

臺北市立大安高級工業職業學校專題製作競賽  
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：無接觸置物櫃

關鍵詞：消毒、MQTT、自動門

## 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、硬體設計 .....	2
二、程式設計 .....	2
三、電路設計 .....	3
肆、研究方法 .....	3
一、研究流程 .....	3
二、材料及工具 .....	4
(一)、零件介紹 .....	4
(二)、軟體介紹 .....	8
伍、研究結果 .....	10
一、機構 .....	10
(一)配置 .....	10
(二)推桿 .....	11
二、操作流程 .....	12
(一)置物 .....	12
(二)取物 .....	13
(三)共用 .....	13
三、程式 .....	14
四、電路 .....	14
陸、討論 .....	15
一、伺服馬達選用 .....	15
二、電磁閥電流回沖 .....	15
三、邏輯準位 .....	15
柒、結論 .....	16
捌、參考資料及其他 .....	17

## 表目錄

表 1 時間分配表.....	3
表 2 MG996R 規格.....	6
表 3 MEGA2560 規格.....	6
表 4 電磁閥規格.....	7
表 5 ESP32CAM 規格.....	7
表 6 電源供應器規格.....	7
表 7 LM2596 規格.....	8
表 8 紫外線燈管規格.....	8
表 9 繼電器規格.....	8
表 10 FSR402 規格.....	9
表 11 驅動版規格.....	9
表 12 風扇規格.....	9

## 圖目錄

圖 01 公用置物櫃.....	1
圖 02 無接觸置物櫃.....	1
圖 03 推桿零件圖.....	2
圖 04 程式撰寫.....	2
圖 05 電路設計與成品.....	3
圖 06 時間流程圖.....	3
圖 07 MG996R.....	4
圖 08 MEGA2560.....	4
圖 09 電磁閥.....	5
圖 10 ESP32CAM.....	5
圖 11 電源供應器.....	5
圖 12 LM2596.....	6
圖 13 紫外線燈管.....	6
圖 14 繼電器.....	6
圖 15 FSR402.....	7
圖 16 霧化片與驅動版.....	7
圖 17 風扇.....	7
圖 18 Altium Designer.....	8
圖 19 電路板.....	8
圖 20 電路設計.....	9
圖 21 Arduino Logo.....	8
圖 22 程式設計.....	8
圖 23 Blender Logo.....	9
圖 24 紫外線燈管圖.....	9
圖 25 MQTT Logo.....	9
圖 26 MQTT lens.....	9
圖 27 APP Inventor Logo.....	10
圖 28 APP 程式撰寫.....	10
圖 29 櫃子美化前與美化後.....	10
圖 30 紫外線燈管與風扇.....	11
圖 31 霧化.....	11
圖 32 壓力感測器.....	11
圖 33 電磁閥.....	11
圖 34 推桿.....	11
圖 35 置物流程.....	12
圖 36 置物手機頁面.....	12

圖 37 取物流程.....	13
圖 38 取物手機頁面.....	13
圖 39 共用手機頁面.....	13
圖 40 freeRTOS 工作原理.....	14
圖 41 線路圖.....	14
圖 42 飛輪二極體.....	15
圖 43 邏輯準位轉換器.....	15
圖 44 無接觸置物櫃成品.....	16

# 【無接觸置物櫃】

## 壹、摘要

在這個大疫情時代，處處都有可能成為防疫破口，像是公用置物櫃這類東西更是高風險族群，每次開門、關門都有可能沾染到細菌與病毒，所以公用置物櫃都需要定期消毒，但定期消毒就需要人力成本，也不一定能消毒完全。

因此本專題希望做出一個零接觸、自動消毒的置物櫃，比起傳統的置物櫃，本專題不需要鑰匙、不需要手動開門，有防盜功能，且可以對物進行消毒。硬體部分使用 MG996R 搭配推桿自動開門，壓力感測器感測物品，用霧化片與紫外線燈進行消毒。控制部分使用 Arduino MEGA2560 作為主控，ESP32CAM 作為網路溝通的橋樑，使用 MQTT 讓手機 App 與 ESP32CAM 做溝通。

