中華民國第57屆中小學科學展覽會作品說明書

高級中等學校組 電腦與資訊學科

佳作

052510

行動代號 駭入 3D Printer

學校名稱:臺中市立東勢工業高級中等學校

作者:

職二 管祥詠

職二 陳侑任

職二 傅鈞瑋

指導老師:

王允上

關鍵詞:遠端監控、3D列表機、重覆列印

摘要

3D 列表機(3D Printer)的出現,對於許多工程師、及創客們是一大福音,因為 3D Printer 從設計到產品開發完成,比起以前用開模的方式,降低了許多成本與開發時間。然而,有些 3D Printer 的作品列印時間可能長達數小時甚至數天,而且在列印的過程作品損壞率頗高,一般的工程師與產品開發人員不可能有這麼長得時間能監控 3D Printer,列印失敗後也無完善的機制自動偵測並停機,使得 3D Printer 持續的浪費材料,還有可能造成 3D Printer 零件損壞。於是,我們更改市售 3D Printer 韌體程式和部分機構,研發出一台新的 3D Printer 來解決此問題,稱之為【行動代號 駭入 3D Printer】此機台採用"互聯網"的技術來遠端監控,讓使用者在世界各地能觀看 3D 列表機的列印進度,發生問題時能隨時停止 3D 列表機,減少零件和材料的損失。

壹、研究動機

3D Printer 是個跨時代的產品,早期 3D Printer 的價格相當昂貴,因為專利權的到期,一夕之間學校、個人工作室甚至一般家庭都能擁有。然而以十萬元以下機種而言,機種穩定度並沒有非常的高;以下是 3D Printer 容易產生的錯誤 (1)馬達失步,(2)噴頭溫度不夠造成出料不順,(3)加熱板溫度不夠導致作品翹曲,以及(4)回抽距離過短或過長造成作品容易殘留多餘的材料,這些微小的因素都會導致作品失敗,作品列印失敗不僅會浪費材料。還會使 3D Printer的噴頭及玻璃底板等的部件損壞,又因為每件作品列印時間,平均都在 2~3 個小時以上,若要避免以失敗的作品再列印,就要花費許多的人力時間在觀看列印作品上。

基於上述原因,我們想利用網路幫 3D Printer 延伸出不受地域及時間的限制,隨時隨地都能遠端監控列印狀況,讓使用者能進行遠端監控,這樣就能不受電腦和線的牽連,達成我們要即時停止印製損壞的作品及監控 3D 列表機的各項安全參數,到達列印安全且減少資源的浪費。

貳、研究目的

此次研究之目的在於了解 3D 列表機三萬三千多行的韌體程式碼之後,在用邏輯 分析儀抽絲剝繭的找出各種溫度、時間及位置的值,並依我們所需要的功能再加以修改 與新增程式碼,達到以下的目標。

- 一、在安全性的方面:與加熱版的溫度,並加上煙霧感測配合滅火器,達到防失火或機 體的損毀。
- 二、節省人力的方面:利用 Arduino W5100 與 HTML5 架設網頁伺服器進行遠端監視與控制和傳送列印資料到 3D 列印機,節省人力的浪費。
- 三、節省材料的方面:即時停止印製損壞的作品。
- 四、節省成本的方面:即時停止損毀的作品損壞 3D Printer 的零件。
- 五、節省時間的方面:有網路即可連線獲取 3D Printer 即時影像與列印資訊。
- 六、人性化且簡單明瞭的控制介面,減少使用者的負擔。

參、研究設備與器材

一、設備

(—) 3D Printer Prusa i3

市面上常見的的 3D 列表機,通常是 FDM 熔融沉積成型,而常見有兩種,(1) 龍門型,如圖(1a)所示,(2) 三角型,如圖(1b)所示,本作品實驗以龍門式為主體,主要是因為龍門式在我們高中階段比較適合研究與改造。

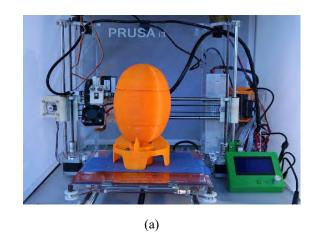




圖 1 (a)3D Printer Prusa i3(龍門型) (自行拍攝), (b)三角型(Google 圖片擷取)

(二) Arduino Mega2560 與 Arduino W5100 乙太網路擴充版

Arduino Mega 2560 是一款基於 ATmega2560 的微控制器板,如圖(2a)所示,在本作品的研究中主要為 3D 列表機與網頁伺服器的連接及主控制部分,特點簡介如下:

- 1. 使用 C 語言撰寫。
- 2. 有 54 個數位輸入/輸出引腳,用來存放網頁介面資料,以及照明燈、滅火器馬達控制。
- 3. 15 個可用作 PWM 輸出(類比輸入/輸出引腳),用來讀取煙霧感測器的數值。
- 4. 4 個 UART (硬體序列埠),用來接收 RAMPS 1.4 傳來的溫度,以及 $X \times Y \times Z$ 軸的位置和剩餘時間。





(a) (b)

圖 2 (a) Arduino Mega2560 (自行拍攝), (b) Arduino W5100 乙太網路擴充版(自行拍攝)

Arduino 網路模組擴充板可以讓 Arduino 控制器連接網路,如圖(2b)所示,它是一塊內置 WizNet W5100 TCP/IP 微處理器的擴展板。配合 Arduino Mega 作為本次研究中的網頁伺服器,特點如下:

- 1. 具網路存儲功能,用來存儲我們的網頁架構。
- 2. 具有 4 個 socket 的連接,網頁介面可以同時 4 台電腦或手機連線。

(三) Ramps 1.4 整合擴充版,

RAMPS 1.4 是 RepRap Arduino Mega Poloru Shield 的縮寫,如圖(3)所示,主要是設計給步進馬驅動器的介面電路以及熱敏電阻和風扇的電路,1.4 是目前最新的電路版本。Arduino Mega 2560 將透過 RAMPS 1.4 介面控制步進馬達以及其他硬體(如加熱器等等),完成 3D 列表機的組裝。目前接到 3D Printer 的 X,Y,Z 三軸步進馬達,與最多 2 個擠出頭及兩個散熱風扇,本次研究中配合 Arduino mega 板作為 3D 列表機的處理器。

