

臺北市立大安高級工業職業學校

電子科

專題報告

Color diversion!

色彩分流!

學生 組長：洪睿廷

組員：王筑瀚

組員：林冠廷

組員：沈睿森

指導老師：陳新秀

中華民國 110 年 1 月

臺北市立大安高工 電子科

專題報告：

Color diversion!

色彩分流!

學生：0704118 洪睿廷 _____ (簽名)

0704101 王筑瀚 _____ (簽名)

0704111 林冠廷 _____ (簽名)

0704106 沈睿森 _____ (簽名)

期末專題報告合格，特予證明

指導老師：陳新秀 _____

科主任：薛元陽 _____

中華民國 110 年 1 月

中文摘要

對產品進行檢測以篩除不符標準者是維持品質的一種方法，檢測項目依產品特性有諸多方向如顏色、大小等。不過，在產線自動化蔚為流行的現代，如何將這種高重複性的工作自動化是節省人力成本的重要方向之一，而我們組員之間對於產線自動化之相關技術甚感好奇，是故決定以相關題目作為專題主題，在經過多方斟酌，衡量組員們的實力、財力、參與意願等指標之後，本組選擇的是以色彩作為偵測項目，利用物體間顏色之差異進行分流作為專題之題目，並期冀透過製作此專題尋找我們自己的答案。

我們利用 Arduino Mega2560 作為主控板，使用 TCS3200 感測器做偵測主要零件，再加上機殼與馬達等零件的輔助，利用重力使物件於通道間移動，最終完成偵測達到分類三種不同顏色物體的目的。

關鍵字：色彩偵測、分流、TCS3200

英文摘要

Testing products to screen out those that do not meet the standards is a way to maintain quality. Testing items have many directions, such as color, size, etc., depending on product characteristics. However, in the modern era where production line automation is very popular, how to automate this highly repetitive work is one of the important directions to save labor costs. Our team members are very curious about the related technology of production line automation, so Decided to use related themes as the theme. After a lot of discretion and reduction of the strength, financial resources, participation intentions and other indicators of the team members, the group chose color as the detection item, and the difference between the colors of the objects was used as the topic. And hope to find our own answer by making this topic.

We use the Arduino Mega2560 as the main control board, use the TCS3200 sensor to detect the main parts, plus the auxiliary parts such as the case and the motor, use gravity to move the object between the channels, and finally complete the detection to achieve three different colors. The purpose of the object.

Keywords : Color detection, diversion, TCS3200

目錄

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 中文摘要..... | II |
| 英文摘要..... | III |
| 目錄..... | IV |
| 表目錄..... | VI |
| 圖目錄..... | VII |
| 壹、 前言（概論／緒論）..... | 1 |
| 一、 專題製作背景及目的..... | 1 |
| 二、 專題製作方法、步驟與進度..... | 1 |
| （一） 製作方法..... | 1 |
| （二） 步驟與進度..... | 1 |
| 三、 預期成果..... | 2 |
| 貳、 理論探討..... | 3 |
| 一、 色彩..... | 3 |
| 二、 使用零件..... | 3 |
| （一） TCS3200..... | 3 |
| （二） 伺服馬達..... | 4 |
| 三、 3D 耗材..... | 5 |
| （一） PLA（非處於高溫環境且不需反復彎曲，扭曲或掉落的物品）..... | 5 |
| （二） PC（適用於需在高溫環境中保持強度，韌性和形狀的部件）..... | 5 |
| （三） ABS（用途廣泛）..... | 6 |
| 四、 3D 列印與雷射切割..... | 7 |
| 參、 實驗設計..... | 8 |
| 一、 程式流程圖..... | 8 |
| 二、 程式介紹..... | 9 |
| 三、 機構概念沿革..... | 10 |
| 肆、 模擬或實驗成果..... | 12 |
| 一、 程式模擬..... | 12 |

| | | |
|----|--------------------|----|
| 二、 | 電路模擬..... | 13 |
| 三、 | 雷射切割與 3D 繪圖成果..... | 13 |
| 四、 | 專題成果..... | 15 |
| 伍、 | 結論與建議..... | 16 |
| 一、 | 結論..... | 16 |
| 二、 | 建議..... | 16 |
| | 參考文獻..... | 17 |
| | 附錄..... | 18 |

表目錄

| | |
|------------------------|----|
| 表 1 甘特圖..... | 1 |
| 表 2 TCS3200 腳位控制 | 4 |
| 表 3 光電二極體控制表..... | 4 |
| 表 4 伺服馬達腳位控制..... | 5 |
| 表 5 PLA 特性 | 5 |
| 表 6 PC 特性..... | 6 |
| 表 7 ABS 特性 | 6 |
| 表 8 設備清單表..... | 18 |
| 表 9 材料表..... | 19 |

