

臺北市立大安高級工業職業學校專題製作競賽

「專題組」作品說明書封面



群別：電機與電子群

作品名稱：WALL-E 居家消毒小幫手

關鍵詞：單晶片控制、HMI 觸控、紅外線感測

## 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、硬體製作.....	2
二、電路雕刻.....	2
三、程式撰寫.....	3
肆、研究方法.....	4
一、研究流程.....	4
(一)、研究步驟.....	4
(二)、操作步驟.....	4
二、使用材料及工具.....	8
(一)、零件介紹.....	8
(二)、軟體介紹.....	13
(三)、機構原理.....	15
伍、研究結果.....	15
一、硬體結構.....	15
(一)、外殼部分.....	15
(二)、上層機構.....	16
(三)、下層機構.....	16
(四)、頭部.....	17
二、成果展示.....	17
陸、討論.....	18
一、紅外線偵測的選用.....	18
二、抽屜控制.....	19
三、頭部設計.....	19
柒、結論.....	20
捌、參考資料及其他.....	20

## 表目錄

表 1 1218-N20 規格 .....	8
表 2 L293D 規格 .....	8
表 3 mp3-tf-16p 規格 .....	8
表 4 WS2812 規格.....	9
表 5 紅外線避障模組規格.....	9
表 6 TJC4827K043_011R 規格.....	9
表 7 繼電器規格.....	10
表 8 MeanWell RT-65C 規格.....	11
表 9 Arduino Mega 2560 規格 .....	11
表 10 風扇規格 .....	12

## 圖目錄

圖 1 COVID-19.....	1
圖 2 WALL-E 居家消毒小幫手.....	1
圖 3 3D 圖繪製.....	2
圖 4 3D 列印實體.....	2
圖 5 2D 雷射切割圖繪製.....	2
圖 6 雷射切割實體.....	2
圖 7 電路板佈線圖.....	3
圖 8 電路板成品.....	3
圖 9 程式撰寫 1.....	3
圖 10 程式撰寫 2.....	3
圖 11 時間分配圖.....	4
圖 12 初始復歸流程圖.....	4
圖 13 消毒模式(預備消毒)流程圖.....	6
圖 14 消毒模式(進行消毒)流程圖.....	7
圖 15 1218-N20 直流減速馬達.....	8
圖 16 L293D.....	8
圖 17 mp3-tf-16p.....	8
圖 18 WS2812.....	9
圖 19 紅外線避障模組.....	9
圖 20 HMI 螢幕.....	9
圖 21 繼電器.....	10
圖 22 UVC 燈管.....	10
圖 23 微動開關.....	10
圖 24 MeanWell RT-65C.....	11
圖 25 Arduino Mega 2560.....	11
圖 26 D80SH-12.....	12
圖 27 HW-225.....	12
圖 28 Arduino Logo.....	13
圖 29 Arduino 程式撰寫.....	13
圖 30 Autodesk Inventor 3D 繪圖.....	13
圖 31 Altium Designer.....	14
圖 32 電路板雕刻實體.....	14
圖 33 TinkerCad.....	14
圖 34 TinkerCad 3D 圖繪製.....	14
圖 35 齒輪齒條.....	15
圖 36 齒條與抽屜.....	15

圖 37 滑軌.....	15
圖 38 手臂卡榫.....	15
圖 39 外殼部分.....	16
圖 40 上層機構.....	16
圖 41 下層機構.....	16
圖 42 頭部機構.....	17
圖 43 背面.....	17
圖 44 操作介面.....	17
圖 45 抽屜.....	18
圖 46 頭部.....	18
圖 47 抽屜內部.....	18
圖 48 充電系統.....	18
圖 49 HC-SR501 .....	18
圖 50 ADIO-FC51 .....	18
圖 51 線路圖.....	19

# 【WALL-E居家消毒小幫手】

## 壹、摘要

在這個新冠疫情的時代，人們開始重視清潔與消毒，然而市場上因應而生的消毒盒儼然已成為受寵的商品，為打造了一個能減少接觸風險，擁有大容量空間，且具有亮眼外型、人機互動的消毒盒，我們完成了 WALL-E 居家消毒小幫手的瓦力機器人消毒盒。

WALL-E 居家消毒小幫手，採用單晶片控制為核心，藉由 HMI 觸控螢幕的設定，完成自動化的消毒工作。首先，透過紅外線感測手勢的接近及語音提示，可自動開啟與關閉抽屜。同時將物品放置抽屜內進行 UVC 紫外線消毒時，在不同的動作模式下，經由語音提示的輔助及眼部、胸前 LED 燈光多樣性的變化，可以營造出機器人互動的效果，可說是一個兼具實用及美觀的消毒盒。

## 貳、研究動機

從 2019 年到 2022 年今天的人類依舊飽受 COVID-19(如圖 1)的折磨儘管大家都注射了疫苗也都佩戴了口罩但確診的案件卻依然居高不下。經研究發現新冠病毒會藉由接觸傳染加上新冠病毒能夠在沒有宿主的環境下存活 1 到 2 天。

這讓我們了解到隨時消毒的重要性，而我們的隨身物品常見的消毒方法有兩種，酒精消毒以及紫外線殺菌。紫外線中又以 UVC 波段的效果最為顯著，雖然酒精消毒效果佳，但有些隨身物品例如皮夾，在與酒精接觸過後容易褪色、手機也不適合觸碰高濃度的醫用酒精。因此我們以 UVC 燈管為主體，製作了能夠一次消毒多種物品，且擁有自動開關功能的智能消毒盒(如圖 2)以降低染疫風險。

