

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：操盤高手

關鍵詞：桌遊、影像辨識、電子大富翁

目錄

表目錄.....	iv
圖目錄.....	v
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 繪圖與列印.....	2
二、雷射雕刻.....	3
三、電路板雕刻.....	3
四、硬體電路設計.....	4
五、軟體程式撰寫.....	4
肆、研究方法.....	5
一、研究流程.....	5
(一)、研究步驟.....	5
(二)、動作流程.....	6
二、使用材料.....	6
(一)、結構材料.....	6
(二)、電機材料.....	7
三、使用軟體與服務.....	11
(一)、Arduino IDE.....	11
(二)、Visual Studio Code.....	11
(三)、Altium Designer.....	12
(四)、Autodesk Inventor.....	12
(五)、RDWorks.....	13
(六)、Blender.....	13
四、使用設備.....	14
(一)、3D 列印機.....	14
(二)、雷射雕刻機.....	14
(三)、電路板雕刻機.....	14
伍、研究結果.....	15
一、主體結構.....	15
(一)、棋盤本體.....	15
(二)、骰盅.....	15
(三)、LED 槽.....	15
(四)、3.5 吋 TFT LCD 螢幕槽.....	15
(五)、按鈕槽.....	16

二、3.5 吋 TFT LCD 螢幕	16
(一)、玩家金錢	16
(二)、格子資訊	16
(三)、動作指示	16
三、遊戲邏輯.....	16
(一)、遊戲本身的流程	16
(二)、盤體控制	17
四、骰子點數辨識.....	17
(一)、拍照	17
(二)、辨識點數	17
五、成果展示.....	17
(一)、成品外觀(如圖 37)	17
(二)、3.5 吋 TFT LCD 螢幕介面(如圖 38)	18
(三)、骰子點數辨識(如圖 39、圖 40)	18
(四)、LED 走位輔助系統(如圖 41).....	19
陸、討論	19
一、拍到骰子其他面.....	19
二、骰子反光問題.....	19
三、3.5 吋 TFT LCD 螢幕通訊問題	20
柒、結論	21
捌、參考資料及其他.....	22
一、網路資料.....	22

表目錄

表 1	研究時間分配.....	5
表 2	ESP32CAM 模組規格.....	錯誤! 尚未定義書籤。
表 3	Arduino Mega 2560 規格	8
表 4	超音波感測器規格.....	7
表 5	LED 燈條規格.....	7
表 6	3.5 吋 TFT LCD 螢幕規格.....	8
表 7	玩具馬達規格.....	8
表 8	繼電器模組規格.....	8

圖目錄

圖 01	1935 帕克兄弟的地產大亨.....	2
圖 02	1962 台灣大富翁.....	2
圖 03	2007 電子銀行.....	2
圖 04	2013 旅遊大亨.....	2
圖 05	固定座 3D 設計圖.....	2
圖 06	3D 列印成品.....	2
圖 07	RDWorks 設計圖.....	3
圖 08	雷射雕刻成品.....	3
圖 09	使用 Altium Designer 繪製電路圖.....	3
圖 10	PCB 電路板設計.....	3
圖 11	智慧居家監控實習的開發板.....	4
圖 12	木板結構材料.....	6
圖 13	Arduino IDE 程式開發.....	6
圖 14	遊戲邏輯撰寫.....	7
圖 15	研究步驟.....	7
圖 16	木板結構材料.....	7
圖 17	ESP32CAM 模組.....	8
圖 18	OV2640 相機模組.....	8
圖 19	Arduino Mega 2560.....	8
圖 20	按鈕.....	9
圖 21	LED 燈條.....	9
圖 22	3.5 吋 TFT LCD 螢幕.....	9
圖 23	玩具馬達.....	10
圖 24	繼電器.....	10
圖 25	Arduino IDE 軟體介面.....	11
圖 26	Visual Studio Code 軟體介面.....	11
圖 27	Altium Designer logo.....	11
圖 28	Altium Designer 軟體介面.....	12
圖 29	Autodesk Inventor 軟體介面.....	12
圖 30	RDWorks 軟體介面.....	12
圖 31	Blender 軟體介面.....	13
圖 32	3D 列印機.....	13
圖 33	雷射雕刻機.....	13
圖 34	電路板雕刻機.....	14
圖 35	專題結構.....	14
圖 36	3.5 吋 LCD 螢幕顯示內容.....	15

圖 37	專題成品外觀.....	15
圖 38	3.5 吋 TFT LCD 螢幕實品.....	15
圖 39	骰子點數圖.....	16
圖 40	骰子辨識畫面.....	17
圖 41	LED 輔助走位系統.....	19
圖 42	曲率半徑計算.....	19
圖 43	新底座.....	19
圖 44	獨立 Arduino Mega 2560	19

【操盤高手】

壹、摘要

本專題以傳統桌遊大富翁為概念，完成新式的自動化大富翁，結合電動骰盅及 ESP32CAM 模組，進行骰子點數的辨識，整合 3.5 吋 TFT LCD 螢幕，資訊顯示的平台，使用電腦，作為整個棋盤的控制、讀取與資料的傳遞，以 Python 編寫整個遊戲的邏輯以及點數辨識的處理，並以辨識度非常高的 LED 燈條協助玩家進行遊戲。

本專題並非僅僅是一款桌遊，而是新時代與舊時代的結合與創新，若這個風潮朝廷續下去，我們便不會失去那些曾經屬於我們的美好回憶。桌遊並不僅僅擁有娛樂的功能，更是我們聯繫彼此感情的重要橋梁，即使許多人認為手遊的娛樂性較高，但是桌遊讓人得以面對面的互動的功能是不管哪一款手遊都無法取代的。

