

全國高級中等學校專業群科 110 年專題及創意製作競賽
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：自動貓砂清潔器

關鍵詞：電動推桿、PLC、齒輪機械

目錄

壹、摘要.....	2
貳、研究動機.....	2
參、主題與課程之相關性或教學單元之說明.....	3
一、硬體製作.....	3
二、程式撰寫.....	3
三、特殊電機.....	3
四、成品美觀.....	4
肆、研究方法.....	4
一、研究流程.....	4
(一)、研究步驟.....	4
(二)、操作步驟.....	6
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)、貓砂鏟部分.....	12
(二)、電動推桿連接器.....	12
(三)、貓砂鏟連接器.....	12
二、零件盒.....	13
(一)、操作面板.....	13
(二)、滑動式蓋子.....	13
(三)、成品展示.....	14
陸、討論.....	14
一、材質選用.....	14
二、安全功能.....	14
三、齒輪與齒條設計.....	15
四、穩定精度.....	15
柒、結論.....	15
捌、參考資料及其他.....	16

【自動貓砂清潔器】

壹、 摘要

傳統的貓砂清潔器通常只有一個塑膠製盒子、不但不符合每個貓咪個體所需要的高度，清理時也無法有效的防止貓砂撒出盒外，時常造成工作繁忙、身心俱疲的飼主們的不便；於是我們靈機一動，想到假設利用一個可以偵測貓咪進出的感測器，加上因應感測器而定期自動清理貓砂的貓砂鏟，就可以製作出能夠不需要人力操作便能有效清理貓咪殘留物的自動貓砂清潔器。貓砂清潔器外殼使用木心夾板，內部則以電動推桿作為主體，利用可程式邏輯控制器 Mitsubishi -FX1N 發出訊號給推桿，再透過繼電器加以控制，外部再利用紅外線傳感器來感應貓咪進出貓砂盒的次數。最後在貓砂清潔器上加上電源指示燈，方便使用者進行操作。

貳、 研究動機

在都市快速發展的今日，人們的生活節奏越來越快，美國睡眠學會 (TSRS) 經過研究後發現，人們的平均睡眠時數在逐漸減少；不僅如此，隨者年齡增長，平均成年人只有 6、7 個小時的睡眠量。如此不夠充足的睡眠品質除了每日對身體的過度負荷外，生活作息也被潛移默化地影響，長期下來不只會注意力無法集中、惡化生理健康，還會導致情緒上的不穩定及反應過度，甚至最後間接地漸漸地忽略了對家庭事務的關心。

然而相對的，伴隨近年寵物網紅的流行以及少子化的等眾多影響下，全國貓狗隻數卻以每年十萬為單位的數量顯卓成長，自最近一次 2019 年的調查顯示，全國寵物數突破 270 萬大關，甚至有專家估計 2021 年有可能會超過 15 歲以下人口。在這兩份看似毫不相關卻互相衝突的資料，隱隱約約有著「灰犀牛」的跡象，於是為了預防未來有可能發生種種問題，我們設計了一款自動貓砂清潔器。

參、 主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、硬體製作

在貓砂盒的設計上，我們利用高三實習課中所學的 RDWork 以及雷射切割機製作，將描繪的 DXF 檔轉換以後使用雷射切割機切出完整的木板，並且使用雷射掃描標示按鈕等文字說明。高二的電機實習課程中，我們學到如何使用 Thinkcad.繪製簡單的 3D 的模型，並且學習如何操作 3D 列印機，將我們的腦中的構想以實體呈現在我們眼前(如圖 1 左右)。於是這次我們使用聚乳酸(PLA)做為本次專題 3D 列印的零件材料，不但製作方便且質量輕。