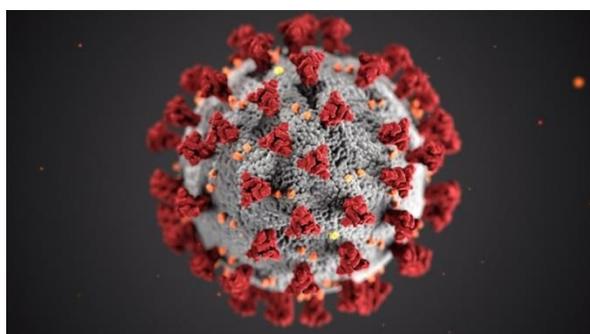


圖 1 COVID-19



圖 2 WALL-E 居家消毒小幫手

### 叁、主題與課程之相關性或教學單元之說明

#### 一、硬體製作

我們使用高三在製圖科跨科課程所學的 Inventor 3D 繪圖軟體以及指導老師所推薦的 TinkerCad 繪圖軟體設計我們的零件(如圖 3)、四肢與眼睛，再使用 3D 列印機及 PLA 線材列印零件(如圖 4)。

另外，主要機構部分則是使用 AutoCAD 繪製(如圖 5)再傳輸至 RDWorks 轉為雷射切割機所適用的檔案形式，搭配厚度 3mm 的壓克力作為機體材料，最後以雷射切割機切出所需零件(如圖 6)。

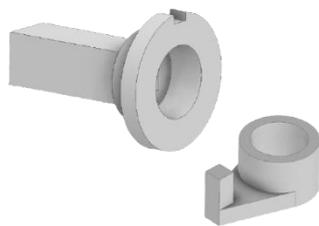


圖 3 3D 圖繪製



圖 4 3D 列印實體

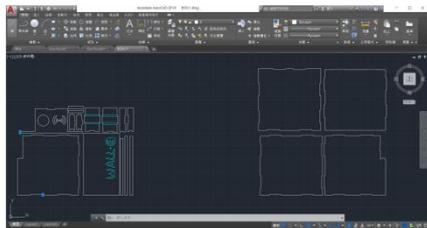


圖 5 2D 雷射切割圖繪製



圖 6 雷射切割實體

#### 二、電路雕刻

我們使用高三上所學到的 Altium Designer 電路板設計軟體(如圖 7)，來設計有我們所需功能的電路板，以代替較不穩定的麵包板，再以科上的自動換刀電路雕刻機來進行製作(如圖 8)。使用自動換刀電路雕刻機可以為我們省下手動換刀的時間與人為的不穩定性。

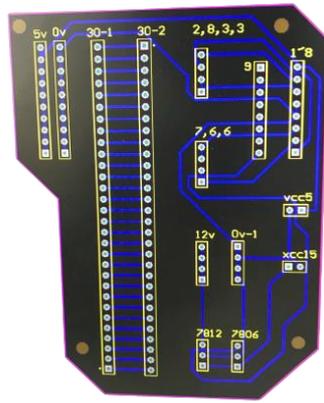


圖 7 電路板佈線圖

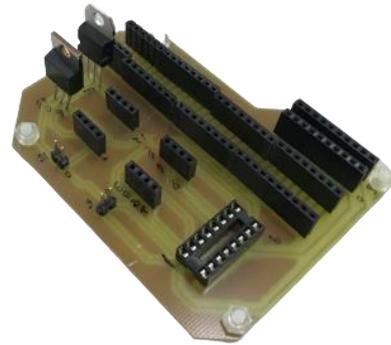


圖 8 電路板成品

### 三、程式撰寫

之所以選擇 Arduino 作為本次專題程式的撰寫軟體，是因為它容易上手且支援的元件種類繁多，網路上教學資源也多，讓我們能夠依功能需求寫出所要的程式(如圖 9、圖 10)。另外由於高二時有先學過 89S51 與 Arduino 等程式撰寫軟體，打好了良好的程式基礎，讓我們在專題製作時沒有遭遇非常多的困難。

```

1230 | Arduino 1.8.13 (Windows Store 1.8.42.0)
-----
1230 |
1230 | ledstop();
1230 | val = 6;
1230 | }
1230 | if(val == 6 && down == 1 /*&& ground1 == 1 && ground2 == 1 && distance >= 25*/){
1230 |   val = 7;
1230 | }
1230 | else if(val == 6 && up == 1 && top1 == 1 && top2 == 1 /*&& distance >= 25*/){
1230 |   val = 1;
1230 | }
1230 | if(val == 7){
1230 |   if(ledclose != 1){
1230 |     ledup();
1230 |   }
1230 |   else{
1230 |     ledstop();
1230 |     val = 8;
1230 |   }
1230 | }
1230 | if(val == 8){

```

圖 9 程式撰寫 1

```

0102 | Arduino 1.8.15
-----
0102 |
0102 | 1 #include <NewPing.h>
0102 | 2 #include <MCUFRIEND_kbv.h>
0102 | 3 #include <Adafruit_GFX.h>
0102 | 4 #include <LedControl.h>
0102 | 5 #include <Adafruit_NeoPixel.h>
0102 | 6 #include "SoftwareSerial.h"
0102 | 7 #include "DFRobotDFPlayerMini.h"
0102 | 8 #ifdef __AVR__
0102 | 9 #include <avr/power.h> // Required for 16 MHz Adafruit
0102 | 10 #endif
0102 | 11 #define PIN1 50
0102 | 12 #define PIN2 51
0102 | 13 #define NUMPIXELS 56
0102 | 14 #define NUMPIXELS1 58
0102 | 15
0102 | 16 #include <Adafruit_NeoPixel.h>

