

臺北市立大安高級工業職業學校

電子科

專題報告

沙畫機

Sand Painting Machine

學生 組長:吳宇恆
組員:吳睿桓
組員:陳柏勳
組員:蕭佳豪

指導老師:林家德老師

中華民國 111 年 1 月

中文摘要

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，所以我們製作了可以配合燈光自行作畫的沙畫機，在產品製作過程中我們主要技術是以 **Arduino** 控制兩顆馬達帶動機器作畫並配合藍芽控制的技術來完成主要功能，在這次的專題研究中主要發現是我們所使用的馬達控制技術是非常實用的且在控制技術與使用方向還有很多可以精進的地方，我們所製作的是一項療癒為主要功能的產品，這項作品具有寬廣的發展空間，且經過優化會是一個受人需要與喜愛的產品。

目錄

內容

中文摘要.....	I
目錄.....	II
圖目錄.....	IV
第一章 前言.....	1
1-1 專題製作背景	1
1-2 研究動機與目的	1
第 2 章 理論探討.....	2
2-1 元件	2
2-1-1 步進馬達	2
2-1-2 DRV8825 概述.....	3
2-1-3 極限開關 概述.....	4
2-1-4 WS2812 概述.....	4
2-1-5 L298N 概述.....	5
2-2 硬體	6
2-2-1 3D 列印	6
2-2-2 雷射切割	7
2-2-3 滑動模組	8
2-2-4 藍芽模組	9
2-2-5 蝕刻機	9
2-3 軟體	10
2-3-1 Arduino	10
2-3-2 Appinventor	10
2-3-3 Cura	11
2-2-4 Altium Designer	11
第 3 章 專題研究.....	13
3-1 專題架構	13
3-1-1 流程圖	13
3-1-2 外觀(硬體)	13
3-1-3 軟體	15
3-2 專題甘特圖	16
第 4 章 專題成果.....	18
4-1 馬達運轉	18
4-2 LED 燈	18

4-3 沙畫機	18
第 5 章 結論和建議	20
5-1 結論	20
5-2 建議	20
參考文獻	21
附錄	22

圖目錄

圖表 1 沙畫機示意圖.....	1
圖表 2 步進馬達.....	2
圖表 3 DRV8825(左) 散熱片(右).....	3
圖表 4 極限開關.....	4
圖表 5 W52812	5
圖表 6 L298N 腳位圖	6
圖表 7 3D 列印機.....	7
圖表 8 雷射切割(激光寶盒)	8
圖表 9 滑動模組.....	8
圖表 10 藍芽模組.....	9
圖表 11 ARDUINO 圖示.....	10
圖表 12 APP INVENTOR 圖示.....	11
圖表 13 CURA 圖示.....	11
圖表 14 ALTIUM DESIGNER.....	12
圖表 15 流程圖.....	13
圖表 16 沙畫機側視圖.....	14
圖表 17 LED 安裝圖.....	14
圖表 18 最下面底層.....	15
圖表 19 軟體架構圖.....	15
圖表 20 APP INVENTER 控制藍芽.....	16
圖表 21 APP INVENTER 控制搖桿.....	16
圖表 22 甘特圖.....	17
圖表 23 馬達側視圖.....	18
圖表 24 LED 流水燈	19
圖表 25 沙畫機成果圖.....	20

第一章 前言

1-1 專題製作背景

在一個忙碌的生活中，大家在喝下午茶的時候一定配著一台手機，如果這時候，桌子裡是一個能自動畫圖的沙畫機，想必一定會多看幾眼。如果家裡有一台沙畫機，在忙碌之餘不僅能欣賞美麗的作畫，還能釋放壓力。

1-2 研究動機與目的

在網路上看見一顆球在沙子上畫出許多美麗的圖案，讓我們不禁多加思索，去研究它運轉的原理，包括馬達運轉的原理，如何結合程式使其能成功畫出我們想要的圖案。運用我們所學過的專業知識，並將其完成。

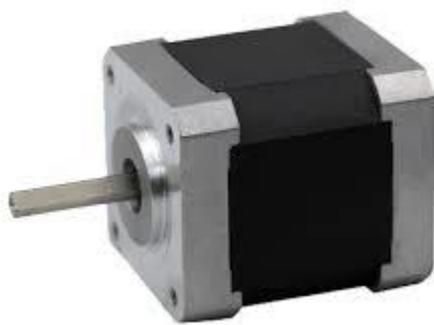


圖表 1 沙畫機示意圖

第 2 章 理論探討

2-1 元件

2-1-1 步進馬達



圖表 2 步進馬達

一、步進馬達工作原理

是由控制器、驅動器、馬達本體三者組成。三者公用分別如下:

1. 控制器：發出運轉指令，傳送需求速度以及運轉量的指令脈波信號。需使用步進馬達專用控制器或可程式控制器的定位模組。傳送的運轉指令脈波信號有如心臟跳動般的呈現矩形的波形，是間斷性的發出信號。

2. 驅動器：提供電力以保證馬達按指令運轉，驅動器會隨控制器傳送來的脈波信號來控制電力，由決定的電流通順序的來激磁迴路，並控制提供給馬達的電力以驅動迴路

3. 馬達本體：將電力轉化為動力，並按指令需求脈波數運轉。

二、步進馬達與一般馬達的差異

步進馬達的特徵是採用開迴路控制（Open-loop control）處理，不需要運轉量感測器（sensor）或編碼器，且切換電流觸發器的是脈衝信號，不需要位置檢出和速度檢出的回授裝置，所以步進電機可正確地依比例隨脈衝信號而轉動，因此達成精確的位置和速度控制，且穩定性佳。

直流馬達是依靠直流電驅動的馬達，最常見的是以磁場產生的力使馬達轉動。幾乎所有電流馬達都有類似的機構，用機電或電子的方式，週期性的改變馬達中電流的方向。

三、步進馬達種類介紹

(一)依結構分有三種:

- 1.可變磁阻式【Variable Reluctance Type】步進馬達，簡稱 VR 型步進馬達。
- 2.永久磁鐵式【Permanent Magnet Type】步進馬達，簡稱 PM 型步進馬達。
- 3.混合式【Hybrid Type】步進馬達，簡稱 HB 型步進馬達。

(二)依驅動上的差異可分為兩種:

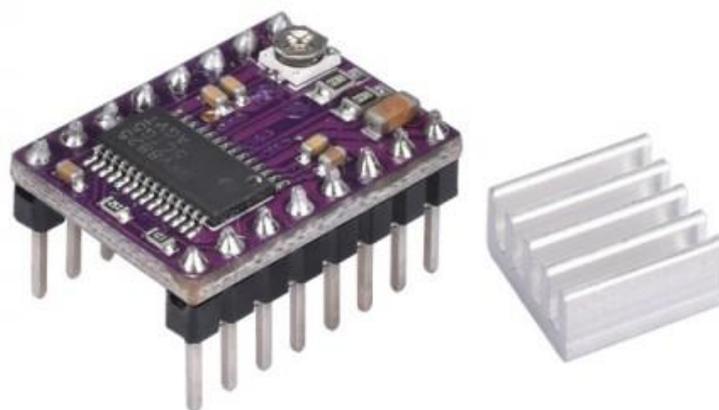
- 1.單極性型【Unipolar】步進馬達。
- 2.雙極性型【Bipolar】步進馬達。

(三)依步進角上的分類可分為三類:

1. 2 相步進馬達。
2. 3 相步進馬達。
3. 5 相步進馬達。

2-1-2 DRV8825 概述

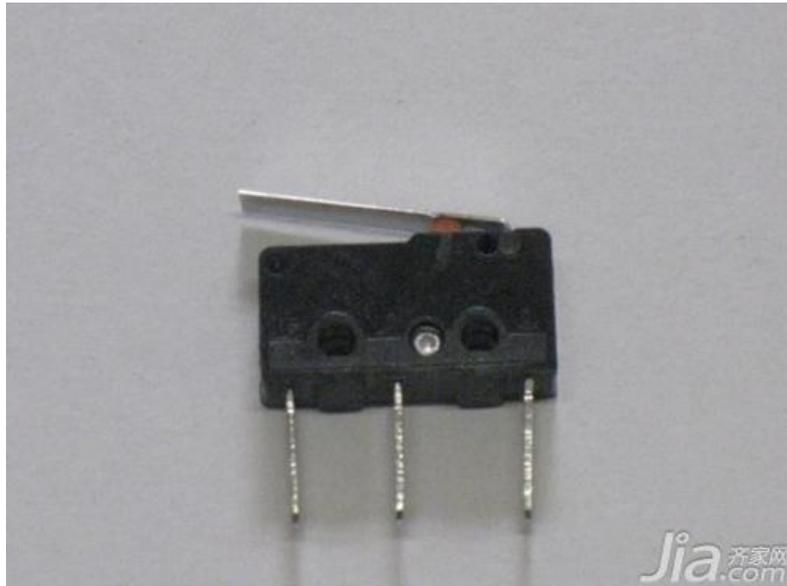
DRV8825 是一個步進電機驅動板，它帶有一個 DRV8825 芯片，可以通過 arduino 類型的編程固件和軟件控制步進電機。 DRV8825 板可提供高達 2.5A 峰值或 1.75A，可以透過 M1,M2,M3 來控制步進馬達要轉幾度，最大一步有 1.8° ，最小可以有 $1.8^\circ/32$ 。可以控制得相當精準，缺點是需要搭配散熱片。



