

臺北市立大安高級工業職業學校專題製作競賽

「專題組」作品說明書封面



群別：電機與電子群

作品名稱：智慧還書箱

關鍵詞：雲端登記還書、自動分類、物聯網

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、程式撰寫.....	2
三、成品美觀.....	3
肆、研究方法.....	3
一、研究流程.....	3
(一)、研究步驟.....	3
(二)、操作步驟.....	4
二、使用材料及工具.....	7
(一)、零件介紹.....	7
(二)、軟體介紹.....	12
伍、研究結果.....	13
一、 硬體結構.....	13
(一)、外殼部分.....	13
(二)、固定式輸送帶.....	14
(三)、擋板.....	15
(四)、滑軌上輸送帶.....	15
二、成果展示.....	17
陸、討論.....	18
一、抽屜設計.....	18
二、材料選用.....	18
三、題目選擇.....	18
柒、結論.....	19
捌、參考資料及其他.....	20

圖目錄

圖 1	傳統還書箱.....	1
圖 2	智慧還書箱.....	1
圖 3	3D 圖繪製.....	2
圖 4	3D 列印實體.....	2
圖 5	程式撰寫.....	2
圖 6	Arduino 接線圖.....	3
圖 7	時間分配圖.....	4
圖 8	滿書提示模式流程圖.....	4
圖 9	還書分類流程圖.....	6
圖 10	TBD40.....	7
圖 11	SS2304A42A 直流步進馬達.....	7
圖 12	JGB37-520.....	8
圖 13	L298N.....	8
圖 14	ESP8266.....	8
圖 15	紅外線測距感測器.....	9
圖 16	RC522.....	9
圖 17	復位開關.....	9
圖 18	S-250-24.....	10
圖 19	S-250-12.....	10
圖 20	Arduino Mega 2560.....	11
圖 21	Arduino Logo.....	12
圖 22	Arduino 程式撰寫.....	12
圖 23	Autodesk Inventor 商標.....	12
圖 24	Autodesk Inventor 3D 繪圖.....	12
圖 25	Firebase 商標.....	13
圖 26	Firebase 介面.....	13
圖 27	外殼示意圖 1.....	12
圖 28	外殼示意圖 2.....	12
圖 29	固定式輸送帶.....	12
圖 30	擋板和超音波感測器.....	15
圖 31	滑軌上輸送帶.....	15
圖 32	抽屜.....	16
圖 33	機構正視圖.....	17
圖 34	機構內部.....	17
圖 35	抽屜.....	17
圖 36	智慧還書箱.....	19

表目錄

表 1	SS2304A42A 規格	7
表 2	JGB37-520 規格	8
表 3	L298N 規格	8
表 4	紅外線避障模組規格	9
表 5	RC522 規格	9
表 6	Arduino Mega 2560 規格	11

【智慧還書箱】

壹、摘要

平時要還書給圖書館時，我們可以直接去櫃台找圖書館員還書，但是當圖書館不在營業時間或是因為疫情而不想接觸人，就是使用還書箱(如圖1)的時機，但是傳統還書箱在還書過程中，書本直接落入箱底，時常毀損書籍，而且在還書日時歸還會因為回收時間不同逾期。

本專題(如圖2)係利用單晶片控制NFC與預先建立好的書籍資料庫來判斷投入還書箱的書本名稱，另以直流步進馬達和步進馬達分別控制輸送帶和滑軌來使書本順利的移動至分類書籍的抽屜。使得書本在歸還過程時，不但不會毀損也能分類好，也不會因為接近還書日卻逾期後才歸還，減少管理者分類的負擔。

貳、研究動機

數據顯示台北市立圖書館平均每年都約有3萬冊書籍汰舊換新，一部分原因歸咎於現今多數在使用的還書箱，使用箱體結構減少毀損書體的機率，但是仍然頻繁發生。而且不論是還書箱裡的書不見或被館員遺漏登記歸還，甚至是在還書日前投入卻逾期後才回收，館方都會要求讀者負責，使部分人們因個人因素被迫使用還書箱而遭受著不便。

