

全國高級中等學校專業群科 110 年專題及創意製作競賽

「專題組」作品說明書



群 別：電機與電子群

作品名稱：悠亞

關 鍵 詞：人工智慧、人體工學、語音控制

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、3D 列印.....	2
二、雷射切割	2
三、電路板雕刻	3
四、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.....	5
1、模式選擇	5
2、身高模式	5
3、語音感應模式	6
4、防誤感測	7
二、使用器材及工具	8
(一)、零件介紹.....	8
1、超音波感測器(HC-SR04).....	8
2、5V 一路繼電器	8
3、LD3320 語音辨識板.....	9
4、伺服馬達(SG-90).....	10
5、馬達驅動模組(L298N).....	10
6、液晶模組(LCD1620)	11
7、電源變壓器	12
8、電動升降桌腳架	12
9、直流電動推桿	13
10、檯燈	13
11、Arduino Mega 2560 微控制板.....	14

(二)、軟體介紹.....	14
1、Arduino.....	14
2、Altium Designer.....	14
伍、研究結果.....	15
一、身高模式.....	15
二、語音感應模式.....	15
三、成品展示.....	16
陸、討論.....	17
一、防誤感測.....	17
二、超音波感應穩定度.....	17
三、多功能面向.....	18
柒、結論.....	19
捌、參考資料.....	20

圖目錄

圖 1 人體工學示意圖	1
圖 2 人工智慧示意圖	1
圖 3 模型之繪製.....	2
圖 4 列印成品.....	2
圖 5 超音波雷切實體	2
圖 6 備用開關雷切實體	2
圖 7 電路板設計.....	3
圖 8 電路板實體.....	3
圖 9 程式撰寫之示意圖	3
圖 10 研究步驟.....	4
圖 11 模式選擇流程圖	5
圖 12 身高模式流程圖	5
圖 13 語音感應模式流程圖	6
圖 14 防誤感測流程圖	7
圖 15 HC-SR04.....	8
圖 16 繼電器.....	9
圖 17 LD3320	9
圖 18 SG-90	10
圖 19 L298N	11
圖 20 LCD1602.....	11
圖 21 電源變壓器.....	12
圖 22 電動升降桌腳架	12
圖 23 直流電動推桿	13
圖 24 檯燈.....	13
圖 25 Arduino Mega 2560	14
圖 26 Arduino	15
圖 27 電路設計.....	15
圖 28 身高與書桌高度對應公式	16

圖 29 語音感應模式示意圖	16
圖 30 書桌成品圖.....	17
圖 31 使用書桌之示意圖	17
圖 32 防誤感測狀態	18
圖 33 手掌皺紋示意圖	18
圖 34 工廠情境圖.....	19
圖 35 結論.....	20

表目錄

表 1 時間分配表.....	4
表 2 HC-SR04 規格.....	8
表 3 繼電器規格.....	9
表 4 LD3320 規格	9
表 5 SG-90 規格	10
表 6 L298N 規格	10
表 7 LCD1602 規格	11
表 8 電源變壓器規格	12
表 9 電動升降桌腳架規格	12
表 10 直流電動推桿規格	13
表 11 檯燈規格.....	13
表 11 Arduino Mega 2560 規格.....	14

【悠亞】

壹、摘要

「科技始終來自於人性」為此專題的核心價值；人類在生活中，不斷的追求創新與進步，變成推動科技的一大動力。在產品行銷學上，可分為過去所有使用者都一致的大眾時代，再來是現在所處的針對部分族群的分眾時代。而未來呢，就是必須仰賴人工智慧，來創造出屬於真正個人化使用的產品，也就是即到來的個眾時代。

人類把自己的智慧具體化，而人工智慧是多年努力下來的結晶。人工智慧不是一個全新的產業，他的價值大部分是來自於提升既有的事業及產品的品質，例如智慧醫療甚至智慧法律。為了讓還沒出社會的我們趕緊接觸到這在未來不可或缺的技术，在這次的專題中，我們結合了人工智慧的概念，以及改變多數須長坐上班族的健康問題，來做進一步的研究。

貳、研究動機

長時間下來不正常的工作高度及姿勢，容易造成身體上的傷害，例如骨刺以及五十肩，便是常見的症狀，對於需求者來說，能擁有一張了解他的書桌，是可遇而不可求的。

「健康」是所有活在世界上的人們所追求的，然而一張讓你「不健康」的桌子，應該與十幾年前的掀蓋式手機一樣有所改進，不但要開發更多的功能，並且注入更多智慧的元素。使用書桌時，手臂不正當的擺放高度，還有脖子因為螢幕不正常的高度，都是文明病的始端。然而不同的身高就該有不同高度的書桌選擇。要是今天能夠有一張懂您的桌子，聽到你的身高，可以幫你的桌面和螢幕升降到對於您個人最健康的高度比例，又或是想看書時，可以幫您拿著甚至調整燈光；整張桌子的設定一切都是為您量身打造，讓您在健康與便利之中達成雙贏，擁有人工智慧的概念也是這次專題中所追求的目標。

