

# 2023仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

## 複賽作品說明書

隊伍名稱： 風火輪

---

作品名稱： 基於 FFT(Fast Fourier Transform)快速傅立葉轉換之測  
頻用於圓周運動分析

---

隊 員： 李杰城 陳威安 李俊穎 王學勝

---

指導老師： 王順泰

---

科學概念1： 大至星體的運行，小到改變運動方向產生的離心力，圓周運動的分析適用範圍非常巨大。但是由於物體在進行圓周運動時，並沒有可以直接測量運動速率的裝置，而有本專題之發想。

---

科學概念2： 都卜勒效應在於測量運動物體上有極多的應用，從光波的都卜勒效應可以偵測星體運動，聲波的都卜勒效應甚至在醫學的應用上足以用來測量血液流動的狀態，我們將把都卜勒效應實際應用在在專題實驗中。

# 複賽作品說明書內文

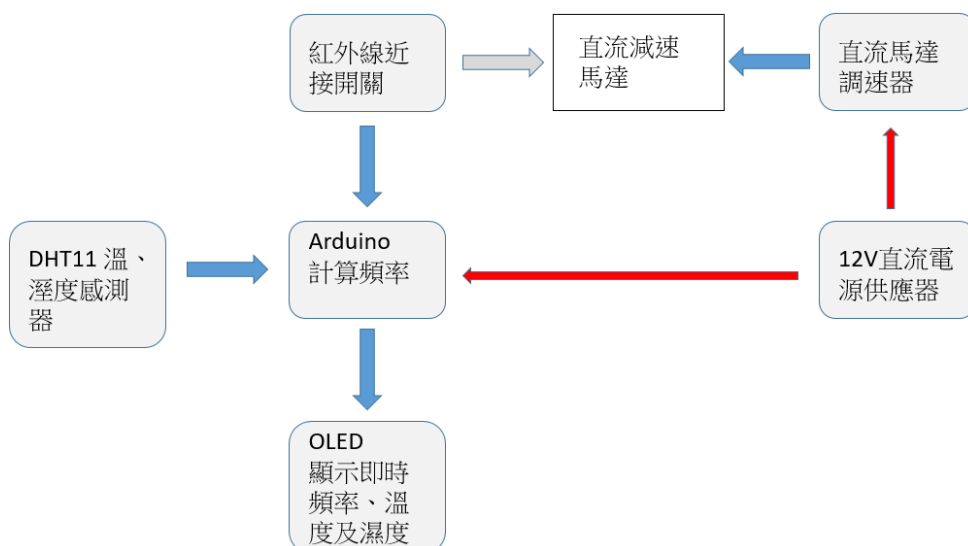
(最多10頁)

## 1. 發想動機：

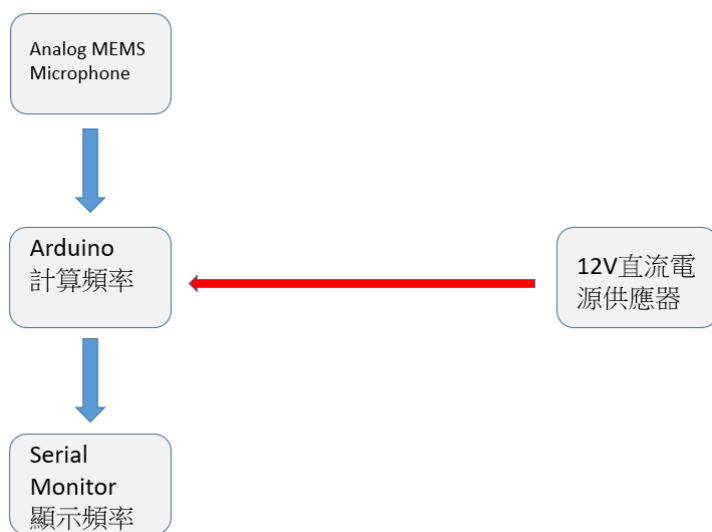
當物理課進度到達「都卜勒效應」時，大家都感到特別的有興趣，除了解釋消防車逼近或遠離產生的音效、電磁波雷達的應用，甚至天文學上「紅位移」解釋宇宙擴張，總是讓人感到興奮又好奇。於是可不可以自己設計相關應用就成了大家一致的想念。生活科技的課堂上，我們學到 Arduino 及感測器的應用，原先只是想設計測量移動中發聲物體的頻率變化，但是直線運動的相關測定需要很大的空間來執行，在經過幾次的小組討論後決定以圓周運動的模式來驗證都卜勒效應。一開始我們想要以溜溜球來執行我們的設計，但是如果得到穩定而精確的轉速用以實驗驗證理論，採用人力轉動勢必不可行。最終方案我們採用可調速的直流減速馬達，並設計可監控轉速的電路，以達到穩定可調的轉速，搭配藍芽喇叭透過手機免費的頻率發生器 App 發出穩定的音頻，最終由麥克風接收音頻並記錄頻率變化，用以驗證都卜勒效應。

