

臺北市立大安高級工業職業學校專題實作競賽
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：自動垃圾分類機

關鍵詞：垃圾桶、自動分類、智慧辨識

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	1
一、3D 繪圖與列印.....	1
二、雷射雕刻.....	2
三、硬體電路設計.....	2
四、軟體程式撰寫.....	3
肆、研究方法.....	3
一、研究流程.....	3
(一)、研究步驟.....	3
(二)、動作流程.....	4
二、使用材料.....	6
(一)、元件介紹	6
三、使用軟體與服務.....	7
(一)、Arduino.....	7
(二)、Autodesk Inventor	8
(三)、Cura	8
(四)、RD Works	9
(五)、Teachable Machine.....	10
(六)、P5.js	11
四、使用設備.....	12
(一)、3D 列印機	12
(二)、雷射雕刻機.....	12
伍、研究結果.....	13
一、主體結構.....	13
(一)、操作平台	13
(二)、抽屜結構.....	14
二、成果展示.....	14
陸、討論.....	15
一、影像辨識及資料處理方式.....	15
二、使用電腦控制.....	15
柒、結論.....	16
捌、參考資料及其他.....	17
一、書籍資料.....	17
二、網路資料.....	17

表目錄

表 1 研究時間分配表.....	4
表 2 Arduino Mega 2560 規格	6
表 3 極限開關 規格.....	6
表 4 伺服馬達 規格.....	7
表 5 電源供應器 規格.....	7

圖目錄

圖 1	3D 模型.....	1
圖 2	RD Works 軟體介面.....	2
圖 3	硬體電路實體圖.....	2
圖 4	Arduino 程式開發.....	3
圖 5	研究步驟.....	3
圖 6	動作流程圖.....	5
圖 7	Arduino Mega 2560.....	6
圖 8	極限開關.....	6
圖 9	伺服馬達.....	7
圖 10	電源供應器.....	7
圖 11	Arduino 軟體介面.....	8
圖 12	Autodesk Inventor 成品圖.....	8
圖 13	Cura 軟體介面.....	9
圖 14	Cura logo.....	9
圖 15	RD Works 軟體介面.....	10
圖 16	Teachable Machine 軟體介面.....	10
圖 17	Teachable Machine logo.....	10
圖 18	P5.js 軟體介面.....	11
圖 19	雷射雕刻機.....	12
圖 20	3D 列印機.....	12
圖 21	專題成品.....	13
圖 22	操作平台.....	14
圖 23	抽屜.....	14
圖 24	滑軌及極限開關.....	14
圖 25	成品圖.....	15
圖 26	智慧辨識一班垃圾.....	15
圖 27	智慧辨識鋁罐.....	15
圖 28	智慧辨識寶特瓶.....	15

【自動垃圾分類機】

壹、摘要

本專題為一個可以智慧辨識及自動分類的垃圾桶。自動垃圾分類機能夠透過鏡頭辨識投入的垃圾，並透過操作平台將垃圾分類至：寶特瓶、鋁罐及一般垃圾的區域中，同時也設計了一個抽屜，讓使用者能方便的替換垃圾袋，並在拉開抽屜的同時停止動作，避免垃圾未投入垃圾袋中。全程你只需要將垃圾投入，我們的產品就能為你解決分類垃圾的問題，不僅省時、省力，更是環保愛地球的好幫手。

貳、研究動機

據全台回收素養調查顯示，超過9成民眾表示有回收習慣，但根據環保署108年度垃圾破袋採樣分析資料顯示，一般垃圾中至少有4成是應回收的廚餘、紙張與塑膠，顯示民眾雖有環保意識及回收習慣，但回收知識只在及格邊緣。

因此，我們設計了自動垃圾分類機，讓使用者投入垃圾後，機器會自動為您分類至三種區域，在減少人力的同時，更為環保盡一份心力，讓我們生活的這片美麗土地，充滿著綠色的正能量。

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Autodesk Inventor來繪製我們專題所有用到的元件以及機構，並將設計好的3D圖轉換為3D動畫。



圖 1 3D 模型

二、雷射雕刻

我們利用 RD Works 雷射雕刻設計軟體如圖 2 所示，將木板畫成我們需要的大小及形狀，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，如圖 2 所示，進行組裝使用。