貳、研究動機

1935 年帕克兄弟在美國發行 monopoly (如圖 1)，當時美國正值經濟蕭條，人人都想當一回富翁，而大富翁也因此暢銷，他的暢銷程度之大，以至於它在那個資訊並不發達的年代發行到了全球，台灣也不例外(如圖 2)，來到台灣後歷經多年產生了多代的版本，各代都有它們的不同之處，但它們都有一點是永遠不變的,它們都是我們不同代人的共同回憶，但它們似乎都在我們人生中的某個階段消失了，為甚麼?大多數人並沒有去想，只是認為自己長大了，但我們小組並不這麼認為。因此，我們找出了 4 點原因：一、銀行，銀行必須反覆進行枯燥乏味的計算，還不能參與遊戲的過程。二、零組件，在我們遊戲過程中，買了房子卻找不到房子可以蓋，想找錢卻湊不齊正確金額。三、骰子，當玩家在遊玩時，可能因為情緒過於激動，或是不小心導致骰子跑出界外進而造成整場遊戲必須暫停。四、數格子，因為我們不是每天把大富翁拿出來玩，當我們骰到比較大的數字時必須一格一格的慢慢數，才能知道我們的下一步。以上這四點合起來導致每場遊戲的時間都過於冗長，大多數人根本玩不到遊戲的結局。2007 年 MONOPOLY 官方似乎有意識到這些問題，於是他們推出了電子銀行(如圖 3)，但他們只解決了銀行的問題，其他的問題還是存在。2013 年 LINE 發行的 LINE 旅遊大亨問世(如圖 4)，它可以說是最多人接觸到的一代大富翁了，因為它攜帶方便、進行快速、將一切的行程自動化，但它真的這麼完美嗎?沒有，它造成了另外一個問題:科技冷漠。在這個電子遊戲當道的

時代，為何還有桌遊的一席之地，那便是人與人之間的連結。經歷過以上這些版本，我們將其全都去蕪存菁，研發出我們最後的專題:操盤高手。

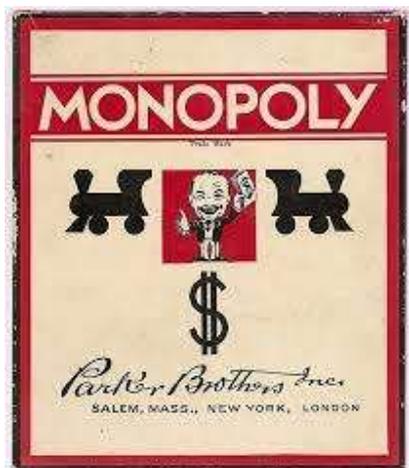


圖 1 1935 帕克兄弟的地產大亨[1]



圖 2 1962 台灣大富翁[2]



圖 3 2007 電子銀行[3]



圖 4 2013 旅遊大亨[4]

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、3D 繪圖與列印

我們利用高二跨領域課程中，在製圖科上課所學到的 Inventor 軟體，來繪製電動骰盅固定座及 ESP32CAM 固定座的 3D 圖(如圖 5)，並利用課堂中所學到 3D 列印機的操作使用，將設計好的 3D 圖檔輸出連接到 3D 列印機，列印成組件成品，進行組裝使用(如圖 6)。



圖 5 固定座 3D 設計圖



圖 6 3D 列印成品

二、雷射雕刻

我們利用高二跨領域課程中，在製圖科上課所學到的 RDWorks 雷射雕刻設計軟體，畫出透明壓克力及大富翁棋盤本身的設計圖(如圖 7)，並利用課堂中所學到雷射雕刻機的操作使用，將設計好的圖檔輸出連接到雷射雕刻機，製作成組件成品，進行組裝使用(如圖 8)。

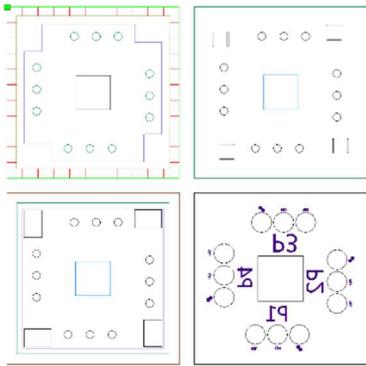


圖 7 RDWorks 設計圖



圖 8 雷射雕刻成品

三、電路板雕刻

我們利用高三上學期「微電腦應用實習」課程中所學到的 Altium Designer 電路設計軟體，來繪製電路圖及設計 PCB 電路板(如圖 9)，利用課堂中學到電路板雕刻機的操作使用，將設計好的 PCB 電路板轉換鑽孔檔與成型檔(如圖 10)，輸出連接到電路板雕刻機，進行 PCB 電路板製作。

