

臺北市立大安高級工業職業學校專題製作競賽
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：自動壓縮垃圾桶

關鍵詞：垃圾處理、滿載通知、自動門

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說明.....	2
一、硬體製作.....	2
二、電路板雕刻.....	2
三、程式撰寫.....	3
四、接線設計.....	3
肆、研究方法.....	3
一、研究流程.....	3
(一)、研究步驟.....	3
(二)、操作步驟.....	5
二、使用材料及工具.....	6
(一)、外殼設計.....	6
(二)、器材功能簡介.....	6
(三)、軟體介紹.....	12
(四)、使用設備介紹.....	14
伍、研究結果.....	15
一、電動滑門.....	15
(一)、感應使用者作為電動滑門開啟的判斷。.....	15
(二)、防夾功能。.....	15
二、壓力機構.....	16
(一)、壓力盤.....	16
(二)、推桿支撐.....	16
三、垃圾桶門.....	17
陸、討論.....	18
一、壓力盤.....	18
二、電動滑門.....	18
(一)、馬達與門板.....	18
(二)、紅外線感測器.....	18
柒、結論.....	19

表目錄

表 1. HC-SR04 相關參數	7
表 2. 直流電動推桿相關參數	8
表 3. HC-SR501 相關參數	9
表 4. 直流減速馬達相關參數	10
表 5. 電源供應器相關參數	11

圖目錄

圖 1.垃圾桶的 3D 構想圖	1
圖 2.滿溢而出的垃圾	1
圖 3.Autodesk Inventor	2
圖 4.Altium Designer 電路圖	2
圖 5.電路板雕刻機	2
圖 6.Arduino 程式截圖	3
圖 7.Fitzing 程式截圖	3
圖 8.研究步驟	4
圖 9.時間分配	4
圖 10.操作流程	5
圖 11.外殼設計	6
圖 12.Arduino Mega 2560	6
圖 13.Arduino HC-SR04	7
圖 14.NodeMCU	7
圖 15.繼電器	8
圖 16.電動推桿	8
圖 17.電磁閥	9
圖 18.RFID MFRC522	9
圖 19.HC-SR501	9
圖 20.減速馬達	10
圖 21.MP3 撥放器	10
圖 22.揚聲器	11
圖 23.霍爾電流感測器	11
圖 24.微動開關	11
圖 25.電源供應器	11
圖 26.Arduino	12
圖 27.Autodesk Inventor	12
圖 28.RDWorks	13
圖 29. LINE Notify 滿載提示	13
圖 30.雷射切割機	14
圖 31.電路雕刻	14
圖 32.3D 列印機	15
圖 33.電動滑門結構	15
圖 34.壓力盤結構	16
圖 35.壓力盤外觀	16
圖 36.電動推桿支撐鋁板	16
圖 37.電磁閥鎖定垃圾門	17
圖 38.RFID RC522	17
圖 39.壓力盤外觀	18
圖 40.自動壓縮垃圾桶	19

【自動壓縮垃圾桶】

壹、摘要

根據世界銀行組織在 2018 年的報告指出，到了 2050 年，全球的垃圾量將會增加 70%，將造成清潔人員回收垃圾的相關成本上升，顯然傳統的垃圾桶制度將無法有效應付日益增加的垃圾量，並且我們認為在未來，智慧垃圾桶將能有效解決此問題，根據市場調查報告指出，其市場預計在 2020-2024 間增長 7500 萬美元。於是我們設計了兼具壓縮以及垃圾滿載通知「自動壓縮垃圾桶」(如圖 1)。

「自動壓縮垃圾桶」主要有「電動滑門」、「垃圾壓縮」以及「滿載通知」三個功能。由紅外線偵測使用者來開啟滑門；滑門關閉時，超音波會偵測垃圾量，若達 90%將進行壓縮，壓縮完會在偵測一次垃圾量，若是壓縮完容量達 85%便會回傳滿載通知；在壓縮及滿載期間，使用者靠近都會有語音提示目前狀態。

貳、研究動機

公共垃圾桶在維護街道整潔上扮演著不可或缺的角色，根據我們的觀察，發現傳統公用垃圾桶制度雖然方便，但其中隱藏了不少問題首先，最顯而易見的就是垃圾過量而溢出(如圖 2)；再來是回收效率不高，由於清潔人員是依固定班表排班，無法及時因應垃圾量的變化，如垃圾爆滿時無法及時處理，或者只有少許垃圾但依舊動員清潔隊前往清理，且頻繁的回收垃圾不但需要大量人力成本及排放更多的碳足跡，甚至於交通尖峰時段容易造成堵塞，總體成本無法得到最有效的利用，以及在未來垃圾量大幅上升的情況下，此問題將隨之加劇，所以我們設計了一款用來解決以上問題的「自動壓縮垃圾桶」，透過壓縮以及滿載通知，希望能大幅降低垃圾的清運次數，來降低回收之各方面相關成本，同時也獲得一個乾淨的市容。

