

臺北市立大安高級工業職業學校

電子科

專題報告

CNC 自動球體寫字機

Computer Numeric Control Automatic  
Sphere Writing Machine

學生 組長：余仲恩

組員：施丞祐

組員：陳奕為

組員：陳毅恩

指導老師：林家德

中華民國 111 年 1 月

臺北市立大安高工 電子科

專題報告：

## CNC 自動球體寫字機

學生：0804208 余仲恩 \_\_\_\_\_ (簽名)

0804216 施丞祐 \_\_\_\_\_ (簽名)

0804227 陳奕為 \_\_\_\_\_ (簽名)

0804231 陳毅恩 \_\_\_\_\_ (簽名)

期末專題報告合格，特予證明

指導老師：林家德 \_\_\_\_\_

科主任：薛元陽 \_\_\_\_\_

中華民國 ○○ 年 ○ 月

## 中文摘要

近幾年「自動化」越來越普遍，不管事在工廠的生產線上，又或者是日常生活中的自動販賣機、洗車機、智慧家電……等，甚至有些藝術品也是以自動化的方式生產、展示，尤其人類在球體上作畫會相對於在平面上困難許多，所以我們就以此為出發點而構想這次的專題，利用近幾年來發展迅速的「3D 列印」技術為參考，以 CNC(Computer Numeric Control)的方式完成自動球體寫字機，來彌補人類在繪製球體物品能力上的不足。

本專題 CNC 自動球體寫字機，使用到的技能有程式撰寫、電路設計、軟體連結和機構建設，我們結合了這三年我們所學過的技術加以延伸完成本次的專題，也有學習到課堂上沒有接觸過的技術。

關鍵字：CNC、寫字機、球體、步進馬達、自動化

# 目錄

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 中文摘要.....                        | II  |
| 目錄.....                          | III |
| 表目錄.....                         | V   |
| 圖目錄.....                         | VI  |
| 第 1 章 前言.....                    | 1   |
| 1-1 製作背景.....                    | 1   |
| 1-2 製作目的.....                    | 1   |
| 1-3 預期成果.....                    | 1   |
| 第 2 章 理論探討.....                  | 2   |
| 2-1 硬體.....                      | 2   |
| 2-1-1 步進馬達(Nema17).....          | 2   |
| 2-1-2 伺服馬達(SG-90).....           | 3   |
| 2-1-3 Arduino uno ATmega328..... | 3   |
| 2-1-4 馬達驅動模組 DRV8825.....        | 4   |
| 2-2 機構.....                      | 5   |
| 2-2-1 3D 列印.....                 | 5   |
| 2-2-2 雷射切割.....                  | 5   |
| 2-3 軟體.....                      | 6   |
| 2-3-1 Arduino.....               | 6   |
| 2-3-2 Inkscape.....              | 6   |
| 2-3-3 Grbl Controller.....       | 7   |
| 2-3-4 Altium Designer.....       | 7   |
| 2-3-5 Python.....                | 8   |
| 第 3 章 專題設計.....                  | 9   |
| 3-1 專題流程圖.....                   | 9   |
| 3-2 預計外觀.....                    | 10  |
| 3-3 機構部分.....                    | 10  |
| 3-4 硬體部分.....                    | 19  |

|                  |    |
|------------------|----|
| 3-5 軟體部分.....    | 20 |
| 第 4 章 專題成果.....  | 21 |
| 4-1 整體外觀.....    | 21 |
| 4-2 運作方式.....    | 21 |
| 第 5 章 結論與建議..... | 22 |
| 5-1 結論.....      | 22 |
| 5-2 建議.....      | 22 |
| 參考文獻.....        | 23 |

## 表目錄

|           |   |
|-----------|---|
| 表格 1..... | 4 |
|-----------|---|

## 圖目錄

|           |    |
|-----------|----|
| 圖 1.....  | 2  |
| 圖 2.....  | 3  |
| 圖 3.....  | 3  |
| 圖 4.....  | 4  |
| 圖 5.....  | 5  |
| 圖 6.....  | 5  |
| 圖 7.....  | 6  |
| 圖 8.....  | 6  |
| 圖 9.....  | 7  |
| 圖 10..... | 7  |
| 圖 11..... | 8  |
| 圖 12..... | 10 |
| 圖 13..... | 10 |
| 圖 14..... | 11 |
| 圖 15..... | 11 |
| 圖 16..... | 12 |
| 圖 17..... | 12 |
| 圖 18..... | 12 |
| 圖 19..... | 13 |
| 圖 20..... | 13 |
| 圖 21..... | 14 |
| 圖 22..... | 14 |
| 圖 23..... | 15 |
| 圖 24..... | 15 |
| 圖 25..... | 15 |
| 圖 26..... | 16 |
| 圖 27..... | 16 |

|           |    |
|-----------|----|
| 圖 28..... | 17 |
| 圖 29..... | 17 |
| 圖 30..... | 17 |
| 圖 31..... | 18 |
| 圖 32..... | 18 |
| 圖 33..... | 19 |
| 圖 34..... | 19 |
| 圖 35..... | 20 |
| 圖 36..... | 20 |



# 第1章 前言

## 1-1 製作背景

在某次美術課時老師要我們在球體上作畫，但是以我們的能力要在有弧度的物品上作畫是有一定的難度的，所以我們突發奇想，能不能做出一台可以在球體上作畫的機器，透過網路我們得知了 CNC 這項技術，便把它融入我們的想法，在跟老師討論得出了這次專題的基礎功能。

## 1-2 製作目的

我們想為了讓每個人都可以體驗到球體繪畫的樂趣，所以利用 Python 和 Arduino 結合再透過步進馬達與伺服馬達的配合，達到 CNC 的功能，在具有弧度的球形物體的表面上進行寫字、作畫等動作。

## 1-3 預期成果

製作出一台可將圖片透過上傳的方式將檔案轉檔變成 Gcode 檔來讓 GRBL 辨識，且自動規劃畫筆的路徑並且準確且正確地在球體上進行繪製的動作，利用撰寫程式判斷球體大小以及形狀，並在其表面完成精準的作畫。

## 第2章 理論探討

CNC 自動球體寫字機是一種利用步進馬達、伺服馬達、Arduino uno ATmega328 為主要控制的機體，輸入一張圖片經過各軟體的轉換，取得 Gcode 使此機器能繪製出輸入的圖片。

