


圖 1 雷射切割

肆、研究方法

一、研究時程

本專題「黑白傳奇」自六月中旬確定專題目標後，便開始了緊湊且有條不紊的製作過程。以下是詳細的研究時程：

(一)、六月下旬至九月初：

完成元件的決定和採購，包括伺服馬達、樹莓派、電源供應器等關鍵零件。機構的白鍵部分在這時完成。開始建模並設計出最終機構。完成控制馬達的程式撰寫，並開始對解析音檔的程式進行開發。

(二)、九月初至十月初：

開發控制網頁的程式，以及 discord 機器人。同時，完成機構的黑鍵部分，並整合黑鍵及白鍵。音樂可視化畫面的程式開發也在此階段啟動。

(三)、十月初至十二月中旬：

將伺服馬達組裝到桌子上，並整合電源供應器，樹莓派，螢幕等部件，並整合軟體及硬體，包括硬體組件和軟體系統的聯調。繼續進行詳細的系統測試，並根據測試結果進行必要的調整和優化，確保在展示和實際運用中的最佳表現。

二、用到的硬體

(一)、樹莓派

樹莓派 4B(如圖 2)是一款高效能且多用途的單板電腦，擁有強大的處理能力和豐富的連接性以及體積小巧低功耗等優點。在我們的自動鋼琴演奏系統中，樹莓派扮演著關鍵的中樞角色。主要的功能包含：負責接收和處理來自點歌網站的音樂數據，通過控制連接的伺服馬達，精準地驅動它們按壓鋼琴的相應鍵位，樹莓派同時控制螢幕上的 midi 可視化，即時顯示下落的音符，網站連接與數據傳輸。



圖 2 樹莓派

表 2 樹莓派

樹莓派	
電壓	5V
功耗	15W
處理器	Broadcom BCM2711
內存	8GB

(二)、電源供應器

在我們的自動鋼琴演奏系統中，電源供應器發揮著至關重要的作用。電源供應器(如圖 3)為系統中的所有電子組件(包括樹莓派、伺服馬達、PCA9685 等)提供穩定的 5V 電力。這是系統順利運作的基礎，確保所有組件都能在最佳狀態下工作。除了提供電力，電源供應器還具有保護作用，防止電路過載或短路。



圖 3 電源供應器

表 3 電源供應器

電源供應器	
輸入電壓	110、220V
輸出電流	40A
輸出電壓	5V

(三)、伺服馬達

伺服馬達(如圖 4)用於精確地驅動鋼琴的鍵盤。它們能夠按照特定的力度和速度按下鋼琴鍵，模擬真實的人手彈奏效果。系統中的伺服馬達分為兩排，分別負責按下黑鍵和白鍵，實現全鍵盤覆蓋。



圖 4 MG90S 伺服馬達

表 4 伺服馬達

伺服馬達	
驅動電壓	4.8~6V
工作扭矩	2.0kg(4.8v)
反應轉速	60°/0.11s
重量	13.6g

(四)、PCA9685

PCA9685(如圖 5)作為一款 16 通道 12 位元 PWM 控制器，透過 I2C 接口連接樹莓派，只需要少量的接腳就能對多達 16 個伺服馬達進行獨立的控制。這意味著每個馬達可以根據所需的特定動作獨立運作。PCA9685 支持多個設備的級聯，這意味著在需要更多伺服馬達來實現更複雜的演奏時，系統可以輕鬆擴展。

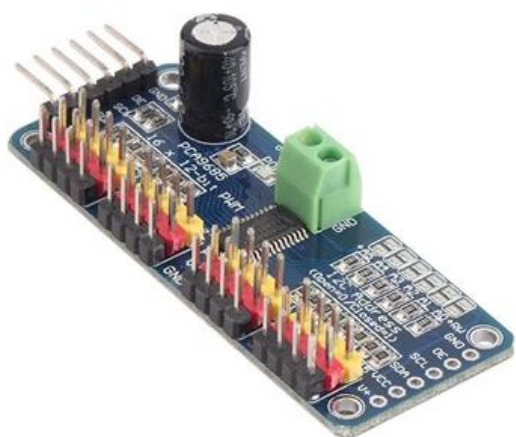


圖 5 PCA9685 馬達控制器

表 5 PCA9685

PCA9685	
驅動電壓	3.3~5V
邏輯電壓	3.3V
驅動電流	3A
最大功率	30W

三、相關軟體

(一)、Python

Python(如圖 6)作為主要的編程語言，用於樹莓派上來控制伺服馬達的運動。Python 腳本可解析從點歌網站接收到的 MIDI 檔案或指令，將音樂數據轉換為伺服馬達的具體動作。