## 2. 硬體及電路架構圖：

### (一) 藍芽喇叭轉盤部分：

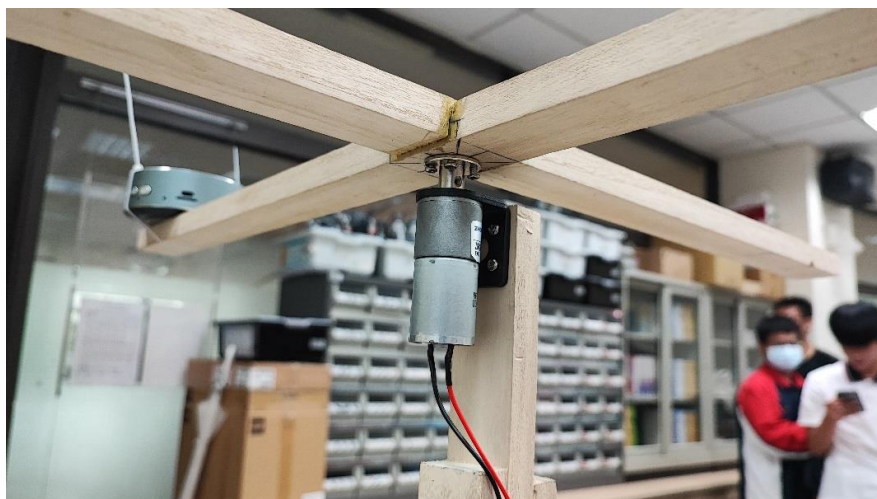
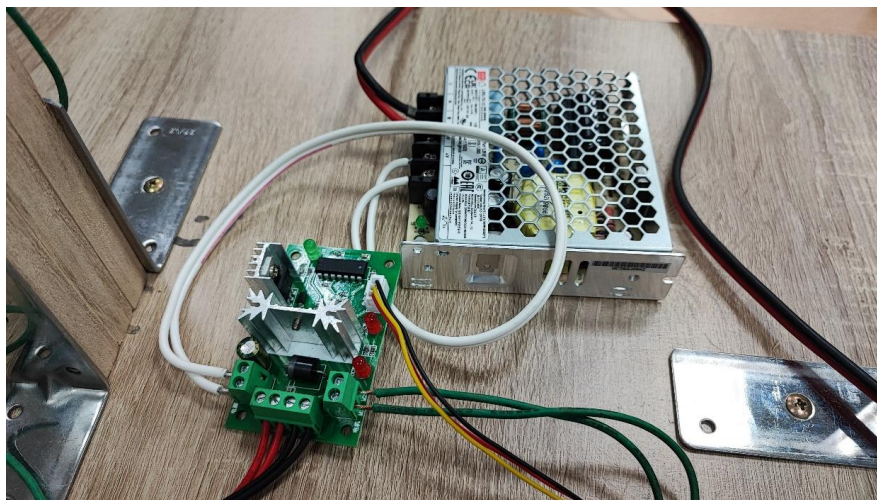


(二) Analog MEMS Microphone 部分：



3. 作品使用說明及應用：(可透過圖表或照片說明之)