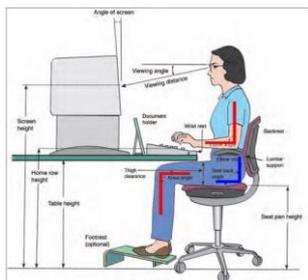


圖 1 人體工學示意圖



圖 2 人工智慧示意圖

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、3D 列印

高三的專題製作實習課中，我們學會了建構 Tinkercad 的基礎 3D 模型(如圖)，經過 Tinkercad 設計後，連接到 3D 列印機，列印成品(如圖 4)。由於此軟體可設計出各種需要的形狀，因此本次專題所需的零件，最初都是利用 3D 列印製成的。

我們選用 3D 列印的 PLA 材質以及 ABS 材質做為這次專題的主體，雖然質地輕巧，可是因為涉及的模組零件太小，經常會有斷掉的問題，因此我們嘗試改用雷射切割。

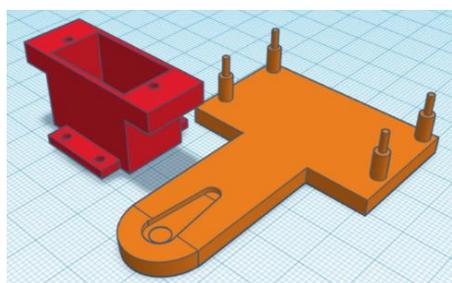


圖 3 模型之繪製



圖 4 列印成品

二、雷射切割

在高中暑假，我們參加了知名高中舉辦的「高中生暑假跨學科整合 (STEAM)智慧控制綠能工作坊－ Arduino 控制全彩 LED 北歐夜燈課程」，課程中學了雷射切割的製作及運用，並且在專題製作實習課又再次複習了一遍。

由於設計的 3D 零件會有斷裂的問題，因此重新設計了全部模組以雷射切割替代 3D 列印，將設計的 DXF 檔轉換以後用雷射切割機將模組分解切出，再以木工膠黏合組裝起來。雷射切割模組和 3D 列印相比，製作方便且迅速，也沒有斷裂之問題，雖然質地偏重，對整體而言影響較小。



圖 5 超音波雷切實體



圖 6 備用開關雷切實體

三、電路板雕刻

高二的電子學實習課中接觸了電路板的繪製與雕刻，在 Altium Designer 繪製電路圖(如圖 7)並且轉為 PCB 板電路，接著再使用電路板雕刻機刻出自己設計的電路板(如圖 8)，由於我們設計的電路線路較多，因此如果使用麵包板，不但有體積過大的問題，還會有時常因此我們選擇自行設計電路板，以方便各個元件的接腳連接，並且減少空間的使用。

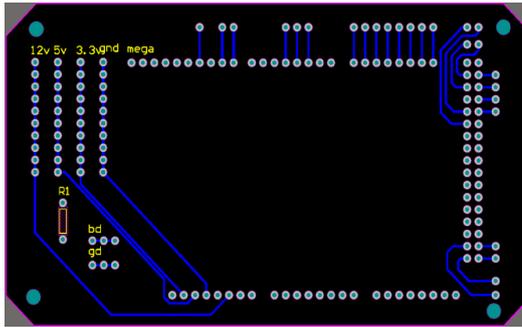


圖 7 電路板設計

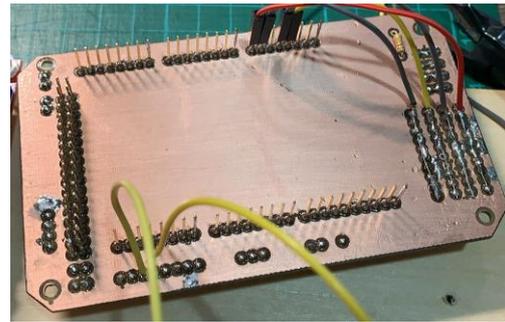


圖 8 電路板實體

四、程式撰寫

高二的數位邏輯實習課，我們對於程式有初步的了解，在本次專題，我們選用課堂所學的 Arduino 撰寫程式(如圖 9)。

```
demo_bv_dev_1231 | LD3320_Config.cpp | LD3320_Config.h | LD3320_Demo.cpp | LD3320_Demo.h | LD3320_Driver.cpp | LD3320_Driver.h | main.h
1 | /*****LD3320 test demo*****/
2 | *****LD3320 test demo*****
3 * | file      : LD3320_Demo.c
4 * | version  : V1.0
5 * | date    : 2021-01-06
6 * | function : LD3320 test demo
7 | *****/
8 #include "LD3320_Demo.h"
9 #include<Servo.h>
10 Servo myservo;
11 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
12 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
13
14 extern UBYTE   nAsrStatus;
15 extern UDOUBLE nMp3Size;
16 extern UBYTE   bMp3Play;
17 long duration;
```

圖 9 程式撰寫之示意圖

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

經歷了第一次模擬報告後，我們發現上一個題目並不適合我們發揮，因此決定改變主題。(表 1 中之橘色部分為不同專題)。

我們首先從書桌整體的設計圖著手，過程中遇到許多問題，但耗時了一個月多的調整，總算是進入到軟體的部分。由於桌子中的零件眾多，因此只能部分的實驗，像是語音板、推桿、檯燈與超音波的結合。接著開始設計電路；而軟硬體的結合以及外觀之修飾可說是最後的畫龍點睛。專題的時間分配表及研究步驟分別為表 1 及圖 10：

表 1 時間分配表

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
資料蒐集							
桌體設計							
材料購買							
軟體撰寫							
電路設計							
軟硬體結合							
除錯							
外觀調整							
成品測試							

