

全國高級中等學校專業群科 112 年專題實作及創意競賽

電機與電子群「專題組」



類別：電機與電子群

作品名稱：沙畫機

關鍵詞：沙畫機、G code、步進馬達

## 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
肆.	研究過程.....	2
	一、 研究方向.....	2
	(一) 驅動器的工作電流.....	2
	(二) 調整步進馬達的微步控制.....	2
	(三) 整體架構.....	2
	二、 電源系統.....	2
	三、 控制系統.....	3
	四、 馬達.....	3
	五、 DRV8825.....	4
	六、 Sandify.....	4
	七、 Gcode.....	4
	八、 GRBL controller.....	5
	九、 限位開關.....	5
	十、 WS2812.....	5
	十一、 滑軌.....	6
伍.	製作結果.....	6
	一、 架構.....	6
	二、 成果展示.....	7
陸.	討論.....	8
柒.	結論.....	8
	一、 噪音問題.....	8
	二、 磁懸浮.....	8
	三、 人機介面.....	8
捌.	參考資料.....	9
	一、 設定 GRBL.....	9
	二、 DRV8825.....	9
	三、 UNO 板接線.....	9
	四、 全彩 LED.....	9
玖.	作品分工表.....	10
拾.	競賽日誌.....	10

## 圖目錄

圖- 1 整體架構 .....	2
圖- 2 變壓器 .....	2
圖- 3 Arduino UNO .....	3
圖- 4 擴充板 .....	3
圖- 5 擴充板接線圖 .....	3
圖- 6 步進馬達 .....	3
圖- 7 DRV8825 .....	4
圖- 8 Sandify .....	4
圖- 9 Gcode .....	4
圖- 10 GRBL .....	5
圖- 11 GRBL controller .....	5
圖- 12 限位開關 .....	5
圖- 13 全彩 LED(WS2812) .....	5
圖- 14 滑軌 .....	6
圖- 15 沙盤 .....	6
圖- 16 內部滑軌 .....	6
圖- 17 成果(spiral) .....	7
圖- 18 成果(wiper) .....	7
圖- 19 成果(square) .....	7
圖- 20 設計和成品圖對照 .....	7

## 壹. 摘要

在現代人充滿壓力的生活中，每個人都需要一些可以解壓的舒壓產品，而無所不在的傢俱正是我們可以加入舒壓元素的地方，因此本研究希望製作一個內含有二個自由度滑軌的公文桌，透過 G code 控制馬達以帶動滑軌，再以磁鐵吸引鋼珠在沙子上畫出整齊循序的幾何圖形，在鋼珠移動的同時，沙盤邊的 LED 燈隨之五彩閃爍，使整體更加絢爛。

## 貳. 研究動機

生活在這個步調很快的世代中，時間如同白駒過隙般悄無聲息地流逝，人們常常為了工作、為了學業而放棄可以好好休息的時間。美的形式有很多種，透過欣賞藝術作為閒暇時間的活動，不但可以讓大腦好好休息，也可以紓解壓抑的身心。

我們想設計出一個可以沁人心脾的裝置藝術，使生活在這忙碌社會中的人們得以紓解壓力，於是我們選擇沙畫機作為主題。以簡單、不停重覆的線條及圖像建構出療癒的作品。以曼陀羅藝術為基礎，在觀賞畫的過程中，心靈呈現冥想狀態，除了可以享受過程中所帶來的平靜感，也可以進而達到放鬆身心、提升專注力等好處。

## 參. 主題與課程之相關性或教學單元之說明

本組將電子科各類理論與實作課程應用於本專題中，如表 1 所示。

表 1 主題與課程之相關性或教學單元之說明

基本電學(實習)	學習電子電路基本運作原理、電子元件應用
電子學(實習)	方法並將其應用於本專題之電路設計工作。
微處理機	瞭解 MCU、IC 運作原理並將其運用於本專
數位邏輯設計	題之主控、周邊電路。
程式設計實習	活用 C++ 等程式語言以及熟悉程式設計相關
單晶片微處理機實習	概念，運用在本專題之主控程式上。
電腦輔助設計實習	操作並熟悉使用 MCU 並將其運用於本專題
	之主控電路。
	操作並熟悉使用 Altium Designer 設計 PCB
	電路，並將其運用在本專題之主控、周邊電
	路。