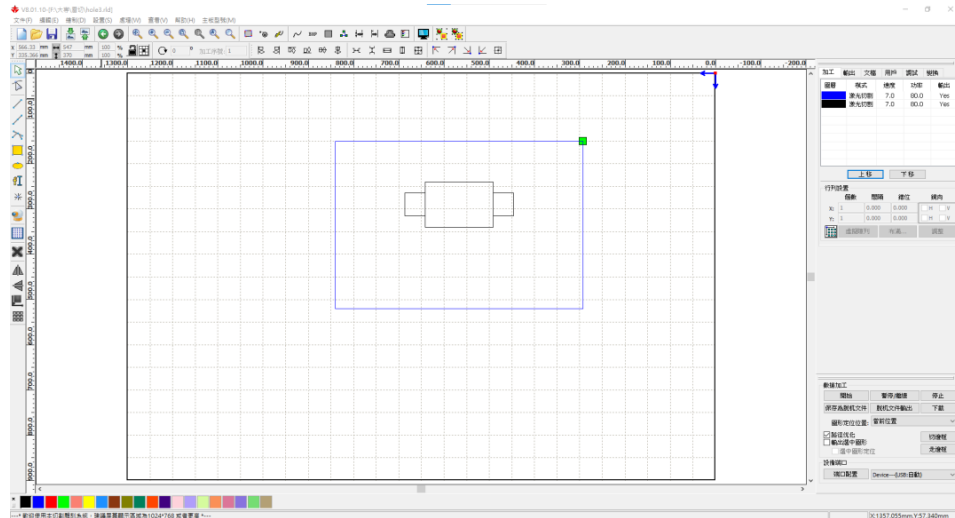


圖 2 RD Works 軟體介面

三、硬體電路設計

我們應用高二「智慧居家監控實習」課程所學到的 Arduino 馬達控制，來控制馬達動作，電路成品如圖 3 所示。

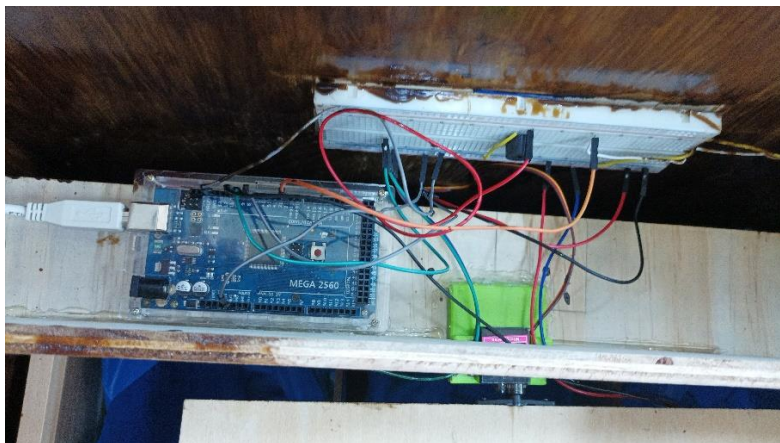


圖 3 硬體電路實體圖

四、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 開發環境如圖 4 所示，來控制程式；使用 Mega2560 來進行整合控制；Teachable Machine 則能辨識垃圾，並透過 p5.js 將智慧辨識的結果傳輸給 Arduino。

