

2025仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱：**赫荷有名**

作品名稱：**電荷與電磁波感應裝置**

科學概念1：分辨「電荷性質」與「靜電感應」，利用正、負電荷對於金屬導體內自由電子影響的差異，即靜電感應現象的不同，可以透過放大電路將微小的電流訊號加以放大，並產生可察覺之訊號，如：發光與產生聲音，作為自製裝置判斷「電荷性質」的依據。透過裝置所接收的訊號，可進一步由 ESP32 進行分析加以分析，作為空間電場測量之裝置。

科學概念2：判斷「靜電電場與電磁波」的個別影響，因為靜電場是來自於中心電荷，由於正、負電荷會有不同的電場作用，但是空間中普遍都會存在電磁波的影響，所以裝置所接收之訊號，會是「靜電電場與電磁波」之合成結果，透過 ESP32 程式之運算，可將裝置所接受的訊號進行分辨，讓實驗者了解電場與電磁波的影響與差異。

決賽成果報告書內文

(最多10頁)

1. 發想動機：

我們生活在一個充滿電荷與電磁波的世界中，但這些現象往往無形且難以直觀感受，卻深刻影響我們的生活與工業製程。尤其在台灣這個全球半導體重鎮，晶片生產對靜電放電（ESD）極度敏感：微小的靜電放電就可能在晶圓製程中造成不可逆的良率損失。因此，我們提出以學校課程中學到的 ESP32 微控制器為核心，設計一套輕量化的靜電偵測與預警系統。該系統利用達靈頓放大電路放大來自天線的微弱靜電訊號，經 ESP32 進行即時數據處理、計算與統計，並透過 OLED、LED 與蜂鳴器發出警示。未來可應用在觀察靜電與電場的教學活動中，除了能直觀地觀察到正負電荷與電磁波的變化，也能讓學生更具體地理解電荷如何產生電場與電磁波，進而加深對電磁現象與實際應用之間關聯的認識。

2. 作品創意性：

- (1). 能夠分辨物體帶電的電荷性質及電磁波
- (2). 透過 ESP32 計算與數值分析, 並將結果透過螢幕進行即繪圖顯示
- (3). 能透過 WIFI 傳輸資料到雲端

3. 硬體及電路架構圖：

圖 1 是我們最初始的電路板，其中的 LED 燈與蜂鳴器只能顯示有無偵測到帶有電荷物體的訊號，如圖 2，LED 發光表示有偵測到帶有電荷的物體。



圖 1 無靜電荷狀態



圖 2 有靜電荷狀態

那為了建立測量正、負性質電荷的基本電路，我們將示波器接上兩種電荷的偵測電路，進行基本的波形量測。圖3為本研究連接示波器的靜電荷放大電路，分別利用 NPN 達靈頓電路與 PNP 達靈頓電路，可以偵測到正電荷及負電荷。圖4為本研究之偵測正負電荷基本電路圖。圖

5將示波器的時間調小，可以明顯看到交流60Hz 正弦波，藍色為負電荷偵測電路之波形，黃色為正電荷偵測電路之波形，當人體靠近時，因身體上的電磁波形成的電位，對兩個偵測電路都有影響。其正負半週會交替影響偵測電路。