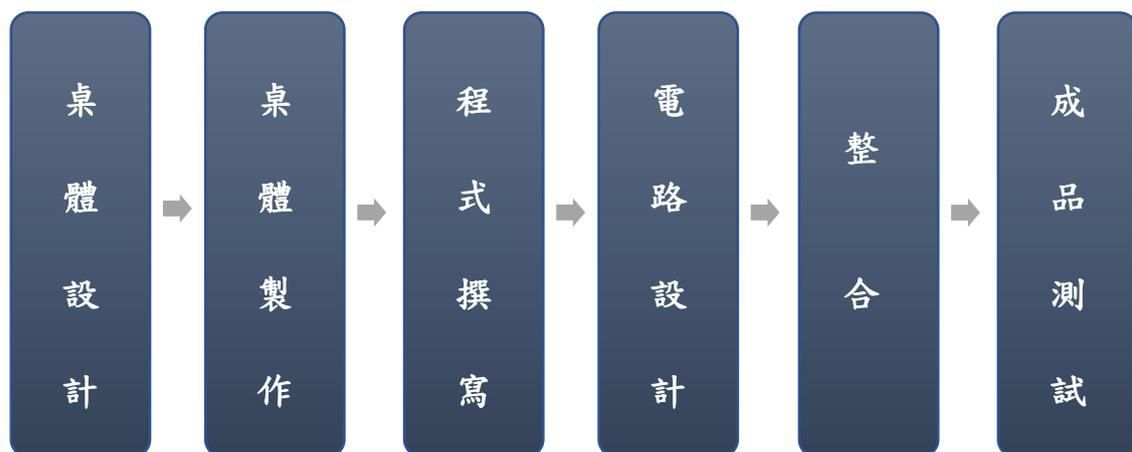


圖 10 研究步驟

(二)、操作步驟

1、 模式選擇

悠亞在功能上可分為兩種模式，身高模式以及語音感應模式，其動作流程如圖 11。

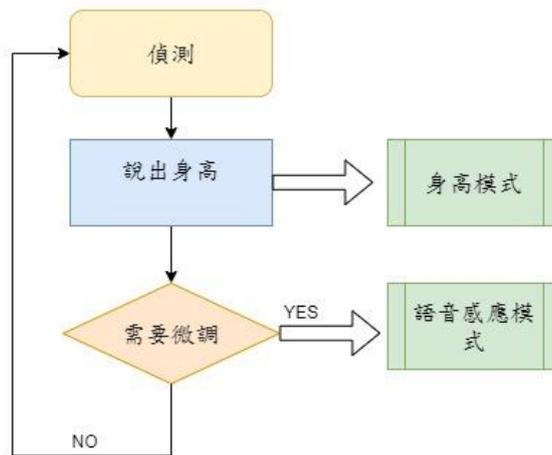


圖 11 模式選擇流程圖

2、 身高模式

當操作者喊出其對應鄰近身高，且個位數必為 5 或 0 之整數，將啟動身高模式。檯燈開啟，書桌及螢幕之高度將會自動進行調整至不同身高之數值。其工作流程如圖 12。

