

屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科別：生活與應用科學科(一)

組別：國中組

作品名稱：危險警示工程帽管理系統

關鍵詞：工程帽、工安、侷限空間

編號：B6020

作品名稱：危險警示工程帽管理系統

摘要	01
壹、前言	02
一、研究動機	02
二、研究目的	03
三、文獻探討	03
貳、研究設備及器材	05
參、研究過程或方法	06
一、系統設計架構圖	06
二、軟體與硬體設計步驟圖	07
三、ESP32 微控制器	08
四、ESP32 與 MQ-5 氣體感測器電路設計	09
五、ESP32 與 HMI 電路設計	10
六、ESP32 與 ZigBee 電路設計與實驗	12
七、ESP32 與 MP3 電路設計與實驗	12
八、ESP32 與 WS2812 電路設計與實驗	13
九、APP 手機程式設計	14
十、管理監控系統設計	16
十一、外殼 3D 列印繪製	17
十二、ESP32 控制腳位規劃設計	18
肆、研究結果	19
一、前言	19
二、操作方法	19
三、HMI 人機介面畫面編輯	20
四、危險警示工程帽管理系統電路圖	21
五、文字轉語音下載與測試	22
六、裝置整合測試與操作使用步驟圖	23
七、智慧型危險警示工程帽	24
伍、討論.....	25
陸、結論	26
柒、參考資料及其它	28

摘 要

日常生活中，安全帽是機車騎士的守護者，而在工地中，工程帽則是勞工的第一道防線。然而，傳統工程帽僅具備「被動保護」功能，對於高風險工作環境中的「主動防護」卻顯得不足。尤其在侷限空間或下水道等危險場域中，缺氧、一氧化碳與沼氣中毒事故頻傳，往往因缺乏即時偵測與群組通報機制，導致人員休克甚至喪生。傳統工程帽在這類工安意外中，形同虛設無法保護勞工的工作環境安全。

作品設計以 ESP32 為主控制器，有害氣體偵測則使用氣體感測器 MQ-5 及 MQ-2 酒精感測器，使用 DHT-11 偵測環境溫度與濕度，以 Zigbee 建構小型區域網路，達到群組通知與訊息傳遞，狀態顯示則使用 HMI 人機介面，MP3 模組則存放警報聲及語音危險訊息廣播，狀態 LED 顯示燈號。

壹、前言：

一、研究動機：

- (一)、職業災害中危及勞工朋友的生命與財產，並間接造成家庭破碎與悲傷，工安意外發生往往是人們忽略安全規範，造成一次又一次工安意外。
- (二)、工作安全不僅攸關個人，更牽動每一個家庭的幸福。作品以「科技守護勞工」為核心理念，結合感測、通訊與智慧警示，補足傳統工程帽的不足，讓安全從被動保護進化為主動防護。引發我們創新研究動能，初步構思「危險警示工程帽示意圖」，如圖 1-1 所示。
- (三)、當身體不舒服或遇到危險時，無法告知給其他人員，更來不及撥打電話求救，因而導致錯過急救時間。此外，也有可能因為人數眾多，忽略了統計確認人員數，讓災害發生時，難以掌握受困的人數與他們的準確位置，更提高了救援的難度。
- (四)、根據統計，2025 年的職業災害死亡人數達 259 人，雖然比 2024 年減少了許多，平均不到兩天時間就會有一人死亡，顯示公安管理的方面還是待加強。但要達到零工安意外距離還很漫長，因此激發我們更深入了解並熟悉公共安全重要性。
- (五)、許多的工安事故都是因為在危險環境中缺氧、氣體中毒，導致作業人員昏厥，卻無法在第一時間發現。傳統工程帽僅具備被動保護的功能，只能等待危險來臨，無法真正的保護勞工的生命安全。



二、研究目的：

- (一)、透過科技管理與監控即可減少職業災害的發生。工作環境安全何其重要，它守住每一位工作者及每一個家庭，如何降低工作環境意外發生率，因此作品設計構思以安全為出發點，運用資訊科技透過感測器及通訊設備，帶給勞工朋友更多的保障與防護安全。
- (二)、傳統工程帽只有保護功能無法達到防護功能，因此作品設計一款具有保護及防護即時警示與通報工程帽，才能確保每位勞工安全。

- (三)、為了彌補工安危險缺口，作品設計一款具有「危險警示工程帽及管理系統」，不僅能提供基本防護，更結合感測、通訊與警示功能，實現「保護 + 防護」的雙重安全機制，讓工地安全再升級。
- (四)、為了阻止一氧化碳等氣體中毒事故的頻傳，我們運用氣體感測器，來偵測氣體的濃度是否過高，如有超過預設的濃度，警報聲就會響起及 LED 燈條顯示危險燈號，來警示附近的工程人員。這樣不僅能偵測自身的環境是否處於安全狀態，亦能保護周遭的工作人員。
- (五)、我們利用系統警報聲設計及語音警報，取代原本呆板、機械的警報聲，讓工作人員可以清楚的辨識警報內容，使撤離能更加快速。
- (六)、當工程人員因為偶發事件造成危險或身體不適時，可以按下工程帽上方的緊急求救鈕，系統接收到通知且確認位置後，便可開始進行救援。
- (七)、只要在局限空間、下水道、隧道與煤礦開採、建築工地等地方的工程人員，皆可使用這頂工程帽。也可以因為環境不同，而替換不同的氣體感測器，將職業災害的風險降至最低。
- (八)、透過管理系統監控，可以了解每一位工程人員周遭的環境狀況，必要時也能發出警報，讓工程帽與管理系統都能夠看見當下的狀況，達成雙重保護。

三、文獻探討：

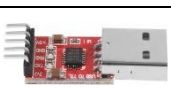
藉以瞭解之前的研究者針對此作品相關研究主題，提供了哪些重要的貢獻，而在這過程當中我們透過探討、反思、創新思維，研究方法，發現問題與結果，因此作品針對歷年相關之實驗研究、閱讀後整理部分重點摘要如下：科教科教館全國中小學科展作品查詢：

作品名稱	主要探討	研究方法	發現結果
智慧安全帽 第 58 屆--民國 107 年、工程學科(一) 科	1.酒後騎乘摩托車是台灣最大的安全問題，因為台灣與其他國家相比，機車數量較其他國家多，酒後騎車案件數也逐年增加，往往因為交際應酬或生活壓力而喝酒，喝酒後意識不清，造成嗜睡或意識模	1.應用酒精感測，先判斷是否超過規定濃度，若沒有超過，則機車可正常發動。 2.若超過了規定濃度，將會啟動三項功能，第一項，會先以 GPS 系統定位該駕駛人的座標，再將座標和相	1.歷年科展作品著重在機車安全帽之設計，文獻中沒有針對勞工配戴的工程帽進行研究設計。 2.安全帽中的蜂鳴器會以高頻的聲響，警示駕駛人目前的酒精濃度已超標，不能夠騎乘摩托車。 3.使用的 MCU 為 <u>Arduino</u> 控制器結合酒精感測器、GPS 藍

	糊等情況。 2.讓酒駕騎士不知道自己在做什麼？因而造成車禍或是種種意外，不僅害了自己也可能傷害到其他人，	關提醒訊息以 GSM 傳訊系統傳送給駕駛人家屬。	牙裝置。
安全有一「帽」 第 56 屆--民國 105 年、生活與應用科學科	1.腳踏車的安全防護設備是非常重要的，在歷年交通事故統計數據中，視線不佳、路況不良、車速過快、未保持安全距離，都會造成交通意外。	1.速率的定義為「單位時間內運動的路徑長」，而速度定義為「單位時間內位置的變化量」，也就是說在較短的時間內行走較長的路程所得到的速率與速度就會越高。 2.主動感應式發光安全帽：利用安全帽上之光敏電阻，作為感光元件，感應光源強弱，進而改變閃爍頻率，。	1.腳踏車安全防護設備缺點，改為主動閃光設備，視線不佳時，警示器提供 LED 燈光，增加腳踏車騎士與駕駛反應時間。 2.安全帽上 LED 燈加快閃爍頻率，引起後方汽、機車駕駛者注意，同時安全帽上緣處增加太陽能電池，使白天騎車可充電，內緣增加喇叭，同步產生聲響告之，增加夜間腳踏車騎士的安全，減少事故發生。
它罩得住我 第 62 屆--民國 111 年、電腦與資訊學科	1.研究主要為進行安全帽改造目前並無機車有相關技術。 2.安全帽上裝設鏡頭及雷達感測器，透過鏡頭進行車輛物件識別，以識別車輛類型及輪距。 3.內輪差曲線與盲區車輛偵測；透過雷達計算車側距離以判斷車輛是否會太靠近汽車或是落入汽車之內輪差範圍內。	1.差對用路時的影響了解物件識別的原理了解 YOLO v4 演算法。 2.識別行車的環境會有許多物品，如行人、各類車輛、消防栓、路牌等影響行車安全，需要藉由相機一一去識別。	1.的盲區偵測、內輪差等先進技術 皆建置於汽車上面，但實際在行車上造成災害發生的主角。 2.得知車輛轉彎角度為 52 度時，所需保持的安全距離最大。 3.得知當轉角為 52 度時所需安全距離最大，約為 0.3 左右(超過 52 度後開始減少)。

在文獻查詢方面，我們尚未查詢有跟我們研究相關之作品，作品最大的特色就是能幫助勞工朋友守護工作環境的安全，以下是我們經歷數月的研究設計成果。

貳、研究設備及器材：

設 備 名 稱	數量	用 途 說 明	備註(Google 圖片搜尋取得)
筆電	1	ESP32 程式設計與編輯、報告撰寫、手機 APP 程式設計	
ESP32S 微控制器模組	1	電路實驗與電路設計	
HMI 人機介面 2.4 吋觸控顯示器	3	環境監控數據顯示，各項功能數據及狀態設定顯示	
ESP32S 晶片	3	主系統控制晶片微控制器，用於電路板裝配	
MQ-5 氣體感測器	3	偵測液化氣/天然氣/瓦斯傳感器，氣體感測器	
MQ-3 酒精感測器	3	偵測酒精濃度	
DHT-11、DHT-22 溫溼度感測器	3	環境溫度與濕度偵測	
工程帽	3	安裝顯示器及各感測器之	
Zigbee	3	無線通訊模組，用於訊息傳送及接收，群組資料傳送	
鋰電池 7.4V	3	電源供應、可充電使用	
USB 轉 TTL 模組	1	HMI 編輯下載傳輸裝置、ESP32 程式下載	
麵包版	1	免焊電路板，用於電路設計與實驗	
MP3 語音撥放模組	3	語音輸出控制板、撥放語音資料	
SD 記憶卡 32GB	4	存放警訊息語音資料，警報音效	
按鈕開關	3	SOS 求救鈕	
SD 讀卡機	1	用於 SD 卡資料讀取與寫入	
WS2812 串列控制 LED 燈條	10	主要用於狀態燈號顯示、顏色為紅、綠、藍三種顏色	