圖表 3 DRV8825(左) 散熱片(右)

2-1-3 極限開關 概述

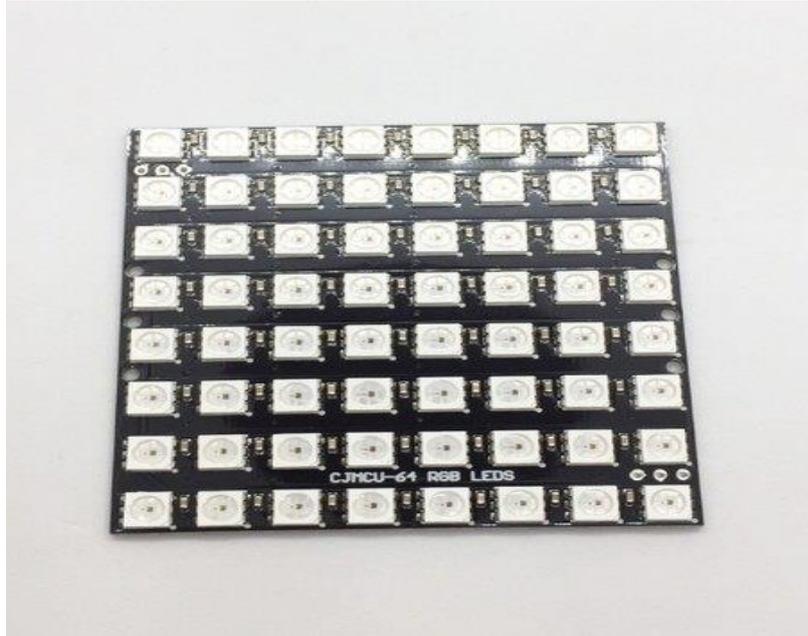
有三個腳位，分別是 C、NC、NO，C 是 common(共通的)，NC 是 normal closed(常閉)，NO 是 normal open(常開)，當開關被觸發後，會由 NC 切換到 NO，並回傳信號到程式裡。



圖表 4 極限開關

2-1-4 WS2812 概述

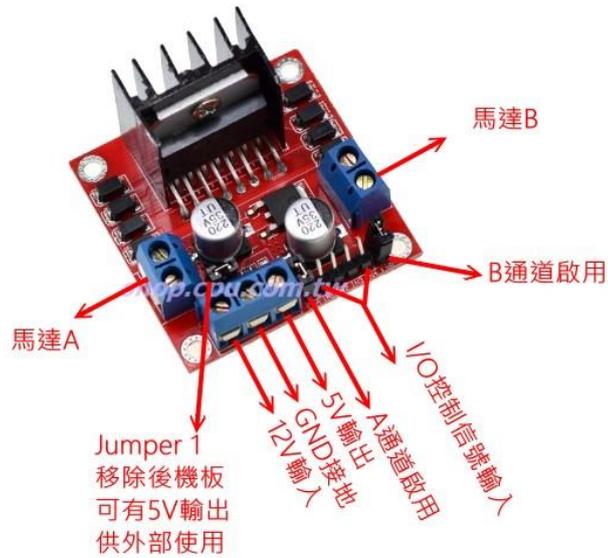
是一個串列傳輸的小型 LED 燈，由一顆 LED 的電源及地可以串列傳輸到下一顆 LED，有 RGB 三種顏色，每個顏色有 0~255 個色階，總共是 2 的 8 次方，是 8bits，三個顏色一共有 24bits，方便控制。



圖表 5WS2812

2-1-5 L298N 概述

工作電壓高，最高可以到達 40 伏，輸出電流大，瞬時峰值電流可以到達 3 安培，兩個內置 H 橋，高壓，大電流，全橋驅動器，可用於驅動直流電機，步進電機，繼電器線圈等感性負載。



圖表 6 L298N 腳位圖

2-2 硬體

2-2-1 3D 列印

3D 列印（英語：3D printing），又稱立體列印、增材製造（英語：Additive Manufacturing，AM）、積層製造，可指任何列印三維物體的過程。[1]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。[2]3D 列印的內容可以來源於三維模型或其他電子資料，其列印出的三維物體可以擁有任何形狀和幾何特徵。3D 列印機屬於工業機器人的一種。



