

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：智慧貓砂盆

關鍵詞：貓砂盆、蝸桿馬達、電焊

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	2
一、硬體製作.....	2
二、電路雕刻.....	2
三、程式撰寫.....	3
四、特殊電機.....	3
五、成品美觀.....	3
肆、研究方法.....	4
一、研究流程.....	4
(一)、研究步驟.....	4
(二)、操作步驟.....	5
二、使用材料及工具.....	7
(一)、零件介紹.....	7
(二)、軟體介紹.....	11
伍、研究結果.....	12
一、硬體結構.....	12
(一)、貓砂盆外殼.....	12
(二)、垃圾桶.....	13
二、控制端.....	13
(一)、感測器.....	13
(二)、控制盒.....	13
陸、討論.....	14
一、材質選用.....	14
二、垃圾桶蓋.....	14
三、網子.....	14
四、重量不均.....	14
柒、結論.....	15
捌、參考資料及其他.....	16

圖目錄

圖 1 市售貓砂盆.....	1
圖 2 智慧貓砂盆.....	1
圖 3 馬達連接裝置.....	2
圖 4 3D 列印實體.....	2
圖 5 電路雕刻電路圖.....	2
圖 6 電路板設計圖.....	2
圖 7 程式撰寫.....	3
圖 8 蝸桿直流減速馬達應用.....	3
圖 9 控制盒線路整理.....	4
圖 10 貓砂盆外部整線.....	4
圖 11 研究步驟.....	4
圖 12 手動清理流程圖.....	5
圖 13 自動清理流程圖.....	6
圖 14 MEGA 2560 Pro	7
圖 15 L298N	8
圖 16 ESP8266.....	8
圖 17 蝸桿直流減速馬達.....	9
圖 18 微動開關.....	9
圖 19 對照式紅外線感測器.....	10
圖 20 超音波測距模組.....	10
圖 21 Arduino logo	11
圖 22 Tinkercad logo	11
圖 23 Tinkercad 3D 草圖	11
圖 25 電路雕刻佈線圖及實體.....	12
圖 24 Altium Designer logo.....	12

表目錄

表 1 時間分配表.....	4
表 2 MEGA 2560 Pro	7
表 3 L298N 規格	7
表 4 ESP8266 規格.....	8
表 5 蝸桿直流減速馬達規格.....	9
表 6 對照式紅外線感測器規格	10
表 7 超音波測距模組規格.....	10

【智慧貓砂盆】

壹、摘要

在現今的社會中，養貓的人比比皆是，但人們大多數時間都在外工作，家中的貓也沒有時間去照顧、清理糞便，因此自動化的貓砂盆逐漸問世。本專題希望能做出一組能自動清理，且使用紅外線偵測來得知貓咪是否進入，進一步記錄貓的大便次數，來提升貓砂盆的實用性也更加節能。

我們使用紅外線感測器來偵測貓是否進入，這樣的方式有別於市售貓砂盆經常在沒垃圾的狀況下清理；垃圾桶及鐵網則是使用 3D 列印及電焊，使排泄物被鏟起時能將乾淨的貓砂分離、減少浪費；驅動部分使用蝸桿直流減速馬達配合鐵網可輕鬆鏟起各種大小的排泄物；操作面板整合在垃圾桶上的控制盒，為的就是方便使用也淺顯易懂。

貳、研究動機

社會的節奏越來越緊湊，許多人面臨著朝九晚五的生活，加上頂客家庭日與俱增，許多人選擇養寵物而不願意養小孩，其中貓咪是熱門的選擇。我們都知道清理貓砂的程序相當繁瑣，而且考量到貓咪排泄物中的病菌與寄生蟲，我們希望貓砂盆能夠更加的便利及衛生；我們也觀察到市面上的貓砂盆(圖 1)使用的都是定時清理，這樣的方法經常在沒有排泄物的狀況下清理，造成電力的浪費；貓咪的生理狀況會反映在屎尿，透過屎尿能夠觀察並得知貓咪的健康狀況。

因此，我們希望藉由這個研究(圖 2)，結合學校教導的機械設計、程式編撰、電路製作、以及軟體與硬體的整合，透過可過濾的鐵網、易操作的面板、緊急停止，製作出一個擁有自動清理、記錄貓咪健康狀況的貓砂盆，不但符合這個世代自動化設計，也能滿足貓奴們的需求。