參、研究過程或方法：

一、系統設計架構圖

危險警示工程帽管理系統架構圖，如圖 3-1 所示，分別有勞工所配戴的危險警示工程帽及後端的管理與監控系統。系統只要以 ZigBee 區域網路架構，作為信息傳遞與資料收集、群組通報，每一頂工程帽都有自己專屬的 ID 位置，可以與管理系統通訊。管理監控系統主要是接收由危險警示工程帽所傳送的危險警示訊號，再由管理監控系統，將危險訊息透過 Zigbee 所建構之群組傳送，此時每一頂工程帽收到危險訊息後並自行發出警報。管理系統以詢問方式呼叫每一頂工程帽將其 GPS 定位資料傳送至管理系統，管理公安人員能清楚明白每一位員工位置。

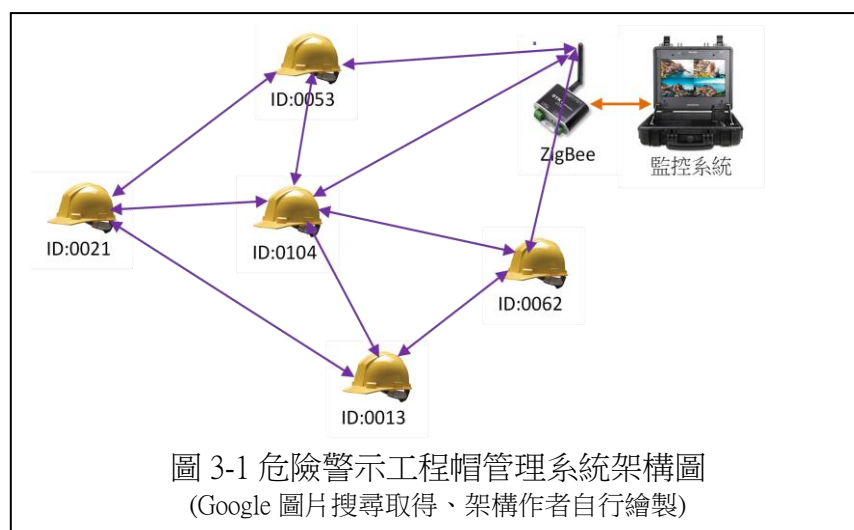


圖 3-1 危險警示工程帽管理系統架構圖
(Google 圖片搜尋取得、架構作者自行繪製)

(一)、危險警示工程帽設計架構圖

危險警示工程帽設計架構圖，如圖 3-2 所示，共有 8 個單元，分別為 ESP32 微控制器、氣體感測器、HMI 人機介面顯示器、DHT-11、DHT-22 溫溼度感測器、ZigBee 通訊模組、WS2812 全彩 LED 顯示、MP3 語音模組、鋰電池。

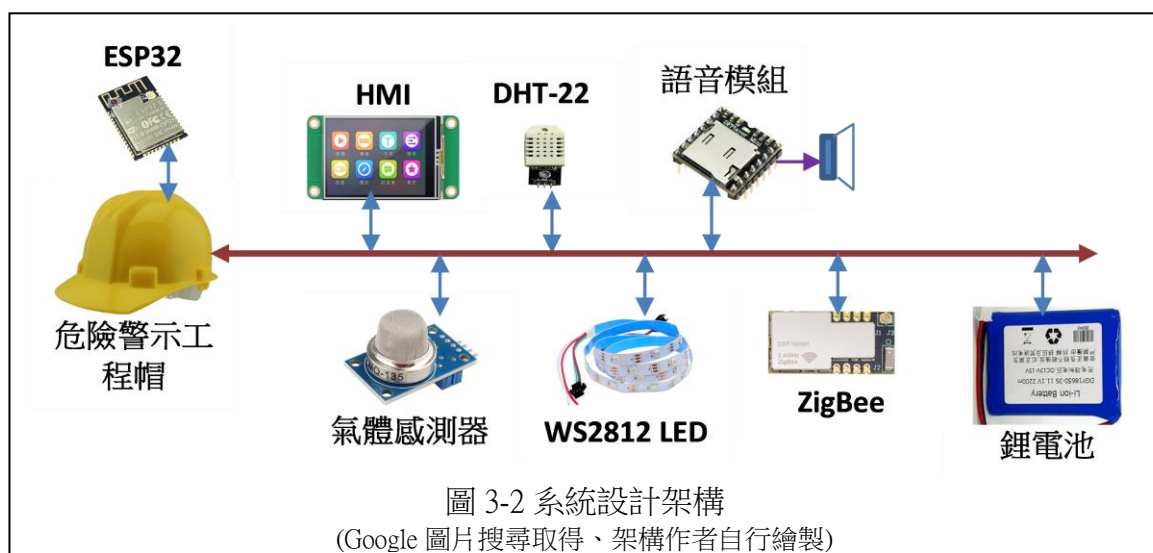
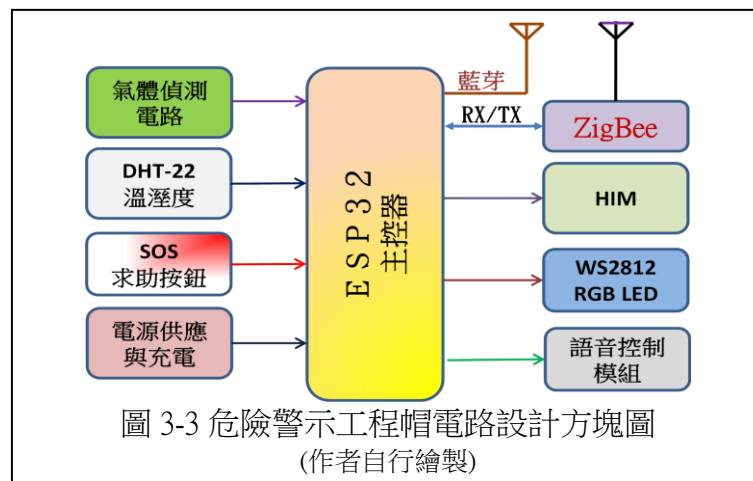


圖 3-2 系統設計架構
(Google 圖片搜尋取得、架構作者自行繪製)

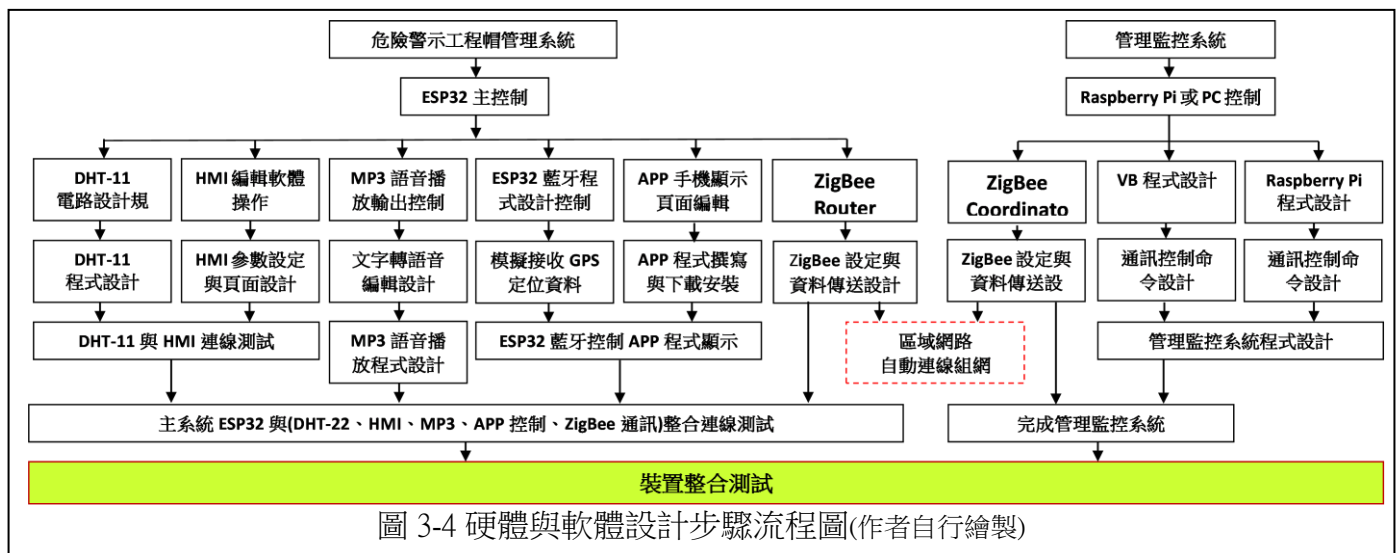
(二)、危險警示工程帽電路設計方塊圖

危險警示工程帽電路設計方塊圖，如圖 3-3 所示。ESP32 微電腦主控制器單元為系統核心，主要是用來控制周邊介面電路，撰寫韌體與硬體電路。並接收經由感測器所傳送的資料，經 ESP32 處理運算後將其結果輸出。氣體感測器，主要設計為工作場域環境空氣危險氣體偵測，氣體感測器也可以因環境不同抽換不同的感測器類別。HMI 人機介面顯示器，主要是顯示環境溫度與濕度，工作時間，危險訊息的通知。DHT-22 主要是偵測環境之溫度與濕度資料，再經資料傳送至 ESP32 處理。ZigBee 通訊模組，主要以區域網路方式達到訊息傳遞功能。WS2812 全彩 LED 主要是顯示危險訊息燈號。MP3 語音模組，主要是播放危險訊息語音，並將所要撥放的語音儲存於 SD 卡。鋰電池主要是用來提供電力。