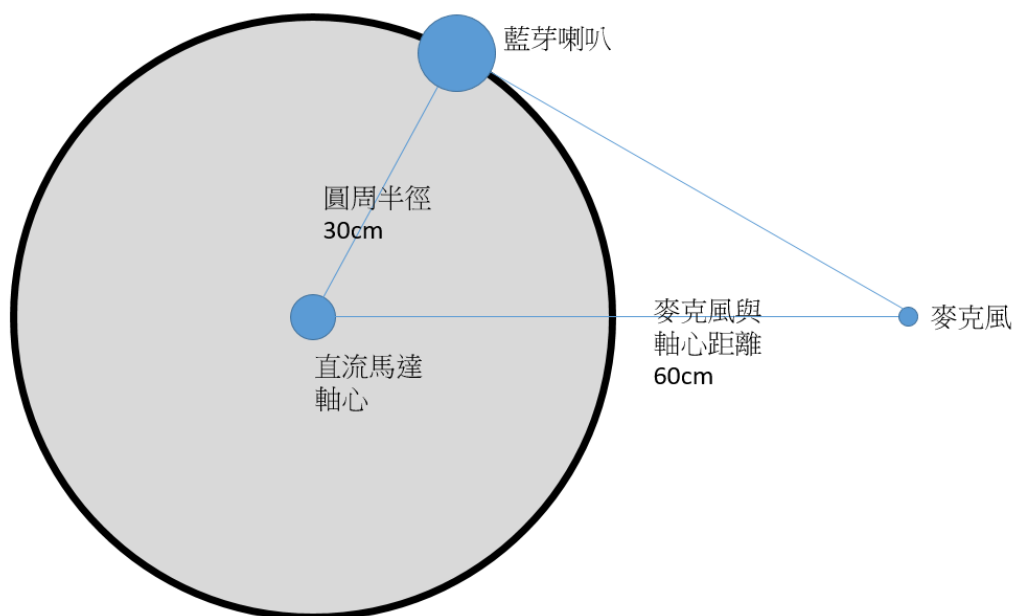
(一) 啟動直流減速馬達，透過直流馬達調速器調整轉速，待轉速趨向穩定(1Hz)。



(二)以手機頻率發生器 App，經由藍芽喇叭播放固定頻率的音頻，考慮 Uno 運算能力，僅採用500Hz 音頻。

(三)連接麥克風的 Arduino 透過 Serial Monitor 顯示即時的頻率。(亦可透過 PLX DAQ v2 直接匯出至 EXCEL)