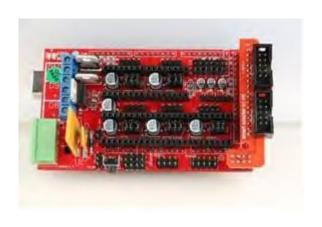


圖 3 Ramps 1.4 整合擴充版(自行拍攝)

(四) A4988 馬達驅動板

A4988 是一款帶轉換器和過流保護的 DMOS 微步驅動器,如圖(4)所示,在本次研究作品中主要負責步進馬達的驅動,其特點如下:

- 1. 可在全、半、1/4、1/8 及 1/16 步進模式時操作雙極步進馬達。
- 2. 輸出驅動性能可達 35V & ±2。
- 3. 無須進行相位順序表。
- 4. 非常適合複雜的微處理器不可用或過載的應用。

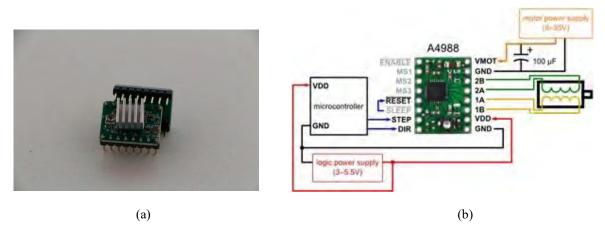


圖 4 (a) A4988 馬達驅動板 (自行拍攝), (b) A4988 接腳圖(Google 圖片擷取)

(五) LCD 顯示器

顯示器上的每一行或列都有一個獨立的電路,如圖(5)所示,每一個像素的位置也要一個行和列同時指定,這類顯示方式稱為「被動陣列」。因為每一個像素也要在更新前記住各自的狀態,此時每像素也是沒有穩定的電荷供應。當像數增加時,相對的行和列數目也會增加,這種顯示方式變得更難使用。我們所使用的規格是 128*64 繪圖型液晶模組用來顯示 3D 列表機的各項資訊,也可以配合 SD 卡使 3D 列表機做動。

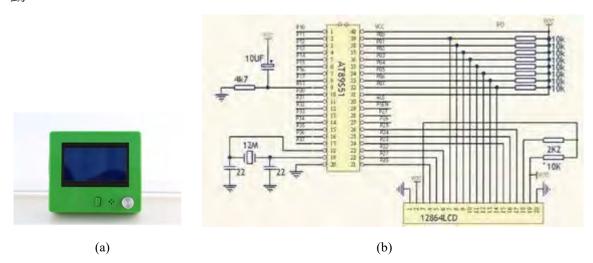


圖 5 (a) LCD 顯示器(自行拍攝), (b) LCD 顯示器電路圖(Google 圖片擷取)

(六)邏輯分析儀(PC Base)

如圖(6)所示,採集和顯示數字電路信號的儀器。邏輯分析儀的最主要作用在於時序的判定,並抓取電腦端到 3D 列印機端的各種數值。



圖 6 (a)邏輯分析儀介面(自行拍攝), (b)邏輯分析儀(Google 圖片擷取)

二、程式與軟體

(一)C 語言

是一種通用的程式語言,廣泛用於系統軟體與應用軟體的開發。於 1969 年至 1973年間,為了移植與開發 UNIX 作業系統,由丹尼斯·里奇與肯·湯普遜,以 B 語言為基礎,在貝爾實驗室所設計、開發出來;在本次研究作品中,3D 列表機的控制都是使用 C 語言來撰寫。

(二)HTML5網頁設計

HTML5 是 HTML 最新的修訂版本,2014 年 10 月由全球資訊網協會完成標準制定。目標是取代 1999 年所制定的 HTML 4.01 和 XHTML 1.0 標準,以期能在網際網路應用迅速發展的時候,使網路標準達到符合當代的網路需求;本次研究中的網頁介面使用了 HTML5 來撰寫。

(三) Altium Designer

Altium 公司開發的一款繪製電路圖的軟體如圖(7),本次研究中使用它來繪製我們的電路圖,它具有將電路圖直接轉成 PCB 的方便性,所以我們選擇使用它來完成電路的布局圖。

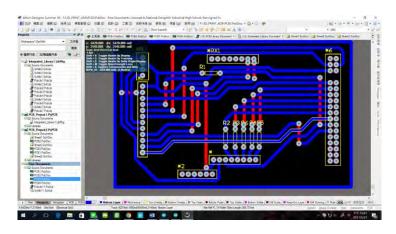


圖 7 Altium Designer 的設計界面(自行拍攝)

(四)123D Design

是一款 Autodesk 公司免費的 3D 繪圖軟體,如圖(8)所示,我們運用它來繪製 3D 列表機的零件,具有簡易學的特性,而且網路上又許多教學適合初學者使用。

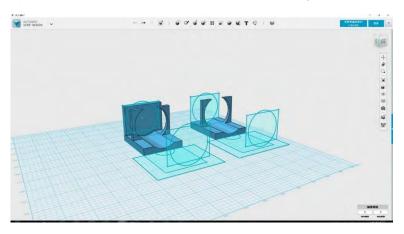


圖 8 123D 的設計界面(自行拍攝)

肆、研究過程

我們必須從研讀韌體程式碼開始,才能了解 3D 列印機的運算方式、運作方法以及各種即時資訊的傳送,為了解韌體程式各個的作用,我們在韌體程式裡增加軟體序列埠,並且抓取我們已經了解的即時資訊的程式碼,再由軟體序列埠傳送到網路控制介面端,當遠端控制介面端收到 3D 列表機的資料後,由網路端的 Arduino mega 2560 去運算要執行什麼動作。

- 一、【行動代號 駭入 3D Printer】,是為了讓 3D Printer 在列印作品時發生異常,使用者能及時發現並且停止 3D Printer。以下是在列印時容易發生的異常原因:
 - (一)步進馬達失步。
 - (二)温度不夠,噴頭將會造成出料不順,加熱版上的作品也有可能發生翹曲。