```

圖 10 程式撰寫 2

## 肆、研究方法

### 一、研究流程

#### (一)、研究步驟

主題確定後，我們分成了程式組與機構組，一邊研究所需程式，一邊設計外觀與機構。在基本動作程式完成後，我們又加入了一些功能。到了十月中，終於做出了機構初版，途中遇到了不少問題，經過不斷的搜尋資料與諮詢老師後，在十二月初確定最終版本，開始整合系統。最後在一月完成作品(如圖 11)。

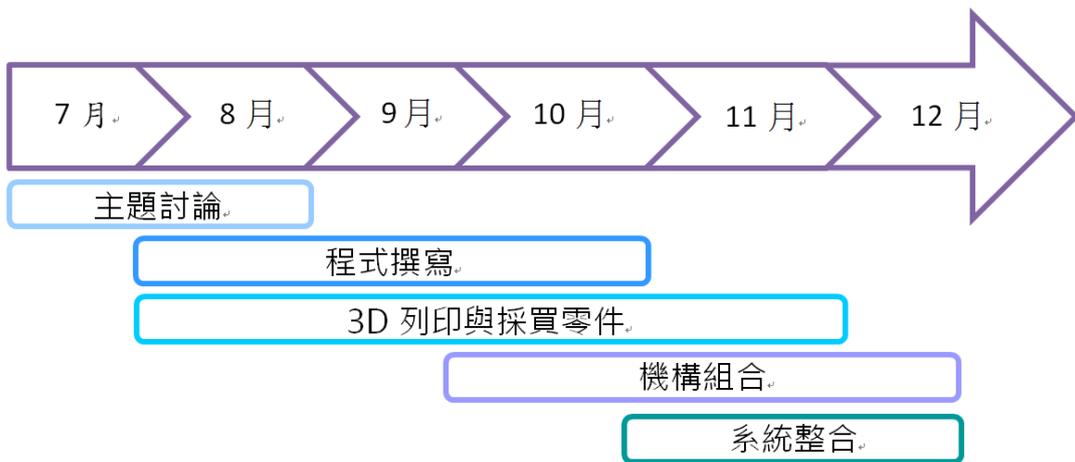


圖 11 時間分配圖

#### (二)、操作步驟

##### 1、初始復歸模式(如圖 12)

在插上電源線並按下電源開關後，抽屜便會開始進行復歸，確保程式開始時，抽屜是關閉的。

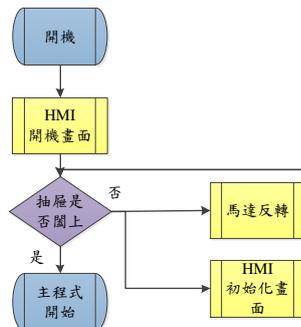


圖 12 初始復歸流程圖

## 2、消毒模式(如圖 13)

完成抽屜歸位後若紅外線感測器感應到人體時，將執行以下動作：

- (1) 語音提示：抽屜即將打開，請小心。
- (2) HMI 顯示：抽屜打開。
- (3) 馬達動作，抽屜打開。

## 3、完成上述動作，把物品放入抽屜後，若紅外線感測器感應到人體時，將執行以下動作(如圖 14)：

- (1) 語音提示：抽屜即將關閉，請小心。
- (2) HMI 顯示：抽屜關閉。
- (3) 馬達動作，抽屜關閉。
- (4) 語音提示：消毒中，請稍候。
- (5) 紫外線燈管開啟：進行消毒。
- (6) 風扇開啟：進行空氣對流。
- (7) HMI 顯示：消毒倒數時間畫面。
- (8) LED 矩陣顯示：進度條動畫。
- (9) RGB LED 燈環顯示：消毒中燈號(漸層亮滅)

## 4、消毒流程完成後，進行下述結束動作：

- (1) 紫外線燈管關閉。
- (2) 風扇關閉。
- (3) 語音提示：消毒完成。
- (4) HMI 顯示：消毒完成。
- (5) 語音提示：抽屜即將打開，請小心。
- (6) HMI 顯示：抽屜打開。
- (7) 馬達動作，抽屜打開。