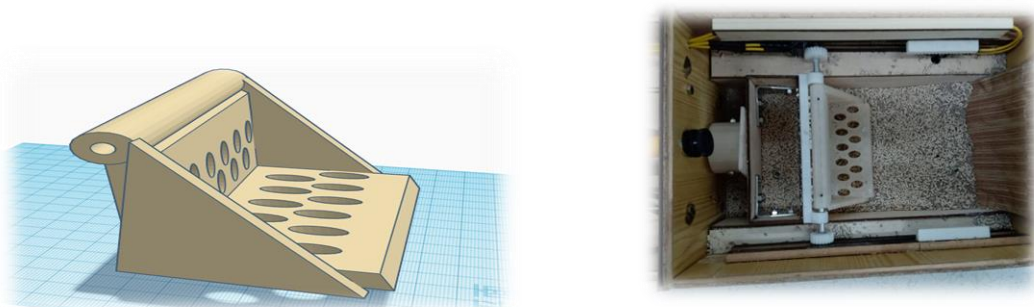


圖 1 1D 貓砂鏟模型及實體

二、程式撰寫

在高二的數位邏輯實習課中，我們學到了 PLC 及 CPLD 程式撰寫，並且從中理解數位邏輯電路及階梯演算法。所以本次的專題中我們用課堂所學的 GX Developer 編寫階梯圖，再加上簡單的測量與計算得出電動推桿需要的距離，最後使用可程式邏輯控制器做為控制中樞完成設計。(下圖 2 左)

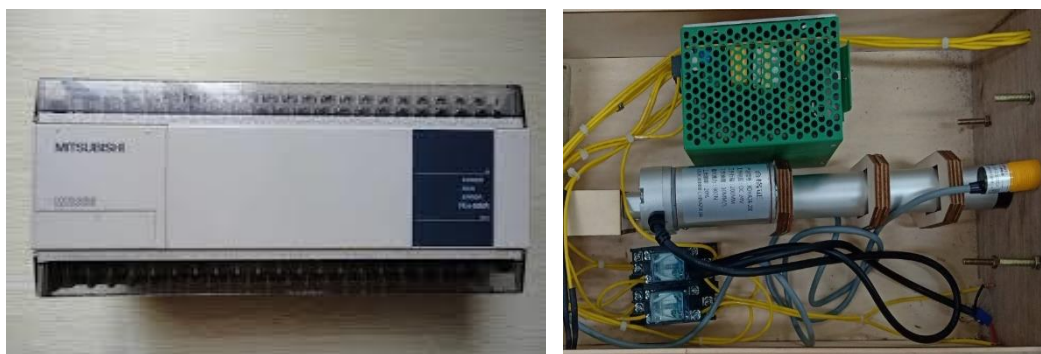


圖 2 程式撰寫及伺服馬達應用

三、特殊電機

因為推動貓砂的需要的推動馬力大，加上動能運動方向與傳統直流電機不同，於是聯想到過去電工所學的特殊電機的線性馬達是直接把輸入電力轉化為線性動能，而其中電動推桿具有轉矩大、轉速緩慢且平衡等特性，其特性剛好符合我們貓砂鏟控制的需求，因此我們選擇使用電動推桿作為貓砂鏟推砂之驅動。(上圖 2 右)

四、成品美觀

高一我們考過工業配線丙級檢定，學習有關配線整線的能力。在本次專題中我們有不少的電源線及訊號線，因此利用過去之所學，將電動推桿、電源供應器之訊號線接至可程式邏輯控制器，並且整線後讓線路長度統一，最後用束線帶減少電路雜亂(如圖 3)。



圖 3 整合線路

肆、 研究方法

一、研究流程

(一)、 研究步驟

在 8 月底討論好專題後，我們首先從貓砂盒的外型，接著規劃電路所需元件，然後著手貓砂鏟及零件盒之設計，最後做程式與硬體的最終整合以及外觀的修飾，完成專題成品。專題的時間分配及研究步驟分別如下表 1 及圖 4：

表 1 時間分配表

	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.齒輪製作						
5.貓砂鏟製作						
6.零件盒製作						
7.成品測試						