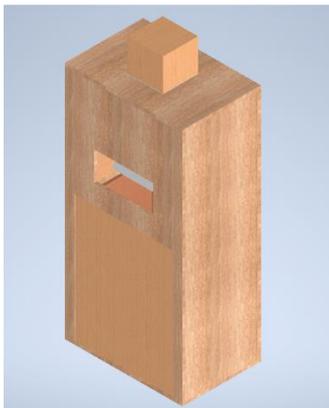


圖 1.垃圾桶的 3D 構想圖



圖 2.滿溢而出的垃圾

參、主題與課程之相關性或教學單元說明

一、硬體製作

我們以機械強度高，易加工的木合板作為垃圾桶外殼的主要材料，考慮到我們的電動壓縮推桿可以提供約 2000 牛頓的推力，所以加裝了大量的角鋼以及螺絲加固。

為了壓縮垃圾而設計的壓力盤則是採用鋁合金板打造外殼；內部的零件支架等是採用 3D 列印以獲得最大的自訂性。在高三專題課時，學會了 Inventor、Auto CAD 等繪圖軟體，配合 3D 列印，將腦內的構想化為現實。比起市面上大規模製造的商品，3D 列印更容出最接近需求的產品。



圖 3. Autodesk Inventor

二、電路板雕刻

高二的電子學實習中，我們學到了 Altium Designer。課程中學習了如何將簡化電路(如圖 4)以及操作電路雕刻機(如圖 5)。使用較複雜的電路時，相較於麵包板拉線，電路雕刻成品能讓電路更加穩定。

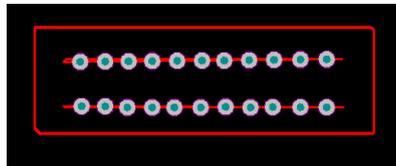


圖 4. Altium Designer 電路圖



圖 5. 電路板雕刻機

三、程式撰寫

在高三專題課時接觸到了 Arduino，其特性是編寫容易，主要用於編寫控制馬達等零件的程式。

```
20211215_final | Arduino 1.8.19
檔案 編輯 庫管理 工具 說明

20211215_final
Serial.println(distance);
if (digitalRead(3) == 0 && push_count < 5) {
  digitalWrite(33, LOW);
  digitalWrite(35, HIGH);
  if (distance <= 20) {
    Serial.println("distance<5");
    digitalWrite(28, LOW);
    delay(1000);
    for (int i = 0; i < 9000; i++) {
      current = analogRead(A1);
      Serial.println(analogRead(A1));
      //Serial.println(current);
      if (analogRead(A1) > 610 || current < 380) {
        Serial.println("overload");
        digitalWrite(28, HIGH);
        mp3_play (3);
      }
    }
    if (digitalRead(4) == 1){
      mp3_play (1);
      delay(3000);
    }
  }
  delay(10);
}
```

圖 6.Arduino 程式截圖

四、接線設計

高三的專題課時，老師介紹了一款軟體可用於電路板接線的規劃。Fritzing(如圖 7)是一款用於電子硬體設計的 CAD，我們用此軟體來規劃 Arduino 與其他元件間的接線。

