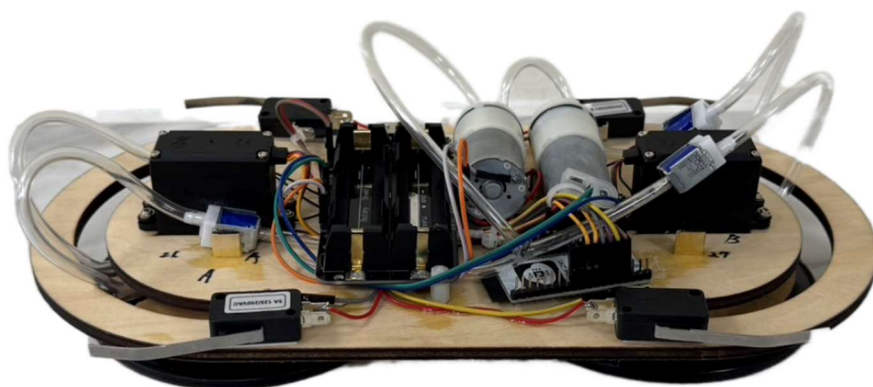


臺北市立大安高級工業職業學校專題實作及創意競賽

「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：智慧玻璃清潔機器人

關鍵詞：自動清潔、ESP32、智慧機器人

目錄

表目錄.....	II
【智慧玻璃清潔機器人】	1
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	3
一、 3D 繪圖與影片呈現	3
二、 程式撰寫	4
三、 雷射切割	6
肆、研究方法.....	7
一、 研究時程	7
二、 硬體裝置	8
(一)、 ESP32.....	8
(二)、 真空泵.....	8
(三)、 伺服馬達.....	9
三、 相關軟體	10
(一)、 Arduino IDE.....	10
(二)、 APP Inventor	10
(三)、 Blender	10
伍、研究結果.....	10
一、 硬體結構	10
二、 成果展示	11

(一)、 吸附功能.....	11
陸、 討論.....	13
一、 吸附與穩定性	13
二、 清潔效率	13
三、 能源管理	14
柒、 結論.....	14
捌、 參考資料.....	15
玖、 附錄.....	16
一、 作品分工表	16
二、 競賽日誌	16

表目錄

表 1 智慧玻璃清潔幾人與傳統人工清潔比較	2
-----------------------------	---

圖目錄

圖 1.....	3
圖 2.....	4
圖 3.....	5
圖 4.....	5
圖 5.....	5
圖 6.....	6
圖 7.....	7
圖 8.....	8
圖 9.....	9
圖 10.....	9
圖 11.....	11
圖 12.....	11
圖 13.....	12
圖 16.....	13
圖 14.....	13
圖 15.....	13

【智慧玻璃清潔機器人】

壹、摘要

本專題研究開發一款玻璃清潔機器人，專為現代大樓的大面積玻璃設計，旨在解決傳統人工擦玻璃效率低、安全性差的問題。該機器人運用 ESP32 作為核心處理器，結合 C++ 程式開發以及 App Inventor 設計手機控制介面，實現遠端控制功能。透過設計創新移動模組與磁力吸附技術，該機器人能在玻璃表面穩定行走，並自動進行清潔作業。本研究涵蓋從硬體設計到軟體實作的完整開發過程，並提出相關改良建議，為未來智能清潔設備的開發提供參考。

貳、研究動機

隨著城市化進程的加速，現代建築越來越多地採用大面積玻璃作為外牆材料，這不僅提升了建築的美觀度，也增加了室內採光效果。然而，這些大面積玻璃的清潔維護卻成為一個棘手的問題。人工清潔不僅效率低下，還存在極高的安全風險，特別是在高空作業中，稍有不慎可能導致重大安全事故。

目前市場上雖然出現了一些玻璃清潔設備，如利用磁鐵吸附的裝置，但這類設備受限於磁力大小以及玻璃厚度，難以應對複雜環境。此外，這些設備普遍缺乏智能化設計，無法滿足現代化需求。對於需要頻繁清潔的高樓來說，傳統方法無法有效解決勞動力和安全性問題，市場對高效、安全、智能的清潔解決方案需求越來越迫切。

基於此，本研究希望通過設計一款能夠在玻璃表面自由行走的智能清潔機器人，來解決這一難題。該機器人結合磁吸附與智能控制技術，不僅能高效完成清潔任務，還能通過遠端操作，減少人工參與的風險。同時，機器人設計還考慮擴展性，未來可加入更多智能功能，如污漬識別、自動路徑規劃等，為用戶提供全方位的解決方案。