圖目錄

| | |
|------------------------|----|
| 圖 1 流程圖..... | 8 |
| 圖 2 初版概念圖..... | 10 |
| 圖 3 新版概念圖..... | 10 |
| 圖 4 設計草圖..... | 11 |
| 圖 5 程式(色彩辨別與數值顯示)..... | 12 |
| 圖 6 序列滷顯示結果..... | 12 |
| 圖 7 電路測試..... | 13 |
| 圖 8 雷射切割繪圖之斜坡..... | 13 |
| 圖 9 雷射切割繪圖之支架..... | 13 |
| 圖 10 3D 列印出之斜坡..... | 14 |
| 圖 11 雷射切割後之密集板..... | 14 |
| 圖 12 3D 列印出的斜坡..... | 14 |
| 圖 13 成品側視圖..... | 15 |
| 圖 14 成品俯視圖..... | 15 |

壹、 前言（概論／緒論）

一、 專題製作背景及目的

自工業革命以降，產線作業使產品製造達到了流程化，不過相對的工人的薪俸也成為了成本的一大支出，但是隨著科技的進步，昔日需大量工人勞作的生產線日漸被自動化產線取代，而產品顏色的偵測與分類在出廠時的品質管理自動化上扮演舉足輕重的角色，是故我等意欲更深入了解相關相關技術，並期冀透過製作本專題找出屬於我們自己的答案。。

二、 專題製作方法、步驟與進度

（一）製作方法

文獻探討

（二）步驟與進度

如錯誤! 找不到參照來源。

表 1 甘特圖所示

表 1 甘特圖

| 週次 工作項目 | 週次 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 負責成員 | |
|------------|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
| 雜務 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | 沈 |
| 資料蒐集 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | 洪、沈、林 |
| 理論探討 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | 全員 |
| 機構規劃 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | 全員 |
| 機構製作 | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | 林、洪 |
| 軟體規劃 | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | 林 |
| 軟體製作 | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | 林 |
| 整體測試 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | 林 |
| 報告撰寫 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | 王 |
| 口頭報告 | ■ | | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | 全員 |
| 預定進度 | 5 | 5 | 10 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 100 | 累積百分比% | |

三、 預期成果

利用本組組員此二年間習得之技術再加上指導老師的輔導，以轉輪運送物體經過 TCS320 偵測顏色並進入通道，隨後利用紅外線感應器及馬達等組件進行分類，完成自動化分類三色物體的流程。

貳、 理論探討

一、 色彩

以光源投射時所使用的色彩是屬於「疊加型」的原色系統，其中包含了紅、綠、藍三種原色。使用這三種原色可以產生其他顏色，若將此三原色的強度均調至最大並且等量重疊時，則會呈現白色。

這套原色系統常被稱為「RGB 色彩空間」，亦即由紅 (R) 綠 (G) 藍 (B) 所組合出的色彩系統。

二、 使用零件

(一) TCS3200

- 透過三原色原理進行分析利用 RGB 與透明濾光片,偵測各色強度，蒐集三個顏色的數值組成該物體的顏色。
- 電源：3 ~ 5V
- 最佳檢測距離：1 cm

顏色是物體表面吸收了照射的光之一部分有色成分並反射出另一部分在人眼中的反應而成。(光是各種頻率的光混合在一構成的)

根據德國物理學家赫姆霍茲(Helinholtz)的三原色理論可知，各種顏色是由不同比例的三原色(紅、綠、藍)混合而成的。由三原色感應原理可知，藉由量化個物體反射光譜中之各波段含量可記錄並辨識該光源。

流程：

當選定某一濾波器時濾波器將只允許某種特定的原色通過，阻止其他原色的通過。(如選擇紅色濾波器時，入射光中只有紅色)

依序將測量到的光經過程式量化後即可得知該光源

白平衡：

因實際上白色的三原色不完全相等，因此測試前須進行白平衡調整，使得 TCS3200 對檢測的”白色”中的三原色是相等的。

表 2 TCS3200 腳位控制

| 接腳名稱 | 描述 |
|--------------|------------------|
| GND (4) | 電源接地 |
| OE (3) | 輸入，啟用輸出頻率(低電位有效) |
| OUT (6) | 輸出頻率 |
| S0, S1 (1,2) | 輸入，選擇輸出頻率縮放 |
| S2, S3 (7,8) | 選擇輸入光電二極管類型 |
| VDD (5) | 電壓供應 |

表 3 光電二極體控制表

| S2 | S3 | 過濾顏色 |
|----|----|---------------|
| L | L | Red |
| L | H | Blue |
| H | L | Clean (不過濾) |
| H | H | Green |