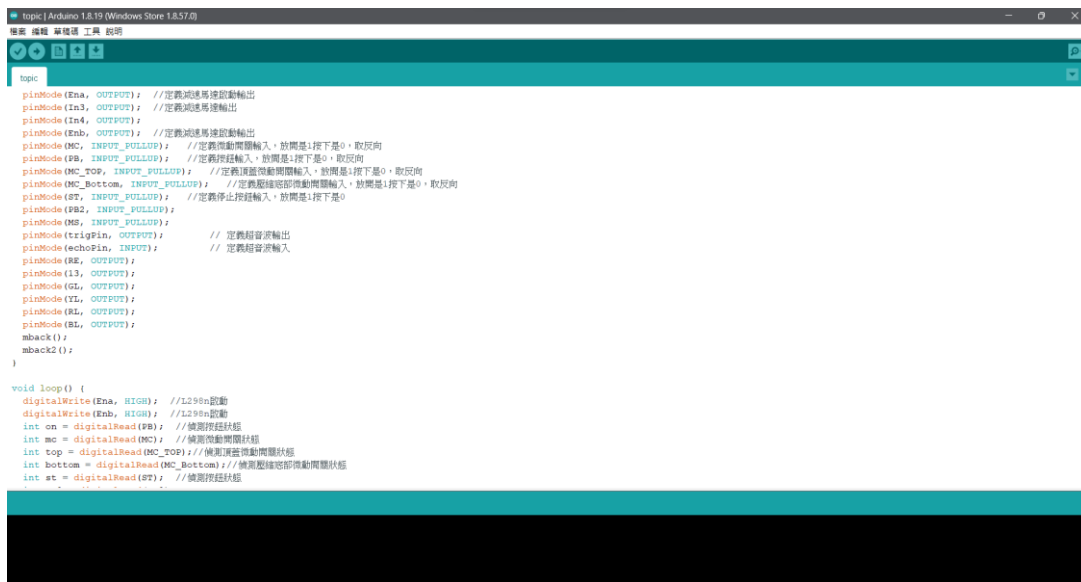


圖 4 Arduino 程式開發

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

在經過第一次報告後，我們決定把我們的題目改成自動垃圾分類機，並開始進行資料蒐集和元件採購。接著先撰寫馬達控制及智慧辨識的程式，並持續增智慧辨識的資料庫。再來則是硬體機構的組裝。最後進行軟硬體的結合及測試、完成專題。研究時間分配及研究步驟分別如下表 1 及圖 5 所示。

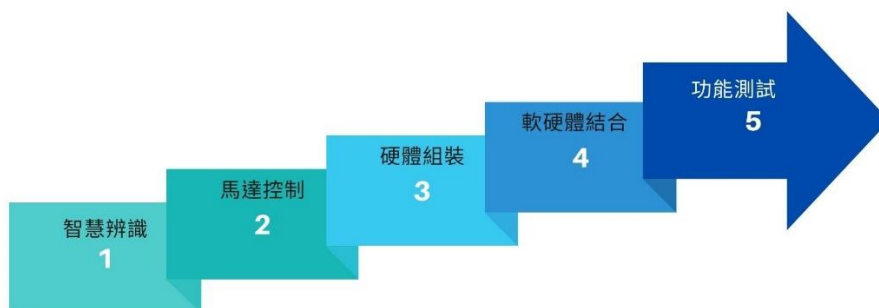


圖 5 研究步驟

表 1 研究時間分配表

	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. 鏡頭辨識							
4. 馬達程式							
5. 硬體組裝							
6. 成品整合							
7. 成品測試							

(二)、動作流程

在投入垃圾後，鏡頭會辨識其為鋁罐、寶特瓶或一般垃圾，並由平台分類至三個區域。當垃圾袋裡的垃圾滿了，可以拉開抽屜替換垃圾袋，並在抽屜拉開時停止所有動作。動作流程如圖 6 所示。