表 1 智慧清潔機器人與傳統人工清潔的比較

特點	智慧清潔機器人	傳統人工清潔
效率	可持續運作，清潔速度穩定	受體力和經驗影響
安全性	適合高樓和危險區域的清潔	高空作業風險高
清潔效果	清潔效果穩定，但可能對細微污漬或死角處理有限，	針對細小污漬和難清潔區域進行處理
環保性	可精準控制水和清潔劑的用量	因清潔劑過度使用或水資源浪費，對環境影響較大
成本	成本低	成本較高

通過這上表比較，我們可以看到「智慧玻璃清潔機器人」相比人工清潔，具有顯著的優勢，例如效率更高、安全性更強、長期成本更低，以及可以全天候運作，特別適合高危險環境或大面積窗戶清潔。此外，機器人還能結合現代科技實現創新和環保性。

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、3D 繪圖與影片呈現

我們利用課餘時間在網上自學繪圖軟體 Blender(如圖一)，並以爆炸圖的形式呈現我們的硬體結構，包括伺服馬達、真空汞、極限開關以及吸盤的擺放位置。(如圖二)最後以動畫的方式呈現我們的硬體。



圖 1

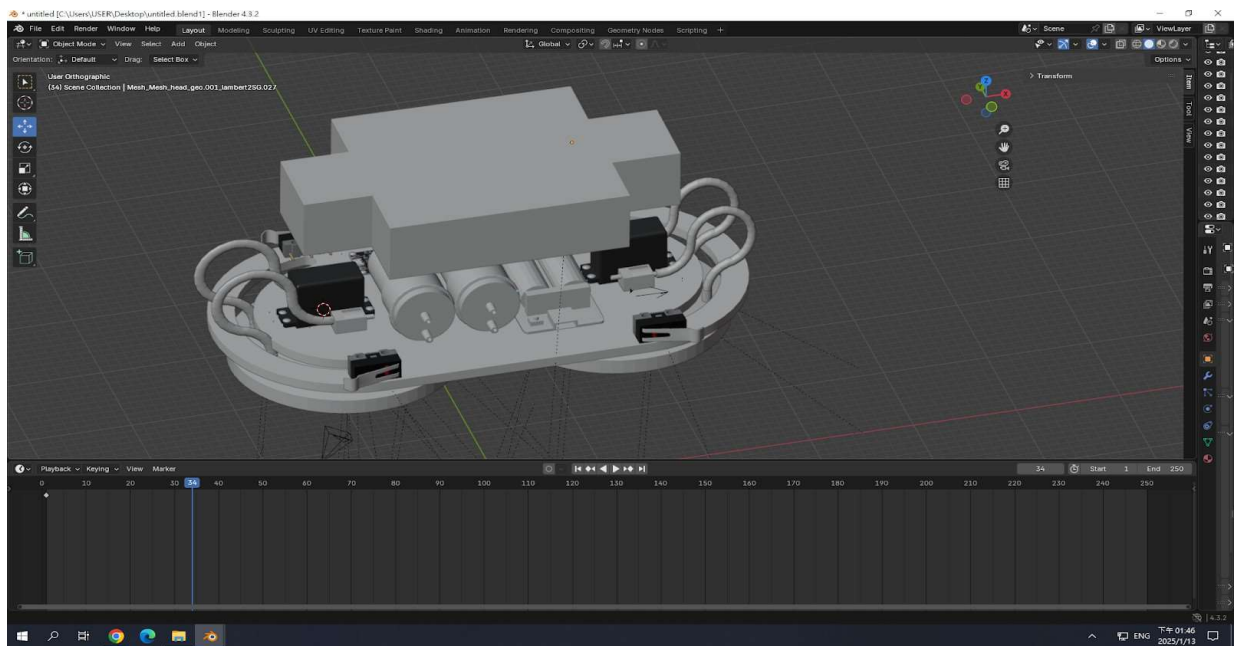


圖 2

二、程式撰寫

我們使用高二智慧居家監控實習所學的 Arduino(如圖 3)，並且搭配單晶片控制 (ESP32) 操控抽氣馬達的吸氣與吐氣，以及伺服馬達的正反轉來驅動吸盤。同時，搭配機構四周的指撥開關，幫助晶片能夠偵測玻璃邊框並且計算行走的間距，防止意外碰撞掉落的同時且達到理想的清潔效果，接著我們利用在高三彈性課程所學到的 App Inventor 來達成手動控制的目的。透過藍芽與 ESP32 連接，配合 App Inventor 所撰寫的程式方塊(如圖 4)，並點選手機介面上的按鈕傳送指令至 Esp32(如圖 5)，達到機器的移動控制。