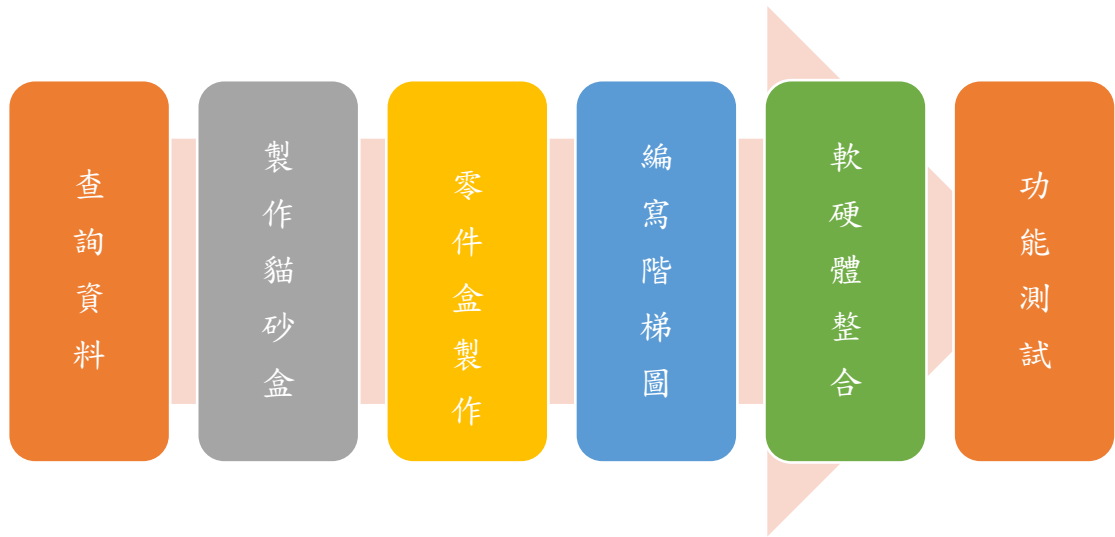


圖 4 研究步驟

(二)、操作步驟

模式切換

自動貓砂清潔器基本功能全為自動，其動作流程如下圖 7 所示。流程如下說明(圖 5)。

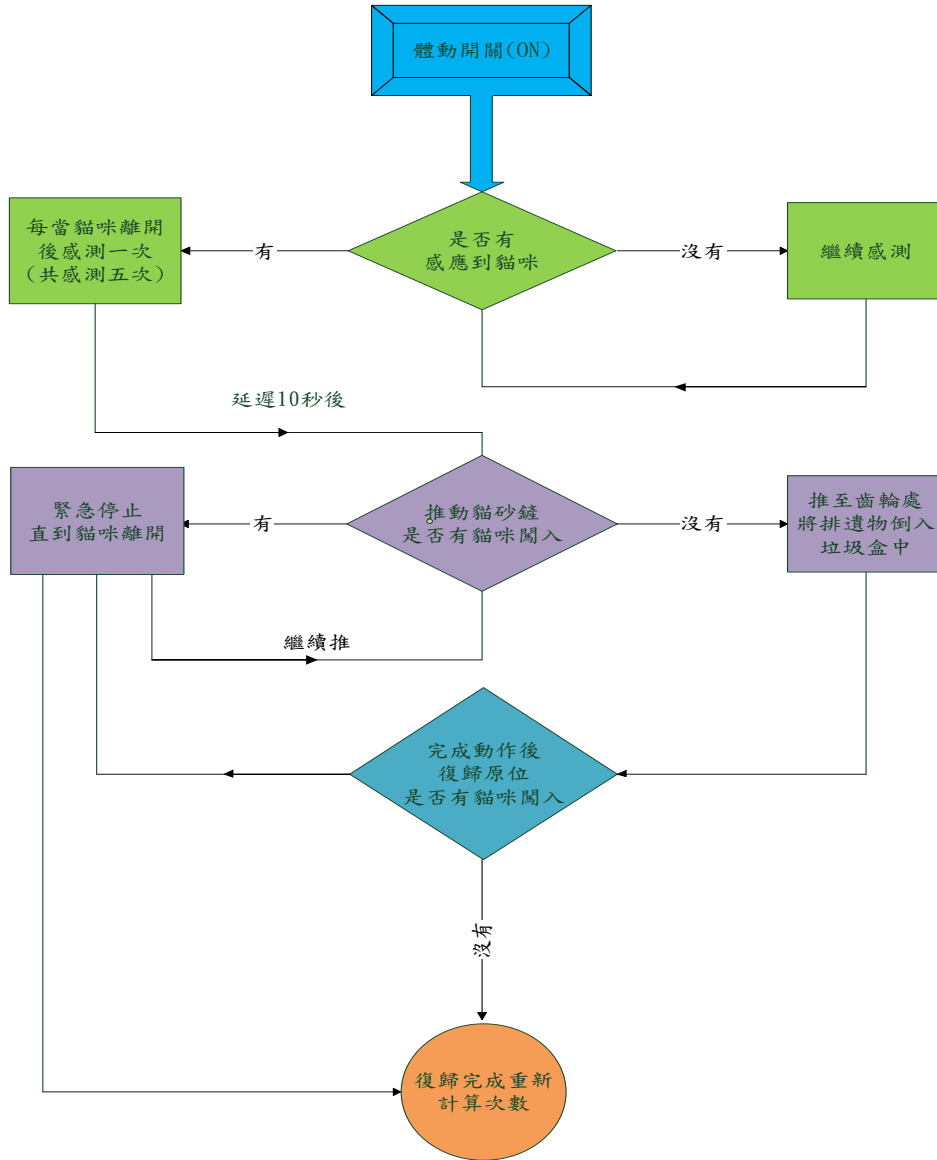


圖 5 動作流程圖

二、使用材料及工具

(一)、零件介紹

光電開關(E3F-DS30C4-M18 漫反射)