二、軟體與硬體設計步驟圖

在硬體與軟體設計步驟流程圖，如圖 3-4 所示。先設計左側，危險警示工程帽、則分別有六個項目，在完成各項硬體與軟體，再逐一分別加入各項再分別整合測試。右側為管理監控系統、設計步驟流程如下，依步驟完成各項設計與測試，最後再與主系統整合測試，如錯誤需修改再返回各項步驟逐一修正，待軟硬體測試無誤後即可完成整合測試工作。



三、ESP32 微控制器

危險警示工程帽系統，設計我們選用 ESP32 為主控制器，ESP32 微控制器，如圖 3-5 示。ESP32 是由樂鑫科技公司研發的低功耗的微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)，它是一款擁有強大功能的微控制器，內部具有 Wi-Fi 通訊功能、藍牙通訊功能，輸出/輸入控制，因此被廣泛的應用在物聯網以及無線通訊領域。選用主要原因就是 ESP32 模組的開發方式，可以完全相容於 Arduino，所以只要在 Arduino IDE 介面即可撰寫程式，ESP32 函式庫也與 Arduino 開發板的範例可共用相容性高。ESP32 應用在無線資料傳送，簡單易學的開發工具，網路功能與簡單易學的模組函式庫，還有很多相關的範例可供參考、修改、設計。



圖 3-5 ESP32 微控制器
(Google 圖片搜尋取得)

(一)ESP32 與 DHT-11 電路設計

DHT-11、DHT-22 兩款溫溼度感測器，兩者最大差異為溫溼度偵測精確度後者較佳，作品則選用 DHT-11 如圖 3-6 所示。為是一款數位溫濕度感測器，內含有已校準數位信號輸出的溫濕度複合感測器。具有極高的可靠性與穩定性。使用在環境數值的偵測，溫濕度的應用，程式設計只要利用 DHT 的函式庫，讓程式設計變簡單。DHT-11 感測器內部包括一個電容式濕度感測元件和一個 NTC 測溫元件，輸出則以串列方式將溫溼度傳送至微控制器。其濕度測量範圍為 20%~95%，誤差為 $\pm 5\%$ ；溫度測量範圍為 0°C ~ 50°C ，誤差為 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。



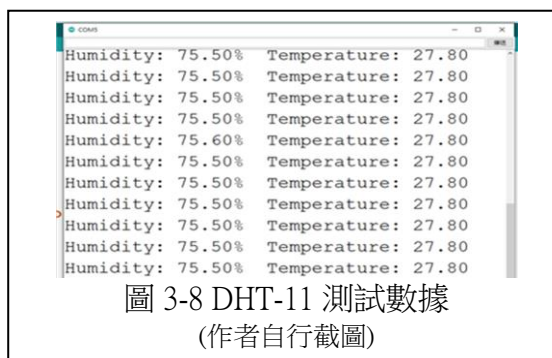
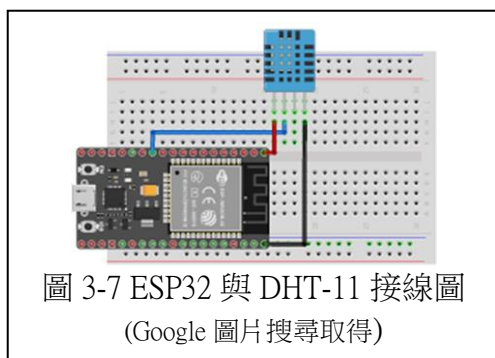
圖 3-6 DHT-11 溫溼度感測器
(Google 圖片搜尋取得)

實驗一：ESP32 控制 DHT-11 電路設計與測試

說明：1.ESP32 與 DHT-11 接線圖，如圖 3-7 所示。

2.將 ESP32 GPIO14 腳接至 DHT-11 DATA 腳，DHT-11 接+3.3V、GND。電路完成後下載程式並測試。

3.DHT-11 測試數據，如圖 3-8 所示。測試數據濕度 75.5%，溫度 27.8°C 。

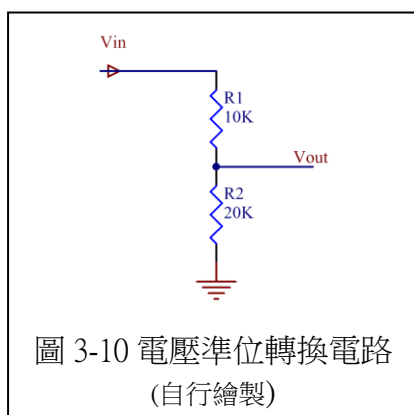


四、ESP32 與 MQ-5 氣體感測器電路設計

氣體感測器模組能即時偵測空氣中的特定氣體濃度，主要應用於空氣品質監控、工業安全警報與室內環境偵測等領域。感測器分類 MQ-2 可燃氣體模組、MQ-3 酒精乙醇感測器模、MQ-5 液化氣/天然氣/瓦斯感測器、如圖 3-9 所示。MQ-9 一氧化碳/可燃氣體感測器、MQ-135 空氣品質模組。感測器模組具備類比與數位輸出雙模式輸出訊號。



MQ-5 感測器模組工作電壓為+5V，因此 MQ-5 AO 類比電壓輸出則為 0V~5V，因此 ESP32 ADC 輸入電壓準位需設計分壓電路，作為準位轉換，將 MQ-5 輸出 0~5V 轉換為 0~3.3V，電壓準位轉換電路如圖 3-10 所示。以免 ESP32 燒毀。串聯分壓公式，如圖 3-11 所示。



$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R2}{R1 + R2}$$

1. $V_{in}=5V$ 計算 $V_{out}=?$

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R2}{R1+R2} = 5 \times \frac{20k}{10+20k} = 3.3V$$

2. $V_{in}=2.5V$ 計算 $V_{out}=?$

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R2}{R1+R2} = 2.5 \times \frac{20k}{10+20k} = 1.66V$$

圖 3-11 串聯分壓公式

(自行計算)

實驗二：ESP32 控制 MQ-5 電路設計與測試

說明：1.ESP32 與 MQ-5 接線圖，如圖 3-12 所示。

2.MQ-5 AO 類比電壓輸出腳，接至 ESP32 GPIO36/ADC 0 腳，VCC 腳位接至+5V，GND 腳位則接至 0V 位置。

3.電路完成後下載程式並測試。

4.MQ-5 濃度計算步驟：讀取感測器輸出電壓，透過 ESP32 微控制器類比電壓輸入腳位，讀取 MQ-5 感測器的類比輸出電壓，電壓值就是 V_{out} 代表感測器的輸出電壓。轉換為濃度 $ppm = 10 \times (0.4V_{OUT})^3$ 。安全範圍通常在 1000 ppm 以下，數分鐘內導致嚴重的健康問題；而達到 5 萬至 15 萬 ppm 時，則有氣爆的風險。

5.MQ-5 程式與測試數據，如圖 3-13 所示。

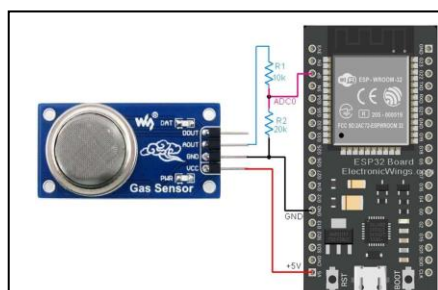


圖 3-12 ESP32 與 MQ-5 接線圖
(Google 圖片搜尋取得)

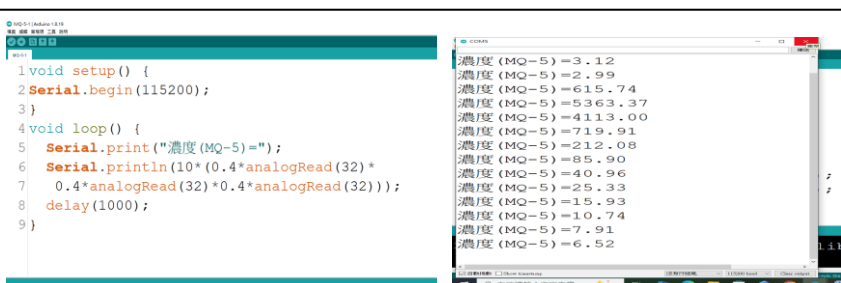


圖 3-13MQ-5 測試數據
(作者自行截圖編輯)

五、ESP32 與 HMI 電路設計

HMI 人機介面顯示器，如圖 3-14 所示。作品設計選用淘晶馳公司所開發的顯示器，該模組為 USART HMI 顯示器，開發軟體使用 GUI 界面的進行設計顯示頁面及物件，則控制可透過串列傳輸進行指令及數據資料之傳遞。我們所選用規格為 2.4 吋液晶觸控螢幕模組，螢幕解析度 320x240、TFT LCD 顯示器，控制只要傳送文字以 ASCII 即可，因此透過 ESP32 USART TX0、RX0 腳，進行控制與顯示。



圖 3-14HMI 人機介面顯示器圖
(Google 圖片搜尋取得)

(一)、HMI 顯示器編輯軟體

HMI 顯示器編輯軟體操作界面，如圖 3-13 所示。軟體及硬體電路皆為淘晶馳公司之產品，該軟體為簡體中文，對於開發操作有點困擾。開發界面各項功能說明如下：控制工具箱，圖形/字庫區，編輯訊息區，工具欄，界面視圖區，頁面管理區，控制屬性設置區，控制事件設置區。



USART HMI 人機界面編輯完成後，即可將編輯軟體下載到 USART HMI，點選下載鈕後選擇 COM3 及傳輸速率，USART HMI 編輯下載，如圖 3-14 所示。