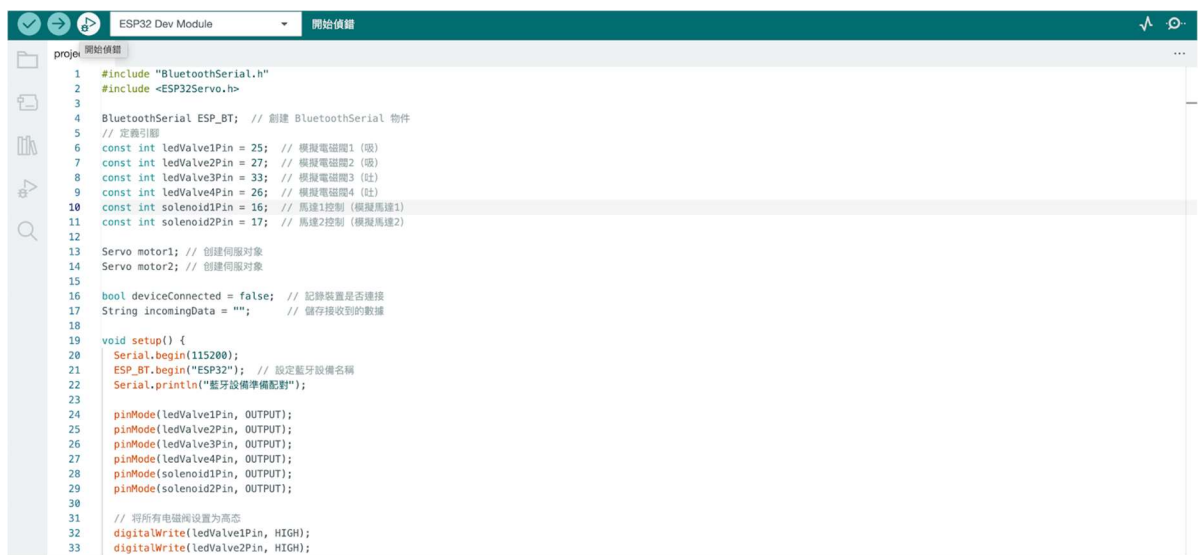


圖 3

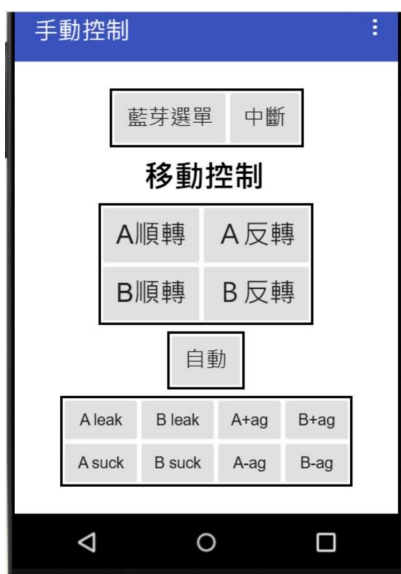


圖 4

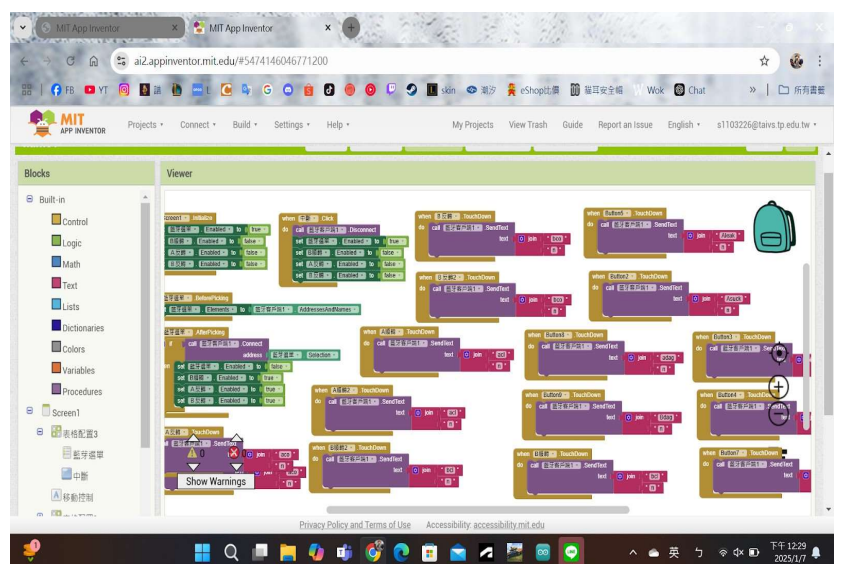


圖 5

三、雷射切割

我們利用專題課程所學的雷射切割軟體，將我們所需的硬體架構透過雷切生產出來，其中包括我們機器人本體的基座(如圖六)以及我們兩顆真空泵的放置基座(如圖 7)。

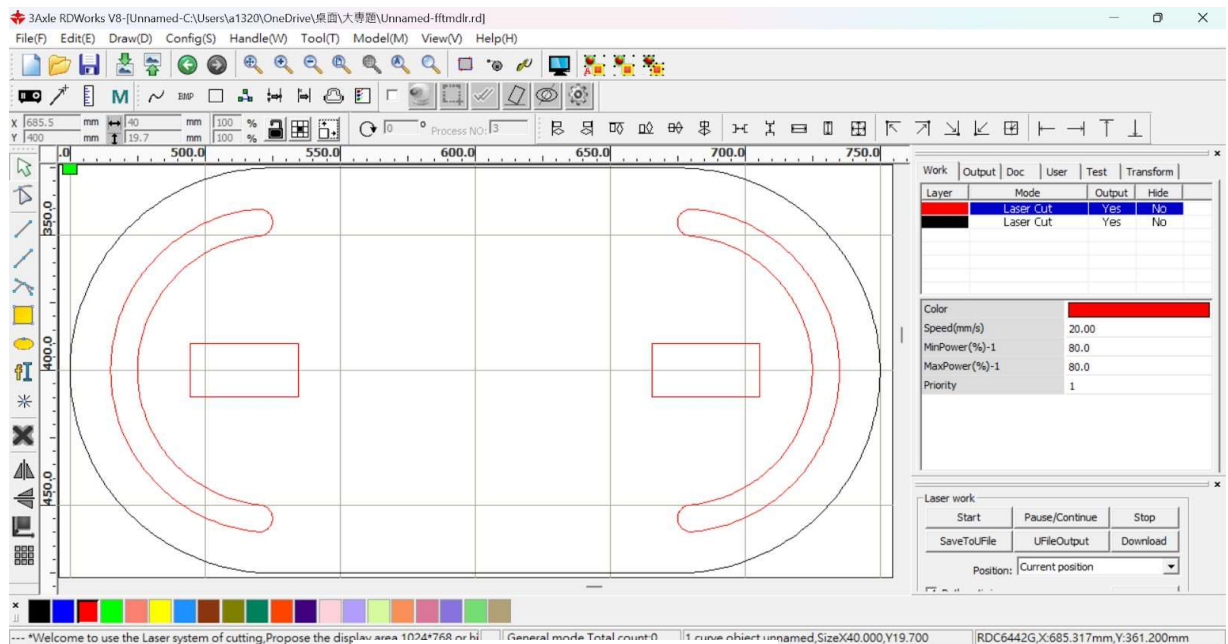


圖 6

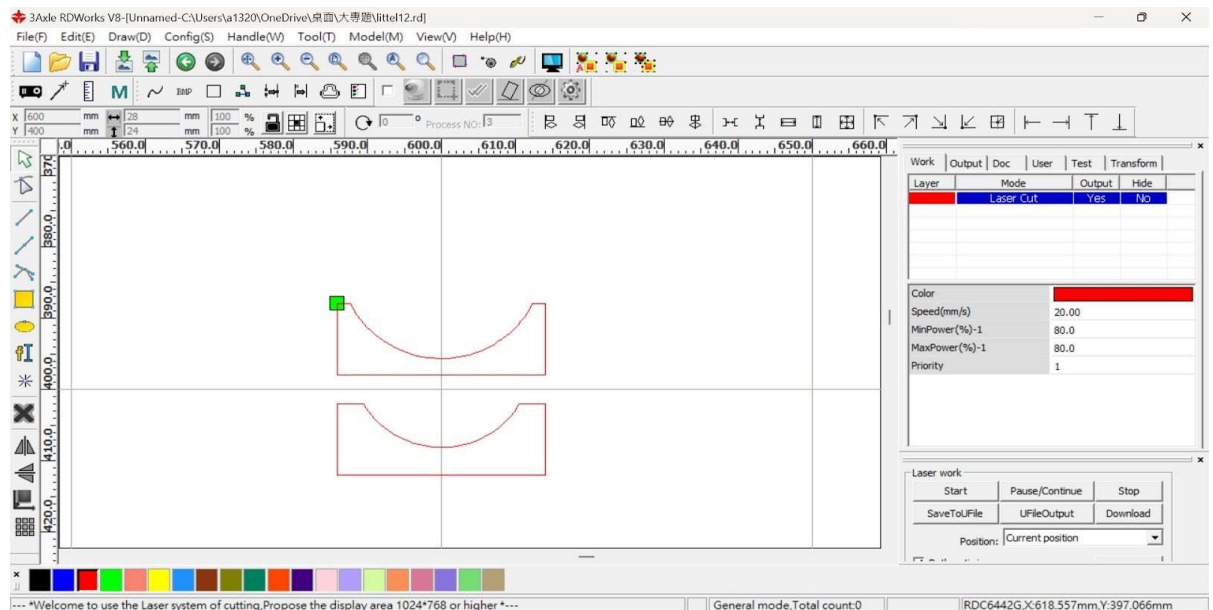


圖 7

肆、研究方法

一、研究時程

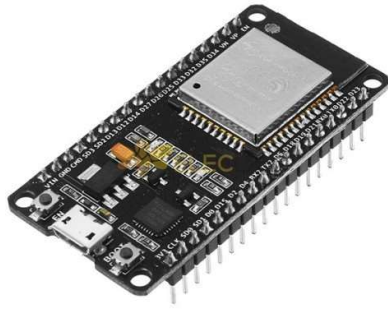
本專題「智慧玻璃清潔幾人」自八月中確定主題後，便開始了專題的製作。以下是詳細的研究時程：

(一)、八月中至九月初：

草擬機器人的初步設計，包括整體機構（如底版、吸盤、馬達等）和並計劃專題目標和需求，如清潔效率、安全性、適用窗戶類型等最後完成機器人結構和功能的設計草圖。

(二)、九月初至十月初：