(三)作品塑膠材料回抽距離過短或過長造成作品牽絲。

當發生 3D Printer 異常時,輕則浪費材料嚴重則會失火造成人員的傷害,因此我們增加煙霧感測器與滅火器,當煙霧感測器感測到煙霧時啟動滅火器。

二、 人性化的控制介面

在我們的監控畫面上,我們可以即時透過手機遠端觀看到列印的作品,若想看到作品的各個角度,我們還可以從監控畫面控制鏡頭的方向,若光線不足,我們也可以從控制介面去開啟照明燈,如圖(9)所示。此監控畫面還能讓我們隨時確認馬達 x、y、z 軸的位置,以及作品完成的剩餘時間。另外,此監控畫面還可以知道 3D 列表機目前的溫度。

當噴頭溫度超過本作品設定的 200°C 時,可能就會造成危險,我們就可以從監控畫面上緊急按下緊急止鈕,讓列表機停止運作。為了加強本作品的安全性,若本作品火周邊機構不慎起火,煙霧感測器也能及時啟動滅火器,針對火源進行噴灑動作。



圖 9 人性化的控制介面(自行拍攝)

在網頁伺服器中加入了即時影像和鏡頭轉向功能,比起訪問的遠端監控系統我們多了緊急停止按鈕、加熱板與噴頭溫度、風扇開關、滅火器、煙霧感測器還有列印資料的傳輸與剩餘時間,這樣不僅人性化還有符合了我們題目要求的安全性。

三、電路與程式

(一)溫度感測,程式碼:

- 1. 結合 RAMPS 1.4 擴充板的溫度感測電路並研究感測溫度程式碼,參考附錄 A。
- 2. 熱敏電阻隨溫度而改變阻值的特性,提供不同電壓的變化來計算溫度值 V=IR, 並運用程式計算出正確的值,如圖 12-a 所示。
- 温度與電壓關係式: V=V_{ref} 'R_{th}/(R+R_{th})
 V_{ref}:參考電壓, R_{th}:熱敏電阻, R= 4.7KΩ
- 4. 熱敏電阻的溫度與電阻值的關係式: $R=R_0e^{B(1/T-1/T_0)}$,如圖 12-b 所示。 Ro:長溫 To 的電阻值,B:Beta 值,Beta=3500

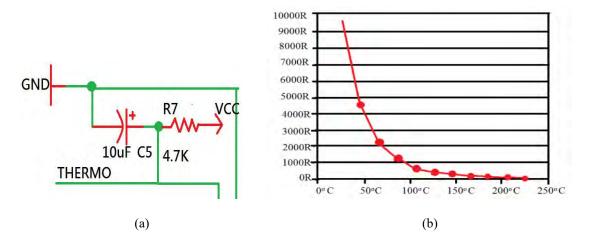
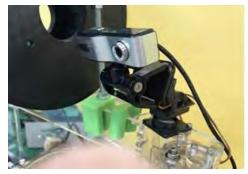


圖 10 熱敏電阻(a)熱敏電阻電路,(b)溫度與電阻值曲線圖

(二)鏡頭的控制程式碼:

如圖(11)所示,當我們在遠端監控時最需要的是要知道目前列印作品列印得如何了 所以我們運用網路介面配合 Arduino W5100 控制伺服馬達動作,參考附錄 B,讓使用者 能用多種角度來觀看列印中的作品。



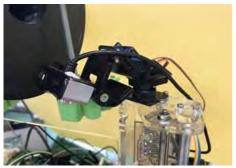


圖 11 鏡頭轉向(自行拍攝)

(三)網頁伺服器程式碼

運用 HTML5 與 Arduino W5100 乙太網路擴充板,並且結合了 3D Printer 的程式碼, 参考附錄 $C \times D \times E$,讓數據能確實得用網路遠端傳送到使用著的手裡,並且使用者也 能透過伺服器去控制 3D 列表機。

(四)滅火器程式與支架製作,如圖(13)

1. 我們運用伺服馬達配合程式來按壓滅火器使其作動,參考附錄 F,讓失火的 3D 列印機能確實的被撲滅,達到我們所要求的安全性。



圖 13 (a)3D 列表機起火(自行拍攝),(b)滅火器開啟滅火(自行拍攝)

2. 我們使用 123D Design 來製作滅火器支架,如圖(14)

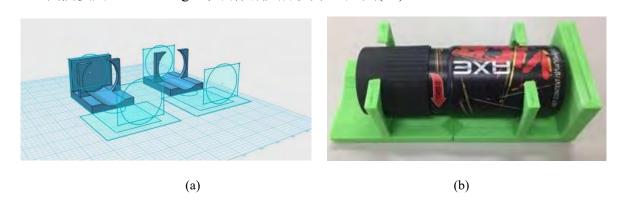


圖 14 (a)滅火器支架(自行繪製),(b)滅火器支架實體圖(自行拍攝)

(五)列印剩餘時間的顯示

如圖(15),從電腦端用邏輯分析儀抓取到 2h30m 的剩餘時間再透過 UART 傳給列表機端,再透過網路顯示在控制介面讓使用者能更方便的知道列印時間,能讓使用者的時間更彈性。

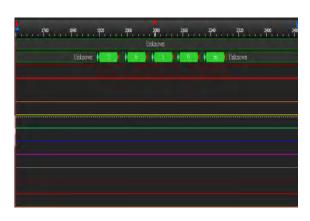


圖 15 用邏輯分析儀抓取的時間值(自行拍攝)

(六)煙霧感測的程式碼與支架

 如3D列印機不慎起火使用者剛好沒使用我們監控網頁,就可以使用我們加裝的煙霧 感測器用來偵測失火時的煙霧,參考附錄G,並自動的啟動滅火器來滅火,這樣能 確保使用者不在線上時,也能及時滅火,能把安全性提升,如圖(16)所示。

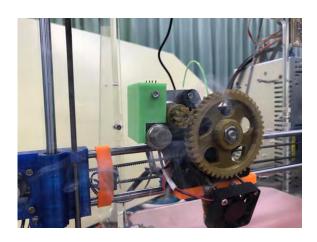


圖 16 風扇開起 (自行拍攝)