## 5、取出物品後，若紅外線感測器感應到人體時，將執行以下動作

- (1) 語音提示：抽屜即將關閉，請小心。
- (2) HMI 顯示：抽屜關閉。
- (3) 馬達動作，抽屜關閉。
- (4) 消毒流程結束。

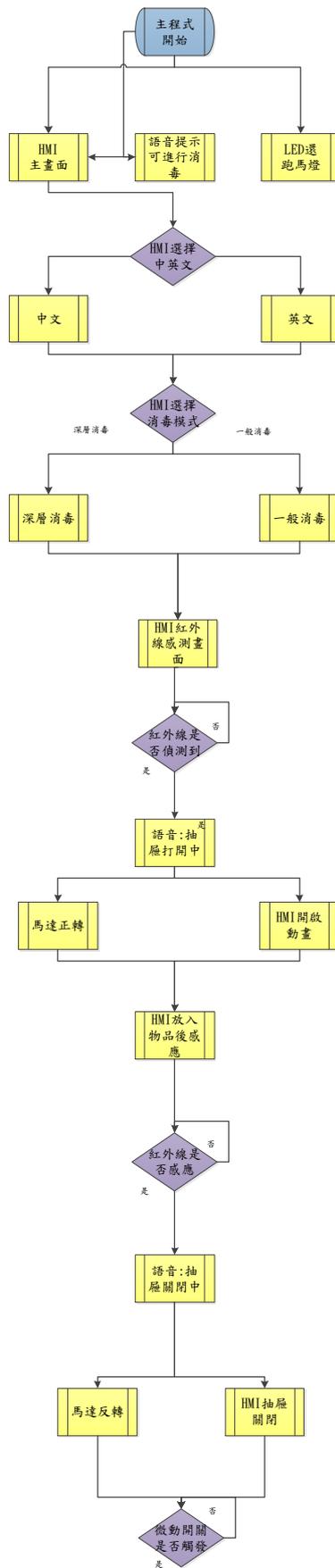


圖 13 消毒模式(預備消毒)流程圖

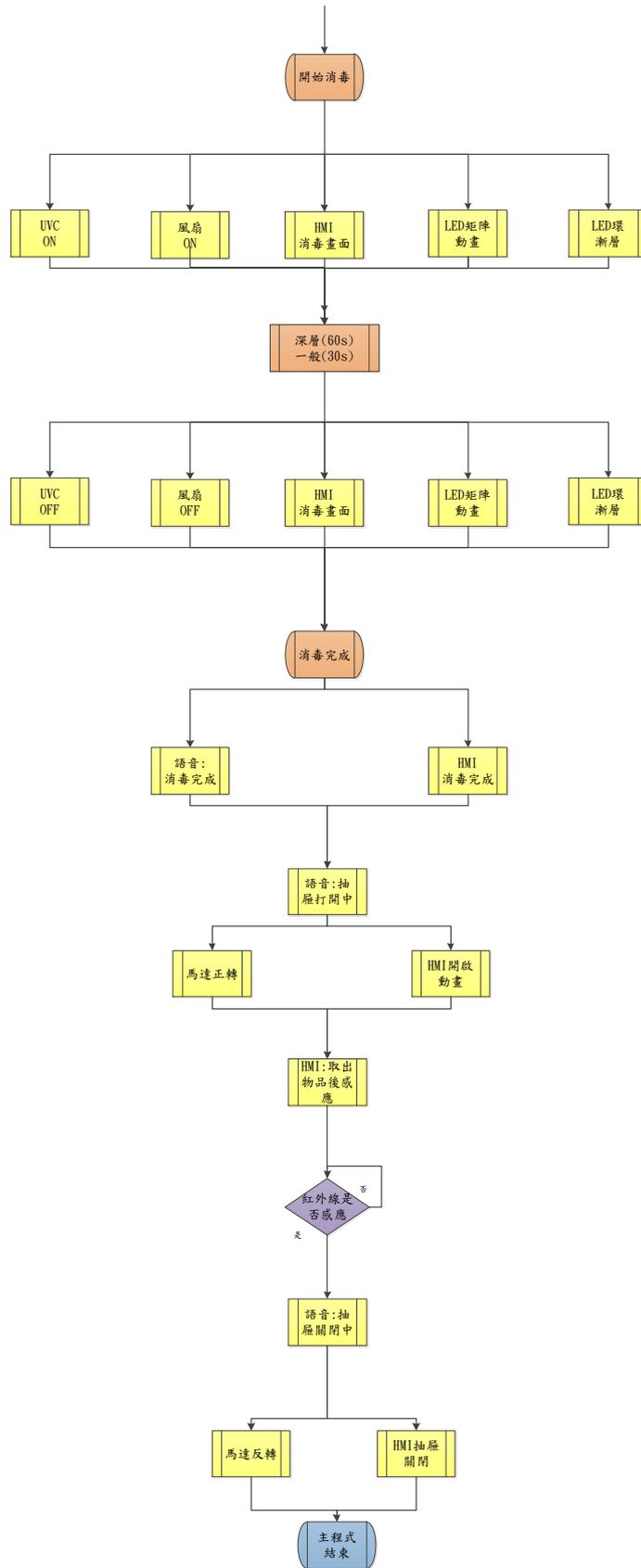


圖 14 消毒模式(進行消毒)流程圖

## 二、使用材料及工具

### (一)、零件介紹

#### 1、直流減速馬達(1218-N20)

1218-N20 為體積小且轉矩符合需求的直流減速馬達(如圖 15)，其規格如表 1，內部含直流電機及減速齒輪組，並且擁有 0.282NT/m 的轉矩，足以帶動整個抽屜及抽屜內的各種隨身物品。

表 1 1218-N20 規格

無載轉速	60 rpm
額定扭矩	0.282 NT/m
產品尺寸	12×10×35mm
工作電壓	DC 12 V
額定電流	0.85A
重量	10g



圖 15 1218-N20 直流減速馬達

#### 2、直流馬達正反轉控制 IC (L293D)

為了方便控制抽屜馬達的正反轉，我們選擇使用 L293D IC(如圖 16)，其規格如表 2。之所以選擇 IC 而不是模組，是為了節省更多空間及充分發揮電路雕刻機的功用。

表 2 L293D 規格

產品尺寸	12×10×35 mm
工作電壓	DC 4.5~36 V
額定電流	0.2 A
重量	0.27 g



圖 16 L293D

#### 3、MP3 播放模組(mp3-tf-16p)

為了達到語音提示，我們使用簡易控制及穩定的 mp3-tf-16p MP3 播放模組(如圖 17)，其規格如表 3。

表 3 mp3-tf-16p 規格

工作電壓	DC 2.5 V~12 V
最大功率	0.8 W



圖 17 mp3-tf-16p

#### 4、RGB LED 全彩燈環(WS2812)

WS2812 燈環(如圖 18)每個燈珠的 RGB 顏色可實現 256 級亮度顯示，完成 16777216 種顏色的全真色彩顯示，並且每個燈珠都能獨立控制，進而呈現出多種動畫，因此我們選用此 RGB LED 全彩燈環。其規格如表 4。

