

臺北市立大安高級工業職業學校專題實作競賽
「專題組」作品說明書



群別：電機與電子群

作品名稱：自動衛生紙切割機

關鍵詞：零接觸、自動切割、超音波感測

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、成品外觀.....	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.....	10
伍、研究結果.....	13
一、硬體結構.....	13
(一)、滾筒.....	13
(二)、馬達運轉機關.....	14
(三)、衛生紙滾筒帶動機關.....	14
二、網路功能.....	15
(一)、監控介面.....	15
(二)、LINE Notify 警示.....	15
三、成果展示.....	15
陸、討論.....	16
一、材質選用.....	16
二、滾筒放置位置.....	16
三、供電方式.....	16
柒、結論.....	17
捌、參考資料及其他.....	18
一、書籍資料.....	18
二、電子網路資料.....	18

表目錄

表 1	時間分配表.....	4
表 2	Arduino Mega 2560 規格	7
表 3	HC-SR04 規格.....	8
表 4	GA12-N20 規格.....	8
表 5	L298N 規格	9
表 6	ESP32 規格.....	9
表 7	電源供應器規格.....	10

圖目錄

圖 01	3D 列印成品.....	2
圖 02	雷射切割成品.....	2
圖 03	電路板成品.....	2
圖 04	Arduino 程式撰寫	3
圖 05	App inventor 程式撰寫	3
圖 06	成品實際圖.....	3
圖 07	研究步驟.....	4
圖 08	自動出紙模式流程圖.....	5
圖 09	檢測用量流程圖.....	6
圖 10	存量過低警示流程圖.....	7
圖 11	Arduino Mega 2560	7
圖 12	HC-SR04.....	8
圖 13	GA12-N20.....	8
圖 14	L298N	9
圖 15	ESP32.....	9
圖 16	電源供應器.....	10
圖 17	Autodesk Inventor.....	10
圖 18	Inventor 機構圖	10
圖 19	Arduino Logo.....	11
圖 20	Arduino 軟體撰寫	11
圖 21	Altium Designer logo.....	11
圖 22	Altium Designer 電路圖	11
圖 23	Altium Designer 雕刻圖	11
圖 24	RDwork logo.....	12
圖 25	RDwork 操作介面	12
圖 26	App Inventor logo	12
圖 27	ThingSpeak logo	10
圖 28	IFTTT logo.....	13
圖 29	LINE Notify logo	13
圖 30	滾筒.....	13
圖 31	馬達架.....	14
圖 32	馬達架實際圖.....	14
圖 33	滾筒蓋內側.....	14
圖 34	滾筒蓋外側.....	14
圖 35	監控介面.....	15
圖 36	LINE Notify 實際動作	15

圖 37	成品正面照.....	15
圖 38	上開蓋示意圖.....	15
圖 39	開蓋內部.....	16
圖 40	成品內部圖.....	16

【自動衛生紙切割機】

壹、摘要

在疫情肆虐全球的情況下，生活中到處都存在著許多肉眼無法看見的病毒，故人類只能學著如何與病毒共存。而日常生活中的廁所更是充滿著許多病毒的溫床，為了減少與病毒接觸的機會，我們覺得在廁所接裝自動化的設備是一個未來的趨勢。

因此我們發想了一個能夠感應人體接近，並且自動出紙的產品，除了能夠避免接觸到下一張衛生紙而造成交叉感染，更能讓抽取衛生紙時更加方便。除此之外，我們還做了用量偵測，讓使用者能夠立即的了解到衛生紙目前剩餘的存量，在用量偵測的幫助下，再也不會去上廁所才發現廁所裡沒有衛生紙的窘境。

貳、研究動機

衛生紙是日常生活中不可或缺的一項產品，每一天都會使用到它，而你是否也有過這樣的經驗，通常在外面的洗手間上廁所時，都要先從外面的滾筒衛生紙抽取一些衛生紙，但經常發現第一張衛生紙總是不知道跑到哪裡去，而在滾筒衛生紙上摸來摸去，為了找到第一張衛生紙。好不容易找到了第一張衛生紙，但也把自己手上的病毒全都展染上其他張衛生紙，這樣一來，下一位使用者就會拿到一張充滿病毒的衛生紙，這樣子不但沒有效率而且還十分不衛生。又或著是想要上廁所時卻發現沒有衛生紙而感到非常不方便，所以我們希望能夠研發一個能夠不用接觸到其他張衛生紙就能取得衛生紙，同時也可以在衛生紙快沒有的時候發送訊息給使用者的一項產品。