圖 1 市售貓砂盆

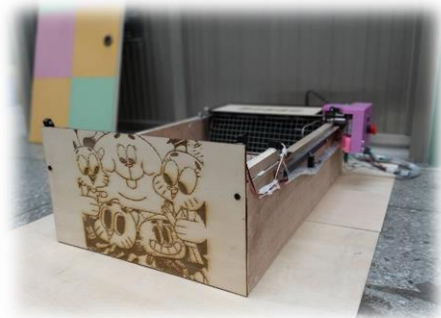


圖 2 智慧貓砂盆

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、硬體製作

在高三的專題製作實習課中，我們學習 RDworks 繪製草圖並使用雷射切機將壓克力板切割成型，製作垃圾桶；學習用 Tinkercad 和 Inventor 建立 3D 圖形；也學習 Creo Parametric2.0 繪製第一代網子的模型，並於 3D 列印機列印出斜坡、馬達連接器(圖 3、圖 4)、第一代網子。前者提供簡便模型製作，便捷且迅速；後者較為耗時卻可提供我們高精密度與低誤差。使用機械科的大型鑽孔機、車窗、磨砂機完成貓砂盆外殼、齒條之製作，方便我們製作較大、複雜之硬體架構。

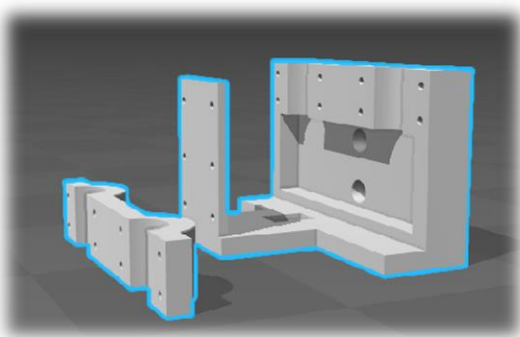


圖 3 馬達連接裝置



圖 4 3D 列印實體

二、電路雕刻

電子學實習課中，我們學會使用 Altium Designer 繪製電路板，再轉為 PCB 檔至雕刻機製作電路板。因為在麵包板上線較複雜且占用很大的空間，因此自己設計、製作電路板來簡化線路，再將元件銲接上電路板，方便我們放入硬體機構，唾手可得且可以節省空間。(如圖 5、圖 6)

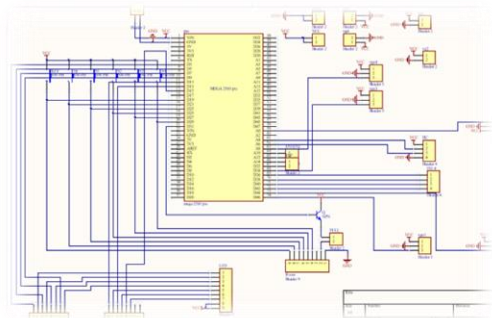


圖 5 電路雕刻電路圖

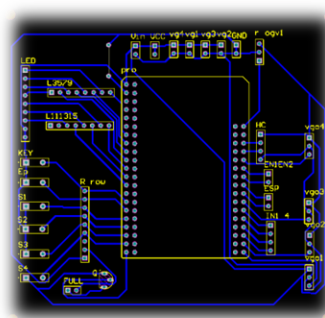


圖 6 電路板設計圖

三、程式撰寫

高二的暑假，我們參加了數位電子乙級 VHDL 班，再準備檢定的過程中，也對程式的架構和邏輯有了一定的基本概念；這次專題我們使用 Arduino 來撰寫我們的程式，主要就是控制馬達正反轉與微動開關的動作配合，超音波測距模組和對照式紅外線的應用，還有七段顯示器和垃圾桶指示燈的顯示。(如圖 7)

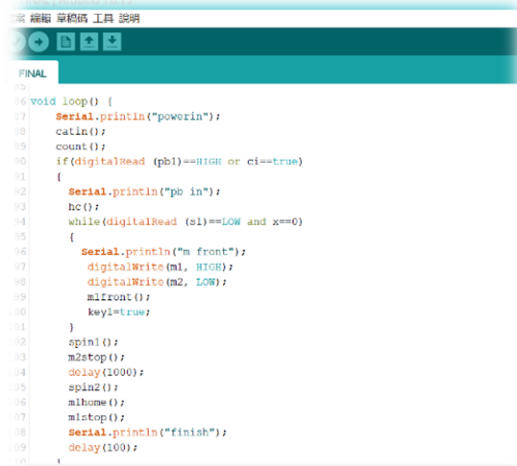


圖 7 程式撰寫

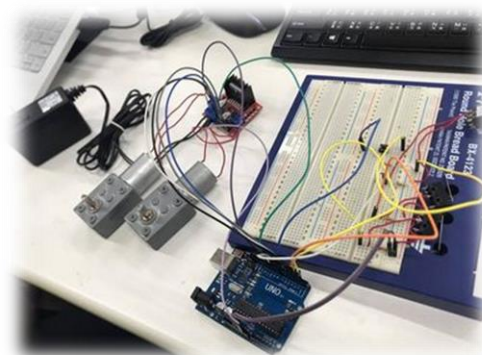


圖 8 蝸桿直流減速馬達應用

四、特殊電機

在做專題前的，我們找了很多種類的馬達，一開始我們沒有考慮轉矩的問題，所以我們選用了在高二學期末時學習到的伺服馬達，但後來發現轉矩是一大問題，且不需要精準的角度控制，所以最後我們選擇使用蝸桿直流減速馬達來帶動垃圾桶機構向前產貓砂與網子的旋轉。(如上圖 8)