採購所需零件與材料（如馬達、電池模組、極限開關等）。簡單測試零件性能，確保材料符合需求，並開始製作機器人底版和外殼。



系統)。

(三)、十月初至十二月中旬：

實現基本硬體組裝，確保機器人能完成基礎移動，進行初步硬體測試，檢查機構穩定性與耐用性，添加極限開關和控制模組(如路徑規劃和障礙物檢測

二、硬體裝置

(一)、ESP32

在本專題中,ESP32(如圖八 8 作為窗戶清潔機器人的核心控制器，負責整合驅動電機、清潔模組和傳感器，實現智能化的清潔操作。其內建的 Wi-Fi 與藍牙功能支持遠程控制與監測，並能處理傳感器數據，進行路徑規劃和障礙物檢測，確保機器人高效且安全地完成窗戶清潔。同時，ESP32 還能動態管理能源，延長續航時間，是機器人實現自動化和智能化的關鍵元件。

圖 8

圖 8 ESP32

(二)、真空泵

真空泵的作用是為窗戶清潔機器人提供穩定的吸附力，確保其能牢牢附著在垂直或傾斜的窗戶表面，防止因重力或運動而脫落。同時，真空泵的穩定負壓支持機器人在清潔過程中的安全移動，使其能適應多角度作業環境，是機器人穩定運行的關鍵元件。。

圖 9

圖 9 真空泵

(三)、伺服馬達

伺服馬達的作用是為窗戶清潔機器人提供精確的運動控制，負責驅動機器人的移動模組，確保穩定且精準地在窗戶表面運行。同時，伺服馬達可調節清潔模組的角度與位置，適應不同窗戶形狀，提升清潔效果，是實現智能化運動與操作的關鍵元件。