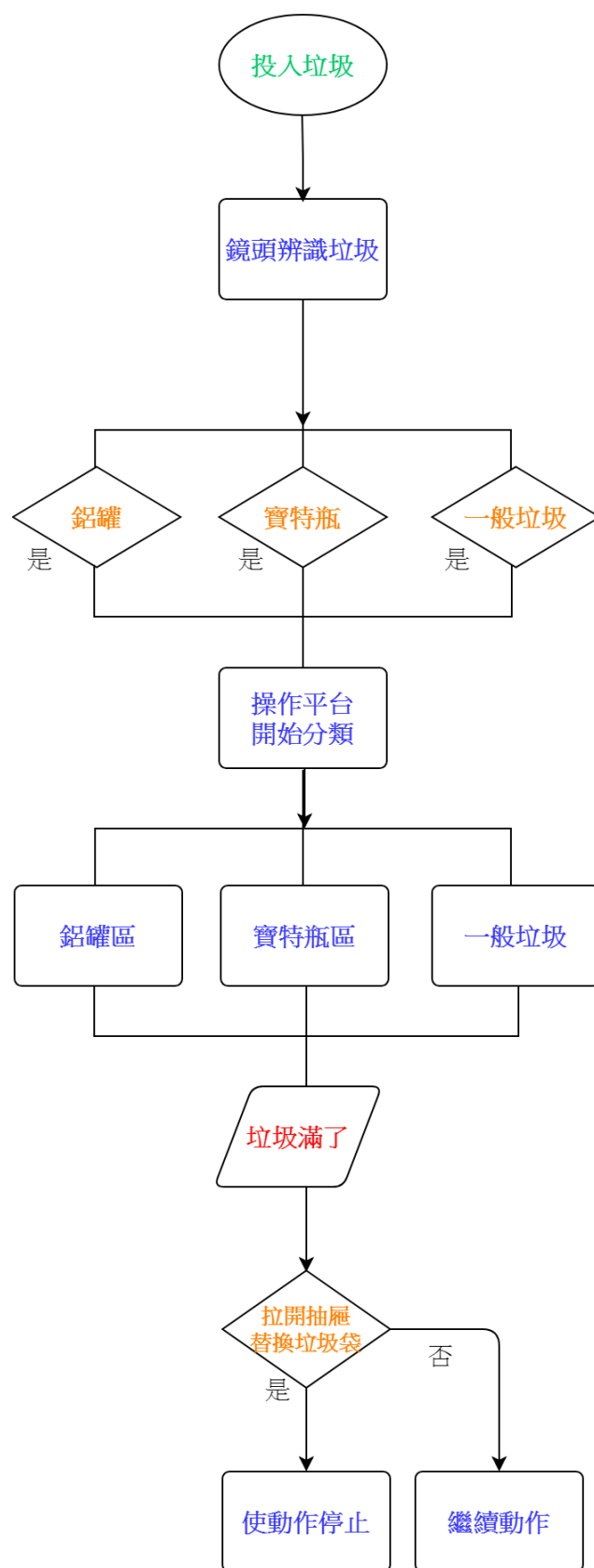


圖 6 動作流程圖

二、使用材料

(一)、元件介紹

1、Arduino Mega 2560

我們使用 Arduino 作為整個專題控制中樞，提供大量數位及類比的輸入輸出，非常適合我們專題的應用，且在程式撰寫方面容易入門，元件如圖 7 所示，其規格如表 2 所示。

表 2 Arduino Mega 2560 規格

產品尺寸	101x53 mm
主控芯片	ATmega2560
工作電壓	DC 5 V
外接電源輸入	DC7V~12 V
數位 I/O 接腳	54
類比輸入接腳	16

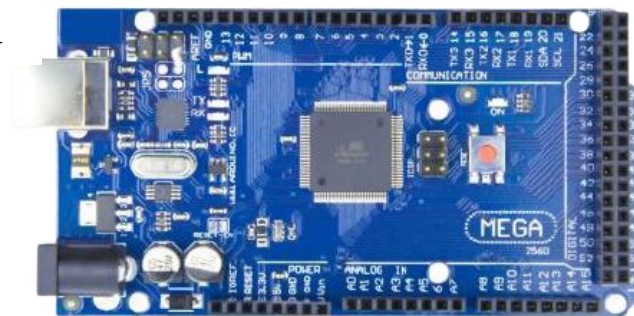


圖 7 Arduino Mega 2560

2、極限開關

為了避免平台在拉開抽屜時仍在動作，我們設置了極限開關讓抽屜拉開時，會讓所有動作停止。元件如圖 8 所示，其規格如表 3 所示。

表 3 極限開關 規格

產品尺寸	49x17.5x24mm
額定電壓	250V
額定電流	10A



圖 8 極限開關

3、伺服馬達 MG90s

伺服馬達由 Arduino Mega 2560 控制，來使操作平台分類垃圾，其規格如表 5 所示，元件如圖 9 所示。

表 4 伺服馬達 規格

產品尺寸	22.8×12.2×28.5mm
轉速	0.11sec/60°
工作電壓	4.8V
額定電流	100mA
力矩	2Kg.cm



圖 9 伺服馬達

4、電源供應器

比起 mega 2560，電源供應器能為馬達提供更大、更適合的電壓，使伺服馬達能更有力、順暢的運作。

表 5 電源供應器 規格

輸出直流電壓	5V
額定電流	3A
輸入電壓範圍	85~264VAC
效率	77%



圖 10 電源供應器

三、使用軟體與服務

(一)、Arduino

Arduino 如圖 11 所示，是一個免費的整合式開發環境，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 來進行 Arduino Mega 2560 模組的開發。