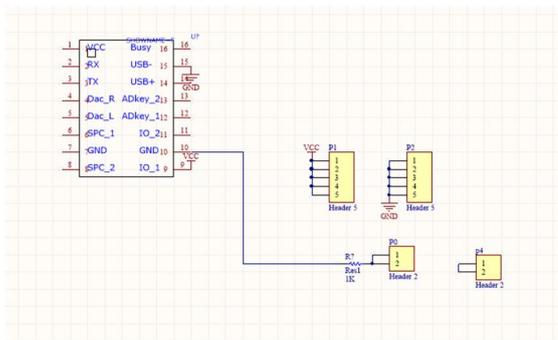


圖 9 使用 Altium Designer 繪製電路圖

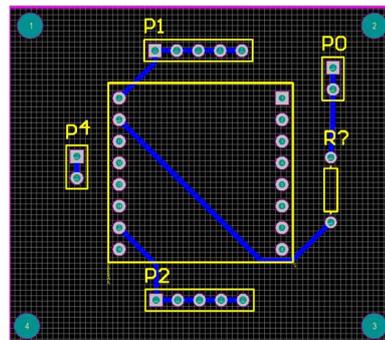


圖 10 PCB 電路板設計

四、硬體電路設計

我們應用高二「智慧居家監控實習」課程(如圖 11)所學到的繼電器模組來控制電動骰盅動作，按鈕來進行事件的選擇，LED 燈調來顯示棋盤上的輔助資訊；應用高一下學期在「電子學實習」課程所學到的電路板雕刻與實作知識，來整合設計按鈕和 LED 燈條的電路，讓裡面的電路更加穩定不容易鬆脫；應用「基本電學實習」及「電子學實習」所學到的串並聯知識(如圖 12)，將一樣的程式延伸到更多的模組。



圖 11 智慧居家監控實習的開發板

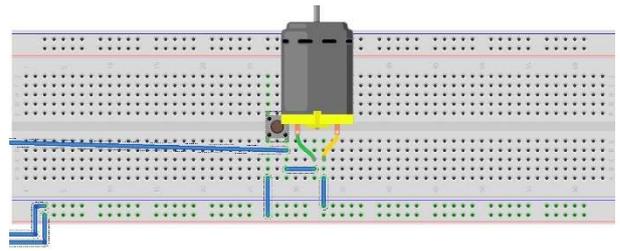


圖 12 基本電學實習

五、軟體程式撰寫

我們應用高二「智慧居家監控實習」所學到的 Arduino IDE 開發環境，來開發控制程式(如圖 13)；使用 ESP32CAM 來進行影像拍攝；應用雲端傳輸及裝置之間溝通的課程內容，將骰盅內的數值得以傳到電腦進行辨識。應用在高二「小專題」中所學到的編碼系統，來設計 3.5 吋 TFT LCD 螢幕使用者介面及設定傳輸協定；應用 Python，來編寫整個遊戲的核心邏輯(如圖 14)。

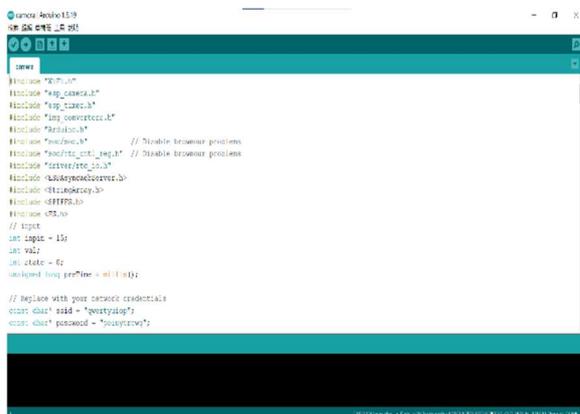


圖 13 Arduino IDE 程式開發

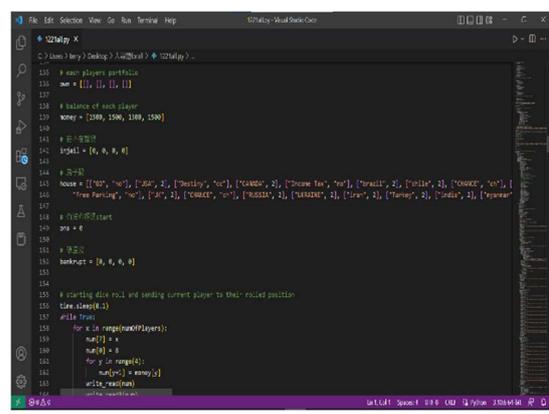


圖 14 遊戲邏輯撰寫

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

在七月決定專題題目後，便接著開始分工進行資料蒐集，同時展開元件及材料採購，接著進行遊戲棋盤結構的設計及製作，同時展開智慧電動骰盅的程式設計撰寫，接著進行電路板設計及製作，同時開始進行遊戲邏輯設計，接著進行成品整合，之後進行成品測試與除錯，最後完成專題成品。專題的研究時間分配及研究步驟分別如下表 1 及圖 15：

表 1 研究時間分配

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
1. 資料蒐集							
2. 元件採購							
3. 骰盅製作							
4. 程式撰寫							
5. 棋盤製作							
6. 遊戲設計							
7. 成品整合							
8. 成品測試							



圖 15 研究步驟

(二)、動作流程

- 1、骰骰子及骰子點數辨識
 - (1)、按下按鈕骰骰子；
 - (2)、等待骰子停下；
 - (3)、ESP32CAM 拍下骰子點數上傳到雲端；
 - (4)、電腦下載點數圖片進行辨識；
 - (5)、將辨識後的值加入遊戲邏輯中進行判讀；
- 2、遊戲邏輯及走位輔助系統
 - (1)、經由骰子點數判斷接下來應該走到哪個格子；
 - (2)、將資料傳到 ARDUINO 使該格的指示燈亮起；
 - (3)、判斷該格土地的擁有權；
 - (4)、自動執行扣款或是詢問是否購買土地
 - (5)、將資料傳回 ARDUINO 控制螢幕顯示內容；
 - (6)、接收按鈕訊號傳回電腦；
 - (7)、將剩餘的資料結算；
 - (8)、完成一次循環；
- 3、3.5 吋 TFT LCD 螢幕
 - (1)、電腦運用序列埠傳送結果；
 - (2)、依接收到的資料顯示到對應的物件；
- 4、按鈕
 - (1)、骰骰子；
 - (2)、判斷使用者的選擇；