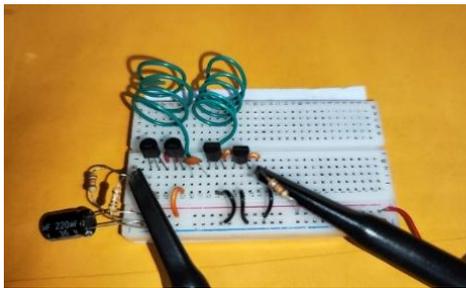


圖 3、裝置圖

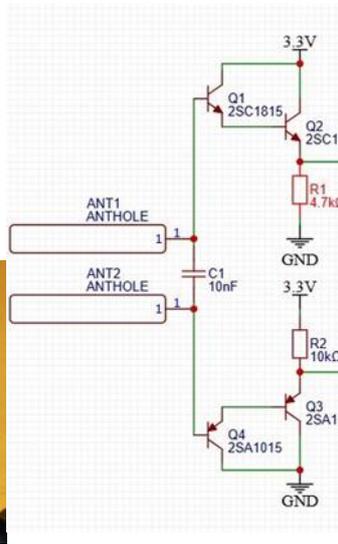


圖 4、裝置電路圖

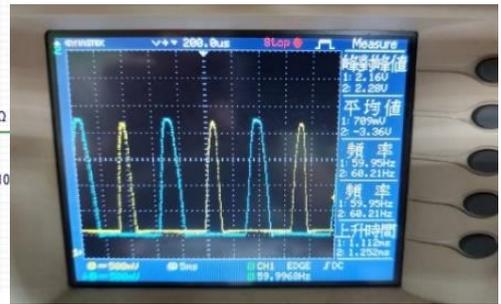


圖 5、時間調小電磁波圖

如圖7所示，為將帶負電荷的塑膠袋靠近及遠離電路時，所量測到的波型，圖中藍色塑膠袋是負電荷靠近，黃色是負電荷遠離。將示波器的時間範圍縮小，分別利用正電荷與負電荷接近感測器，我們可以分別得到圖8與圖6，如圖8所示，黃色的波型變化，正電荷靠近；如圖6所示，藍色波形變化。這些波形變化都是代表訊號有60Hz。