2. 我們使用 123D Design 來製作煙霧感測器支架,如圖(17)所示。

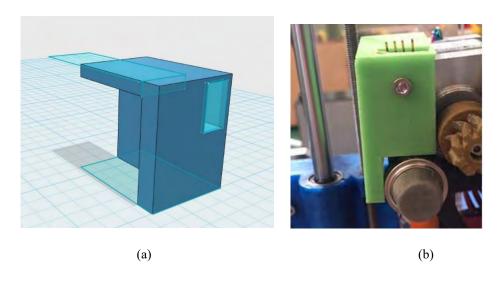


圖 17 (a)煙霧感測器支架(自行繪製),(b)煙霧感測器支架實體圖(自行拍攝)

(七)照明燈,程式碼,參考附錄 H、I 及實際效果,如圖(18)

當使用者在遠端觀看即時影像光源不足時,開啟照明燈使光源充足,讓作品更能完美的呈現。



圖 18 照明燈實體圖(自行拍攝)

(八)風扇開關程式碼,參考附錄 J

開啟風扇使噴頭溫度快速降低,降低失火的風險,如圖(19)所示。



圖 19 風扇實體圖

(九)遠端傳送資料程式碼,參考附錄 K、L

遠端傳送資料讓使用者不在3D列印機旁也可以進行各種控制與觀看即時資訊,如圖(20) 所示。



圖 20 網頁資料顯示

(十)電路整合部分

我們使用 Altium Designer 來繪製我們的整合電路;整合店路是將 3D 列表機的控制板與我們的【行動代號 駭入 3D Printer】進行連接與整合,共有三個部分。

1. 連接主控制板與網路板,如圖(21)、(22),我們必須將電路板與排針位置精準的測量才能完整的放在 Arduino mega 與 ArduinoW5100 上。

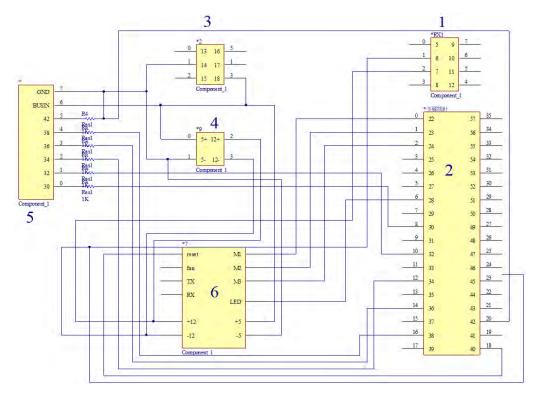


圖 21 連接主控制板與網路板電路圖(自行繪製)

圖中所要連接的功能方塊,如下

- (1) 連接 Arduino w5100 短排針
- (2) 連接 Arduino mega2560 長排針
- (3) 連接 Arduino mega2560 短排針
- (4) 5V、12V 電源
- (5) 連接控制指示燈

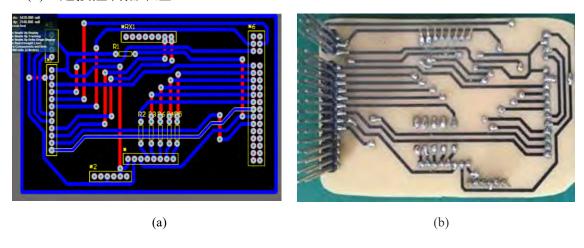


圖 22 (a) 連接主控制板與網路板電路 PCB 圖(自行繪製),(b)連接主控制板與網路板電路實體圖

2. 連接伺服馬達、照明燈與煙霧感測器,如圖(23)、(24)所示。

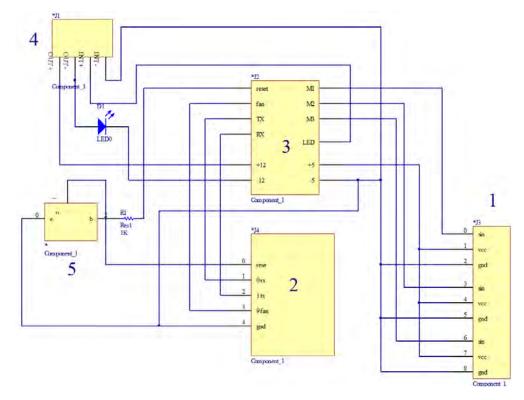


圖 23 連接伺服馬達、照明燈與煙霧感測器電路圖(自行繪製)

圖中所要連接的功能方塊,如下

- (1) 連接鏡頭的伺服馬達
- (2) 連接主板與風扇控制線
- (3) 主板信號線
- (4) 繼電器 D3P-054
- (5) 電晶體

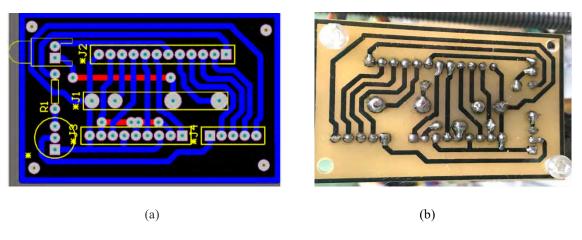


圖 24 連接伺服馬達、照明燈與煙霧感測器電路(a)PCB 圖(自行繪製),(b)實體圖(自行拍攝)

3. 控制指示燈部分,如圖(25)、(26)所示。板上有五顆發光二極體,當加熱板或噴頭 溫度達到指定溫度就會亮指定的燈,可以在這塊指示燈上得知是否開啟,這樣的設 計是為了讓使用怎能快速知道列表機是否正常運作。

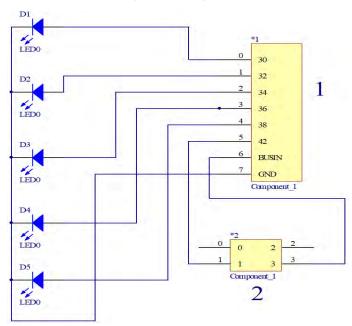
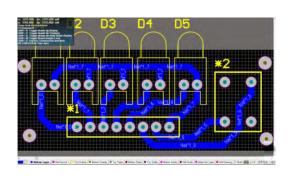
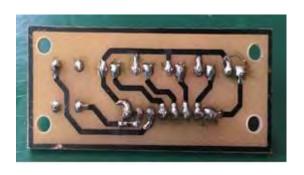


圖 25 控制指示燈電路圖(自行繪製)