(二) 伺服馬達

- 電源 (紅色)、接地 (黑或棕色)、訊號線 (白、黃、橘、藍，甚至是黑色)。透過訊號線傳送脈波控制軸柄旋轉角度
- 電壓：4.8v~6.0v
- 速度：0.1 秒/60° (4.8v 時)
- 扭力：1.8 公斤/公分 (4.8v 時)

結構：

1. 發出動作指令的"指示裝置" (控制器，Controller)
2. 依照指示裝置的指示訊號與回饋訊號下等指令使電機動作的"控制裝置" (伺服放大器)。
3. 以及將由伺服放大器而來的電力供給驅動控制對象和偵測其狀態的"驅動、感測裝置"。

動作特性：

伺服馬達的動作特性是進行位置定位控制和動作速度控制，其主要特點是轉速可以精確控制，速度控制範圍廣，可以安定平順等速運轉之外，還可以根據需求隨時變更速度。在極低速度也可以穩定轉動。能迅速做出正轉與逆轉，也能迅速加減速。在由靜態改為動態運作或由動態改為靜態運作所需費時極短，而且即便有外力附加仍可以保持位置。並在額定容量範圍內瞬間產生大轉矩，輸出功率大且效率也高。

表 4 伺服馬達腳位控制

| 線色 | 功能 |
|----|-----------|
| 橘線 | PWM 脈波訊號 |
| 紅線 | V+ 電源(5V) |
| 棕線 | GND |

三、 3D 耗材

(一) PLA (非處於高溫環境且不需反復彎曲，扭曲或掉落的物品)

PLA 全名為 Poly Lactic Acid 的縮寫，中文名稱為聚乳酸，又名玉米澱粉樹酯。主要原料來至於玉米、甜菜、小麥、甘薯等澱粉或糖份等經過發酵、去水、聚合等過程製造而成，無毒性。在生產過程中並不會產生污染，而且原料為生物降解材料，實現在自然界中的循環，因此 PLA 是一種理想的綠色高分子材料。

表 5 PLA 特性

| | |
|-------|--------------------|
| 列印溫度 | 180°C - 230°C |
| 列印床溫度 | 20°C - 60°C (但不需要) |
| 收縮/翹曲 | 最小 |
| 可溶 | 不 |

(二) PC (適用於需在高溫環境中保持強度，韌性和形狀的部件)

PC, 中文名稱叫聚碳酸酯。它是一種新型的熱塑性塑料，透明的度達

90%，被譽為是透明金屬。它剛硬而具有韌性，具有較高的衝擊強度，高度的尺寸穩定性和範圍很寬的使用溫度、良好的電絕緣性能及耐熱性和無毒性，可以通過注射、擠出成型。

PC 的熱性能優異，可在-100°C-130°C之間長期使用，脆化溫度在-100°C以下。雖然聚碳酸酯具有耐開裂和耐藥品性較差，高溫易水解，與其它樹脂的相容性差，潤滑性能不好，但是，可以通過加入其它的樹脂或者無機填充劑進行改性，從而獲得十分優異的性能。

表 6 PC 特性

| | |
|-------|---------------|
| 列印溫度 | 270°C - 310°C |
| 列印床溫度 | 90°C - 110°C |
| 收縮/翹曲 | 相當可觀 |
| 可溶 | 不 |

(三) ABS (用途廣泛)

ABS 樹脂(Acrylonitrile Butadiene Styrene) 為常見塑膠材料種類之一，是一種強度高、韌性強、易於加工成型的熱塑型高分子材料在低溫下也能保持很好的抗壓強度硬度高、機械強度高抗磨損性好、比重輕相對熱量指數高達 80c 在高溫下也能保持很好的尺寸穩定性防火、工藝簡單光澤度好、易於上色，相對其他熱塑性塑料來說成本較低，表面硬度高、防劃痕，結構穩定性好、高抗壓性，優秀的結構強度和硬度。

表 7 ABS 特性

| | |
|-------|---------------|
| 列印溫度 | 210°C - 250°C |
| 列印床溫度 | 80°C - 110°C |
| 收縮/翹曲 | 相當 |
| 可溶 | 在酯類，酮類和丙酮中 |