## 貳、研究動機

自 2020 以來，新冠肺炎肆虐全球，原本是防疫模範生的台灣也淪陷了，這時我們意識到的防疫的重要性，而公共設施也需要頻繁的消毒，以免成為防疫破口，公用置物櫃更是消毒的一大重點，傳統置物櫃(如圖 1)都需要使用者手動開關門，增加了接觸的風險，櫃子裡面也有可能成為細菌、病毒的溫床，所以公用置物櫃的消毒是十分重要的，在人流頻繁、複雜的地方更為重要，但定期消毒的缺點就是需要人力成本，而清潔的過程也有可能增加清潔人員染疫的風險。傳統置物櫃大多是用鑰匙開門，但鑰匙很有可能隨著使用者一整天的活動而不見，增加困擾。

綜合上述幾點，本專題希望做出一個無接觸置物櫃(如圖 2)，可以不用接觸櫃子，就做到開關門、置取物的基本操作，更可以自動消毒以節省人力，有防遺失功能，以手機取代傳統鑰匙進行上鎖，具備防盜與防遺失功能。



圖 1 公用置物櫃



圖 2 無接觸置物櫃

## 參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

### 一、硬體設計

高三的專題實習課中學習到使用 Tinkercad 與 Inventor3D 設計機構與繪製 3D 模型，並利用 3D 列印機製作機構零件，3D 模型對初期的機構設計十分有幫助，讓我們構想專題機構的雛型，但之後我們都使用功能較強大的 Blender 設計機構與零件(如圖 3)。



圖 3 推桿零件圖

### 二、程式設計

在高二的智慧居家監控實習與高三的微電腦應用實習課程中，學到了數位邏輯與程式設計概念，藉由這些基礎，本專題使用 Arduino IDE 編輯程式(如圖 4)，加快我們寫程式與除錯的速度。



```
servoTest | Arduino 1.8.15
檔案 編輯 視窗 工具 說明

servoTest

static void servo(void *parameter){
while(1){
int A;
int B;
Serial.println("loop");
for(A=7;A<102;A+=1){
servo1.write(A);
Serial.println(A);
vTaskDelay(25/portTICK_PERIOD_MS);
}
vTaskDelay(5000/portTICK_PERIOD_MS);
if(A==102){
for(B=102;B>7;B-=1){
servo1.write(B);
Serial.println(B);
vTaskDelay(25/portTICK_PERIOD_MS);
}
}
vTaskDelay(5000/portTICK_PERIOD_MS);
}
}
```

圖 4 程式撰寫

### 三、電路設計

我們在高三專題實習課有學到使用 Altium Designer 設計與雕刻電路，只要經過簡單的拉線之後，就可利用電腦計算自動佈線，省去複雜的麵包板接線，讓空間得有效利用，在複雜的電路中更是十分便利，減少接錯的可能，是我們在專題中的一大利器(如圖 5)。

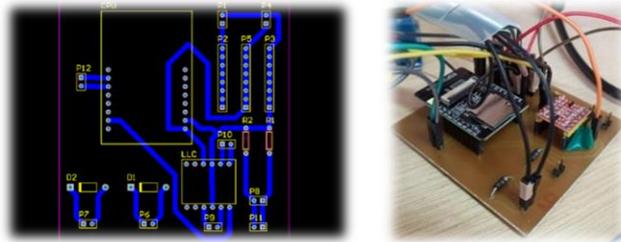


圖 5 電路設計與成品

### 肆、研究方法

#### 一、研究流程

我們在七月經過一番討論與查找資料後，定下這次的專題題目。首先從硬體結構與操作流程開始發想，運用網路資源查找，再來是硬體材料的選擇與購買，最後是程式設計、除錯與結構上的修正。時間分配如表 1，流程如圖 6。

表 1 時間分配

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
1. 查找資料							
2. 材料購買							
3. 硬體設計							
4. 程式設計							
5. 硬體製作							
6. 電路設計							
7. 成品測試							

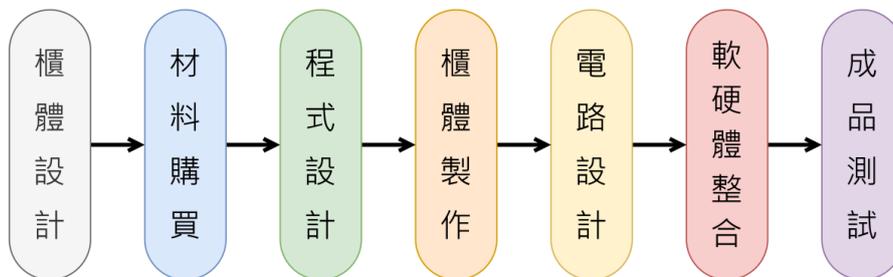


圖 6 時間流程

## 二、材料及工具

### (一)零件介紹

#### 1、伺服馬達(MG996R)

MG996R(如圖 7)是一顆簡單型的伺服馬達，內部由直流馬達、減速齒輪、電位器及控制電路所組成。我們原本使用的是SG90，但是發現自動推拉門時轉矩不夠問題，所以最終我們選用轉矩較大的 MG996R。規格如表 2。