圖表 7 3D 列印機

2-2-2 雷射切割

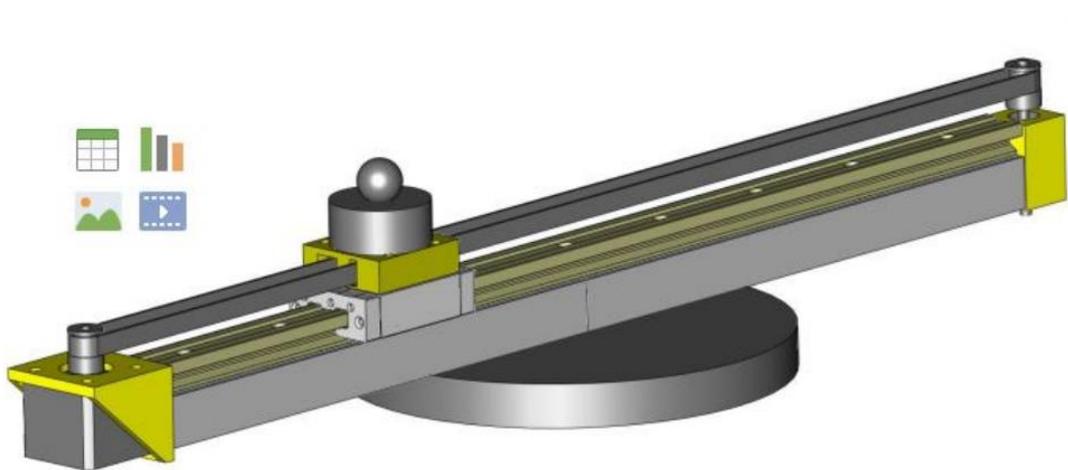
雷射切割（英語：Laser cutting）是一種使用雷射光切割材料的技術，通常用於工業製造應用，但也開始被學校、小企業和業餘愛好者使用。雷射光切割的工作原理是通常通過光學系統引導高功率雷射光器的輸出。雷射光切割採用的雷射光是可控的單色光，強度高，能量密度大，通過光學系統聚焦能產生巨大的功率密度，以 CNC（計算機數字控制）引導材料或產生的雷射束，使高能雷射束照射在工件的被加工的地方來完成加工。用於切割材料的典型商用雷射器涉及遵循 CNC 或 G 代碼的運動控制系統要切割到材料上的圖案。聚焦的雷射束指向材料，然後熔化，燃燒，蒸發，或被氣體噴射吹走，留下具有高質量表面光潔度的邊緣。工業雷射切割機用於切割平板材料以及結構和管道材料。



圖表 8 雷射切割(激光寶盒)

2-2-3 滑動模組

在桿子上有一個放磁鐵的底座，並運用馬達帶動履帶，使其能夠左右滑動，控制沙畫機的前後移動。



圖表 9 滑動模組

2-2-4 藍芽模組

藍牙（英語：Bluetooth），一種無線通訊技術標準，用來讓固定與行動裝置，在短距離間交換資料，以形成個人區域網路（PAN）。其使用短波特高頻（UHF）無線電波，經由 2.4 至 2.485 GHz 的 ISM 頻段來進行通訊[3]。1994 年由電信商愛立信（Ericsson）發展出這個技術[4]。它最初的設計，是希望建立一個 RS-232 數據線的無線通訊替代版本。它能夠連結多個裝置，克服同步的問題。



圖表 10 藍芽模組

2-2-5 蝕刻機

刻蝕（英語：etching）是半導體器件製造中利用化學途徑選擇性地移除沉積層特定部分的工藝。刻蝕對於器件的電學性能十分重要。如果刻蝕過程中出現失誤，將造成難以恢復的矽片報廢，因此必須進行嚴格的工藝流程控制。半導體器件的每一層都會經歷多個刻蝕步驟。[1] 刻蝕一般分為電子束刻蝕和光刻，光刻對材料的平整度要求很高，因此，需要很高的清潔度。但是，對於電子束刻蝕，由於電子的波長極短，因此解析度與光刻相比要好的多。因為不需要掩模板，因此對平整度的要求不高，但是電子束刻蝕很慢，而且設備昂貴。

對於大多數刻蝕步驟，晶圓上層的部分位置都會通過「罩」予以保護，這種罩不能被刻蝕，這樣就能對層上的特定部分進行選擇性地移除。在有的情況中，罩的材料為光阻性的，這和光刻中利用的原理類似。而在其他情況中，刻蝕罩需要耐受某些化學物質，氮化矽就可以用來製造這樣的「罩」。

2-3 軟體

2-3-1 Arduino

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。此外 Arduino 作為一個開源硬體和開源軟體的公司，同時兼有專案和使用者社群。該公司負責設計和製造 Arduino 電路板及相關附件。這些產品按照 GNU 寬通用公共許可證（LGPL）或 GNU 通用公共許可證（GPL）[1]許可的開源硬體和軟體分發的，Arduino 允許任何人製造 Arduino 板和軟體分發。Arduino 板可以以預裝的形式商業銷售，也可以作為 DIY 套件購買。