為了解決以上那些令人感到不便的問題，我們想出了不用用到手觸碰就能一次完成「感應一出紙一分離」三個步驟，這樣不僅能夠使整個抽取衛生紙的過程變得十分流暢且方便，且因為全程不會需要用到手的觸碰，而造成與其他使用者的接觸，更能讓使用者能夠拿到一張令人感到安心的衛生紙。為了讓使用者感到更加便利，我們的供電方式使用最方便的市電作為供電，使用者只須把插頭插上就可以了。

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、硬體製作

在高三的創客自造實習中，我們學會利用 Inventor 3D 繪圖軟體來繪製我們主要負責出紙和分離的滾筒，並且利用 Ultimaker Cura 轉換成適用於 3D 列印機的檔案，接者把檔案輸出至 CSD Deltabot 3D 列印機，並且利用質地輕巧的 PLA 線材列印機構元件(如圖 1)。

在外殼部分我們是利用重量輕巧的壓克力最為材料，不選用木材則是因為我們考量到此項產品是要用在廁所這種潮濕的地方，所以我們才決定使用同樣輕巧但卻不易發霉的壓克力。而外殼尺寸的部分我們則是運用到 RDWork 來繪製出我們理想中外殼的設計圖，再經由雷射切割機切出我們外殼的零組件(如圖 2)。



圖 1 3D 列印成品



圖 1 雷射切割成品

二、電路雕刻

在高三的專題實作課程中，我們學會如何利用 Altium Designer 來繪製出我們所需的電路圖，並且再轉換成 PCB 檔，最後再輸出至自動換刀電路雕刻機來刻出電路板(如圖 3)。使用 Altium Designer 繪製電路板再把元件焊接上去，不僅能夠有效的減少電路面積，也可以讓電路變得更加精簡好懂，更能有效的降低直接接線所產生的錯誤發生率。

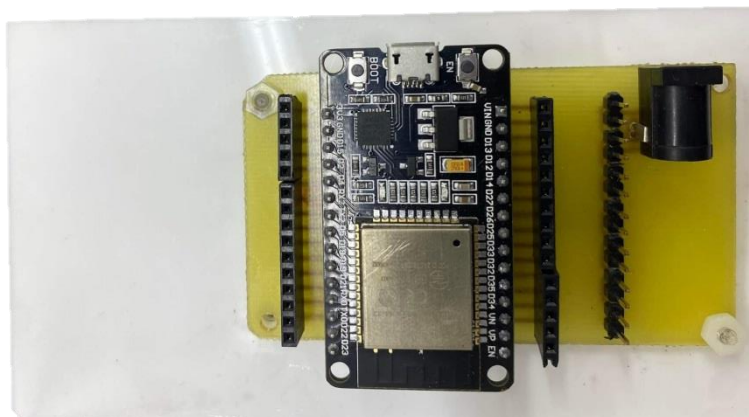


圖 3 電路板成品

三、程式撰寫

我們使用高三課堂上學到的 Arduino IDE 撰寫主要程式(如圖 4)，並使用 Mega 2560 和 ESP32 DEVKIT V1 兩個控制板，前者是本次專題的主要控制器，後者做為收發網路訊息的平台；監控部分我們則是使用 App Inventor 製作手機 App 來接收 ESP32 DEVKIT V1 回傳的資料，並轉換成衛生紙存量顯示於螢幕上(如圖 5)。

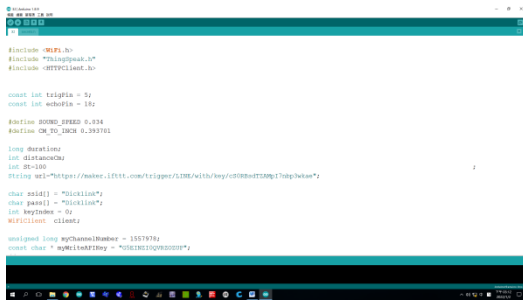


圖 4 Arduino 程式撰寫

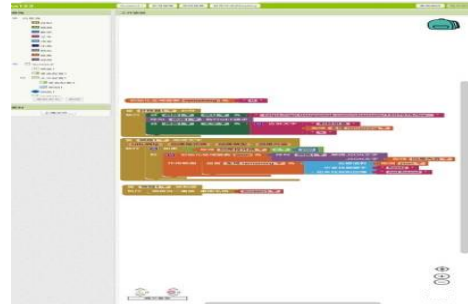


圖 5 App inventor 程式撰寫

四、成品外觀

本次專題外觀全採用白色壓克力製作，背板有另外打洞，可掛在牆上，方便放置和移動；機構凸出來的長度不超過 25 公分，即使是狹窄的廁所裡也不會被人撞到；下方有超音波感測器，抽紙不需任何接觸，感應後直接出紙，安全衛生(如圖 6)。