表 2 MG996R 規格

產品淨重	55g
展品尺寸	40.7*19.7*42.9mm
工作扭矩	9.4kg/cm(4.8V) 11kg/cm(6V)
反應速度	0.17sec/60degree(4.8v) 0.14sec/60degree(6v)
工作電壓	4.8~7.2V
工作溫度	0°C~55°C
齒輪形式	金屬齒輪



圖 7 MG996R

#### 2、Arduino Mega 2560 開發版

我們選用 MEGA2560(如圖 8)來當作我們控制中樞，因為它擁有腳位眾多，並且操作簡單的特性，所以我們使用它來控制硬體元件。規格如表 3。

表 3 MEGA2560 規格

主控晶片	ATmega2560
工作電壓	5v (USB 線供電)
外接電源	7~12V
數位 I/O	54 個，15 個支持 PWM
類比 I/O	16 個
I/O 輸出電流	20mA
閃存空間	256KB



圖 8 MEGA2560

### 3、12V 貫穿推拉式電磁閥

電磁閥(如圖 9)位於櫃子內側，我們利用它通電吸、斷電釋放的特性來做為電控門鎖。當使用者要開櫃時，通電開鎖，並且立刻斷電以避免過熱的問題，關門時則透過先通電再斷電來上鎖。規格如表 4。

表 4 電磁閥規格

工作電壓	12V
工作電流	1A
行程	1cm
吸力	5N



圖 9 電磁閥

### 4、ESP32CAM 開發版

ESP32CAM(如圖 10)是以 ESP32 作為基礎的開發版，具有連網功能，帶有 OV2640 相機與 SD 卡插槽，同時具有腳位連接其他輸出輸入。在本專題作為 MEGA2560 與 MQTT 伺服器的溝通橋樑。規格如表 5。

表 5 ESP32CAM 規格

工作電壓	4.75~5.25V
尺寸	27*40.5*4.5mm
Wi-Fi	802.11 b/g/n/e/i
I/O 口	9 個



圖 10 ESP32CAM

### 5、電源供應器

我們使用電源供應器(如圖 11)把 AC110V 的市電轉成 DC12V，以此來供應我們的電磁閥、風扇與降壓模組。規格如表 6。

表 6 電源供應器規格

輸入電壓	AC110/220
輸出電壓	12V
最大電流	5A
產品尺寸	110*78*36mm



圖 11 電源供應器

## 6、LM2596 降壓模組

降壓模組(如圖 12)是利用電感以及電容使電壓平滑，轉換成我們所需要的直流值，用來供應我們的 MEGA2560、ESP32CAM、製霧片和伺服馬達。規格如表 7。

表 7 LM2596 規格

尺寸	43mm*21mm*14mm
輸入電壓	3.2~40V
輸出電壓	1.25~35V
輸出電流	3A(最大)
效率	92%



圖 12 LM2596

## 7、UVC 紫外線燈管

因為害怕酒精有噴灑不到的地方，造成消毒的死角，所以我們使用紫外線燈(如圖 13)來進行二次消毒，減少病毒存活的機率。規格如表 8。

表 8 紫外線燈管規格

工作電壓	220V
工作電流	0.1A
燈管功率	4W
燈管長度	135.9mm



圖 13 紫外線燈管

## 8、繼電器

繼電器(如圖 14)具有控制系統和被控制系統，通常應用在自動控制電路中，繼電器實際上是用較小的電流去控制較大電流的一種「自動開關」。故在電路中起著自動調節、安全保護、轉換電路的作用。規格如表 9。

表 9 繼電器規格

工作電壓	5V
觸發	低態觸發
觸點最大電壓	250VAC/30VDC
觸點最大電流	10A



圖 14 繼電器

## 9、FSR402 電阻式薄膜壓力感測器

FSR(Force Sensing Resistor)是 Interlink Electronics 公司生產的一款重量輕，體積小，超薄型的電阻式壓力感測器(如圖 15)，壓力越大，電阻越低。我們以此感測物品。規格如表 10。