實驗三：HMI 人機介面顯示器編輯與測試

說明：1.HMI 軟體操作介面，如圖 3-15 所示。軟體啟動後即可開始編輯顯示介面文字，設定物件屬性與位置。

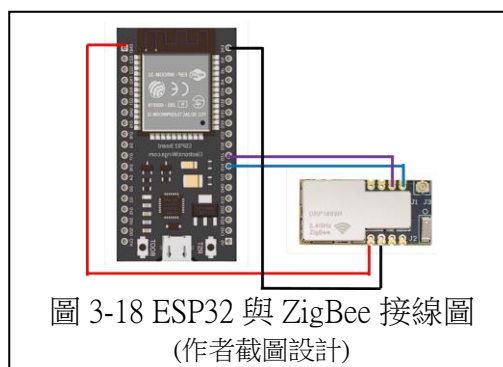
2.HMI 電源腳分別接至 5V、GND，編輯完成後透過 USB 下載至 HMI 顯示器，HMI 顯示器與 USB 接線圖，如圖 3-16 所示。下載完成後測試。

3.後續完成進行編輯各子畫面顯示頁面。



六、ESP32 與 ZigBee 電路設計與實驗

無線通訊網路的規格種類繁多，最常見的 Wi-Fi，RF2.4G，藍芽，Zigbee 等，則屬於高速的傳輸標準，以無線區域網路(WLAN)讓行動裝置無線化的連接。至於在智慧家庭、智慧建築、無線感測網路等領域，則大多不是採用 Wi-Fi，而是採用 ZigBee 應用來做傳輸。作品選用中鼎泰克，ZigBee 模組，如圖 3-17 所示。ZigBee 以短距離、低功耗、低成本等特色，由於 ZigBee 的網路拓樸跟網際網路一樣，具有多種傳輸途徑，每個 ZigBee 節點本身可以擷取資料，或傳遞來自其他節點的資料。因此當一個 ZigBee 網路節點被移除或是斷訊，其周遭的 ZigBee 裝置能夠透過 ZigBee 為中繼的傳輸方式、連接到其目的地。



實驗四：ESP32 控制 ZigBee 電路設計與測試

說明：1.ESP32 與 ZigBee 接線圖，如圖 3-18 所示。

2.將 ESP32 GPIO16(RX)腳接至 ZigBee TX 腳，PIO17(TX)腳接至 ZigBee RX 腳。ZigBee 工作電壓 3.3V。

3.將 ESP32 傳輸速率 (Baud) 設為 115200。

七、ESP32 與 MP3 電路設計與實驗

MP3 播放模組接腳圖，如圖 3-19 所示。DFPlayer Mini 是一款小巧且價格低廉的 MP3 模組，可以直接至只喇叭。資料傳遞透過串列埠通訊控制，由 ESP32 或者是任何有串列的單晶片控制。模組支援以下檔案 MP3、WAV、WMA 的解碼。同時軟體支援 SD 卡驅動，支援

FAT16、FAT32 檔案系統。通過簡單的串口指令即可完成播放指定的音樂或語音，設計使用方便，穩定可靠。使用 MP3 是一種壓縮檔案的格式，用來儲存數位的聲音資料。因此將編輯完成的警報語音檔案儲存於 SD 記憶卡中。

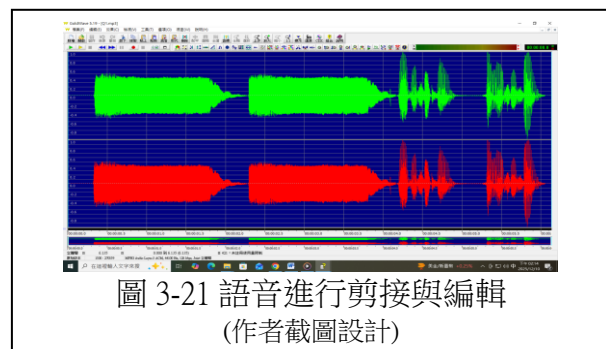
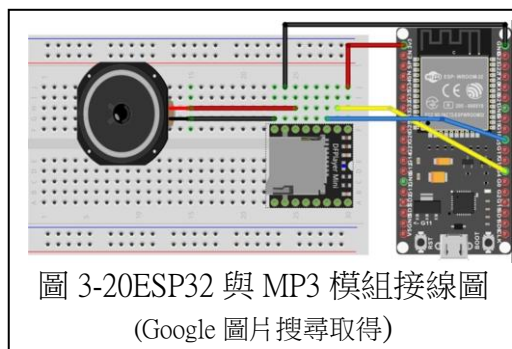


實驗五：ESP32 控制 MP3 電路設計與測試

說明：1. ESP32 與 MP3 模組接線圖，如圖 3-20 所示。

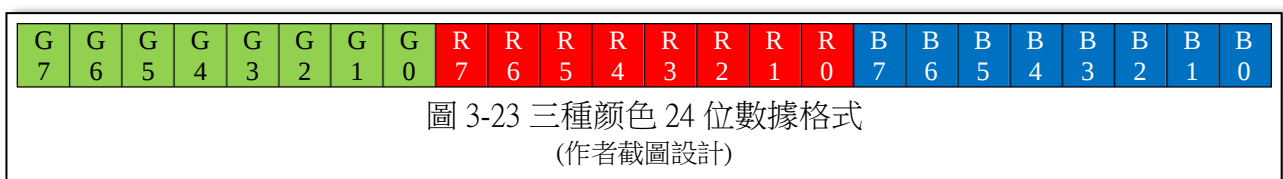
2.將 ESP32 GPIO16(RX)腳接至 MP3 TX 腳，GPIO17(TX)腳接至 MP3 RX 腳。電源電壓為+5V，完成後下載程式並測試每一段語音是否正確。

3.透過編輯 GoldWave，將警報聲與警示語音進行剪接與編輯，如圖 23 所示。



八、ESP32 與 WS2812 電路設計與實驗

WS2812 RGB LED，如圖 3-22 所示。WS2812 是具有內建驅動晶片功能的 LED，使用 5050 LED 封裝加入驅動晶片，驅動方式採串列進出，因此可獨立控制串接 LED 的每一顆 LED，每個一 LED 具有 R/G/B 三顏色可獨立控制。WS2812 每一個顏色可調整 0~255 階，因此每一個顏色需用到 8bit 控制，每一顆 LED 需用到 24bit 控制，三種顏色 24 位數據格式，如圖 3-23 所示。

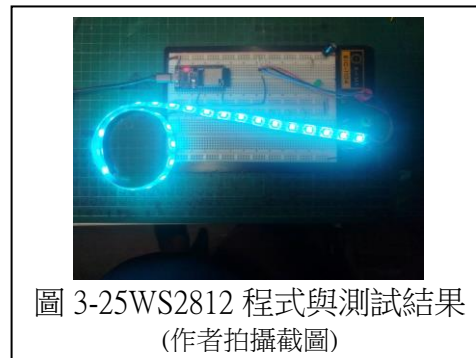


實驗六：ESP32 控制 WS2812 電路設計與測試

說明：1.ESP32 與 WS2812 接線圖，如圖 3-24 所示。

2.將 ESP32 GPIO4 腳接至 WS2812 Din 腳，V+接=+5V、V-接 GND 腳。下載程式完成後並測試。

3.WS2812 程式與測試結果，如圖 3-25 所示。



九、APP 手機程式設計

在危險警示工程帽定位偵測以 GPS 定位方式，則我們設計以手機 GPS 定位後透過藍芽裝置將經緯度傳送至危險警示工程帽，由 ESP32 藍芽裝置負責接收訊息。因此手機 APP 應用設計我們使用 APP Inventor2，App Inventor2 為一個透過圖形化介面來設計智慧行動 APP 開發應用軟體，程式撰寫可以透過瀏覽器編輯器中拖拉積木和 GUI 圖形化介面的方式來開發 APP，而不用撰寫 Java 程式碼，開始製作時我們需在使用者介面設計上，先規劃整個 APP 的架構及功能，在設計主選單顯示功能。由 Google 所提供的 MIT APP Inventor2 開發介面，如圖 3-26 所示。

MIT App Inventor 2 (AI2) 是由麻省理工學院 (MIT) 開發的免費雲端視覺化開發環境，專為 Android 手機應用程式設計。它使用拼塊程式設計 (Blocky) 介面，透過拖拉積木即可設計介面並編寫邏輯。

APP Inventor2 分別為畫面編排、程式設計等兩種介面，APP 顯示畫面編輯介面，如圖 3-27 所示。APP 程式設計介面，如圖 3-28 所示。APP Inventor2 開發軟體使用積木方式撰寫程式，以物件導向方式設計，因此每一個物件都有該物件、屬性、事件、方法，APP Inventor2 易懂易學，只要有基礎程式設計及邏輯能力即可完成。

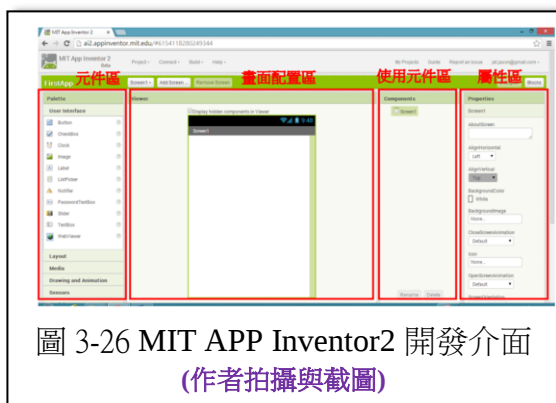


圖 3-26 MIT APP Inventor2 開發介面
(作者拍攝與截圖)



圖 3-27 APP 顯示畫面編輯介面
(作者拍攝與截圖)

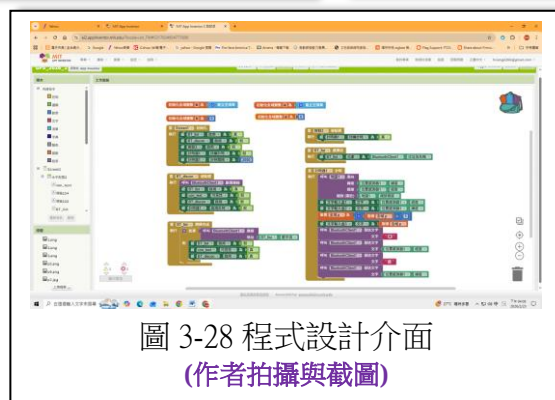


圖 3-28 程式設計介面
(作者拍攝與截圖)