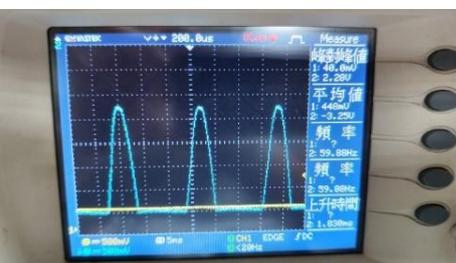


圖6 負電荷靠

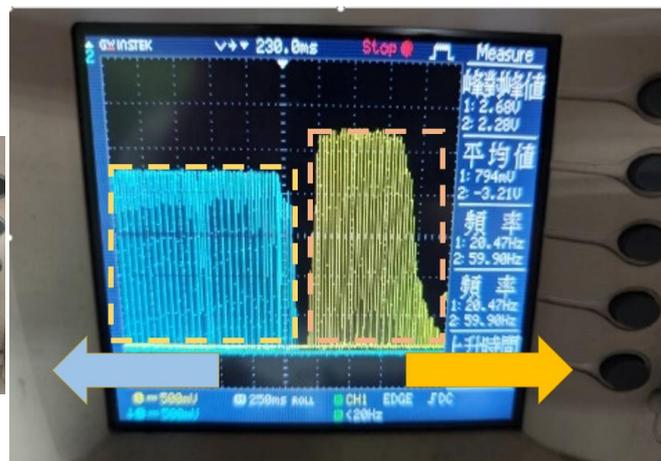


圖7 負電荷靠近及遠離

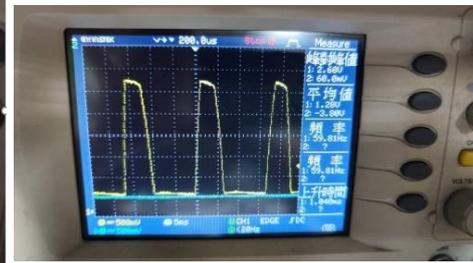


圖8 負電荷遠

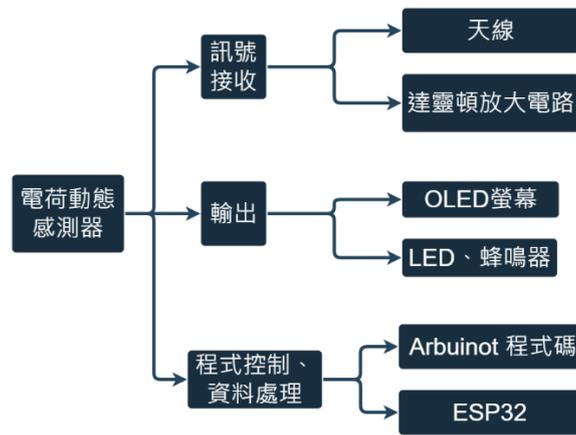


圖9 新型的 ESP32裝置架構

我們進行資料蒐集與多次討論後，將裝置的設計與架構加以改良，分為供應、感測與控制資處三個部分進行深入研究，其新型的 ESP32裝置架構如圖9所示。

上述圖9的各項規劃功能說明如下：

1、訊號接收：線接收訊號並使用達靈頓電路放大接收到的訊號。

2、輸出：

(1). 將經過 ESP32計算、統計後的資料顯示於 OLED 螢幕面板上。

(2). 當數值超過一定數值時, 用 LED 燈及蜂鳴器警示。

3、程式控制與資料處理

(1). 將 ESP32連接到電腦，選擇正確的開發板和端口。

(2). 上傳程式碼，打開序列監控器以觀察狀態。

(3). ESP32 開發板用於實現 OLED 面板的顯示

根據上述規劃之新型的 ESP32微控制器的裝置設計之電路路線圖如圖10所示，依據此路線圖所設計之印刷電路板圖如圖11所示，可以看到針對雙電荷性質設計了兩套獨立的電路迴路，並透過 ESP32進行測量與紀錄，預想的裝置的零件位置模擬圖如圖12所示。