表 10 FSR402 規格

感測範圍	0kg~10kg
無壓力電阻	>10M ohms
工作溫度	-30°C~70°C



圖 15 FSR402

## 10、霧化片與驅動版

驅動版(如圖 16)功率小、阻抗低、波形穩定、高轉換效率，可直接用 microUSB 輸入，在本專題做為消毒液噴頭。規格如表 11。

表 11 驅動版規格

工作電壓	5V
額定電流	300mA
功率	$\leq 2W$
頻率	兼容 108k 與 113kHz
霧化量	30~100ml/h



圖 16 霧化片與驅動版

## 11、風扇

DC 直流風扇(如圖 17)，兩線含油軸承，端子頭為 2PIN 的 XH2.54mm 端子，用於櫃子的通風。規格如表 12。

表 12 風扇規格

工作電壓	12V
額定電流	0.35A
轉速	2400rpm
風速	5.3m/s



圖 17 風扇

## (二)軟體介紹

### 1、Altium Designer

Altium Designer(如圖 18)是款功能強大的電路設計軟體，可以用來設計、layout 電路，並用電腦計算自動佈線，省去麵包板複雜的接線，節省麻煩，減少人工失誤。此專題設計的電路如圖 19 與圖 20。



圖 18 Altium Designer



圖 19 電路板

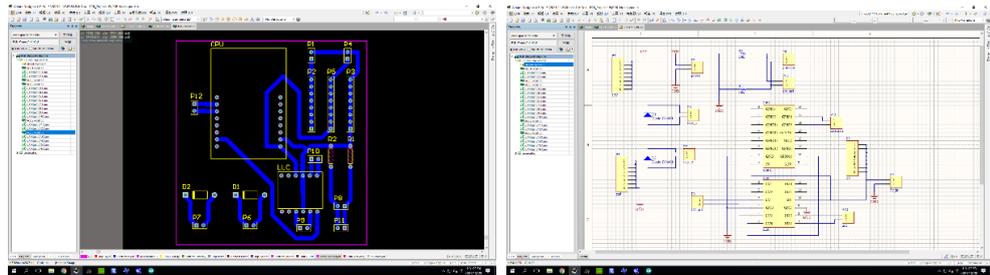


圖 20 電路設計

### 2、Arduino IDE

Arduino IDE(圖 21)是一款開放原始碼的程式編譯軟體，使用 C 與 C++的函數編寫，優點為易上手、免費、自由度高與清晰的編成方式，支援幾乎所有的 Arduino 開發版編成，包含 Arduino UNO、MEGA、Leonardo。故我們選擇 Arduino IDE 作為我們的編譯軟體。此專題部分程式如圖 22。



圖 21 Arduino Logo



圖 22 程式設計

### 3、Blender

Blender(如圖 23)是開源的免費 3D 軟體，相較於 Inventor 這類精準優先的工業軟體，它的用途偏向 Maya 這類美術與動畫用途的 3D 軟體，優點為免費且功能齊全，但也因此需要花費長時間學習。此專題在報告書、簡報與動畫中都有使用到 Blender 做建模，例如圖 24 的紫外線燈管 3D 圖。



圖 23 Blender Logo

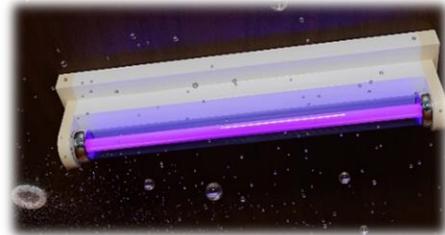


圖 24 紫外線燈管圖

### 4、MQTT

MQTT(圖 25 通訊協定)起初始由 IBM 公司於 1999 年發布，主要是為了提供機器對機器(M2M)可靠的通訊。

MQTT 是基於發布與訂閱的通訊協定，通訊主要有兩端，客戶端(client)與代理人(broker)，客戶端可以發布訊息到 MQTT 代理人的主題，而其他客戶端可以訂閱 MQTT 代理人的主題，接收其他客戶端發布的訊息，達到資訊的傳輸。