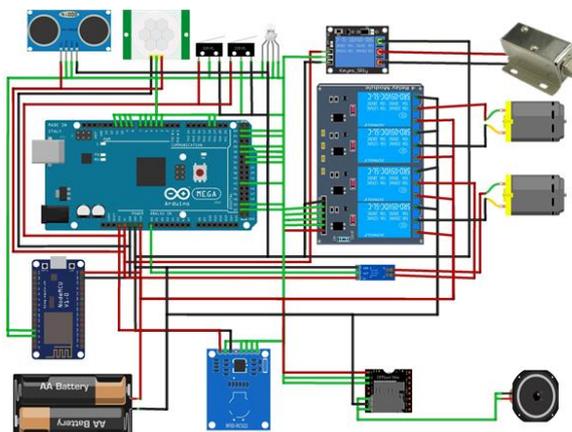


圖 7.Fitzing 程式截圖

肆、研究方法

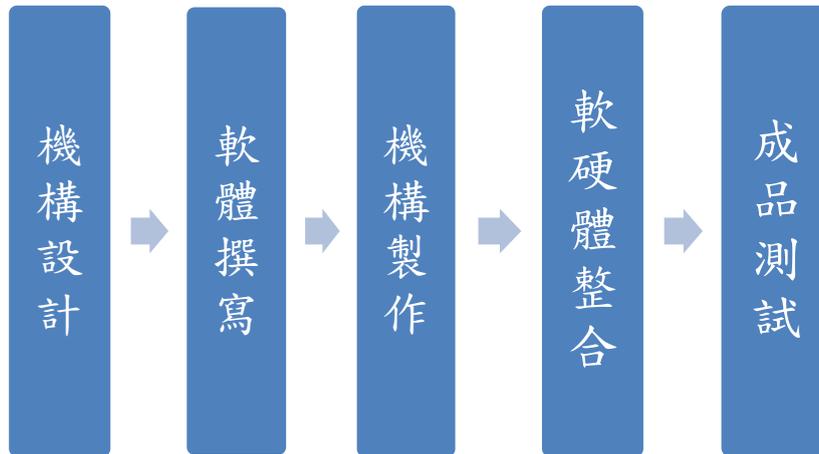
一、研究流程

(一)、研究步驟

在七月初決定了專題題目後，便開始蒐集資料。我們首先從垃圾桶的資料蒐集開始著手，在經過了大量的觀察以及市場調查後，於八月開始機構設計，在結構離型確定後同時進行採購材料、

製作以及程式撰寫。由於電動推桿和 Arduino 開發版需要供電，我們採用了高功率的 12V 電源供應器，其餘的零件如紅外線感測器、超音波感測器、直流減速馬達等，則額外使用 12V 轉 5V 的降壓模組供電，最終將軟硬體整合，以及做一些外觀的修飾，最後於 12 月下旬完成機構。(如圖 8 及圖 9)

圖 8.研究步驟



	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
1.蒐集資料	■	■	■				
2.機構設計		■	■	■			
3.材料購買			■	■	■	■	
4.程式設計			■	■	■	■	
5.機構製作			■	■	■		
6.成品測試						■	■

圖 9.時間分配

(二)、操作步驟

自動壓縮垃圾桶功能由使用者靠近紅外線感測器，滑門馬達將帶動滑門自動開啟。為了確保使用者安全，在電動滑門正在關閉時，使用者若靠近滑門將觸發防夾機制，屆時滑門馬達將反轉，滑門重新開啟。垃圾投入後，桶內的超音波感測器將偵測垃圾桶內的垃圾量；若垃圾量達到預設值，將會啟動電動推桿帶動壓力盤進行壓縮，當壓縮至無法壓縮時將視為滿載，屆時NODE MCU將會利用 LINE Notify 通知清潔人員，自動壓縮垃圾桶功能動作流程如下圖 10 所示。