## 肆. 研究過程

### 一、 研究方向

本專題使用到了多顆 DRV8825 驅動器以及步進馬達，對於以上系統的設計，探討內容如下：

#### (一) 驅動器的工作電流

先將驅動器與馬達相接，透過調整驅動版上的可變電阻來調整輸出電流大小，直到看到馬達運作

#### (二) 調整步進馬達的微步控制

步進馬達可以使用微步角驅動，微步可以讓馬達定位在兩個正常的步角之中，這只要供給線圈一定比例的電流就可以達成，這樣可以增加馬達的步角解析度也可以讓轉動時比較滑順。

#### (三) 整體架構

首先我們會在 Sandify 上繪製好圖形並把他轉成 Gcode。接下來我們把 Gcode 上傳到 GRBL controller 上。最終我們就可以在 controller 上控制我們的馬達了。

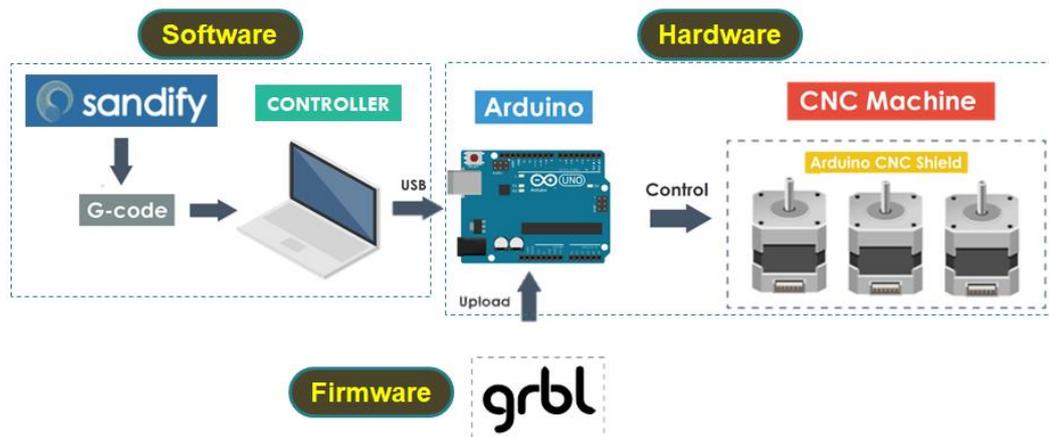


圖-1 整體架構

### 二、 電源系統

因為使用多顆 12V 馬達，我們使用 110V/60Hz 市電作為電源供應源頭，再使用變壓器轉換成 12V 的直流電，供應所有馬達的運作，如圖-2 所示。



圖-2 變壓器

### 三、 控制系統



圖-3 Arduino UNO

我們用到 2 塊的 Arduino Uno(圖-3)微控板，一塊是用來控制馬達，接上我們自製的擴充板(圖-4)，其中 D2 與 D3 腳是輸出頻率;D5 與 D6 腳是用來控制方向;D9 及 D10 腳則是限位開關的設定。另一塊則是控制 LED 燈條的閃爍方式。