圖中所要連接的功能方塊,如下

- (1) 連接控制指示燈
- (2) 按鈕





(a) (b)

圖 26 (a)控制指示燈 PCB 圖(自行繪製),(b)控制指示燈實體圖(自行拍攝)

(四)系統整合,如圖(27)

- 1. 系統主要分為 5 大部分:
- (1) Prusa i3:3D 列表機的主體,以 Arduino mega 2560 為處理器。
- (2) Arduino mega 2560: 用四種傳輸協定來傳送各資訊:
 - a. SPI:用於 LCD 的資訊傳輸。
 - b. I2C:用於離線列印時 SD卡的傳輸。
 - c. 硬體 UART:電腦端與列表機端的傳輸。
 - d. 軟體 UART: 列表機端到網路端的傳送。
- (3) Arduino W5100:網路端,架設網頁伺服器,使用硬體 UART 來接收列表機端送來的值。
- (4) RAMPS 1.4: 3D 列表機的整合板,驅動 3D 列表機的各項功能。
- (5) 網路控制介面:網路端,藉由網頁伺服器來進行遠端控制 3D 列表機。

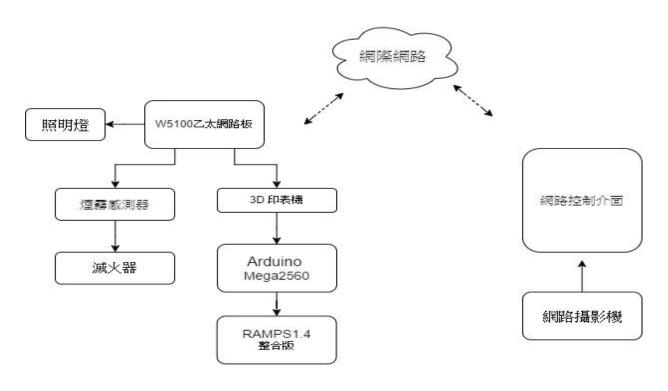


圖 27 系統連接示意圖(自行繪製)

2. 整合上做了哪些研究及實驗

在研發【行動代號 駭入 3D Printer】時必須研讀在研讀他的程式碼,這樣才能從中抓取我們所需的列印資訊也才能改 3D 列表機的程式碼,我們先找出 3D 列表機每秒更新值的程式碼,再來尋找程式碼裡用到的每一個副程式,把每一個副程式都找到時就可以抓到我們所需要的資訊,之後我們必須把抓到的資訊傳送到網路端,於是,我們嘗試了四種傳輸協定 SPI、I2C、硬體 URAT 與軟體 UART,可是我們發現 3D 列表機的 SPI 是給 LCD 使用,I2C 是給 SD 卡使用,硬體 UART 的腳位被 3D 列表機的其功能所占去,因此我們只好往軟體 UART 方向去撰寫我們的程式碼才順利解決傳輸的問題,我們總共耗時八個月來研究它三萬三千多行的程式,再花一個月半來修改且架設的網路控制介面,最後二個多月來整修及繪製我們所自做的各種電路與 3D 作品。

伍、研究結果

本作品在完成,並測試後的確有達到我們預期的功能與結果,實現了:

- 一、進行遠端取得 3D 列表機的各項數據,如圖(28) 如圖(29)。
- 二、可利用我們所設計的控制介面控制 3D 列表機的各項功能。
- 三、可利用鏡頭遠端觀看到列印中的作品。
- 四、利用煙霧感測器能讓滅火器自動啟動,讓安全性更上一層樓。
- 五、當列印作品時發生任何意外時能確實的緊急停機。



圖 28 遠端控制介面圖(自行拍攝)



圖 29 行動代號 駭入 3D Printer 實體圖(自行拍攝)

陸、討論

一、即時影像無法顯示的問題?

由於 MP4 檔無法即時傳送影像,所以我們使用了 VLC media player 影片串流軟體,並抓取影片轉換出來的網址複製至 HTML5 picture 物件上,讓影像用圖片換取的方式顯示在網頁上。

- 二、3D 列表機原本的程式,把所有的硬體序列埠都用上了,這樣就無法用硬體序列埠來傳送我們所需的資料,所以我們增加了軟體序列埠來傳送我們所需的資料。
- 三、在寫遠端監控程式碼時,網頁介面通常是一起更新,但我們需要每個部分的資料更新時間不同,所以我們使用網頁分割來解決這個問題。
- 四、網路介面會當機甚至會跑不出來,當初以為是程式的問題,結果最後發現是 Arduino W5100 乙太網路板會過熱,因此我們加裝風扇來散熱。

柒、結論

許多的 3D Printer 的使用者包括我自己,因為工作無法 24 小時在 3D Printer 前觀察作品印的好與壞,因此浪費了許多材料,甚至還可能因此燒掉了一台 3D Printer。於是我們製作出【行動代號 駭入 3D Printer】的作品不僅可以提升了提升使用的安全性,還可以隨時監控列印作品。

此次研究最困難的就是研讀韌體程式碼,要讀懂三萬三千多行的程式碼對高中生來說真的是一大挑戰,更難的是要從中去修改與新增我們所需要的功能,每修改一個值就要去測試會不會讓 3D 列表機功能失常,常常是修改一個值導致整台 3D 列表機不能動,有所以我們只好慢慢摸索與查資料,但有時候就很幸運改一下就到我們要的功能,3D 列表機不會出任何狀況,可是這情況少之又少,做這項研究常常讓人心情起伏很大,做的不順時就會想這點程式都搞不好,以後要麼當工程師,但做的順時又會想我們以後應該是個不錯的工程師,我們就這樣煎熬了八個多月,才把我們的作品順利做完。

捌、參考資料及其他

一、書本與論文:

- (一) 趙英傑(2013/03/31),超圖解 Arduino 互動設計入門。旗標。
- (二) Roboard(2014/01/21), 3D Printer 韌體原始碼解析心得。
- (Ξ) Edward Ford (2016/10/24), Get to Know Your CNC: How to Read G-Code ∘
- (四) 蘇英嘉(2014/10/26), Autodesk 123D Design 基礎入門(二)物件建立與編輯。
- (五) GWO-SHYONG YAN (2013/4/25), VLC: Webcam 擷取變串流。
- (六) GWO-SHYONG YAN (2016/5/10), 3DP: 清噴頭小記。
- (七) 陳俊鴻(2015年2月), SolidWorks 基礎篇 2015。易習圖書。