E3F-DS30C4 是一種光電接近開光，當遇到被檢測物對光線的遮蔽或反射，由同步迴路選通電路，感測出物體的有無。除了金屬，所有能反射光線的物體均可被檢測。其感測距離可以自由調整，符合對貓咪進出距離控制的需求，因此我們使 E3F-DS30C4 光電開關(圖 6)作為感測器。SG-90 之規格如下表 2：

表 2 E3F-DS30C4 規格

規格型號	E3F-DS30C4
外型尺寸	18×10×70mm
重量	20g
檢出方式	漫反射式
檢測距離	10~30cm
工作電壓	DC6V~36V
輸出形式	NPN 三線常開



圖 6 E3F-DS30C4

1、繼電器(OMRON LY2N-J)

OMRON LY2N-J 是一種電子控制器件，即所謂的繼電器，主要作為控制迴路(繼電器序列)來建構各式控制系統，例如建築物的照明、空調、水處理等。其質地輕巧且使用範圍廣，符合我們的控制推桿正反轉控制需求，因此我們使 OMRON LY2N-J 繼電器(圖 7)作為控制迴路的一部份。OMRON LY2N-J 之規格如下表 3：

表 3 MRON LY2N-J 規格

規格型號	OMRON LY2N-J
外型尺寸	37×25×20mm
重量	53g
接腳樣式	8 pin
接點組成	2C
工作電壓	DC24V



圖 7 OMRON
LY2N-J

2、電源供應器(AD1150M-24F)

在本專題中因為輸入元件所輸入電壓範圍主要為 24V 其最大能供給 6.3A 的足夠負載，且有快速散熱等特性；由於作為輸出的電動推桿的負載電流需求大，因此選 AD1150M-24F(圖 8) 做為電源的元件。AD1150M-24F 之規格如下表 4：

表 4 AD1150M-24F 規格

規格型號	AD1150M-24F
外型尺寸	37×25×20mm
輸入電壓	687.4g
輸出電流	6.3A
輸出電壓	AC100V~240V
工作頻率	47V~63Hz
規範	CE



圖 8 AD AD1150M-24F 24V

3、微動開關

微動開關是具有微小接點的快動機構，藉由設定的距離和規定的推力進行接點動作的開關機構，體積小質量輕，適用於各種電子產品如電腦滑鼠、汽車滑鼠器、汽車電子產品等，本次專題裝置於電動推桿移動路徑的兩端(圖 9)。微動開關規格如下表 5：

表 5 微動開關規格

外型尺寸	9×19×6mm
重量	18g
接點規格	金屬片
輸入電流	3A
輸入電壓	AC100~250V
機械性	50000 次以上



圖 9 微動開關

4、齒輪機構

因為最初使用的伺服馬達 FG90 的馬力不足，無法供應足夠的轉矩推動貓砂鏟，後來改用抽屜滑軌代替，卻又不符合大小設計大小，於是最後我們改用 3D 列印的方式印製合適的齒輪機構(圖 10)，不但製作快速方便，也能因應我們設計的規格大小。

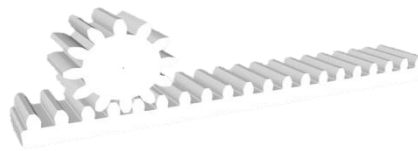


圖 10 齒輪與齒條

5、可程式邏輯控制器(MITSUBISHI-FX1N)

可程式邏輯控制器 MITSUBISHI-FX1N(圖 11)為專題的控制的中樞，其功能相當接近於一台輕巧型電腦。因其內部儲存程序，能夠執行順序控制、定時、計數甚至是算術等操作等面向使用者的指令，所以編寫程式也能快速上手。可程式邏輯控制器 MITSUBUSHI-FX1N 之規格如下表 7：