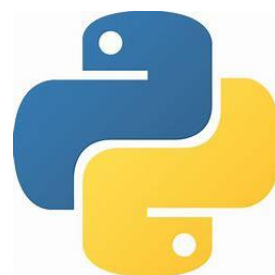


圖 6 python[1]

(二)、Basic Pitch

Basic Pitch(如圖 7)是一個處理聲音並將其轉換為 MIDI 數據的 Python 函式庫。該函式庫可以將錄音的音頻數據轉換為 MIDI 數據。這意味著它可以識別錄音中的音符，並將它們轉換為 MIDI 格式，這種格式廣泛用於音樂製作和編輯。在我們專題中負責把 youtube 下載的音檔轉換成 midi。



圖 7 Basic Pitch[2]

(三)、Vue.js

Vue.js(如圖 8)是一個進階的 JavaScript 框架，用於創建動態和互動性強的用戶界面。在我們的專題中，Vue.js 被用於開發點歌網站的前端界面，如上傳和刪除歌曲列表、播放控制等。



圖 8 Vue.js[3]

(四)、Node.js

Node.js(如圖 9)是一個基於 Chrome 引擎的 JavaScript 運行環境，用於構建輕量級且高效的後端服務。在我們的專題中，Node.js 被用於建立和管理後端服務器，處理來自前端的請求。例如，它可以用於接收用戶在前端選擇的曲目並傳送至樹莓派進行處理和播放。

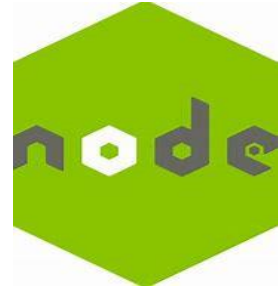


圖 9 Node.js[4]

(五)、Discord.py

Discord.py (如圖 10)是一個用於建立與 Discord 應用程式溝通的 Python 函式庫。它允許開發者創建機器人，這些機器人可以在 Discord 服務器上執行各種任務，如回應指令、管理訊息等。在我們的專題「黑白傳奇」中，Discord.py 扮演了關鍵角色，使我們能夠創建一個功能豐富的 Discord 機器人。



圖 10 Discord[5]

(六)、PYQT

PyQt(如圖 11)提供了一套豐富的工具和控件，用於開發直觀且互動性強的用戶界面。在我們專題中，它被用來創建顯示音符下落、鍵盤按鍵亮起等視覺效果，讓用戶能夠看到即將被演奏的音符，增強體驗的互動性和趣味性。



圖 11 PYQT[6]

(七)、Visual Studio Code

在我們的專題「黑白傳奇」中，Visual Studio Code(如圖 12) (VS Code) 作為一款功能強大的代碼編輯器，發揮了極其重要的作用。專案所有程式碼包括控制網頁，馬達控制程式，音檔處理，MIDI 可視化都是由 VS code 完成的。VS Code 的 SSH 遠程開發插件允許我們直接在本地編輯器中編寫代碼，通過 SSH 將代碼上傳到遠程的樹莓派伺服器。



圖 12 Visual Studio Code[7]

(八)、Blender

Blender(如圖 13)是一款受歡迎的開源 3D 建模渲染引擎。它在我們專題中被用於製作機構的 3D 模型，以及輔助設計，讓我們能精確地評估專案的可行性。以及提升報告的精美度。



圖 13 Blender[8]

(九)、RD Works V8

RD Works V8(如圖 14)是一款功能強大的雷射切割軟體，支持從簡單到複雜的切割任務。軟體提供直觀的設計界面，允許我們精確地繪製和布局切割圖形，並設定合適的切割參數，如切割速度、功率和精確度。我們利用 RD Works V8 進行零件的設計和佈局，並精確地控制雷射切割機的操作，以確保零件的質量和一致性。



圖 14 RDWorksV8[9]

四、硬體研究關鍵點

(一)、馬達白鍵製作

在確認好專題的製作內容後，我們開始著手製作馬達按壓琴鍵的結構，從一開始的 8 鍵(如圖 15)，為了將按鍵模組化，我們將白鍵的部分 7~8 個馬達為一組，總共 5 組，(如圖 16)為 35 個白鍵的第一個版本，後續還有做更多的優化及調整。

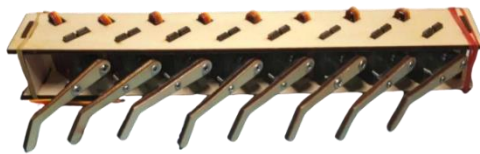


圖 15 馬達白鍵(8)