二、使用材料

(一)、結構材料

在主體結構的部分，我們選用厚度 5mm 的木板，用雷切機切割成 5 塊木板來搭建，並使用來進行鎖固，作為棋盤本體、電路系統及 LCD 螢幕的支撐固定使用(如圖 16)。

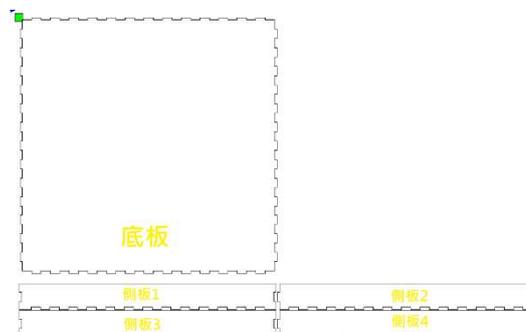


圖 16 木板結構材料

(二)、電機材料

1、ESP32CAM 模組

ESP32CAM 模組(如表 2、圖 17)是一款雙核心，並結合 WiFi 和藍牙功能的 32 位元微控制器，採用 Tensilica Xtensa LX6 微處理器，內建天線開關，RF 變換器，功率放大器，低雜訊接收放大器，濾波器，OV2640 相機模組(如圖 18)和電源管理模組。

表 2 ESP32CAM 模組規格[5]

廠牌	安信可
型號	NodeMCU-32S
腳位數	38 腳
核心處理器	Tensilica Xtensa LX6
核心	雙核 160/240 MHz
資料寬度	32 位元



圖 17 ESP32CAM 模組[6]



圖 18 OV2640 相機模組[7]

2、Arduino Mega 2560

我們使用 Arduino 作為整個專題控制中樞(如圖 19),其規格(如表 3),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 3 Arduino Mega 2560 規格[8]

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 19 Arduino Mega 2560[9]

3、按鈕

按鈕(如表 4、圖 20)負責控制各種決策,像是甚麼時候骰骰子、要不要購買土地等。

表 4 按鈕規格

LED 電壓	DC 12V
打洞直徑	24mm



圖 20 按鈕[10]

4、LED 燈條

LED 燈條(如表 5、圖 21)是用來輔助玩家讓玩家知道目前遊戲狀態。遊戲邏輯下達指令給 Arduino Mega 2560，控制 LED 位於指定的格數亮起，玩家不僅可以透過相對應的燈數了解整個棋局的局數，還可以迅速知道接下來應該移動到哪一格，加快遊戲進行的速度。

表 5 LED 燈條規格[11]

LED 種類	SMD 5050
晶片型號	WS2812B
輸入電壓	DC 5V
使用溫度範圍	-25°C~60°C
消耗功率	18W/1M



圖 21 LED 燈條[12]

5、3.5 吋 TFT LCD 螢幕

3.5 吋 TFT LCD 螢幕(如表 6、圖 22)可以說是整個專題的靈魂，全彩的螢幕為這個專題提供了非常豐富的色彩。在上面會為玩家顯示各種重要的資訊，從金錢到土地資訊一應俱全。

表 6 3.5 吋 TFT LCD 螢幕規格[13]

晶片	ILI9486
尺寸	3.5 吋
解析度	320*480



圖 22 3.5 吋 TFT LCD 螢幕[14]

6、玩具馬達

使用玩具馬達(如表 7、圖 23)控制骰盅旋轉。

型號	260-22120-38
工作電壓	DC 3V~7V

表 7 玩具馬達規格



圖 23 玩具馬達

7、繼電器模組

我們使用 8 路可以單獨控制每個繼電器的模組(如表 8、圖 23)，作為骰盅的控制開關。

表 8 繼電器模組規格

最大開關電壓	AC 125V/DC 30V
額定通過電流	10A
接點組成	8C
工作電壓	DC 5V
接點機構	單點



圖 24 繼電器

三、使用軟體與服務

(一)、Arduino IDE

Arduino IDE 是一個免費的整合式開發環境(如圖 25)，其使用的語法和 C/C++相似，內建許多模組化的函式庫可供使用，可縮短開發時程，因此我們選用 Arduino IDE 來進行 ESP32 無線模組的開發。



圖 25 Arduino IDE 軟體介面

(二)、Visual Studio Code

Visual Studio Code 是一套以 C/C++為基礎的整合式開發環境(如圖 26)，它包括了整個軟體開發中所需要的大部分工具，如程式碼管理工具等，同時也提供了偵錯以及單行執行的功能，可以讓我們能夠容易檢查程式的錯誤。我們使用 Visual Studio Code 開發環境，來進行遊戲邏輯的開發。