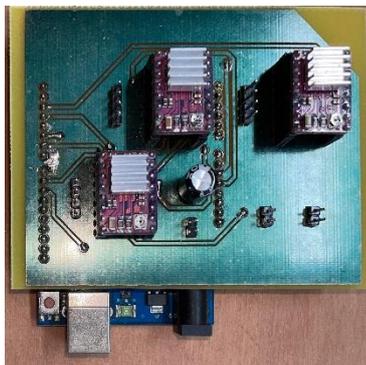


圖-4 擴充板

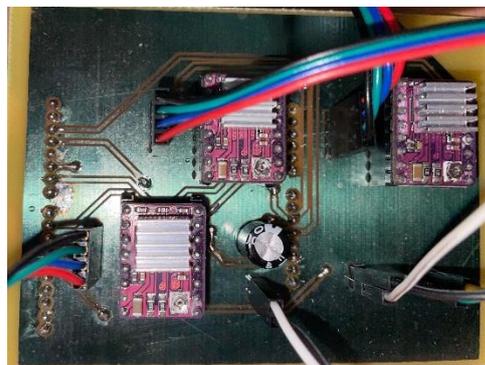


圖-5 擴充板接線圖

### 四、 馬達

在馬達挑選上，我們使用 nema-17 作為動力來源，其中一項原因是因為它使用開迴路控制，不容易產生失步的問題。馬達驅動 IC 使用 DRV8825，不使用 A4988 的原因是因為 DRV8825 的噪音與震動皆小於 A4988。

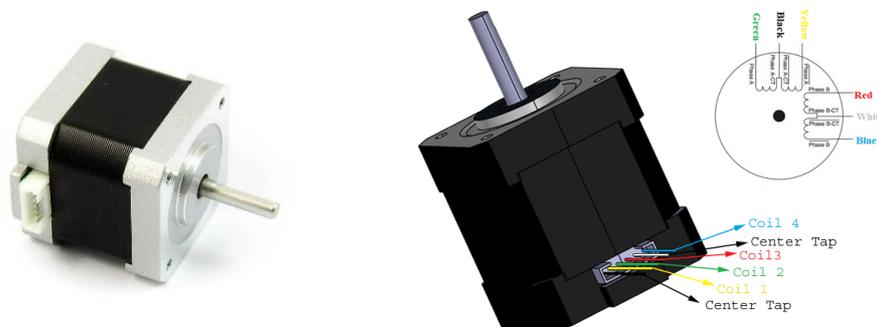


圖-6 步進馬達

## 五、DRV8825

具有可調節限制電流、過流和過溫保護，以及六種步進模式，包括全步、半步、1/4步、1/8步、1/16步和1/32步。它的工作電壓為 8.2 V 至 45 V，每相可提供高達約 1.5 A 的電流。

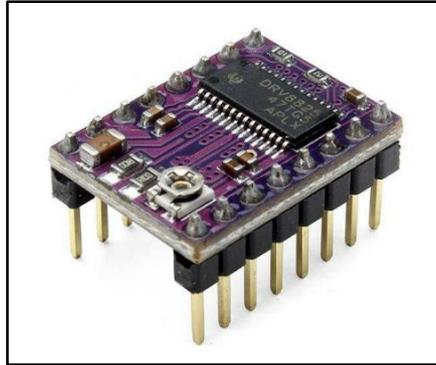


圖- 7 DRV8825

## 六、Sandify



圖- 8 Sandify

Sandify 是一個可以讓我們設計幾何圖形的一個網站。網站裡有許多得圖形可以挑選，我們也可以利用網站內的功能調整圖形的初始寬度、初始高度等等。設計完成後，Sandify 會幫我們把設計好的圖形輸出成 Gcode。

## 七、Gcode

Gcode，是最為廣泛使用的數控(Numerical Control)程式語言，有多個版本，主要在計算機輔助製造中用於控制自動工具機。G代碼有時候也稱為 G 程式語言。G代碼有命令數控機械執行動作的能力，例如執行床台移動或鑽孔... 等功能。



**.gcode file**

圖-9 Gcode

## 八、GRBL controller

GRBL 是一款免費開源的機器控制軟體，能夠發送 G 代碼並用於控制機器之移動，並可以直接運行在 Arduino 上，即可實現 CNC 機器的控制。我們可以將 GRBL 安裝到 Arduino 中，以獲得低成本、高性能的 CNC 控制器。GRBL 使用 G 代碼作為輸入，並通過 Arduino 輸出運動控制。



圖-10 GRBL

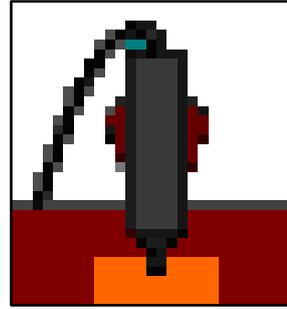


圖- 11 GRBL controller

## 九、限位開關

圖-13 限位開關的主要功能是當電動設備到達原點(HOME)時打開或關閉電路中的觸點，用來檢測已回到起點或特定点。



圖- 12 限位開關

## 十、WS2812

WS2812(圖-13)將控制電路和 RGB 芯片集成在一個 5050 燈珠中，形成一個完整的像素控制，內置信號整形電路，確保到下一個驅動器時波形不失真。



圖- 13 全彩 LED(WS2812)