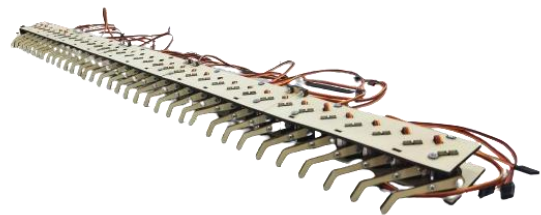


圖 16 馬達白鍵(全)

(二)、馬達黑鍵製作及連接

放置馬達黑鍵的結構大致與白鍵相同，只差在琴鍵的數量不同，按壓黑鍵的部分(如圖 17)由於鋼琴黑鍵的尺寸較小，而且按壓黑鍵的部分是由按壓白鍵的部分延伸出去的，為了更穩定的按壓黑鍵，我們延長了按壓黑鍵的木頭。

在連結馬達模組的部分(如圖 18)，我們使用了壓克力並在上方開長條形的洞，如此一來便可依照不同鋼琴調整避此之間的寬度，來適配各種鋼琴。



圖 17 壓黑鍵木頭



圖 18 連接的壓克力

(三)、馬達驅動版銲接

在馬達控制板輸入以及輸出的地方銲上排針(如圖 19)，並插上杜邦線，以串接的形式將資料從樹莓派傳送到馬達控制板，為了讓樹莓派可以辨識不同控制板，我們在控制板的地址那邊藉由短路不同的接點(如圖 20)，讓每一塊控制板可以分開做不同的動作。

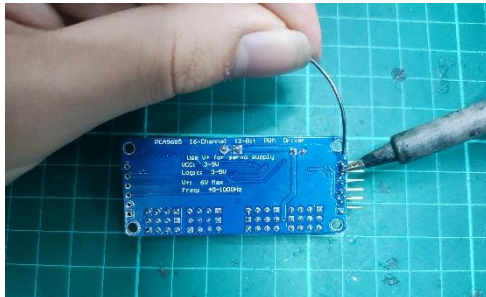


圖 19 控制板針腳銲接

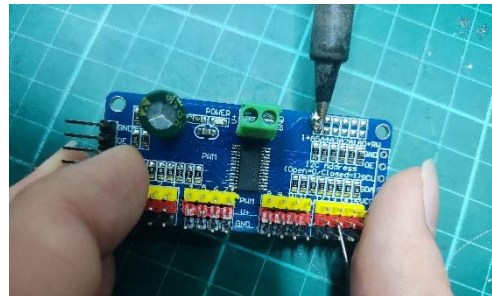


圖 20 控制板地址銲接

(四)、電路配線壓接

為了供應伺服馬達電流，我們利用 1.25mm² 的絞線將控制板的電源輸入連接到電源供應器，我們還套上了號碼圈(如圖 21)，讓以後需要拆線或是線路維修都可以更清楚的知道線要怎麼接，並用捲式束線帶整線(如圖 22)，讓整體看起來乾淨俐落。



圖 21 端子與號碼圈

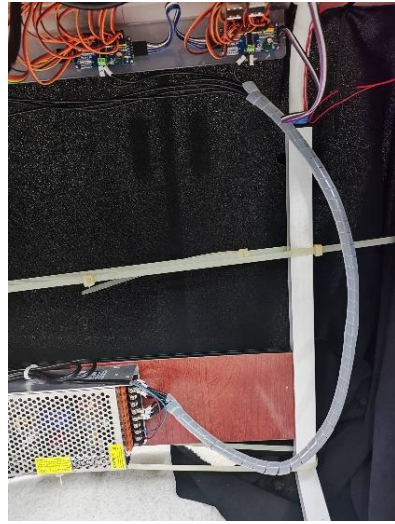


圖 22 捲式束線帶

(五)、改裝桌子及桌板

為了將馬達的電源及控制線拉到桌板下方，我們切了四條熱狗型的洞並在桌板打了四個洞(如圖 23)，利用螺絲將桌板固定到桌子金屬的柱子。



圖 23 改裝桌板

五、軟體研究過程

(一)、馬達驅動及控制

Adafruit_PCA9685.PCA9685 類用於生成精確的 PWM 信號，這是控制伺服馬達角度的關鍵。每個伺服馬達控制板可以通過調節 PWM 信號的脈寬來精確控制馬達的角度。並重新封裝 Adafruit_PCA9685，提供了高效的方式來存儲和更新每個馬達的狀態。實現根據同時控制多顆馬達，根據需要用到的力度和馬達當前角度等算出目標角度、速度，實現力度控制，讓函式庫更符合我們的需求。

