

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

第三名

052318

結合物聯網與低功無損音樂傳輸的智慧書架音響

學校名稱：臺北市立內湖高級工業職業學校

作者： 職二 莊靜雯 職二 許雅媛 職二 陳育萱	指導老師： 陳永華
---	------------------

關鍵詞：真空管音響、樹莓派

摘要

本專題設計一個音樂展示書架，結合射頻無線傳輸技術(RFid)感應在音樂 CD 上的射頻標籤，再透過低功耗藍芽傳輸技術(BLE)來傳輸資料給樹莓派媒體中心，透過資料庫程式去搜尋無損音樂庫中相對應的音樂，最後以高傳真數位類比轉換器(HiFi DAC)還原聲音的類比信號再傳輸至真空管擴大機。以既方便又無損害音質的方式來呈現大家所熟悉的藍芽音響。同時為了讓這項商品能夠應用在商業展示場合與藝術人文空間，我們讓播放音樂就如同向大家展示一張音樂 CD 一樣，只是將之放置在一個木質書架。且為了讓書架不需要插電或是充電，我們採用低功耗的藍芽傳輸並配合深眠模式，做出僅使用室內光源就能夠使用的智慧書架，更適合安置在一些不希望電線裸露出來的藝文空間。

壹、研究動機

在基本需求滿足後，現代人更講求生活的品質，想當然音樂也不例外。當在擁有基本的播放功能後，人們是否會追求更高的音樂品質？答案當然是肯定的。生活中，無線音響已成為人們生活中隨處可見的產品了，但市面上的無線音響大多只追求多功能與方便性，卻缺少了音質，我們希望將高音質與質感、方便性兼具的音響。

在這個現代智慧型手機普及的年代裡，用手機畫面點選音樂後連線到藍芽裝置來播放音樂再普通不過了。而我們則想要讓使用者回到那個「把玩」音樂的年代，將自己珍藏的專輯拿在手上，慢慢回憶當初將它購買回來的那天，或是與朋友訴說這張唱片的故事。接著宛若供奉一般的將唱片放置在書架上，就能夠在充滿溫度的真空管音響上聽到悠揚的歌聲。

貳、研究目的

一、追求更高的音樂品質

1. Flac：本音樂格式可以達到原版 CD 的音質，不造成任何損耗。
2. HiFi DAC：取代樹莓派原先的音效卡，使樹莓派輸出音樂不造成損耗。
3. 真空管：使傳輸損耗降至最低，甚至達到無損耗。
4. 書架簡潔外觀與無線便利操作兼具的音響

二、書架簡潔外觀與無線便利操作兼具的音響

1. 原木書架：在原木書架中擺入 esp32、太陽能板及鋰電池，藉太陽能板達到 esp32 電力自給自足的功能，不僅更加省電也達到了美觀作用。
2. RFID：此設計讓使用者僅放上 CD 專輯便能播放音樂，提高了本作品的方便性及使用時的情致。

參、研究設備及器材

一、軟體環境

名稱	版本	用途
Arduino	1.8.13	撰寫感應程式
Thonny python	3.3.3	撰寫播音樂程式

二、硬體規格

名稱	型號	用途
arduino 開發板	uno	感應書架實驗

Linkit 開發板	7697	感應書架實驗
esp32 開發板	devkitc v1 nodeMUC-32S	感應書架實驗
真空管	6mf8	真空管擴大機製作
喇叭	3 吋全音域單體	聲音輸出
變壓器	/	真空管擴大機製作
電感		真空管擴大機製作
樹莓派單板電腦	Raspberry Pi 4B	Python 程式執行
HiFi DAC 高傳真 數位類比轉換器	Pifi-DAC+ V2	類比聲音還原
BH1750 模組 光照度感測模組	GY-302	室內光源供電實驗
5V 太陽能發電板	5V, 200mA, 90x65mm	太陽能供電實驗

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

(一) 無損音樂格式

FLAC 是一款的自由音訊壓縮編碼，其特點是可以對音訊檔無失真壓縮。不同於其他有損壓縮編碼（如 MP3、AAC 等），壓縮後不會有任何音質損失，現在已被很多軟體及硬體音訊產品所支援。

(二) 真空管

基本原理：有分陰極 K、閘極 G、陽極(屏極)P，一般由陰極放射電子，陽極吸收電子，中間閘極主要阻擋電子，純屬控制。分別有二極管、三極管、四極管、五極管等多

極管，現在大多是用三極和五極，如何分辨就看圖上面有幾層。

三極管和五極管：一開始只有三極管，但由於電子速度過快，容易造成屏極的壽命受損，後來才製作出了五極真空管去緩衝電子，主要是在第三閘極減速，不用四極是因為特性不好。


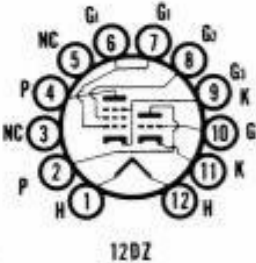
首次製作實驗使用的是 6MF8 真空管，為三級和五極的複合管，主要使用在通訊和水平偏向。真空管接腳，就是直接如圖所示，分 12 個接腳，每一接腳皆有各自功能。真空管分為兩個部分，三極管的屏極在第 2 腳，閘極在第 10 腳，陰極在第 11 腳。五極管的屏極在第 4 接腳，閘極在 6、7、8 接腳，陰極在第 9 接腳。第 1、12 接腳是加熱用，此管第 3 和 5 接腳為空接。

6MF8 15MF8	<i>Color Television Type</i> VERTICAL DEFLECTION OSCILLATOR and AMPLIFIER
----------------------	---

High Mu Triode and Beam Power Pentode

Construction.....Compactron T-12
BaseButton 12 Pin, E12-74
Basing12DZ
Outline12-57
Maximum Diameter1.562 In.
Maximum Seated Height2.750 In.
Maximum Overall Height3.125 In.

ELECTRICAL DATA
HEATER OPERATION



(三) 低功耗藍牙技術(Bluetooth Low Energy, BLE)

低功耗藍牙裝置可以區分為「主控 (Central)」與「周邊 (Peripheral)」兩種類型。比如說，像是電腦、或是手機這種主控裝置，會搜索附近的周邊裝置，並且視使用者的需求，連線到該周邊裝置，並進一步取得周邊裝置上面的各種資料。相對的，像心跳偵測器這種周邊裝置，則會發出廣播 (Advertisement)，好讓鄰近的主控裝置知道心跳偵測器的存在。

在周邊裝置上面所提供的資訊，統稱為屬性 (attribute)。為了提供這些屬性，周邊裝置上面會運行一個支援 GATT (Generic Attribute) Profile 的伺服器 (Server)。也就是說，周邊裝置是 GATT 伺服器，而主控裝置是 GATT 客戶端，由主控裝置去連接周邊裝置，就等同於是一個 GATT 客戶端去連接 GATT 伺服器。

屬性可以再區分為：服務 (services)、資料特性 (characteristics) 與特性描述 (descriptors)。簡單的來說，一個 GATT 伺服器會提供多個服務，而每一個服務都有許多資料特性可供存取。而特性描述，則是用於描述資料特性的額外資訊。舉例來說，一個心跳偵測器上面的 GATT 伺服器，應該要提供一個「心率」服務，這個服務會提供許多資料特性，其中之一便是「心跳速率測量值」這個資料特性，而「心跳速率測量值」又有一個相關的特性描述，可讓主控裝置存取，以決定周邊裝置是否要主動通知心跳速率的變化。

為了識別不同的屬性，所有的屬性都會用通用唯一識別碼 (UUID) 來識別。Bluetooth 官方有定義好一組服務的 UUID，如體重計、電池狀態、時間。當然，也可以自行決定自訂服務所使用的 UUID，在這種情況下，需要自己生成所有屬性的 UUID。

(四) 樹莓派 Raspberry Pi

一款基於 Linux 系統的單板機電腦，體積只有一張信用卡的大小，價格便宜，只有 25~35 美金。它由英國的樹莓派基金會所開發，目的是以低價硬體及自由軟體刺激在學校的基本的電腦科學教育。



由於樹莓派設計有對外的介面 (GPIO)，可讓程式設計師控制外部的自組電路，因此樹莓派慢慢也被考慮用來進行機電控制方面的實習工具。

(五) HiFi DAC 高傳真數位類比轉換器

HiFi DAC 擴展板 (PiFi DAC +) 專用於 Raspberry Pi，具有 TI 的高端 DAC 晶片 (PCM5122)，I2S 接口 (非 USB 接口)。它支援硬件控制的音量 (舊的 DAC 使用 PCM5102A 芯片硬件，不能支援硬件控制的音量)。使用此擴展板，用戶可以將其與音頻播放系統一起使用，以構建自己的網絡 HiFi 播放器；它提供兩種輸出接口，使連接外部放大器更加容易。解決 PC 功耗高，啟動和關機慢，電源噪聲大的問題。



(六) Python

一種廣泛使用的直譯式、進階程式、通用型程式語言。Python 支援多種程式範式，包括物件導向、結構化、指令式、函數式和反射式程式。它擁有動態型別系統和垃圾回收功能，能夠自動管理記憶體使用，並且其本身擁有一個巨大而廣泛的標準庫。



(七) RFID 感應標籤產品規格

- 尺寸：外圍直徑 $25\pm 1\text{mm}$
- 厚度： $1\text{mm}\pm 0.5$
- 淨重： $0.5\text{g}\pm 5\%$
- 讀取距離： 5cm(依據環境)



RFID 標籤是一個儲存數位識別資料的小型裝置，可以透過無線電波與讀取器之間互相傳遞資訊，因為被用以回應內存資料給讀取器，所以又稱為詢答器(Transponder)。RFID 系統是由 RFID 標籤、RFID 讀取器和後端的應用系統組成。

(八) 微控制器 LinkIt7697 開發板功能特色

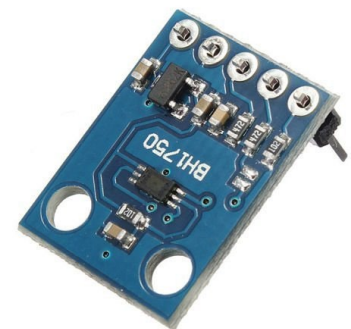
- Bluetooth 4.2 低功耗藍芽
- Micro-USB 接頭，用於供電與燒錄，以及提供 UART 序列埠提供下列周邊介面：GPIO、UART、I2C、SPI、PWM、EINT、ADC、IrDA
- 尺寸：48 x 26 mm



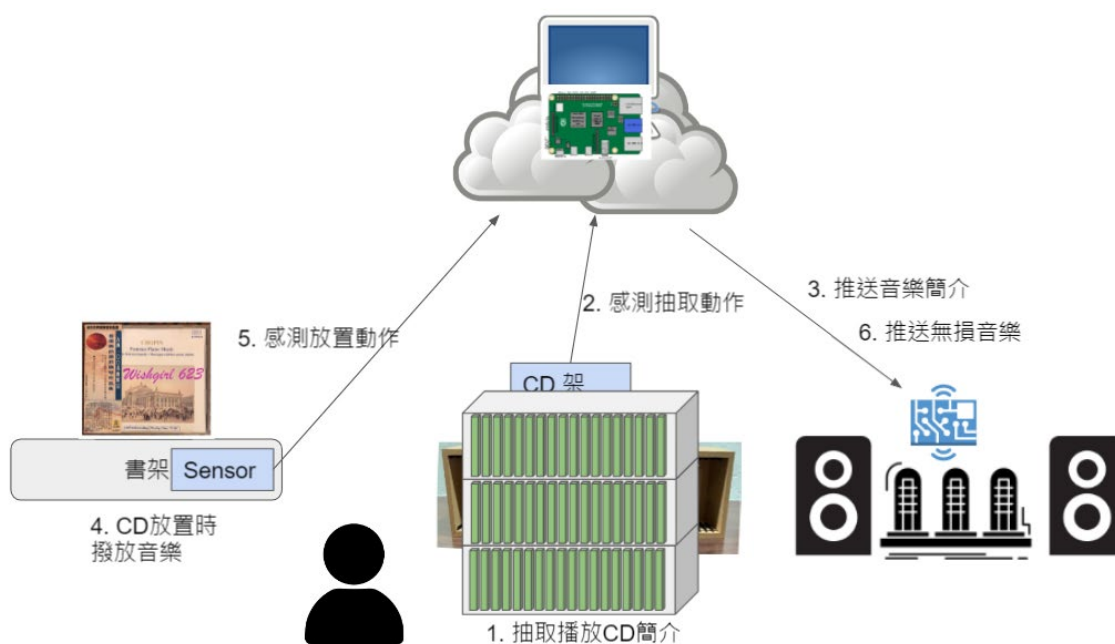
LinkIt 7697 是以 MediaTek MT7697 系統單晶片 SoC. 為核心的開發板，支援 Wi-Fi 與 Bluetooth Low Energy(BLE)通訊功能。您可使用 GCC、IAR embedded workbench 或 KEIL uVision 來編寫原生的 LinkIt SDK。或者可採用相當普遍的 Arduino IDE 來編寫 Arduino 程式碼並運用周邊驅動程式與函式庫。