二、附錄:

A:第12、13、20、24、15 和 27 行,SERIAL_PROTOCOLPGMG 是序列埠傳送值的一個變數。

- 1 if(heating == false && input < temp) {</pre>
- 2 if(millis() -t1 > 5000) {
- 3 heating=true;
- 4 t2=millis();
- 5 t_low=t2-t1;
- 6 if(cycles > 0) {
 - 7 bias += (d*(t_high t_low))/(t_low + t_high);
 - 8 bias = constrain(bias, 20 ,(extruder<0?(MAX_BED_POWER):(PID_i</p>
 - 9 if(bias > (extruder<0?(MAX_BED_POWER):(PID_MAX))/2) d =
- 10 (extruder<0?(MAX_BED_POWER):(PID_MAX))-1-bias;
- 11 else d = bias;
- 12 SERIAL_PROTOCOLPGM("bias: "); SERIAL_PROTOCOL(bias);
- 13 SERIAL_PROTOCOLPGM("d: "); SERIAL_PROTOCOL(d);
- 14 SERIAL_PROTOCOLPGM("min: "); SERIAL_PROTOCOL(min);
- 15 SERIAL_PROTOCOLPGM("max:"); SERIAL_PROTOCOLLN(max);
- 16 if(cycles > 2) {
- 17 Ku = (4.0*d)/(3.14159*(max-min)/2.0);
- 18 Tu = ((float)(t_low+t_high)/1000.0);
- 19 SERIAL_PROTOCOLPGM("Ku:"); SERIAL_PROTOCOL(Ku);
- 20 SERIAL_PROTOCOLPGM("Tu: "); SERIAL_PROTOCOLLN(Tu);
- 21 Kp = 0.6*Ku;
- 22 Ki = 2*Kp/Tu;
- 23 Kd = Kp*Tu/8;
- 24 SERIAL_PROTOCOLLNPGM(" Classic PID ");
- 25 SERIAL_PROTOCOLPGM("Kp: "); SERIAL_PROTOCOLLN(Kp);
- 26 SERIAL_PROTOCOLPGM("Ki: "); SERIAL_PROTOCOLLN(Ki);
- 27 SERIAL PROTOCOLPGM("Kd: "I: SERIAL PROTOCOLLN(Kd):

B:程式第1行,如果 name 的值是 servo,是去控制影像馬達的轉向,程式第2行,再利用 value 去判斷馬達的轉向,如果 value 的值是"上",就會讓馬達向上10度。

```
1 if (strcmp(name, "servo")==0){
2 if (strcmp(value,"上")==0){
    s=s-10;
4 if (s<20){
5 5=20:}}
6 if (strcmp(value,"下")==0){
    s=s+10:
8 if (s>110){
9
    s=110;}}
10 if (strcmp(value,"左")==0){
11 51=51+10;
12
     if (s1>170){
13 51=170:}}
14 if (strcmp(value,"右")==0){
15
    s1=s1-10;
16 if (s1<20)(
17 s1=20;}}
18
    3
```

C:程式碼第 10~14 行,建立 3 個頁面, first.html 為影像頁面, second.html 為 3d 列表機及時狀況, three.html 為遠端控制部分,分成 3 個部分主要是因列表機及時狀況部分需要即時去更新資料。

```
10 "<frameset cols=35%,65% rows=* border=0 >"//頁面左右分割

11 "<frame src =\"first.html\" scrolling=no noresize=noresize>"//新增 first.html 頁面

12 "<frameset src cols=35%,65% rows=*>"//頁面左右分割

13 "<frame src = \" second.html\" scrolling=no noresize=noresize > "///新增 second.html 頁面

14 "<frame src= \" three.html\" scrolling=no noresize=noresize>"////新增 three.html 頁面

15 "</frameset>"

16 "<frameset></new // html>";
```

D:將 3D 列表機傳送來的溫度、位置、時間等......等,顯示在網頁上,讓使用者知道 3D 列表機的狀況。

```
45
         server.printP(second);
46
         server<< "<meta http-equiv=\"refresh\" content=\"3\">";
         server<< "<p><font size=\"5\"> 加熱板溫度:" << bed<< "&deg;C<p> ";
47
         48
         server<< "<p><font size=\"5\"> 馬達 X 軸:" << XX<< "<p>";
49
         server<< "<p><font size=\"5\"> 馬達 Y 軸:" << YY<< "<p> ";
51
         server<< "<p><font size=\"5\"> 馬達 Z 軸:" << ZZ<< "<p> ";
         server<< "<p><font size=\"5\"> 剩餘時間:" << HOUR << " 時 " << MINUTE << " 分<p> ";
52
        server<< "<p><font size=\"5\">  累積時間:" << HOUR1 << " 時 " << MINUTE1 << " 分<p> ";
53
54
         server<< "<p><font size=\"5\">
                                滅火器:"<< HOT<< "<p> ";
55
         server<< "<p><font size=\"5\">
                                風扇開關:" << FAN<< "<p> ";
```

E:程式碼第 69~87 行,新增 button 物件去供使用者使用,為了去分辨式按下甚麼按鈕,去幫每一個按鈕取一個 name 和 value,讓程式知道使用者按下哪個按鈕。

```
"<font color=\"#FFFFFF\"> 鏡頭 </font><input type=\"submit\" name=\"servo\" value=\"右\" style=\"width:80px;height:40px;font-
69
70
    size:20px;color:#FF44AA;background-color:#FAF0E6;\"></h1> "
71
                                      72 size:20px;color:#FF44AA;background-color:#FAF0E6;\">"
      "<br>>"/br>"
73
74
                                            照明燈開闢</font></h1>"
75
                              <input type=\"submit\" name=\"light\" value=\"開\" style=\"width:80px;height:40px;font
   size:20px;color:#FF44AA;background-color:#FAF0E6;\">"
77
           <input type=\"submit\" name=\"light\" value=\"關\" style=\"width:80px;height:40px;font-size:20px;color:#FF44AA;background-color:#FAF0E6;\">"
78
      "<br></br>"
79
                                             風扇開關</font></h1>"
80
                            <input type=\"submit\" name=\"fan\" value=\"開\" style=\"width:80px;height:40px;font
81 size:20px;color:#FF44AA;background-color:#FAF0E6;\">"
82
      " <input type=\"submit\" name=\"fan\" value=\"file" style=\"width:80px;height:40px;font-size:20px;color:#FF44AA;background-color:#FAF0E6;\">"
83
      "<br></br>"
84
                                             滅火器開關</font></h1>"
85
                                  <input type=\"submit\" name=\"hot\" value=\"開\" style=\"width:95px;height:40px;font-
86 size:20px;color:#FF44AA;background-color:#FAF0E6;\">"
87
```