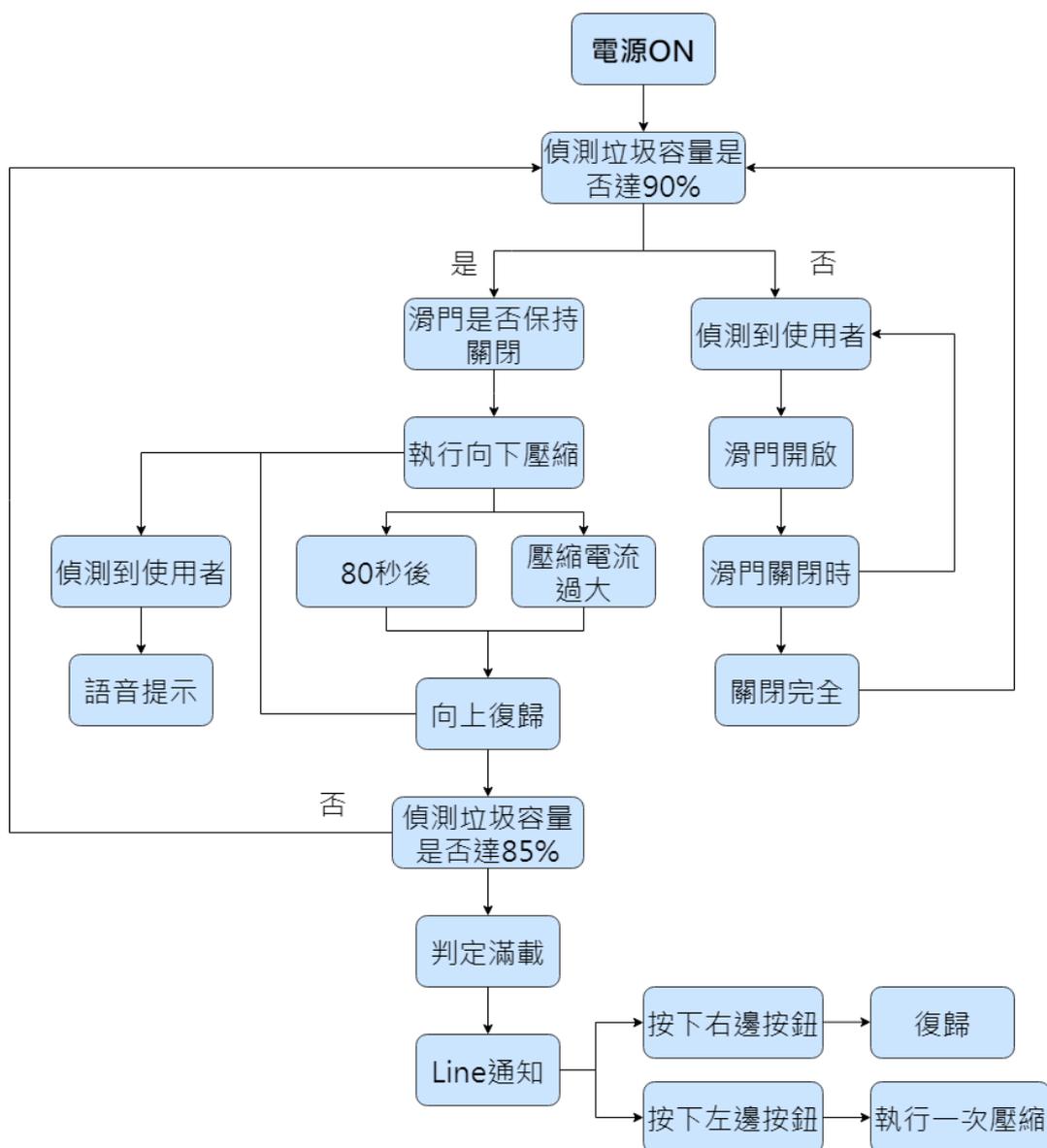


圖 10.操作流程

二、使用材料及工具

(一)、外殼設計

主體的部分，為了達到高機械強度的要求，材料選用了15mm的木合板。

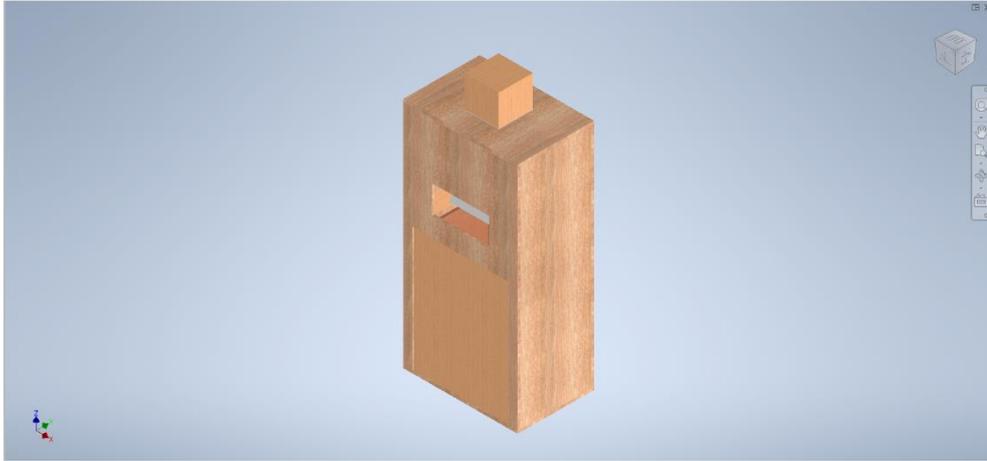


圖 11.外殼設計

(二)、器材功能簡介

1、Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 是基於 ATmega2560 的微控制板，有 54 路數字輸入/輸出埠，16 路模擬輸入埠，4 路 UART 串列埠，16MHz 的晶振，USB 連線口，電池介面，ICSP 頭和復位按鈕。簡單地用 USB 連線電腦或者用交直流變壓器就能使用。



圖 12.Arduino Mega 2560

2、超音波感測模組(HC-SR04)

超音波感測器(如圖 13)是由超音波的發射器、接收器與控制電組成的，經由計算發射後到接收的時間差距來換算出與障礙物的距離。

表 1.HC-SR04 相關參數

尺寸	45mm*20mm
工作電壓	DC5V
靜態電流	<2mA
感應角度	<=15 度
感應距離	2cm~450cm



圖 13.Arduino HC-SR04

3、NodeMCU

NodeMcu 是一塊有 WiFi 功能的微控制器(如圖 14)，搭載 ESP8266 為主要的晶片，是一個開源的平台，特點是可以像 Arduino 一樣的操控 I/O、或是用像是 Nodejs 來進行開發，而且具有低成本的特性 Arduino 具有開源、編寫容易及網路資料豐富的優點。