(九) BH1750 微型數位光照感測模組

- 感測晶片：ROHM 原裝 BH1750FVI 晶片
- 電源：DC3 ~ 5V
- 感測範圍：1 ~ 65535 Lux
- 感測器內置 16bit，AD 轉換器直接數位輸出
- 可對廣泛的亮度進行 1Lux 的高精度測定，具有低電流斷電保護，受到紅外線影響非常小。
- 型號：GY-302
- 尺寸：13.9mm X 18.5mm 採用 ROHM 原裝 BH1750FVI 晶片
- 供電電源：3-5v 資料範圍：0-65535 感測器內置 16bitAD 轉換器，數位輸出。



二、系統架構圖



我們將以紅外線感測的方式實現圖中之 CD 架，再將書架中 ESP32 所感測到的回傳至樹莓派，在利用藍芽傳送音樂及簡介並且播放。

本作品讓書架與感應器結合，使用光電感應器去感應 CD，在抽出 CD 時播放 CD 簡介在螢幕上，進而達到介紹 CD 的效果

三、真空管擴大機製作

(一) 電路設計分析

使用電壓：DC230、第一級電壓增益：約 22 倍、第二級增益：約 7 倍、變壓器衰減：25 倍(8 歐姆輸出)、輸出功率：約 5W 這次使用真空管的 6mf8，由於它是複合管，所以電路圖僅需要兩支真空管，可不必使用到四支。



6MF8 真空管



成品電路實體圖

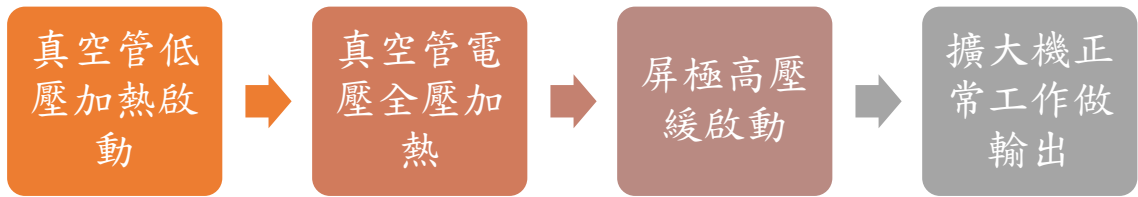
電路使用空架接法，由上圖可發現元件與元件之間都有一定的距離，元件與纖維板也有接腳相連接地，與元件是浮空的。

在傳統的印刷電路板焊接上，結構緊密、體積小而方便於焊接，所以一直視電子元件的主流。但是，印刷電路板上是利用絕緣板上敷著一層銅作為電導物，而銅的質量、氧化程度、N 係數和厚度都有一定的限度，廠商為了整齊，故用電腦排版進行繪製，銅轉角處都很尖銳且粗糙無法一致，導致電流流經這些地方時會不順暢，而且電阻也無法像搭棚式隨意選取，而且相鄰銅箔間的電容成份也無法做得很低。

在電路板上的走線很容易在尖銳的轉角及高壓很近的銅箔部位產生打火放電而造成毛病，因為真空管放大機的內阻及提供的電壓都很高，銅箔間的分部電容也可能對其產生影響，非常容易影響聲音播放。

製作中為了減少干擾提高信噪比均要求柵極的電阻以最近的方式與輸入柵極相連接，甚至最好直接焊到柵極的腳位上。而陰極的電阻也同樣要求最好能與電阻在同一點接地，以減少其間的電位差。而這在印刷電路板上會很難做到，但利用搭棚式焊接卻可以輕而易舉的實現。

音響啟動流程：



製作過程：

1. 裝上變壓器	2. 機殼配線		
2. 機殼配線	3. 機殼使用油壓機和電鑽打孔	4. 機殼與板組裝	
5. 量測電壓及電流			

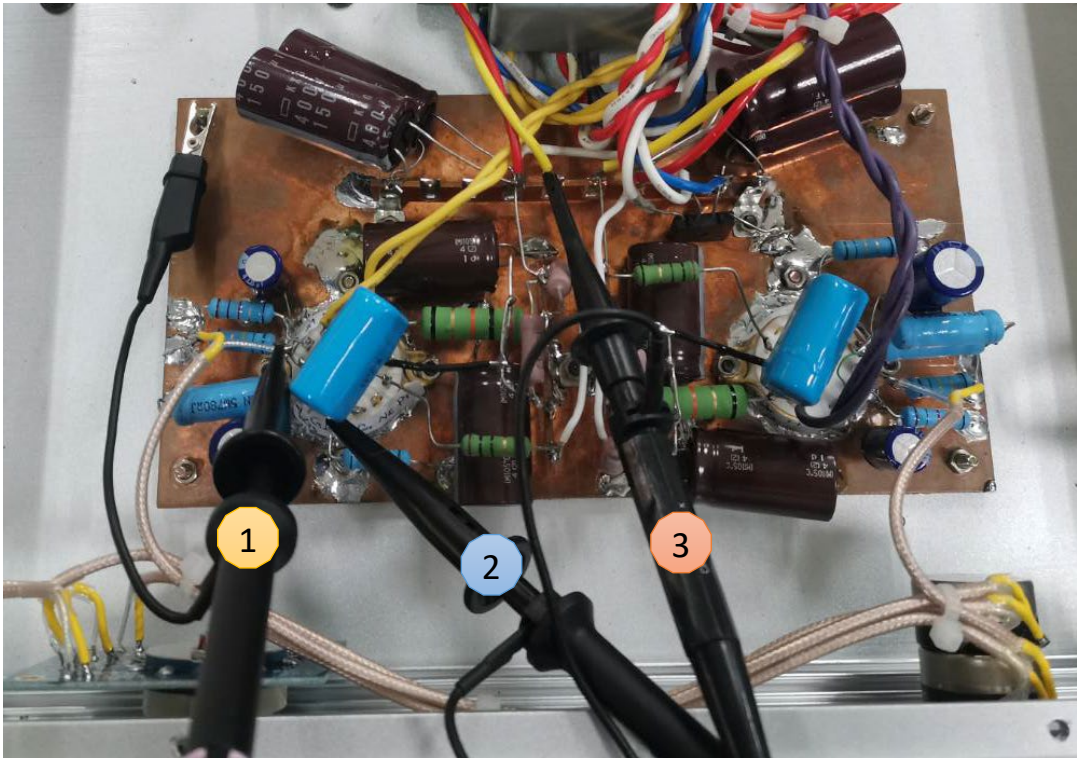


6. 接上喇叭成品圖

在實驗過程裡，發現出來的成品與市售的真空管音響還是有差別，例如：在音響實驗中的誤差因素可能有真空管的型號、變壓器的品質、喇叭品質。其中，焊錫的品質也會影響到成品的音質。

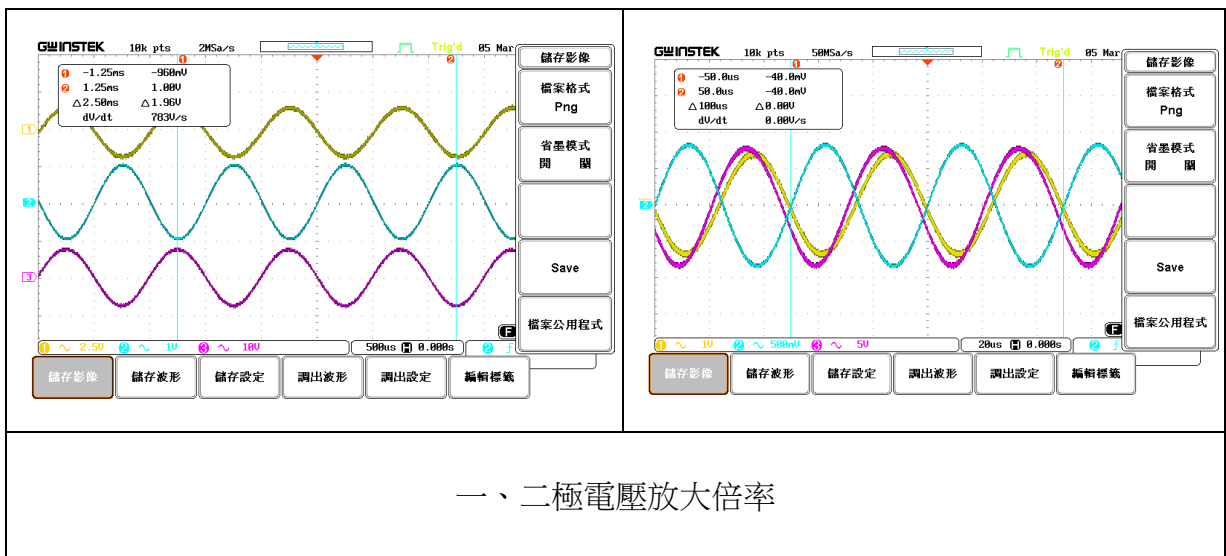
市售的真空管音響大多使用 4 至 8 支真空管，而且現行常用的知名廠牌真空管單價均高不可攀，此次專題僅使用兩支複合管，選用過多真空管，多級放大雖可獲得較大功率輸出，此設計輸出失真同樣也會加大，本專題設計目的為近場書架型使用，因此功率並非設計重點，而是以空間節省及音質優美為主要考量，因此選用此複合管具有單根真空管即可完稱一聲道的設計且兩級放大的設計方式，也大幅減少每級放大的失真，同時節省空間，也不需要價格昂貴的大廠牌真空管，因此選定這支 6MF8 真空管進行製作。

本設計內部還預留了一組低壓電源及訊號選擇開關，以作為樹莓派的電源及訊號選擇輸入。接下來我們要做的是真空管音響的放大增益分析，為了此實驗，們必須輸入標準的正弦波。第一個實驗我們測量了音響一、二級的電壓放大倍率，首先輸入一個 3V 的峰對峰值，最後輸出端不接喇叭而改接為 8 歐姆的大功率電阻作為虛擬負載，避免輸出變壓器燒毀。實驗測試的三個輸入點波形分別為：前級真空管的輸入閘極為第 1 點、前級真空管的輸出閘極為第 2 點、後級真空管輸出屏極為第 3 點，從圖形上可以觀測出放大器的電壓增益。