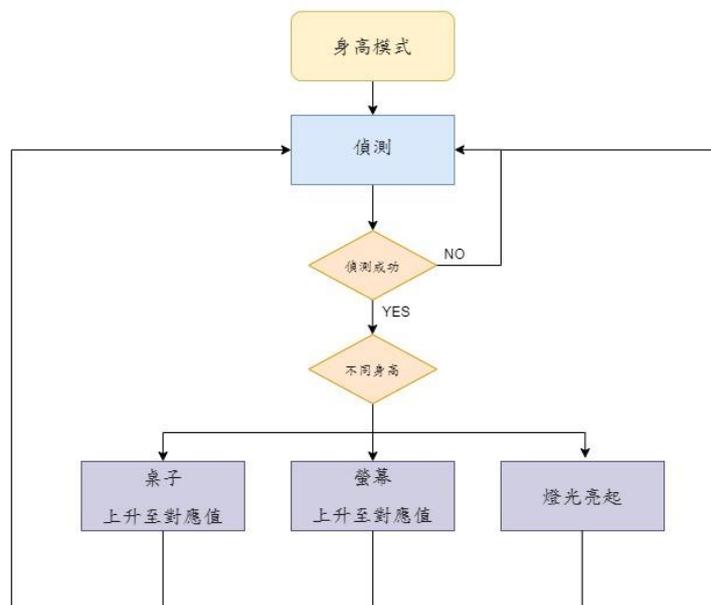


圖 12 身高模式流程圖

3、 語音感應模式

若身高模式後感覺不適，可藉由語音系統與超音波模組來做出之後的調整。操作流程如圖 13。

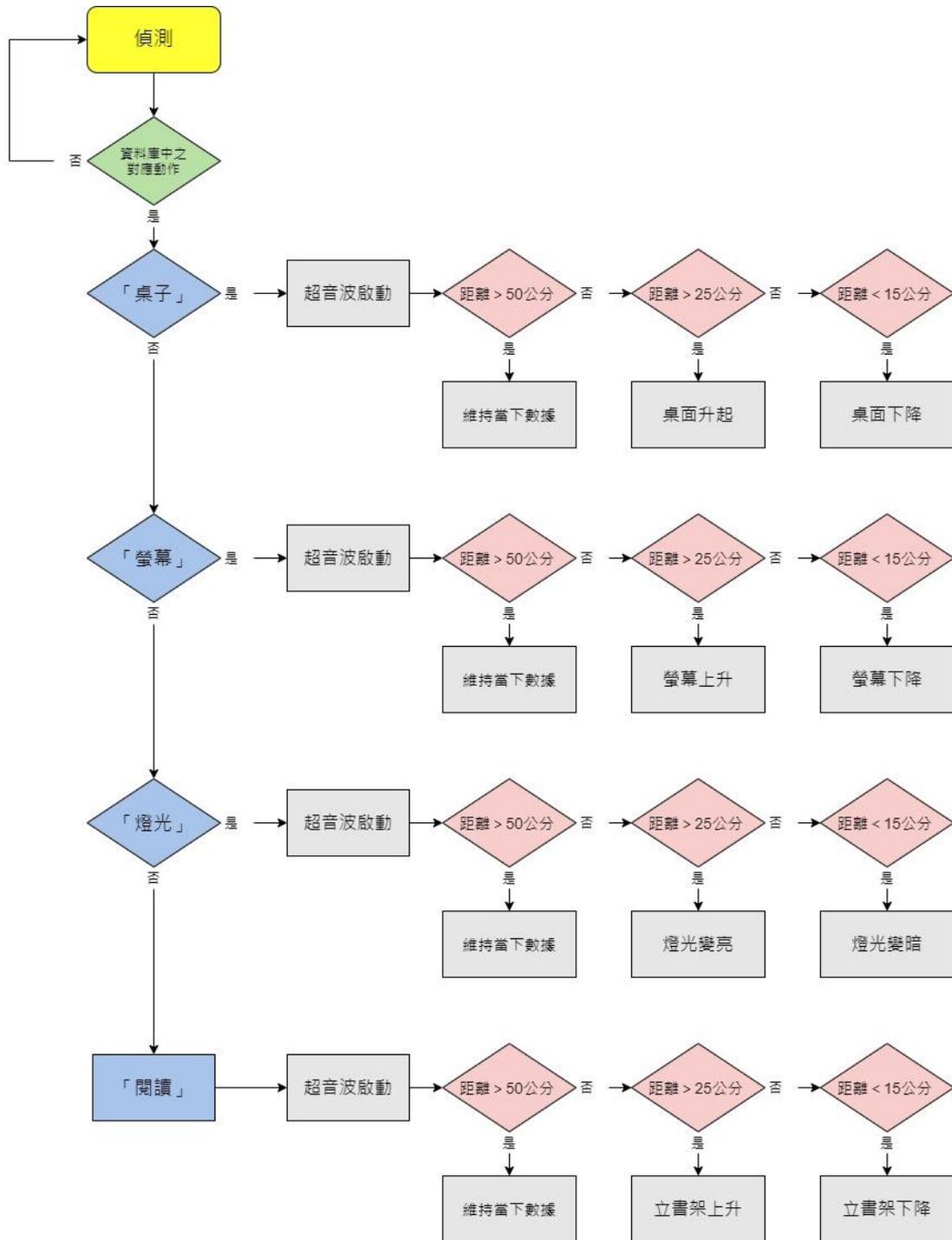


圖 13 語音感應模式流程圖

4、防誤感測

為了防止外來噪音干擾所造成之錯誤動作，在不需桌子執行動作的期間，可以使用誤感測模式；而呼叫此模式只需說聲「謝謝」，直到下一次呼喚「悠亞」前，書桌都不會有任何感應與動作。如圖 14。