由於 PLA 良好適中的性能符合我們的需求，再參考其方便上手的特性，衡量我等現有器材、材料及技術後，選擇其作為我們的耗材。

四、 3D 列印與雷射切割

3D 列印：主要是一個不斷添加的過程，在電腦控制下層疊原材料。

雷射切割：聚焦的雷射束指向材料，然後熔化，燃燒，蒸發，或被氣體噴射吹走，留下具有高質量表面光潔度的邊緣。

二者為互為相反之技術，一為相加，一為相減，利用二者之特性可製造出各式不同之機構。

參、 實驗設計

一、 程式流程圖



圖 1 流程圖

二、 程式介紹

1. TCS3200

如前所述完成數值偵測後使用以下程式判斷顏色

```
if (redColor > 265 && redColor < 300 && greenColor > 315 && greenColor <
    445 && blueColor > 180 && blueColor < 240) {
    Serial.print("紅 ");
}

if (redColor > 20 && redColor < 190 && greenColor > 500 && greenColor < 590
    && blueColor > 190 && blueColor < 280) {
    Serial.print("綠- ");
}

if (redColor > 120 && redColor < 200 && greenColor > 520 && greenColor <
    630 && blueColor > 300 && blueColor < 390) {
    Serial.print("藍- ");
}

if (redColor > 280 && redColor < 320 && greenColor > 650 && greenColor <
    800 && blueColor > 250 && blueColor < 330) {
    Serial.print("黃- ");
}
```

2. 伺服馬達

```
#include<Servo.h>           //引入內建標頭檔
Servo myservo_c;           //建立控制物件
Servo myservo_r;           //建立紅口物件
Servo myservo_g;           //建立綠口物件
Servo myservo_b;           //建立藍口物件

myservo_c.write(angle); //輸入目標角度
```

三、 機構概念沿革

1. 初版架構

- 物體進入縱向輸送帶後進行色彩偵測
- 物體進入橫向輸送帶後藉活塞進行分類
- 未分入前兩類者進入第三類(左下)