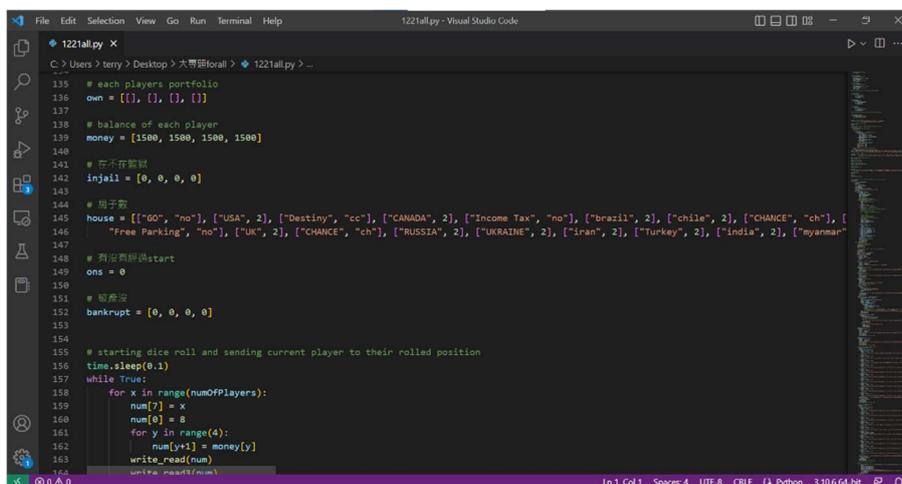


圖 26 Visual Studio 軟體介面

(三)、Altium Designer

Altium Designer 是一種電腦輔助電路設計軟體(如圖 27)，可以進行電子零件、電路圖及 PCB 佈線設計，我們利用此軟體設計出結合按鈕、LED 燈和繼電器控制的 PCB(如圖 28)，轉檔後製作出電路板，相比於麵包板，PCB 電路板可以讓我們的電路系統更加穩定。

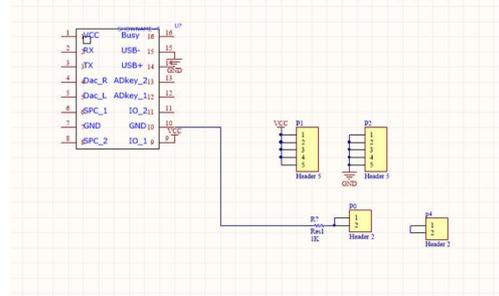


圖 27 Altium Designer logo[15] 圖 28 Altium Designer 軟體介面

(四)、Autodesk Inventor

Autodesk Inventor 是一款用於 3D 建模的軟體，可以實現腦中的構圖，用於在作品初期模擬機構和設計外型(如圖 29)，並在發表時讓觀眾們能夠更容易且充分的了解機構。



圖 29 Autodesk Inventor 軟體介面

(五)、RDWorks

RDWorks 是一款繪製雷射切割圖的軟體，我們用此軟體來切割木板以組成基本的方形盒子。(如圖 30)。

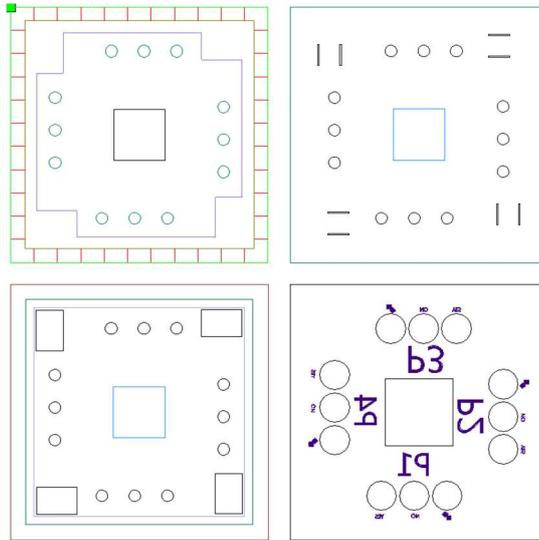


圖 30 RDWorks 軟體介面

(六)、Blender

Blender 是一款開源的 3D 繪圖軟體(如圖 31)，可以繪製動畫、建模、渲染以及多種物理效果的模擬。我們使用此軟體在報告時以動畫呈現骰子的旋轉以及機構的構成及各部件的功能，讓觀眾獲得身歷其境的感受以及了解遊戲的進行過程。

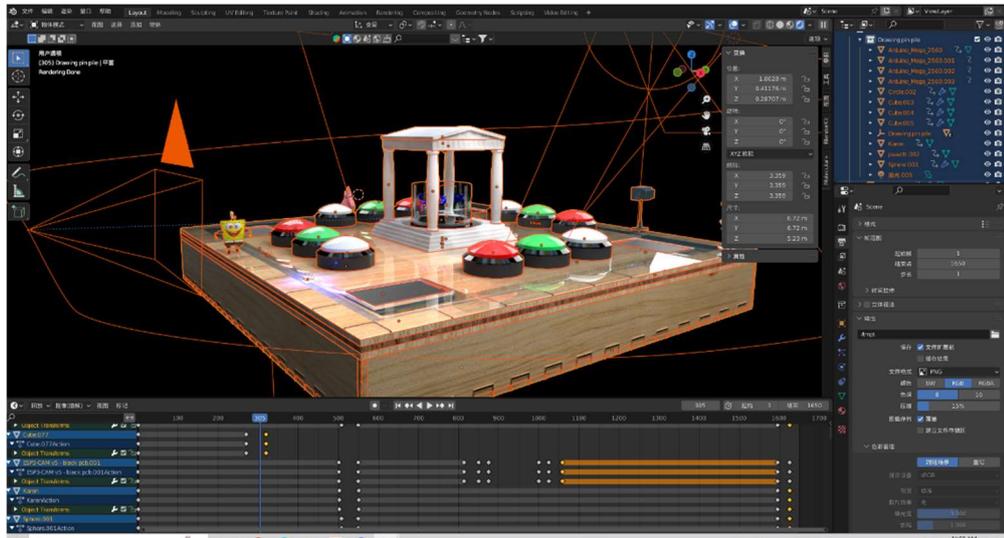


圖 31 Blender 軟體介面

四、使用設備

本專題使用了 3D 列印機、雷射雕刻機及電路板雕刻機等三款設備進行加工，設備的功能說明及外觀如下：

(一)、3D 列印機

3D 列印機是使用熔融堆積成型技術，把噴頭溫度加熱到 200°C，再把融化的 PLA 線材依照設計好的 inventor 3D 圖輸出到 3D 列印機，層層堆疊硬化後形成 3D 成品(如圖 32)。