圖 10 伺服馬達

三、相關軟體

(一)、Arduino IDE

作為 Arduino 語法的開發環境，能配合多種晶片進行編譯和多樣的程式庫可供使用。我們用其對 ESP-32 晶片進行程式的編譯。

(二)、APP Inventor

在本專題中，我們使用 App Inventor 開發了一款手機應用，實現對窗戶清潔機器人的遠程操控。透過該應用，可以啟動、停止機器人。

(三)、Blender

Blender 是一款受歡迎的開源 3D 建模與動畫軟體。它在我們專題中被用於製作機構的 3D 模型，以及輔助設計，讓我們能精確地評估專案的可行性。以及提升報告的精美度

伍、研究結果

一、硬體結構

本專題為了達到能完整吸附於玻璃上的效果採用了兩個吸盤交替行走的機構。

在我們專題的硬體結構中，窗戶清潔機器人由輕量化框架、驅動系統、吸附系統、清潔模組和傳感器組成(如圖 12、13)。機器人框架透過雷切生產出來，支撐整個系統的運作。驅動系統通過伺服馬達和吸盤實現精確的移動，並配備真空泵和吸附盤保證機器人穩定附著於窗戶表面。清潔模組則利用可調節的刷子或擦布進行高效清潔，並通過傳感器系統進行障礙物檢測和運行監控，確保整個清潔過程順利且高效。。