在測試階段我們使用 MQTT lens(如圖 26)來監控 App 與 ESP32CAM 之間所收發的訊息。



圖 25 MQTT Logo

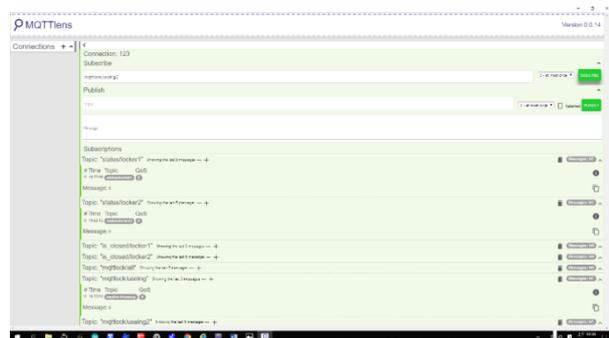


圖 26 MQTT lens

## 5、App Inventor

App Inventor(如圖 27)是款圖塊式手機程式編寫網頁，全程使用網頁編輯，且自動保存於雲端，使用者可以使用 AI2 Companion 即時測試程式。App Inventor 優點是容易上手，網上也有許多資源。缺點是自由度低，程式無法背景執行。本專題使用 App Inventor 搭配 MQTT 外掛模組開發使用者 APP。



圖 27 App Inventor Logo

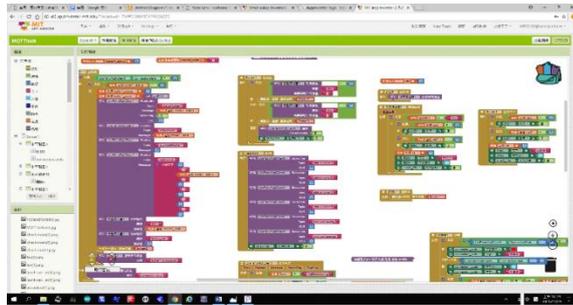


圖 28 App 程式撰寫

## 伍、研究結果

### 一、機構

#### (一)、配置

無接觸置物櫃的結構主要是由木板所組成，並貼上木紋貼美化(如圖 29)。通風方面於櫃子後面有鎖上直流風扇進行通風(如圖 30)。消毒方面於櫃子上方有紫外線燈與霧化片(如圖 30 與 31)。自動門的方面使用 MG996R 搭配推桿自動開關門(如圖 34)，並使用電磁閥上鎖(如圖 33)。在板子下方四腳有壓力感測器(如圖 32)，感測物品重量做為防遺失功能。主控板與控制元件放在櫃子的下層做分隔。



圖 29 櫃子美化前與美化後



圖 30 紫外線燈管與風扇



圖 31 霧化



圖 32 壓力感測器



圖 33 電磁閥

## (二)、推桿

原本本專題想要使用齒輪機構來進行開關門，但使用齒輪會壓縮到櫃內的空間，減少使用者的空間，因此本專題用 3D 軟體繪圖，搭配光固化 3D 列印機設計了推桿，節省空間。



圖 34 推桿

## 二、操作流程

本專題主要是以手機 APP 作為櫃子遠端的輸入，櫃子的元件作為輸出。以 MQTT 作為手機與櫃子間的溝通橋梁。

### (一)、置物

最初使用者使用 App 掃描櫃子上的 QR code，以確定要放置的櫃子，再選取該櫃子所控制的櫃位，如圖 36(左)所示，App 會獲取 MQTT 伺服器的訊息並確定所選櫃位是否已佔用。門開啟後使用者置物，並於 App 上選擇功能(酒精消毒、通風、紫外線殺菌)後送出，如圖 36(右)所示，門關閉並執行功能，執行功能中櫃子不能開啟。流程如圖 35。

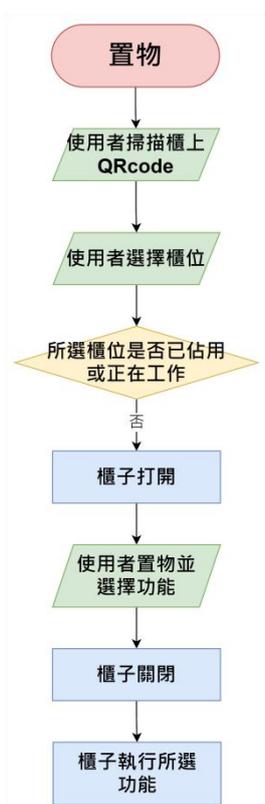


圖 35 置物流程



圖 36 置物手機頁面

## (二)、取物

功能選取完會進入操作介面，如圖 38 所示，若櫃子沒有在執行功能，可操作 App 開啟或關閉櫃門，取物之後按離開，App 會獲取 MQTT 伺服器的訊息並確定櫃位沒有東西殘留，之後櫃子執行自動消毒。流程如圖 37。