此外，我們還開發了一套馬達校準歸零程式(如圖 24)。這一程式的主要目的是確保每個馬達都能夠在開始演奏前被精確地定位到其正確的初始位置。這一步驟對於確保演奏的精準度和一致性至關重要。透過這一校準過程，我們能夠確保每次演奏都能達到預期的質量和效果。

```
pi@raspberrypi:~ $ python servo_adj.py
請輸入要調整的馬達和偏移值 3 14
馬達 3 調整至 14 度
請輸入要調整的馬達和偏移值 6 -10
馬達 6 調整至 -10 度
請輸入要調整的馬達和偏移值 6 3
馬達 6 調整至 -7 度
請輸入要調整的馬達和偏移值 5 6
馬達 5 調整至 6 度
請輸入要調整的馬達和偏移值 4 -3
馬達 4 調整至 -3 度
請輸入要調整的馬達和偏移值 q
儲存成功
pi@raspberrypi:~ $
```

圖 24 校正偏移

(二)、音檔轉換

音檔轉換流程圖如下：

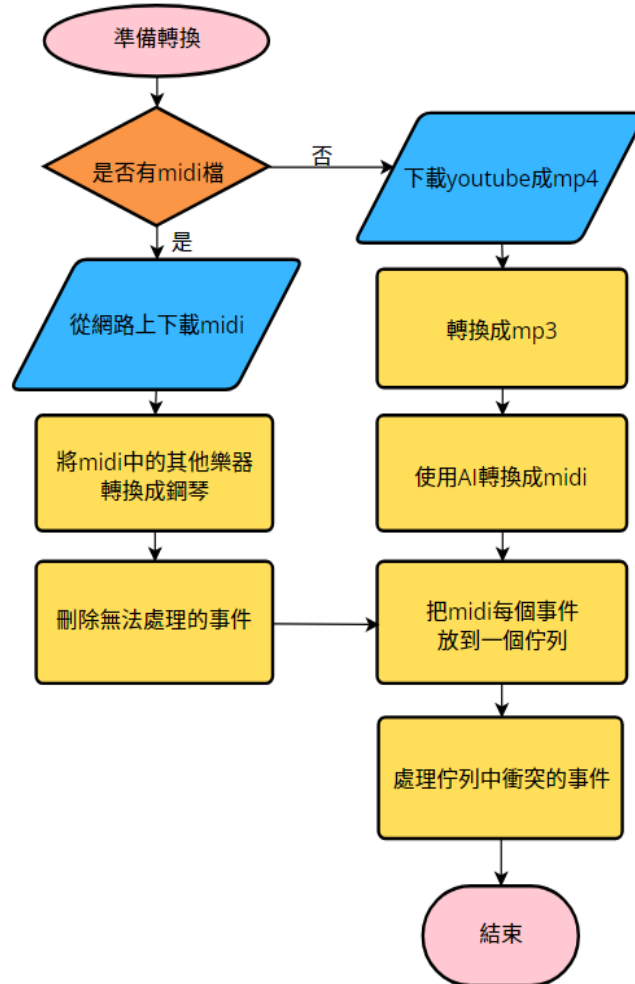


圖 25 音檔轉換流程圖

我們音檔轉換分為兩個情況：

1、有 MIDI 檔案：

使用 python 函式庫 pytube 將 mp4 檔案從網路上下載下來，再轉換成 mp3 檔案，然後使用 basic pitch 函式庫將 mp3 轉換成 midi。

2、有 youtube 連結：

使用 python 函式庫 pytube 將 mp4 檔案從網路上下載下來，再轉換成 mp3 檔案，然後使用 basic pitch 函式庫將 mp3 轉換成 midi。

有了 midi 檔案候用 mido 庫中的 MidiFile 類來讀取 MIDI 檔案。MIDI 檔案包含了一系列的音軌，每個音軌又包含了多個音樂事件，如音符開始、音符結束、節奏變化，以及特殊事件如踏板事件等。使用 mido 函式庫逐步解析每個音軌中的事件。在解析過程中，每當遇到音符開始或結束的事件時，程式會記錄下相關資訊，例如音符的高度、力度和發生時間。根據這些資訊，程式會計算伺服馬達需要轉動的角度和力度。例如，不同高度的音符對應到鋼琴上不同的鍵，因此需要控制不同的伺服馬達，踏板事件視為聲音的延長所以需要按著琴鍵，跟真實的鋼琴一致。程式還需要考慮音符之間的重疊和連貫性。例如，在多個音符快速連續時，相關的馬達動作需要特殊處理，以避免不自然的斷音和延遲。MIDI 檔案中的時間資訊是以節拍為單位的。程式需要將這些節拍轉換為實際的時間間隔，這樣才能在正確的時刻控制馬達動作。最終將所有馬達的事件儲存到一個佇列之中，在需要用到時遍歷佇列控制馬達，就可以實現播放音樂。