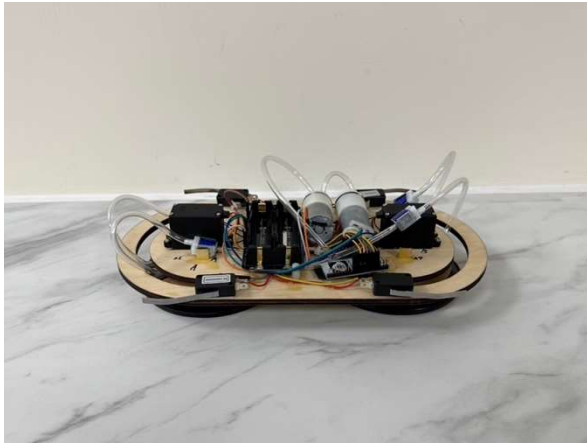


圖 11 機構外觀



圖 12 機構外觀

二、成果展示

(一)、吸附功能

將機器人放置於玻璃表面後，利用手機程式開啟後，機器人就會穩定吸附於玻璃上（如圖 13）

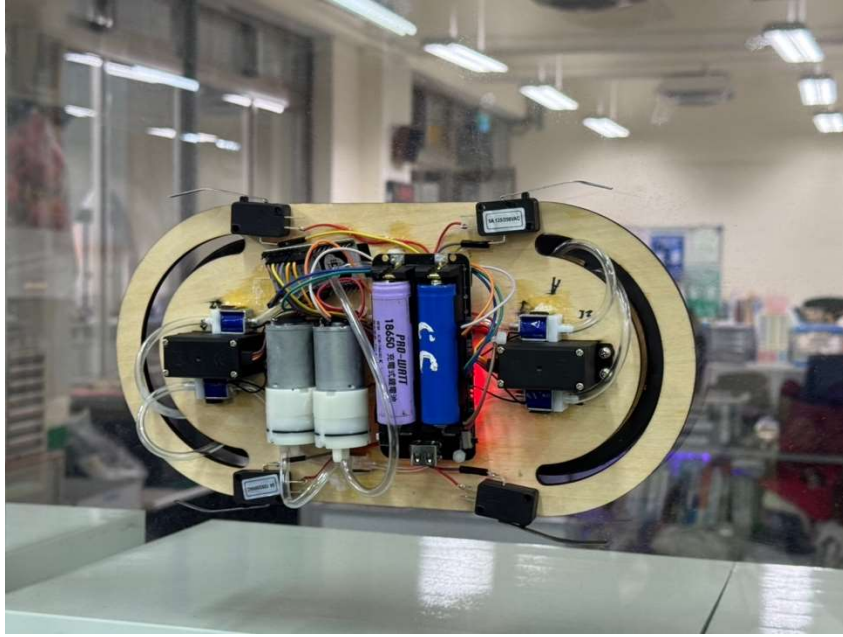


圖 13

點選自動後，就會依照特定路線清潔(如圖 14)。

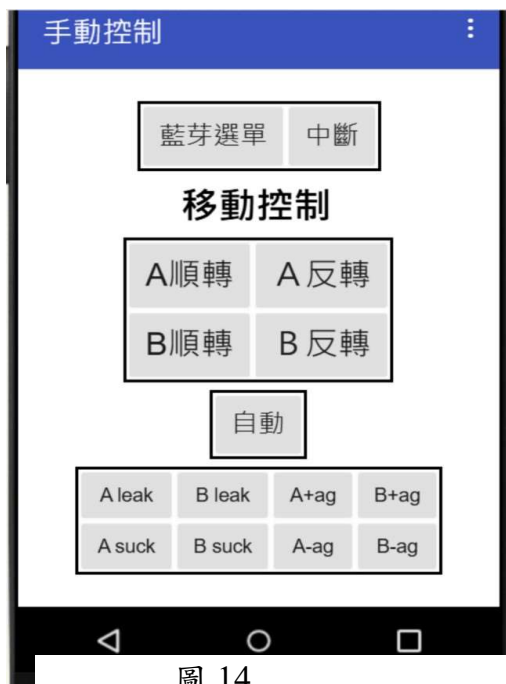
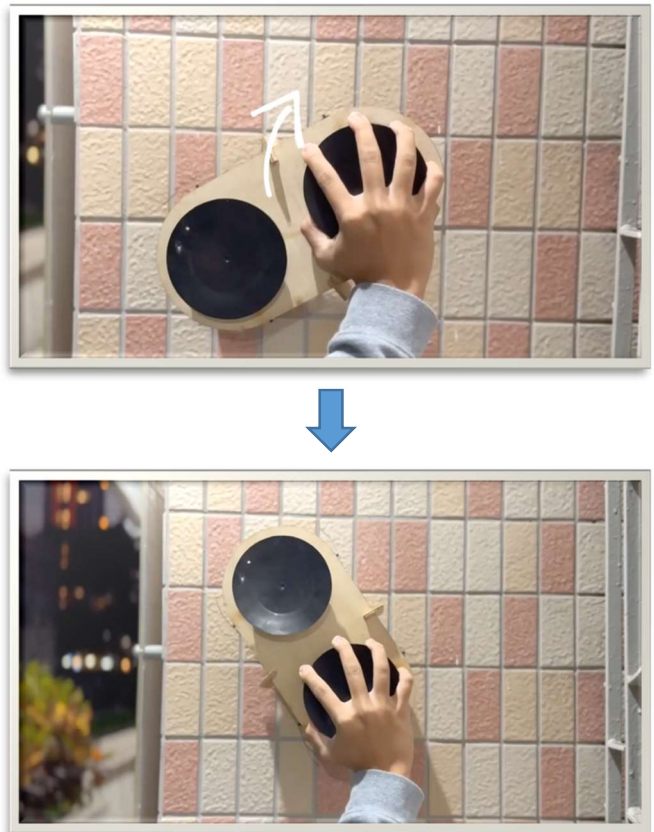