圖 11 Arduino 軟體介面

(二)、Autodesk Inventor

Autodesk Inventor 如圖 12 所示，Autodesk Inventor 產品為 3D 機械設計、產品模擬、模具建立與設計溝通提供一套彈性且全方位的軟體。Inventor 能讓您設計、視覺化及模擬產品，超越 3D 進化至數位原型製作。Autodesk Inventor 產品符合成本效益且易學，為 3D 機械設計、CAD 生產力、設計溝通、產品模擬、佈線系統與鑄模設計提供一套彈性的軟體。



圖 12 Autodesk Inventor 成品圖

(三)、Cura

Cura 如圖 13 及圖 14 所示，是 Ultimaker 公司設計的 3D 列印軟體，以"高度整合性"以及"容易使用"為設計目標。它包含了所有 3D 列印需要的功能，有模型切片以及印表機控制兩大部分。目前 Cura 可以免費下載使用，而且也可以控制 RepRap 系列的 3D 印表機。

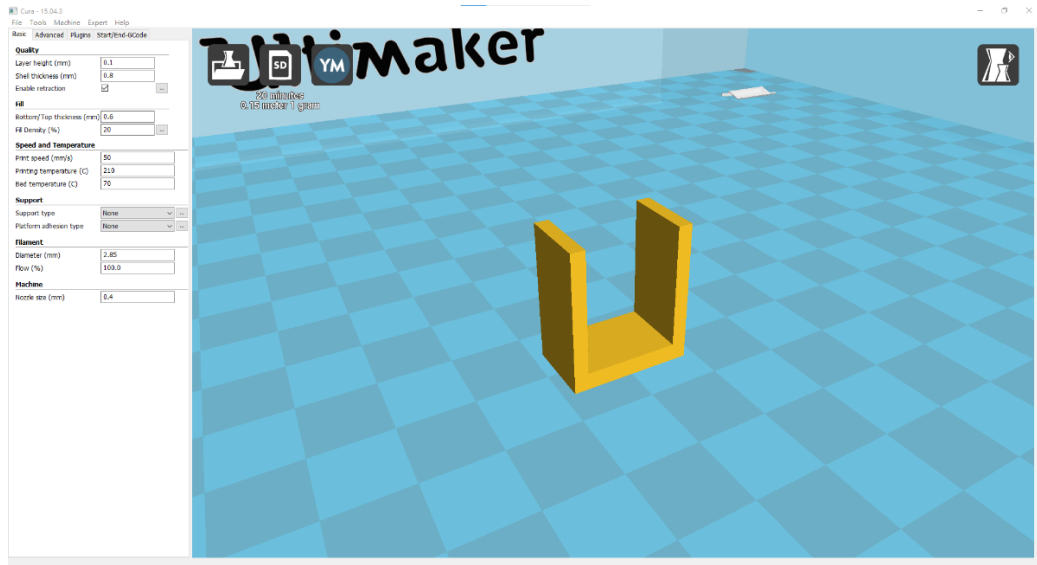


圖 13 Cura 軟體介面



圖 14 Cura logo

(四)、RD Works

RD Works 如圖 15 所示，是一款來自國外功能強大的雷射切割軟體，軟體的操作介面是中文的使用介面，包括了各種文檔的查看，使用者連結、輸出的設置、加工的設置等，可定義軟體語言及使用類型，可以對螢幕的解析度進行快速的設置，軟體還可以根據自己的需求進行各種顏色的調整及手繪圖案，直觀的使用者介面可以讓您輕鬆的完成對軟體的上手。