表 6 MITSUBISHI-FX1N 規格

產品尺寸	90×75×185 mm
重量	900g
演算控制方式	往覆來回掃描(專用 LSI)
I/O 處理方式	結束再生方式
輸入點	84 點 X10~X127
輸出點	64 點 Y0~Y77
演算處理速度	0.55~0.7 μ s
程式語言	階梯圖+步進階梯圖(SFC)
記憶容量	8000 STEP EEPROM 內藏

(記憶體種類)	(可裝置 EEPROM、EEPROM 記憶卡匣)
---------	--------------------------

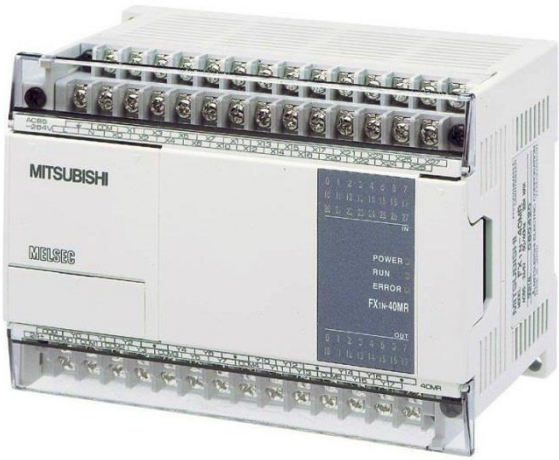


圖 11 MITSUBISHI 三菱電機-FX1N-60MR

(二)、軟體介紹

GX Developer

GX Developer(圖 12)是三菱系列應用軟體，提供豐富的開發輔助工具以支援控制器的差異化，藉由圖形編寫軟體，可簡易地進行程式設計，複雜畫面亦可使用 C++ 語言，因此在操作門檻又方便編程等種種特性下，我們選用 GX Developer 作為程式設計的軟體。軟體轉換成功後，再將可程式邏輯控制器與電腦和介面程式傳輸線做傳輸(圖 13)，最後再將連接的負載連接可程式邏輯控制器的輸出端來完成實體。



圖 12 GX Developer logo

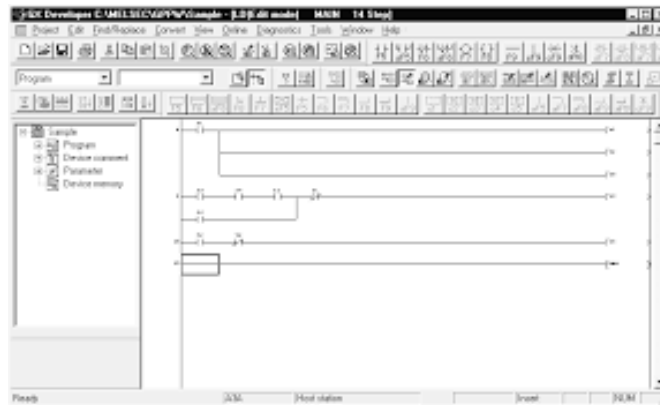


圖 13 GX Developer 程式撰寫

伍、 研究結果

一、硬體結構

貓砂鏟之主體結構由 3D 列印之 PLA 材質印製，細部說明分為貓砂鏟、電動推桿連接器、及貓砂鏟連接器三部分，說明如下：

(一)、貓砂鏟部分

貓砂鏟部分由 3D 列印製成，使用 Tinkercad 設計；設計完成後，將檔案輸入到 Cura 經過整合後匯出到 3D 列印機開始 12 個小時的製作(圖 14)。



圖 14 貓砂鏟

(二)、電動推桿連接器

由於前端有一開孔故設計此連接器使螺絲能穿過連接器與電動推桿將其二者結合為一。連接器利用 Tinkercad 設計並輸出至 Cura 經整合後匯出至 3D 列印機開始列印(圖 15)。



圖 15 電動推桿連接器

(三)、貓砂鏟連接器

為了能使貓砂鏟與垃圾桶結合在一起，且達到貓砂鏟動作但垃

圾桶不動的功能，便利用 Tinkercad 設計了上方中空能使貓砂鏟自由旋轉而後方黏貼在垃圾桶上的連接器，設計完成後由 Tinkercad 輸出至 Cura，經整合後再匯出至 3 D 列印機進行列印(圖 16)。