(三)、控制網頁及伺服器

我們使用 Vue.js 框架來開發控制網頁，該頁面允許用戶遠程選擇歌曲、控制音樂播放和查看即時 MIDI 可視化。Node.js 伺服器後端負責處理來自控制頁面的請求，包括歌曲選擇、播放控制和數據傳輸。我們在伺服器上部署了 Python 程式，以接收來自網頁的指令。

(四)、Discord 機器人

程式中實現了幾個 Discord 指令，例如 /播放音樂、/停止 和 /測試，允許用戶直接透過指令來控制音樂播放。程式碼還包括了分類選擇和翻頁功能。用戶可以從不同的音樂類別中選擇，並在大量音樂文件中翻頁尋找。這增加了用戶體驗的便利性和互動性。

(五)、內網穿透

為了實現「黑白傳奇」專題的遠程訪問和控制功能，我們採用了 SSH 反向隧道和 Nginx 伺服器的組合方案。這種設置使得即使在內網環境下，也能夠將樹莓派與外部網絡連接，從而達到隨時隨地通過域名訪問控制系統的目的。

1、SSH 反向隧道的設置：

我們在樹莓派上設置了 SSH 反向隧道。這種隧道允許從樹莓派主動發起連接到外部伺服器，從而建立一條從內網到外部伺服器的通信路徑。這樣，即使樹莓派位於防火牆或 NAT 後面，我們

也能通過訪問外部伺服器來間接連接到樹莓派。

2、Nginx 伺服器的配置：

在外部伺服器上，我們配置了 Nginx，一種高性能的 HTTP 和反向代理伺服器。Nginx 被設置為監聽來自 SSH 隧道的請求，並將這些請求轉發至樹莓派。這樣，當用戶訪問我們的域名時，Nginx 會將請求通過 SSH 隧道轉發到樹莓派。

通過這種設置，我們確保了「黑白傳奇」專題的控制系統能夠安全且高效地從任何地方訪問，無論樹莓派位於何種網絡環境。

(六)、MIDI 可視化

在專題「黑白傳奇」中，MIDI 可視化是一個核心功能，旨在將音樂轉化為視覺效果，並與實際的演奏同步。以下是實現這一功能的具體步驟：

1、樹莓派的 HDMI 輸出：

我們使用樹莓派的 HDMI 輸出來顯示 MIDI 可視化的界面。這使得可視化的輸出能夠顯示在任何標準的顯示器或電視上。使用 PyQt，我們開發了一個圖形用戶界面，這個界面被配置為在樹莓派啟動時自動啟動並全螢幕顯示

2、生成美觀的畫面：

我們在 PyQt 界面上創建了一組代表鋼琴鍵盤的圖形元素，包括白鍵和黑鍵。另外，為了使界面更具視覺吸引力，琴鍵、背景、音符長條都使用 css 實現漸變的效果。這種漸變背景使得視覺效果更加平滑且富有現代感。

3、音符的視覺化與馬達控制：

在 PyQt 界面上，音符被視覺化為從上方掉落的長條(如圖 26)，這些長條會向下移動，模仿音符落下的軌跡。每個掉落的長條代表一個特定的音符，其水平位置對應於鋼琴鍵盤上的相應鍵位。當長條接觸到其對應的琴鍵時，系統發出控制信號，觸發相應的伺服馬達動作，從而實現對應音符的演奏。