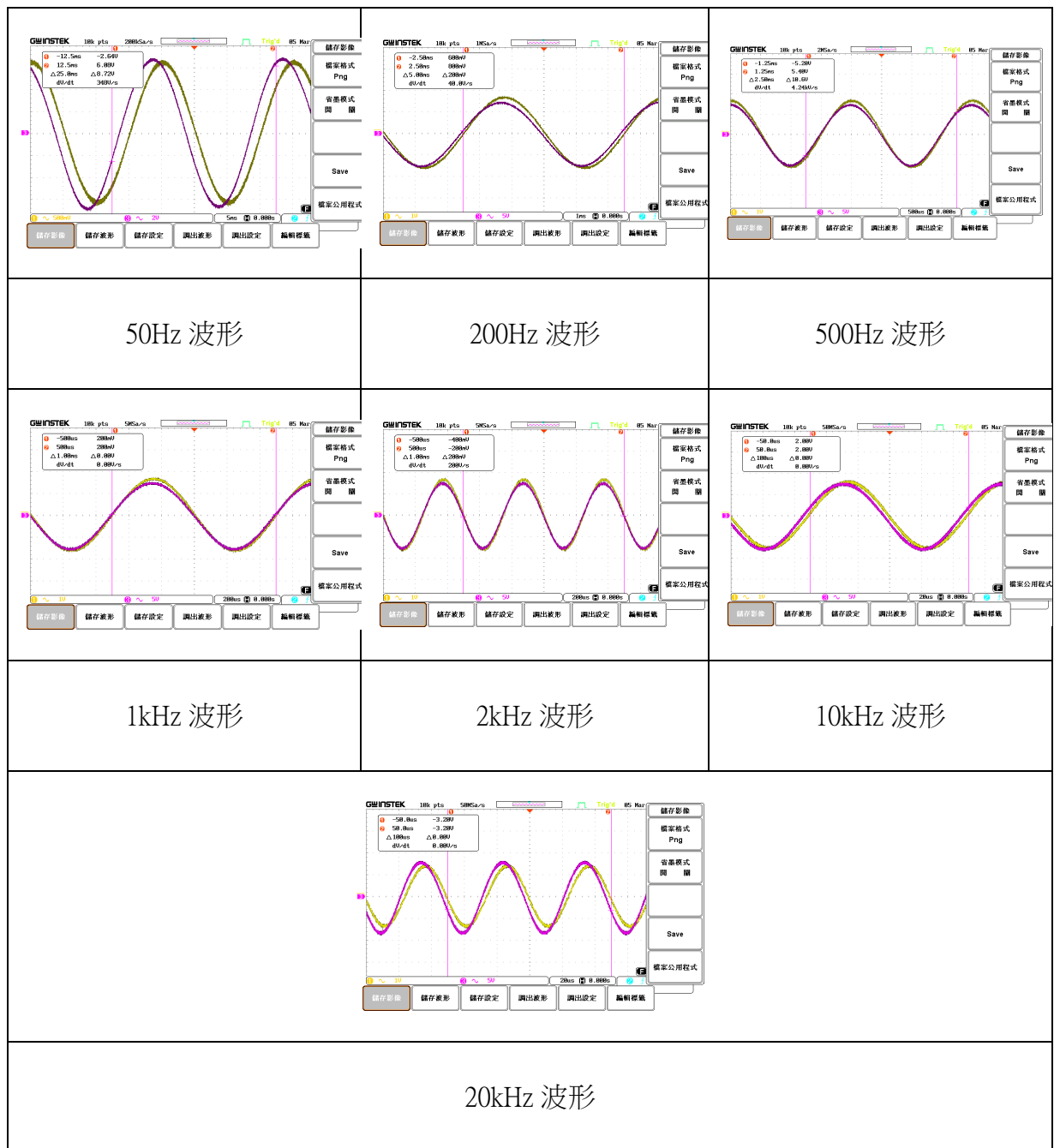
由實驗結果可知，我們輸入 1kHz、3V 峰對峰值的正弦波，第 2 點輸出波形峰對峰值為 16V，第 3 點輸出波形峰對峰值為 170V，經過計算得知，第一極增益放大為 5.33 倍，第二極增益放大為 10.6 倍，總電壓增益放大倍數為 56.5 倍。

$$Av1 = \frac{V2_{p-p}}{V1_{p-p}} = \frac{16}{3} = 5.33, \quad Av2 = \frac{V3_{p-p}}{V2_{p-p}} = \frac{170}{16} = 10.6$$



第二個實驗，我們測試的是放大器的頻率響應，我們輸入同樣振幅但不同頻率的波形，頻率從 50Hz 到 20kHz，此實驗僅比較輸入波形及輸出波形的差異，在輸入 50Hz 時，

在波形上無明顯改變，但是在相位腳上卻有些許落差，接著在 200Hz 至 10kHz 的波形上可以看到兩波型幾乎重合，直到 20kHz 時，又逐漸開始出現相位上的落差。

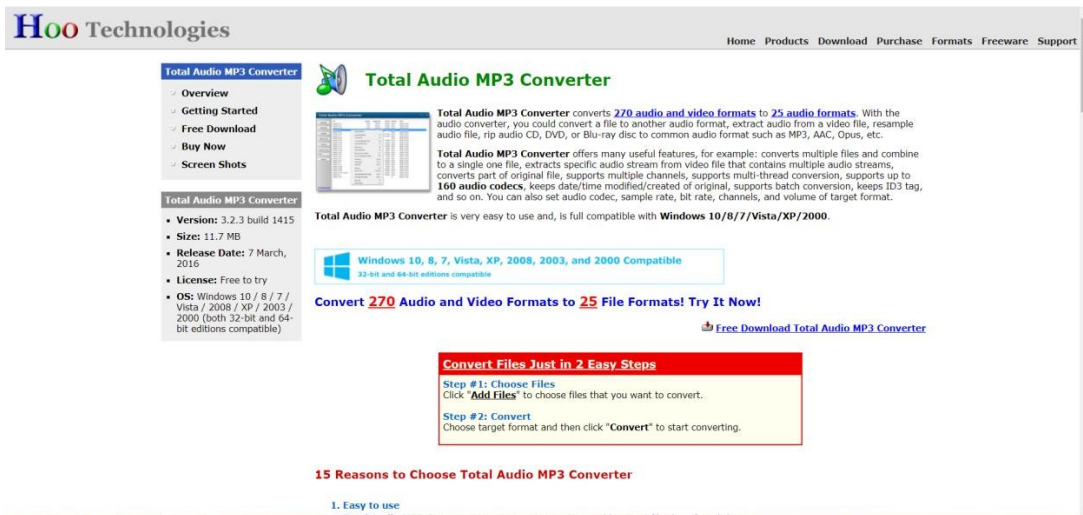


因此我們製作的真空管擴大機音響可以做到音頻的無失真放大。且相位上的落差並不是波形的改變，這並不會影響到音質呈現，因此在我們手工搭棚製作的真空管音響在使用上並不會有音質失真的問題。

四、無損音樂庫建立

為使用數莓派遠端播放，需要建立音樂庫以便 python 程式執行時使用，為保持原本 CD 的音質，使用 flac 的無損音樂檔，以還原音樂 CD 本來的音質。

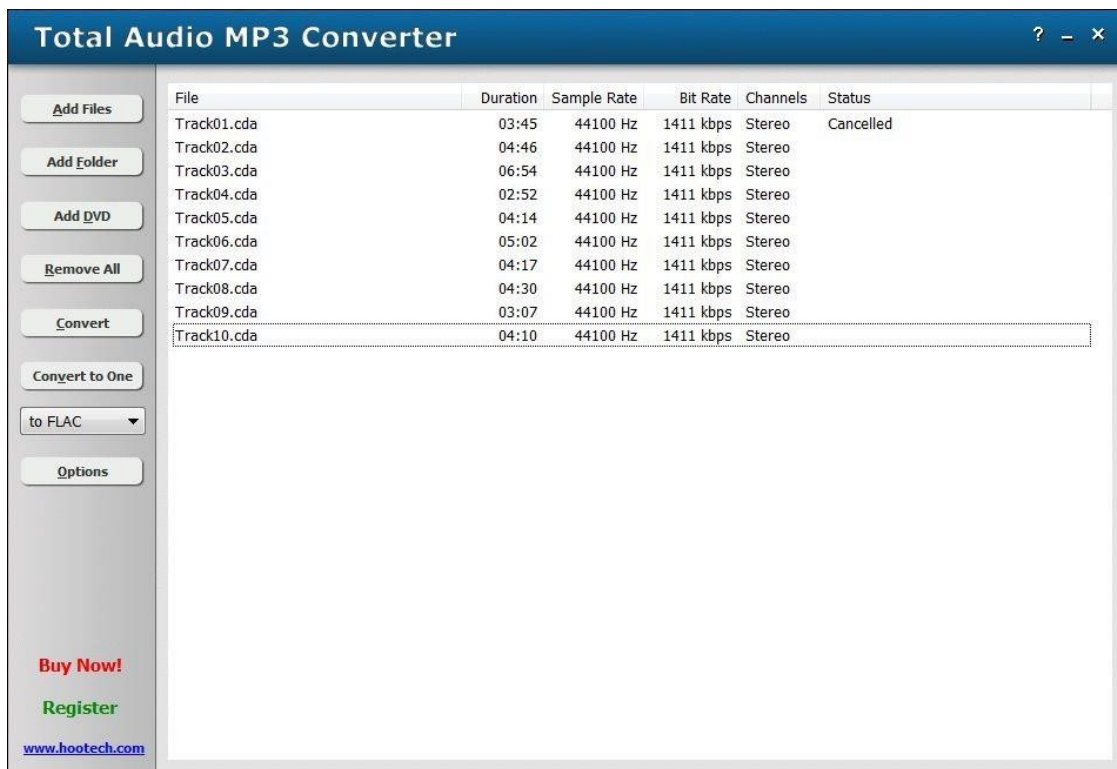
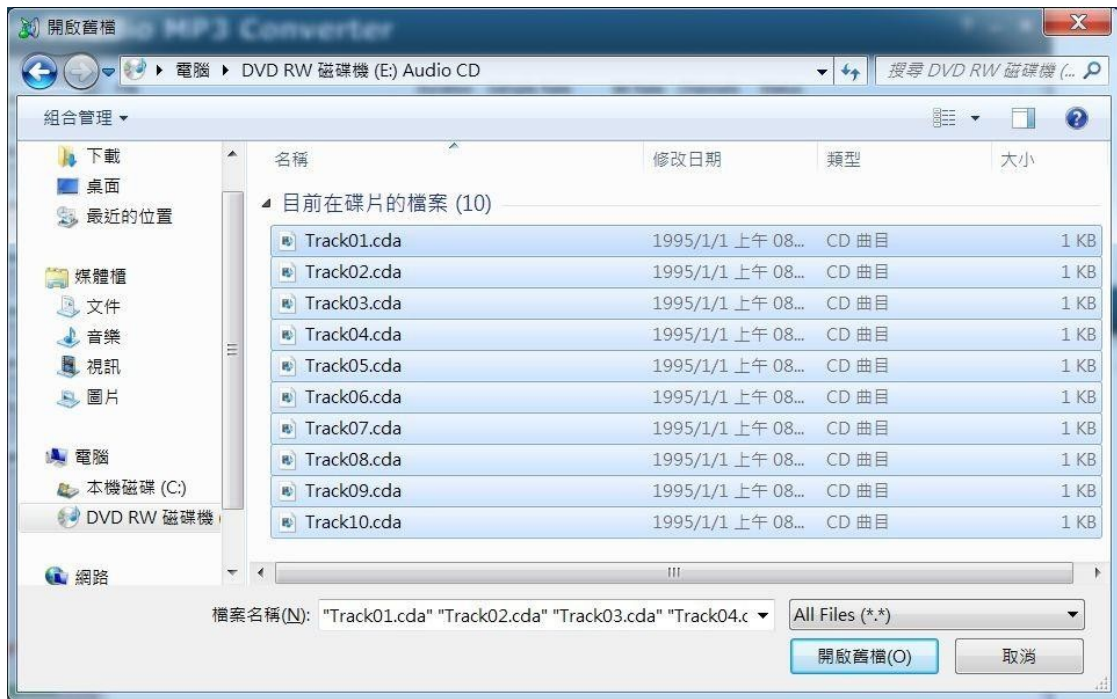
(一) Total Audio MP3 Converter 3



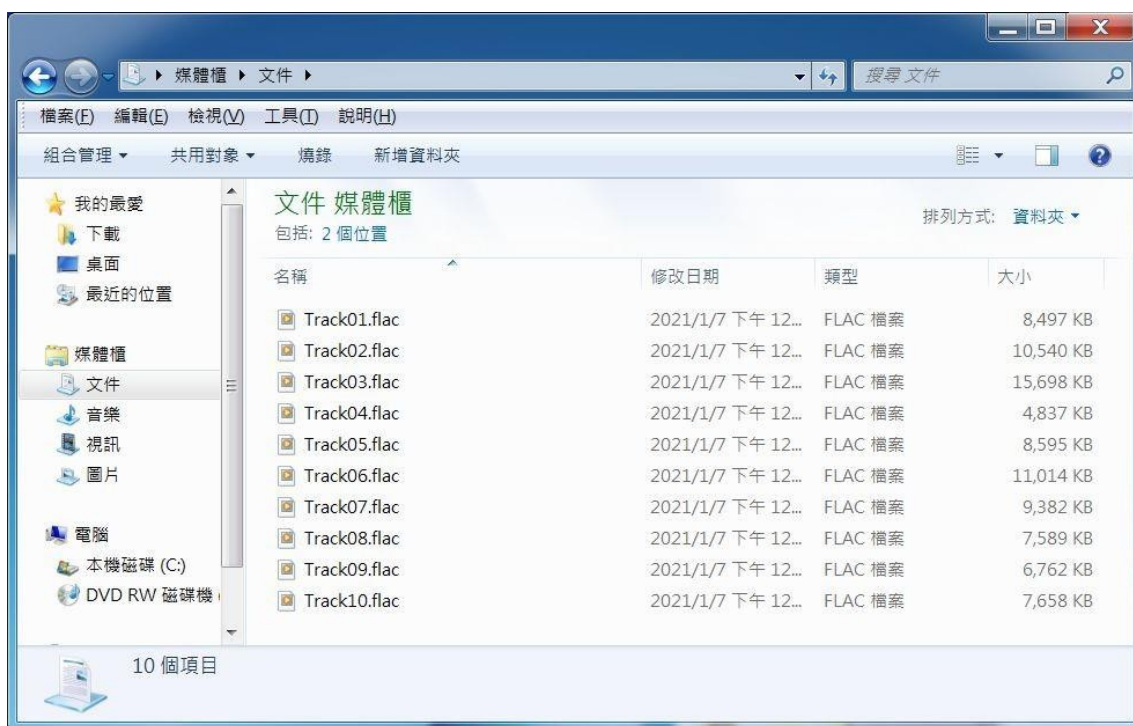
(二) 開啟程式



(三) 點擊 Add Files 將專輯音樂放入並將轉檔模式改成 to FLAC



(四) 點擊 Convert 開始轉檔，轉檔完成



五、測試使用樹莓派控制播放無損音樂



(一) 以按鍵控制播放音樂實驗

```
import pygame
from time import sleep
from gpiozero import Button

pygame.init()

Btn1 = Button(21)
Btn2 = Button(20)

while True:
    if Btn1.is_pressed:

pygame.mixer.music.load('/home/pi/Downloads/1.mp3')
    pygame.mixer.music.play()

    if Btn2.is_pressed:

pygame.mixer.music.load('/home/pi/Downloads/2.mp3')
    pygame.mixer.music.play()

    sleep(0.1)
```