圖 16 貓砂鏟連接器

二、零件盒

(一)、操作面板

操作面板位於零件盒側面，整體使用木板經由雷射切割機加工製成。設有電源開關及電源指示燈當開起開關時電源只是燈會自動打開(圖 17)。

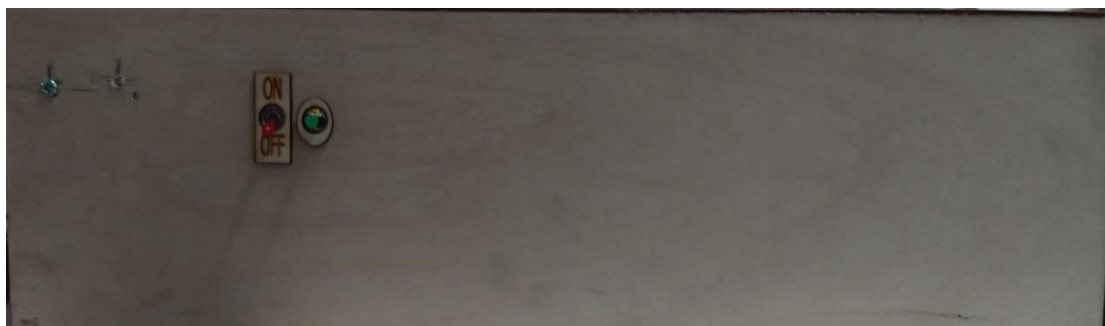


圖 17 操作面板

(二)、滑動式蓋子

滑動式蓋子位於零件盒上端，蓋子利用木板經由雷射切割機加工製成。在於木板上利用雷射掃描將專題名字掃描在木板上。利用雷射切割機加工製作木製滑軌使木板能自由滑動(圖 18)。

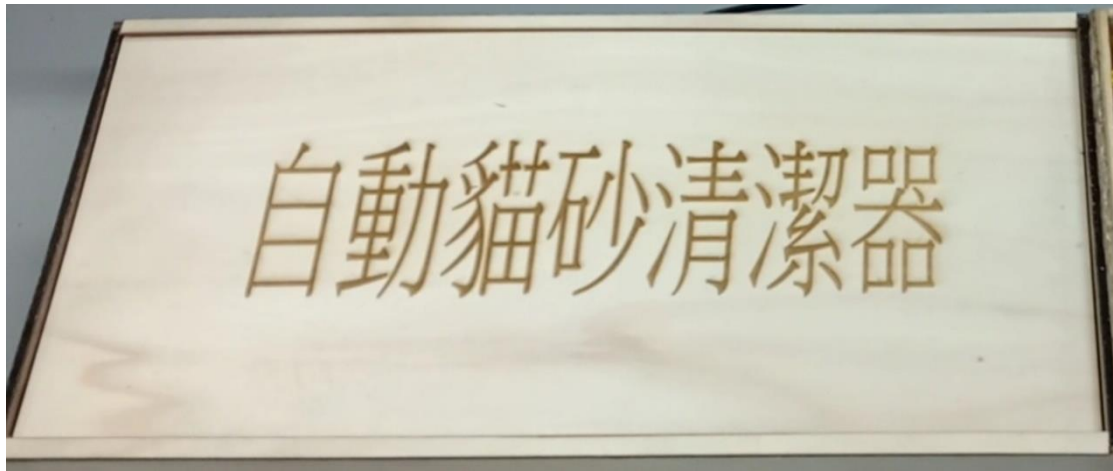


圖 18 滑動式蓋子

(三)、成品展示

最後我們將上述各個部件整合後，便完成了整個自動貓砂清潔器(圖 19)。



圖 19 成品展示

陸、 討論

一、材質選用

在專題的主結構選用上，為了能同時方便我們設計各式各樣的造型又能兼具美觀，還能將我們日常所學運用到專題上，因此我們選用 3D 列印的 PLA 材質作為我們貓砂鏟及其他連接器的材質。在貓沙盒本體上我們利用 3mm 及 5mm 木板經過雷射切割機加工後，再將其組合而成。

二、安全功能

在安全的控制上，市面上有些貓砂清潔器會不小心在貓咪進行使用時，卻因為突然進行清理的動作而誤傷貓咪，為了使貓咪的使用上更為安全，我們將紅外線傳感器設置成一有貓咪進入貓砂盒立即觸發紅外線傳感器，使所有的清理動作立即停止。