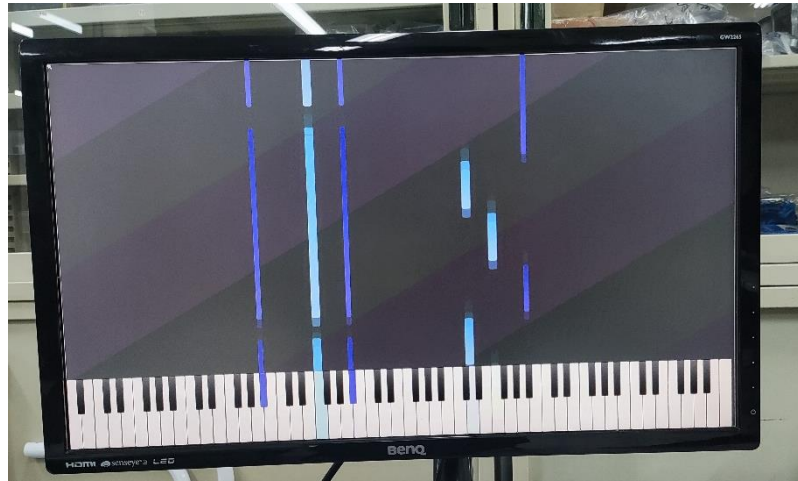


圖 26 MIDI 可視化

伍、研究結果

一、硬體結構

本專題為了達到便利性的效果採用了可移動式的桌子作為「黑白傳奇」的主要架構。

「黑白傳奇」的機構是在一台桌子上組裝而成，我們透過雷射切割壓克力板，再加熱壓製出適合樹莓派和 PCA9865 擺放的外框(如圖 28)並將其鎖在桌子正下方處，電源供應器則固定在位於桌子底部的木板上(如圖 27)。將電源供應器放在此處不僅讓供電線路更加的順暢，後續整線也比較容易，重心也因為放在下方中心而更加穩固。

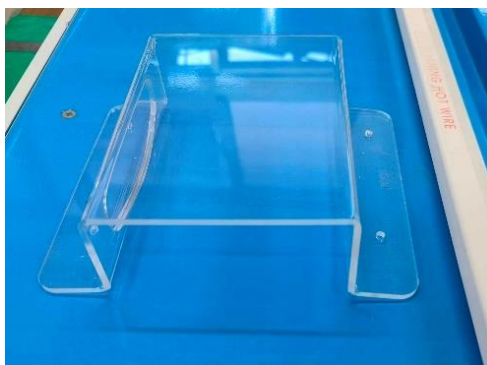


圖 28 樹莓派壓克力盒

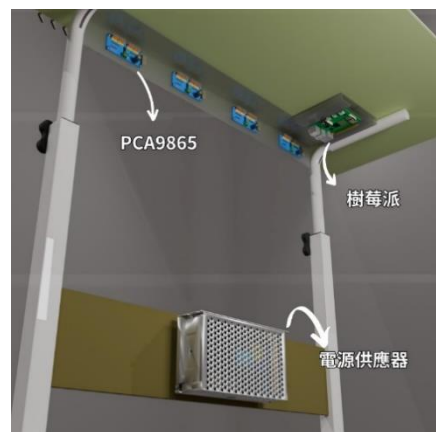


圖 27 元件編排

我們在桌子上方前端放置黑白鍵的彈奏裝置，在桌子中央配置了一台由螢幕支架支撐的螢幕，螢幕支架具有 360 度轉動的功能讓使用者可以從不同的角度觀看琴鍵下落的畫面(如圖 29)。

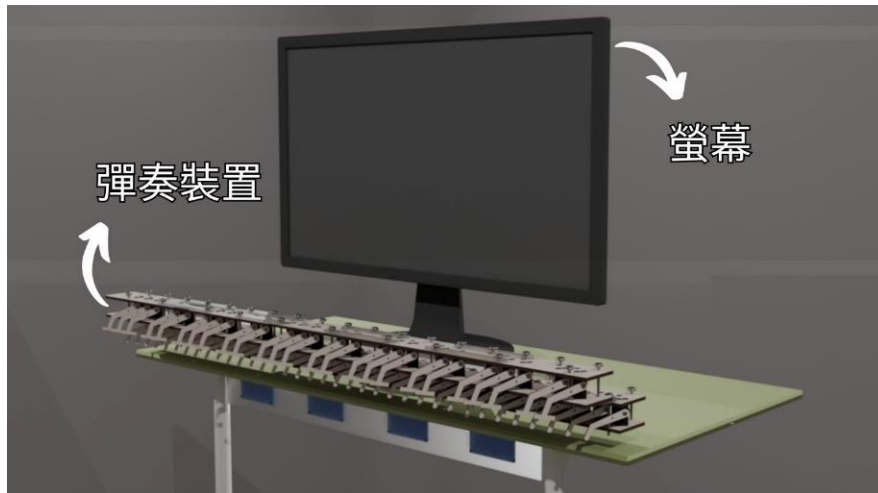


圖 29 機構架構

二、成果展示

(一)、彈奏裝置

點選想要撥放的歌曲後，等待片刻後樹莓派便開始控制馬達彈奏出音樂，同時螢幕也同步顯示按下的琴鍵，不僅滿足使用者的聽覺享受，也提供了視覺上的豐富盛宴(如圖 30)