匯入 pygame 音樂庫，設定按鍵即其接腳，當按鍵 1 被按下即播放音樂 1.mp3，當按鍵 2 被按下即播放音樂 2.mp3。

(二) 接收 RFID 資料播放音樂實驗

```

#from bluepy import btle
import sys
from bluepy.btle import UUID, Peripheral
from time import sleep
import vlc

nowplaying = ""
dev_name_uuid = '19b10011-e8f2-537e-4f6c-d104768a1214'

print('Connecting...')
dev = Peripheral('37:D3:00:2B:88:8C','public')

# print('Services...')
# for svc in dev.services:
#     print(str(svc))

chList = dev.getCharacteristics()
# for ch in chList:
#     print(" 0x"+format(ch.getHandle(),'02X') + " "+str(ch.uuid) + " " +
ch.propertiesToString())

ch = dev.getCharacteristics(uuid=dev_name_uuid)[0]
while True:
    #ch.write("www9999\r".encode('utf-8'))
    if (ch.supportsRead()):
        id = str(ch.read())
        print(id)
        #id = 'gagag' + str(id) + 'gagag'
        if nowplaying != id:
            nowplaying = id
            player.stop()

```

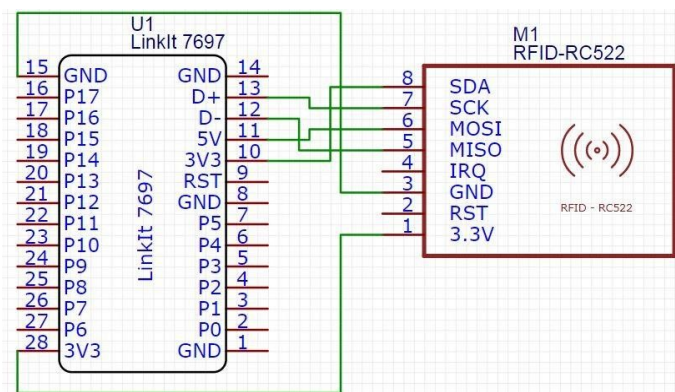
匯入 vlc 影音播放函式庫，建立 player 播放物件並將其指定外部音樂檔案，即可感應磁卡將其播放出來，一秒後再次執行迴圈。

六、RFID 感應與 BLE 傳輸實驗

(一) 遠端裝置控燈亮滅

我們想利用遠端裝置(手機應用程式 LightBlue)寫入 0、1 資料至 Linkit 7697 微控制器開發板來控制 LED 燈的亮滅。

1. Linkit 7697 接上 RFID-RC522



2. 使用 Arduino 開啟 Linkit 7697 的範例.LBLE>SimplePeripheral 上傳草稿檔



3. 開啟 LightBlue 使用藍芽連接 Linkit 7697 點擊 Write new value



4. 輸入 1



5. Linkit 7697，燈亮



6. 輸入 0



7. Linkit 7697，燈滅



(二) RFID-RC522 感應，使用 Arduino 監控視窗與遠端裝置讀取該編號

我們將 Linkit 7697 接上 RFID-RC522，在 Linkit 7697 寫入程式碼，感應 RFID-RC522 讀回來的值，並利用 Arduino 監控視窗與遠端裝置(手機應用程式 LightBlue)讀取 RFID-RC522 感應到的編號

1. Linkit 7697 接上 RFID-RC522(同上實驗)
2. 上傳 Arduino 程式碼

```

#include <LBLE.h>
#include <LBLEPeripheral.h>
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

// Define a simple GATT service with only 1 characteristic
LBLEService ledService("19B10010-E8F2-537E-4F6C-D104768A1214");
LBLECharacteristicString switchCharacteristic("19B10011-E8F2-537E-4F6C-D104768A1214", LBLE_READ

String read_id;
MFRC522 rfid(10,9);

```

匯入函式庫與定義字串

```

// Configure our device's Generic Access Profile's device name
// Usually this is the same as the name in the advertisement data.
LBLEPeripheral.setName("BLE LED");

// Add characteristics into ledService
ledService.addAttribute(switchCharacteristic);

// Add service to GATT server (peripheral)
LBLEPeripheral.addService(ledService);

// start the GATT server - it is now
// available to connect
LBLEPeripheral.begin();

// start advertisement
LBLEPeripheral.advertise(advertisement);

```

開啟藍芽

```

for (byte i = 0; i < rfid.uid.size; i++) {
  ret += (rfid.uid.uidByte[i] < 0x10 ? "0" : "");
  ret += String(rfid.uid.uidByte[i], HEX);
}

```

取得磁片的 UID 及長度

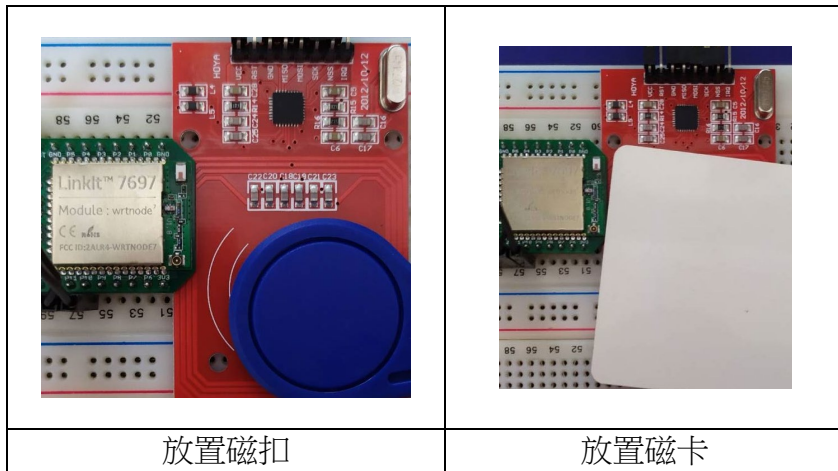
```

void loop() {
  read_id = mfrc522_readID();
  if (read_id != "") {
    Serial.print("偵測到 RFID: ");
    Serial.println(read_id);
    switchCharacteristic.setValue(read_id);
  }
  delay(1000);
}

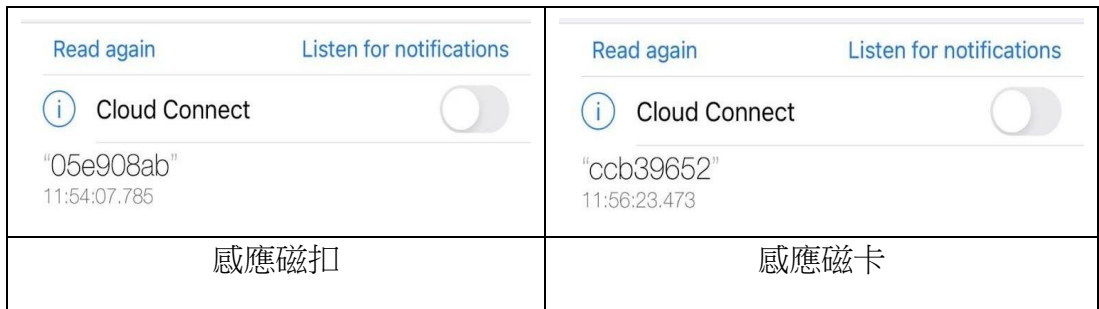
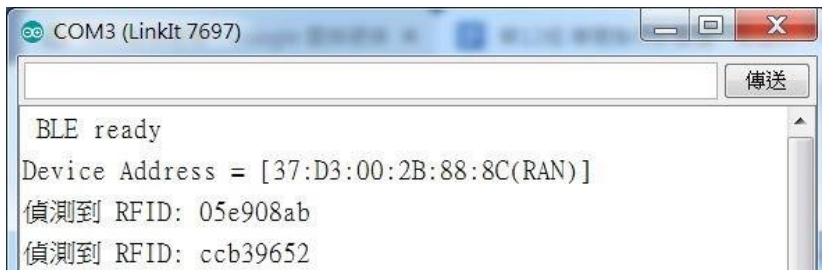
```

當 RFID-RC522 感應到磁卡或磁扣時，會在 Arduino 監控視窗上顯示感應編號

3. 在 RFID-RC522 上放置磁卡或磁扣

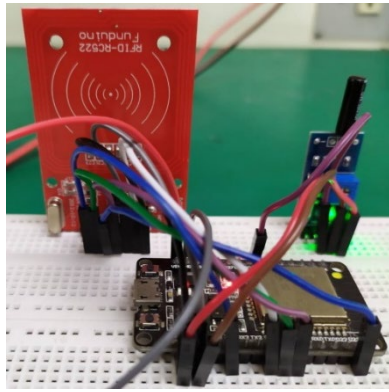


4. Arduino 監控視窗與遠端裝置(手機應用程式 LightBlue)讀取 RFID 感應編號

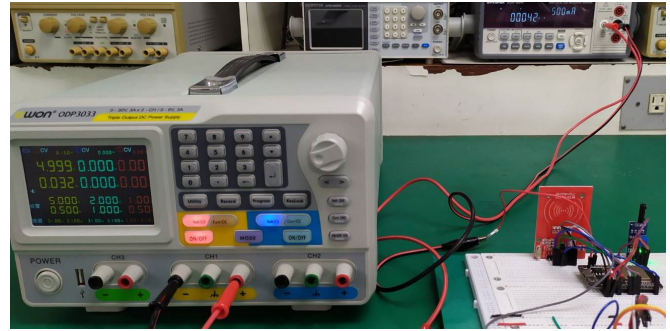


(三) esp32 睡眠及感應模式

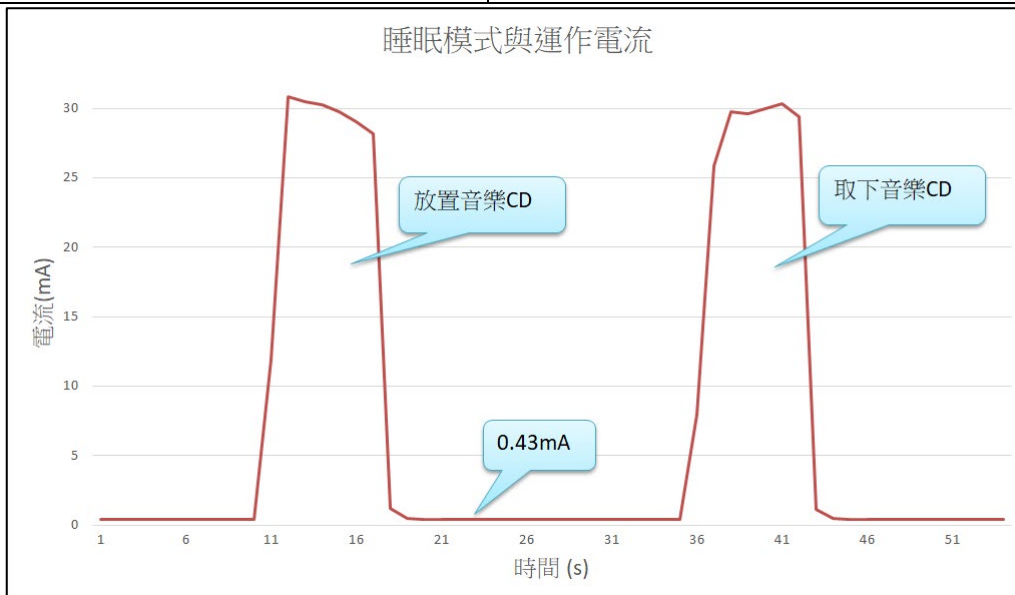
進行此實驗，我們將 esp32 接上射頻無線傳輸技術(RFid)與 Arduino 震動感測模組並串接數位電表，燒錄一段程式碼後，敲擊桌面使 Arduino 震動感測模組偵測到震動，藉而喚醒在睡眠模式下的 esp32，使其感測是否有 RFid 標籤，五秒鐘後，esp32 開啟睡眠模式。待下一次的震動喚醒 esp32。然後我們將數位電表感測到的數值匯成一張圖表，並探討太陽能供電能否供應 esp32 在睡眠模式下的耗電量。