三、齒輪與齒條設計

在專題製作過程中，我們查找了很多機械領域相關的知識，也在設計齒輪與齒條的過程中不斷的失敗與嘗試。在一開始時如何讓貓砂鏟順利的往上旋轉是我們最大的瓶頸，一開始設計出來的齒輪以及齒條由於密合度不夠完整無法順利的帶動貓砂鏟，在後來我們結合了機械科老師與我們的努力，經過一番改良，終於設計出了密合度高、能順利轉動的齒輪。

四、穩定精度

為了使貓砂鏟到指定位置時能自動復歸我們原本使用金屬感測器來當作我們的觸發元件，但由於金屬感測器觸發時需要整個金屬感測物完全靠上去才能完成觸發，考慮到觸發靈敏度的不足以及整體的美觀，於是我們改成利用微動開關來代替，使我們的貓砂鏟不避完全貼在感測元件上只需輕輕一碰就能達到限位以及觸發的效果，才能讓成品更加精進，符合工業及市場的需求。

柒、 結論

自動貓砂清潔器在經過不斷的嘗試與改進後，我們以 3D 列印作為貓砂鏟主體，具有足夠的機械強，並且在轉動部分利用機械原理的齒輪以及齒條作為使貓砂鏟往上旋轉的結構做出將累積在貓砂鏟上的排泄物倒入垃圾桶的動作，程式部份我們利用可成是邏輯控制器 PLC 配合繼電器，控制電動推桿正轉以及反轉，為我們提供動力去推動貓砂鏟達到累積排泄物的功能。

雖然在專題中我們成功達到自動清理貓砂的功能，讓貓砂自動清潔器自動清理的目的，但仍有許多可以更加精進的部分。期許未來有機會能夠提高感測器的精密及穩定度，並增強機械結構的保護使錯誤發生的機率降到最低並增設監控貓咪身體狀況的功能，藉由貓咪的糞便來判斷貓咪的身體機能，透過互聯網傳送分析後的資料給飼主。

一個完整的專題所需的，絕對不只單一領域的能力，在專題製作過程中，有很多專業知識是我們先前從未接觸過的，像是不熟悉電子零件使用上的通信協定問題，軟硬體整合的設計，甚至是我們遇到最大的難題：機械原理的應用。我們皆是不斷的上網查找資料，以及不斷的透過試誤法在嘗試中學習，才能順利將機械與控制整合，設計出我們的貓砂自動清潔器。也相信藉由這次專題的經歷，不僅增強了自學的能力，更是培養我們做事的態度，使我們對專業方面的知識有了更上一層樓的體會。

捌、 參考資料及其他

- 2020 黃金交叉，台灣毛小孩首次超過兒童數。2020 年 7 月 31 日。

取自：

<http://www.trendsightinc.com/insight/2020%E9%BB%83%E9%87%91%E4%BA%A4%E5%8F%89%EF%BC%8C%E5%8F%B0%E7%81%A3%E8%B2%93%E7%8B%97%E6%95%B8%E9%A6%96%E6%AC%A1%E8%B6%85%E9%81%8E%E5%85%92%E7%AB%A5/>

- 【2017 年國人睡眠普查】。2020 年 8 月 11 日。取自：

<https://tamhd.org/sleep-length-and-age/>

- 傳感器是什麼？它的應用範圍有哪些呢？。2020 年 8 月 26 日。

取自：

<https://kknews.cc/zh-tw/tech/xglv819.html>

- 繼電器控制馬達正反轉。2020 年 9 月 19 日。取自：

<http://www.gccircuit.com/phpbb2/viewtopic.php?f=4&t=4130>

- 電動直線推桿的結構介紹。2020 年 10 月 12 日。取自：

https://www.timotion.com/tw/news/news_content/news-and-articles/general/part-2:-components-of-an-electric-linear-actuator?upcls=1481189409&gclid=1496378846

- MITSUBISHI 三菱電機-FX1N。2020 年 10 月 21 日。取自：

<http://www.two-way.com.tw/product/fx/fx1n/>

- PLC 程式控制範例@鮑伯的 PLC 事件。2020 年 11 月 2 日。取自：

<https://blog.xuite.net/tiaplc/twblog/135268932>

- 可程式化邏輯控制器維基百科。2020 年 11 月 13 日。取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%AF%E7%BC%96%E7%A8%8B%E9%80%BB%E8%BE%91%E6%8E%A7%E5%88%B6%E5%99%A8>

- 張宥凱、張榮洲、邱創標(2018)。可程式控制器 PLC 應用。