(一)、ESP32 和 Android 手機的藍牙進行數據通訊

使用 ESP32 的藍牙與手機藍牙進行簡單的相互數據傳輸。設計 ESP32 與 Android 手機的藍牙 2.0 進行資料傳送與接收，藍牙 Bluetooth 無線通訊傳輸，通常用於近端點對點通訊，設計為了確保藍牙裝置間的互通性，則與手機的藍牙進行數據傳輸。ESP32 傳輸有兩種模式：主模式和從模式，如圖 3-29 所示。



圖 3-29 主模式和從模式
(作者拍攝與截圖)

實驗三：ESP32 和 Android 手機的藍牙通訊控制、電路設計與測試

- 說明：1. 設計 ESP32 負責接收經由手機所傳送 GPS 精度與緯度資料，則 ESP32 控制 HIM 在環境監控介面，將經度與緯度資料顯示在螢幕。
2. 設計由 Android 手機傳送經度與緯度資料至 ESP32。
3. 程式方面則需要撰寫 APP 程式及 ESP32 資料接收程式。
4. ESP32 接收資料欄位格式，文字轉語音及控制命令名稱，如表 3-1 所示。

表 3-1 文字轉語音及控制命令名稱				
序號	狀態	MP3 語音	工程帽控制命令	管理系統控制命令
1	氣體異常	危險氣體、人員疏散	ID+air	manage+AIR
2	高溫警報	高溫警報、小心中暑	ID+temperature	manage+TEMPERATURC
3	SOS 求救訊息	求救訊號、等待救援	ID+sos	manage+SOS
4	地震訊息通報	地震警報、請盡速避難	ID+earthquake	manage+EARTHQUAKE
5	人員休息通知	中場休息時間	ID+rest	manage+REST

(二)、Android APP 軟體設計

開啟 MIT APP Inventor2 開發軟體進行程式設計，GPS 定位顯示介面，如圖 3-30 所示。APP 程式，如圖 3-31 所示。



圖 3-30 GPS 定位顯示介面
(作者拍攝與截圖)

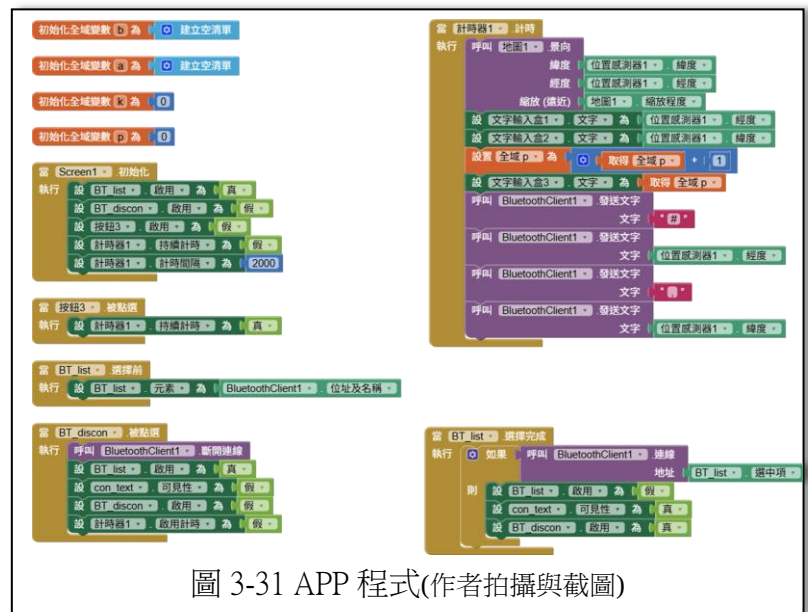


圖 3-31 APP 程式(作者拍攝與截圖)

十、管理監控系統設計

管理監控系統以我們 Visual Basic 撰寫控制程式，首先要先建立系統控制主畫面，如圖 3-32 所示。再將所需物件放置在表單主畫面位置，設定物件屬性，再以事件發生撰寫程式，設定 COM PORT5 為 USART 串列通訊，傳輸速率 115200，訊息交換以詢問式，依序逐一呼叫各路燈編號，被詢問到路燈再將資料回傳至監控系統，資料傳送格式，如表 5-2 所示。每一筆資料格式為：” H81301,A,12.6V,152A,340988” ，由系統計算總電流，換算成所耗功率。



圖 3-32 系統控制主畫面(作者拍攝與截圖)

十一、外殼 3D 列印繪製

在機構設計我們使用 Tinkercad 軟體來繪製，如圖 3-41 所示。顯示器外殼尺寸圖，如圖 3-42 所示，依圖透過 Tinkercad 繪製危險警示工程帽顯示器及電路板之外殼，如圖 3-43 所示。顯示器外殼後視圖，如圖 3-44 所示。

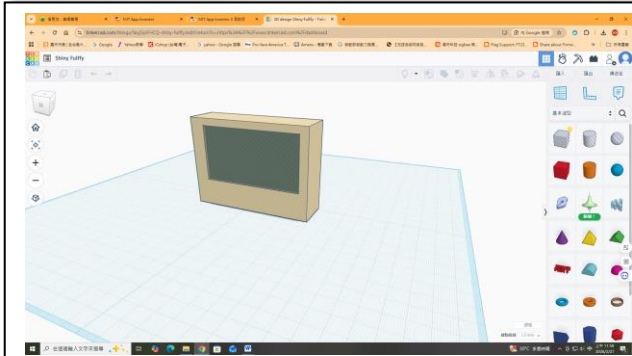


圖 3-41 Tinkercad 軟體(作者截圖設計)

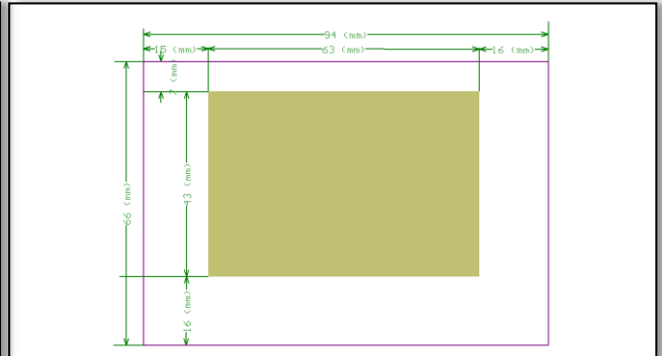


圖 3-42 顯示器外殼尺寸圖(作者截圖設計)

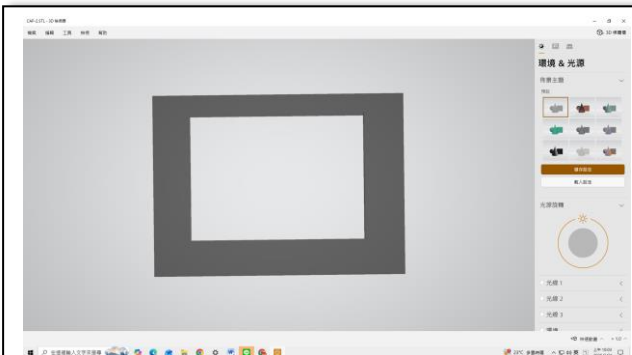


圖 3-43 危險警示工程帽顯示器及電路板之外殼(作者截圖設計)

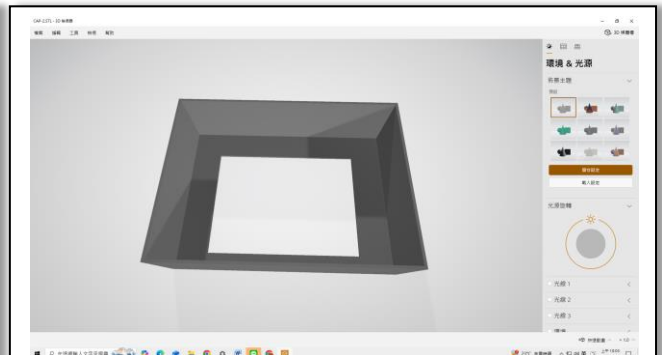


圖 3-44 顯示器外殼前視圖
(作者截圖設計)

十二、ESP32 控制腳位規劃設計

危險警示工程帽管理系統控制，ESP32 I/O 腳位規劃，如表 3-2 所示。

表 3-2 ESP32 I/O 腳位規劃(作者截圖設計)

腳位	名稱	ESP32S 接腳功能、硬體電路 I/O 腳位規劃
1	GND	電源腳、接 GND
2	+3.3V	電源腳、接 3.3V
3	EN	重置接腳，低態動作
4	GPIO36/ADC0	
5	GPIO39/ADC3	
6	GPIO34/ADC6	
7	GPIO35/ADC7	
8	GPIO32/RX2/ADC4	氣體感測器、類比電壓輸入腳(MQ-5、MQ-2)
9	GPIO33/TX2/ADC5	氣體感測器、數位輸入腳(MQ-5、MQ-2)
10	GPIO25	
11	GPIO26	
12	GPIO27	DHT-11 溫溼度感測器
13	GPIO14	
14	GPIO12	
15	GND	
16	GPIO13	
17	GPIO9	
18	GPIO10	
19	GPIO11	
20	GPIO 6	
21	GPIO 7	
22	GPIO 8	
23	GPIO15	
24	GPIO12	
25	GPIO0	PRO-boot 燒錄控制腳
26	GPIO4	
27	GPIO16	RX1、MP3
28	GPIO17	TX1、MP3
29	GPIO5	WS2812 串列控制 LED
30	GPIO18	RX2、Zigbee
31	GPIO19	TX2、Zigbee
32	NC	
33	GPIO21	
34	RXD0	RX0-HMI
35	TXD0	TX0-HMI
36	GPIO22	
37	GPIO23	
38	GND	電源腳、接+5V

肆、研究結果：

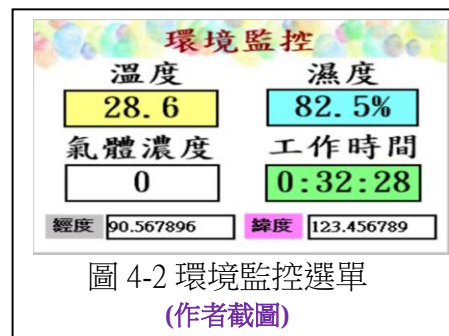
一、前言

研究結果針對設計的軟體與硬體電路進行測試，功能與動作是系統設計的命脈，可藉由測試結果進行校正軟體與硬體電路動作，待完成系統整合工作。因此系統測試依其功能屬性，分成硬體電路測試及軟體測試兩部份。