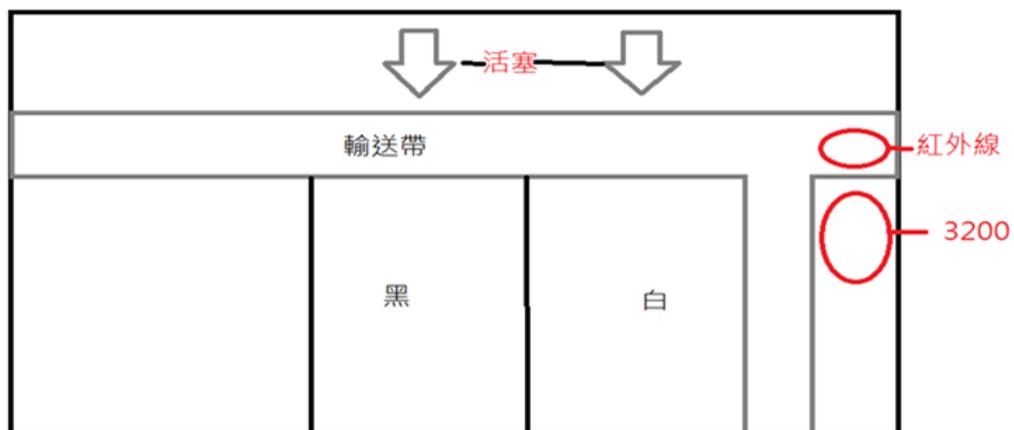


圖 2 初版概念圖

採購人員在採購履帶上遭遇困難，是故將機構重新設計成以重力作為動力。

2. 新版結構概念圖

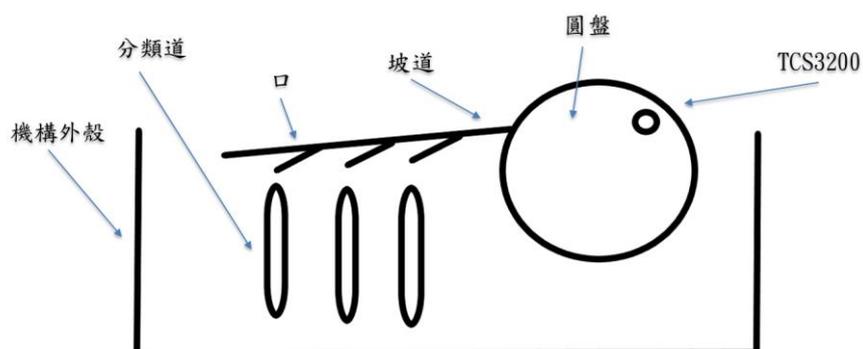


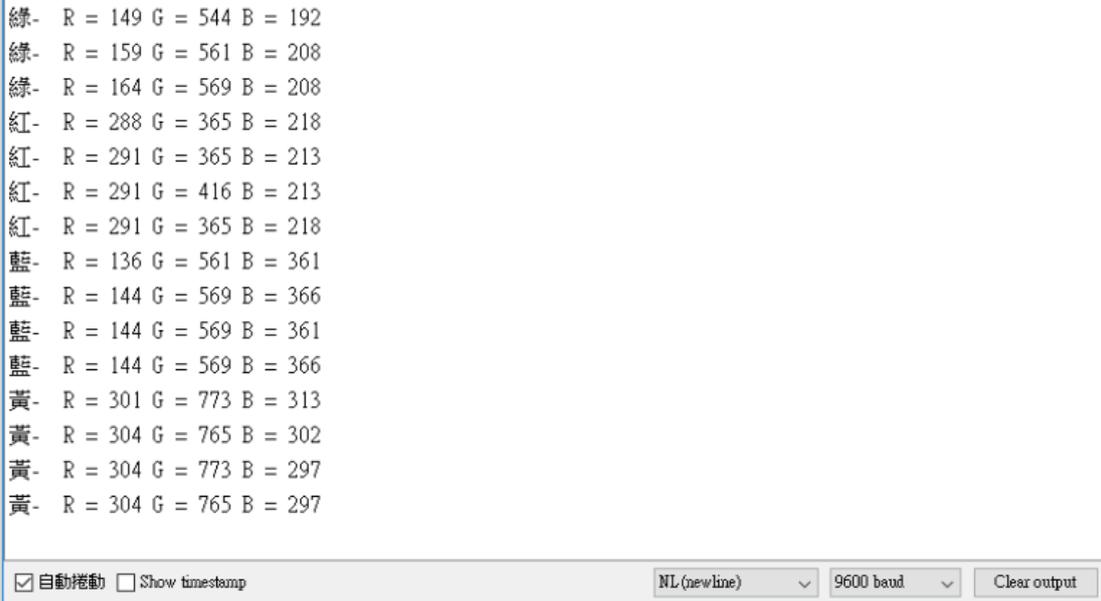
圖 3 新版概念圖

肆、 模擬或實驗成果

一、 程式模擬

```
if (redColor > 20 && redColor < 190 && greenColor > 500 && greenColor < 590 && blueColor > 190 && blueColor < 280) {
  Serial.print("綠- ");
  Serial.print("R = ");
  Serial.print(redColor);
  Serial.print(" G = ");
  Serial.print(greenColor);
  Serial.print(" B = ");
  Serial.println(blueColor);
}
if (redColor > 120 && redColor < 200 && greenColor > 520 && greenColor < 630 && blueColor > 300 && blueColor < 390) {
  Serial.print("藍- ");
  Serial.print("R = ");
  Serial.print(redColor);
  Serial.print(" G = ");
  Serial.print(greenColor);
  Serial.print(" B = ");
  Serial.println(blueColor);
}
if (redColor > 280 && redColor < 320 && greenColor > 650 && greenColor < 800 && blueColor > 250 && blueColor < 330) {
  Serial.print("黃- ");
  Serial.print("R = ");
  Serial.print(redColor);
  Serial.print(" G = ");
  Serial.print(greenColor);
  Serial.print(" B = ");
  Serial.println(blueColor);
}
delay(700);
}
```

圖 5 程式(色彩辨別與數值顯示)



```
綠- R = 149 G = 544 B = 192
綠- R = 159 G = 561 B = 208
綠- R = 164 G = 569 B = 208
紅- R = 288 G = 365 B = 218
紅- R = 291 G = 365 B = 213
紅- R = 291 G = 416 B = 213
紅- R = 291 G = 365 B = 218
藍- R = 136 G = 561 B = 361
藍- R = 144 G = 569 B = 366
藍- R = 144 G = 569 B = 361
藍- R = 144 G = 569 B = 366
黃- R = 301 G = 773 B = 313
黃- R = 304 G = 765 B = 302
黃- R = 304 G = 773 B = 297
黃- R = 304 G = 765 B = 297
```