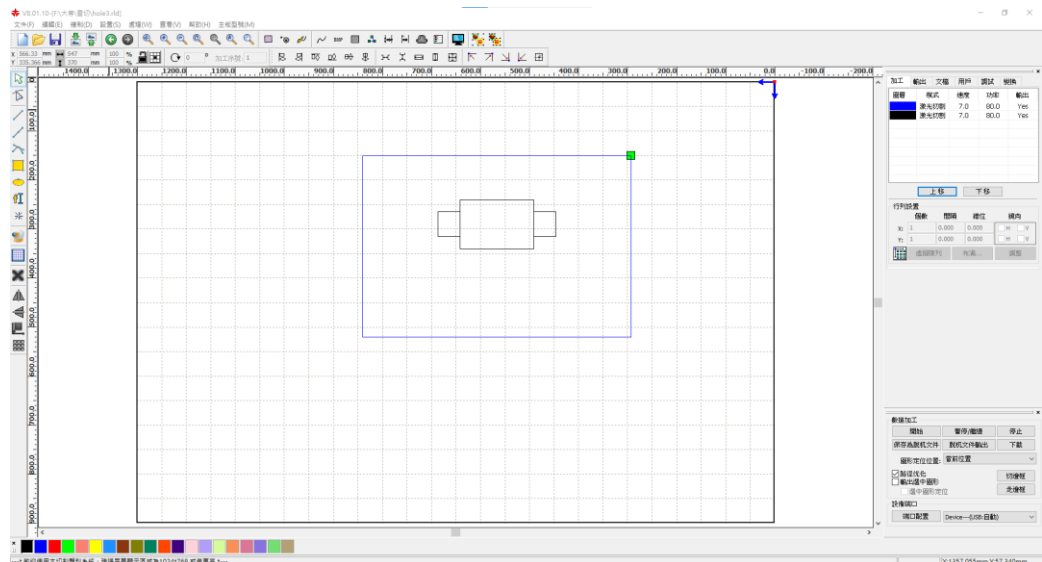


圖 15 RD Works 軟體介面

(五)、Teachable Machine

Teachable Machine 如圖 16 及 17 所示，是一個由 Google 所開發的線上機器學習平台，讓使用者可以在瀏覽器中建立自己的機器學習模型，而不需要具備任何機器學習相關的專業知識，並且能讓所有人輕鬆且快速的建立自己的機器學習模型。因此我們運用 Teachable Machine 來辨識三種不同的垃圾。

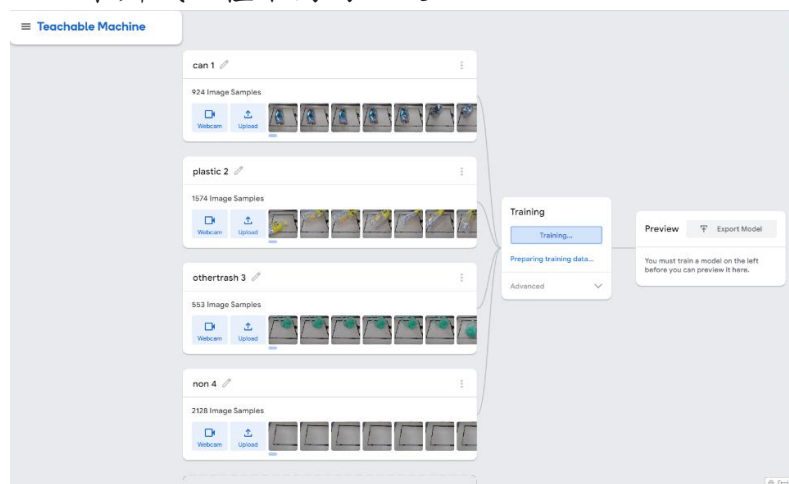


圖 16 Teachable Machine 軟體介面



圖 17 Teachable Machine logo

(六)、P5.js

P5.js 如圖 18 所示，可以輸入 Teachable Machine 所產生的模型並利用程式去分類出模型所辨識出的三種結果，再將它利用共同 COM 腳去傳輸辨識結果給 Arduino 來控制馬達的三種轉向。

