

# 三軸雷射雕刻機構的控制程序

童暉倫  
朝陽科技大學資訊  
工程系

蔡維哲  
朝陽科技大學資訊  
工程系

黃冠堯  
朝陽科技大學資訊  
工程系

劉省宏  
朝陽科技大學資訊  
工程系  
shliu@cyut.edu.tw

## 摘要

利用 3D 列印與雷射雕刻技術來製作物品在近年來漸漸地開始流行。隨著需求與製作的方向不同有越來越多不同尺寸與型態的機器被製作出來。本專題研究的目的是針對特製的 3D 列印機構，對它設計一套控制系統，將欲列印的圖檔所轉換出來的尺寸圖，能完整的在 3D 列印機構呈現。專題中建構出操作者使用介面，資料傳輸介面，3D 列印機構控制電路和韌體程式，控制韌體採用 TI MSP430 F5342 為控器，可以讓 3D 列印機構正確完成列印動作。

**關鍵詞：**3D 列印機構、雷射雕刻、TI MSP430

## Abstract

In recent years, 3D printer and laser carving technique have been used to make some articles. But, the some manufacturing needs and methods are different. Many different mechanisms of 3D printer are developed. In this project, the goal was to develop a control system for a mechanism of special 3D printer which could control the 3D printer to finish the designing 3D schematic scale. We finished a user interface in PC, data communication between PC and controller of 3D printer, controller circuit, and controller firmware. TI MSP430 F5342 was used as the controller. Our designed control system could accurately control this mechanism to do the 3D printer.

**Keywords:** 3D printer, Laser carving technique, TI MSP430

## 1. 前言

### 1.1 背景說明

在這個科技化的時代中，人類每天都不斷地追求進步和更大的便利性，所以 3D 列印技術就這樣發展出來而且日益普及化了。3D 列印這項技術運用的範圍非常廣泛，小至毫米級大的甚至可用來建造房屋。但是有如此多樣化的機器不一定都能夠符合我們所要印製產品的需求，因此就有了自製機台的出現，而使用自製的機構所要面臨最大的問題就是如何去控制它，讓它能夠依照我們所設計的尺寸需求來製成成品。

### 1.2 研究目標

此套控制程序的目的是在於解決非市售的自製三軸機構控制，當市售的機台不符合我們需求的時候，就必須尋求方法解決問題，而這個方法通常就是自製一台符合需求的機台來應付所需。而新的機台製作出來之後，首先面臨到的就是因為它的獨特性並不一定能與市售機台共通使用相同的傳輸製作流程。所以我們設計了一套控制程序讓自製機台能夠簡易的就能夠經過簡單的程序就能使用。

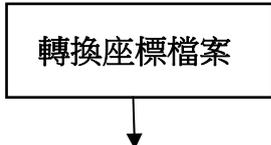
## 2. 系統介紹

本套控制程序的目的是在於解決使用一台自製的三軸機構所必須面臨的問題，因與市售機型不同的是自製機構並非固定規格，為了與繪圖軟體相互搭配我們從繪圖軟體輸出數值的擷取開始做起，而其餘韌體部分則是以 MCU 為核心來進行對硬體部分的控制以及狀態之偵測。

### 2.1 系統架構

本套控制程序架構如下圖 1 所示：

當使用繪圖軟體將欲製作之物品的檔案完成之後，我們將其輸出的座標檔案做機構能辨別的格式擷取，接著透過 Matlab 經由 PL2303 之 USB 線路傳輸方式傳送至我們以 MCU 為核心設計的電路板上進行計算以及控制，以達到驅動三軸機構進行動作的目的。



轉換座標檔案

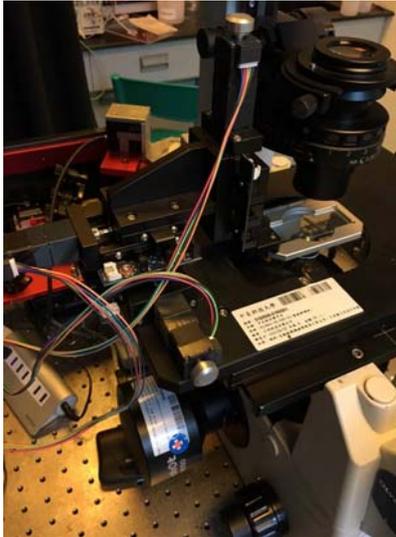


圖 1 控制程序架構圖

## 2.2 操作

### 作流程

當我們使用繪圖軟體將欲製作之物品的圖形檔繪製完成之後，經過轉換輸出會成為本三軸機構所能執行之檔案規格，從電腦端介面能夠選擇所要之檔案以及 PL2303 之 USB 端子在電腦端相對應之 COM 腳位，接著就能夠開使進行座標資料傳輸，同時三軸機構動作並開始進行雕刻或印製。