F:程式碼第 $1\sim4$ 行,如果 name 的值是 hot 和 value 的值是開時,就會立即開起滅火器。程式碼第 $6\sim8$ 行,如果 name 得值是 stop 和 value 的值是 STOP 時,就會立即停止列表機,此段功能為滅火器手動與自動開啟。

```
1  if (strcmp(name, "hot") == 0) {//滅火器開
2  if (strcmp(value, "開") == 0) {
3   hot(); }
4  }
5  if (strcmp(name, "stop") == 0) {
6  if (strcmp(value, "STOP") == 0) {
7  Stop(); }
8 }
```

G:程式碼第1行,我們利用類比腳去讀取煙霧感測器的值。程式碼第2~5行,如果煙霧感測器讀取值超過180,就會去啟動滅火器並立即停止3d列表機。

```
1 servoX.write(s);
2 servoX1.write(s1);
3 sensorValue = analogRead(sensor);//請取煙霧感測的值
4 if(sensorValue >180){//煙霧感測超過 180
5 Stop();
6 hot();
7 }
```

H:程式第1行,利用數位腳去讀取按鈕的值。程式第2~5行,如果按鈕一被按下,燈原本 熄滅的這時就會亮起來,如果在按一下按鈕就會讓燈熄滅。

```
buttonState = digitalRead(buttonPin);//i取 button 值
       if ((buttonState == HIGH) && (old_buttonState == LOW)) {//按鈕一按下去
 2
 3
         delay(20);//防彈跳
 4
         light = !light; //led 反向
 5
         digitalWrite(28,light);//照明燈亮
 6
          boolean buttonState = digitalRead(buttonPin); //讀取 button 值
 7
8
        old_buttonState = buttonState; //紀錄上一次紀錄
9
          webserver.processConnection();
10
        void lighton(){
11
         digitalWrite(28,HIGH);
12
13
        void lightoff(){
         digitalWrite(28,LOW);
```

I:如果 name 得值是 light 和 value 的值是開時,會去執行副程式讓照明燈亮。如果 name 得值是 light 和 value 的值是關時,會去執行副程式讓照明燈熄滅。

J:程式第 1~6 行,如果 name 的值是 fan 和 value 的值是開,風扇這時就會開始轉動,如果 name 的值是 fan 和 value 的值是關,風扇這時就停止轉動。

```
1 if (strcmp(name, "fan") == 0) {//風扇開關
 2 if (strcmp(value,"開") == 0) {
 3 fanon();}
     if (strcmp(value, "關") == 0) {
 5
     fanoff();}
 6
     1
 7
     void fanon(){
     analogWrite(44,255);
8
9
     FAN="開";
10 }
11 void fanoff(){
12 analogWrite(44,0);
13 FAN="關";
14 }
```

K:程式碼式傳送資料去 W5100 網路版,程式碼 $2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 13$ 和 15 裡的英文字,是 為了區隔每一筆資料。

```
1 mySerial.print(current_position[X_AXIS]);
 2
     mySerial.write("X");
     mySerial.print(current_position[Y_AXIS]);
 4 mySerial.write("Y");
 5
     mySerial.print(current_position[Z_AXIS]);
 6
      mySerial.write("Z");
      mySerial.print(degHotend(tmp_extruder));
 8
      mySerial.write("T");
 9
     mySerial.print(degBed());
10 mySerial.write("B");
11
     uint16_ttime = millis()/60000 - starttime/60000;-
12 mySerial.print(itostr2(time/60));
13 mySerial.write("I");
14
     mySerial.print(itostr2(time%60));
15
     mySerial.write("V");
```

L:程式碼 4、9、14、19 和 24 行的英文字是為了把不同的資料做出區隔,讓電腦能判斷及區分這個資料是放在網頁的哪個地方。

```
case '0'...'9':
      analogv1=analogv1*10+i-'0';
 3
      break;
      case 'T'://如果收到 T(噴頭溫度)
 4
 5
      temp=analogv1/100:
      Serial.println(analogy1/100);
      analogv1=0;
      case 'B'://如果收到 B(加熱版溫度)
9
   bed=analogv1/100;
10
     Serial.println(analogy1/100);
11
      analogy1=0;
12
     break;
14
      case 'X'://如果收到 X(X 軸)
     XX=(analogv1/100);//如果收到 X(X 軸)
15
16
     Serial.println(XX);
17
     analogv1=0;
18
      break;
      case 'Y'://如果收到 Y(Y軸)
20
    YY=(analogv1/100);//如果收到 Y(Y軸)
     Serial.println(YY);
22
      analogv1=0;
23
     break;
     case 'Z'://如果收到 Z(Z軸)
24
25
    ZZ=(analogv1/100);
    Serial.println(ZZ);
26
      analogv1=0;
28 break;
```

【評語】052510

本作品可遠端監看 3D 印表機的機台並進行緊急停止和滅火, 主題明確,完整性高,具有實用價值。

但本作品以實務功能開發為主,在資訊科學探究方面(包含主題、方法、實驗和分析)則較為不足。

建議多加實驗和分析此作品的功能和效能,探討各種可能進一步改進此作品的方法。

作品海報

開創未來之



遠端3D印表機

壹、駭入 3D Printer 簡介

- 一、重要性
- (一)醫療: 骨科、支氣管、齒模
- (二)建築製造: 3D 列印建築
- (三)電腦和機器人:機構、零件
- 二、優點
- (一)讓客製化更容易實現
- (二)降低製造成本
- 三、缺點
- (一)印製時間長易衍生安全性問題
- 四、本作品的創新項目
 - (一)架設網頁伺服器
 - (二)遠端監控印表機
 - (三)增加鏡頭、滅火器與照明燈
 - (四)控制鏡頭角度來觀察作品進度
 - (五)控制風扇來幫助噴頭散熱
 - (六)增加煙霧感測器