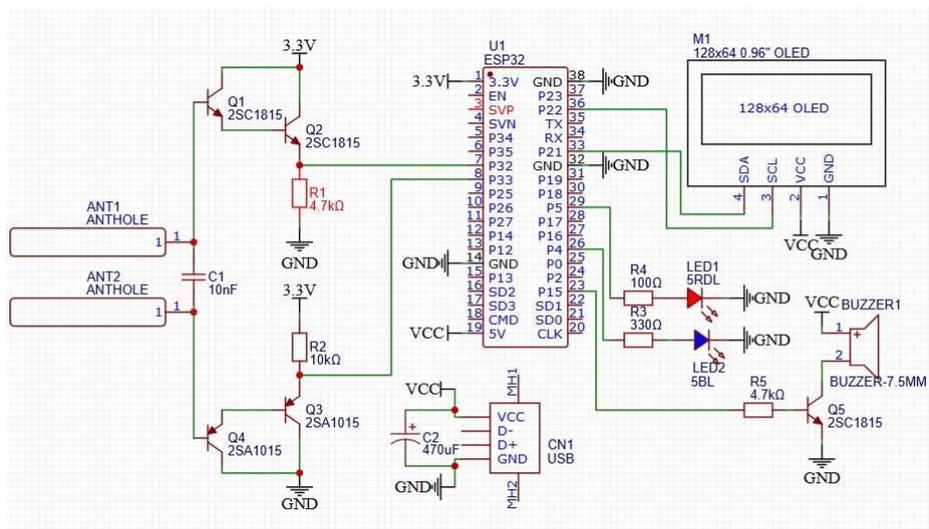


圖 10 新型的 ESP32 裝置電路路線圖

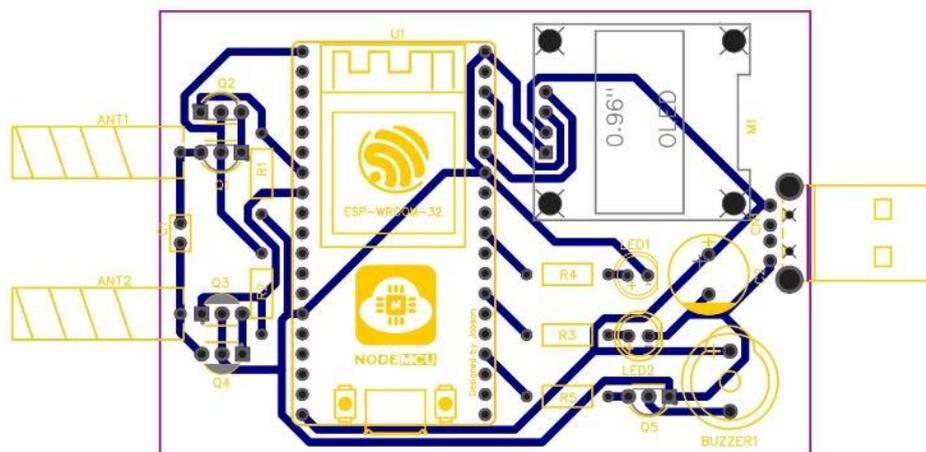


圖 11 新型的 ESP32 裝置電路模擬圖

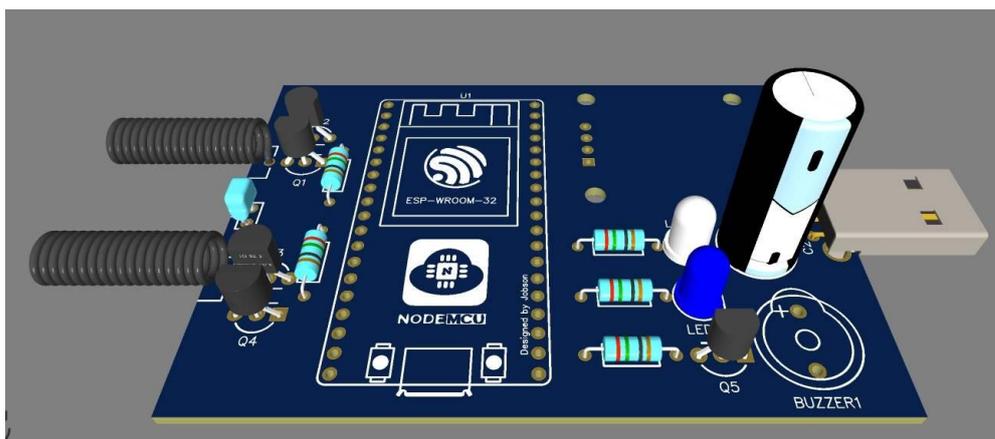


圖 12 零件位置模擬 3D 圖

採用 ESP32 微控制器的新型裝置電路之程式運作流程圖如圖 13 所示，其中 Task1 與 Task2 部分如圖 14 所示。

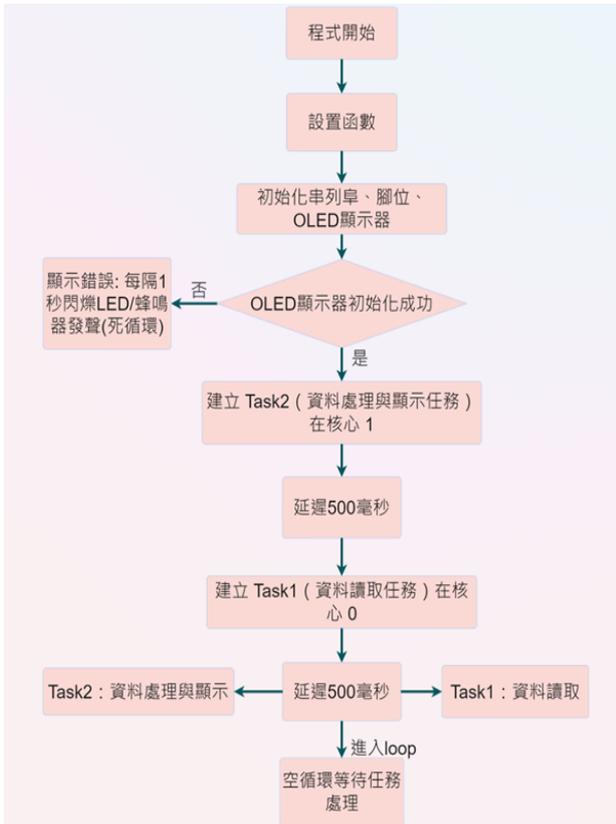


圖 13 程式運作流程圖

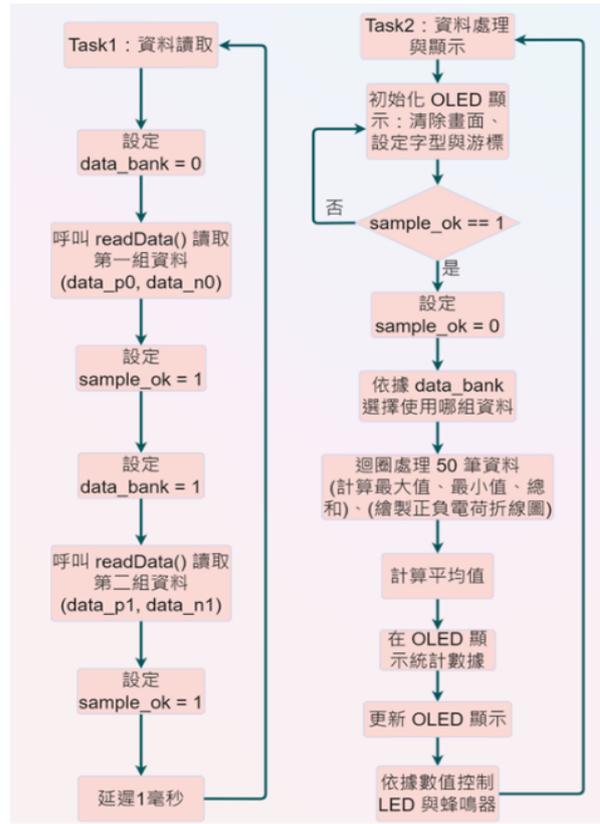


圖 14 Task1 與 Task2 部分程式運作流程圖

4. 作品成果報告：