圖 6 成品實際圖

肆、研究方法

一、研究流程

(一)、研究步驟

在七月與指導老師討論並決定專題題目，之後我們進行資料收集，決定主結構，並根據結構採購元件，同時進行外殼設計、程式撰寫、通訊連接、電路製作，最後整合機構和程式進行成品測試，完成專題成品。專題的時間分配(如表 1)及研究步驟(如圖 7)。

表 1 時間分配表

	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
1.資料蒐集							
2.元件採購							
3.外殼設計							
4.程式撰寫							
5.通訊連接							
6.電路製作							
7.成品測試							

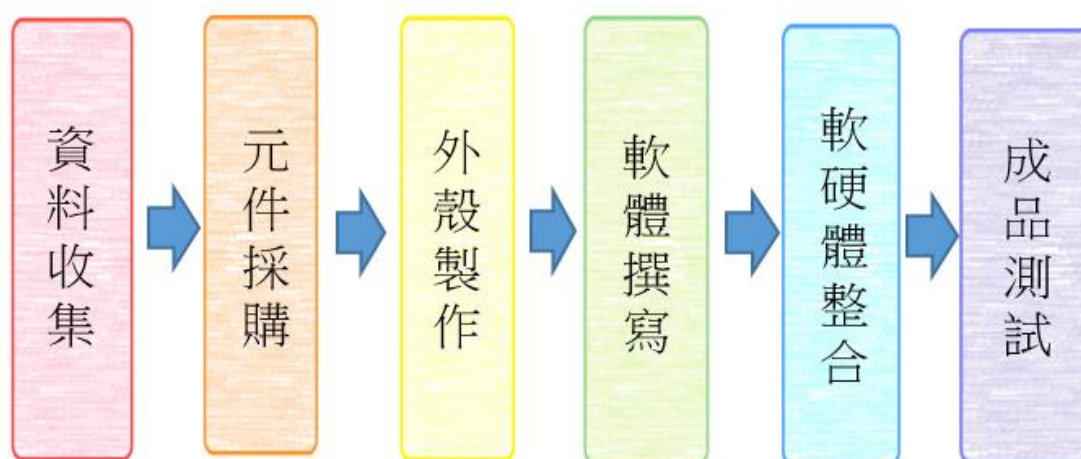


圖 7 研究步驟

(二)、操作步驟

1、自動出紙模式(如圖 8)

當手靠近超音波感測器時，衛生紙機上下的滾筒轉動，製造出一種向下的力，使在上方的衛生紙能夠順利落下，並且再出兩張紙時上方滾筒立即反轉，製造出一種拉扯的力，以此來扯斷衛生紙，來達到出紙的效果。出紙完後，下滾筒停止作動，上滾筒持續反轉，最後把衛生紙復歸回原本的位子。

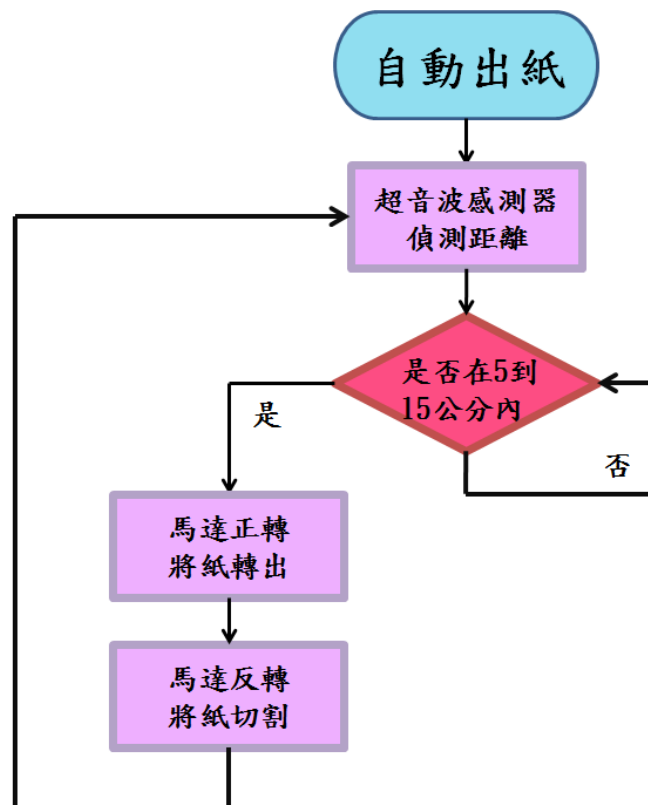


圖 8 自動出紙模式流程圖

2、傳送資料模式

(1) 檢測用量(如圖 9)