圖 14.NodeMCU

4、繼電器

繼電器具有控制系統和被控制系統，通常應用在自動控制電路中，繼電器實際上是用較小的電流去控制較大電流的一種「自動開關」。故在電路中起著自動調節、轉換電路的作用。



圖 15.繼電器

5、直流電動推桿

電動直流推桿又稱作電動線性傳動器、電動線性推桿，是將電動馬達的旋轉運作轉換為物理機械性直線移動的電動驅動裝置，使應用物件可以達到線性移動的功能。

表 2.直流電動推桿相關參數

工作電壓	DC12V
最大推力	2000N
速度	5mm/s



圖 16.電動推桿

6、電磁閥

電磁閥(如圖 17)位於機構上方直傘門的內側，我們利用它通電吸、斷電釋放的特性來做為電控門鎖。當指紋辨識成功，Arduino 會通過繼電器，將電磁閥通電並解開門鎖。



圖 17.電磁閥

7、RFID MFRC522

RFID MFRC522 是應用於 13.56MHz 非接觸式通信中高集成度的讀寫卡芯片。



圖 18. RFID MFRC522

8、紅外線感測器(HC-SR501)

紅外線感測器(如圖 19)的原理是利用人的體溫會發出波長 10um 的紅外線，紅外線通過菲涅耳濾光片增強後聚集到紅熱釋電元件上，元件接收到人體紅外輻射溫度發生變化時就會失去電荷平衡，向外釋放電荷，後續電路經檢測處理後就能產生信號。

表 3.HC-SR501 相關參數

尺寸	32mm*24mm
工作電壓	DC4.5-20V
靜態電流	~50uA
感測角度	<100 度錐角



圖 19.HC-SR501

9、直流減速馬達

直流減速馬達(如圖 20)的原理是通過在 DC 直流馬達的基礎上加裝齒輪箱，藉由齒比的調配使馬達擁有低轉速及高扭力的特性

表 4.直流減速馬達相關參數

工作電壓	DC12V
空載轉速	60rpm



圖 20.減速馬達

10、MP3 撥放器

MP3 播放模組(如圖 21)(DFPlayer Mini) 為了能使使用者有更良好的使用體驗，我們使用了此播放模組，搭配上喇叭，便能透過程式撰寫的方式控制。該模組同時集成了 MP3、WAV、WMV 的解碼器，同時支援 microSD 卡驅動，使資料的傳輸及使用更加方便。

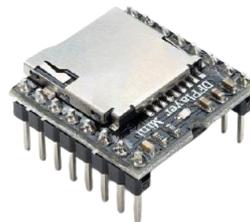


圖 21.MP3 撥放器

11、揚聲器

揚聲器(如圖 22)是由磁鐵、線圈、喇叭振膜組成。揚聲器把電流頻率轉化為聲音。物理學原理，當電流通過線圈產生電磁場，磁場的方向為右手法則。



圖 22.揚聲器

12、霍爾電流感測器

採用 ACS712ELC-05B 晶片，用於偵測電動推桿的電流，達到過載保護的效果。(如圖 23)