睡眠振動及感測模組(近景)



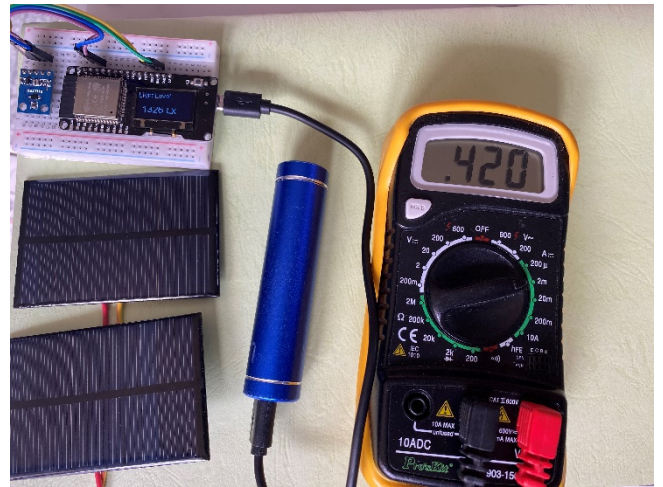
睡眠振動及感測模量測



esp32 睡眠模式與喚醒後之運作電流

七、太陽能供電實驗

此實驗為探討太陽能發電板在室內光的光源下，能否在未使用時間充電電流大過於 esp32 使用睡眠模式所消耗的電流，在理想上若大多數時間都達到超過的標準，就能夠得知此系統能夠儲存電力來供給使用時所消耗的電量，即可驗證此系統是否能過達到供電上的自給自足。



此實驗為探討太陽能發電板在室內光的光源下，能否在未使用時間充電電流大過於 esp32 使用睡眠模式所消耗的電流，在理想上若大多數時間都達到超過的標準，就能夠得知此系統能夠儲存電力來供給使用時所消耗的電量，即可驗證此系統是否能過達到供電上的自給自足。

實驗流程：

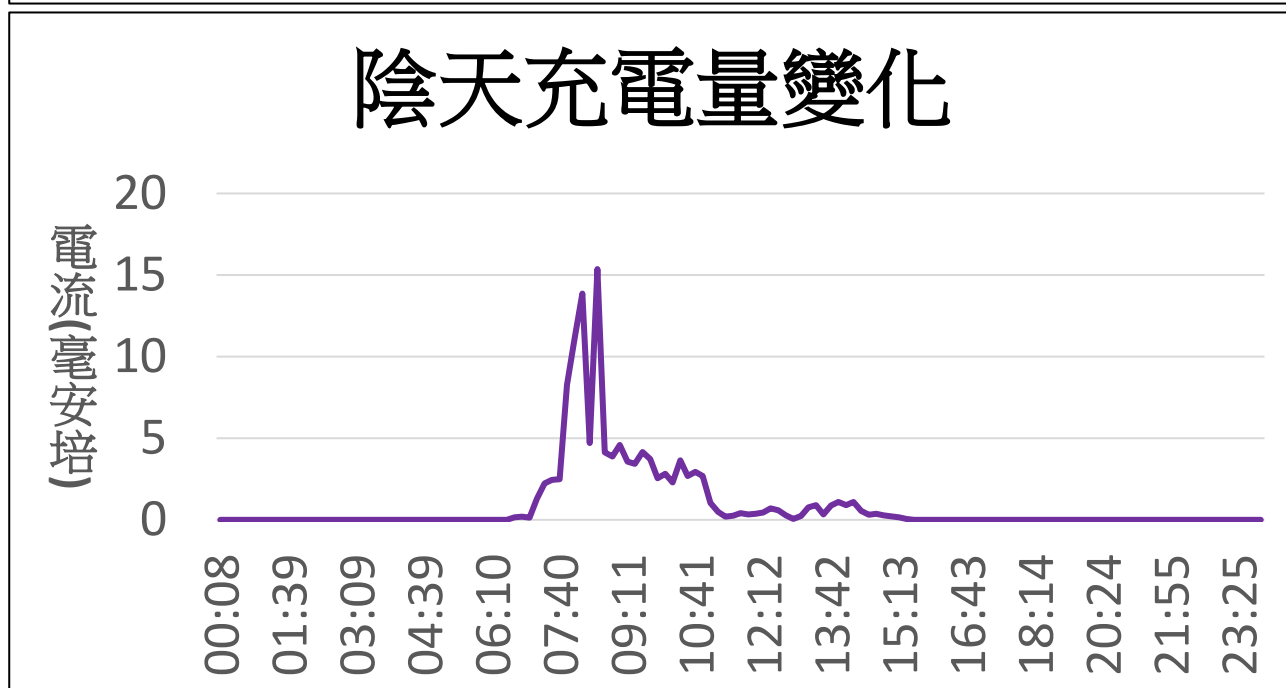
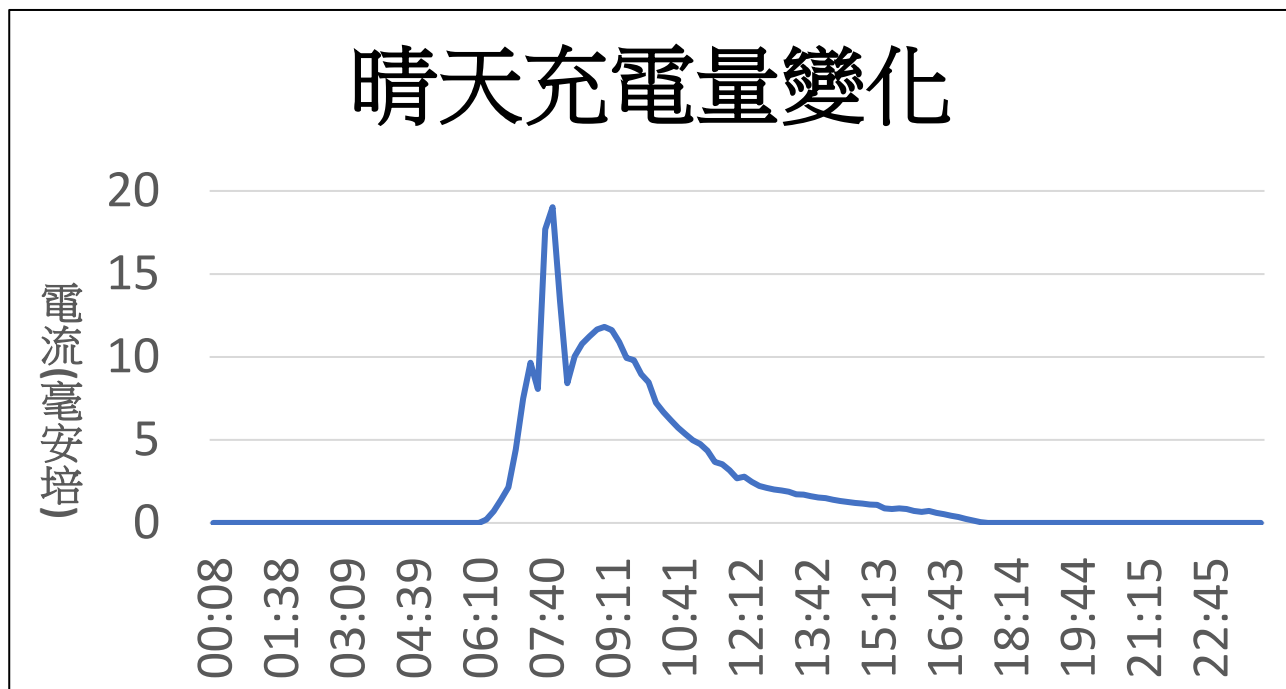
(1)將太陽能發電板與鋰電池串聯，考慮室內光線不足，為提高發電能力，故選擇兩塊板子並聯

(2)使用兩塊太陽能發電板使鋰電池的充電模組對鋰電池進行充電，並測量充電之電流。

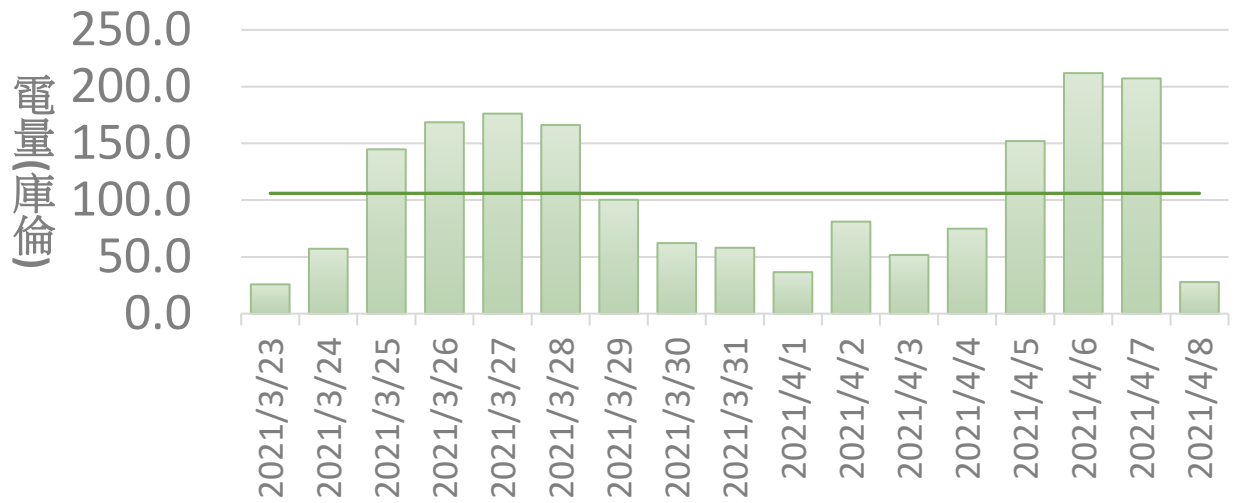
(3)將太陽能板放置在室內有散光處，進行長時間充電電能紀錄，並使用光照度感測元件，同時記錄室內的光照度變化。

理想上系統可在白天室內有散光及晚上室內開燈處進行緩慢的充電，只要其累積的電能，大於控制器在使用及睡眠模式中所使用的電能，則表示書架是可以透過累積電力

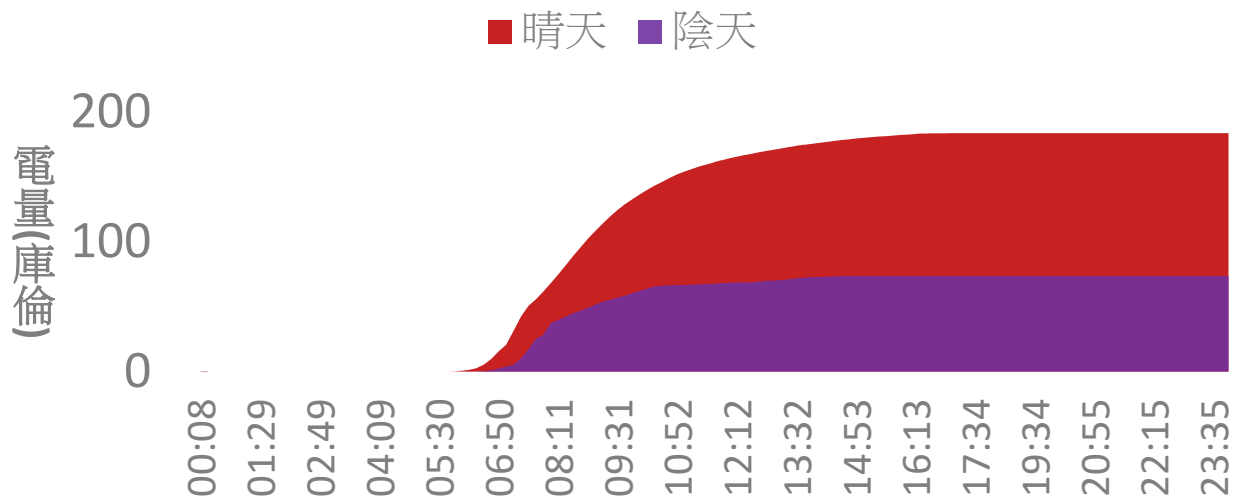
的方式達到供電上的自給自足。經過實驗發現，在實驗當天為陰天的情況下，所累積儲存的總電量為 73.6 庫倫，而在晴天的情況下，所累積儲存的總電量為 183.7 庫倫。