圖表 11 Arduino 圖示

2-3-2 Appinventor

它可以讓任何熟悉或不熟悉程序設計的人來創造基於 Android 作業系統的應用軟體。它使用圖形化界面，非常類似於 Scratch 語言和 StarLogo TNG 用戶界面。用戶可以拖放圖形對象來創造一個運行在安卓系統上的應用，它就可以在許多手機設備上運行。



圖表 12 App inventor 圖示

2-3-3 Cura

Cura 是用於 3D 打印機的開源切片應用程序。[1]它由 David Brahm 創建，他後來受僱於 3D 打印機製造公司 Ultimaker 來維護軟件。Cura 在 LGPLv3 許可下可用。[2] Cura 最初在開源 Affero 通用公共許可證版本 3 下發布，但在 2017 年 9 月 28 日，許可證更改為 LGPLv3。[3]此更改允許與第三方 CAD 應用程序進行更多集成。[4]開發託管在 GitHub 上。[2]Ultimaker Cura 被全球超過 100 萬用戶使用，每周處理 140 萬個打印作業。它是 Ultimaker 3D 打印機的首選 3D 打印軟件，但它也可以與其他打印機一起使用。



圖表 13 Cura 圖示

2-2-4 Altium Designer

Altium designer 是 altium 公司開發的一款電子設計自動化軟體，用於原理圖、PCB、FPGA 設計。結合了板級設計與 FPGA 設計。2005 年之前叫做 Protel。

收購來的 PCAD 及 TASKING 成為了 altium designer 的一部分。2009 年推出 altium designer winter09。在高速電路板布線方面，可進行差分對布線。

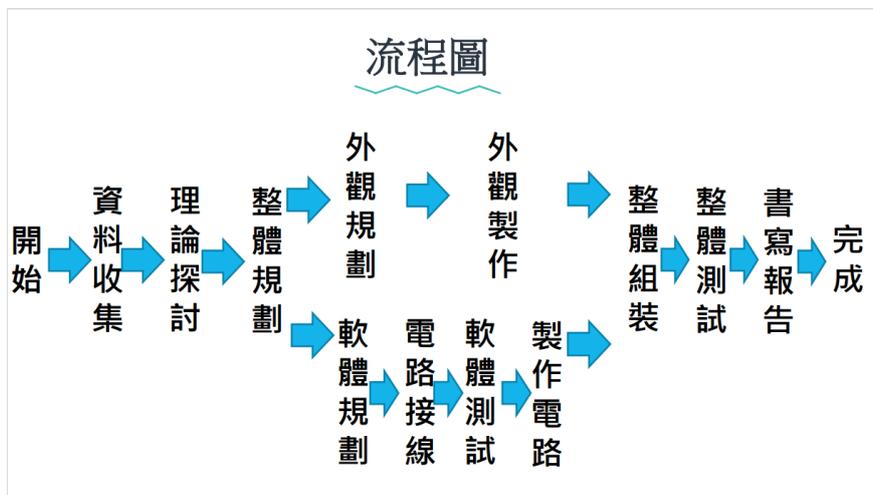


圖表 14 Altium Designer

第 3 章 專題研究

3-1 專題架構

3-1-1 流程圖



圖表 15 流程圖

3-1-2 外觀(硬體)