### 2-1 硬體

本專題使用到的硬體有步進馬達、伺服馬達、Arduino uno ATmega328 和 DRV8825 馬達驅動模組，以 ATmega328 為主要控制元件，利用步進馬達控制球體轉動，伺服馬達控制筆的抬放。

#### 2-1-1 步進馬達(Nema17)

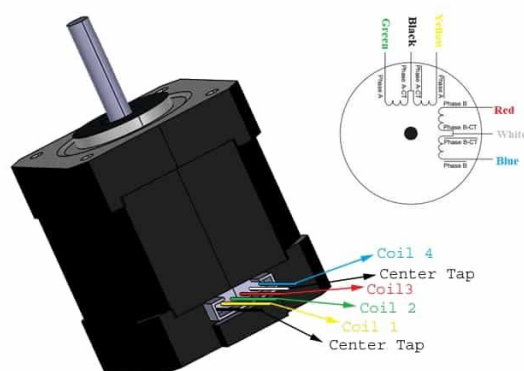


圖 1

該步進馬達，能夠非常精確地控制其軸的旋轉，以達到做精確的動作從而控制機器的運動，Nema17 是 2 相式，每步距角為 1,8 度，將每轉分為 200 步，只要變更輸入的脈波數或頻率就可以自由變更馬達的運轉，可以當成定位馬達，也可以當作同步性高的速度控制馬達。

### 2-1-2 伺服馬達(SG-90)



圖 2

SG-90 透過 PWM 控制角度  $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ，由減速齒輪、控制電路、電位器和直流馬達組成，當送入脈衝信號後，馬達轉動造成電位器改變，內部的控制電路會判斷電位器與目標角度位置至相同時停止轉動，即可精準控制電路，可使用於機械手臂、各類小型機器人.....等。

### 2-1-3 Arduino uno ATmega328



圖 3

Arduino uno ATmega328 是一 8 位元 AVR 精簡指令微控制器，擁有 32KB ISP 具備寫入同時讀取能力的閃存記憶體。1KB 的電氣可抹除唯讀記憶體。2KB 隨機存取記憶體，23 個通用輸出輸入線，具有內部震盪器的可程式化看門狗計時器，工作電壓運作在 1.8V-5.5V 之間。

## 2-1-4 馬達驅動模組 DRV8825

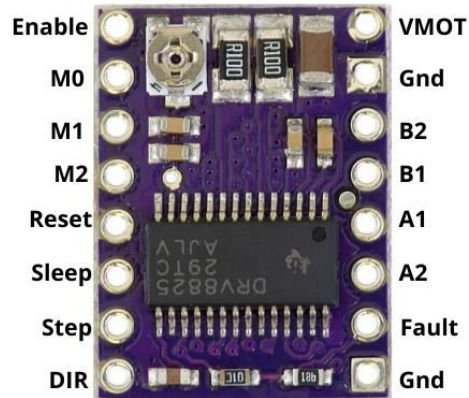


圖 4

DRV8825 為一控制步進馬達的晶片，擁有多種微步劃分功能，最大電流 2.5A，最大電源電壓 45V，最高微步劃分為 1/32，電路簡單，程式控制簡單。

| MS1 | MS2 | MS3 | 微步劃分 | 每圈幾步 |
|-----|-----|-----|------|------|
| 0   | 0   | 0   | 1    | 200  |
| 1   | 0   | 0   | 1/2  | 400  |
| 0   | 1   | 0   | 1/4  | 800  |
| 1   | 1   | 0   | 1/8  | 1600 |
| 0   | 0   | 1   | 1/16 | 3200 |
| 1   | 0   | 1   | 1/32 | 6400 |

表格 1

## 2-2 機構

本專題利用 3D 列印完成固定球體、畫筆和螺桿的小型部件，雷射切割則  
是用以整體的外型機構。

### 2-2-1 3D 列印



圖 5

3D 列印又稱為積層製造或加法製造，以數位立體模型為基礎，透過多種方式達到堆疊列印成型，製造出各種形狀的立體物品，廣泛運用於建築、汽車、服裝.....等領域。

### 2-2-2 雷射切割



圖 6

此雷射切割機，結合高解析度超廣角鏡頭、AI 電腦視覺演算法，擁有智慧材料識別、視覺化操作、自動設置參數、自動對焦功能，無需設置任何參數，配備 500 萬畫素廣角鏡頭。

## 2-3 軟體

本專題利用 Arduino 為主要控制軟體，Inkscape 將圖形轉換成 Gcode，GRBL 將 Gcode 傳送給 Arduino 使機器運作，使用 Altium Designer 繪製出整合所有硬體的電路板。

### 2-3-1 Arduino



圖 7

Arduino 是一個開源嵌入式硬體平台，用來供使用者製作可互動式的嵌入式專案，可使用 ICSP 線上燒入器，將 Bootloader 燒入所想要的晶片，可以將各式各樣的電子元件連接，如紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達等，支援多樣的互動程式，如 Adobe Flash, Max/MSP, VVVV, Pure Data, C, Processing 等。

### 2-3-2 Inkscape



圖 8

Inkscape 是向量圖形編輯器，該軟體是個強大的繪圖軟體，且能完全遵循與支持 XML、SVG 及 CSS 等開放性的標準格式，並且是跨平台的應用程式，支援 Windows、Mac OS X、Linux 及類 UNIX 版等作業系統。

### 2-3-3 Grbl Controller



圖 9

Grbl 是一款針對 Arduino/AVR328 晶片的嵌入式 G 代碼編譯和運動控制器，性能高，成本低，基於並口運動控制，應用於 CNC 雕刻，可以保持超過 30kHz 的穩定、無偏差的控制脈衝 它接受標準的 G 代碼而且通過了數個 CAM 工具的輸出測試，弧形、圓形和螺旋的運動都可以像其他一些基本 G 代碼命令一樣。

### 2-3-4 Altium Designer



圖 10

Altium designer 用於原理圖、PCB、FPGA 設計，結合了板級設計與 FPGA 設計，將電路設計中各種工作交由計算機來協助完成，可執行電路繪製、印刷電路板（PCB）檔案的製作、電路仿真（Simulation）等設計工作，