五、成品美觀

高一實習課時準備工業配線丙級檢定，同時訓練我們配線以及整線之能力。在本次專題中我們有許多的訊號線，因此線路的整齊度便非常重要，我們將控制馬達、七段顯示器 超音波感測器、按鈕開關、緊急停止開關與微動開關使用束線帶及捲式束線帶使線路整齊規律，並讓線路長度統一，再線接至線路控制盒，而剩下的不會移動的線路則貼著貓砂盆的外殼固定起來拉回控制盒。(如圖 9、圖 10)



圖 9 控制盒線路整理

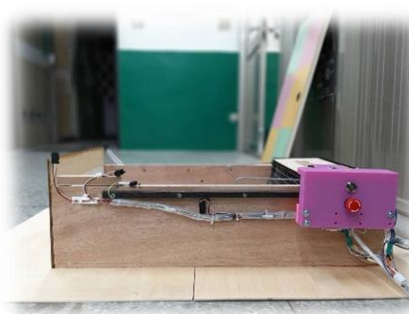


圖 10 貓砂盆外部整線

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

在 7 月時 我決定了專題題目。首先是從硬體開始，決定了貓砂盆的外殼後，著手開始購買並設計所需材料，接著開始編纂程式，最後才是決定垃圾桶機構的尺寸以及增加其功能，最後程式與硬體結合完成了專題的成品。專題的時間分配及研究步驟分別如下表 1 及圖 11：

表 1 時間分配表

	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
1.購買材料							
2.蒐集資料							
3.程式設計							
4.電路設計							
5.貓砂盆製作							
6.垃圾統製作							
7.操作盒製作							
8.功能測試							

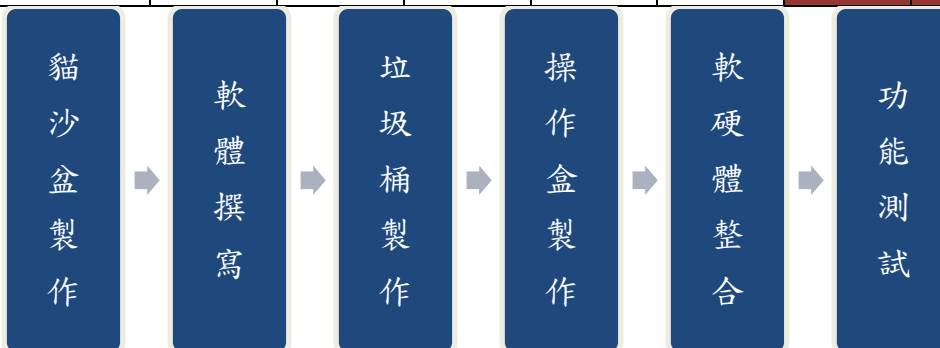


圖 11 研究步驟

(二)、操作步驟

1、手動控制清理

按下啟動開關，超音波感測器會偵測垃圾的高度，如果沒滿，貓砂盆開始進行清理，如果滿了，指示燈將會亮起。行進中被偵測到貓咪跳入盆中則會緊急停止，其動作流程如下圖 12 所示。