表 4 WS2812 規格

產品尺寸	直徑 50mm
重量	30 g
工作電壓	DC 5 V~35 V
最大功率	25 W



圖 18 WS2812

#### 5、紅外線避障模組 (ADIO-FC51)

紅外線避障模組(如圖 19)，其規格如表 5，用於偵測機構下方是否有人體感應，以開啟或關閉抽屜。

表 5 紅外線避障模組規格

產品尺寸	37×18.9×13.5 mm
重量	3.6 g
工作電壓	DC 4.5 V~5.5 V
最大電流	12 mA
量測距離	4~30 cm

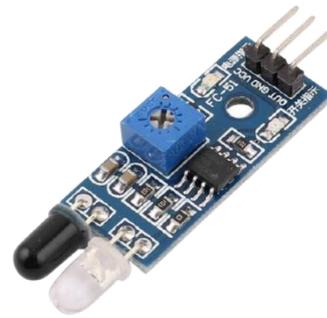


圖 19 紅外線避障模組

#### 6、HMI 螢幕(TJC4827K043\_011R)

我們選擇能夠放在瓦力手上的 4.3 吋 HMI 螢幕 (如圖 20)，其規格如表 6，HMI 能提供人性化的操作，以及其程式在網路上的資源眾多，是我們選擇它的主要原因。

表 6 TJC4827K043\_011R 規格

產品尺寸	105×67.2×3 mm
重量	電阻式觸摸
工作電壓	DC 4.75V~7 V



圖 20 HMI 螢幕

## 7、繼電器(F6-3)

繼電器用來控制風扇與紫外線燈管的開、關(如圖 21) ，其規格如表 7。

表 7 繼電器規格

尺寸	78×54 mm
工作電壓	DC 5 V
最大電流	10A
控制接口	4 個



圖 21 繼電器

## 8、UVC 紫外線燈管

使用紫外線能夠對物品進行有效的消毒(如圖 22)其中紫外線又以 UVC (200~280nm) 效果最佳，能夠破壞生物細胞中的 DNA 導致細菌死亡，且紫外線消毒後不會殘留任何有害物質。



圖 22 UVC 燈管

## 9、微動開關

微動開關用於確保抽屜有完整收回，達到防止紫外線透出，保護使用者眼睛，另外我們特別選用日本大廠 OMRON 所製造的微動開關，其微動開關較為精準，可減少程序進行上的錯誤。(如圖 23)



圖 23 微動開關

## 10、電源供應器(MeanWell RT-65C)

電源供應器(如圖 24)提供 5V 和一組正負 15V 的直流電源，其中 5V 供給電路板、Arduino 開發板和 LED，15V 則是再經過穩壓 IC 供給馬達、風扇。電源供應器最大可輸出 65 瓦特，其規格如表 8。

表 8 MeanWell RT-65C 規格

產品尺寸	129x98x38 mm		
重量	440 g		
工作電壓	AC 88 V~264 V		
頻率範圍	47 Hz~63 Hz		
輸出通道	CH1	CH2	CH3
輸出電壓	DC 5 V	DC 15 V	DC-15V
額定電流	6 A	2.2A	0.5A



圖 24 MeanWell RT-65C

## 11、Arduino Mega 2560

我們使用 Arduino 作為整個專題控制中樞(如圖 25)，其規格如表 9，提供數位及類比的輸入輸出，在程式撰寫方面容易入門，在網路上擁有大量的學習資源，對初學者來說相對容易。

表 9 Arduino Mega 2560 規格

產品尺寸	101x53 mm
重量	37 g
主控芯片	ATmega2560
工作電壓	DC 5 V
外接電源輸入	DC7V~12 V
USB 接口	Micro-USB
數位 I/O 接腳	54 (其中 15 支提供 PWM 輸出)
類比輸入接腳	16

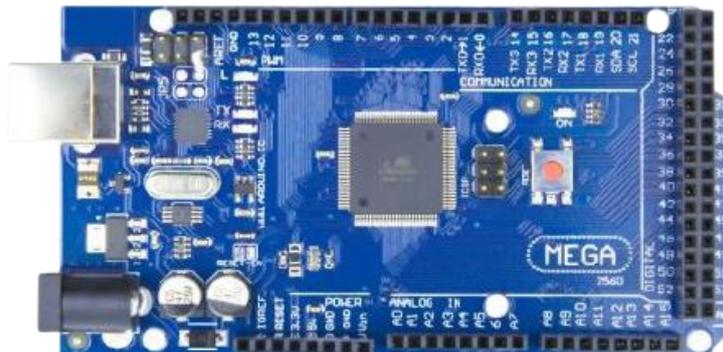


圖 25 Arduino Mega 2560

## 12、風扇(D80SH-12)

我們所選用的風扇(如圖 26)尺寸小、風量大，適合在較短的消毒時間內，加速箱子內、外對流，使箱內乾燥，達到更有效的消毒效果。其規格如表 10。

表 10 風扇規格

尺寸	80×80×25mm
額定電壓	DC12V
最大電流	2.16W
轉速	2600rpm
風量	32CFM



圖 26 D80SH-12

## 13、無線充電模組(HW-225)

我們使用無線充電模組(如圖 27)讓使用者在消毒時能夠為手機充電，消毒完成後也能將手機留在抽屜內繼續充電。

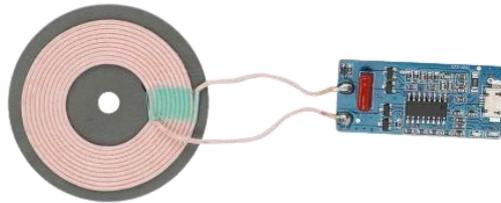


圖 27 HW-225

## (二)、軟體介紹

### 1、Arduino

Arduino(如圖 28)，是一款開放原始碼的單晶片微控制器，不僅在市面上有許多元件、模組，在網路上也有大量的函式庫、範例程式供使用者學習、運用，其另一個特點是編寫程式容易，主要使用類似 C/C++的語法編寫，但功能更多樣化，對我們來說更容易理解以及運用，所以最終選用 Arduino 作為我們編寫程式的軟體。(如圖 29)