即使市面上已經有自動化還書箱系統，可以達成上述功能，但是問題不外乎是成本高和佔地大，而且對場地也有要求，只能落實在少數外借量大的市立圖書館。

因此如何設計出一款能安全地將書本登記歸還分類，並且能以低成本小體積廣泛設置在各地圖書館是我們思考的方向。



圖1 傳統還書箱



圖2 智慧還書箱

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、 硬體製作

我們運用在高二跨群科選修課程中所學到的 Inventor 3D 繪圖軟體，設計出輸送帶上面的擋板(如圖 3)，並且使用 Ultimaker Cura 轉成可適用於 3D 列印機的檔案，再使用 CSD Deltabot 3D 列印機和 PLA 線材列印機構零件(如圖 4)。

另外，由於木板的機械強度足夠、價格親民和方便加工等優點，成為了我們箱體結構和抽屜的材料。

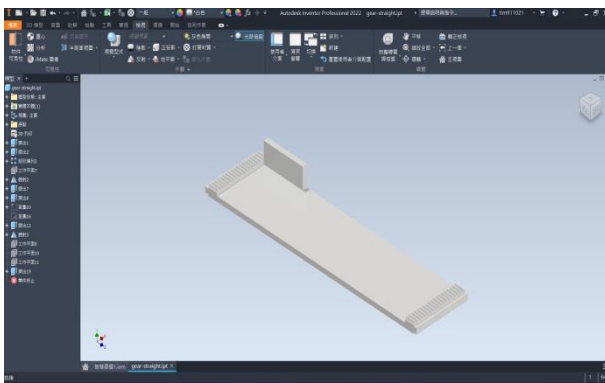


圖 3 3D 圖繪製

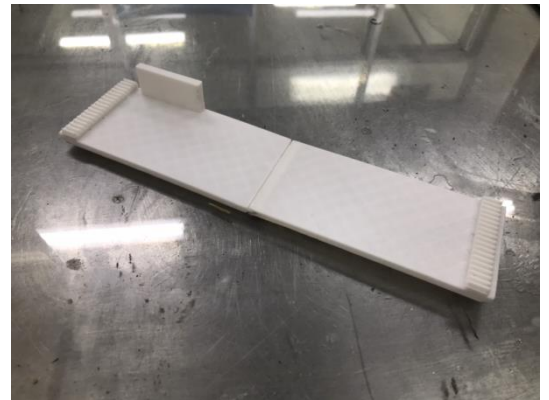



圖 4 3D 列印實體

二、 程式撰寫

在高二的數位邏輯實習中對 CPLD 的邏輯設計及高三的微處理機實習、89S51 單晶片控制及 Arduino 基礎程式應用，瞭解程式的演算及撰寫，由於 Arduino 編程較為簡單易懂，網路上有豐富的資源以及教學，還有許多便利的模組套件能夠運用，所以最後選擇使用 Arduino 作

A screenshot of the Arduino IDE software. The main window shows a C++ program for controlling an LED. The code includes a setup function to initialize the LED pin and a loop function that checks for button presses and toggles the LED state. The code is as follows:

```
1230 //...
  ledState();
  val = 0;
}
if(val == 0 && down == 1 /*&& ground1 == 1 && ground2 == 1 && distance >= 25*/){
  val = 7;
}
else if(val == 6 && up == 1 && top1 == 1 && top2 == 1 /*&& distance >= 25*/){
  val = 1;
}
if(val == 7){
  if(ledClose != 1){
    ledState();
  }
  else{
    ledState();
    val = 0;
  }
}
if(val == 8){
```

圖 5 程式撰寫

為我們程式撰寫的工具(如圖)，以下還有 Arduino 接線圖。(如圖 6)