(二)、雷射雕刻機

雷射雕刻機是利用高功率的雷射光來進行掃描和切割加工，具有精準和快速的加工特性，被我們用在後期外觀的裝飾，像是整個棋盤主體，就是用雷射雕刻機掃描透過木板加工的，最後呈現出來的效果超乎預期的優異。另外位於盤面上面的指示版，也是利用雷射雕刻機精準的加工壓克力板，完美的契合在我們機構上(如圖 33)。

(三)、電路板雕刻機

位於棋盤裡面的電路板是用 Altium Designer 繪製電路圖及設計 PCB 佈線後，再利用電路板雕刻機把覆銅板不用的地方用各種不同尺寸的刀頭刮除，最後完成一塊兼具美觀和體積優勢的電路板，因為是用固定在 PCB 上的銅板來當成線路，因此穩定度遠勝於用杜邦線插麵包版(如圖 34)。

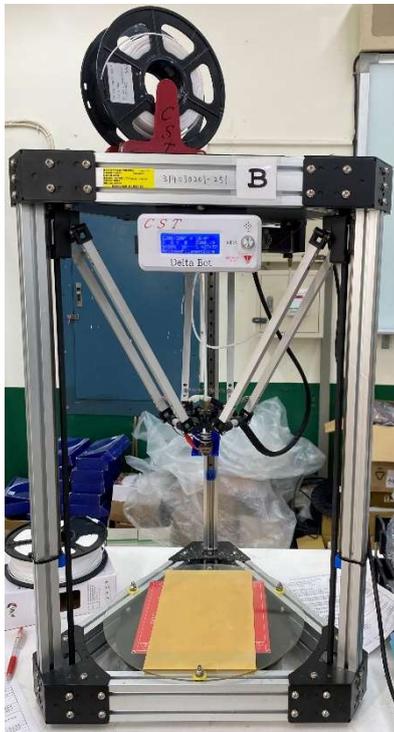


圖 32 3D 列印機



圖 33 雷射雕刻機



圖 34 電路板雕刻機

伍、研究結果

本專題是結合古今元素的智慧大富翁，主要可分為主體結構(如圖 35)、3.5 吋 TFT LCD 螢幕、遊戲邏輯、骰子點數辨識等。



圖 35 專題結構

一、主體結構

主體結構是由 5 塊木板裝配組成支撐定位座，依定位區塊可分為下棋盤本體、骰盅、LED 槽、3.5 吋 TFT LCD 螢幕槽、按鈕槽。

(一)、棋盤本體

棋盤本體外層擁有精美的土地資訊，同時也撐起了整個機構。在棋盤內層主要用來安置各式各樣的線以及 Arduino Mega 2560。

(二)、骰盅

電動骰盅讓骰子不會亂飛，固定的旋轉秒數也大大的增加了遊戲的公平性，在骰盅的上方安置了一組 ESP32CAM，在骰子完全靜止的時候會拍下骰出的點數並且傳給電腦進行辨識，可以說是讓整個大富翁能夠智慧化的關鍵。

(三)、LED 槽

LED 指示燈透過線槽環繞在整個棋盤中，每一個格子都擁有三顆 LED 指示燈來協助玩家遊玩遊戲，在最上面還蓋有一層霧面壓克力家裸露的 LED 燈完美的隱藏，達到美觀的效果。