圖 30 機構外觀

將機構就定位後即可開始點歌，可以選擇要用網頁控制或是使用 Discord，使用流程(如圖 31)。

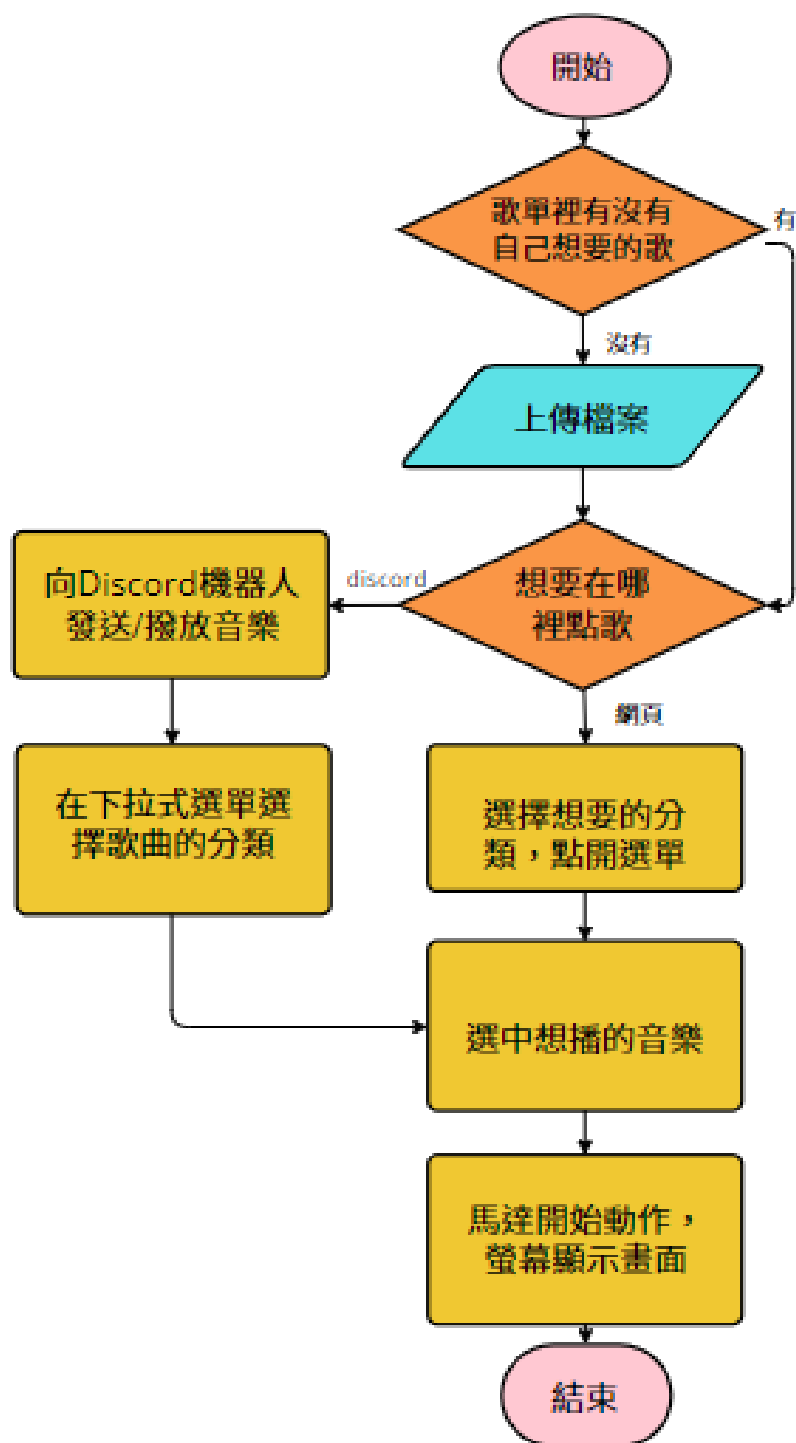


圖 31 使用流程

(二)、點歌畫面

1、Discord



圖 32 輸入指令

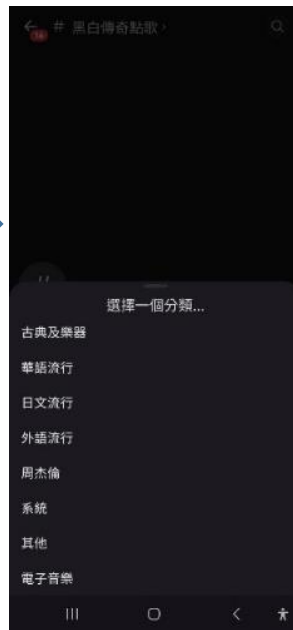


圖 33 選擇分類



圖 34 選擇歌曲



圖 37 停止播放



圖 36 停止指令



圖 35 播放歌曲

2、網頁



圖 38 上傳檔案



圖 39 輸入音樂名稱



圖 41 選擇歌曲



圖 40 選擇種類

陸、討論

一、馬達汰換問題

在機械設計領域，維修和更換關鍵零件的便利性至關重要。尤其是對於伺服馬達這類核心組件，它們在系統運作中扮演著關鍵角色，因此應當設計為易於快速更換。然而，在我們的設計中，為了確保馬達的穩固安裝，我們忽略了其更換的便利性。這在實際應用中可能會導致維修時間的延長和維護難度的增加，未來的設計改進應著重於提升馬達模組的可拆卸性和更換效率。

二、樂譜轉換精確度

在自動鋼琴演奏系統中，從音檔轉換到 MIDI 格式的精確度對演奏質量具有決定性的影響。我們目前所採用的技術在這方面已經表現出色，但仍存在進一步優化的空間。一種潛在的改進方法是直接使用 MIDI 檔案，這樣可以避免轉換過程中可能出現的質量損失。此外，考慮到音頻至 MIDI 的轉換算法仍有提升空間，未來的工作可以探索更先進的轉換技術，以增強系統對音樂細節的捕捉能力。

三、馬達噪音問題

在自動鋼琴演奏系統中，伺服馬達運行時產生的噪音可能會影響用戶的聽覺體驗，尤其是在需要安靜環境中欣賞音樂時。因此，尋找減少噪音或有效隔音的方法變得尤為重要。一個潛在的解決方案是使用低噪音馬達，或者在馬達周圍添加吸音材料以降低噪音傳播。然而，這些改進措施可能會帶來額外的成本，需要在性能提升和成本控制之間找到平衡點。未來的設計改進應考慮成本效益比，同時尋求創新的隔音材料或設計策略。

柒、結論