## 3. 系統功能

就整套三軸機構控制程序而言：

- (1) 數據轉換與擷取
- (2) 步進馬達控制
- (3) 工作範圍偵測

## 4. 功能分析

### 4.1.繪圖軟體資料擷取

要列印一個物品它的來源就是由繪圖軟體輸出，但是繪圖軟體的設定並不能直接符合我們所使用的自製三軸機構，所以就要依照機構上所使用之步進馬達的精度還有能夠工作的長度範圍來訂定所能接受的數值範圍。我們先將圖檔以文字方式開啟並只擷取其中之座標資料，接著依照機構所能行走之範圍格式進行數字擷取。擷取前資料如圖 2。

```

===== Fabrication Task =====
Format Version : 01
== General Information ==
Exposure Time : 1
Laser Power : 0.250000
Voxel Distance : 0.700000
Flag of 'Start from Top' : 1
Flag of 'Multi-Paths' : 0
Number of Multi-Paths : 1
Number of Rules : 0
Flag of 'Shortest Moving Paths' : 1
Flag of 'Smoothing' : 0
Smoothing Distance : 0.500000
== Scan Path Information ==
Number of Total Paths : 326
Path Number : 0
Number of Total Points : 3060
0.000000 134.817570 810.000000
0.699612 134.817570 810.000000
1.399223 134.817570 810.000000
2.098835 134.817570 810.000000
2.798446 134.817570 810.000000
3.498058 134.817570 810.000000
4.197669 134.817570 810.000000
4.897281 134.817570 810.000000
5.596892 134.817570 810.000000
6.296504 134.817570 810.000000
6.996115 134.817570 810.000000
7.695727 134.817570 810.000000
8.395338 134.817570 810.000000

```

圖 2 擷取前

繪圖軟體完成後之檔案以文字檔案方式開啟，會看到其中有許多不必要以及 Matlab 無法辨識及傳輸的字元，我們將多餘的字元去除以及依照計算過後機構能夠辨識的數值格式進行截取，讓機器能夠正常刻印。擷取後如圖 3。

```

0.0 134.8 810.0
0.7 134.8 810.0
1.4 134.8 810.0
2.1 134.8 810.0
2.8 134.8 810.0
3.5 134.8 810.0
4.2 134.8 810.0
4.9 134.8 810.0
5.6 134.8 810.0
6.3 134.8 810.0
7.0 134.8 810.0
7.7 134.8 810.0
8.4 134.8 810.0
9.1 134.8 810.0
9.8 134.8 810.0
10.5 134.8 810.0
11.2 134.8 810.0
11.9 134.8 810.0
12.6 134.8 810.0

```

圖 3 擷取後

### 4.1.1 範圍計算

我們所使用的三軸機構如圖 4 所示。其三個軸皆由獨立的步進馬達組成，每個步進馬達之行程為 25mm、一步為 0.002mm 且每 500 步為一圈，因而得知每一圈行走之距離為 1mm。但因為其三個軸上皆附有紅外線感測器所組成之上下界感測器，經我們實際測試後得知其有效工作長度約為 23mm。故我們以步進馬達之一步為 1 點來計算，乘上步進馬達所行走之 23 圈後得知馬達所能接受之單一座標值上限為 11500。



圖 4 三軸機構

#### 4.2. 資料傳輸

資料經過轉換完成之後皆會透過 Matlab 端經由 PL2303 來進行傳輸座標資料進入 MCU 的動作。在座標傳輸的部分是採取逐列傳輸的方式進行運作，目的是避免資料傳輸過程中有遺失的情況出現。在操作介面中能夠選取所要製作之檔案以及 USB 介面在電腦端所對應的 COM 腳位，以及進行連線即開始穿送座標資料之案鍵。圖 5 為操作介面。



圖 5 操作介面

在資料傳輸方面是以 PL2303 線材來進行資料的傳輸以及交換，如圖 6。其電腦端是使用 USB 介面，會有對應的 COM 點位需要設定，而與電路板連接端則是使用 RX/TX 來與 MCU 進行資料的交換。傳輸方式則是因 Matlab 的限制，必須將數值除以 255 之後將商值與餘值傳輸至 MCU 端，再進行數值還原的動作。而主要交換的訊息有電腦端傳進座標資料以及結束碼、檢查碼的交換。