二、操作方法

作品設計具有下列五種操作模式：

- (一)「人員管理：每一頂工程帽都有自己的 ID 編號，進入工作場域前開啟工程帽電源，HMI 顯示主畫面選單，如圖 4-1 所示。顯示員工工號、員工姓名、職業類別，此時立即進行點名作業，工程帽上方 LED 則顯示白色，工程人員按下點名按鈕，工程帽會將員工編號訊息傳至管理監控系統，待管理系統回應後，LED 熄滅不亮，此時已紀錄工程人員編號，並受控於管理監控系統指揮與管理。



- (二)環境監控：完成點名後進入環境監控選單，如圖 4-2 所示。顯示環境溫度與濕度，氣體濃度及工作時間，數據異常時進入安全警示選單。
- (三)安全警示：警示工程帽，對於工作環境氣體與溫度偵測，當一氧化碳濃度高於設定值，觸發語音(有毒氣體、人員疏散)，同時 LED 燈號顯示紅色閃爍，並將氣體異常狀態傳送至管理監控系統，由系統向群組工程人員發布氣體異常訊息。以利人員緊急避難離開危險環境。
- (四)危險緊急求救：危險緊急求救功能，當工程人員危險意外或需協助救援時，可按下工程帽上方求救鈕，此時系統將求救者編號，傳送至群組，此時作業人員工程帽上方顯示求救者編號及姓名，作業人員收到求救訊息後，即可展開救援工作，此時求救者工程帽持續發出求救聲，方便救援者聽聲辨位，定位求救者位置。
- (五)人員定位：開啟手機 APP 軟體，進行藍牙配對配對成功後，執行 APP GPS 定位軟體，此時軟體透過手機裝置將 GPS 定位資訊傳送至「危險警示工程帽管理系統」。

- (六)高溫警示：透過工程人員的工程帽回報，工作場域的環境溫度，當溫度高於設定值時，觸發語音(高溫警報、小心中暑)以語音方式告知提醒，此時工程帽上方會顯示黃色，經由管理監控系統，立即向工作場域的工程人員發布高溫警報。
- (七)訊息傳送與休息提醒：透過系統可將工作項目或注意事項訊息，傳送至特定工作人員工程帽上。也可經由系統傳送休息命令，讓工作人員適時的休息。
- (八)酒測與安全回報：在進入工地工作前，可經由系統送出酒測控制命令，當工程作業人員工程帽收到訊息後，即可對酒精感測器進行吹氣，此時工程帽會將測試結果傳送至管理監控系統。當危險發生時通知人員立即疏散，人員到達安全集合位置時，可經由管理監控系統送出安全回報命令，此時工程人員點選觸控螢幕”安全回報”鈕，系統收到人員安全回報訊息，即可統計人員是否安全撤離。

三、HMI 人機介面畫面編輯

HMI 各子畫面顯示編輯頁面，如圖 4-3 所示。危險警示工程帽管理系統，共設計編輯 12 個頁面，分別有主畫面選單、環境監控顯示畫面、氣體危害景示顯示畫面、高溫警報顯示畫面、火警警報顯示畫面、SOS 求救顯示畫面、休息顯示畫面、由管理者發佈地震訊息、音量調整、LED 亮度調整、上班打卡顯示畫面、完成酒測、打卡完成顯示、酒測值異常、無法打卡。

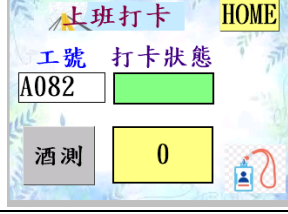
			
主畫面選單	環境監控顯示畫面	氣體危害景示顯示畫面	高溫警報顯示畫面
			
火警警報顯示畫面	SOS 求救顯示畫面	休息顯示畫面	由管理者發佈地震訊息
			
音量調整、LED 亮度調整	上班打卡顯示畫面	完成酒測、打卡完成顯示	酒測值異常、無法打卡

圖 4-3HMI 編輯各子畫面顯示頁面(作者截圖)

四、危險警示工程帽管理系統電路圖

危險警示工程帽管理系統電路圖，如圖 4-4 所示。設計 PCB 零件面，如圖 4-5 所示。PCB 銲接面，如圖 4-6 所示。使用 Tinkercad 軟體繪製外殼，如圖 4-7 所示。硬體電路與軟體設計測試完成後，將電路銲接於洞洞板，如圖 4-8 所示，測試無誤後再設計 PCB，最後再將零件銲接於 PCB，如圖 4-9 所示。印刷電路板製作完成後，再依電路圖將各元件銲接於印刷電路板，再進行軟體下載燒錄及測試。

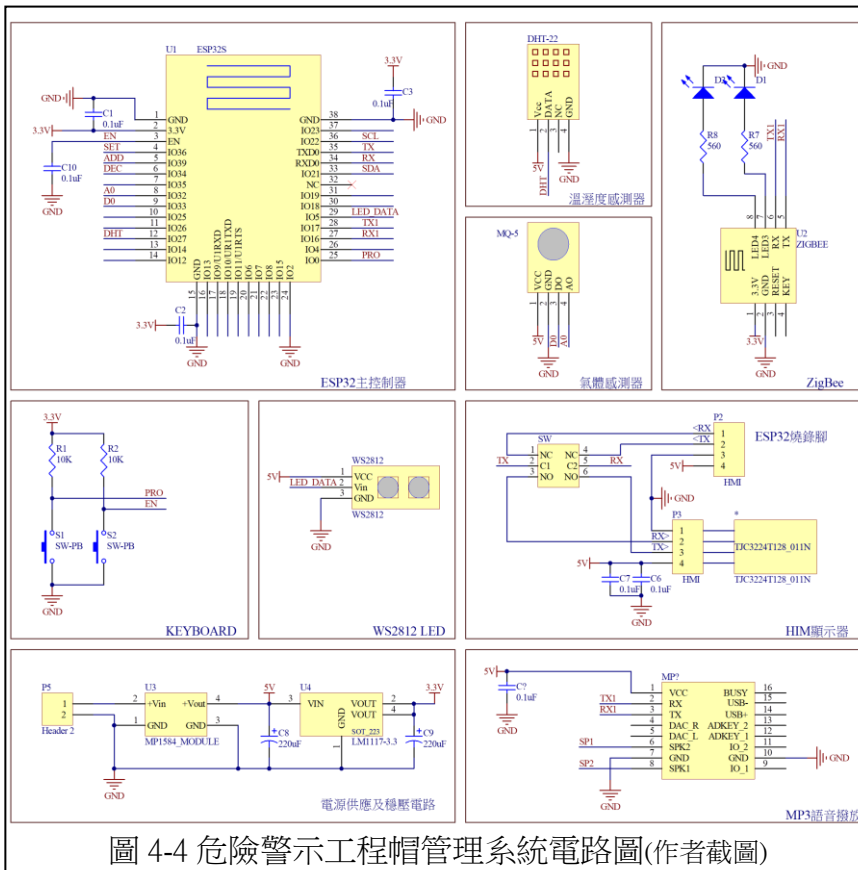


圖 4-4 危險警示工程帽管理系統電路圖(作者截圖)

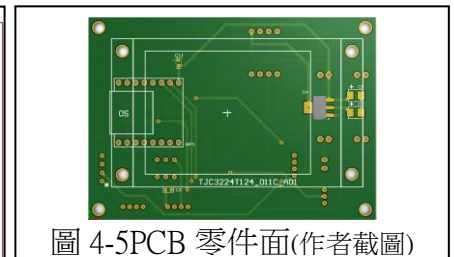


圖 4-5PCB 零件面(作者截圖)

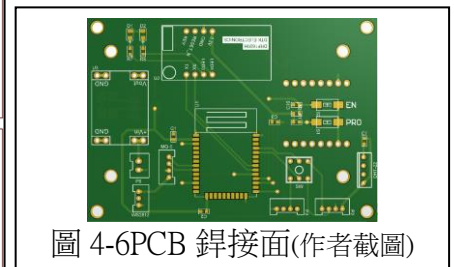


圖 4-6PCB 銲接面(作者截圖)

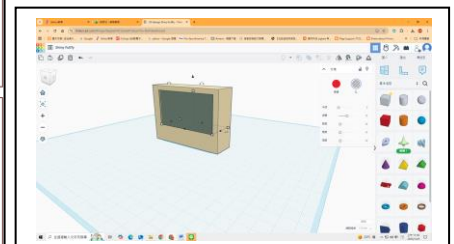


圖 4-7Tinkercad 軟體
(作者截圖)

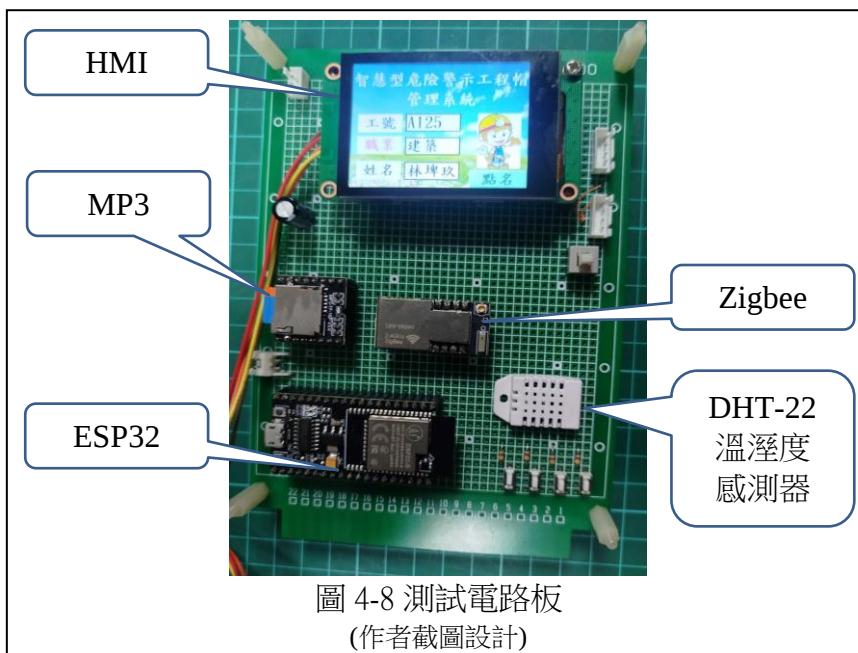


圖 4-8 測試電路板
(作者截圖設計)