圖 23.霍爾電流感測器

13、微動開關

微動開關(如圖 24)主要用於控制電路，電動滑門的限位



圖 24.微動開關

14、電源供應器

電源供應器提供 12V 直流電，驅動電動推桿、直流減速馬達等零件。

表 5.電源供應器相關參數

尺寸	200*97*42mm
輸入	AC 110~220V 60Hz
輸出電壓	DC 12V
輸出電流	10A
重量	459g



圖 25.電源供應器

(三)、軟體介紹

1、Arduino

Arduino 的開發環境是以 AVR-GCC 和其他一些開源軟體為基礎，其使用的語法與 c/c++相似。它擁有各式各樣的模組套件及開發版可供選擇



圖 26.Arduino

2、Autodesk Inventor

Autodesk Inventor(如圖 25)是一款用於 3D 建模的軟體，且可製作簡易的動畫。用於設計圖以及動畫的繪製。

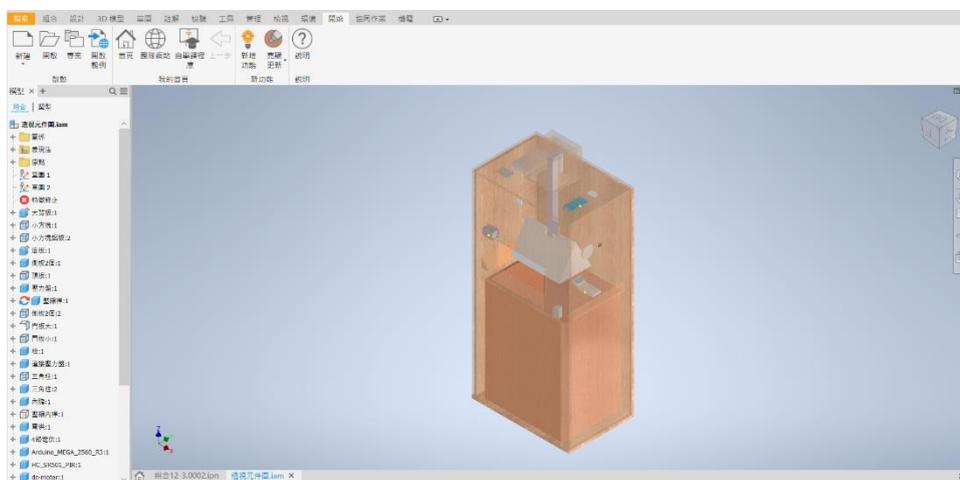


圖 27. Autodesk Inventor

3、RDWorks

RDWorks(如圖 26)是一款繪製雷射切割圖的軟體，擁有相當直觀且易於操作的介面。配合雷射切割機切割木板，用於機構的組裝。

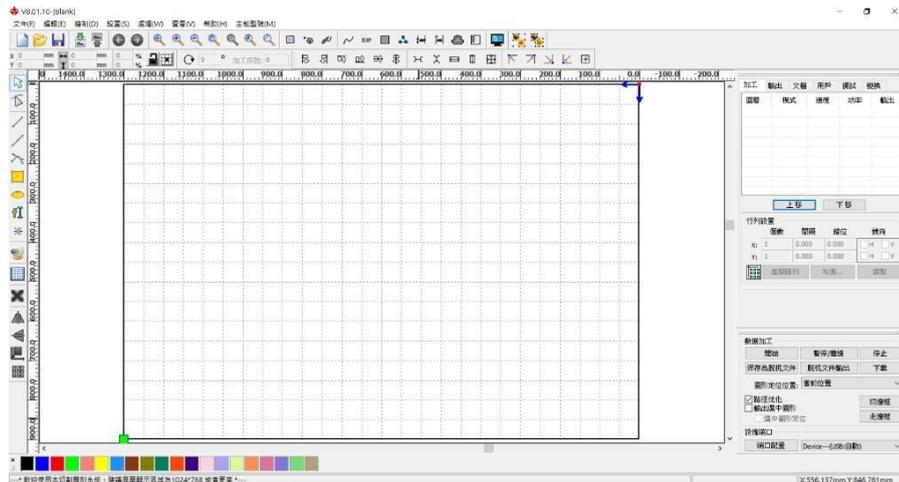


圖 28.RDWorks

4、LINE Notify

LINE Notify 是一個訊息推播服務。我們主要用於收集並發送垃圾桶資訊給清潔人員



圖 29. LINE Notify 滿載提示

(四)、使用設備介紹

1、雷射切割機

雷射切割機(如圖 28)是使用雷射的熱能對材料進行切割。將在電腦上設計好的圖檔輸入機器進行切割，成品較手工切割精準。



圖 30.雷射切割機

2、電路雕刻機

由於我們有許多零件需要 5V 供電(如超音波感測器、紅外線感測器等)，而電供則是以 12V 為主，所以我們需要一個未降壓模組擴充的電路板。電路雕刻機可以將我們在 Altium Designer 設計好的電路圖自動雕刻(如圖 29)在覆銅板上；