圖 6 序列滙顯示結果

二、 電路模擬

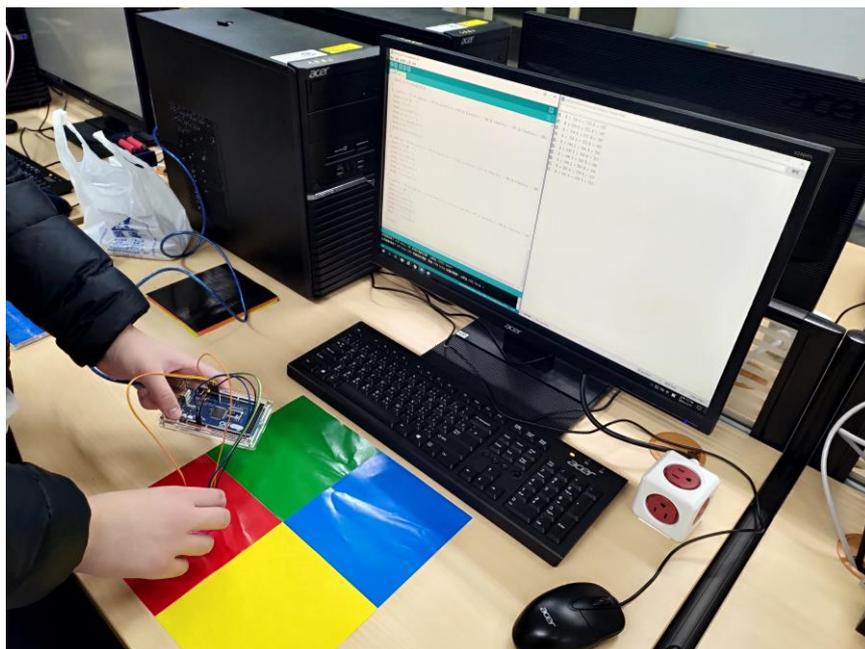


圖 7 電路測試

我們測試的時候嘗試了各種的顏色，不過最終礙於時間紹的限制，我們只完成了三個坡道。

三、 雷射切割與 3D 繪圖成果

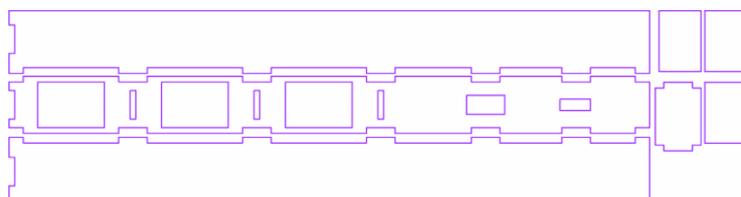


圖 8 雷射切割繪圖之斜坡

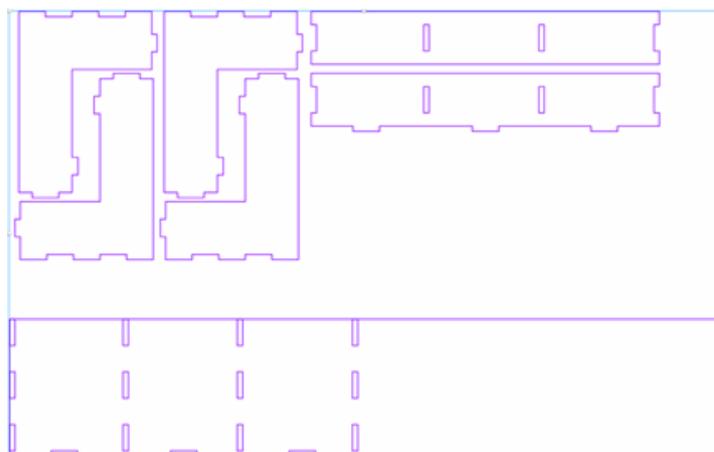


圖 9 雷射切割繪圖之支架



圖 10 3D 列印出之斜坡

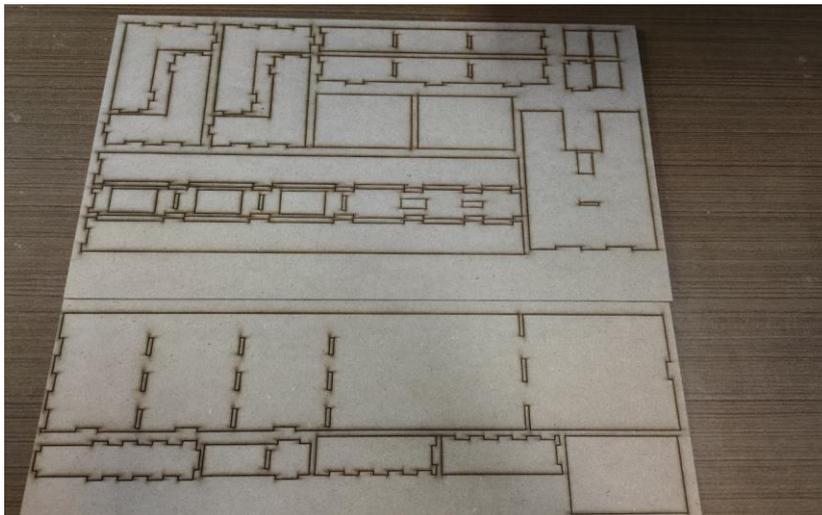


圖 11 雷射切割後之密集板



圖 12 3D 列印出的斜坡

考慮到時間因素與技術限制再考量到我方於規格方面精確度之要求，我們最終忍痛放棄原訂使用 3D 列印機製造機體的打算，轉而使用雷射切割完成全體。

四、 專題成果

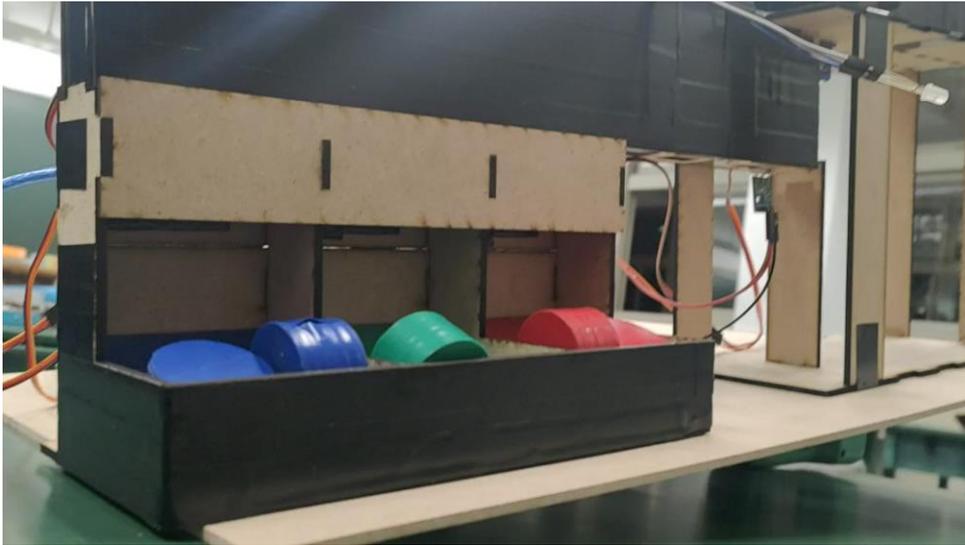