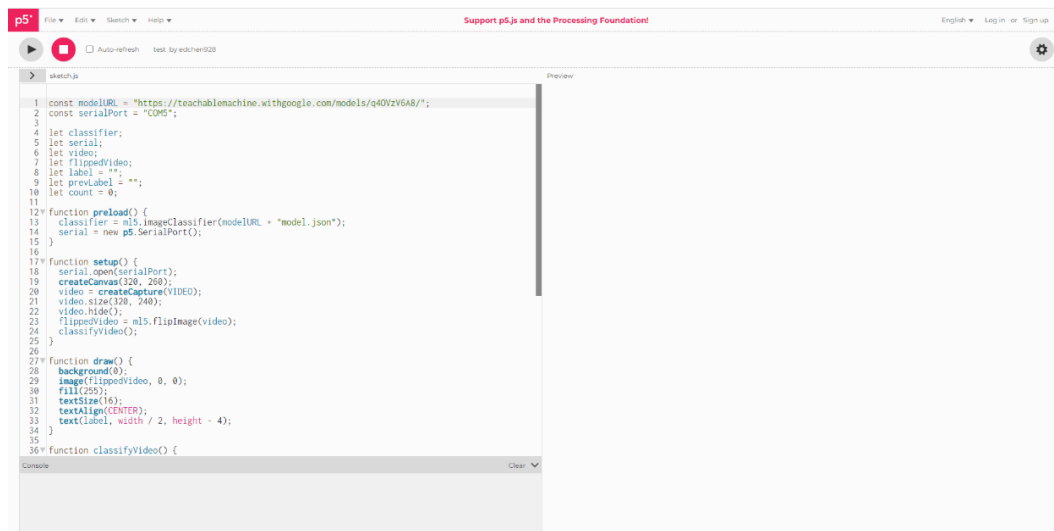


圖 18 P5.js 軟體介面

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 列印機如圖 19 所示，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。

(二)、雷射雕刻機

雷射雕刻機如圖 20 所示，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。我們所有機構外殼皆是由雷射雕刻機精準的將木板切成我們需要的外型。



圖 20 雷射雕刻機

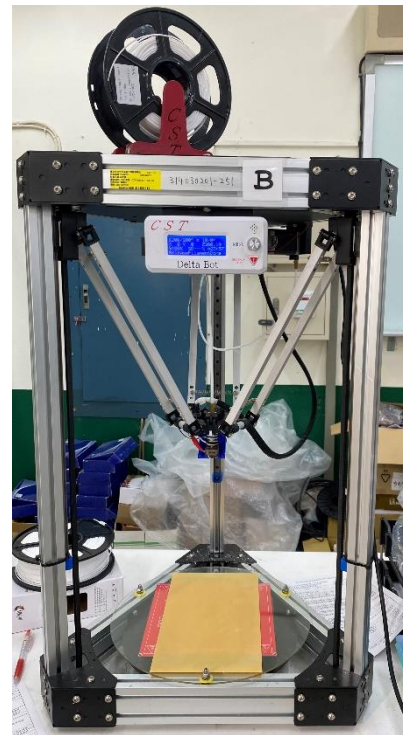


圖 19 3D 列印機

伍、研究結果

一、主體結構

整體結構由雷射切割 8mm 木板組成，外殼為木板組成的箱體，並用 L 型鐵將其固定，並以雷射切割機在前板切出合適的洞口讓垃圾投入，也在上板和背板切出一小洞讓線路通過。內部主要分為操作平台和抽屜兩個區域。整體如圖 21 所示。



圖 21 專題成品

(一)、操作平台

1、鋁罐及寶特瓶分類

由雷射切割將木板切成我們需要的形狀。上下兩顆馬達可以控制平台左右分類，左為寶特瓶、右為鋁罐，結構如圖 22 所示。

2、一般垃圾分類

由雷射切割將木板切成我們需要的形狀。操作平台內部右邊有一顆馬達可以讓馬達向前、後翻來投入一般垃圾區。結構如圖 22 所示。



圖 22 操作平台

(二)、抽屜結構

抽屜如圖 23 及滑軌如圖 24 皆為現成工具，抽屜的三個欄位掛上垃圾袋後，由我們 3D 列印的固定夾來固定垃圾袋，抽屜後的極限開關如圖 24 讓抽屜在被拉開時暫停所有工作。



圖 23 抽屜



圖 24 滑軌及極限開關

二、成果展示

自動垃圾分類機是一款能節省你的時間及力氣的最佳夥伴，你只需要把垃圾投入，只要是數據庫裡有的垃圾，我們的產品就能快速地為您將垃圾分類至正確的區域。我們的抽屜也能讓使用者方便的替換垃圾袋，同時在拉開抽屜時暫停動作，成品如圖 25 所示，垃圾辨識結果如圖片下方的小字：一般垃圾、鋁罐、寶特瓶辨識結果如圖 26、27、28 所示。