利用 ESP32 DEVKIT V1 傳送資料至 ThingSpeak，再藉由 App inventor 抓取 ThingSpeak 的資料，最後將資料顯示我們自製的 App 上，提供管理者目前衛生紙存量的資訊。

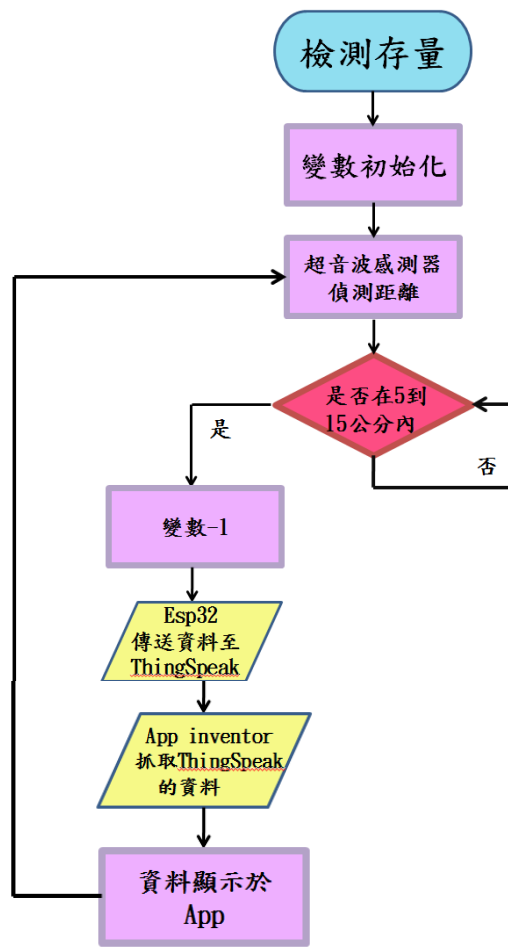


圖 9 檢測用量流程圖

(2) 存量過低警示(如圖 10)

在衛生紙存量低於 10%時，利用 ESP32 DEVKIT V1 觸發 IFTTT，傳送訊息”衛生紙存量過低，請補充”至管理端，使管理端可以立即處理問題，解決使用者的不便。

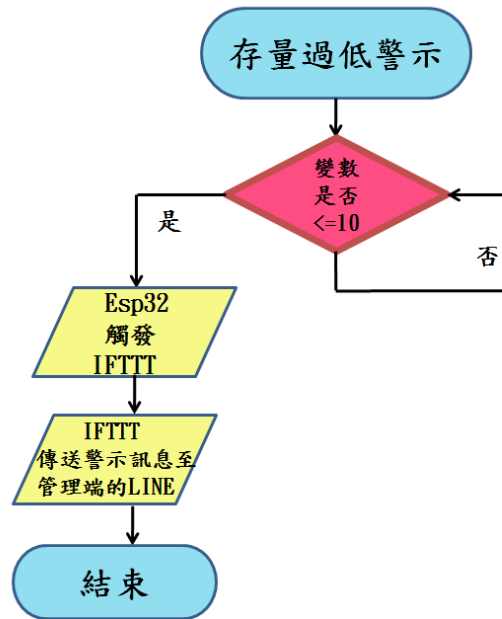


圖 10 存量過低警示流程圖

二、使用材料及工具

(一)、零件介紹

1、Arduino Mega 2560 微控制板(如圖 11)

Arduino Mega 2560 是一塊微控制器板，其內部核心為 ATmega2560，內有 54 個數位輸入輸出引腳，而其中 15 個可用作 PWM 腳位輸出，16 個模擬輸入、4 個 UART(硬體序列埠)、1 個 16MHz 晶體震盪器、一個 USB 連接、1 個電源插座、1 個 ICSP 頭和 1 個重製按鈕。內建的穩壓穩流元件，讓其最大輸入電壓可以從 6V~20V 都能使控制板驅動，其更詳細規格如表 2。

表 2 Arduino Mega 2560 規格

產品尺寸	102*53.6*15.3mm
閃存空間	256KB
靜態存儲點	8KB
時脈速度	16MHz
類子輸入接腳	6 組



圖 11 Arduino Mega 2560

2、超音波感測器(HC-SR04) (如圖 12)

超音波感測器對於本次專題扮演著非常重要的角色，我們本次專題的初心就是為了因應疫情的爆發，所以我們需要不用手的碰觸就能完成訊號的發送，所以我們就用超音波感測器代替傳統的微動開關。