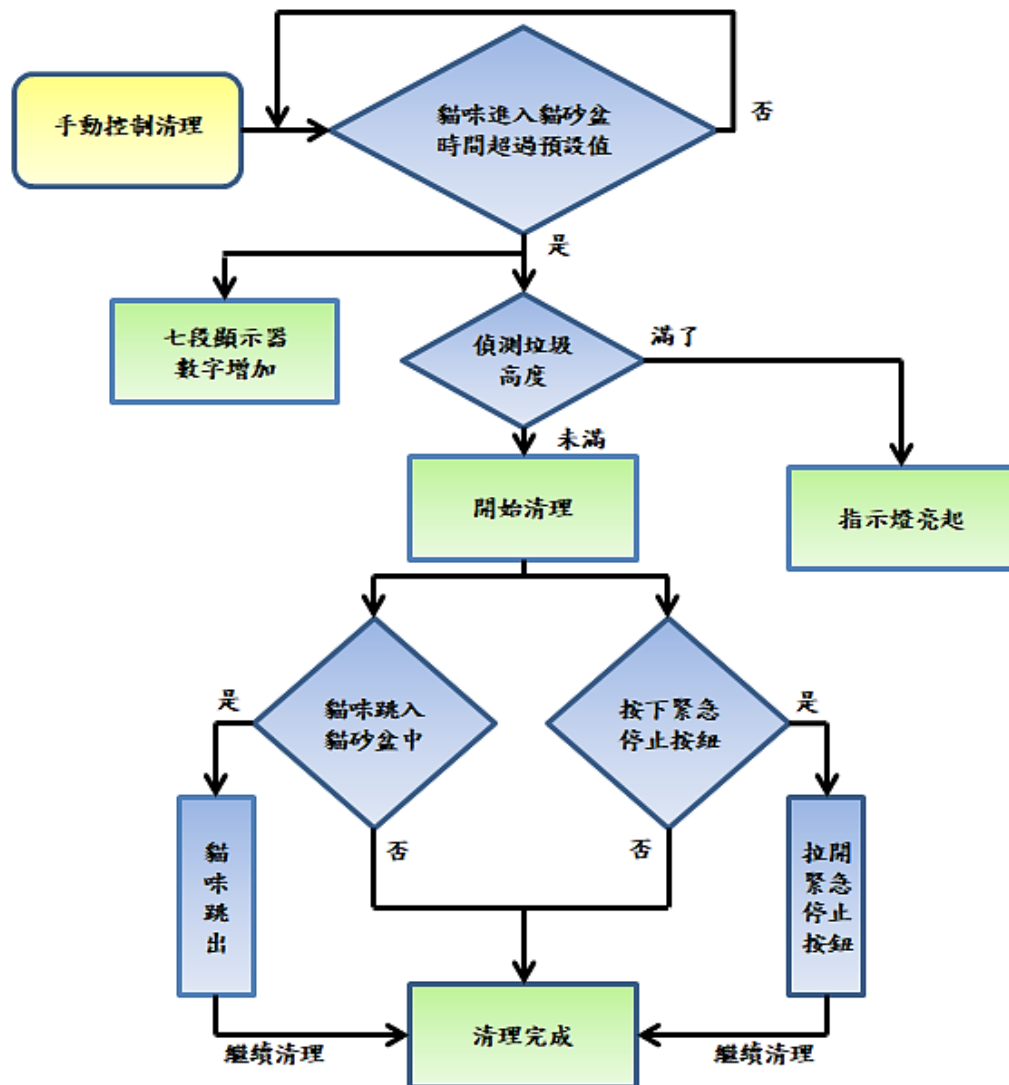


圖 12 手動清理流程圖

2、自動偵測清理

盆中的對照式紅外線感測器偵測到貓咪進入一段時間後，等貓咪離開，超音波感測器會偵測垃圾的高度，如果沒滿，貓砂盆開始進行清理，如果滿了，指示燈將會亮起。行進中被偵測到貓咪跳入盆中則會緊急停止，其工作流程如圖 13 所示：