圖 25 成品圖



圖 26 智慧辨識一般垃圾



圖 28 智慧辨識鋁罐



圖 27 智慧辨識寶特瓶

陸、討論

一、影像辨識及資料處理方式

我們在剛開始做專題時，使用 python 來進行影像處理和辨識，但後來我們找到了 Teachable Machine 這個工具來處理我們的影像辨識。但我們不知道要如何將影像處理結果傳給 Arduino，因此我們使用 P5 serial control 來開啟序列阜。

二、使用電腦控制

我們曾想過使用樹梅派來做為我們專題的控制，但若要支援我們專題的運算量，價格大概會在 6000~8000 左右，因此為了提高專題可行性，我們決定直接用電腦來控制，不僅能更容易的呈現成果，也能負荷我們專題龐大的計算量。

柒、 結論

在經歷約四個月的專題製作，我們成功設計了一個能夠自動辨識垃圾並分類的系統：自動垃圾分類機。它可以透過鏡頭辨識投放垃圾的種類，並將其分類至寶特瓶、鋁罐或一般垃圾的區域。自動垃圾分類機不僅讓垃圾分類變得更方便，也能為資源回收與環境保護盡一份心力。

在製作專題的過程中，我們遇到了許多挑戰。最主要就是在智慧辨識中，如何精準且快速的辨識所有垃圾，為此我們必須擴大我們的資料庫，並調整資料庫裡照片的細節，讓垃圾不管以甚麼角度、方向都能精準的判斷結果。資料轉換也是我們遭遇的問題之一，但在組員們齊力討論、蒐集資料後，我們便成功使用 P5.js 來解決這個問題。

在專題的製作中，團隊合作和溝通是非常重要的能力，每位組員都有不同的優勢和長處，透過討論和分享意見，才能更完善我們的專題。

我們的自動垃圾分類桶不會只是一個專題成品，更是對環境可持續性和社會貢獻的體現。我們期望這個技術能推廣到實際生活中，讓垃圾處理和資源回收的效率大幅提升，減少對環境的負面影響。

最後，這個專題製作的經驗讓我們深刻體悟軟體程式能力的重要性，但更重要的是團隊合作和努力不放棄的精神，耐心和決心也成為讓專題能成功的一大關鍵。有了這次的經驗，不管是在未來的學習，甚至是職業發展，都能迎刃而解，成為我們人生中最寶貴的一堂課。

捌、參考資料及其他

一、書籍資料

1. 趙英傑(2020)。超圖解 Arduino 互動設計入門第四版。旗標出版社。
2. 周忠信、吳奕宏、謝翰誼(2018)。Arduino 初學完全指南。基峯資訊出版社。

二、網路資料

1. 民間團體調查：台灣人 9 成有回收習慣但回收知識在及格邊緣。
2021 年 1 月 7 日。取自
<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/3404305>
2. Teachable Machine 讓每個人都可以輕鬆使用 AI。
2023 年 4 月 24 日。取自
<https://simplelearn.tw/teachable-machine-makes-ai-easier-for-everyone/>
3. 伺服馬達的圖示。取自
[https://shopee.tw/MG90S-%E4%BC%BA%E6%9C%8D%E9%A6%AC%E9%81%94-90%E5%BA%A6%E8%88%B5%E6%A9%9F-\(1057C\)-i.5421723.3943615140](https://shopee.tw/MG90S-%E4%BC%BA%E6%9C%8D%E9%A6%AC%E9%81%94-90%E5%BA%A6%E8%88%B5%E6%A9%9F-(1057C)-i.5421723.3943615140)
4. 電源供應器圖示。取自
<https://www.diy3.com.tw/products/mw%E6%98%8E%E7%B7%AF-rs-15-5-%E6%A9%9F%E6%AE%BC%E5%9E%8B%E4%BA%A4%E6%8F%9B%E5%BC%8F%E9%9B%BB%E6%BA%90%E4%BE%9B%E6%87%89%E5%99%A8-5v3a15w>