圖 14



陸、討論

一、吸附與穩定性

本專題中，真空泵為機器人提供了穩定的吸附力，使其能牢固附著於垂直或傾斜的窗戶表面，確保清潔過程不受重力影響。經測試，機器人在乾淨平整的玻璃表面上運行穩定，但當窗戶表面存在灰塵、油污或濕氣時，吸附力會受到影響，導致穩定性降低。因此，未來可通過多點吸附設計或改進吸附盤材料，增強其適應性與穩定性，進一步提升運行可靠性。。

二、清潔效率

機器人的清潔模組在實驗中展現出高效的表現，能有效去除窗戶表面的污漬，並通過路徑規劃實現清潔區域的全面覆蓋。測試結果顯示，普通污漬的清潔率達到 80% 以上，但在處理頑固污漬或窗戶邊角

時效果仍有不足。未來可通過增加旋轉刷、強力擦拭模組或高壓水流輔助，提升對特殊污漬的處理能力，進一步提高清潔效率。

三、能源管理

在能源管理方面，機器人採用 ESP32 進行動態控制，有效減少了運行過程中的不必要能耗。測試顯示，機器人能持續運行約 2 小時，能滿足一般家庭窗戶的清潔需求。然而，真空泵和清潔模組的功耗仍是主要挑戰，限制了其在大面積窗戶或長時間運行中的應用。因此，未來可以採用高效能的真空技術，並引入太陽能輔助充電或可更換電池設計，進一步延長機器人的續航時間。

柒、結論

本專題成功設計並製作了一款窗戶清潔機器人，實現了穩定吸附、高效清潔和智能控制的功能。通過真空泵系統提供穩固的吸附力，配合清潔模組與伺服馬達的精準運動控制，機器人能有效清除窗戶表面的污漬並保證穩定運行。此外，結合 ESP32 與 App Inventor 設計的遠程操控應用，大幅提升了用戶的使用便利性與科技體驗，雖然本機器人在吸附力的適應性、頑固污漬的清潔效果以及續航能力方面仍有改進空間，但已達到預期設計目標，證明其作為一種高效、安全的窗戶清潔解決方案具有良好的可行性與實用價值。未來，通過進一步的技術優化與功能完善，該機器人有望在家庭與商業建築清潔領域得到更廣泛的應用。

捌、參考資料

1. <https://appinventor.mit.edu>
2. <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_pump
4. <https://www.sparkfun.com>
5. <https://ieeexplore.ieee.org>
6. <https://learn.adafruit.com/using-servos-with-arduino>
7. <https://www.robotshop.com>
8. <https://www.sciencedirect.com>
9. <https://create.arduino.cc/projecthub>
10. <https://www.ti.com>
11. <https://www.makeuseof.com/tag/beginners-guide-to-mit-app-inventor/>
12. <https://www.engineering.com>
13. <https://www.hindawi.com>
14. <https://www.allaboutcircuits.com>
15. <https://www.researchgate.net>

玖、附錄

一、作品分工表

參賽學生	工作任務
A	3D 建模、動畫製作、影片拍攝
B	報告、影片剪輯、PPT 製作
C	機構設計、硬體組裝、海報製作
D	軟體撰寫

二、競賽日誌

年	月	日	進度	紀錄	工作分配
112	7	30	資料蒐集	地點：線上語音軟體 器材：手機、電腦 時數：3 小時	同學 A：資料查詢 同學 B：資料查詢 同學 C：資料查詢 同學 D：資料查詢
112	8	3	討論主題	地點：麥當勞 器材：手機、筆電、紙 時數：3 小時	同學 A：討論主題 同學 B：討論主題 同學 C：討論主題 同學 D：討論主題
112	8	10	結構討論 功能討論	地點：福勝亭 器材：手機、筆電、紙 時數：3 小時	同學 A：功能討論 同學 B：功能討論 同學 C：結構討論 同學 D：結構討論
112	8	25	材料購買	地點：光華商場 時數：3 小時	同學 A：材料購買 同學 B：材料購買 同學 C：材料購買 同學 D：材料購買
112	9	2	討論專題細節	地點：科辦 器材：手機、紙 時數：1 小時	同學 A：功能討論 同學 B：功能討論 同學 C：結構討論 同學 D：結構討論
112	9	6	討論專題細節	地點：科辦 器材：手機、紙 時數：1 小時	同學 A：功能討論 同學 B：功能討論 同學 C：結構討論 同學 D：結構討論