圖 28 Arduino Logo

```
65 pinMode(uvc, OUTPUT); // 繼電器開關 (UVC)
66 digitalWrite(uvc, HIGH);
67 pinMode(fan, OUTPUT); // 風扇開關 (fan)
68 digitalWrite(fan, HIGH);
69 pinMode(ms1, INPUT); // 微動開關 // 0 代表抽屜完全閉
70 digitalWrite(ms1, HIGH);
71 pinMode(ms2, INPUT); // 微動開關 // 0 代表抽屜完全開
72 digitalWrite(ms2, HIGH);
73 pinMode(PIRSensor, INPUT); // 紅外線感測人體
74 // 有東西 = 0
75 pinMode(motorpwm, OUTPUT); // 馬達 PWM
76 pinMode(motor1, OUTPUT); // 馬達控制正反轉
77 pinMode(motor2, OUTPUT); // 馬達控制正反轉
78 digitalWrite(motor1, LOW);
79 digitalWrite(motor2, LOW);
80 analogWrite(motorpwm, 0);
```

圖 29 Arduino 程式撰寫

### 2、Autodesk Inventor

Autodesk Inventor 是一個電腦輔助設計 (電腦輔助製圖) 應用程序，用來進行 3D 機械設計、模擬、顯示與儲存，因此被普遍使用在建築設計、工業設計及模具設計等層面。在這次專題中我們使用 Autodesk Inventor 繪製整體的機械架構(如圖 30)，輔助機構元件介紹及動作介紹，並且把設計出的元件固定器由 3D 列印機印出成品。

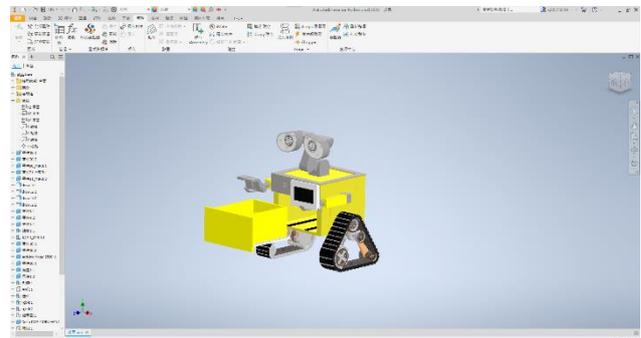


圖 30 Autodesk Inventor 3D 繪圖

### 3、Altium Designer

Altium Designer 是一款功能強大的電路設計軟體(如圖 31)，它可以在設計完電路圖之後，迅速的自動設計雕刻板的實際佈線圖，自動佈線完後，使用者可以依照自己使用的實際狀況來自行調整線與線之間的間距、孔位大小。(如圖 32)

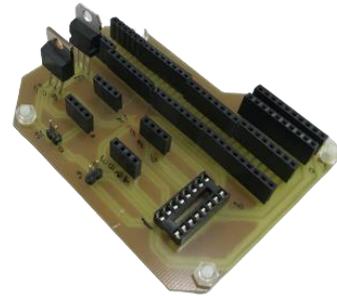


圖 31 Altium Designer

圖 32 電路板雕刻實體

### 4、TinkerCad

Tinkercad (如圖 33)一套適合新手操作的 3D 線上建模軟體，它跟一般建模軟體不同的地方在於，可透過基本的圖形，如:柱形、方形、錐形的結合，做出複雜的圖形(如圖 34)。

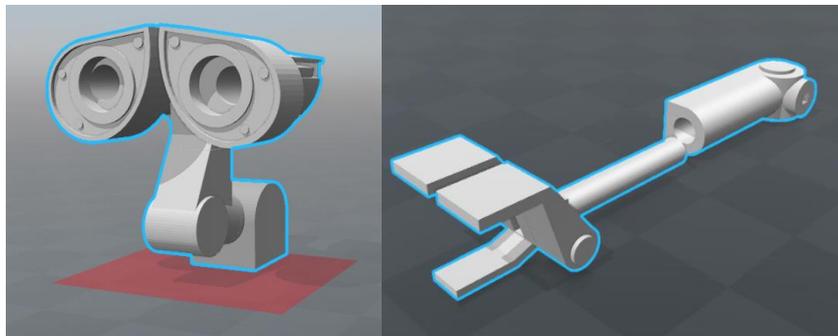


圖 33 TinkerCad

圖 34 TinkerCad 3D 圖繪製

### (三)、機構原理

我們將馬達和齒輪(如圖 35)置於箱體內，齒條置於抽屜側邊(如圖 36)，當馬達動作時，馬達上的齒輪會帶動齒條，使抽屜開啟和關閉，同時抽屜下方的兩條滑軌(如圖 37)達到減輕摩擦力的效果，使抽屜順利動作。

為了能調整手臂仰角，我們設計圓形卡榫讓手臂能以每次 22.5 度 進行調整，最多能夠旋轉 180 度。可依照使用者喜好微調姿勢(如圖 38)。



圖 35 齒輪齒條



圖 36 齒條與抽屜



圖 37 滑軌



圖 38 手臂卡榫

## 伍、研究結果

### 一、硬體結構

WALL-E 居家消毒小幫手，主體結構由雷射切割之 3mm 壓克力板組成，以抽屜作為主體，分為上、下兩部分。上半部作為元件放置區，下半部抽屜為主要動作區，說明如下