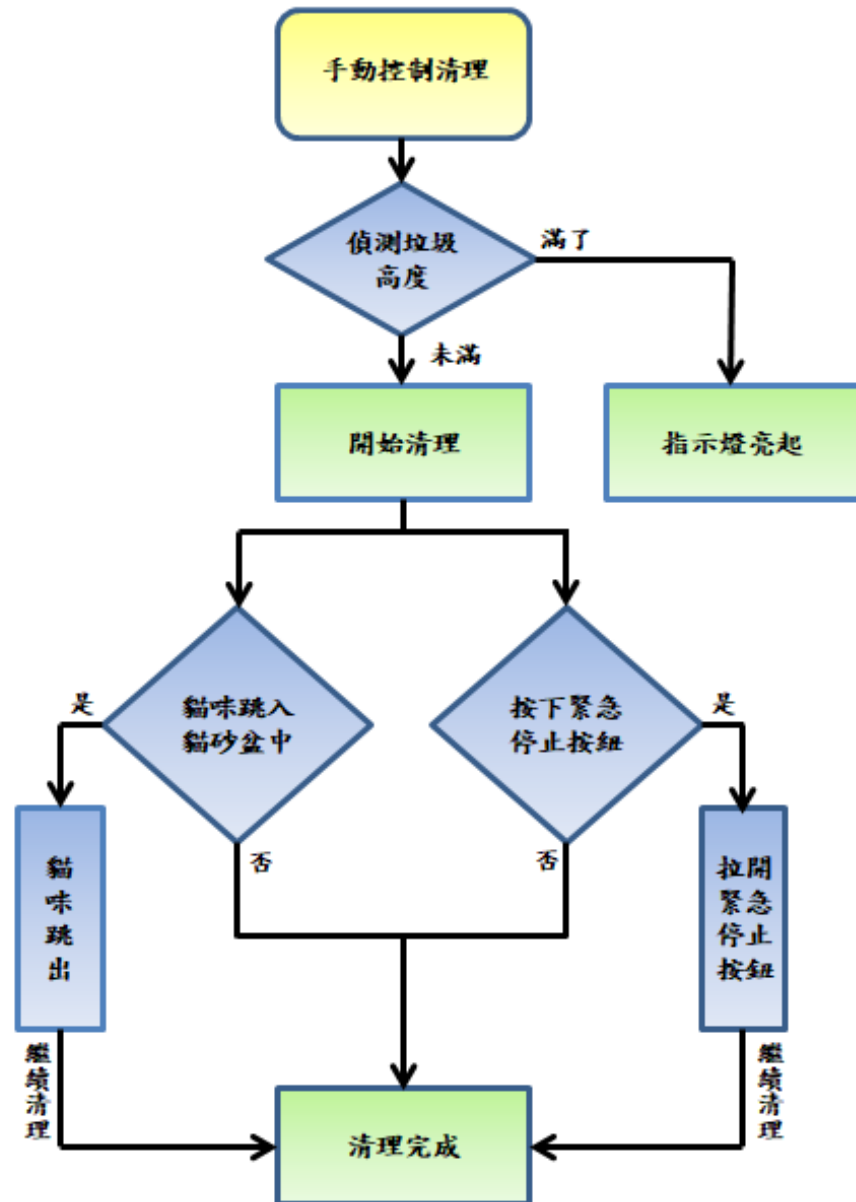


圖 13 自動清理流程圖

二、使用材料及工具

(一)、零件介紹

1、Mega 2560 pro

Mega 2560 pro(圖 14)就像是整個機構的大腦，控制著所有的外接模組。裝載了和 Arduino MEGA2560 一樣的晶片，還可用來解決 Arduino UNO 腳位不夠多以及 MEGA2560 體積太大的問題。Mega 2560 pro 微控制板之規格如表 2:

表 2 MEGA 2560 Pro

產品尺寸	38*55mm
主控芯片	ATmega2560
工作電壓	6~9v
數位 I/O 接腳	54
類比輸入接腳	6 組
時脈速度	16MHz
閃存空間	256KB



圖 14 MEGA 2560 Pro

2、L298N

L298N(圖 15)內含兩個 H 橋的高電壓大電流全橋式驅動器，可以用來驅動直流馬達和步進馬達、繼電器線圈等感性負載，透過輸入電流的方向，可以控制馬達的旋轉方向。規格如表 3:

表 3 L298N 規格

尺寸	43(L)*43(W)*29(H)mm
重量	30g
電壓	5v、12v
電流	0mA~36mA
最大功率	25w



圖 15 L298N

3、Esp8266

ESP8285(圖 16) 擁有完整的且自成體系的 Wi-Fi 網路功能，既能夠獨立應用，也可以作為從機搭載於其他主機 MCU 運行，集成了天線開關、射頻 balun、功率放大器、低雜訊放大器、濾波器和電源管理模組。這樣緊湊的設計僅需極少的外部電路並且能將 PCB 的尺寸降到最小。規格如表 4:

表 4 ESP8266 規格

尺寸	25*50 mm
重量	20g
工作電壓	3.3v
GPIO 引腳	13
頻率	80MHz



圖 16 ESP8266

4、 蝸桿直流減速馬達

蝸桿蝸輪式減速馬達(圖 17)是由蝸桿蝸輪齒輪箱加上 DC 直流馬達而成，表現上具備高性能、低耗能、低噪音、振動小、重量輕、不易逆轉等優勢；蝸桿蝸輪齒輪箱是由蝸輪和蝸桿兩個結構組合而成的輪系，蝸桿蝸輪式應用了簡單機械中的螺旋驅動原理大致上與其他減速箱類似，皆可以降低轉速或是產生較大的扭力。規格如下表 5:

表 5 蝸桿直流減速馬達規格

工作電壓	12v
額定電流	0.3A
轉速	24 r/min



圖 17 蝸桿直流減速馬達

5、 微動開關

微動開關(圖 18)具有微小接點間距和瞬動機構；以規定的移動和力量來開閉動作的接點構造，再以外殼包覆，其外部配備傳動軸，整個形狀微小密集。



圖 18 微動開關

6、對照式紅外線感測器

對照式紅外線感測器(圖 19)一方發射訊號，一方接收訊號當中間有阻隔時，產生感應，一為發射紅外線光束(Transimter)另一為接收紅外線光束(Reciver),適用於對點之直線距離使用。規格如表 6:

表 6 對照式紅外線感測器規格

尺寸	21*11*6
工作電壓	5v
輸出電流	70mA
感應距離	2~30cm
感應方式	光速遮斷(紅外線)

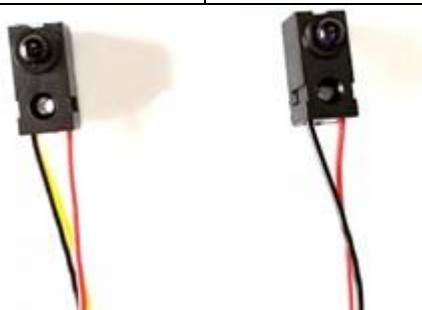


圖 19 對照式紅外線感測器

7、超音波測距模組

超音波模組 HC-SR04(圖 20)，用來測量前方障礙物的距離。模組會送出 8 個 40khz 的方波，如果前方有障礙物，信號就會返回，模組收到信號後，再利用返回的時間，去計算該障礙的距離。規格如表 7:

表 7 超音波測距模組規格

尺寸	45*20*18
重量	9g
工作電壓	5v



圖 20 超音波測距模組

(二)、軟體介紹

1、Arduino

Arduino(圖 21)是一個開放原始碼的單晶片控制器，撰寫的語法與 C 語言相似，即使沒有程式基礎的人也能快速上手，在網路上擁有大量資源的情況下，我們選擇使用 Arduino 作為程式設計的軟體。Arduino 程式分為兩個主要結構，分別為 setup()以及 loop()，隨撰寫者需要也能加上副程式及所需之函式庫。程式設計完成後，整合軟體與硬體，完成作品。



圖 21 Arduino logo

2、Tinkercad

Tinkercad(圖 22)是一個線上的 3D 建模網站，操作方式簡單，許多元素都是內建的，也有其他使用者以繪製好的元件可供使用，將簡單的幾何圖形排列成自己想要的形狀(如圖 23)，即可把原來繁複的 3D 建模過程簡化，完成模型後輸出給 3D 列印機完成實體，解決了我們機構上其他材質無法自行設計的問題。



圖 22 Tinkercad logo

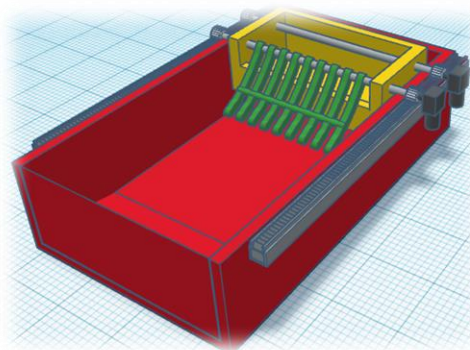


圖 23 Tinkercad 3D 草圖

3、Altium Designer

Altium Designer(圖 25)通過把原理圖設計、電路仿真、PCB 繪製編輯、邏輯自動佈線、信號完整性分析和設計輸出等技術的融合，使用者可以自行設計。在自行設計電路時，相較於我們原本用麵包板和杜邦線組成的簡易概念電路，電路板將我們原本複雜的電路進行簡化且大大的縮小了電路面積，進一步的增加電路穩定性。(如圖 24)



圖 25 Altium Designer logo

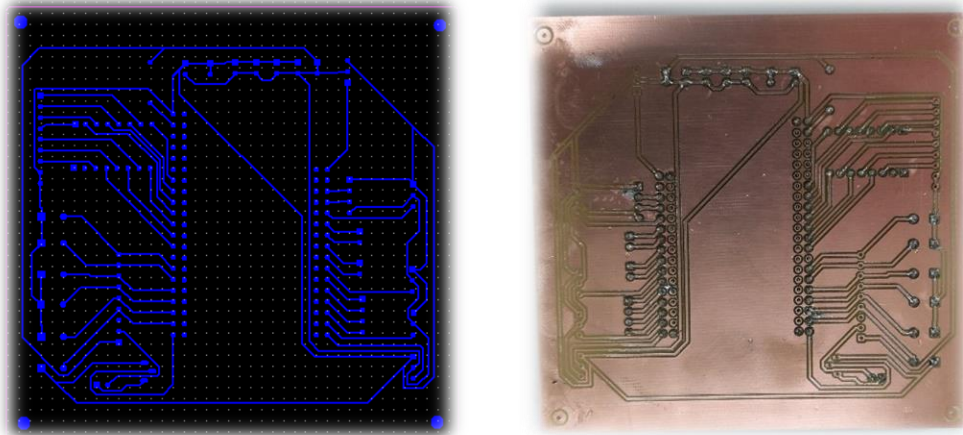


圖 24 電路雕刻佈線圖及實體

伍、研究結果

一、硬體結構

自動貓砂盆主要由雷射切割機壓克力板與 3D 列印 PLA 材質線材列印，以及厚木板來做貓砂盆的外殼。而其中我們可把自動貓砂盆細分為垃圾桶、控制盒，說明如下：

(一)、貓砂盆外殼

由 1 公分厚的木材製成的，前方是用 3D 列印所製作的斜坡，使清潔貓砂時，得以配合網子的弧度，後方底部用來放置所有的電路、電源，以及輸出端子。最後是貓砂盆的左右兩側，各安裝了齒條，供垃圾桶盒來往前推進。

(二)、垃圾桶

垃圾桶結構是由光軸、與軸承、座式軸承、蝸桿直流減速馬達、齒輪、垃圾桶盒以及爪子結合而成。由程式控制馬達後帶動齒輪的正反轉來達成我們垃圾桶向前向後和爪子的上升與下放。齒輪連結著一光軸的一端並在光軸上套上軸承、座式軸承與壓克力做的垃圾桶盒。前方的光軸，與爪子用電焊連結，兩側用軸承來減少前進時造成的摩擦力，一側與馬達連結。