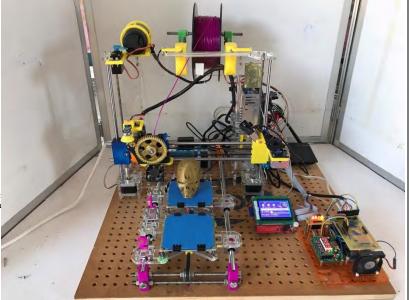


圖1作品範例圖

貳、研究設備與器材

- 一、3D 列印端
- (一)駭入串列傳輸,偷取資料
- (二)架設滅火器,確保安全
- (三)照明燈,提高監控畫質
- (四)鏡頭,回傳即時影像
- 二、網際網路端
- (一)W5100 乙太網路晶片
- (二)架設網站伺服器
- (三)網路攝影機
- 三、使用者介面

利用手機、平板及電腦, 透過網路監控

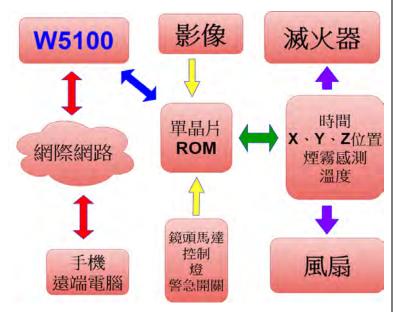


圖2硬體設備架構圖

参、人性化的控制介

- 一、網頁設計使用 HTML5 語法。
- 二、將網路資料存放單晶片 ROM 裡。
- 三、3D 印表機起火時可利用煙霧感測器 偵測是否起火,有起火並立即啟動 滅火器。
- 四、3D 印表機發生異常時,可以即時 停機。
- 五、監看 3D 印表機目前的溫度, 觀看 XYZ 軸的位置、控制風扇開關
- 六、控制鏡頭的轉動。觀看列印作品即時影像。
- 七、光線不足時可遠端開關照明燈。
- 八、遠端可以選取列印檔案,使列表機啟動。







圖 3 網頁上的監控畫面

肆、駭入內容

- 一、 串列傳輸
 - (一) UART 傳送即時資訊
 - (二) SPI LCD 的顯示
 - (三) I2C SD 卡離線列印
- 二、 電路控制
 - (一) 鏡頭的控制
 - (二) 風扇開起及關閉
 - (三) 照明燈的控制
- 三、 程式改寫

在上萬行 C 語言程式原始 碼裡改寫程式

- (一) 噴頭與加熱板溫度
- (二) XYZ 軸的位置
- (三) 風扇的狀態
- (四) 列印時間
- (五) 選取列印檔案

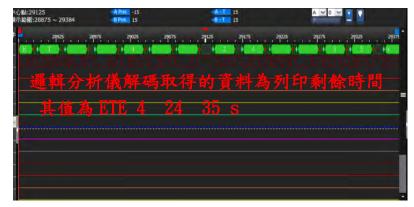


圖 4 擷取結果值為:剩餘時間

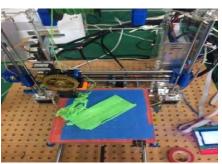


圖 5 列印失敗作品



圖 6 滅火氣喷灑

伍、功能實例應用

如圖 5 以往列印失敗後只能枯等使用者清理及重新 啟動列印,但在加上我們監控功能後,便可即時停止, 並可遠端重啟列印工作,如果溫度太高不慎起火亦可 緊急停止與滅火。(如圖 6、7)



圖7起火時演練

陸、駭入 3D 列表機程式破解及修改程式碼處

一、駭入取得列印檔案名稱,如圖(8)

- case 23: //M23 Select file
- starpos = (strchr(strchr_pointer + 4,'*'));
- if(starpos!=NULL)
- *(starpos-1)='\0';
- card.openFile(strchr_pointer + 4,true);
- break;

圖 8 指定列印檔案

二、駭入馬達位置資料傳輸,如圖(9)

- case 114: // M114
- SERIAL PROTOCOLPGM("X:");
- SERIAL_PROTOCOL(current_position[X_AXIS]);

圖 9 傳送馬達 X. Y. Z 位置

三、駭入剩餘時間資料,如圖(10)

- 1. case 117: // M117 display message
- starpos = (strchr(strchr_pointer + 5,'*'));
- lcd_setstatus(strchr_pointer + 5);
- mySerial.print(strchr_pointer + 5);
- mySerial.write("s");
- break;

四、駭入噴頭溫度及加熱板溫,如圖

- 1. case 105:// M105
- SERIAL PROTOCOLPGM("ok T:");
- SERIAL_PROTOCOL_F(degHotend(tmp_extruder),1);
- 4. SERIAL_PROTOCOLPGM(" B:");
- SERIAL PROTOCOL F(degBed(),1);

圖 10 傳送剩餘時間

圖 11 傳送噴頭溫度和加熱板溫度

五、駭入列表機歸位時的位置,如圖(12)

- static void homeaxis() {
- current_position[axis] = 10;
- plan_set_position(current_position[X_AXIS], current_position[Y_AXIS], current_position[Z_AXIS], current_position[E_AXIS]);
- plan_buffer_line(destination[X_AXIS], destination[Y_AXIS], destination[Z_AXIS], destination[E_AXIS], feedrate/50, active_extruder);

圖 12 歸位時設定馬達位置

柒、結論與創新

	遭我們駭入的 3D 印表機	傳統型 3D 印表機
列印平台	兩個、或兩個以上	單一平台
列印成功	可選擇檔案在平台二繼續列印	
列印失敗	不須清理失敗作品,可再選擇檔案在 另一平台繼續列印	不論列印成功或失敗,都須使用者 在旁處理
安全性	有自動滅火與緊急停機的功能	無主動式安全系統
結論	使用者擁有的時間更為彈性,不必綁 死在 3D 印表機旁。	使用者的時間必須配合 3D 印表機。