每日儲存電量

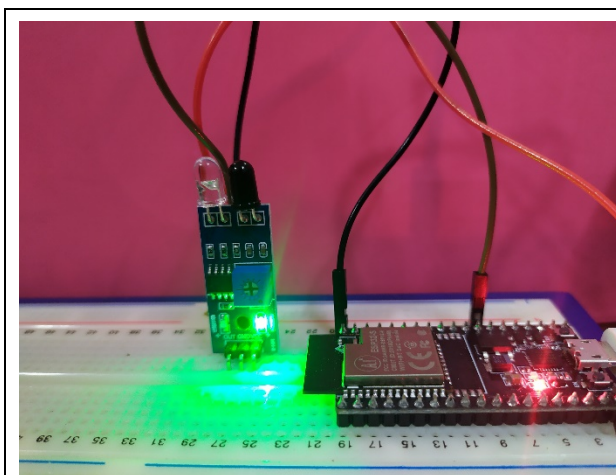


晴/陰天充電量比較

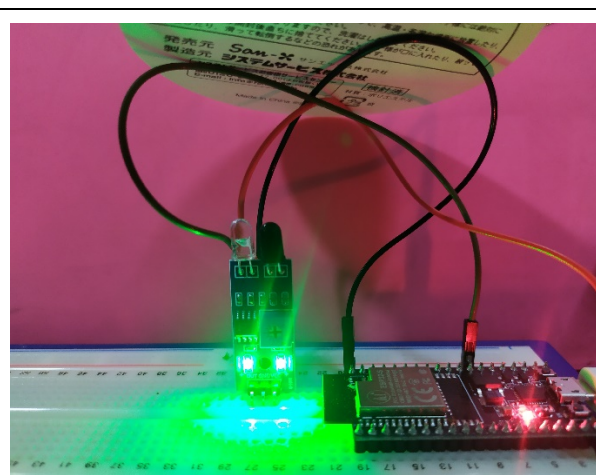


八、紅外線感測實驗

我們將 ESP32 與光照度感測模組接起，燒錄程式碼後，進行感測實驗

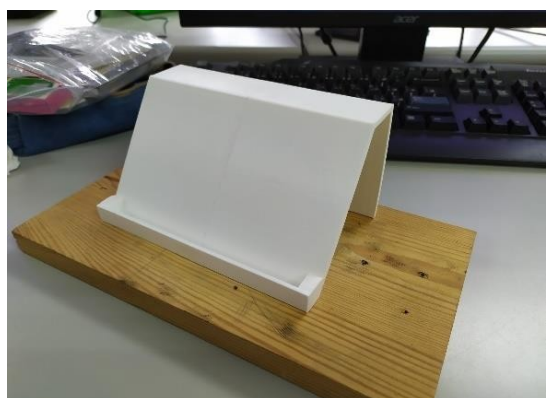


無障礙物：燈滅



有障礙物：燈亮

九、成品組裝



書架



書架及內部感應裝置



專輯放置



書架內部



音響整機

伍、研究結果

目前音響整體已完全達成一開始所設計的功能，包括感應播音、音質方面在樹莓派輸出端、真空管擴大機以及儲存音樂所使用的無損耗壓縮檔案，我們目前正在做有關於感應書架上的太陽能發電實驗，並且研究真空管的直流工作點對音質的影響。

陸、討論

原使用 Arduino 開發版與 RFid 連接，後因為 Arduino 開發版體積過大，不易將其藏起，而改用 Linkit7697 開發板進行本實驗。

在真空管音響的部分，原本僅使用木板作為電路實體，它可直接接於喇叭作播音功能，但是為了美觀，本作品還使用了常見鋁殼去做外部裝飾，當時在製作過程中出現多問題，例如在為真空管管做鑽孔時，出現了鑽孔過大的情況，當時的處理方法為在已開過洞的板子上方再焊接上一圈銅線

我們後來討論到行動電源的電力無法支持微控制板太久，所以我們想用微控制板中的睡眠模式來節省電力，但 Linkit7697 的睡眠模式不容易使用，就將 Linkit7697 更換成 esp32 微控制器。

柒、結論

此研究將現代的藍牙音響與復古的真空管音響結合，在音質以及方便度上做提升，使用了射頻無線傳輸技術(RFid)去做感應，做出現代及復古碰撞、藝術與科技結合的作品。在製作過程中，學習藍牙原理、使用方式，RFID 的運作原理，知道 RFID 可以識別每一個磁卡的編號以及學習到微控制器開發程式碼的控制方式。得知真空管的種類及使用方法、電路圖的設計、外部機殼的組裝。以及樹莓派系統透過低功耗藍芽的方式與微控制器連接的方式。

在功能方面，我們希望可以再增加遠端控制音量的機制以及切換上下首歌曲的最佳操控方式，以改善作品的實用性與便利性。音樂隨著時間的流逝，有了越來越多的歌手、越來越多的曲目、歌曲。您一定會有忘記歌詞、忘記歌名的時候，我們可以哼出來或是講出曲目的歌詞、句子來辨識是哪一首 CD。未來我們想要將作品加入旋律辨識、句詞辨識來搜尋歌曲的功能。

捌、參考文獻資料

- 安裝設定 Pifi Dac+
- <http://pi.bek.no/HiFiBerry/>
- <https://github.com/guussie/PiDS/wiki/09.-How-to-make-various-DACs-work>
- Python 維基百科
- <https://zh.wikipedia.org/wiki/Python>
- 樹莓派維基百科
- <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A0%91%E8%8E%93%E6%B4%BE>
- 電路圖網站(easyeda)
- <https://easyeda.com/>

- 使用 BLE 低功耗藍芽
- https://docs.labs.mediatek.com/resource/linkit7697-arduino/zh_tw/developer-guide/using-bluetooth
- 微控制器 Linkit7697 開發板
- <https://robotkingdom.com.tw/product/linkit-7697/>

【評語】 052318

1. 本研究設計結合射頻無線傳輸技術感應在音樂 CD 上的射頻標籤，再透過低功耗藍芽傳輸技術來傳輸資料給樹莓派媒體中心，透過資料庫程式去搜尋無損音樂庫中相對應的音樂，最後以高傳真數位類比轉換器還原聲音的類比信號再傳輸至真空管擴大機，達成智慧化高音質與質感、方便性兼具的音響，使用方式新穎值得鼓勵。
2. 作品另一特色為使用室內光利用太陽能板發電，供應所需電力，落實節能的概念也值得鼓勵。
3. 建議對於系統的電力需求規格，零件的設計規格，應該做定量的評估與分析，以彰顯科學研究價值。

作品簡報

結合物聯網與低功耗無損音樂 傳輸的智慧書架音響

科別：工程學科（一）

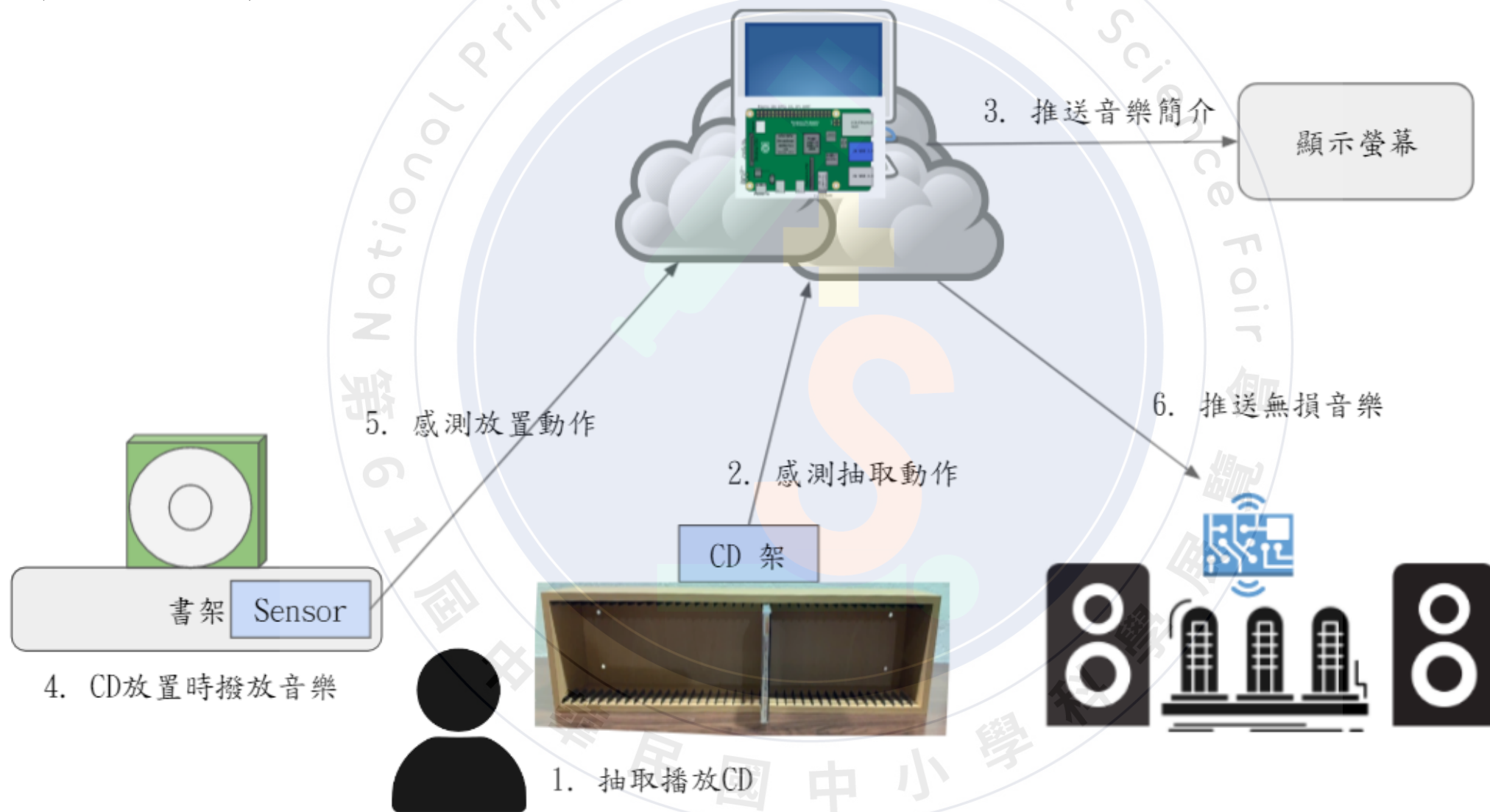
組別：高級中等學校

前言

- 本研究之**音樂展示書架**為一物聯網裝置，以音樂CD上的射頻標籤啟動無損音樂自動播放，適合應用於**商業展示場合**與**藝術人文空間**，作為互動展演的啟動裝置。
- 以低功耗藍牙傳輸資料給樹莓派媒體中心，搜尋**FLAC**無損音樂庫，透過真空管音響播放，最高限度地保持專輯原始音質。
- 展示書架採用原始木質家具**不插電**的概念，收集環境光源即可供應電力。



系統架構



研究方法：音樂檔格式及高傳真輸出音質

真空管音響

音樂檔格式採用有壓縮無失真的FLAC  free lossless audio codec

格式	壓縮	失真	位元率	取樣率
音樂專輯CD	無	有 數位化	1411k bit/s	44.1kHz
MP3	有	有	320k bit/s	44.1kHz
FLAC	有	無	1411k bit/s	44.1kHz



電路採用架接方式

研究方法：音箱製作

- 倒相式音箱
- 經由計算三吋全音域單體之理想音箱內容積為3.4公升

$$\alpha = \left(\frac{fb}{fo}\right)^2 - 1 = \left(\frac{88}{80}\right)^2 - 1 = 0.21$$

$$V = \frac{355 \times a^2}{\alpha \times fo^2 \times m_o} = \frac{355 \times 7.62^2}{0.21 \times 80^2 \times 2.88} = 3.4 \text{ L}$$