## 十一、滑軌

滑軌是用來畫沙畫的機構，利用步進馬達上的齒輪帶動皮帶移動滑軌，滑軌上會有強磁鐵吸引沙盤上的磁球，磁球的路徑會產生圖形。



圖-14 滑軌

## 伍.製作結果

### 一、 架構

這是我們沙畫桌的整體架構，利用 Sandify 控制想呈現的圖案並轉成 Gcode，再上傳到 GRBL 使其能控制 Arduino 使滑軌移動並在沙子上產生所設計的圖形。



圖-15 沙盤



圖-16 內部滑軌

## 二、 成果展示

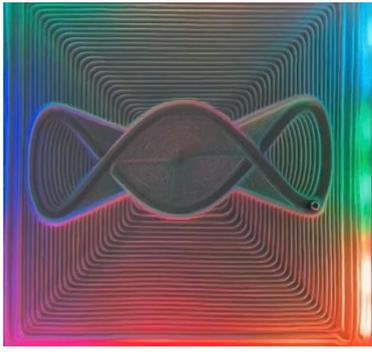


圖- 17 成果(spiral)

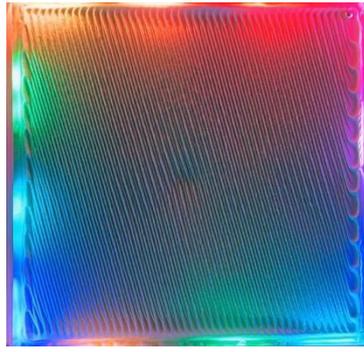


圖- 18 成果(wiper)

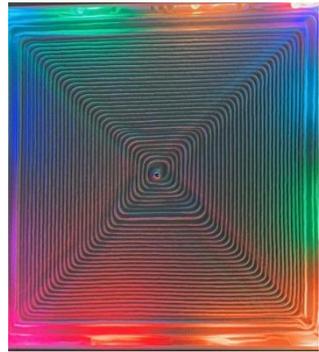


圖- 19 成果(square)