(四)分析資料找出頻率的變化，依照硬體構件尺寸以及旋轉頻率得出藍芽喇叭的運動速率，如下圖的切線位置應是逼近或是遠離麥克風最大速率的位置。



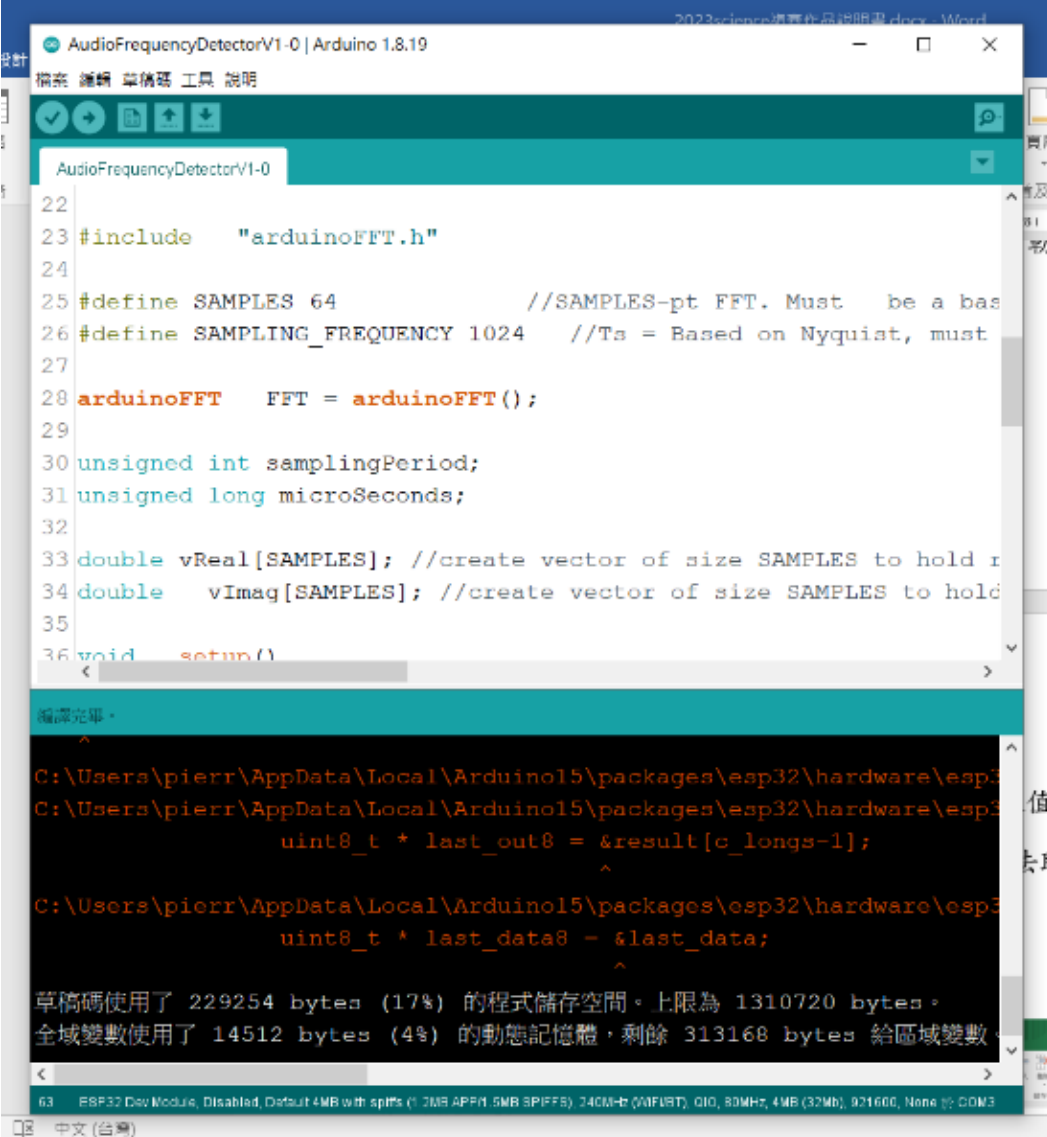
(五)依據所建置 DHT11 溫溼度感測器，獲取現場溫度與濕度數值，推算出音速，應用都卜勒效應計算出預估的最高或是最低頻率，再與實際測量所得相互驗證。

#### 4. 作品創意性：

本次作品的發想皆來自於物理與科技領域教學中十分基礎的內容，然而在成品逐漸成形的過程中，組員通過一次又一次的腦力激盪與討論分享，將日常生活中遊戲及娛樂成分居多(如溜溜球、藍芽喇叭)的產品與概念，應用於作品之中，並且達到相當不錯的成效。得力於現今 STEAM 教育的普及，我們可以輕鬆獲得所有相關軟硬體的知識，於是從測量空氣的溫度進而推算音速，從圓周運動的頻率、週期與運動軌跡的半徑推算聲源的運動速率，最後由都卜勒效應推算出觀察點音頻的變化等等，得以全部在一件作品中完成。

## 5. 作品成果報告

- (一) Arduino 透過麥克風經由 A0 類比輸入取得採樣值，使用 FFT (*Fast Fourier Transform*) Arduino Library 數值方法取得頻率，考慮到 Uno 的運算能力與內建記憶體的限制，本次程式的取樣數設定為 64 (最大可為 128)，取樣頻率設定為 1024 (待測聲源 500Hz 的兩倍)。



```
22
23 #include "arduinoFFT.h"
24
25 #define SAMPLES 64 //SAMPLES-pt FFT. Must be a bas
26 #define SAMPLING_FREQUENCY 1024 //Ts = Based on Nyquist, must
27
28 arduinoFFT FFT = arduinoFFT();
29
30 unsigned int samplingPeriod;
31 unsigned long microSeconds;
32
33 double vReal[SAMPLES]; //create vector of size SAMPLES to hold r
34 double vImag[SAMPLES]; //create vector of size SAMPLES to hold
35
36 void setup()
```

編譯完畢。

```
C:\Users\pierr\AppData\Local\Arduino15\packages\esp32\hardware\esp32
C:\Users\pierr\AppData\Local\Arduino15\packages\esp32\hardware\esp32
uint8_t * last_out8 = &result[c_long-1];
C:\Users\pierr\AppData\Local\Arduino15\packages\esp32\hardware\esp32
uint8_t * last_data8 = &last_data;
```