112	9	14	結構設計 簡報製作	地點：實習工廠 器材：手機、筆電、雷射切割機 時間：3 小時	同學 A：簡報製作 同學 B：雷射切割 同學 C：雷射切割 同學 D：程式撰寫
112	9	20	馬達測試 雷射切割	地點：實習工廠 器材：手機、筆電、雷射切割機、 時間：4 小時	同學 A：簡報製作 同學 B：簡報製作 同學 C：雷射切割 同學 D：雷射切割
112	9	28	雷射切割 馬達校正 軟體測試	地點：實習工廠 器材：手機、筆電、雷射切割機 時間：3 小時	同學 A：3D 建模 同學 B：簡報製作 同學 C：雷射切割 同學 D：程式撰寫
112	10	3	雷射切割 3D 模型	地點：實習工廠 器材：手機、筆電、雷射切割機、 時間：7 小時	同學 A：3D 建模 同學 B：簡報製作 同學 C：雷射切割 同學 D：程式撰寫
112	10	10	雷射切割 硬體製作	地點：實習工廠 器材：手機、筆電、雷射切割機、螺絲起子 時間：7 小時	同學 A：3D 建模 同學 B：簡報製作 同學 C：雷射切割 同學 D：程式撰寫
112	10	12	馬達校正 報告製作	地點：實習工廠 器材：手機、筆電 時間：3 小時	同學 A：簡報製作 同學 B：簡報製作 同學 C：硬體整合 同學 D：程式撰寫
112	10	22	馬達校正 機構修改 簡報製作	地點：實習工廠 器材：手機、筆電 時間：7 小時	同學 A：報告製作 同學 B：硬體整合 同學 C：硬體整合 同學 D：程式撰寫
112	10	28	軟體設計	地點：實習工廠 器材：手機、筆電、雷射切割機 時間：4 小時	同學 A：軟體設計 同學 B：硬體整合 同學 C：硬體整合 同學 D：軟體設計
112	11	2	整合 3D 建模	地點：實習工廠 器材：手機、筆電、雷射切割機、螺絲起子 時間：7 小時	同學 A：軟體設計 同學 B：硬體整合 同學 C：硬體整合 同學 D：硬體整合

112	11	6	底板改裝	地點：實習工廠 器材：手機、筆電 時間：4 小時	同學 A：3D 模型 同學 B：硬體整合 同學 C：硬體整合 同學 D：功能測試
112	11	11	底改裝	地點：實習工廠 器材：手機、筆電 時間：7 小時	同學 A：3D 模型 同學 B：硬體整合 同學 C：硬體整合 同學 D：接線討論
112	11	20	線路整理	地點：實習工廠 器材：手機、筆電、 時間：7 小時	同學 A：3D 模型 同學 B：硬體整合 同學 C：接線討論 同學 D：接線討論
112	12	3	影片構思	地點：實習工廠 器材：手機、筆電 時間：7 小時	同學 A：影片構思 同學 B：影片構思 同學 C：影片構思 同學 D：影片構思
112	12	10	影片拍攝	地點：實習工廠 器材：手機、筆電 時間：7 小時	同學 A：影片拍攝 同學 B：影片拍攝 同學 C：影片拍攝 同學 D：影片拍攝
112	12	17	影片拍攝	地點：實習工廠 器材：手機、筆電 時間：3 小時	同學 A：影片拍攝 同學 B：影片拍攝 同學 C：影片拍攝 同學 D：影片拍攝
112	12	24	報告練習 簡報製作 影片修改	地點：實習工廠 器材：筆電 時間：7 小時	同學 A：影片剪接 同學 B：影片剪接 同學 C：影片剪接 同學 D：影片剪接
112	1	1	報告練習 影片修改	地點：實習工廠 器材：筆電 時間：3 小時	同學 A：影片修改 同學 B：報告練習 同學 C：看他報告 同學 D：看他報告
112	1	7	影片字幕修 改 海報製作 最終測試	地點：實習工廠 器材：手機、筆電 時間：7 小時	同學 A：影片修改 同學 B：報告練習 同學 C：最終測試 同學 D：最終測試