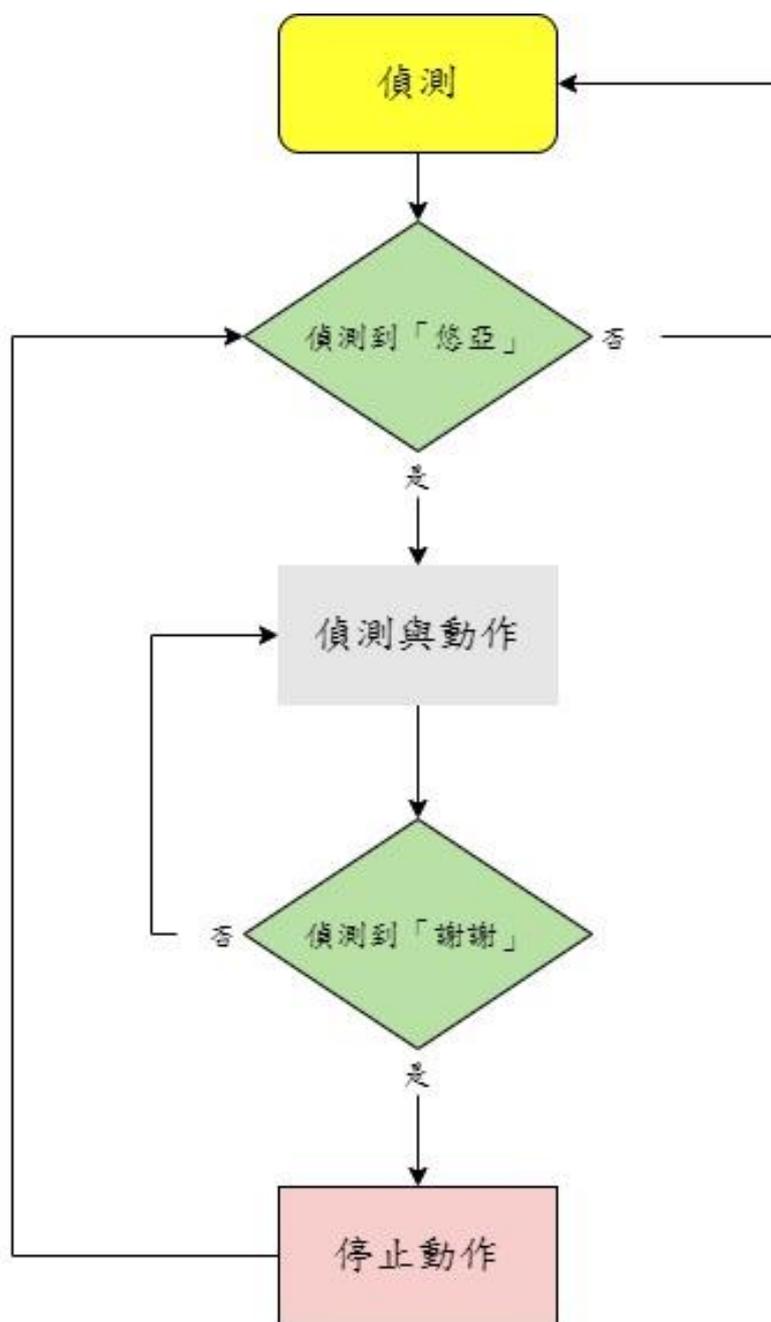


圖 14 防誤感測流程圖

二、 使用材料及工具

(一)、零件介紹

1、超音波感測器(HC-SR04)

- (1) 超音波感測器(圖 15)是由超音波的發射器、接收器與控制電路所組成的，經由計算發射後到接收的時間差距來換算出與障礙物的距離；由於他的波長極小，換句話說就是頻率非常高，所以對於人類的耳朵，是聽不見的。規格如表
- (2) 此元件在這次的專題中有著不同凡響的意義，特別是在這段疫情間，無須直接性的觸碰，即可達成改變數值的功能，所以我們用它取代了傳統的手動開關，不論桌面的任何設備，都是經由超音波與手之間的距離去做調整，例如 20 至 50 公分為上升，0 至 10 為下降，10 至 20 為暫停動作，而其餘數值就是確定當下的操作。至於燈光的亮度，是以 PWM 方式去編寫，所以手升多高，檯燈就會做出相對應的亮度。

表 2 HC-SR04 規格

尺寸	傳測距離	工作電壓	發射頻率
45x20x18mm	2cm~450cm	5v	40KHz



圖 15 HC-SR04

2、5V 一路繼電器

- (1) 常開接口最大負載：交流 250V/10A，直流 30V/10A，光偶隔離，驅動能力強，穩定性高，觸發電流 5mA，支持高、低電平觸。此元件運用在控制電動升降桌之正反轉。規格如表 3。

(2) 本次專題選用繼電器(如圖 16)運用在控制電動升降桌之正反轉。

表 3 繼電器規格

電壓版本	靜態電流	工作電流	觸發電壓	觸發電流
5V	4mA	65mA	0~2V	2mA



圖 16 繼電器

3、LD3320 語音辨識模組

(1) LD3320(如圖 17)是一顆基於非特定人語音識技術的語音聲控晶片。提供了真正的單晶片語音識別方案。不僅可以進行語音識別而且還可以進行語音播放；有了 D、DA 轉換器，並不再需要外接輔助的 Flash 和 RAM，即可實現語音辨識、聲控、人機對話等功能。規格如表 4。

(2) 本次專題的特點之一，就是多數動作由語音系統為基底，去做進一步的控制；相較於傳統的電動升降書桌，原本操控模組上的按鈕，又或是觸控螢幕，都與每位使用者有直接性的接觸，而語音系統不但避免了不必要的細菌交叉，還能以更為智慧的方式來做每一次的書桌體驗。在每隻蘋果手機中，都會有大家耳熟能詳的「Siri」，而我們作品就是由「悠亞」來擔任這個刺激系統的重責大任。

表 4 LD3320 規格

工作電壓	尺寸	省電模式電流
3.3V	43x29.7mm	1 uA

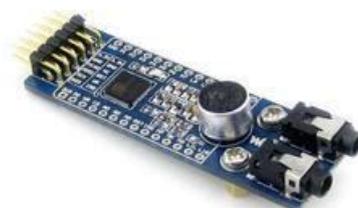


圖 17 LD3320

4、伺服馬達(SG-90)

(1) SG-90(如圖 18)是一顆簡單型的伺服馬達，擁有 1.8kg/cm 的扭矩及 0 至 180 的角度控制，當輸入脈衝訊號後，控制電路會判斷目標角度與電位器之間有差異而轉動馬達，轉動時會同時帶動電位器變動。規格如表 5。

(2) 此元件不但輕巧，更是操控方便，用來控制超音波模組的轉動。

表 5 SG-90 規格

工作電壓	尺寸	重量	轉速	轉矩
3~7.2V	23x12.2x29mm	9g	0.1 秒/60°	1.8kg-cm(4.8V)