#### (一)、外殼部分

外殼主要由 5 片邊框設計互為卡榫的壓克力板所組成(如圖 39)，作為整體機構的支撐，再由中間一片壓克力板分出上、下兩個空間，其中上半部作為元件放置區，下半部抽屜為主要動作區。

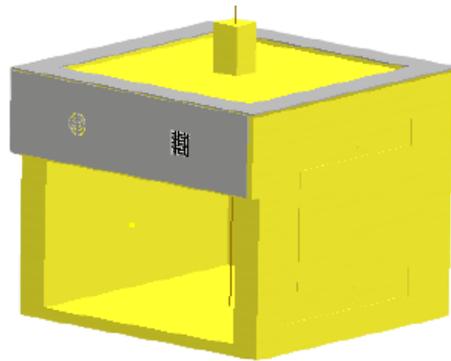


圖 39 外殼部分

## (二)、上層機構

我們先以兩條橫桿作為支撐，再放上中間隔板，放置電路板、開發板、電源供應器與電子元件等。(如圖 40)

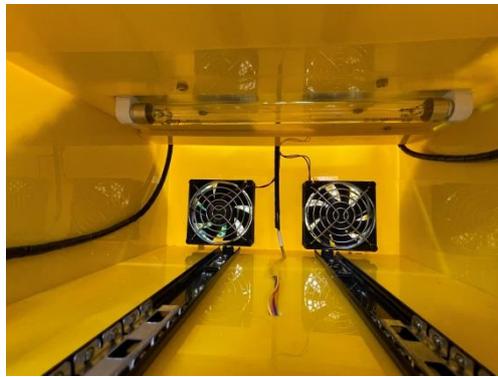


圖 40 上層機構

## (三)、下層機構

抽屜使用 5 片壓克力板以卡榫接合，再以齒條裝在抽屜旁，位於箱體兩側的馬達藉由齒輪帶動抽屜，並搭配滑軌，使抽屜能自動開闔，降低接觸風險，讓使用者安心使用(如圖 41)。



圖 41 下層機構

#### (四)、頭部機構

我們設計中間有通道的眼睛，方便 RGB 燈環的線路通過，最後以 PLA 作為 3D 列印的材料，做出成品。(如圖 42)。

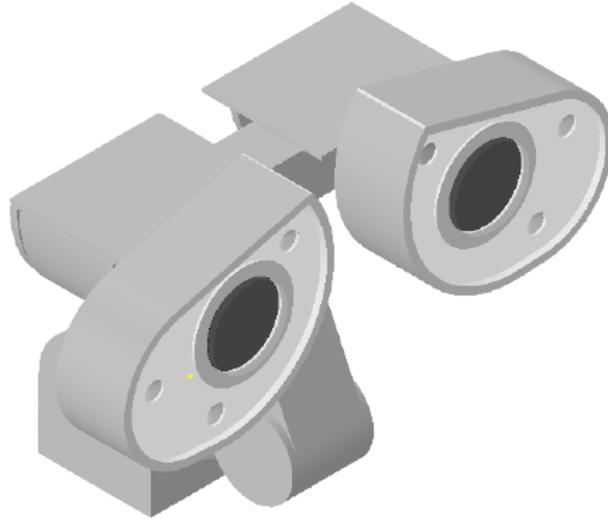


圖 42 頭部機構

## 二、成果展示

WALL-E 居家消毒小幫手，是一個多功能的自動消毒盒，開啟電源(如圖 43)，使用者便可以藉由人性化的人機介面(如圖 44)，選擇兩種語言與兩種消毒模式，讓使用者即使是第一次用，也可以輕鬆上手。再來是觸發紅外線感測器，抽屜(如圖 45)便會自動打開。頭部的 RGB 燈環(如圖 46)也會依據目前的流程狀態，來顯示不同的表情，以提示使用者。另外在消毒的同時，藉由抽屜內兩個風向不同的風扇促進對流(如圖 47)，降低內部的濕度，以提升消毒效果。最後，使用者也可利用消毒的時間同時進行手機充電(如圖 48)，為了更接近「零接觸」理想，我們選用無線充電方式取代需手動接上電源線的傳統充電方式。



圖 43 背面



圖 44 操作介面



圖 45 抽屜



圖 46 頭部

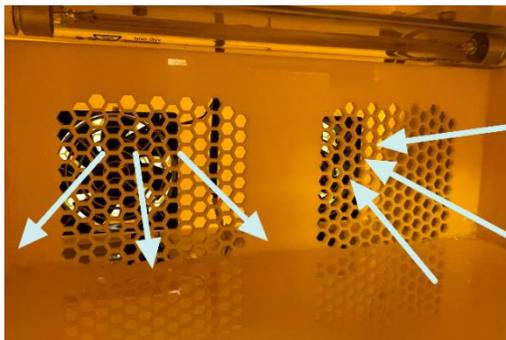


圖 47 抽屜內部



圖 48 充電系統

## 陸、討論

### 一、 紅外線偵測的選用

一開始製作時，我們為了要偵測人體，所以選用針對人體的紅外線感測器(HC-SR501)(如圖 49)，但實測後發現，其偵測的範圍太過廣泛，導致程式在錯誤的時間被觸發，於是改用偵測範圍較為指向性的紅外線避障模組(ADIO-FC51)(如圖 50)，可以自行調整偵測距離，大幅增加偵測的精準度。



圖 49 HC-SR501



圖 50 ADIO-FC51

## 二、抽屜控制

在抽屜的控制上，起初我們想到直接以齒輪齒條帶動抽屜，但發現抽屜與底板的磨擦力過大，導致馬達無法帶動，所以我們在抽屜與底板之間加上了滑軌，配合滑軌內的滾珠，以減少摩擦力。後來在成品測試時，因為抽屜前後的重量不均，導致抽屜推出後，會微微向前傾，造成抽屜齒輪無法正常咬合齒條，因此我們使用半徑 8mm 的半圓形壓克力墊高來改善抽屜重心的問題。