超音波感測器是由超音波的發射器、接收器與控制電路所組成的，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。且因為其發出的頻率高達 40kHz，所以對於人類來說是聽不見的，其詳細規格如表 3。

表 3 HC-SR04 規格

尺寸	45*20*18mm
傳測距離	2cm~450cm
工作電壓	5v



圖 12 HC-SR04

3、直流減速馬達(GA12-N20) (如圖 13)

GA12-N20 是一款體積小、扭力大、噪音小且可利用 PWM 進行控速的直流減速馬達，儘管體積很小，但卻能提供 0.5kg/cm 的最大轉矩，足以帶動本次專題的滾筒。因為我們的產品是使用了在廁所這個空間狹小的地方，所以小體積也是完全符合我們的需求，種種原因讓 GA12-N20 成為我們馬達選用的第一首選。其詳細規格如表 4。

表 4 GA12-N20 規格

產品尺寸	12*9*28mm
工作電壓	DC 3V
無載轉速	25rpm
額定轉矩	0.3kg/cm
額定電流	0.15A
重量	10G



圖 13 GA12-N20

4、直流馬達正反轉控制模組(L298N) (如圖 14)

為了方便控制 GA12-N20 直流減速馬達的正反轉，我們使用了能夠利用 PWM 調速且可承載大電流的 L298N，其特點是發熱量低且驅動馬達能力強，其詳細規格如表 5。

表 5 L298N 規格

產品尺寸	43*43*29 mm
重量	30 g
工作電壓	DC 5 V~36 V
驅動電流	2A
最大功率	25 W

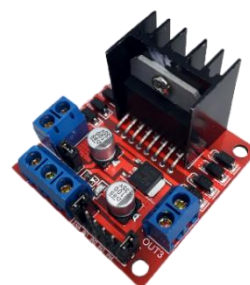


圖 14 L298N

5、ESP32(如圖 15)

esp32 同時具有 WiFi 與藍芽功能，並可以使用 micro USB 進行程式撰寫。我們的專題有用量偵測跟存量過低警示，這兩個功能皆需要 WiFi 進行資料傳輸，所以必須使用 esp 系列連接網路。esp32 跟 esp8266 的差別在於類比接腳的多寡，因我們需要更多類比輸入，最後選擇了 esp32 作為我們專題 WiFi 板。其詳細規格如表 6。

表 6 ESP32 規格

產品尺寸	55*28*12 mm
重量	9.6 g
工作電壓	DC 2.2V~3.6V
GPIO	28 個
存儲容量	4Mbytes
記憶體	520kBytes



圖 15 ESP32

6、電源供應器(PAA060F) (如圖 16)

本次專題幾乎所有電子元件都是使用低壓直流電，所以就使用電源供應器 PAA060F(如圖 69)把市電的交流 110V 轉為低壓直流電源以供應各個電子元件使用，其詳細規格如下表 7。

表 7 電源供應器規格

尺寸	106.2*65*31.7mm
重量	290g
輸入電壓	100V~240V
輸入頻率	50~60Hz
輸出電壓	0V~12V
輸出電流	0A~5A
額定功率	60W



圖 16 電源供應器

(二)、軟體介紹

1、Autodesk Inventor

Autodesk Inventor(如圖 17)是一款能夠允許開發者在單一環境中，整合 2D 和 3D 數據，創建一個虛擬的軟體。它可將開發者腦海中的構思圖實際化，透過實際畫出來的圖再去修改，讓產品達到開發者心中最理想的外殼形狀，實際大小，等確認好最後的尺寸後，再把它利用 3D 列印機實際列印出來(如圖 18)。然而它也可拿來製作動畫，有時比起利用圖片進行說明，利用動畫來解釋，也能讓聽者更加了解這項產品。



圖 17 Autodesk Inventor

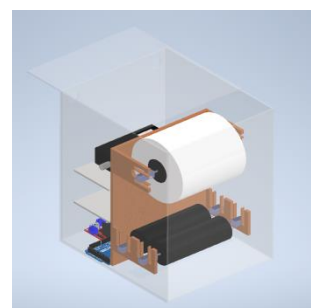


圖 18 Inventor 機構圖

2、Arduino

Arduino(如圖 19)是一個開放原始碼的硬體程式語言編寫軟體，它開發簡單且參考資料多，在網路上也有需多模組及函式庫提供開發者使用，對於初學者來說非常親切。本次專題有許多單晶片需要做整合，而 Arduino 在整合單晶片這方面是十分的方便，可以輕鬆連接硬體套件及通訊系統，所以我們決定使用 Arduino 來當作我們程式撰寫的軟體(如圖 20)。