這是我們設計的幾個圖案(圖-17、圖-18、圖-19)，以下是我們在 Sandify 設計的圖案與實際呈現的對比圖形。

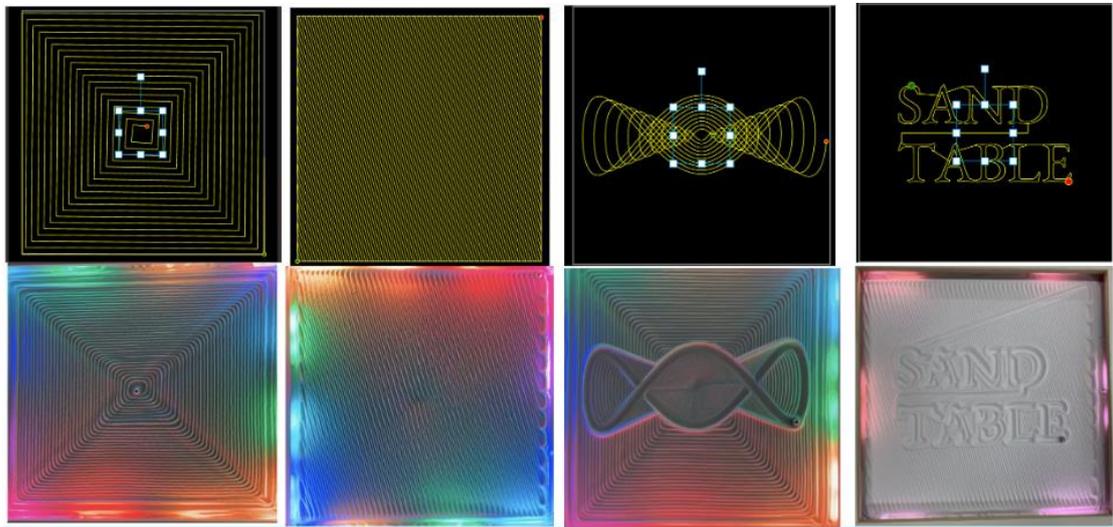


圖- 20 設計和成品圖對照

上排圖片是在 Sandify 設計的圖形，下排圖片則是沙畫實際呈現的圖形。

## 陸.討論

一開始，我們使用雷射切割機以裁切木板，因學校所使用的雷射切割機有限制的切割大小，於是我們將原來的設計稿配合學校的雷射切割機進行更動。由於成品完成後，使用雷射切割所組裝的木板無法負荷滑軌重量，所以我們另外找了一位木匠，在他的幫助下，我們做出一張新的桌子。這項專題因成品較為龐大，只能在學校組裝及進行測試，因此組員合作時間的善用及彼此投入時的專注度，就至關重要。團隊合作的訓練便是此一專題中最大的收穫。

## 柒.結論

### 一、噪音問題

在滑軌移動時，會產生噪音，使觀賞時可能會產生煩躁的感覺，與我們預期的目標產生反效果，所以我們希望可以改善這部分的問題，使呈現時能更佳地使人放鬆，帶來更好的體驗。

### 二、磁懸浮

在繪製圖形的過程中，我們無法有提筆的動作，所以只能完成一筆畫重複不間斷的圖形，如若想在沙子上呈現英文單字時，只能以草稿書寫完成。我們想改善這個問題的解決方式是利用磁懸浮，透過磁力使在沙盤上的磁球能夠浮起來，來達到提筆的動作，能產生更多不一樣的圖形。

### 三、人機介面

目前我們的沙畫桌只能在電腦上編輯想要呈現的圖形，我們希望能夠變得更輕巧一些，設計一介面讓使用者可以在手機上操控欲繪製的樣式。

## 捌. 參考資料

### 一、設定 GRBL

Dejan. (n.d.). How to Setup GRBL & Control CNC Machine with Arduino. How To Mechatronics.

<https://howtomechatronics.com/tutorials/how-to-setup-grbl-control-cnc-machine-with-arduino/>

### 二、DRV8825

OSOYOO Basic Board + CNC Shield V3.0+A4988 Installation Guide.

(n.d.). Osoyoo. <https://osoyoo.com/2017/04/07/arduino-uno-cnc-shield-v3-0-a4988/>

### 三、UNO 板接線

CNDY Shield GRBL CNC Arduino UNO 用戶指南. (2021, December

3). Manuals.Plus. <https://manuals.plus/zh-TW/cndy-shield/grbl-cnc-arduino-uno-manual#axzz7rebAIA86>

### 四、全彩 LED

Mr.鄭先生\_. (2021, August 1). 秒上手！使用 Arduino 控制基於 WS2812B 的 LED 燈條. CSDN.

[https://blog.csdn.net/zbp\\_12138/article/details/119299637](https://blog.csdn.net/zbp_12138/article/details/119299637)

## 玖.作品分工表

參賽學生	工作任務
A	電路板設計及製作、硬體測試
B	軟體設計、外觀設計、書面報告
C	軟體設計、外觀設計、書面報告
D	電路板設計及製作、硬體測試、軟體設計

## 拾. 競賽日誌

年	月	日	進度	紀錄	工作分配
111	8	25	蒐集資料	地點:學校 時數:3 小時	同學 A : 查資料 同學 B : 查資料 同學 C : 查資料 同學 D : 查資料
111	8	8	器材採購	地點:台中	同學 B : 器材採購 同學 C : 器材採購 同學 D : 器材採購
111	10	17	第一次測試	地點:學校	同學 C : 硬體測試 同學 D : 程式除錯
112	1	6	架構整合	地點:學校	同學 A : LED 同學 B : 沙畫桌組裝 同學 C : 沙畫桌組裝 同學 D : 滑軌
112	1	10	校內專題發表	地點:學校	同學 A : 成果發表 同學 B : 成果發表 同學 C : 成果發表 同學 D : 成果發表