圖 6 PL2303 線材

#### 4.3. 韌體簡介

##### 4.3.1 使用之 MCU 簡介

本專題所使用之 MCU 為德州儀器公司所製造之 MSP430F5342A 型號。我們將其置於轉接板上再與我們所洗製之電路板結合，如圖 7 所示。我們使用此款 MCU 進行步進馬達正反轉控制、上下限偵測以及歸零等控制功能使用。

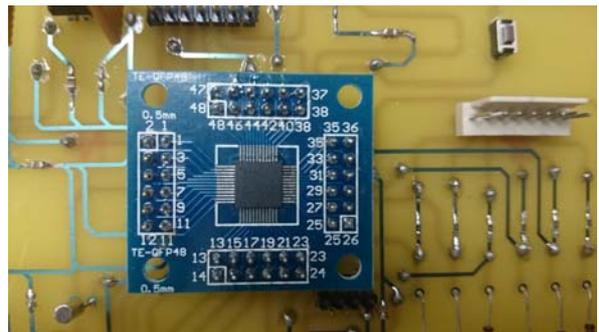


圖 7 MSP430F5342A

##### 4.3.2 韌體功能架構

我們以 MSP430F5342A 為控制核心來進行各項控制以及狀態的偵測及顯示。韌體功能架構圖如圖 8 所示。

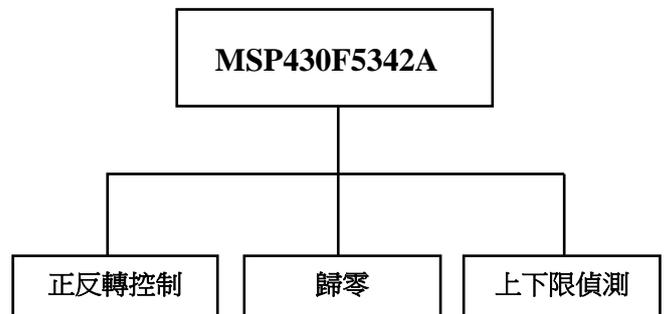


圖 8 韌體功能架構圖

#### 4.4.硬體功能及介紹

本專題之硬體核心為一台自製之三軸機構，其送進行 3D 雷射雕刻之模式為採取光聚合，以聚焦方式讓負光阻樹脂硬化進而形成欲製作之物品。而其主要結構是由三個獨立之步進馬達所組成之連動機構，我們所製作出之功能為三軸同時動作並且能夠同時進行 3D 印製功能。

##### 4.4.1 步進馬達控制

此三軸機構之三個軸皆由獨立之步進馬達所組成(如圖 9)，其訊號來源是由 MCU 計算出所需動作之行為結果以後，傳輸出正轉或是反轉信號至與其搭配之控制盒(如圖 10)，接著驅動使馬達開始運作。



圖 9 獨立之步進馬達照



圖 10 與步進馬達搭配之控制盒

##### 4.4.2 上下限偵測及控制

每個軸所能夠行走的範圍以及工作範圍階被其軸上所安裝的上下限偵測器所限制住，感測器如圖 11 所示。其上有三組 24 伏特之紅外線偵測器，我們只取左側以及右側的感測器來做使用，最左側的為上限偵測，以及右側的下限偵測。

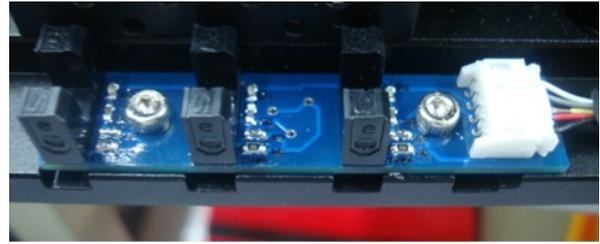


圖 11 上下限感測器

當感測器未被遮蔽時，它會持續的送出 24 伏特的電壓信號，MCU 端也會應由降壓電路偵測到有信號的輸入。當某個軸的遮蔽片遮蔽到感測器時電壓就會中斷，MCU 端也會及時知道是哪個軸的上限或下限被遮蔽進而做出相對應的動作。

##### 4.4.3 歸零動作介紹

再歸零動作這方面分為兩種不同的歸零模式，如下所示：

- (1) 作品完成後正常歸零。
- (2) 開機以及偵測到狀態異常後，先向外行走一定距離再重新進行歸零。

在物品刻印完成之後會進行主動歸零的動作，其動作方式就是當結束碼傳輸進 MCU 之後，代表作品已經刻印完成了，三個軸就會同時向原點方向進行迴轉，每當任何一個軸到達上限點被偵測到時就會停止，直到三個軸的上限都偵測到為止。流程如圖 12 所示。