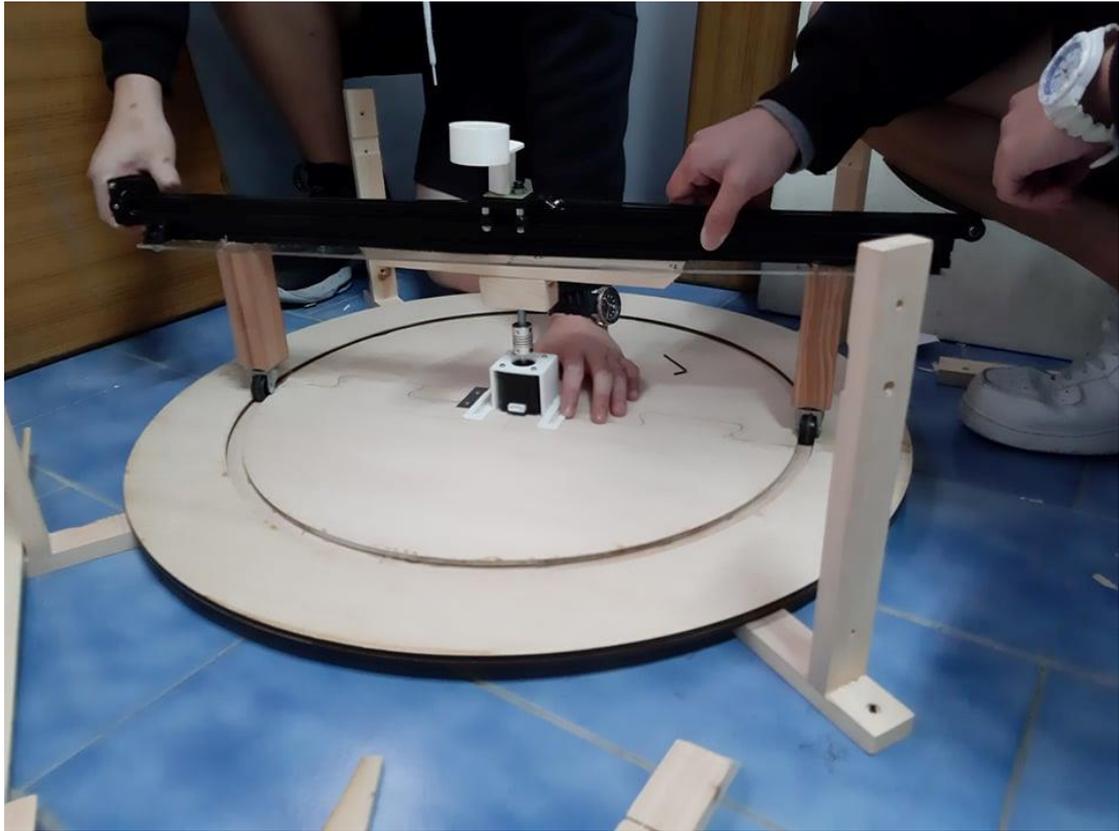
放置沙子的圓盤，我們運用了雷射切割製作了一圈又一圈的木板，並經過板材膠合，等到乾了再全部拼裝。再把 LED 四個四個一組，分別焊接好後，粘在最內層的板材上。馬達運行的部分，先運用 3D PRINTER 列印好放置磁鐵的裝置後，再結合滑動模組放置在減速動力裝置上。最下面底層的部分，最底下是一片圓的木板，旁邊有四根支架支撐上方的圓盤，並與底下的圓盤釘裝在一起。