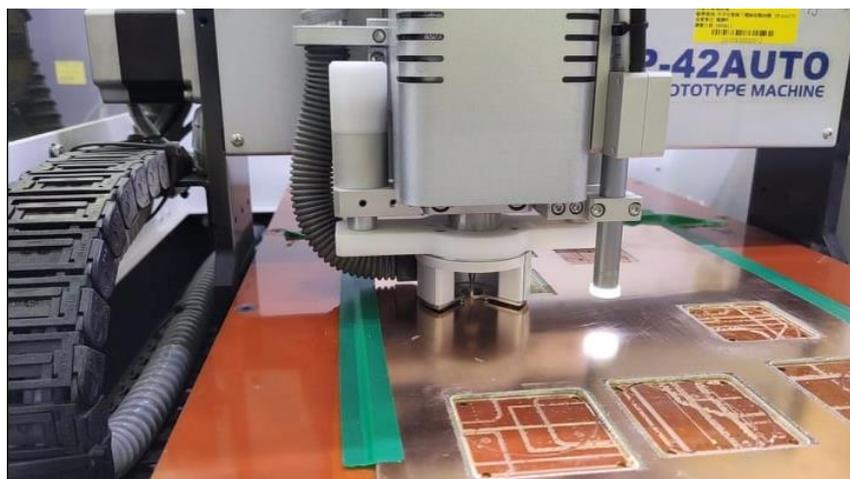


圖 31.電路雕刻

3、3D 列印機

3D 列印的原理是以加熱噴頭至比列印材熔點更高的溫度來融化列印材，並且依照 3D 圖樣層層堆疊。相比開模生產有

著更低廉的成本，也更容易做到客製化，精細度也較高，我們的超音波感測器支架等零部件部分採用 3D 列印(如圖 30)。

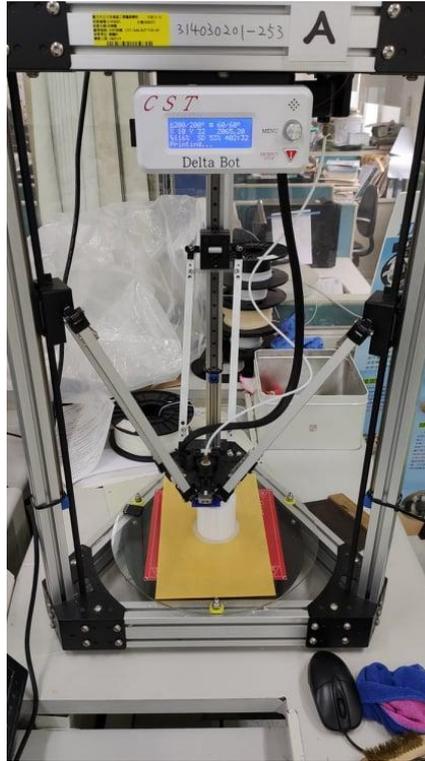


圖 32.3D 列印機

伍、研究結果

自動壓縮垃圾桶的主結構由木板組合而成，細部分為電動滑門、壓縮機構、垃圾桶門，說明如下：

一、電動滑門

此區為使用者感應區域，其分為兩大功能包括

- (一)、感應使用者作為電動滑門開啟的判斷。
- (二)、防夾功能。

當紅外線感測器偵測到使用者後，直流馬達將帶動滑門開啟，並且藉由不間斷的偵測做出防夾功能。

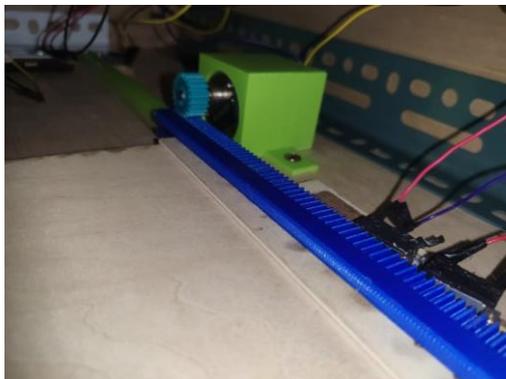


圖 33.電動滑門結構

二、壓力機構

(一)、壓力盤

壓力盤設計採用三角柱體(如圖 35)，以三片長方形鋁板配合 3D 列印之 60 度角鐵來固定，中間結構為推桿與壓力盤的連接，壓縮時推桿直接受力於盤面，返回時則透過中間連桿上拉(如圖 34)。