圖 19 Arduino Logo

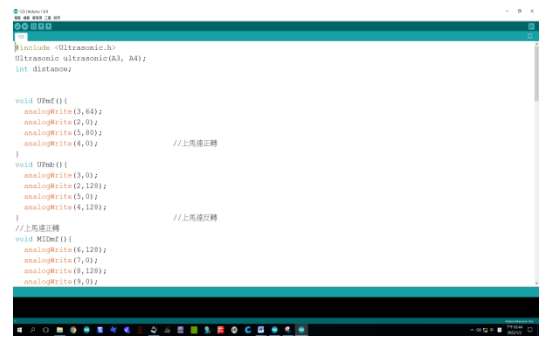


圖 20 Arduino 軟體撰寫

3、Altium Designer

Altium Designer(如圖 21) 是原 Protel 的軟體開發商 Altium 公司推出的一體化電子產品開發系統。這套軟體透過把原理圖設計、電路仿真、PCB 繪製編輯、拓撲邏輯自動佈線、信號完整性分析和設計輸出等技術的融合，提供使用者新的設計解決方式，使設計者可以輕鬆設計，熟用這一套軟體將使電路設計的品質及效率大大提高(如圖 22) (如圖 23)。



圖 21 Altium Designer logo

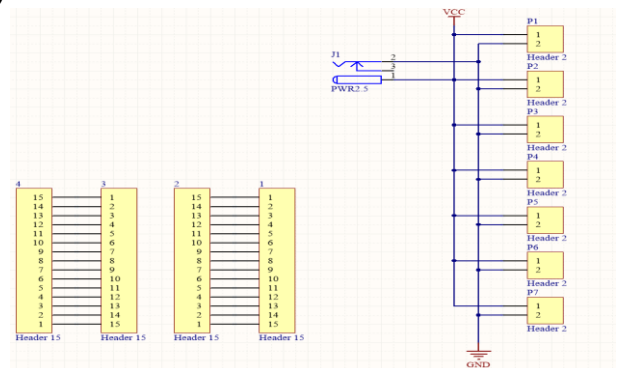


圖 22 Altium Designer 電路圖

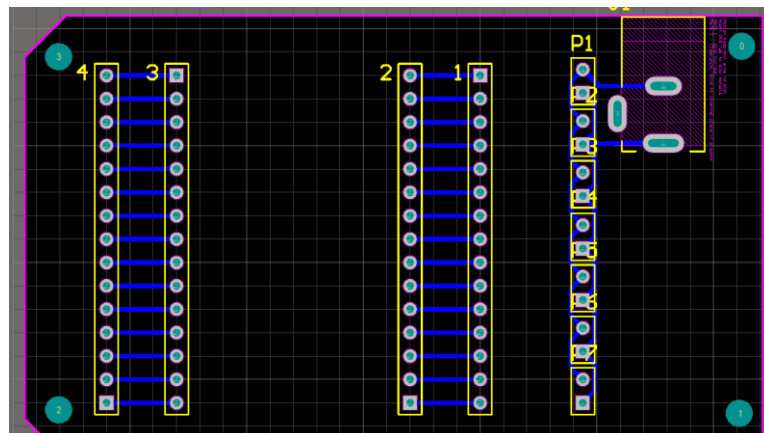


圖 23 Altium Designer 雕刻圖

4、RDworks

RDworks(如圖 24)是一個雷射切割軟體，在操作介面(如圖 25)將所需圖形畫出，更改速率和功率等數值來控制切割或掃描，最後搭配雷射切機便可輕鬆進行作業，如果同一張圖有掃描和切割同時進行，也可以用圖層將多個工作分開，使用方便效果也很好的軟體。我們主要用 RDwork 來切割專題的外殼和支架。



圖 24 RDworks logo

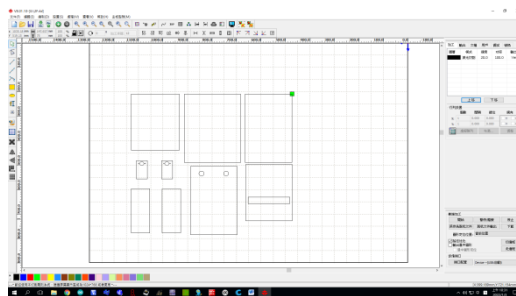


圖 25 RDworks 操作介面

5、App Inventor

App Inventor(如圖 26)是一個完全線上開發的 Android 系統程式撰寫環境，相較於 Arduino 打程式那種寫法，App Inventor 使用拉圖快的方式撰寫程式，簡單好上手，是現今手機 App 程式撰寫的主流。我們使用 App Inventor 製作專題的監控頁面。