### 2-3-5 Python



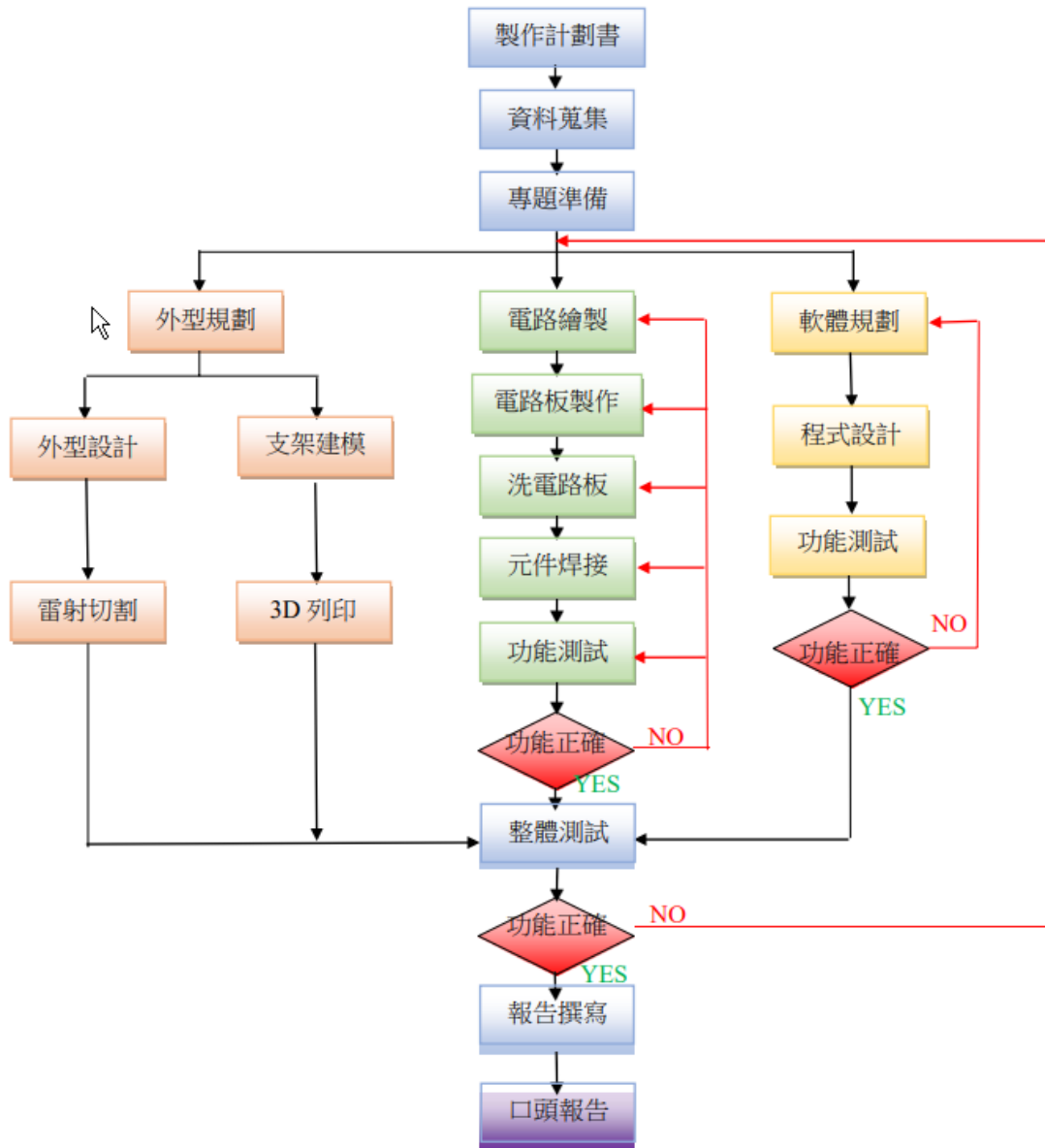
圖 11

Python 是一種物件導向、直譯式的跨平台電腦程式語言，它包含了一組功能完備的標準庫和豐富套件生態系，可以輕鬆完成讀寫檔案、自然語言處理、網路爬蟲、網站開發、機器學習等，使用縮進來定義語句塊，由於具備簡潔易學等特性