圖 37 取物流程

圖 38 取物手機頁面

## (三)、共用

在 App 的櫃位選取頁面與操作頁面分別有共用按鈕，櫃位選取頁面的共用按鈕可以輸入或掃描 QR code，如圖 39(右)所示，並跳轉至對應櫃位的操作頁面，取得操作權。而操作頁面的共用按鈕則可以分享櫃位的使用權，產生共用碼與 QR code 供共用者掃描，如圖 39(左)所示。



圖 39 共用手機頁面

### 三、程式

在程式的部分本專題特別使用 FreeRTOS 函式庫於 MEGA2560 的程式設計。正常單晶片處理器一次只能執行一條指令，而 FreeRTOS 可以把多段程式分割成很多小部分，並快速切換執行(如圖 40)，這樣就像多段程式同時執行，而這剛好符合本專題一個 MEGA2560 同時控制兩個櫃位。

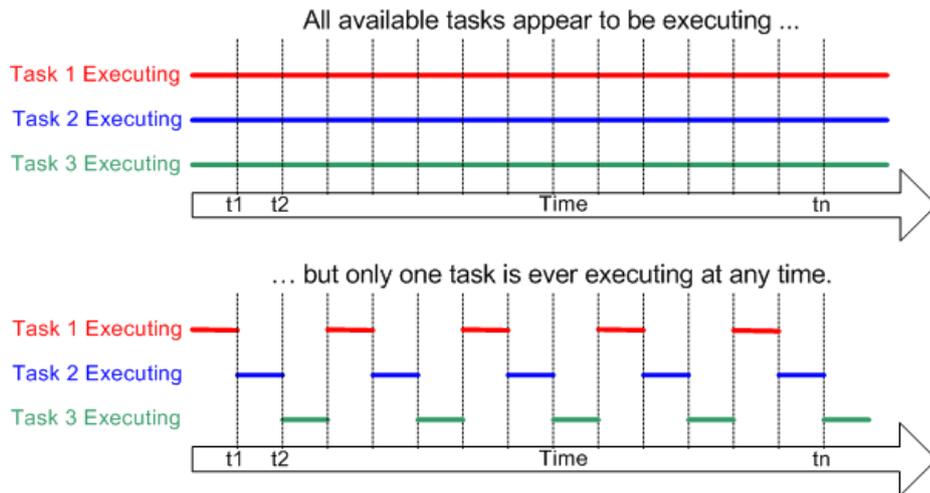


圖 40 freeRTOS 工作原理

### 四、電路

在線路方面此專題使用 Altium Designer 設計電路板，主控板、輸入輸出元件都接到電路板以簡化線路，MEGA2560 與 ESP32CAM 間接上邏輯準位轉換器以進行溝通，電磁閥兩端接上飛輪二極體。控制電路都在一號櫃的下方，牽線到一號櫃與二號櫃的負載。