二、控制端

(一)、感測器

我們總共有四個微動開關、一個超音波感測器和三組對照式紅外線感測器。

1、微動開關

把動作分成四個步驟，位於各個動作路徑上，用來確保動作是否到位。

2、超音波感測

位於垃圾桶蓋下方，用來測量垃圾桶內垃圾的高度來判斷垃圾是否裝滿了。

3、對照式紅外線感測器

分為兩種不同功能，一個是用來感測貓咪是否上廁所，位於貓砂盆兩側；第二個為緊急停止感測，只要遮到感測器動作就會停止，清除障礙後機構就會繼續保持原來動作。

(二)、控制盒

結構的側邊，使用 Tinkercad 設計且用 3D 列印機印製而成。從上方往下看可以直接看到七段顯示器和 LED 燈，分別是用來顯示貓咪如廁次數和通知垃圾桶已滿，側邊是我們的啟動按鈕和緊急停止按鈕，操作流程如下：

1. 當按下啟動按鈕，垃圾桶和網子的結構會往斜坡方向前進；碰到位於尺條上方的微動開關後，網子向上旋轉，同時將被貓砂裹住的貓咪排泄物和細小的乾淨貓砂分離，到達一定的傾斜角度後；碰到位於垃圾桶內部的第二個微動開關，等待個幾秒讓垃圾滾進垃圾桶內，接著網子復歸；碰到位於網子原位的第三個微動開關，垃圾桶和網子的結構開始回歸原位；碰到位於垃圾桶和網子的結構原位的第四個微動開關後，動作完成。

2. 當用來感測貓咪是否如廁的對照式紅外線感測器被遮斷超過一定的時間(我們以 10 秒為例)，我們便認定牠有上廁所，等到貓咪離開後，系統便會開始動作(動作同上)，且既屬貓咪如廁次數的 LED 顯示的數字便會加一。

3. 為了更加準確的觀測貓咪每日的如廁次數，在每日的 23:59 顯示器會自動歸零。

4. 當垃圾高度超過預設值時，LED 燈就會亮，表示垃圾桶以滿。

陸、討論

一、材質選用

在原先的設計上，我們採用了 3mm 木片及 PLA 材質的 3D 列印線，來製作我們的垃圾桶盒和操作盒，但因木板的機械強度不知，長斷裂於開蓋動作，所以我們最後採用了 3mm 的壓克力板，既可以增加機械強度，也在外觀上達到超出木片的效果。

二、垃圾桶蓋

在設計完垃圾桶後，我們發現垃圾桶的大小，已經不適合再加裝馬達來做自動開蓋垃圾桶的裝置，所以我們找了很多類似連桿的支撐結構。在爪子上升的同時，連桿支持結構將垃圾桶蓋撐起，達到我們所預期的效果。

三、網子

第一版的網子，是由 3D 列印印製的，然而在測試階段時，我們發現，網子上的洞太小，無法讓貓砂通過，無法達到過濾貓砂的功能，所以我們決定用市面上賣的鐵網，加上電焊固定，來製作我們的爪子。外型上雖然不太美觀，但他同時達到了過濾貓砂以及重量減輕的效果。