圖 4-9PCB 電路板銲接
(作者截圖)

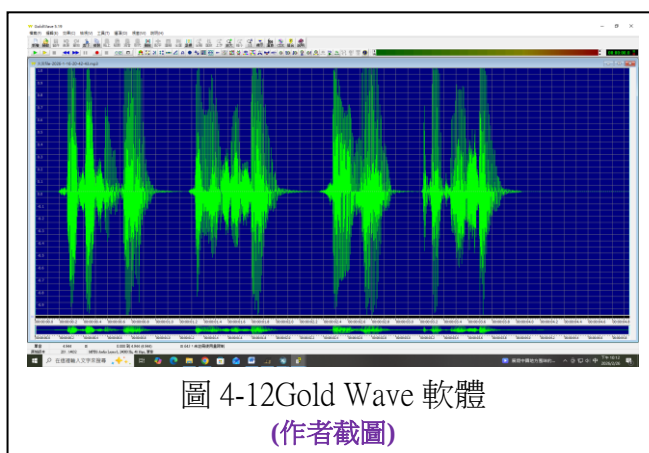
五、文字轉語音下載與測試

在語音開發作品使用免費，TTSMAKER 文字轉語音服務，如圖 4-10 所示。網頁中我們先選擇人物與語言國家，如圖 4-11 所示。語言國家我們選擇“中文”，人物我們選擇台灣男生聲音比較接近台灣人的腔調，再輸入轉檔文字「危險氣體、人員疏散」，經轉檔後試聽後調正語調是否符合，再點選下載產生即可，軟體就能將文字轉成.MP3 語音檔，透過硬體電路 MP3 模組即可觸發所需求的語音撥放。



(一)、語音訊號剪接

將文字轉語音的 MP3 語音檔訊號進行編輯，在聲音編輯軟體則我們使用 Gold Wave 軟體，如圖 4-12 所示。進行聲音剪接，(A)先載入主人您好很高興為你服務聲音波形，如圖 4-13 所示。並存檔即完成該語音之編輯。分別將檔案名稱存檔為 0001.MP3~0010.MP3。(B)載入危險氣體警報聲音波形，再將中英語音”危險氣體、人員疏散”語音，再將警報聲與語音合併，如圖 4-14 所示。中英語音「高溫警報、小心中暑」語音如圖 4-15 所示。中英語音「求救訊號、等待救援」語音，如圖 4-16 所示。中英語音「地震警報、盡數避難」語音，如圖 4-17 所示。中英語音「休息時間、音樂」語音，圖 4-18 所示。



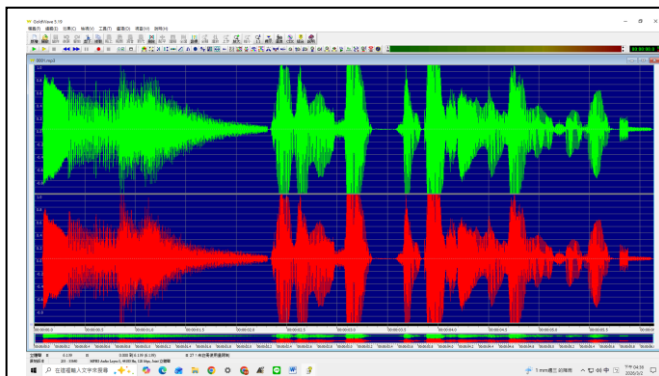


圖 4-13 中文語音「主人您好很高興為您服務」
(作者截圖)

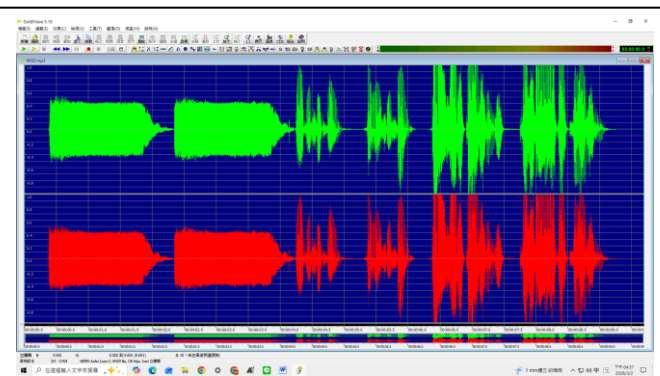


圖 4-14 中英語音「有毒氣體、人員疏散」語音
(作者截圖)

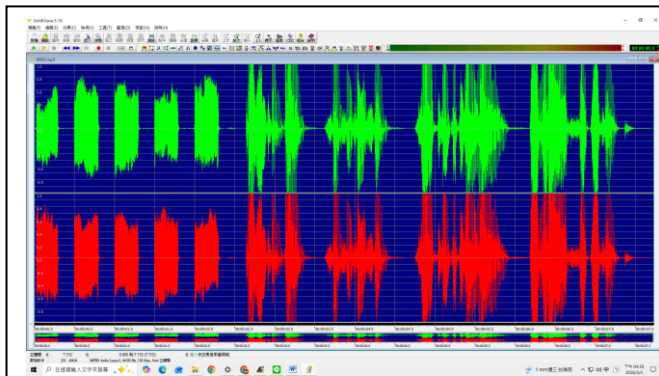


圖 4-15 中英語音「高溫警報、小心中暑」語音
(作者截圖)

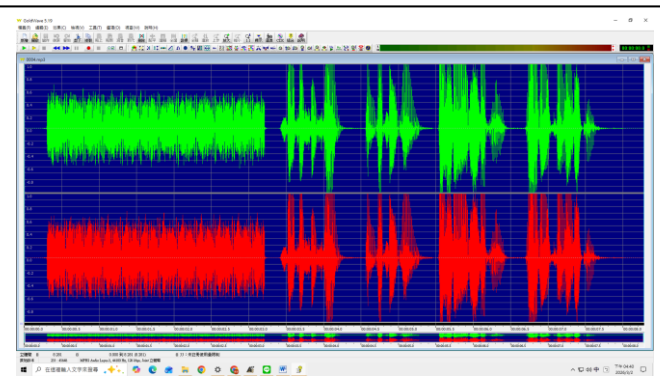


圖 4-16 中英語音「求救訊號、等待救援」語音
(作者截圖)

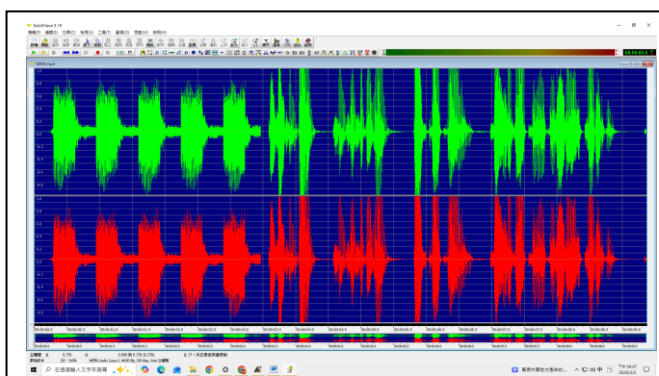


圖 4-17 中英語音「地震警報、盡數避難」語音
(作者截圖)

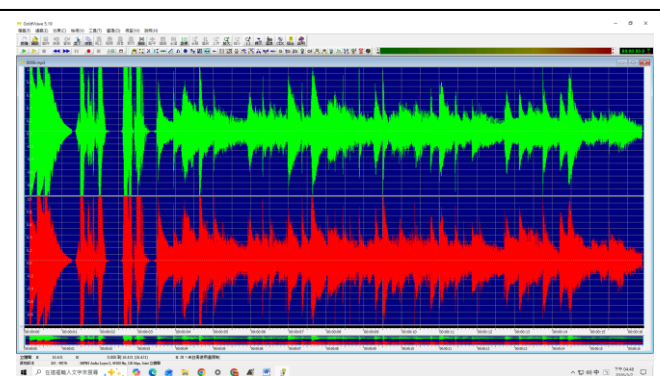


圖 4-18 中英語音「休息時間、音樂」語音
(作者截圖)

六、裝置整合測試與操作使用步驟圖

在各項測試完成後，最重要的就是將硬體與軟體做整合測試，系統整合測試與操作使用步驟圖，如圖 4-19 所示。分別為、主選單、操作功能、狀態顏色顯示、語音警示四大項。進入工地點選上班打卡選單，點選打卡圖示，此時工程帽顯示白光，待管理系統回應後完成打卡 LED 熄滅，進入環境監控畫面，當環境危險氣體濃度上升時，LED 狀態顯示黃色，作為預警告知，當濃度超過危險值時，LED 閃爍狀態顯示紅色，工程帽立即將訊息回傳至管理系統，由系統發佈有毒氣體訊息給群組工作人員，同步顯示有毒氣體。