圖 26 App Inventor logo

6、ThingSpeak

ThingSpeak(如圖 27)是目前物聯網最受歡迎的資料庫，由 MATLAB 公司提供的免費空間，每一個註冊帳號可獲得 4 個頻道，每個頻道有 8 個自訂欄位，它也可提供直觀的圖表功能，將收到的資料轉成圖表呈現。



圖 27 ThingSpeak logo

7、IFTTT

IFTTT(如圖 28)是一個新生代的網路服務平台，可以整合不同 App、連網裝置和軟體服務，當某條件被觸發時，IFTTT 就可以讓某個動作執行，概念有點類似 if 迴圈，我們的 LINE 訊息警示即是使用 IFTTT 製作。



圖 28 IFTTT logo

8、LINE Notify

LINE Notify(如圖 29)是一個免費的訊息推播服務，可以跟 GitHub、IFTTT 和 Mackerel 連動，藉此跟多個網路服務串聯，利用其中的資料來協助使用者推播訊息。



圖 29 LINE Notify logo

伍、研究結果

一、硬體結構

(一)、滾筒

透過 3D 列印製作的兩個滾筒(如圖 30)，可讓由上方落下的衛生紙，藉由兩個滾筒的相對運動可順利地讓衛生紙從兩滾筒間的縫隙出來，而在分離衛生紙時，也是利用上方滾筒蓋和下方滾筒的相對運動，來達到分離衛生紙的效果。



圖 30 滾筒

(二)、馬達運轉機關

透過 3D 列印製作的小馬達架(如圖 31)，可讓機構下方的馬達固定在牆上(如圖 32)，馬達即可帶動位於下方的滾筒，以達到出紙的效果。



圖 31 馬達架



圖 32 馬達架實際圖

(三)、衛生紙滾筒帶動機關

透過 3D 列印機製作的衛生紙滾筒蓋可藉由兩個滾筒蓋內側的軸(如圖 33)支撐住衛生紙滾筒中間空心的部分。而滾筒蓋外側則有一個符合馬達軸心的小孔(如圖 34)，藉由這個小孔馬達可以帶動整個滾筒蓋，進而再帶動整個衛生紙滾筒。

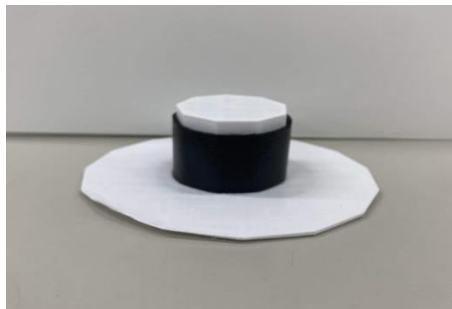


圖 33 滾筒蓋內側



圖 34 滾筒蓋外側

二、網路功能

(一)、監控介面(如圖 35)

利用 App Inventor 製作的簡易監控介面，能清楚且快速地瞭解現在衛生紙的狀況。

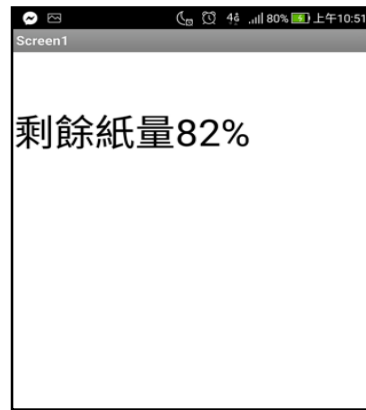


圖 35 監控介面

(二)、LINE Notify 警示

利用 IFTTT 串連 ESP32 和 LINE Notify。當衛生紙存量低於 10%，讓 ESP32 觸發條件，LINE Notify 動作，傳送警示訊息至管理端(如圖 36)。



圖 36 LINE Notify 實際動作

三、成果展示



圖 37 成品正面照



圖 38 上開蓋示意圖



圖 39 開蓋內部



圖 40 成品內部圖

陸、討論

一、材質選用

在專題機構材質的選擇上，我們一開始是使用木板作為我們機構材質的選擇，原因在於木板較為容易取得且價格也比較便宜。但後來我們想到，在廁所這種陰暗潮濕的環境下，使用木板當作我們的材質的話，可能會發生發霉的狀況。為了避免發霉的情況發生，我們就決定選用壓克力板作為我們機構材質的選擇。在壓克力板的厚度選擇上，我們選用 3mm 的厚度，選用 3mm 厚度的壓克力板是因為，我們機構沒有大幅度的動作，只需薄薄的壓克力板便可承受住。且使用壓克力板也可藉由 RD 畫出設計圖再利用雷射機切出我們想要的形狀，對於我們而言十分方便，因此我們最後選用壓克力板作為主要的材質。