四、重量不均

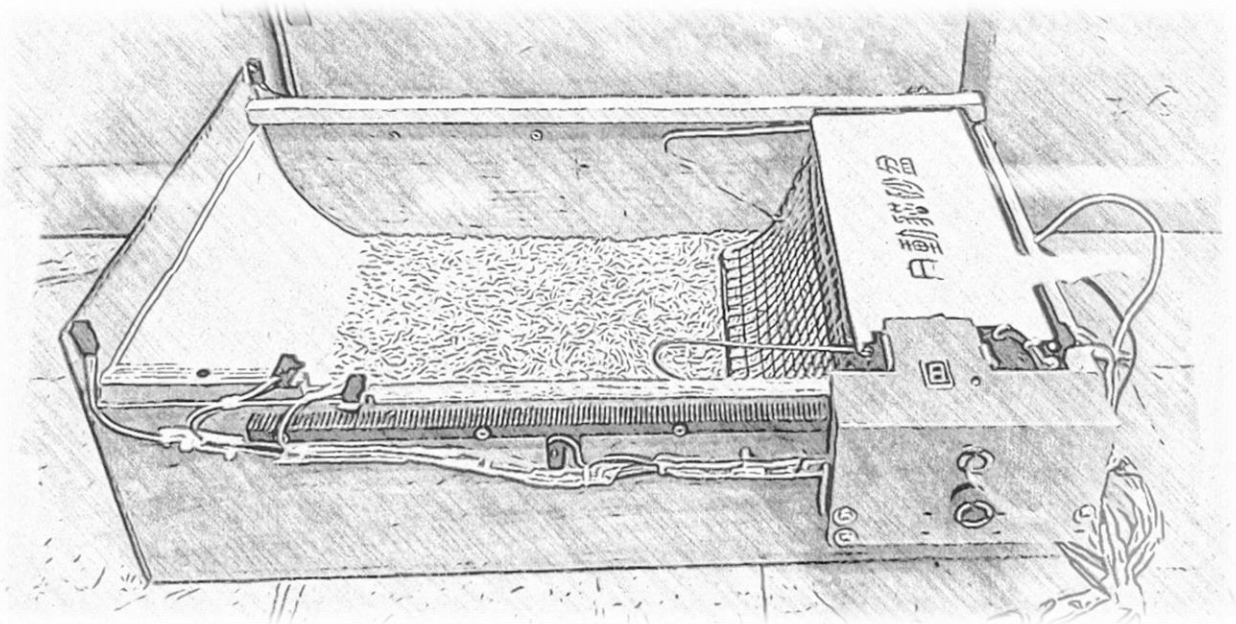
因為方便走線的緣故，我們幾乎把所有的機構、裝置，都安裝在了貓砂盆的一側，造成重量都集中在同一側。在最後的測試階段，我們發現，垃圾桶盒在前進的過程中，有時候會因為震動，使垃圾桶傾斜，造成另外一側的齒輪脫軌。為了防止上述動作發生，所以我們在較輕重量的一端，壓上了木條來限制齒輪脫軌。

柒、結論

智慧貓砂盆在我們不斷的改良和試驗後，我們以實心木當作我們貓砂盆本體，具有較高的耐用性提供我們放置機構及電路；利用壓克力及 3D 列印組成垃圾桶，前者方便我們鑽孔放置軸承及鐵網，後者提供可塑性製作出我們所需的構造，我們使用連動結構來製作網子，並於開啟時同時打開垃圾桶。操作部分我們將所有控制整合於貓砂盆後方及控制面板，讓貓砂盆操作及提醒更加清晰、簡單易懂，適用於各年齡層的使用者。偵測部分我們使用紅外線偵測貓是否進入，並於一定時間後進行清理；超音波感測垃圾桶是否裝滿，若以滿指示燈便會亮起。

雖然在專題中我們成功將貓砂盆製作為偵測自動清理，讓貓砂盆達成智慧、方便、節能的目的。但還是有許多可以改進的部分，希望未來有機會能夠將外觀重新整合，讓感測器不再放置在外而是和貓砂盆結合，進而減少電線規劃在外的數量，也增加垃圾桶大小，並使貓砂盆有更大的空間及便捷性。

完成一個專題，所需要的不只是學校所教的，有很多的专业能力是我們從未碰觸的，不熟悉電子元件上的設計方式，程式編寫上遇到的問題，還有我們最大的困難：處理機械結構時許多部分是要使用車床、鑽台等工具，所以我們花了許多時間向機械科學習操作專業機具，才能順利製作 1:1 且符合設計需求的機構，製作出我們的智慧貓砂盆。也因為有了這些專題的經歷，得到許多電機以外的技術，不只是提升了我們的專業能力，更是對一個產品製作的流程更加清晰，幫助我們在未來如虎添翼。



捌、參考資料及其他

- Pet Zone Smart Scoop Automatic Litter Box。2020 年 12 月 31 日。取自
<https://www.amazon.com/Pet-Zone-Automatic-Filters-Cleaning/dp/B00MA2T9BC>
- ESP8266 維基百科。2021 年 1 月 24 日。取自
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/ESP8266%E5%BC%80%E5%8F%91%E6%9D%BF>
- L298N。2021 年 1 月 24 日。取自
<https://shop.cpu.com.tw/product/46920/info/>
- MEGA Pro。2021 年 1 月 25 日。取自
<https://shop.cpu.com.tw/product/60772/info/>
- 超音波測距模組 HC-SR04 快速上手。2021 年 1 月 25 日。取自
<https://blog.jmaker.com.tw/sr04/>
- 微動開關。2021 年 1 月 25 日。取自
<https://andy41058.pixnet.net/blog/post/28134559-%E5%BE%AE%E5%8B%95%E9%96%8B%E9%97%9C>
- 蝸桿蝸輪式減速馬達。2021 年 1 月 25 日。取自
<https://www.hsiangneng.com/zh-TW/category/worm-gear-motors.html>
- 紅外線感應器。2021 年 1 月 25 日。取自
<https://sites.google.com/site/servingrobot1/shi-yong-su-cai-hong-wai-xian-gan-ying-qi>
- 西蒙·孟克(2014)。給邪惡天才 30 個 Arduino 專題。馥林文化。
- 林柏村(2008)。機件原理(II)。臺南市:復文圖書。