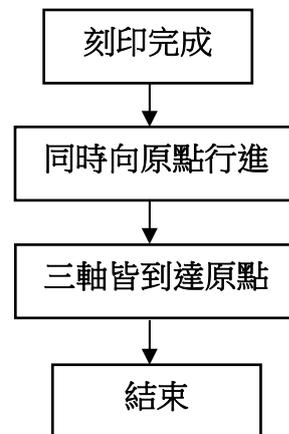


圖 12 正常歸零流程

而在每一次重新啟動時以及出現異常過後的歸零方式會有些許不同，因為是以紅外線偵測方式來判斷位置的關係，每當開機時就算是在原點位置被偵測到我們也無法確定是否真的是剛好遮蔽狀態，或許有的軸被轉動過遮蔽的比較多，而發生異常過後也是一樣的強況，我們無法的知任何一個軸是否都剛好是在相同的歸零點位，所以我們設計了不同的歸零方式來做區別。此種方式比正常歸零多了一個向外行走 3 圈的步驟，目的是為了讓三軸都先離開原點的感測器再重新做歸零定位，進而確定下次進行動作會從精準位置開始。如圖 13。

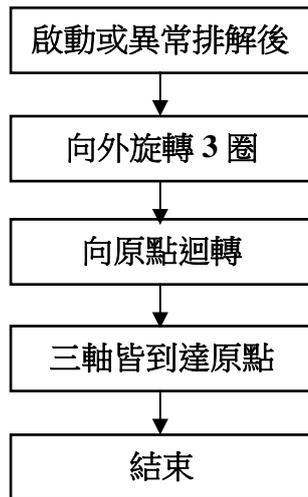


圖 13 特殊歸零方式流程圖

#### 4.4.4 電路板介面介紹

本專題所使用的控制核心為 MCU，所以我們親自設計了一塊電路板並且以手洗方式完成。主要輸入店員為 24 伏特，其上包含了輸入電壓的分配以及降壓、上下限偵測電路、控制線的連接以及狀態燈號的顯示。電路板如圖 14 所示。右下的紅色 LED 為電源燈，當電源正常輸入時亮起；下方中間綠色 LED 為定點提示燈，當達到座標定位時會閃爍一次；中間黃色 LED 為狀態提示燈，閃爍表示等待資料輸入、恆亮則代表正在工作中。

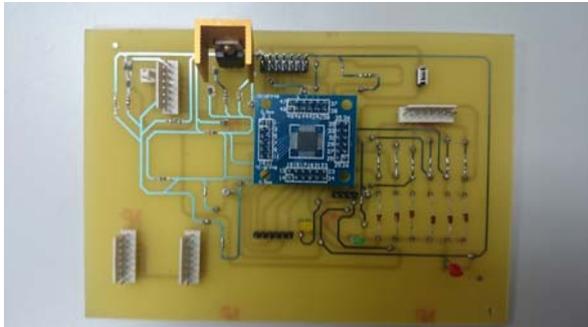


圖 14 電路板全貌

### 5. 成果檢討

本專題已大致完成所設定的目標，其中也碰到許多困難，例如電路板的設計，以及程式的撰寫設計，最終還是達成了所設定的目標，對未來的期望則是希望當有人因需求而必須自製三軸機構時能夠對他有所幫助。

但針對整套控制流程還是有些地方需要進行改進才能使整套系統更加完美。以下陳列出尚可改進之部分。

- (1) 電腦端介面目前只有檔案選擇，尚未有即時顯示製作之進度的部分。
- (2) 資料傳輸與製作之速度需要有效提升，否則製做時間過長。
- (3) 繪圖軟體輸出未與系統直接整合，繪圖軟體之檔案必須額外使用程式轉換才能進行傳輸。

### 6. 致謝

本專題所使用之延伸行三軸機構為中台科技大學林志郎教授所設計，感謝他給我們機會對這台自製的機構進行控制程序的研究以及設計。

### 7. 參考資料

- [1] 台灣東方馬達  
<http://www.orientalmotor.com.tw/>
- [2] 鄭錦聰編著，MATLAB 程式設計.基礎篇，全華出版
- [3] 莊震嘉、鄭錦聰編著，MATLAB 程式設計實務，全華
- [4] A&f 全研科技有限公司，感測器 Datasheet  
<http://www.aafteck.com/>
- [5] 德州儀器，MSP430F5342 Datasheet  
<http://www.ti.com/product/MSP430F5342>