圖 13 成品側視圖

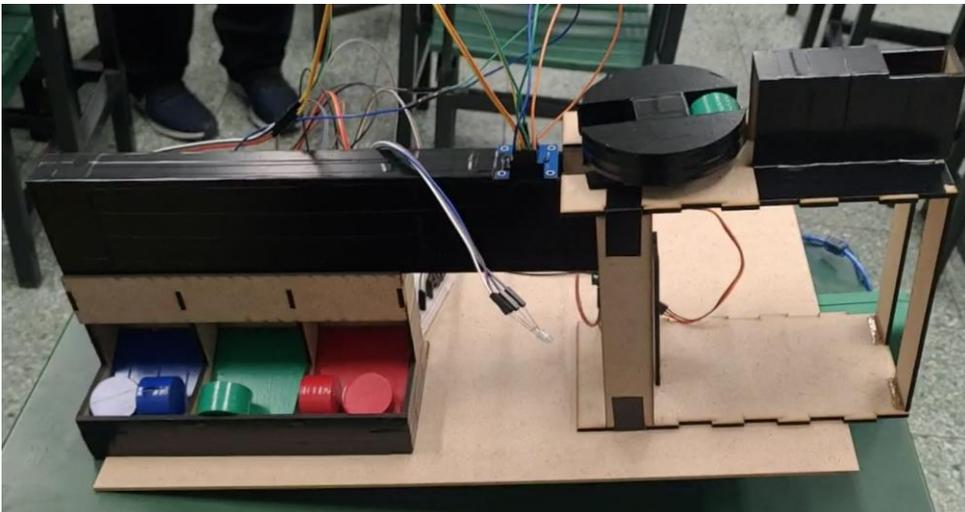


圖 14 成品俯視圖

由右方入口投入物體後沿斜坡滑向伺服馬達驅動之轉盤，轉盤依序將物體落入主通道中，位於主通道中之微動開關遭觸發後 TCS3200 即開始偵測，偵測結束後依結果開啟伺服馬達控制之對應活動門，物體則沿主通道落入，完成分類並周而復始。

伍、 結論與建議

一、 結論

礙於硬體設備上的限制，我等最終並未完成理想中的機構，但我們仍然成功設計出夠偵測物體並加以分類之裝置，倘若有更充裕的時間相信我等定能有更精緻的成果，誠心感謝組員的無私奉獻，也感恩老師悉心指導。

二、 建議

1. 雷射切割

設定雷射切割機之功率時須注意使用之木板特性，太低易產生毛邊，太高編原則易燒焦。此外，也需注意使用之木板特性，譬如原木板雖防水，但結構上有弱點需注意負重方向；密集板雖不防水，但因其製法上之不同，使其有良好的抗壓性，可抵抗來自各角度之壓力。