(四)、3.5 吋 TFT LCD 螢幕槽

用來固定 3.5 吋 TFT LCD 螢幕。

(五)、按鈕槽

用來固定按鈕。

二、3.5 吋 TFT LCD 螢幕

以 3.5 吋 TFT LCD 螢幕顯示必要資訊(如圖 36)，主要可分為三大區塊，包括玩家金錢、格子資訊及動作指示。

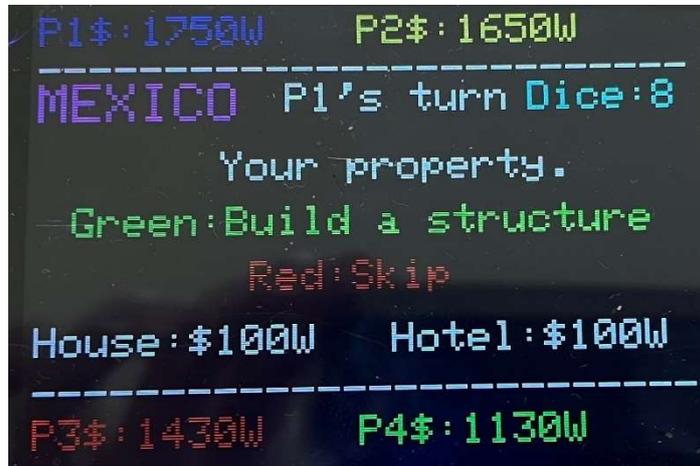


圖 36 3.5 吋 LCD 螢幕顯示內容

(一)、玩家金錢

此區會即時顯示每一位玩家目前的金錢，讓玩家完整掌握自己的經濟狀況。

(二)、格子資訊

此區會顯示玩家目前所在格子的各種資訊，若是踩在土地格子上，顯示的便會是土地價錢、租金、擁有者等。而踩在機會或命運上，則會顯示任務內容。

(三)、動作指示

此區會顯示對應選擇需要案的對應按鈕，只要照著按鈕按便能輕鬆掌握各種重要決策。

三、遊戲邏輯

遊戲邏輯主要可分為二大區塊，包含遊戲本身的流程和盤體的控制。

(一)、遊戲本身的流程

遊戲本身的流程主要是以電腦為控制核心，負責讀取骰子點數辨識的結果來判斷玩家前進的格數，並計算出玩家到達的位置；執行該名玩家需要執行動作，如計算金錢、入獄等；將盤體所需要執行的動作經過一系列的編碼，傳送給需要動作的各個 Arduino Mega 2560。等待接收到回傳資料後執行下一位為家的流程。

(二)、盤體控制

以多個 Arduino Mega 2560 分開控制各個不同物件，負責接收電腦所傳送的信號；將電腦傳送來的訊息解碼，依照解碼出的結果執行動作；在玩家所抵達的位置閃燈以提示玩家要移動到哪裡；在購買的土地上亮屬於該玩家燈號；顯示玩家踩到的土地的資訊；顯示玩家可做出的選擇，接者讀取按鈕被按下的訊號，並回傳給電腦，等待接收下一位玩家的信號。

四、骰子點數辨識

骰子點數辨識主要分為兩個部分，包含拍照及辨識點數兩個部分。

(一)、拍照

當擲骰子的按鈕被按下後，Arduino Mega 2560 接收到訊號並操控繼電器動作，馬達轉動令骰子旋轉。在骰子完全停止後 Arduino Mega 2560 傳送訊號給 ESP32CAM 模組控制其拍照並上傳至網路。

(二)、辨識點數

在拍完照並上傳完畢後由 Arduino Mega 2560 傳送結束訊號給電腦，在電腦接收到訊號後讀取網路上的照片並儲存在一個固定位置。接下來用程式將原照片中的三原色分開並將其中一張圖二值化，將二值化的黑白圖片框出骰子的位置，再從框出的位置中二值化將骰子點數框出並計算點數。將計算結果回傳給遊戲流程的程式。

五、成果展示

(一)、成品外觀(如圖 37)



圖 37 專題成品外觀

(二)、3.5 吋 TFT LCD 螢幕介面(如圖 38)



圖 38 3.5 吋 TFT LCD 螢幕實品

(三)、骰子點數辨識(如圖 39、圖 40)



圖 39 骰子點數圖

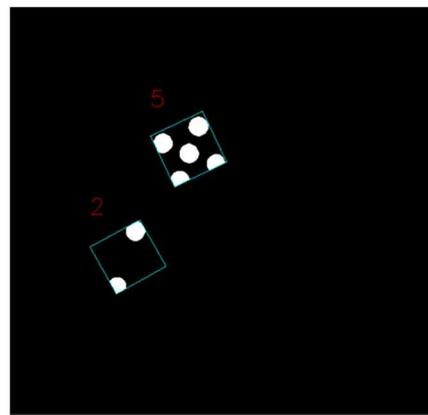


圖 40 骰子辨識畫面

(四)、LED 走位輔助系統(如圖 41)

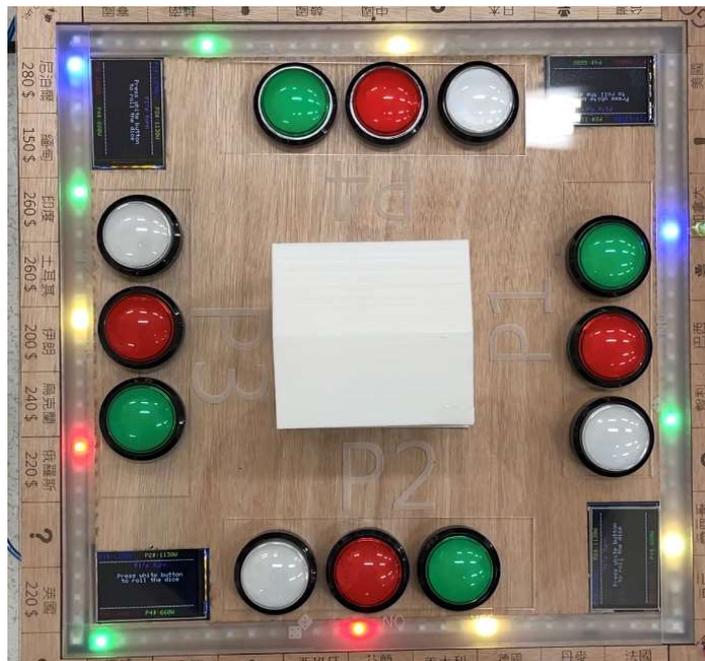


圖 41 LED 輔助走位系統

陸、討論

一、拍到骰子其他面

由於骰盅的底是平面，而攝影機是由上往下拍，這樣造成了在拍攝的時候會不小心拍到骰子的其他面。為了解決這個問題我們找出了攝影機的拍攝半徑，並且依照其半徑算出了適合的曲率半徑(如圖 42)，在運用 3D 列印印出了一個些微傾斜的新底座(如圖 43)解決了這個問題。