之後我們將我們所設計的電路焊接於多孔電路板上製作及組裝，如圖15所示。在確認其運作穩定後我們將改用訂製印刷電路板進行接下來的實驗，如圖16所示，整體效果與元件連接狀況都更加良好。



圖 15 將電路製作在洞洞板上

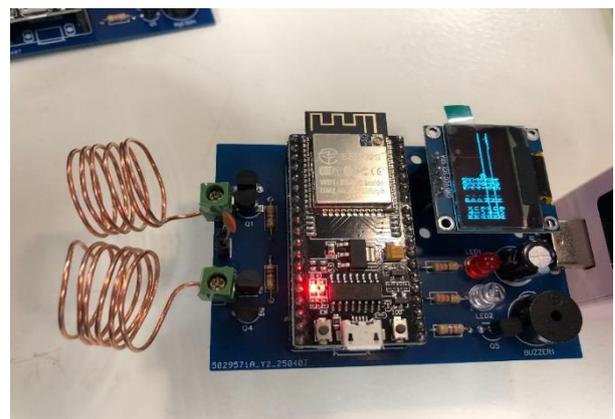


圖 16 訂製印刷電路進行組裝

接著我們進行了一項實驗，使用范德格拉夫起電器形成累積正電荷與負電荷的金屬球，並將裝置分別靠近。採用方式如圖17所示，我們透過以手機錄影並逐幀回放的方式找出數值。其實驗結果如圖18所示，將線徑2.0天線分別靠近正電荷的訊號數據(圖中藍色線)及負電荷訊

號數據(圖中橘色線)平均圖。其中橫軸為離靜電源之距離(cm)；縱軸為 OLED 面板所顯示平均值的平均。由此表可看出裝置隨著離范德格拉夫起電器的帶正電金屬球越近，數值有明顯上升的趨勢，而帶負電金屬球由於球體小，累積的電量也較少，訊號無明顯的趨勢變化。