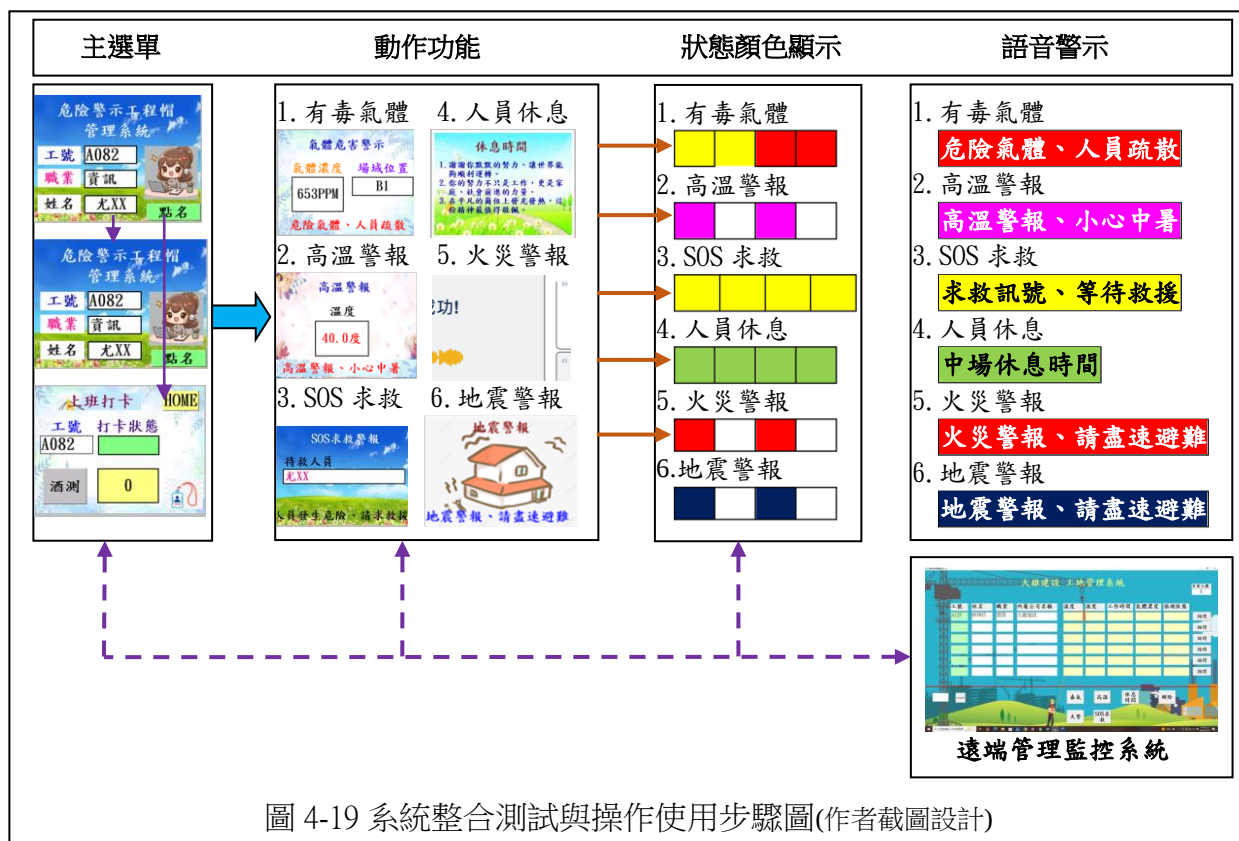


圖 4-19 系統整合測試與操作使用步驟圖(作者截圖設計)

七、智慧型危險警示工程帽

將完後的電路板、感測器、LED、顯示器安裝於智慧型危險警示工程帽，如圖 4-20 所示。氣體感測器位置及狀態顯示 LED 位置，如圖 4-21 所示。危險警示工程帽前視圖，如圖 4-22 所示。開機後、危險警示工程帽，如圖 4-23 所示。



伍、討論：

- 一、智慧型危險警示工程帽，在不同的工作場所都能使用，工程帽只要透過學習即可受控於不同管理監控系統，管理監控系統操作隨時可以增加或刪除人員。
- 二、因作業場域的不同，設計可抽換式氣體感測器，在下水道則使用一氧化碳/可燃氣體感測器，煉油廠則選用液化氣/天然氣/瓦斯感測器，建築工地則選用酒精乙醇感測器、空氣質量檢測感測器。
- 三、使用 ZigBee 具有區域網路自動連網特性，經 Zigbee 中繼既可將遠端訊息傳回管理監控系統，ZigBee 傳輸距離達 1.6km。
- 四、作品研究中是一種安全防護帽系統之操作方法包含：於一安全防護帽配置一無線通訊單元及一氣體感測器；利用該無線通訊單元連接通訊於一安全管理主機，並將該氣體感測器連接於該無線通訊單元；利用該氣體感測器偵測一毒物氣體訊號；及將該毒物氣體訊號經由該無線通訊單元傳輸至該安全管理主機，以避免工作人員發生中毒意外。
- 五、根據職業安全衛生法 第 282 條規定：雇主對於從事地面下或隧道工程等作業，有物體飛落、有害物中毒、或缺氧危害者，應使勞工確實使用安全帽。工程帽的經濟效益分析其實是職業安全投資評估中的重要一環。
- 六、裝置需要使用充電電池，使用時要注意電量，因此在電路設計須設計低電量顯示裝置，提醒使用者裝置需充電。
- 七、工安意外發生往往是人們忽略安全規範，造成一次又一次工安意外。尤其在侷限空間或下水道工作環境中，缺氧、一氧化碳、沼氣中毒，造成工作人員休克或死亡事件頻傳，追其因有二：沒有即時氣體偵測、沒有危險即時通報。
- 八、每一項工作一定有相對的風險與危險，如何降低危險就需要又安全的防護，確保勞工的安全，需加強衛生與工安宣導外，個人防護工具更不能少。
- 九、大家便宜行事，因注意未注意，忽略安全第一守則及未能遵守標準作業程序，工安事故往往因僥倖或忽略 SOP 而發生，唯有加強安全守則，搭配智慧型防護裝備，才能降低風險。危險警示工程帽不只是頭上的一頂帽子，更是工人生命的守護者。

陸、結論：

一、研究具有創意性：

危險警示工程帽突破傳統限制，導入多重智慧功能並結合物聯網概念進行研究設計：

- (一)環境偵測與警示：內建一氧化碳、溫度與濕度感測器。當偵測數值異常時，帽體 LED 燈即時變色（黃色警示、紅色危險），並搭配語音提醒，避免人員忽略危險。
- (二)群組通報機制：危險訊息可即時同步傳送至其他佩戴工程帽的同事，形成群體防護，提升撤離效率。
- (三)緊急求救功能：當人員遭遇危險，可一鍵啟動求救按鈕。系統會將求救者編號傳送給群組成員，並持續發出聲響作為定位，協助同事迅速展開救援。
- (四)工作時間提醒：系統自動累計工作時數，並於達到設定值時播放音樂提示，提醒休息，降低過勞風險。
- (五)工安事故往往因僥倖或忽略 SOP 而發生，唯有加強安全守則，搭配智慧型防護裝備，才能降低風險。智慧型危險警示工程帽不只是頭上的一頂帽子，更是工人生命的守護者。
- (六)工安管理與安全回報：具有人工酒測管理，危險人員安全回報系統。

二、研究具有市場及應用效益性

- (一)根據資料顯示，臺灣就業人數約為 1,161 萬人，台灣人從事營造的工作大概 92.3 萬人，石化業從業員工約 8 萬人，鋼鐵製造業從業人數約 5.25 萬人..等。這些勞工所屬的工作場域均需要佩戴工程帽人數達 105.55 萬人，需求性提升對於作品未來的市場開發更值得投資商品。
- (二)經濟效益：以量產後智慧型危險警示工程帽售價為 850 元，銷售金額=850 元*105.55 萬人=8.97 億元。
- (三)安全效益：企業對職業安全投資，受益於勞工與企業並產生正面善循環，因此工程帽投資屬「高效益低成本」安全措施，
- (四)投報率：對於企業與勞工而言，使用智慧型危險警示工程帽，可減少工傷醫療與補償成本、可降低停工損失與工程延誤成本、並減少企業罰鍰及名譽損失，延長勞動力壽命與穩定人力供給。

三、作品具有操作完整性：

- (一)在機構設計考量下外殼的大小取決於顯示器及電池寬度，因此外殼高度過高、不美觀、太過笨拙。所以工程帽設計更需便利，堅固耐用，並不影響現有之工程帽安全性，在價格及方便性作品設計兩款危險警示工程帽，內建型危險警示工程帽，另一為外掛式方便以現有工程帽以外掛危險警示裝置。
- (二)科技先進當然能防止意外的發生，作品可以減少工安事故發生率，並結合工業 4.0 大數據及物聯網概念所設計的產品，讓每位工程人員獲得更安全保障。
- (三)一部好設備系統，必須具備象徵性，效率性及安全性等科技特質，必須要有週密而仔細計劃及相當專業知識的應用。而我們研究本著一股熱誠及俱有一些粗淺的知識和研究發展的科學精神，藉此拋磚引玉，但願未來能有更實用，且更有效率的科技新產品出現，就是研發設計中最具意義。
- (四)應用對象/環境：侷限空間與下水道工程人員、一般工程人員、建築工地施工人員、道路養護與維護工程人員、農場工作人員、漁業養殖人員、隧道與煤礦開採工程人員、電力公司、高壓鐵塔工程人員、消防救災人員，登山搜救人員。

柒、參考資料及其它：

【一本書】

1. 王允上(2024/8/28)。Arduino 專題製作－智慧家庭。全華圖書台科大圖書。
2. 劉政鑫、莊凱喬(2024/06/12)。ESP32 微處理機實習與物聯網應用。台科大圖書。
3. 黃新賢、劉建源、林宜賢、黃志峰(2019/2/12)。微電腦原理與應用－Arduino。全華圖書。
4. 鄧文淵(2016/06/03)。用 Autodesk 123D Design 玩出 3D 設計大未來。碁峰圖書
5. 楊明豐(2021/06/03)。Arduino 最佳入門與應用：打造互動設計輕鬆學。碁峰資訊股份有限公司

【學位論文】

1. 廖昱唐(2022)。基於卷積神經網路及影像強化之工地安全帽偵測系統及應用。[碩士論文]。國立台灣大學/博碩士論文系統。
2. 陳建文(2022)。數位化安全帽倉儲管理之研究。[碩士論文]。國立成功大學/博碩士論文系統。
3. 黃國勝(2022)。應用機器學習於工地安全帽偵測之研究。[碩士論文]。逢甲大學/博碩士論文系統。
4. 李皇辰(2021)。工業環境的個人防護設備監控平台-以礦坑智慧安全帽為範例。[碩士論文]。國立中正大學/博碩士論文系統。
5. 蔡孟達(2020)。鋼構工地人員安全管理暨安全帽穿戴影像檢測系統。[碩士論文]。國立中興大學/博碩士論文系統。