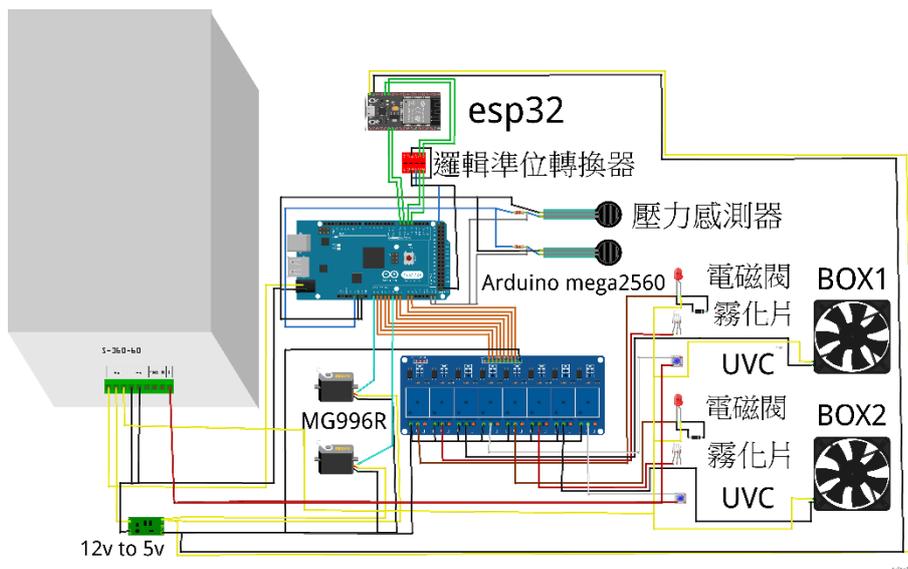


圖 41 線路圖

## 陸、討論

### 一、伺服馬達選用

原本我們使用 SG90(最大轉矩 1.8kg/cm)做為推門用的馬達，但實際裝上機構後發現轉矩嚴重不足，門動都沒動，後來我們改用 MG90(最大轉矩 2.2kg/cm)，轉矩還是不夠，門只能推開但拉不回來，最後選用 MG996R(最大轉矩 11kg/cm)，門才推得動，但開關門時門的慣性過大，導致開關門時門會產生巨大聲響並劇烈晃動，這方面我們用程式解決。

### 二、電磁閥電流回沖

在實際電磁閥測試時，我們發現 MEGA2560 板不斷的重置，我們推測是電磁閥造成的，因為電磁閥屬於電感元件，突然斷電時會產生突變電壓，對電源系統造成影響。我們使用飛輪二極體(如圖 42)解決。



圖 42 飛輪二極體

### 三、邏輯準位

MEGA2560 與 ESP32CAM 之間使用的是序列埠通訊，但測試時卻無法正常通訊，因為 MEGA2560 為 5V 的邏輯準位，而 ESP32CAM 則是 3.3V 邏輯準位，故無法正常通訊，需要邏輯準位轉換器(如圖 43)。



圖 43 邏輯準位轉換器

## 柒、結論

無接觸置物櫃(如圖 44)經過了數次的討論與改良之後，機構的部分最終使用木板作為主體，門的開關上鎖使用伺服馬達與電磁閥，物品感測使用壓力感測器，消毒使用霧化片噴灑消毒液與紫外線照射。

程式的部分櫃子是使用 ArduinoMega2560 與 ESP32CAM 做撰寫，Arduino 主要做為整個櫃子的控制核心，同時控制、監控兩個櫃位的輸出與感測器，而 ESP32CAM 則做為 Arduino 與網際網路的溝通橋梁。

App 的部分則是以 App Inventor 做撰寫，主要功能是做到在手機上選取櫃位、功能並操作櫃子，以達到零接觸的目的。櫃子與 App 中間使用的是 MQTT 伺服器作為溝通橋梁。

最終做到了零接觸與消毒的目的，本專題希望可以做為一種公共設施，同時兼具了防疫與經濟的目的。

本次專題不只是需要課本上、老師教的專業知識(程式設計、電路設計、機構製作)，更需要高度的團隊默契與資料統整能力，做專題需要經過組員們精細的討論與腦力激盪，才能完成作品；也需要在網路上查找多方的資料，並擷取重點後得出結論，所以資料統整能力也是必要的。做專題的途中必定會遇到諸多的困難與阻礙，培養了我們除錯了能力。



圖 44 無接觸置物櫃成品

## 捌、參考資料及其他

1. MQTT 教學 (一)：認識 MQTT。2020 年 08 月 06 日。取自 <https://swf.com.tw/?p=1002>
2. MG996R Servo Motor Datasheet, Wiring Diagram & Features – Components101。2019 年 4 月 3 日。取自 <https://components101.com/motors/mg996r-servo-motor-datasheet>
3. Arduino Mega 2560 Rev3。2022 年 1 月 2 日。取自 <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>
4. EPS32-CAM 模組概述 – 安信可科技。2022 年 1 月 2 日。取自 <https://reurl.cc/qOdDQn>
5. LM2596 Datasheet, Equivalent, Switching Regulator。2022 年 1 月 2 日。取自 <https://datasheetspdf.com/pdf/808925/ONSemiconductor/LM2596/1>
6. FSR 402 Data Sheet – Trossen Robotics。2022 年 1 月 2 日。取自 <https://reurl.cc/jk7dxM>
7. freeRTOS 工作原理。2022 年 1 月 22 日。取自 <https://wiki.seeedstudio.com/Software-FreeRTOS/>