圖表 16 沙畫機側視圖

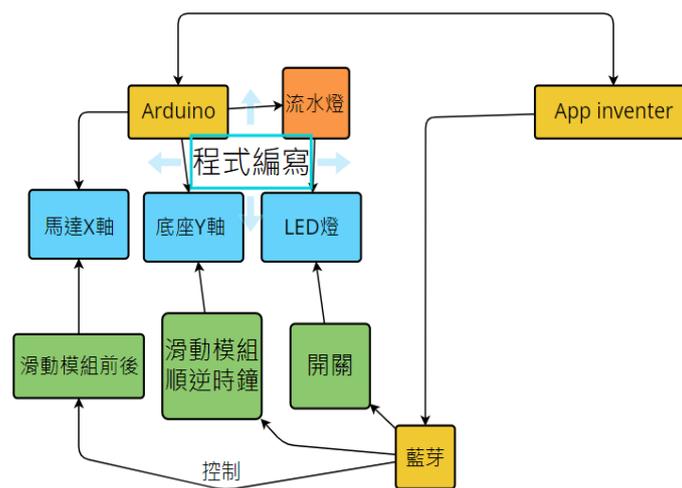


圖表 17 LED 安裝圖

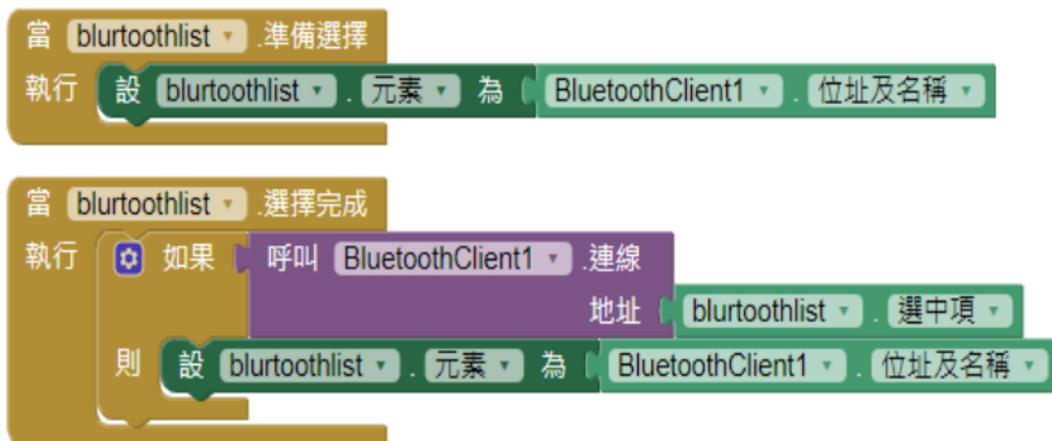


圖表 18 最下面底層

3-1-3 軟體



圖表 19 軟體架構圖



圖表 20 App inventer 控制藍芽



圖表 21 App inventer 控制搖桿

3-2 專題甘特圖

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	
資料蒐集	■	■	■																全
專題準備		■	■	■															全
機構規劃			■	■															全
材料準備				■	■	■													全
製作硬體					■	■	■	■	■	■									8 27
測試硬體									■	■	■	■							8 27
製作外觀							■	■	■	■									9
製作軟體					■	■	■	■	■	■									37
測試軟體									■	■	■	■							37
整體測試組裝												■	■	■	■				全
修改及除錯														■	■	■			全
報告撰寫															■	■	■		全
書面報告																	■	■	全
預定進度	0	0	0	1	5	10	30	40	50	60	70	80	85	89	90	95	98	100	累積百分比 %

圖表 22 甘特圖

第 4 章 專題成果

4-1 馬達運轉

我們成功用手機藍芽連上 Arduino，並控制馬達，使 X 軸能左右移動，底盤也可以順時針逆時針旋轉。使沙畫機可以畫出直線以及螺旋狀的圖形。



圖表 23 馬達側視圖

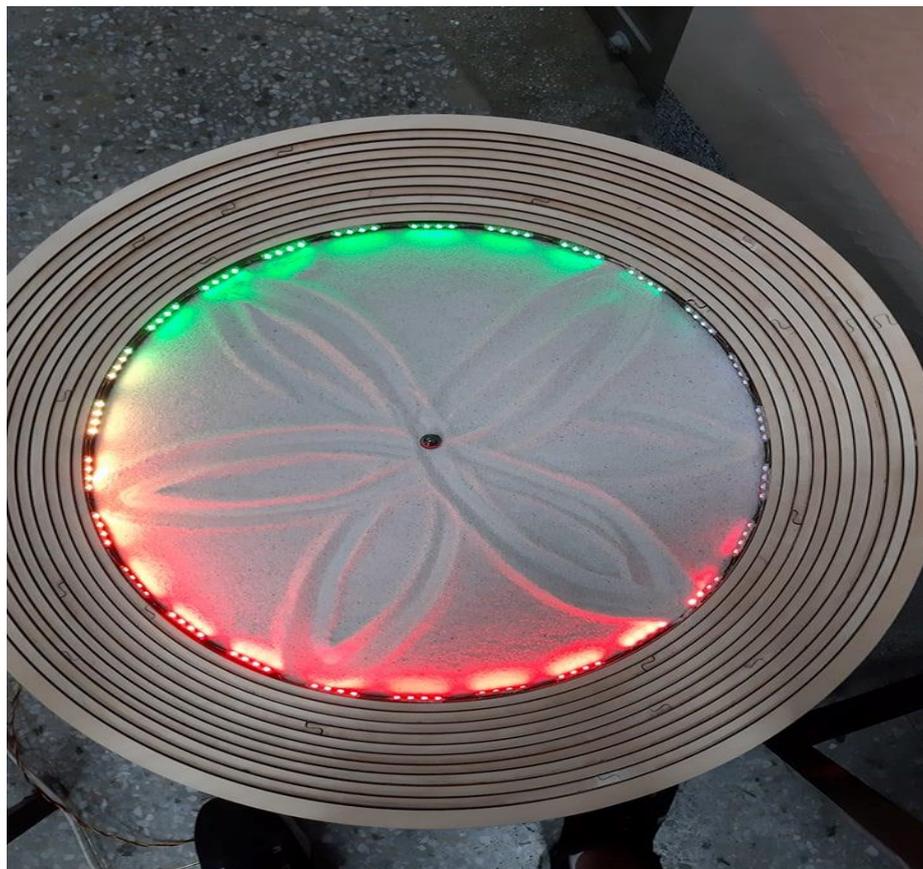
4-2 LED 燈

我們製作了流水燈，能使其有彩虹般的閃爍。

4-3 沙畫機

能用 App inventor 上的搖桿控制，想畫什麼就畫什麼，也可以自動繪製程式內

建的圖案，並搭配酷炫的燈光效果。



圖表 24 LED 流水燈

第 5 章 結論和建議

5-1 結論

這次我們原本是使用樹莓派，最初我們大家還不熟悉樹莓派，導致進度嚴重落後，我們更換了 Arduino 進程式編寫，進展得很順利。在最後雖然有點紛爭，不過還是把成品成功的製作出來。