### 第3章 專題設計

#### 3-1 專題流程圖



### 3-2 預計外觀

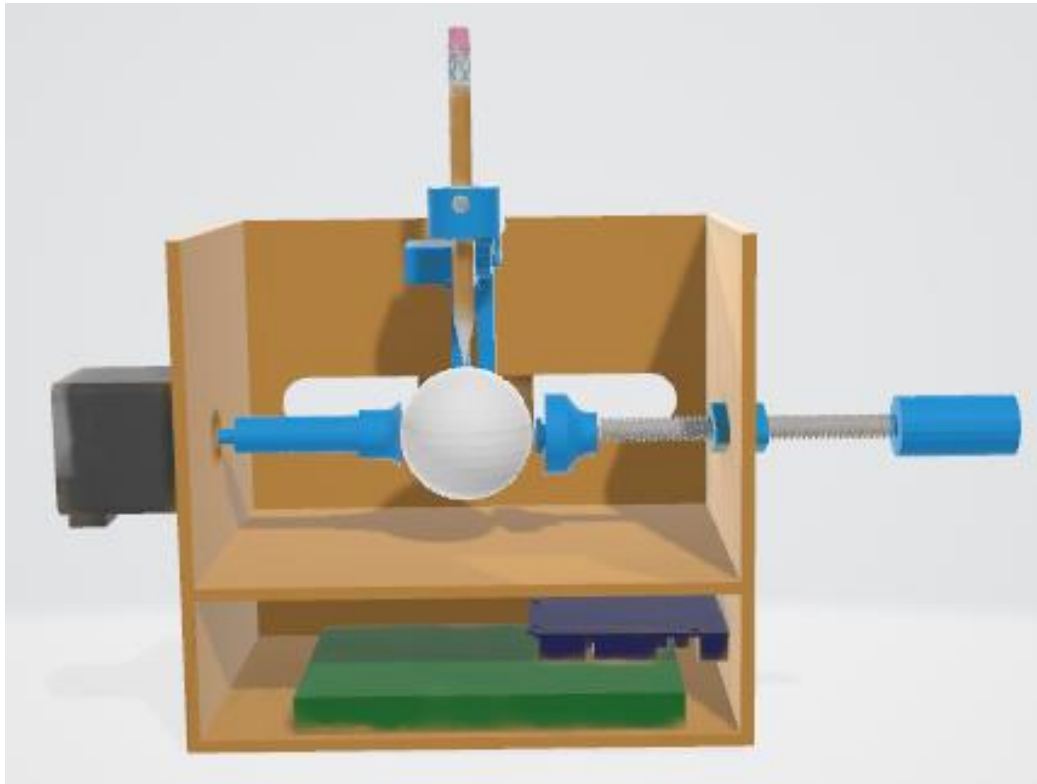


圖 12

### 3-3 機構部分

本專題的機構部分採用雷射切割各個面板並進行拼裝，利用 3D 列印完成畫筆、球體和螺桿的固定。

雷射切割第一版機構設計：

背板：

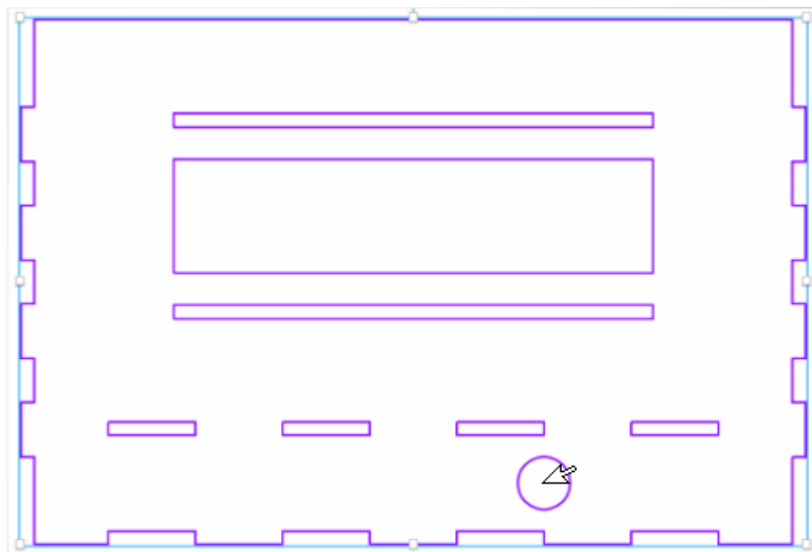


圖 13

左側板:

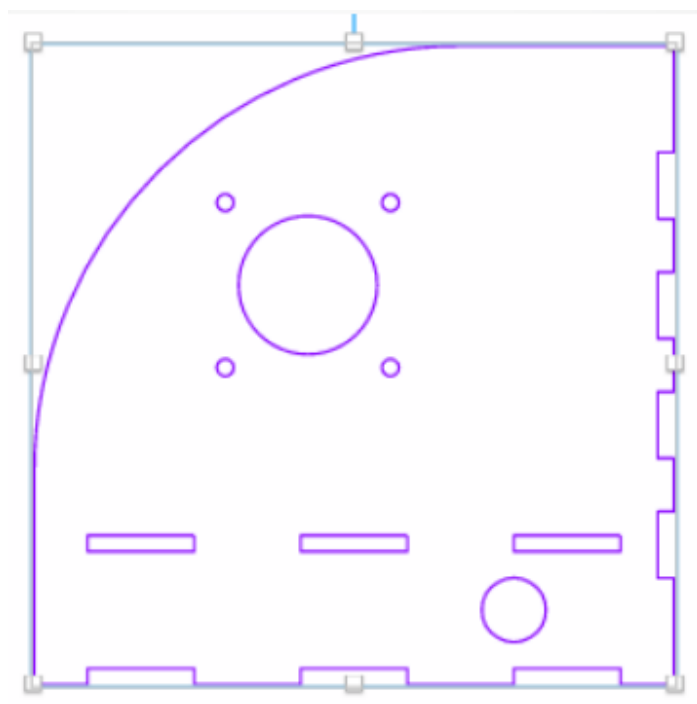


圖 14

右側板:

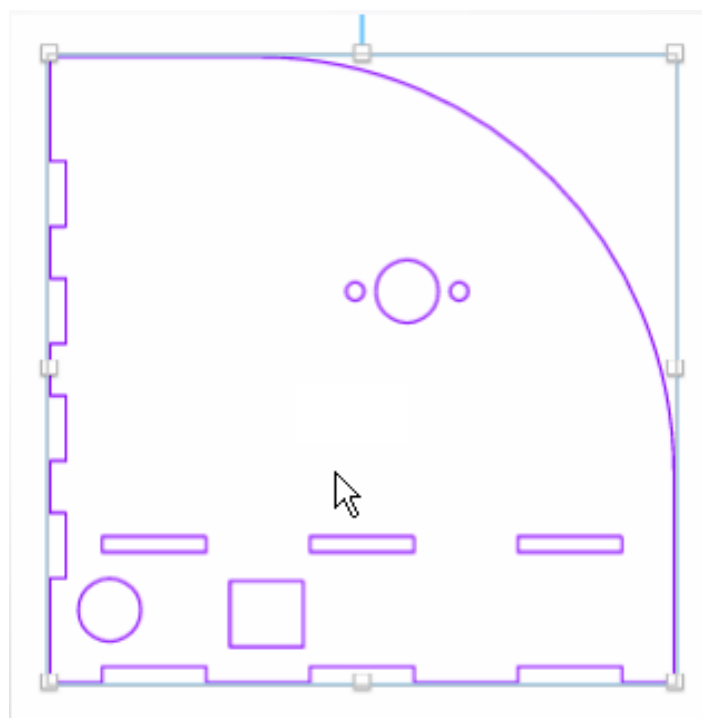


圖 15

底板:

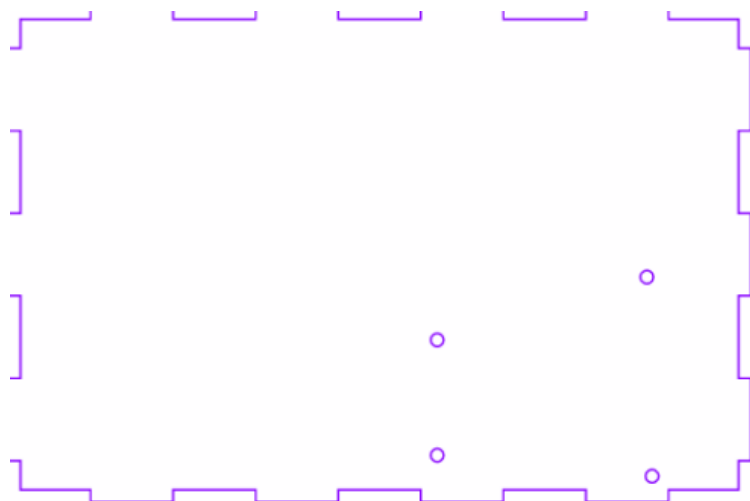


圖 16

中隔板:

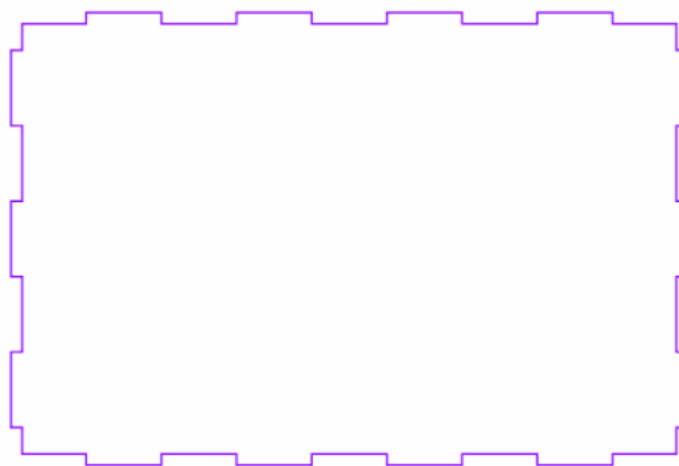


圖 17

前檔板:



圖 18

由於第一版機構設計中格板與底板間距太小無法容納電路板也不方便走線，所以第二版設計我們將整體機構架高並增加數個方便走線個孔洞。

雷射切割第二版機構設計:

背板:

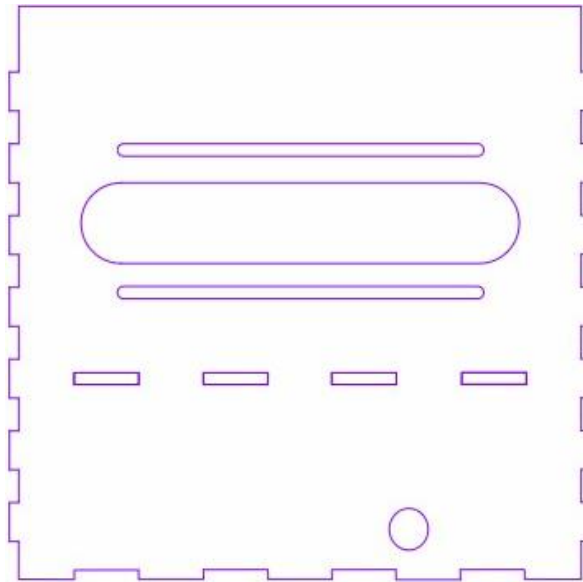


圖 19

左側板:

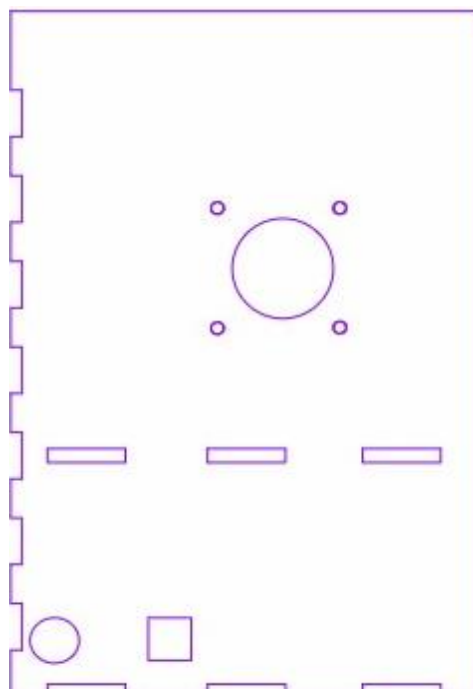


圖 20

右側板:

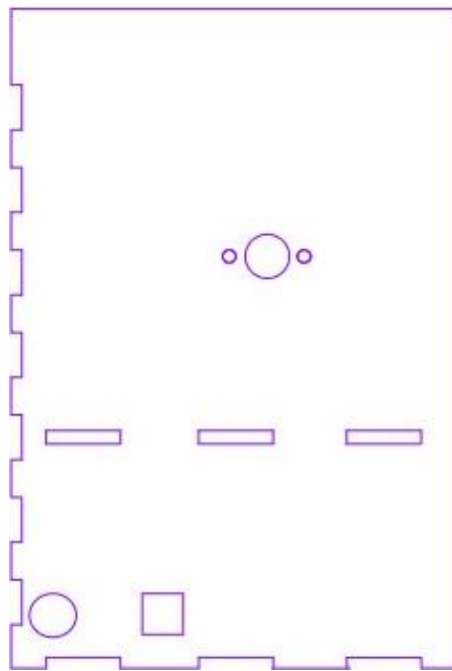


圖 21

底板:

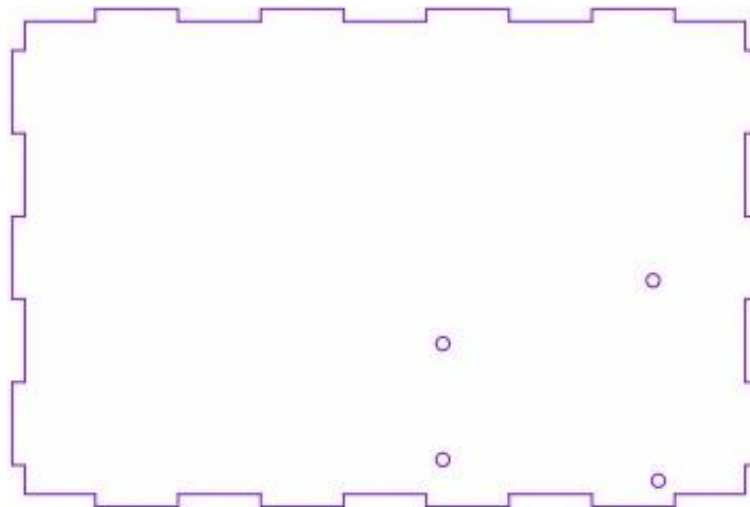


圖 22

中隔板:

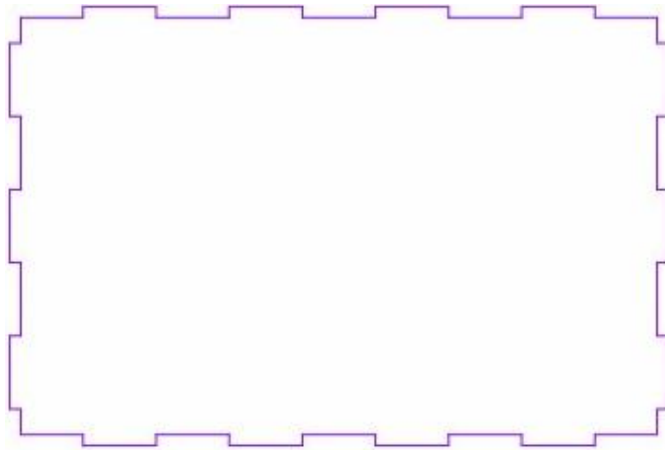


圖 23

前檔板:

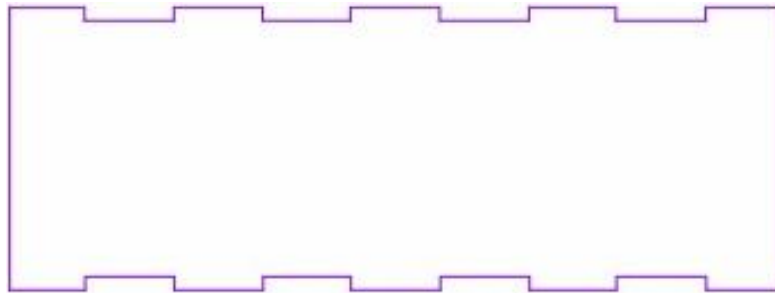


圖 24

3D 列印部件設計:

培鈴固定:

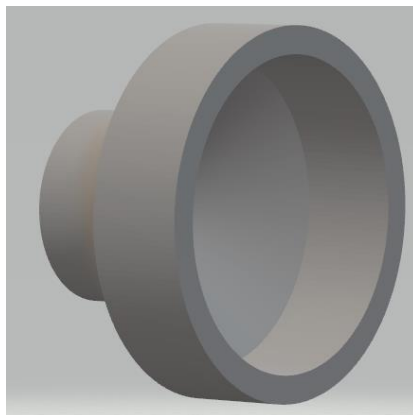


圖 25

步進馬達與筆軸固定:

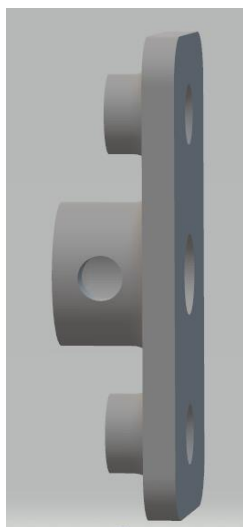


圖 26

筆軸:



圖 27



培鈴與球體固定:

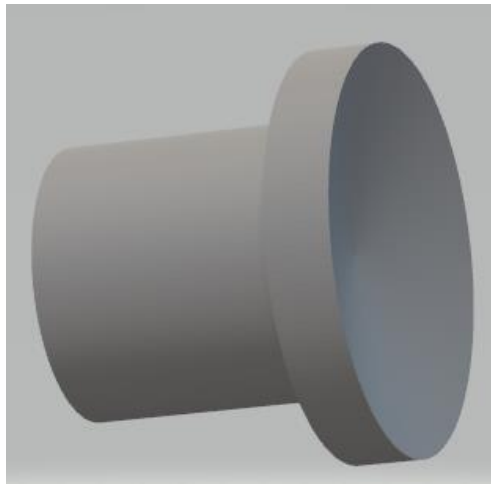


圖 28

步進馬達與球體固定:

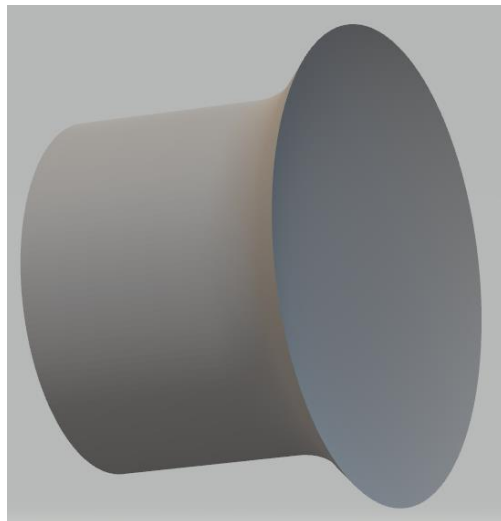


圖 29

步進馬達轉軸固定:

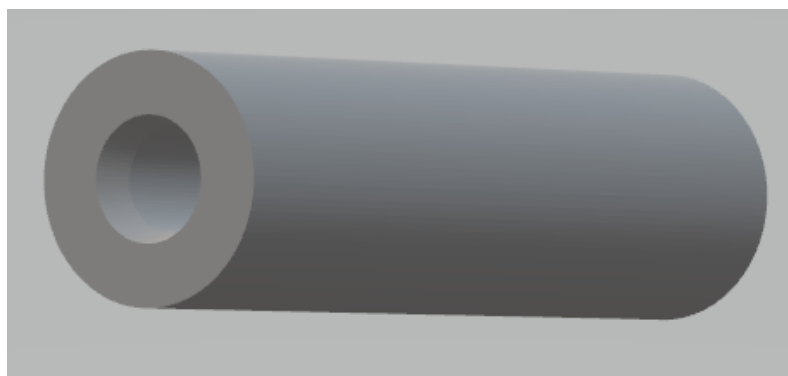


圖 30

畫筆固定:

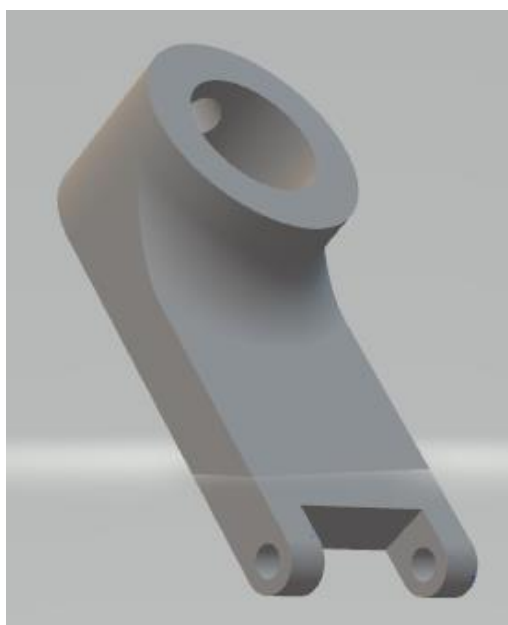


圖 31

螺桿固定:

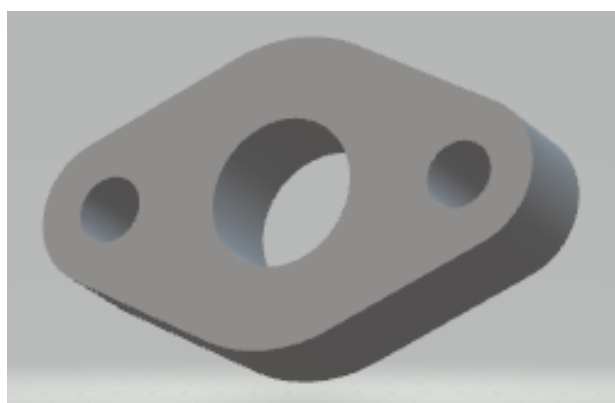


圖 32

### 3-4 硬體部分

我們利用 Altium designer 設計一個將 ATmega328、DRV8825 和步進馬達整合的電路，並將步進馬達固定在機構上。

電路腳位圖：

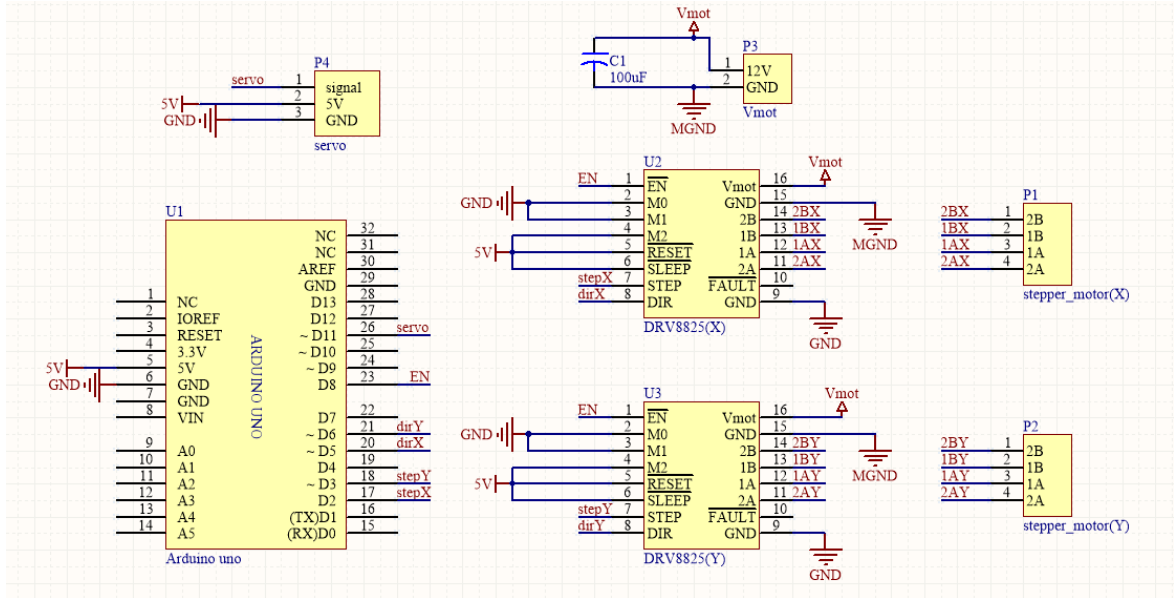


圖 33

電路板 Top layer:

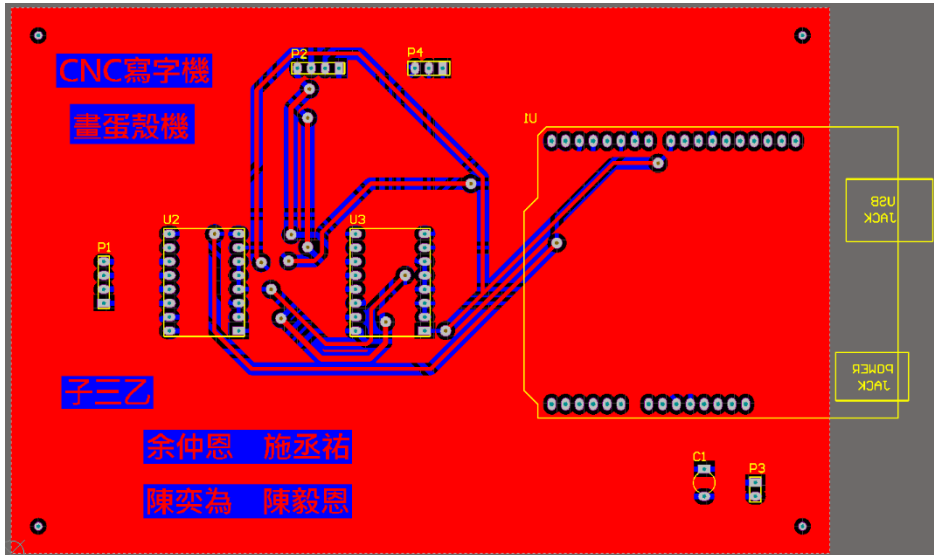


圖 34

電路板 bottom layer:

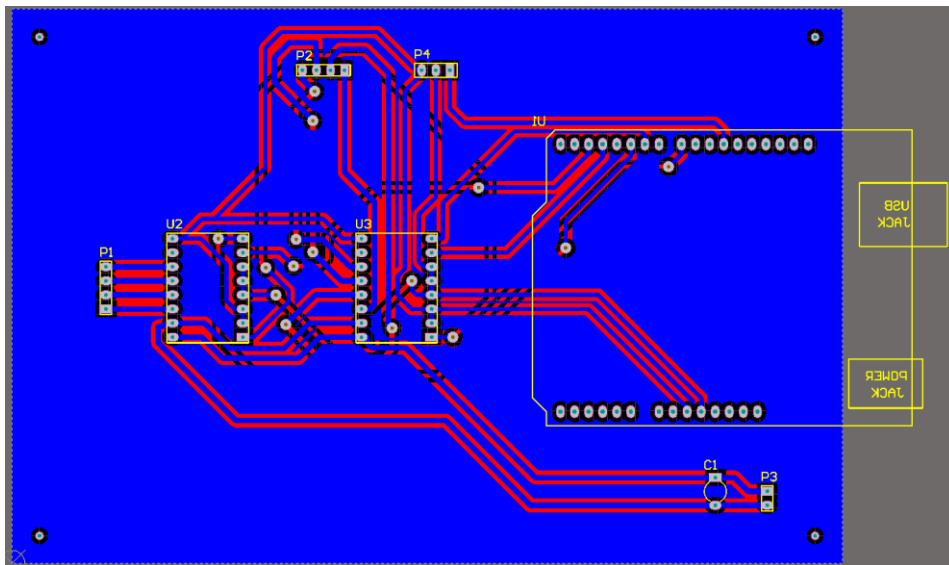


圖 35

### 3-5 軟體部分

我們利用 Python 製作一個 UI 介面，它可以傳送一些基本的指令，像是停止傳輸、恢復傳輸和取消傳輸，有些預設的圖形可以繪製，還可以自己選擇想要的 Gcode 檔來繪製，並且逐行顯示執行到的 G 指令。

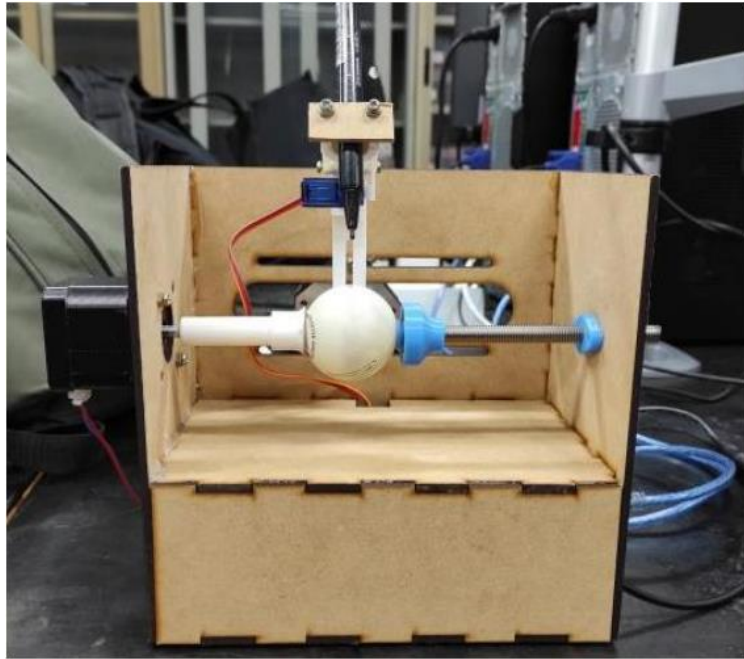


圖 36

## 第4章 專題成果

### 4-1 整體外觀

最終我們將雷射切割與 3D 列印組裝完成我們自動球體寫字機的外觀。



### 4-2 運作方式

輸入一張圖片經過 Inkscape 轉檔成 Gcode，再利用 Python 將 G 指令傳送給 Arduino 使步進馬達、伺服馬達運作，控制球體轉動和畫筆抬放，繪製出所輸入的圖片。



## 第5章 結論與建議

### 5-1 結論

在一開始因為在網路上看過類似的東西，所以我們覺得應該會蠻簡單的，但在實作之後，漸漸的我們發現了，事實沒我們想的這麼簡單，不管是在程式方面，又或是硬體方面都有許多困難的地方，所以我們改了又改，外觀結構就改了很多的版本，像是 Y 軸轉筆與夾筆的結構一開始連，連接到馬達的部分都很鬆動但改到了最後終於完成了，還有軟體也是我們很頭痛的部分，不管是 PYTHON 又或是 ARDUINO，但在詢問老師以及互相討論之後，總算是做到我們預期成果。經過這次的專題之後讓我們理解了很多學校上學時，接觸不到的技術和知識，不管是 GRBL、GCODE 又或是 PYTHON 的 UI(使用者介面)這都是上課沒有教的，都需要去自己摸索探討，當然學到的不只這些，還有人與人的溝通和團隊合作，也謝謝中間幫助我們的指導老師和同學，這次的報告讓我們受益良多。

### 5-2 建議

我們目前的程式只能進行直線運動，希望未來可以做出弧線，以便我們可以畫出更多元的圖形，而且當初因方便而以密集板導致整體架構被夾筆結構撐開、變形所以我們想換成更堅固的材質，另外因為我們是使用電腦的軟體去把圖片轉成 GCODE 所以我們的 UI 是設計給電腦用，因此我們希望未來可以把 UI 放在手機上以便使用者能更方便的操作

## 參考文獻

- [1]楊仁元、張顯盛、林家德(2016)。專題製作理論與呈現技巧。台北：台科大圖書股份有限公司。
- [2]維基百科(2008年6月14日)。步進馬達。取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%A5%E9%80%B2%E9%A6%AC%E9%81%94>
- [3]rap rap(2014年6月2日)。DRV8825。取自  
<https://reprap.org/wiki/DRV8825>
- [4]維基百科(2013年10月12日)。3D 列印。取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/3D%E6%89%93%E5%8D%B0>
- [5]維基百科(2019年3月12日)。雷射切割。取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%90%B3%E5%B0%84%E5%88%87%E5%89%B2>
- [6]維基百科(2009年9月23日)。Arduino。取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [7]維基百科(2013年8月3日)。Altium Designer。取自  
[https://zh.wikipedia.org/wiki/Altium\\_Designer](https://zh.wikipedia.org/wiki/Altium_Designer)
- [8]3DMart(2021年1月10日)。雷射切割機。取自  
<https://3dmart.com.tw/shop/makebolck-laserbox-laser-cutting-carving-machine>
- [9]lazytomatolab(2021年5月6日)。Arduino。取自  
<https://www.lazytomatolab.com/as-01/>
- [10]維基百科(2006年9月13日)。Inkscape。取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/Inkscape>
- [11]happycoder(2017年6月5日)。Python。取自  
<https://www.happycoder.org/2016/12/31/python101-tutorial/>
- [12]邁克兄弟(2018年10月15日)DRV8825。取自  
[http://www.smart-robot.com.tw/product\\_d.php?lang=tw&tb=1&id=463&cid=58](http://www.smart-robot.com.tw/product_d.php?lang=tw&tb=1&id=463&cid=58)