2. TCS3200

其之作用目標應有一定大小，如若尺寸不足則易偵測失敗。

3. 機構設計

設計機構時應謹慎注意各零件之尺寸大小、間距，以及是否符合材料母板及加工器械之尺寸極限，否則將使材料白白消耗，在修正上也將耗費更多時間與心力。

參考文獻

1. 趙英傑 (2020/03/12)：超圖解 Arduino 互動設計入門 (第四版)。旗標
2. 原色(2021/1/11)<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8E%9F%E8%89%B2>
3. 伺服馬達
(2021/1/11)<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BC%BA%E6%9C%8D%E9%A6%AC%E9%81%94>
4. 25 種最受歡迎的 3d 列印材料介紹
(2021/1/11)<https://3d-ula.com/25%E7%A8%AE%E6%9C%80%E5%8F%97%E6%AD%A1%E8%BF%8E%E7%9A%843d%E5%88%97%E5%8D%B0%E6%9D%90%E6%96%99%E4%BB%8B%E7%B4%B92018/>
5. 鐳射切割
(2021/1/11)<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%90%B3%E5%B0%84%E5%88%87%E5%89%B2>

附錄

附錄一 設備清單

表 8 設備清單表

| 類別 | 設備、軟體名稱 | 應用說明 |
|----|-------------|------------|
| 硬體 | 電腦 | 製作文件、繪圖、編程 |
| 硬體 | 3D 列印機 | 機構製作 |
| 軟體 | Arduino IDE | 程式編寫 |
| 軟體 | WORD | 報告製作 |
| 軟體 | PPT | 報告製作 |
| 軟體 | Inventor | 繪圖 |
| 軟體 | Laserbox | 雷射切割繪圖 |

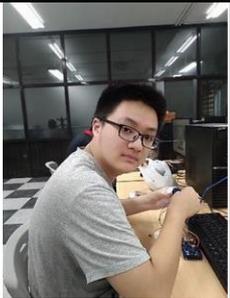
附錄二 材料清單

表 9 材料表

| 類別名稱 | 材料名稱 | 單位 | 數量 | 應用說明 | 備註 |
|------|--------------------------|----|----|---------|----|
| 材料 | TCS3200 | 個 | 1 | 感測顏色 | 無 |
| 材料 | SG90 伺服馬達 | 個 | 5 | 控制洞口 | 無 |
| 材料 | 步進馬達 | 個 | 1 | 轉動圓盤 | 無 |
| 材料 | Arduino Nano 328 微處理機 | 套 | 1 | 中央控制 | 無 |
| 材料 | PLA | 卷 | 1 | 3D 列印耗材 | 無 |
| 材料 | 密集板 | 片 | 15 | 雷射切割耗材 | 無 |
| 材料 | 微動開關 | 個 | 1 | 物體偵測 | 無 |

附錄三 研究成員簡歷

| | | | | |
|----------|---|----|------|---|
| 姓名 | 洪睿廷 | 班級 | 電子三甲 |  |
| 曾修習專業科目 | 基本電學實習 數位邏輯實習 微處理機實習 電子學實習 電子電路實習 | | | |
| 參與專題工作項目 | 本專題組長 3D 繪圖負責 資料蒐集 口頭報告 | | | |
| 經歷簡介 | 擔任 109 學年度-學藝股長 | | | |

| | | | | |
|----------|---|----|------|---|
| 姓名 | 林冠廷 | 班級 | 電子三甲 |  |
| 曾修習專業科目 | 基本電學實習 數位邏輯實習微處理機實習 電子學實習 電子電路實習 | | | |
| 參與專題工作項目 | 資料蒐集 程式設計 電路設計 機構設計 口頭報告 | | | |
| 經歷簡介 | 工場安全擔任 109 學年度衛生股長 | | | |

| | | | | |
|----------|---|----|------|---|
| 姓名 | 沈睿森 | 班級 | 電子三甲 |  |
| 曾修習專業科目 | 基本電學實習 數位邏輯實習 微處理機實習 電子學實習 電子電路實習 | | | |
| 參與專題工作項目 | 資料蒐集 採買材料 協助文書處理 口頭報告 | | | |
| 經歷簡介 | 擔任 109 學年度-英文小老師 | | | |

| | | | | |
|--------------|---|----|------|---|
| 姓名 | 王筑瀚 | 班級 | 電子三甲 |  |
| 曾修習 專業科目 | 基本電學實習數位邏輯 實習微處理機實習 電子學實習 電子電路實習 | | | |
| 參與專題 工作項目 | 擔任專案管理-PM 書面資料製作 進度報告 口頭報告 | | | |
| 經歷簡介 | 工場器材 工場材料 | | | |