圖 34. 壓力盤結構

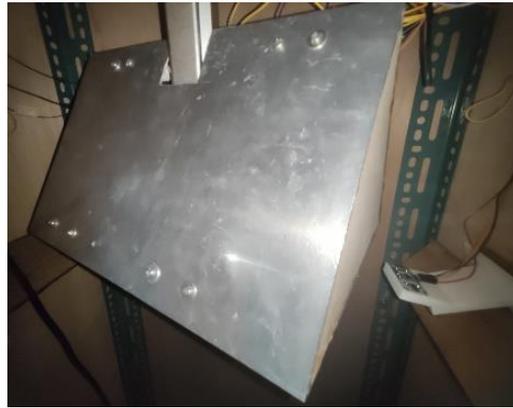


圖 35. 壓力盤外觀

(二)、推桿支撐

在木板間增加一片開孔的鋁板(如圖 36)，其同時可以良好承受住重量並固定推桿位置不變。



圖 36. 電動推桿支撐鋁板

三，垃圾桶門

為了防範破壞，我們在用於清除垃圾的垃圾桶門上加裝了電磁閥(如圖 37)，並且以 MF RC522(如圖 38)控制，限制除了擁有磁鈎的清潔人員以外的人開啟。

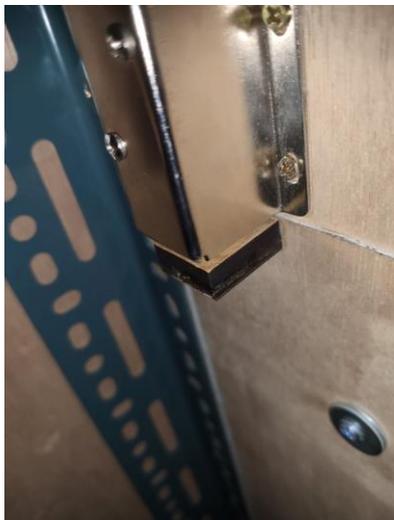


圖 37.電磁閥鎖定垃圾門



圖 38. RFID RC522

陸、討論

一、壓力盤

為了避免使壓力盤在壓縮垃圾時，因擠壓而導致垃圾捲上盤面，所以將外觀設計成三角柱體(如圖 39)，同時，考慮到垃圾附著於有斜度的壓力盤上，我們選擇了我們選擇了表面光滑的鋁板。



圖 39.壓力盤外觀

二、電動滑門

(一)、馬達與門板

考慮到為衛生以及便利性，我們希望產品與使用者盡可能地減少接觸，所以我們設計設計了感應式的投入口。

在結構的設計上就是將直流減速馬達裝上齒輪，帶動門板上的齒條，加裝了滑軌保持運作時的穩定性，微動開關用於門板移動上的限位。

(二)、紅外線感測器

為了保護使用者與機構，我們增加了防夾機制，原理是藉由利用紅外線感測器不斷地偵測感應區至垃圾投入口是否有使用者接近。先前遇到的問題是紅外線感測器在原廠設定上的感應封鎖時間太長，以至於無法不間斷地偵測，但後來查了電路圖發現其封鎖時間是由 RC 電路所控制，所以我們將電路上的電容換成較小容量的電容，封鎖時間縮短，問題隨之解決。

柒、結論

自動壓縮垃圾桶是一個致力於降低垃圾回收成本的產品，桶身是由木板打造，並用角鋼加固；三角柱外型的壓力盤能夠避免垃圾捲上盤面；使用電動推桿壓縮垃圾，縮小體積以追求更高的空間利用率；NodeMCU 與 LINE Notify 結合所實現的滿載通知，再配合壓縮，將大幅降低清運次數。

使用者的部分，我們用紅外線感測器做到自動偵測的電動滑門，其中還有防夾機制來保護使用者及機構。

雖然在專題中，我們成功將自動壓縮垃圾桶製作出來並可以使用，但仍有許多可以更加精進的部分。未來有機會能夠更改垃圾桶的材質，以獲得更好的耐候性；廣設自動壓縮垃圾桶用於收集數據，可以成為智慧程式及物聯網中的其中一環，並藉由分析數據以協助制訂相關制度來增加清潔效率。

專題不單只是個人的能力展現，更多的是通過溝通和合作，推動整個團隊往目標前進。合理的工作分配能為團隊帶來最高的效率。經過這次的專題後，我們也認知到了自己的不足，衝突與挫折使我們培養出接決問題的能力；其中有許多知識和技術是我們未曾接觸過的，藉由不斷的查找資料、請教師長，順利的將事情一一解決；藉由這次專題的經歷不只增加了自學的能力，也學習了做人處事的態度，在未來面對社會時，這些歷練將帶來諾大的幫助。



圖 40.自動壓縮垃圾桶

捌、參考資料及其他

- 世界銀行報告：如不採取緊急措施 2050 年全球垃圾量將增長 70%。2018 年 9 月 21 日。取自
<https://www.shihang.org/zh/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Smart Trash Bin Market by End-user and Geography - Forecast and Analysis 2020-2024。2021 年 2 月。取自
<https://www.technavio.com/report/smart-trash-bin-market-industry-analysis>
- Arduino。教學 2020 年 9 月 27 日。取自
<https://blog.jmaker.com.tw/arduino-tutorials-1/amp/>
- Arduino mega 2560 介紹。2020 年 8 月 28 日。取自
<https://www.itread01.com/content/1550268552.html>
- 黃仲宇、梁正（2016）。基本電學。台北市：台科大圖書。
- 烏諾&施麥爾（2015）。Arduino 微控器好好玩。台北市：新文京出版股份有限公司。
- 程兆龍、張義和（2016）。Arduino 微控制學創新。台北市：新文京出版股份有限公司。