5-2 建議

我們的沙畫機的缺點是無法同時選擇要遙控還是自行繪製，需要燒錄不同的程式，兩個程式無法結合，原因是藍芽腳位無法同時傳遞兩個訊號，導致無法控制。我們無法控制 LED 的顏色變化，所以只能用流水燈的形式展現。



圖表 25 沙畫機成果圖

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(2019年5月14日)。極限開關。取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A5%B5%E9%99%90%E9%96%8B%E9%97%9C>
- [5]Bitwizard (2017年3月21日)。WS2812。取自
https://bitwizard.nl/wiki/Usb_ws2812
- [6]SUNFOUNDER(2017年5月1日)。Motor Driver Module-L298N。取自
http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=Motor_Driver_Module-L298N
- [7]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>
- [8]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>
- [9]維基百科(2005年12月15日)。藍芽。取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%97%8D%E7%89%99>
- [10]維基百科(2013年3月3日)。蝕刻。取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%88%BB%E8%9A%80>
- [11]維基百科(2009年9月23日)。Arduino。取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [12]維基百科(2017年10月17日)。MIT 應用開發者。取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/MIT%E5%BA%94%E7%94%A8%E5%BC%80%E5%8F%91%E8%80%85>
- [13]維基百科(2019年8月8日)。Cura (software)。取自
[https://en.wikipedia.org/wiki/Cura_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cura_(software))
- [14]維基百科(2013年8月3日)。Altium Designer。取自
https://zh.wikipedia.org/wiki/Altium_Designer
- [15]GitHub(2019年)。Sand Table。取自
<https://github.com>

附錄

1. 組員介紹

姓名	吳宇恒	班級	電子三乙	
曾修習專業科目	1.基本電學與實習 2.電子學與實習 3.數位邏輯與實習 4.微處理機與實習 5.電子電路與實習			
參與專題工作項目	1.資料蒐集 2.機械結構 3.外觀製作 4.製作硬體			
經歷簡介	工業電子丙級檢定合格			

姓名	吳睿桓	班級	電子三乙	
曾修習 專業科目	<ol style="list-style-type: none"> 1.基本電學與實習 2.電子學與實習 3.數位邏輯與實習 4.微處理機與實習 5.電子電路與實習 6.汽車電子與實習 			
參與專題工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1..電路圖繪製 2.印刷電路板 3.文書處理 4.步進馬達測試 5.計劃書撰寫 			
經歷簡介	工業電子丙級檢定合格			

姓名	陳柏勳	班級	電子三乙	
曾修習專業科目	<ol style="list-style-type: none"> 1.基本電學與實習 2.電子學與實習 3.數位邏輯與實習 4.微處理機與實習 5.電子電路與實習 			
參與專題工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1.設計圖設計 2.機械結構 3.硬體製作 4.資料蒐集 			
經歷簡介	工業電子丙級檢定合格			

姓名	蕭佳豪	班級	電子三乙	
曾修習專業科目	<ol style="list-style-type: none"> 1.基本電學與實習 2.電子學與實習 3.數位邏輯與實習 4.微處理機與實習 5.電子電路與實習 			
參與專題工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1.Arduino 製作 2.外觀製作 3.步進馬達測試 4.蒐集資料 			
經歷簡介	工業電子丙級檢定合格			

2.設備清單

類別	設備、軟體名稱	應用說明
硬體	電腦	蒐集資料、程式撰寫、3D 繪圖
軟體	Word 2016	製作計劃書
軟體	Powerpoint 2016	製作簡報
軟體	Altium Designer 2016	電路板繪製
工具	30W 電烙鐵	電路板焊接
儀器	曝光機	印刷電路板

儀器	蝕刻機	印刷電路板
儀器	鑽孔機	製作電路板
軟體	樹梅派	程式撰寫
工具	麵包版	測試電路
硬體	3D 列印機	3D 元件製作
工具	金屬銼刀	3D 元件打磨
軟體	Inventer2021	3D 元件繪製
軟體	Arduino	程式撰寫
軟體	App inventer	程式編寫
軟體	Cura	繪製 3D 圖檔
軟體	Altium Designer	繪製電路圖

3.材料清單

類別名稱	材料名稱	單位	數量	應用說明	備註
耗材	顯像劑	包	1	印刷電路板	
元件	樹梅派版	片	1	燒錄程式	
元件	導螺桿 600mm	根	1	運行馬達	
元件	步進馬達	顆	3	操控導螺桿運行及轉動	
元件	杜邦線	條	N	連接電路	

元件	WS2812	顆	N	外觀裝飾	
元件	焊錫	捆	1	焊接用	
元件	排針	排	N	連接電路	
物品	沙子	包	2	顯示成品	
元件	DRV8825	顆	2	控制馬達	
元件	極限開關	個	2	偵測邊緣	
元件	L298N	個	1	控制馬達	