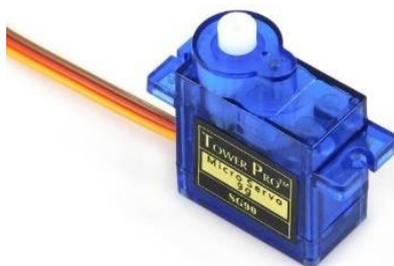


圖 18 SG-90

5、馬達驅動模組(L298N)

(1) L298N(如圖 19)為一種高電壓與大電流為一體的電機驅動晶片，最高工作電壓可達 46V，輸出電流峰質可達 3A，額定功率 25W；該芯片採用 15 腳封裝，內含兩個 H 橋的高電壓大電流全橋式驅動器，可以驅動一台兩相步進電機或四相步進電機，也可以驅動兩台直流電機。規格如表 6。

(2) 本書桌中的兩隻推桿以及燈光的亮度，都是藉由此元件去做調整；推桿所需承受的附載很大，而大電流輸出的 L298N 是我們最佳的選擇；；其中的 PWM 腳位更是讓檯燈能調整明暗的最大功臣。

表 6 L298N 規格

驅動電壓	工作電流	尺寸	重量	最大功率
5V	2A	43x43x27mm	30g	25W

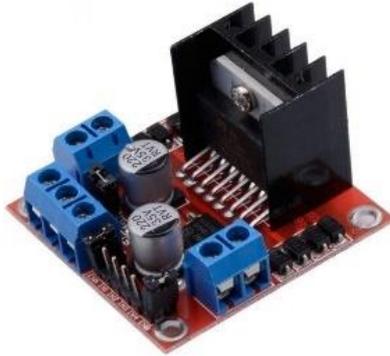


圖 19 L298N

6、液晶模組(LCD1602)

- (1) 此為標準型 16x2 液晶顯示字符模組(如圖 20)，內部的字符存儲器已經存了 160 個不同的點陣字符圖形，包括阿拉伯數字、英文字母的大小寫、常用的符號和日文假名等，而每一個字符在資料庫中都有一個固定的代碼。其螢幕背光可以直接操控，顯示對比度也能做調整。規格如表 7。
- (2) 為了讓接線更為單純，我們使用 I2C 來做操控版及此元件的连接。讓使用者了解書桌運行當下的狀況，是非常重要的，除了燈光的閃爍之外，還利用 LCD1620 來做與使用者間的傳達。

表 7 LCD1602 規格

工作電壓	工作電流	尺寸	重量
5V	2mA	41.5x19x15.3mm	5g



圖 20 LCD1602

7、電源變壓器

桌中所有的設備皆不能用室電直接驅動，所以用變壓器(如圖 21)來做為電源的媒介，不但有穩流之效果，其最大電流輸出也可達 4A。規格如表 8。

表 8 電源變壓器規格

輸入電壓	頻率	輸出電壓	輸出電流
AC100~240V	50/60Hz	DC12V	4A



圖 21 電源變壓器

8、電動升降桌腳架

由於力矩及完整度的考量，本次專題所使用之腳架為二手升降電動桌架(如圖 22)；全鋁合金所製成，以及大扭力的雙減速馬達，是我們的不二選擇；藉由改接其原本線路，來達成控制。規格如表 9。

表 9 電動升降桌腳架規格

最大承重	最高速動	最低高度	最高高度
125kg	38mm/s	600mm	1230mm

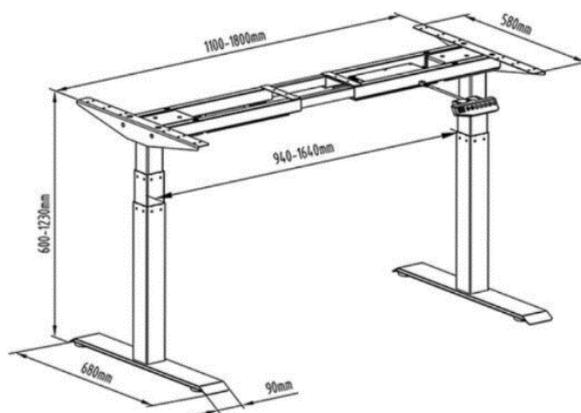


圖 22 電動升降桌腳架

9、直流電動推桿

讓螢幕及立書架上升與下降的主要元件就是此推桿(如圖 23)；輸入電流高，非常的有力，不論多沉重的負載，像是字典或電腦螢幕，都能輕易推動。規格如表 10。

表 10 直流電動推桿規格

額定電流	額定電壓	推力	行程
4A	12V	90kg	50mm/200mm



圖 23 直流電動推桿

10、檯燈

書桌與檯燈(如圖 24)是使用者缺一不可的組合，而市面上販售的桌子，都沒有達到這項需求，所以為了達成桌、燈一體的目標，我們維修家中廢棄的檯燈，並且改接其線路，再用一些程式來賦予它全新的生命。以上述提到的 L298N 之 PWM 腳位去做明亮控制，雖然硬體上不是自行創作，但在悠亞的配合下，此桌燈變成無可取代的部分。規格如表 11。