草稿碼使用了 229254 bytes (17%) 的程式儲存空間。上限為 1310720 bytes。  
全域變數使用了 14512 bytes (4%) 的動態記憶體，剩餘 313168 bytes 給區域變數。

63 ESP32 Dev Module, Disabled, Default 4MB w/ 3MB SPIFS (1.7MB APP, 5MB SPIFS), 240MHz (WiFi/BT), QIO, 80MHz, 4MB (32Mb), 921600, None @ COM3

- (二) 計算得出的頻率數值透過 Serial Monitor 顯示，由於數量龐大，整理的方式是先將之複製於文字編輯器，再依照數值的起伏規則分段貼至 Excel 中，方便後續處理與觀察。相關資料如下截圖。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	512	512	512	512	512	512	512	512	512							
2	512	512	512	512	512	512	512	512	512							
3	512	512	512	512	512	512	512	512	512							
4	512	512	511.37	512	512	512	512	512	511.37							
5	512	512	512	509	512	512	512	512	512							
6	512	512	512	512	512	512	512	512	512							
7	512	512	512	512	512	512	512	508.82	512							
8	512	512	512	512.04	511.46	505.52	512	512	512							
9	512	512	512	512	512	512	512	512	512							
10	512	512	512	512	512	512	512	512	512							
11	504.25	512	512	512	512	511.51	512	512	508.43							
12	504.47	506.5	504.51	510.82	505.25	503	506.36	509.68	504.51							
13			506.24	503.57	504.04	507.29	508.76		506.24							
14				504.53												
15																
16																
17																
18																

(三) 依照實驗時室內溫度 $25^{\circ}\text{C}$ ，參考音速 $c = 331.6 + 0.6T$ ，可推算出當時音速為 $346.6\text{m/s}$ ，轉盤旋轉頻率調至 $1\text{Hz}$ ，可得圓周運動速率為

$$2\pi r / 1 = 1.884\text{m/s}。最後根據都卜勒效應 $f' = \left(\frac{v \pm v_o}{v \mp v_s}\right) \times f$ ，$$

$f' = \left(\frac{346.6 - 1.884}{346.6 + 1.884}\right) \times 512 = 506.46$ ，與實驗所得約莫符合，值得再深入探討其中變因。

註： $f'$ 為觀察到的頻率；

$f$ 為聲源的原始發射頻率；

$v$ 為聲波的行進速度；

$v_o$ 為觀察者相對於介質的移動速度，若接近發射源則前方運算符號為+號，反之則為-號；

$v_s$ 為聲源相對於介質的移動速度，若接近觀察者則前方運算符號為-號，反之則為+號。



6. 參考文獻：

(一)快速傅立葉轉換之維基百科說明

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%BF%AB%E9%80%9F%E5%82%85%E9%87%8C%E5%8F%B6%E5%8F%98%E6%8D%A2>

(二)FFT(*Fast Fourier Transform*) Arduino Library

<https://projecthub.arduino.cc/abhilashpatel121/03724d54-1c0a-45a0-9785-c7883294fedd>

(三)高中物理之都卜勒效應

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A4%9A%E6%99%AE%E5%8B%92%E6%95%88%E5%BA%94>

(四)高中物理之圓周運動

<https://zh.m.wikipedia.org/zh-hant/%E5%9C%93%E5%91%A8%E9%81%8B%E5%8B%95>

## 2023仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

## 作品設計費支出明細表(複賽用)

隊伍名稱：風火輪

項目名稱	費用	備註
木料	460	
L型支架	200	
螺絲	50	
紅外線近接開關	20	
12V 減速馬達+調速器+聯軸器	580	
12V 電源供應器	330	
MEMS 麥克風模組	238	
藍芽喇叭 X2	358	
DHT11溫濕度感測器	50	
0.96吋 OLED 顯示器 X2	200	
總價(新台幣)(元)	2,486	

註：除了大會所提供之 Arduino UNO 外，其餘作品設計費每組花費限額3,000元(大會不補助)。若作品有使用到網際網路，提供網路的設備不計入作品設計費，該設備只作為提供網路給作品使用。

複賽時並請提供「作品設計支出明細表」。