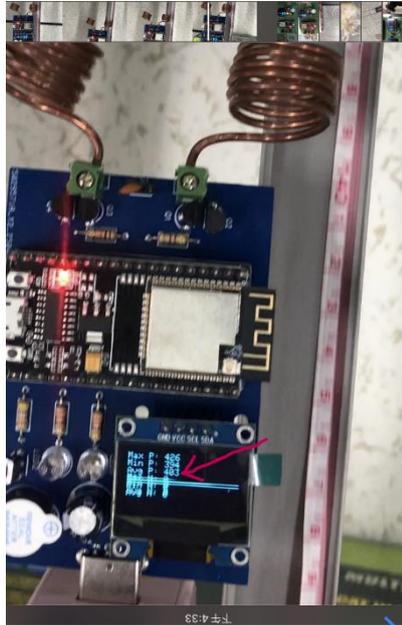


圖 17 距離 140cm 時平均值為 403

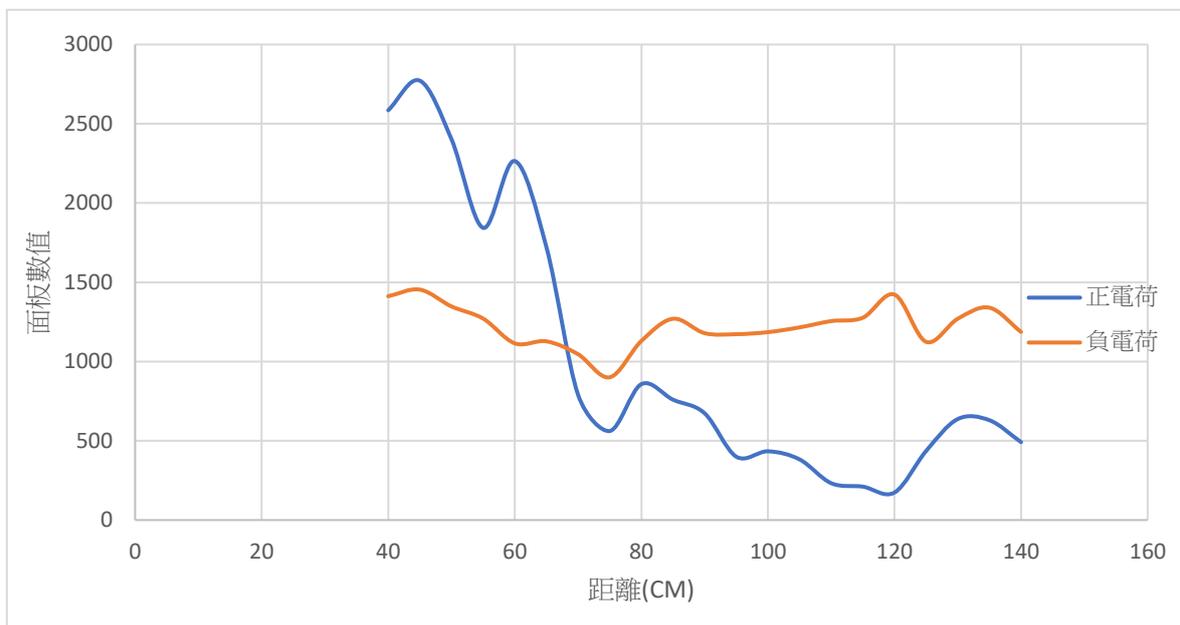


圖18 裝置離靜電源距離與數值大小關係

5. 未來展望:

- 1、由於目前使用的 oled 面板所顯示的字體較小，未來我們會將 oled 螢幕上顯示的資訊透過藍芽連線的方式傳送即時的資訊到電腦螢幕或手機上，以便於觀看。

- 2、目前我們的電路是採用2顆晶體來放大訊號所以能感應到的距離較短。但如果採用4顆晶體來放大訊號，雖然在遠距離就能感應到但相對的電壓的飽和速度會過快 ESP32會讀取不到訊號。因此未來我們會改用4顆電晶體放大，並透過程式判斷電壓是否達到飽和；如果達到飽和則自動切換電晶體的放大數量。
- 3、在電路中加入超音波測量距離，有物體距離後，讓可以讓本研究的裝置可以得到絕對的數值，並參考測量到的曲線變化，再修改電路，優化程式。

6. 參考文獻：

1. 李義評, 紀慶隆, 張世欣, & 吳英正. (2011). 膠帶貼撕生電. *科學教育月刊*, (41), 44-52.
2. 葛士瑋(2019). 技術型高中物理 B(下), 龍騰出版社
3. 劉文雄(2019), 基本電學上冊, 全華科友
4. 趙英傑(2024), 超圖解 ESP32應用實作, 旗標科技股份有限公司