本專題「黑白傳奇」的完成，不僅是技術成就的展現，更是團隊合作和學習成長的見證。在這個過程中，我們每位組員都學到了許多新的知識和技能，從硬體的結構設計到軟體的程式編寫，每一步都充滿了挑戰與創新。合作對於本專題的成功至關重要。我們通過集體討論解決問題、分工合作進行研究，並互相支持，共同克服了許多技術和設計上的難題。這不僅增強了我們的團隊合作能力，也加深了我們對電機和電子領域的理解。完成這個專題給我們帶來了巨大的成就感。從最初的概念到最終的實現，「黑白傳奇」不僅是一個自動鋼琴演奏系統，它更是我們努力、智慧和創造力的結晶。看到它能夠實際運作，並提供一種全新的音樂體驗，我們感到無比自豪。此外，這個專題的前景非常廣闊。在技術不斷進步的今天，結合音樂與自動化技術的應用潛力巨大，無論是在教育、娛樂還是藝術表演領域。我們相信，隨著進一步的改進和創新，「黑白傳奇」可以帶來更多的可能性，開啟音樂與科技融合的新篇章。這次專題製作不僅使我們技術上有所提升，更加深了我們對團隊協作和創造力重要性的認識。我們期待著將這些寶貴的經驗應用到未來的學習和創新中，繼續探索科技與藝術的無限可能。

捌、參考資料及其他

1. →python. <https://zh.m.wikipedia.org/wiki/File:Python-logo-notext.svg>
2. → Basic Pitch. <https://engineering.atspotify.com/2022/06/meet-basic-pitch/>
3. →Vue.js. https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Vue.js_Logo_2.svg
4. → Node.js. <https://www.redbubble.com/i/postcard/Node-js-Logo-by-th1341/16931604.V7PMD>
5. →Discord. <https://discord.com/branding>
6. →PYQT. <https://www.logo.wine/logo/PyQt>
7. →Visual Studio Code.
https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Visual_Studio_Code_1.35_icon.svg
8. →Blender.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blender_logo_no_text.svg
9. →RdwoksV8. <https://www.print3dd.com/product/rdworks-v8/>

附錄：作品分工表

附錄：競賽日誌