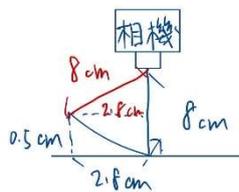


圖 42 曲率半徑計算

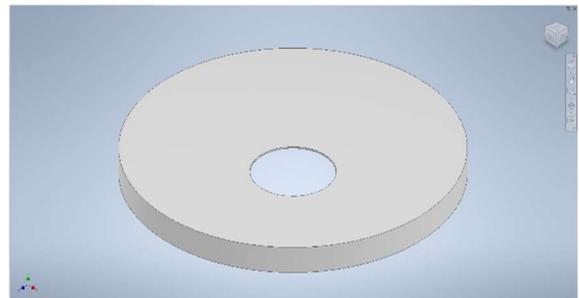


圖 43 新底座

二、骰子反光問題

我們發現骰子在充足光源下會有反光的情形，造成電腦的誤判，使點數辨識出現誤差，後來我們在網路上購買了消光漆，從新處理表面後

便解決了這個問題。

三、3.5 吋 TFT LCD 螢幕通訊問題

我們原本認為 TFT 螢幕只要用並聯就可以讓 4 塊螢幕同時顯示相同畫面，結果並沒有我們所想的那麼簡單，我們忽略了螢幕除了輸出還有寫入的問題，為了解決這個問題我們讓每一塊 TFT 都擁有獨立的 Arduino Mega 2560(如圖 44)雖然成本增加但是快速且有效。

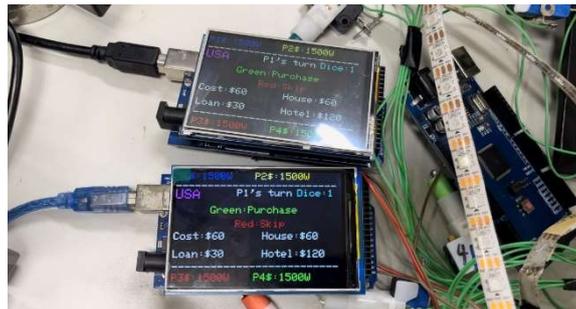


圖 44 獨立 Arduino Mega 2560

柒、 結論

我們專題的核心在於對大富翁的懷念以及對其消失在我們生活中感到惋惜，我們不禁開始思考難道以前的童年回憶沒辦法和現代結合嗎？雖然已經有許多不管是電腦版或是手機版的大富翁出現，但是沒有一款能夠擁有像從前過年過節大家一夥兒坐在一起遊完的那種溫暖氣氛。這時我們想到了電動麻將桌的概念並與大富翁結合成為了這次的專題，並著手開始製作。

在專題的製作過程中我們從零到有慢慢摸索，為了看懂外國文章，我們提升了英文能力；為了完成程式設計，我們從頭開始學習 Python；為了能將機構完整的做出來，我們學習了 3D 列印機的操作方式。如此一點一滴的學習將這次的專題做出來。在一年級的時候，看著學長姊的專題發表，內心是如此的憧憬卻也同時感到十分的恐懼，一想到三年後自己也要做出如此厲害的作品，不禁質疑了自己，如今自己用雙手也達到了當初認為不可能的任務，真的感到非常有成就感。

我們的專題還是擁有許多發展空間，未來也可以新增更多的功能，在更遙遠的未來我相信它能夠結合更多新奇的科技，變得更加具有娛樂性，本專題僅開創了大富翁在古今融合中的概念，希望在未來各種延伸裡面不管是科技也，好玩法也好，甚至將其他遊戲也製作成像這樣有溫度的遊戲，都不要失去我們這個專題的核心價值：人與人的溫度，人與人的連結。

捌、參考資料及其他

一、網路資料

- 1.→1935 帕克兄弟的地產大亨。取自 <https://reurl.cc/Wq6y25>
- 2.→1962 台灣大富翁。取自
<https://www.cw.com.tw/article/5120198?template=fashion>
- 3.→2007 電子銀行。取自
<https://reurl.cc/7jGnGk>
- 4.→2013 旅遊大亨。取自
<https://reurl.cc/EXxWxA>
- 5.→ESP32CAM Datasheet。取自
https://docs.ai-thinker.com/_media/esp32/docs/esp32-cam_product_specification_zh.pdf
- 6.→ESP32CAM。取自
<https://reurl.cc/mZ87VY>
- 7.→OV2640。取自 <https://reurl.cc/YdgG2o>
- 8.→Arduino Mega 2560 Datasheet。取自
<https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>
- 9.→Arduino Mega 2560。取自 <https://reurl.cc/GX8QWd>
- 10.→按鈕。取自 <https://reurl.cc/RO58xz>
- 11.→LED 燈條 Datasheet。取自 <https://reurl.cc/06AQ7M>
- 12.→LED 燈條。取自 <https://reurl.cc/06AQ7M>
- 13.→3.5 吋 TFT LCD 螢幕 Datasheet。取自
<https://www.alliedelec.com/m/d/39649469e922b1bb1701adf117c2afc4.pdf>
- 14.→3.5 吋 TFT LCD 螢幕。取自 <https://reurl.cc/RO58Az>
- 15.→Altium Designer。取自 <https://www.altium.com/altium-designer>
- 16.→ESP32CAM 安裝設置。取自 <https://reurl.cc/LXyV9X>
- 17.→Python 辨識。取自
https://www.reddit.com/r/raspberry_pi/comments/28j5v2/counting_dice_with_opencv/
- 18.→遊戲邏輯。取自
<https://replit.com/@AlexTomsovic/Pythonopoly?v=1#main.py>
- 19.→3.5 吋 TFT LCD 螢幕安裝設置。取自
<https://www.aranacorp.com/en/using-a-tft-lcd-shield-with-arduino/>