- 本音箱之內容積 $V = 13 \times 15 \times 18 \approx 3.5 \text{ L}$

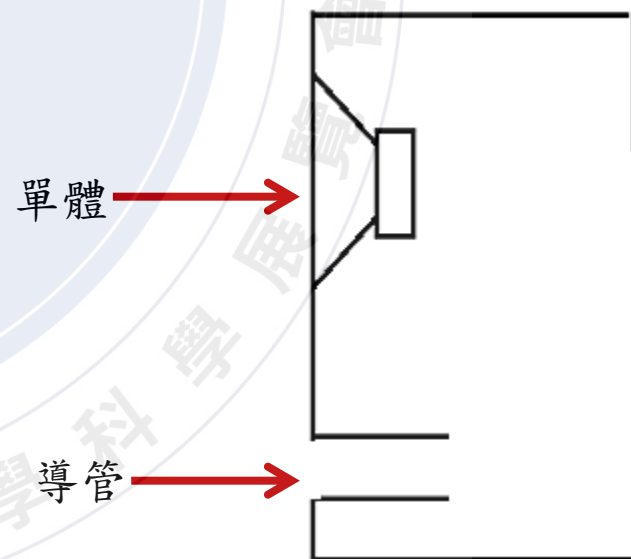
※補充

α 有效震動半徑

fb 喇叭箱空腔諧振頻率

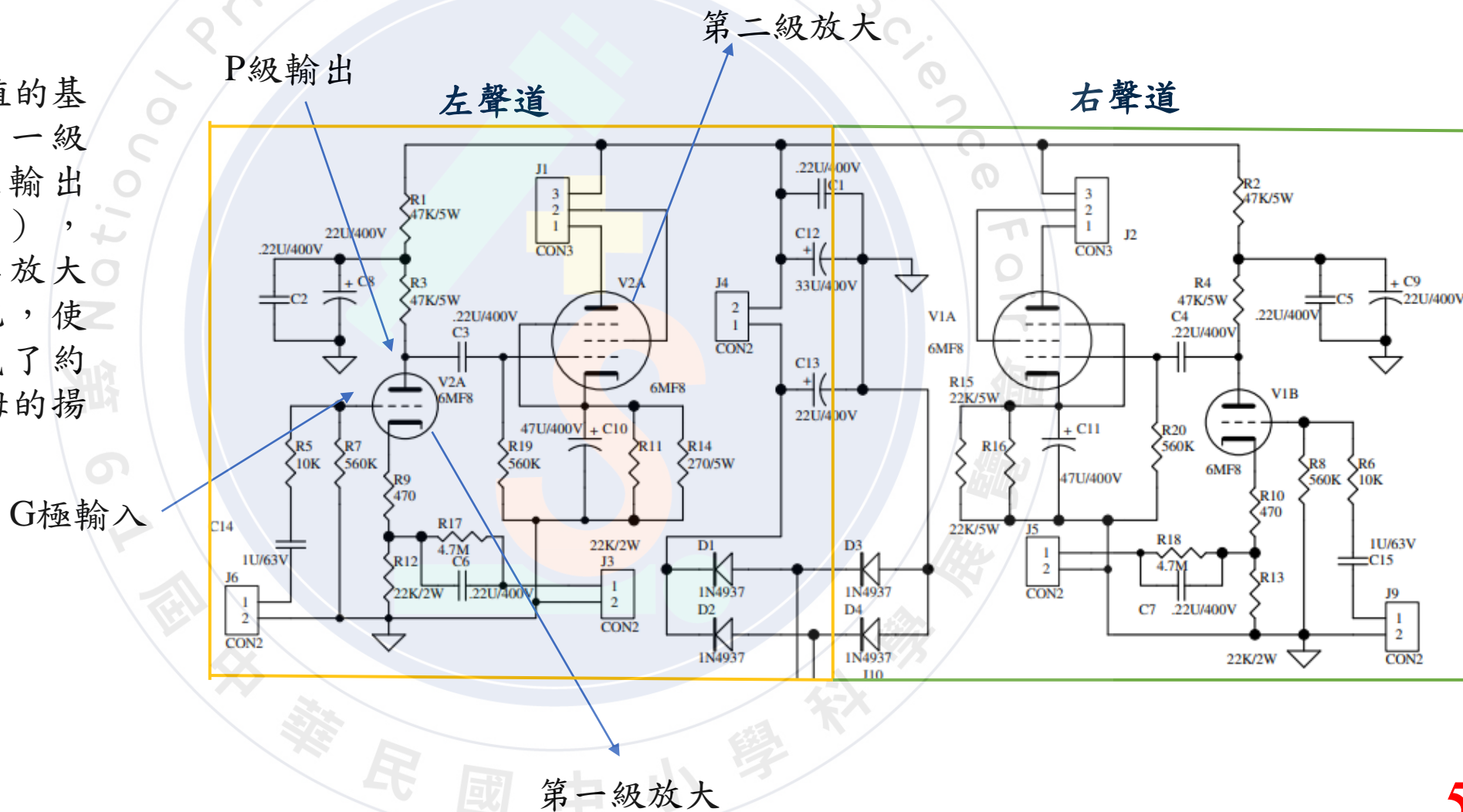
fo 最低共振頻率

m_o 振動系等效質量



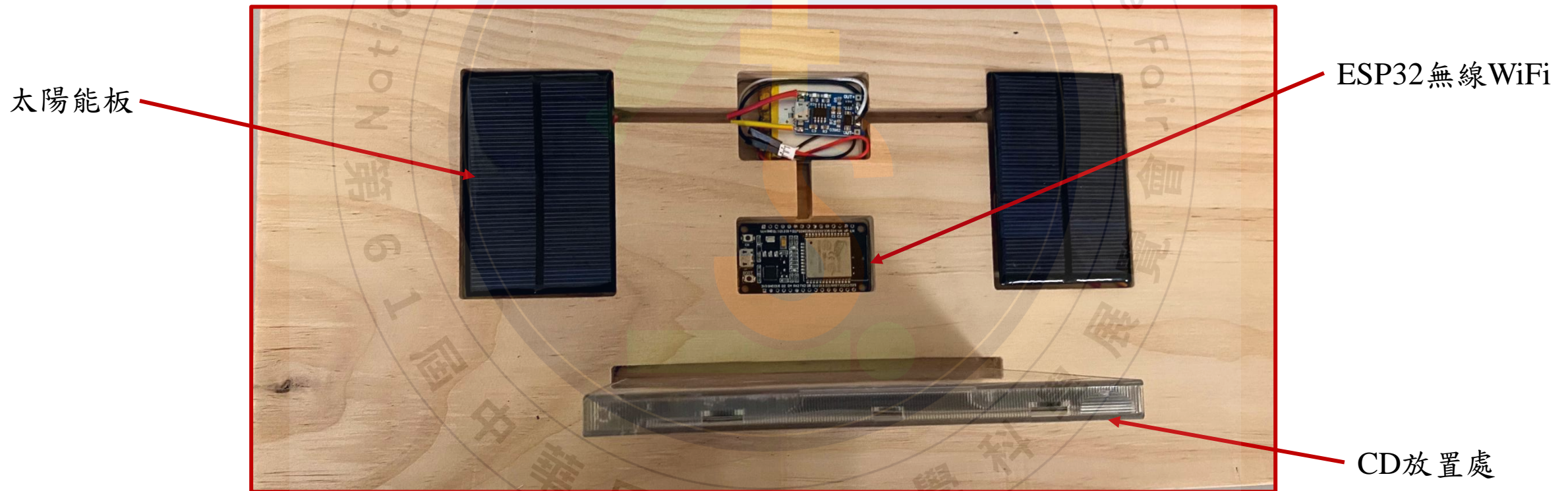
研究方法：音響擴大機製作

G極輸入2V峰對峰值的基準信號了變壓，第一級訊號放大，由P極輸出（輸出做RC耦合），傳輸至第二級功率放大之後為了阻抗匹配，使用輸出變壓器衰減了約25倍，輸出為8歐姆的揚聲器。

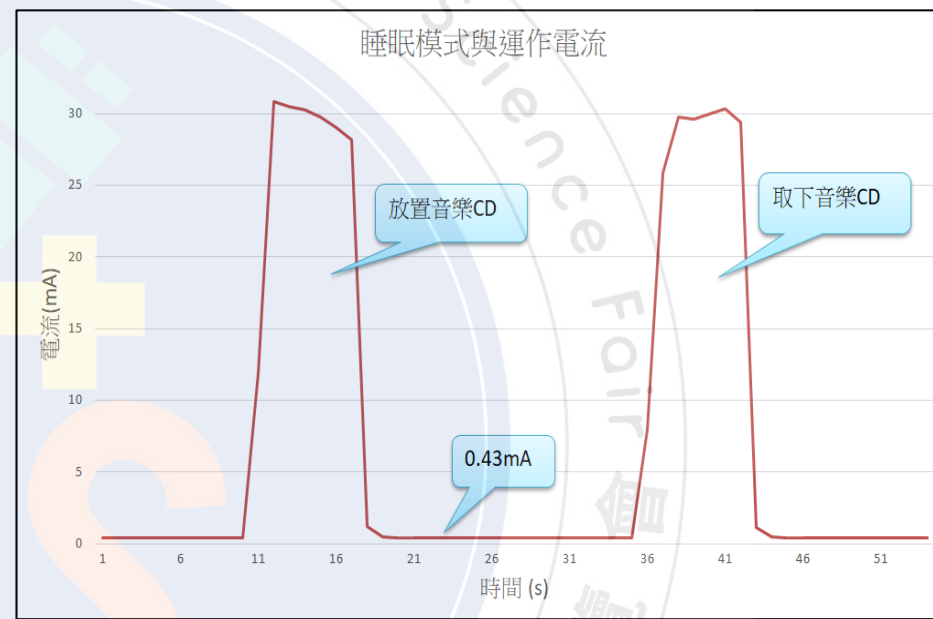
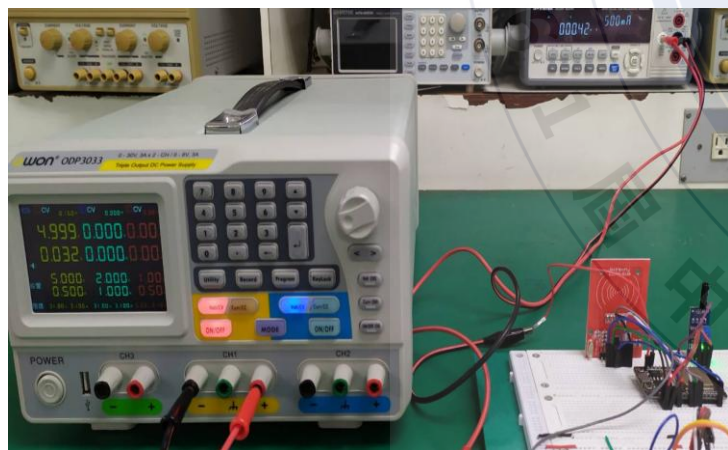
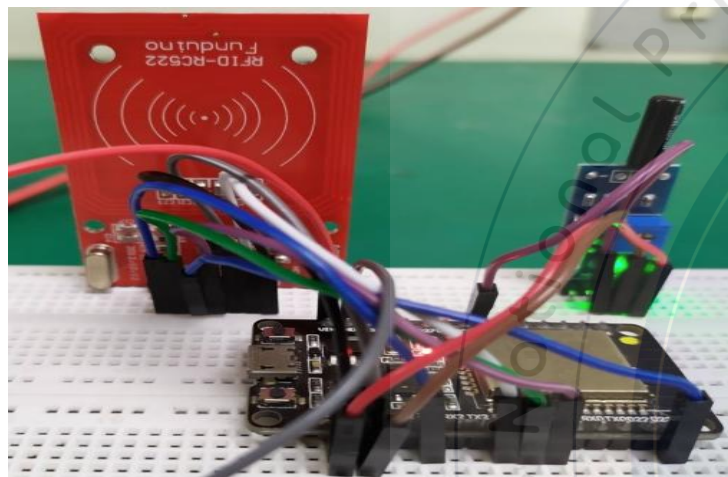


研究方法：原木感應書架製作

此書架在本作品中使用太陽能供電，可自行提供本身所需電量，並且感應RFID磁貼編號。



研究結果：ESP32睡眠及感應模式耗電實驗



- 一整天不放置CD、在不使用的情况下，將會消耗電量37庫倫
- 放置（取下）CD，每次消耗電能為 $Q = I \times t = 30\text{m} \times 6 = 0.18$ 庫倫
- 書架內置鋰電池使用850mAh，相當於3060庫倫，充滿電時可以待機使用82天，即使每天使用書架100次，也可以連續55天無須充電