二、滾筒放置位置

在專題的一開始，我們兩個滾筒放置的位置是在整個機構的最下層，而衛生紙則是從兩個滾筒的下方進入，但因為摩擦力過大的關係，導致入紙困難。因此我們更改設計，改為直立式，藉由重力讓入紙更加順利，並利用兩滾筒之間拉力分離衛生紙。

三、供電方式

原本我們是使用 3 顆 18650 鋰電池作為我們的電源供應，但因電池容量過小，導致使用一下子就沒電了。所以我們最後改為用市電作為我們專題的電源供應，並且在老師的幫助之下，我們選用了符合我們專題需求的電源供應器(PAA060F)，解決我們專題空間狹小的問題。

柒、結論

自動衛生紙切割機在經過許多嘗試和改進之後，最終我們外殼使用不會發霉且質地輕巧的壓克力板作為我們機構的材料。而內部的零組件則是使用同為質地輕巧的 PLA 線材且能利用 3D 列印機客製化自己想要的零件。在專題一開始，我們滾筒的滾筒是使用 PLA 線材經過 3D 列印機列印出來的，但我們發現如果單純使用此滾筒來當作我們進紙和分離，會發生因為摩擦力不夠而導致無法使衛生紙順利進入滾筒裡，所以我們就決定使用在網路上購買的防滑墊在滾筒上纏繞一圈，而在包上一圈防滑墊的滾筒就能順利的入紙和出紙。

在這個專題中，我們希望能夠為疫情盡一份心力，所以我們才想做自動衛生紙切割機這個主題，我們希望可以盡量減少與其他使用者接觸的機會，每次出紙的過程中都不會需要用到手的直接碰觸，只需用手靠近就會自動感應出紙，讓使用者每次都能拿到一張完全乾淨且沒被汙染的一張衛生紙。在讓使用者感到安心的同時，我們也希望使用者能夠用的方便，使用者只需打開 app 就能隨時隨地的監控現在衛生紙的存量，並且在衛生紙存量低於 10% 的情況下，就會立刻傳送警示訊息至 Line 提醒您衛生紙存量已低於 10%，讓使用者能夠擁有更好的使用體驗。

經過這次的專題，我們了解到要做好一件事所需要的元素有很多，像是程式撰寫、機構設計、電路板雕刻和繪製 3D 模型圖等等專業技能，而更重要的是解決問題的能力和友好的團隊合作，在面對到難題時，不逃避並且勇敢的去面對問題且經常的和組員進行溝通，交換彼此的意見，和組員一起將問題迎刃而解。經過這次專題的磨練後，我們不僅學會了許多專業技能也增進了自己從網路上自學的能力，但最重要的還是，面對困難不放棄，想出辦法解決的精神。我們相信，這次專題的經驗會是我們高職中最甜美的果實，使我們更加茁壯。

捌、參考資料及其他

一、書籍資料

1. 張義和(2016.07.15)。新例說—Altium Designer—3D 動畫製作、3D 電路設計(第二版)。新北市：新文京開發出版股份有限公司。
2. 程兆龍、張義和(2017.08.10)。Arduino 微控智學創新(第二版)。新北市：新文京開發出版股份有限公司。
3. 烏諾、施麥爾(2015.05.01)。Arduino 微控器好好玩。新北市：新文京開發出版股份有限公司。
4. 季雋、傅瑛(2018.05.17)。Arduino 創客之路。新北市：博碩文化股份有限公司。

二、電子網路資料

1. 傑森創工—教學網。2021 年 10 月 14 日。取自
<https://blog.jmaker.com.tw>
2. Arduino 到底是什麼?。2021 年 09 月 06 日。取自
<https://www.lazytomatolab.com/as-01/>
3. Altium Designer~一套電路設計軟體安裝及介紹。2021 年 12 月 25 日。取自
<https://roilyoko.pixnet.net/blog/post/29048596>
4. RDWorks 的使用方式和雷射切割雕刻機的操作方式—阿旺師磨書坊。2021 年 11 月 07 日。取自
<http://wangwangtc.blogspot.com/2020/09/rdworks.html>
5. 簡明 App Inventor 手機應用程式設計入門教學。2021 年 09 月 30 日。取自
<https://blog.techbridge.cc/2020/05/31/mit-app-inventor-mobile-app-dev-tutorial/>
6. 上手 LINE Notify 不求人：一行代碼都不用寫的推播通知方法。2022 年 01 月 05 日。取自
<https://blog.miniasp.com/post/2020/02/17/Go-Through-LINE-Notify-Without-Any-Code>