## 三、頭部設計

我們原本已經設計一個頭部造型，但隨著進度的推演，我們發現在頭部裝設 RGB 燈環可以用來提示使用者，於是我們為了連接燈環與主電路，重新設計一個內有通道的頭部造型。但在實際列印的過程，發現不可以一次印那麼大的成品，除了造成機器過熱，也導致出料問題，於是我們把頭部分解成 3 個部分列印，並在接縫處設計卡榫，增加連結的穩定性。

## 四、線路圖

我們使用 Fritzing 繪製線路圖讓我們在實際走線前能夠預先練習，減少練習時浪費的材料，在實際接線完成後也能對照線路圖再次確認接線是否正確(如圖 51)。

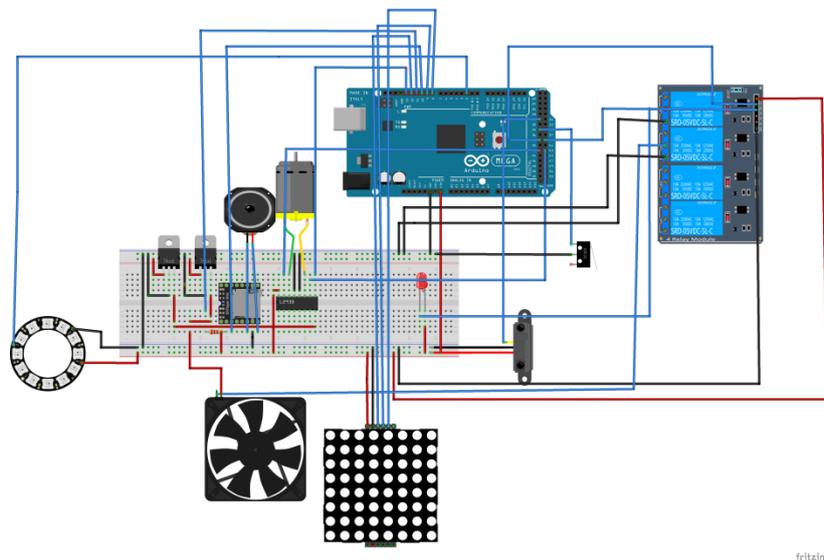


圖 51 線路圖

## 柒、結論

WALL-E 居家消毒小幫手，在不斷地修改後，最後以壓克力作為機構材料，除了結構穩固外，也可解決木頭會潮濕的問題，另外我們選用 UVC 紫外線燈管進行消毒，並使用 HMI 作為人機介面，提供使用者人性化的操作方式，同時以喇叭、RGB 燈環作為輔助。

雖然我們達到原本的預期目標，但是實際作品還有很多可以修正與改進的地方。未來我們希望能為瓦力新增一些功能，例如：瓦力的另一隻手上放置噴酒精的裝置；外面加裝燈管，在屋內沒人時，也可以為室內進行消毒，並且與手機連結，即使出門在外也可以輕鬆控制 WALL-E。

經過本次專題，我了解到自己的不足，也從過程中學習到了許多書本中沒有的知識。雖然我學會了許多專業技能，像是寫程式、做報告、上台報告、畫機構圖、3D 動畫與影片剪輯，但在這之中我覺得最難能可貴的是團隊的溝通與合作。在本次專題過程中雖然有發生許多爭執與分工不均，但在組長的帶領與組員的相互扶持下困難都被一一化解。在壓力籠罩下的高三，要顧好功課已經有難度，更不用說兼顧專題。一開始並不適應，但經過慢慢的摸索後，逐漸找到能在兩者之間取得平衡的方式。

## 捌、參考資料及其他

- 程兆龍、張義和(2016)。Arduino 微控智學創新。新文京開發出版社。
- 烏諾、施麥爾(2015)。Arduino 微控好好玩。新文京開發出版社。
- 張義和 (2010)。電路設計實習-電路板設計篇。新文京開發出版社。
- 抗疫使用 UV 殺菌燈？專家：方法錯誤只是用心安。2021 年 6 月 7 日。  
取自  
<https://health.udn.com/health/story/120952/5514217>
- 新冠疫情：紫外線能殺死新型冠狀病毒嗎？。2020 年 4 月 2 日。取自。  
<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/science-52143162>
- 抽屜裡的大學問，「滑軌」的種類與用途詳細分析。2018 年 9 月 20 日。  
取自  
<https://exhouse.pixnet.net/blog/post/35268280-%E6%8A%BD%E5%B1%9C%E8%A3%A1%E7%9A%84%E5%A4%A7%E5%AD%B8%E5%95%8F%EF%BC%8C%E3%80%8C%E6%BB%91%E8%BB%8C%E3%80%8D%E7%9A%84%E7%A8%AE%E9%A1%9E%E8%88%87%E7%94%A8%E9%80%94%E8%A9%B3%E7%B4%B0>
- WS2812 規格。取自  
<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812.pdf>

- MP3-TF-16P 規格。取自  
<http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/DFR0299-DFPlayer-Mini-Manual.pdf>
- L293D 規格。取自  
<https://www.mouser.tw/ProductDetail/STMicroelectronics/L293D?qs=gr8Zi5OG3MgMJ1ICDzLQbg%3D%3D>
- HMI (tjc4827k043\_011r)規格。取自  
<http://www.ecyberspaces.com/productsview.asp?id=9982>
- 齒輪齒條。取自  
<https://www.kggear.co.jp/cn/about/grack.html>