表 11 檯燈規格

額定電壓	重量	尺寸	特殊功能
110V	1.3kg	26*16*43cm	無眩光



圖 24 檯燈

1、Arduino Mega 2560 微控制板

- (1) 是一款基於 ATmega2560 的微控制器版，有 54 個數位輸入輸出引腳，而其中 15 個可用作 PWM 腳位輸出，16 個模擬輸入、4 個 UART（硬體序列埠）、1 個 16 MHz 晶體震盪器、1 個 USB 連接、1 個電源插座、1 個 ICSP 頭和 1 個重置按鈕。內建的穩壓穩流元件，讓不論 5V 或是 12V 的電源，都能讓此控制板驅動。規格如表 12。
- (2) 此專題中，所使用原件數眾多，所需腳位也是連山排海，再加上語音控制板需要配合的時脈速度非常高；對我們來說，主控板的選用非 Arduino Mega 2560 莫屬。

表 12 Arduino Mega 2560 規格

產品尺寸	時脈速度	閃存空間	類比輸入接角
102*53.6*15.3mm	16MHz	256KB	6 組



圖 25 Arduino Mega 2560

(二)、軟體介紹

1、Arduino

Arduino 是一款便捷靈活、方便上手的開源硬體產品，具有豐富的介面，有數字 I/O 口，模擬 I/O 口，同時支援 SPI、IIC、UART 串列埠通訊。能通過各式的感測器來偵測環境，透過控制燈光、馬達和其他裝置來反饋、影響環境。因此我們選用 Arduino 作為我們程式撰寫的軟體，如圖 25。軟體編譯成功後，再將開發板與外部電路和做整合，完成實體。



```
demo_fa_new_1023 - LD3320_Demopp (Arduino 1.8.13 (Windows Store 1.8.42.0))
LD3320_Demopp
1|*****LD3320 test demo*****
2|*****LD3320 test demo*****
3* | file      : LD3320_Demo.c
4* | version   : V1.0
5* | date      : 2021-01-06
6* | function  : LD3320 test demo
7|*****LD3320 test demo*****/
8#include "LD3320_Demo.h"
9#include <Servo.h>
10 Servo myservo;
11#include <LiquidCrystal_I2C.h>
12 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
13
14extern UBYTE nArStatus;
15extern UDOUBLE nMp3Size;
16extern UBYTE bMp3Play;
17long duration;
```

圖 26 Arduino

2、Altium Designer

通過把原理圖設計、電路仿真、PCB 繪製編輯、拓撲邏輯自動布線、信號完整性分析和設計輸出等技術的完美融合，為設計者提供了全新的設計解決方案，使設計者可以輕鬆進行設計。(如圖 26)在設計較複雜的電路時，透過專題的需求設計較麵包板拉線簡單之電路，電路板將使我們電路實體更為便利且穩定。

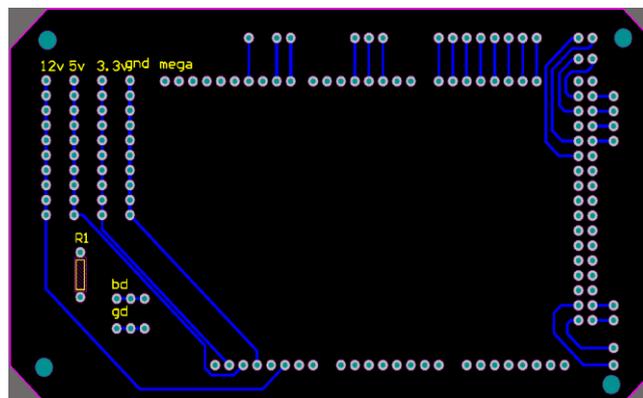


圖 27 電路設計

伍、 研究結果

一、 身高模式

此專題是建立在人體工學及人工智慧的詮釋上。而所謂人工智慧，也就是讓電腦能夠表現出「類似人類智慧行為」的科技，舉例來說，Google Map 幫您設定的最佳路線，又或是電影鋼鐵人中的賈維斯。而我們利用這次專題的機會，製作出一個根據不同身高，幫您調整出對於人類最健康的相對書桌高度及觀看電腦螢幕的角度，藉由程式及電動推桿來實行；而此數據是根據國民健康署的標準公式來最為依據，讓每位使用者都能夠在對身體最健康的情況下工作。圖 27 為身高與書桌高度之對應公式。

	桌子 = 身高 $\times 0.25 - 1$ + 身高 $\times 0.183 - 1$
身高 155 cm	➡ 合適桌子高度 = 65.115 cm
身高 165 cm	➡ 合適桌子高度 = 69.445 cm
身高 175 cm	➡ 合適桌子高度 = 73.775 cm

圖 28 身高與書桌高度對應公式

但此模式由於使用之語音板本身的限制，寫程式時，只能以五的倍數去做控制；舉例來說，一位 173 公分的使用者，需要說 175 來讓桌子執行接續的動作。

二、 語音感應模式

當身高模式結束後，還是不滿意眼前的螢幕，又或者是桌子的高度，即可使用語音感應模式；只要說出需要調整的項目，像是「桌高」、「燈光」、「螢幕」，以及代表立書架的「閱讀」，當超音波模組轉出時，即可用手操控。圖 28 音感應模式情境圖。



圖 29 語音感應模式情境圖

三、 成品展示

對於這次的專題，我們不只是想要做出一個模型，而是在現實生活中真的能為人類的健康，有所改變的實體；為了讓成品更貼近於商品化，對於桌體的每個細節，我們也用盡全力的去做調整。圖 29 為書桌成品圖、圖 30 為使用者示意圖。