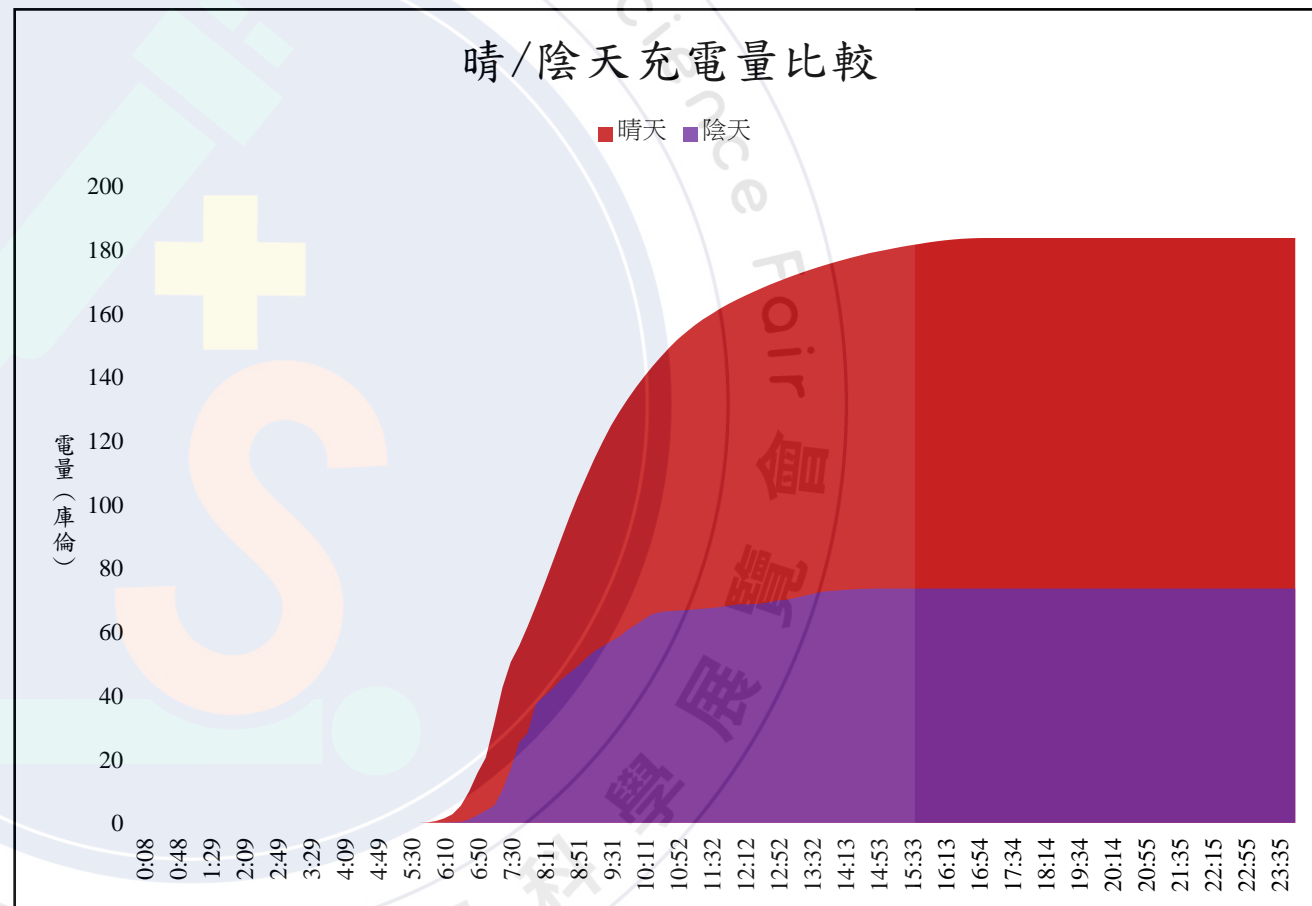
研究結果：室內散射光源下的蓄電能力實驗

實驗環境：

- 在一般室內有燈光及自然散射光（非窗邊陽光直射處），進行充電量實驗

測試結果：

- 陰天的情況下，所累積儲存的總電量為**73.6庫倫**。
- 晴天的情況下，所累積儲存的總電量為**183.7庫倫**。

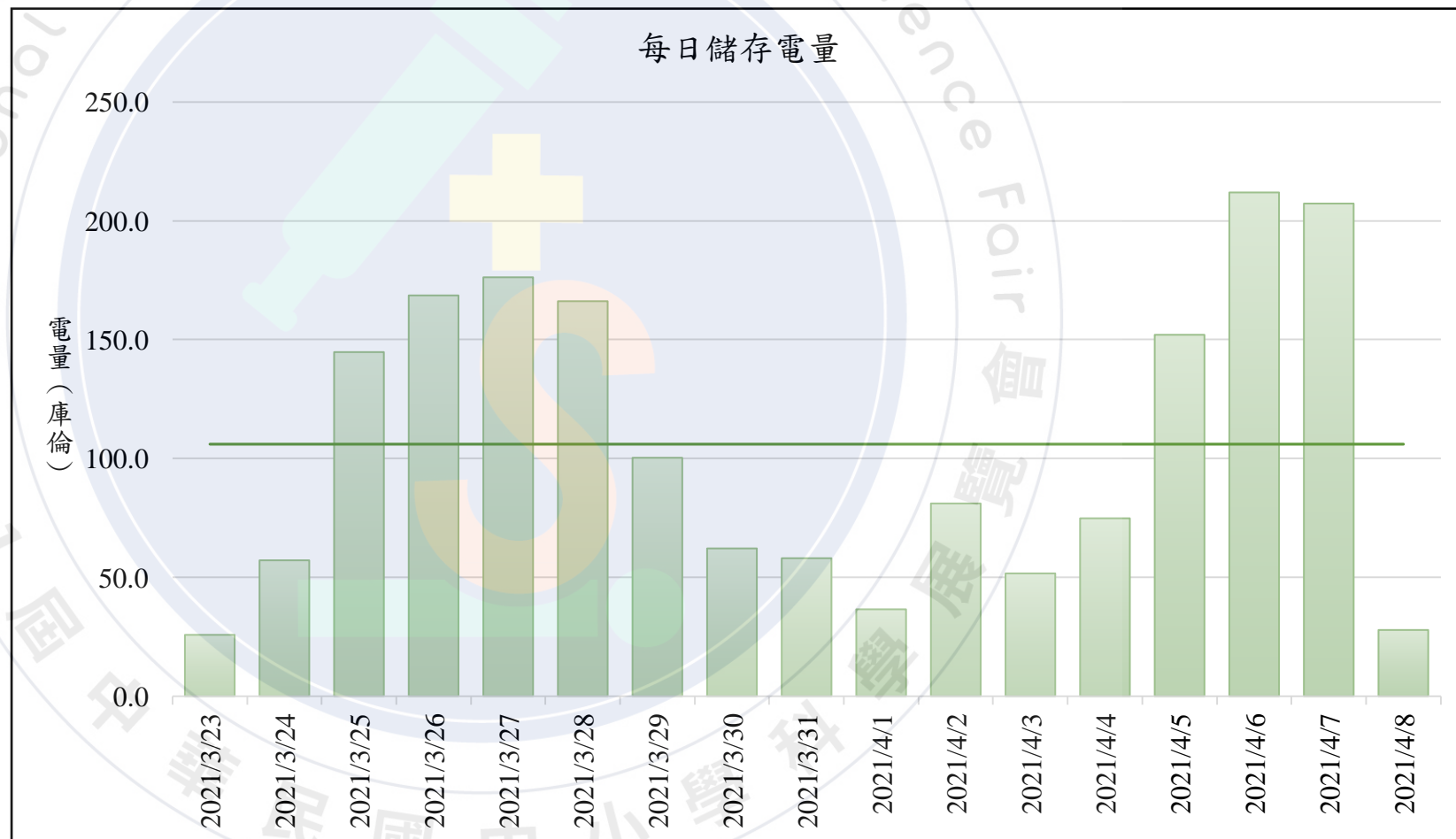


研究結果：連續多日蓄電量分析

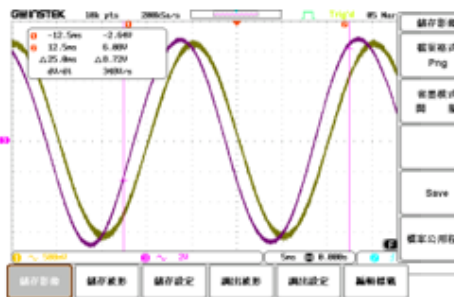
測試結果：

- 每日平均儲存**106庫倫**電量
- 在此供電能力下，即使在每天大量操作使用（聽100張CD）
- 此系統也可以達到電力的**自給自足**

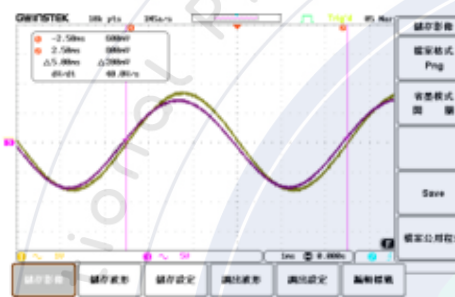
$$106 - (37 + 0.18 \times 100) = 51 \text{庫倫 (餘裕)}$$



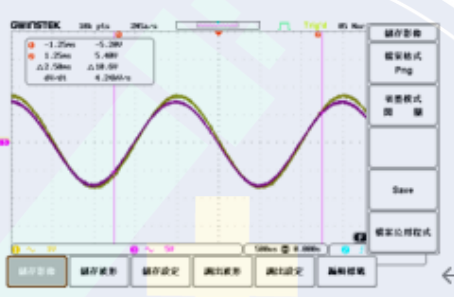
研究結果：波形頻率響應及失真測試



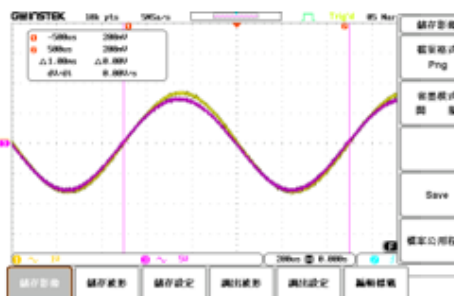
50Hz 波形



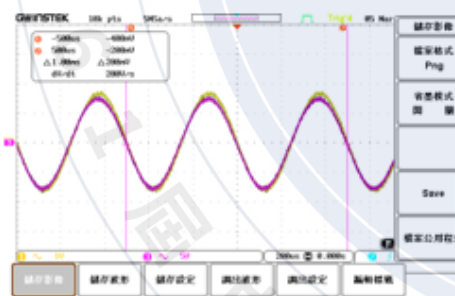
200Hz 波形



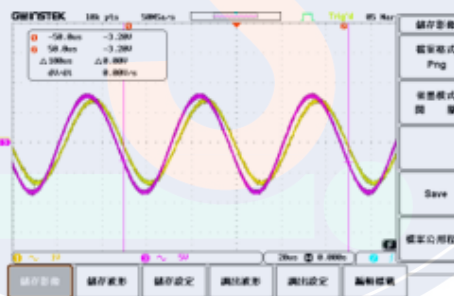
500Hz 波形



1kHz 波形



2kHz 波形



20kHz 波形

使用不同的頻率去做比較，在訊號波形的部分，相位失真在人耳方面較聽不出差異

相位失真：高頻與低頻部分出現

波形失真：無

結論

- 無損音樂：

- ① 選用**FLAC**檔案，使音樂在轉檔後並無損耗，使其音質從來源之音樂CD後，不會再損耗。
- ② 樹莓派搭配**HiFi DAC**數位類比轉換器，使樹莓派輸出音質不因內建音效卡而有所損耗。
- ③ 使用**真空管**使音質損耗降低，雖仍在高頻及低頻有些許相位差，但在人耳中已不明顯。

- ESP32供電：

- ① 室內光能**一天**平均可供**106庫倫**左右的電量，若假設不斷連續使用，最少可使用**200次**，因此在正常使用的場合，此系統可以無需額外供電，做到電力的自給自足。

- 未來展望：

- ① 目前音響已完成所有當初設計的功能，未來將思考如何更合理的做曲目切換。
- ② 目前黑膠唱片已經開始又被人們所注意，許多地方開始販賣新版的黑膠。可思考如何透過本系統重現類比音源的原始音質。