圖 30 書桌成品圖



圖 31 使用書桌之示意圖

陸、討論

一、防誤感測

一個由語音系統主導的系統，必定會受環境所影響；在測試過程中，我們也發現了此現象，像是當鄰居吵架時，傳來的雜音居然可以被偵測到，甚至還做出了相對應的動作，從那時起，我們就設計了一套防誤感測系統，當使用完當下的功能，只要說出「謝謝」，程式就會停止偵測，直到再次呼喚「悠亞」，才能順利地執行下一個動作；而此模式啟動時，液晶顯示螢幕便會熄滅。圖 31 為防誤感測模式下之螢幕圖。



圖 32 防誤感測狀態

二、超音波感應穩定度

由於人類的手掌上有先天的皺紋，導致每一次超音波偵測時，射出的波不一定能返回接收端，當手在高處時，發生失誤的機率超過三成；一張商品化的桌子必須要有好的穩定度。目前想到的解決方案為使用紅外線測距模組，雖然體積相較之下並不盡理想，但穩定度卻是首選，但基於時間的關係，還來不及更換元件及改編程式，所以在未來的展望中，以紅外線測距是不可或缺的。



圖 33 手掌皺紋示意圖

三、 多功能面向

在我們團隊的理念中，悠亞並不只是一張用於學業及工作的桌子，而是能滿足在不同產業中，有著不同需求的使用者；像是大型機具維修的工作桌，甚至是酒吧裡的吧台。搭載著升降桌面和升降螢幕，而整體的操控建立在語音系統上，此發想除了建立在人類的健康外，還注入了科技的力量，讓悠亞不再只是「書桌」。



圖 34 工廠情境圖

柒、結論

科技涵蓋的範圍很廣，人工智慧能讓我們達成更準確的判斷，以及讓裝置變的更聰明。生活中的各個小角落其實都有他的身影；為了健康、為了方便，甚至是為了看不見的未來；能讓每個人輕鬆的享受使用書桌的時光，是我們專題的導向；而把人工智慧的概念運用在日常的健康習慣上，這就是我們最後的目標。結合了聲控與創新的開關模式，相信不管在家中或公共場所都能為防疫多盡一份心力；而其中的身高模式也為您的健康把關，不用再擔心買到不合適的桌子，不用再花費到診所看病的時間。此次專題是希望裝置可以朝向真正的人工智慧發展，但因為時間及軟體能力均有限，導致許多的功能均未能完成。探討未來可以持續改進，希望有朝一日裝置可結合手機 APP，讓使用者的各項數據透過網路串連資料庫，並根據大數據去判斷使用者的最佳工作模式及設定，讓您的健康真正的受到把關；希望悠亞的誕生是您未來生活中不可或缺的存在。



圖 35 結論

捌、參考資料及其他

- Nokia 的「科技始終來自於人性」。2020 年 9 月 5 日。取自
<https://fredjame.com/nokia%E7%9A%84%E7%A7%91%E6%8A%80%E5%A7%8B%E7%B5%82%E4%BE%86%E8%87%AA%E6%96%BC%E4%BA%BA%E6%80%A7-423626d6ed71>
- 桌子選購思維:待在書桌總是不專心，你的桌子選錯了!。2020 年 9 月 7 日。取自
<https://vocus.cc/article/5e954cebfd89780001869d47>
- L298N 步進馬達驅動模組!。2020 年 10 月 1 日。取自
<https://www.jin-hua.com.tw/webc/html/product/show.aspx?num=23057>
- 用 LD3320 實現簡單的人機對話。2020 年 10 月 5 日。取自
<https://kknews.cc/zh-tw/tech/rx8v8ox.html>
- 2019 年送給上班族的辦公室 6 大健康指南。2020 年 10 月 6 日。取自
<https://heho.com.tw/archives/34474>
- 她的自學 DIY 神作!被推爆的工業風書架跟書桌，網友卻紛紛樓歪。2020 年 10 月 30 日。取自
<https://www.searchome.net/article.aspx?id=45782>
- 書桌裝修改線路接線技巧—掌握家用電線正確接法!。2020 年 11 月 18 日。取自
<https://kknews.cc/zh-tw/home/9z59eol.html>
- 進階應用:Arduino。2020 年 11 月 18 日。取自
https://courses.openedu.tw/assets/courseware/v1/188564919cd2bc93a1f0bdd304122c93/assetv1:plus+TK+19005+type@asset+block@%E7%AC%AC%E5%8D%81%E5%85%AD%E5%96%AE%E5%85%83_%E9%80%B2%E9%9A%8E%E6%87%89%E7%94%A8_Arduino.pdf
- PCB Layout 入門教學(一)—PCB Layout 設計流程。2020 年 11 月 27 日。取自
<http://blog.ittraining.com.tw/2015/11/pcb-layout.html>
- 品牌定位策略 7 步驟，找到產品市場定位的方法。2020 年 12 月 28 日。取自
<https://transbiz.com.tw/%E5%93%81%E7%89%8C%E5%AE%9A%E4%BD%8D-brand-positioning/>
- 坐對了嗎? 壞坐姿讓頭到腳都有毛病。2020 年 1 月 25 日。取自
https://www.youtube.com/watch?v=TmjGoKPk7xA&list=PLhLkzQMB3sK Kekx26KyxQIGis-RGhUaJ_&index=1&t=5s