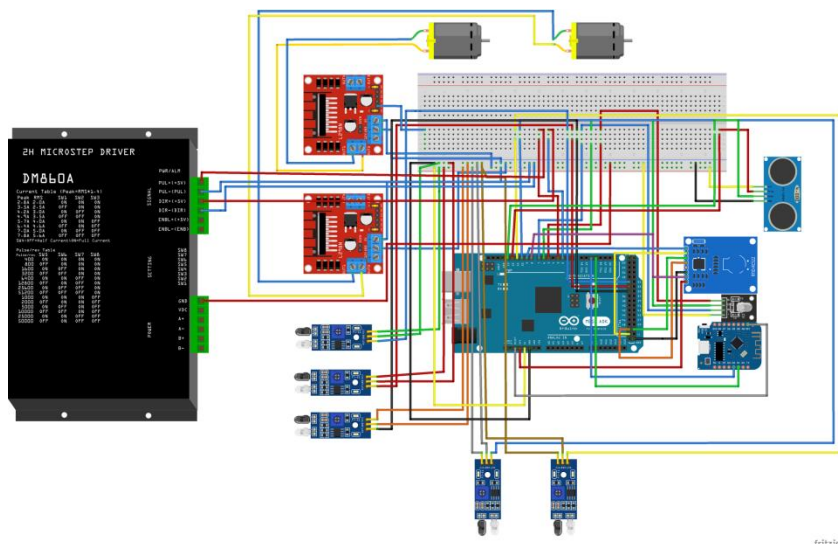


圖 6 Arduino 接線圖

三、 成品美觀

高一二參加工業配線和室內配線證照考試時學到許多整線的技巧，運用束線帶保持線路的整潔，在我們的機構中有許多的 Arduino 模組、感應器和滑台，如果沒有整線就容易導致掉線的情況，所以整線也是不可或缺的一環。

肆、 研究方法

一、 研究流程

(一)、 研究步驟

在訂下題目之後，時間分配圖(如圖 7)分成三個部分進行，一方面討論起初所需的材料，另一方面，也開始構思初步的設計圖，其他組員負責將網路上蒐集的大量資料進行統整。在確定完大致的方向後，站在使用者的立場，討論出我們夢想沙發所需的功能。在 9 月底做出機構的雛形後，開始撰寫程式以及設計電路，並新增了一些功能，到了 1 月初，我們完成了成品並測試所有功能。



圖 7 時間分配圖

(二)、操作步驟

1、滿書提示模式(如圖 8):

電源開啟後，先判斷抽屜是否已經滿書，是的話則警示燈亮起並通知管理人員清理，若抽屜仍有空間則進入還書分類模式。

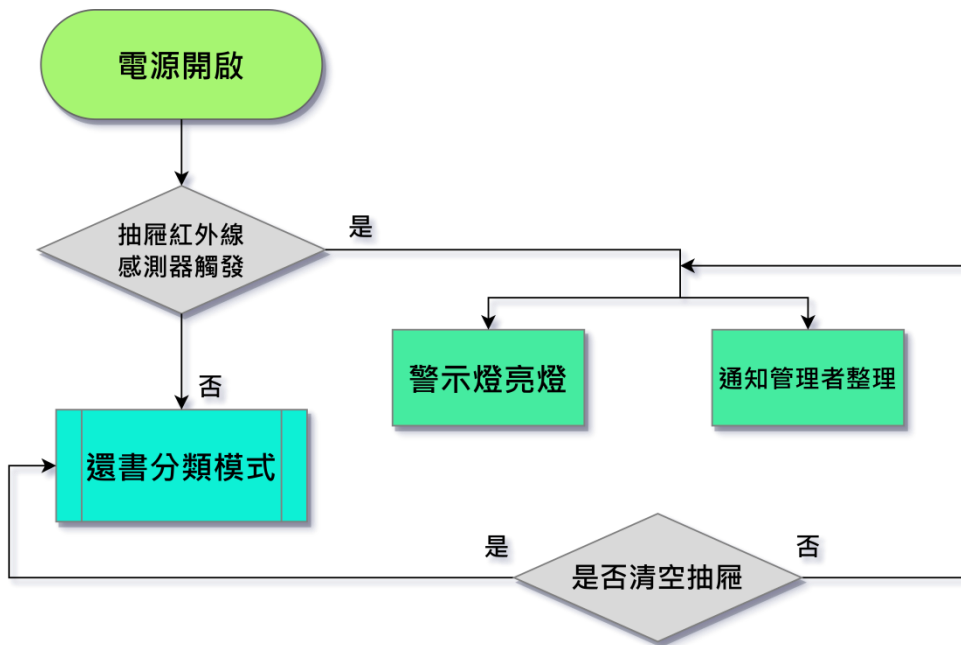


圖 8 滿書提示模式流程圖

2、還書分類模式(如圖 9):

進入此模式後，若有書本投入投書口，NFC 感應器會將書籍資料傳至雲端，使登記書籍狀態登記為已還書，並將書本厚度資料回傳至 Arduino 2560 Mega 板，讓擋板上下移動直到超音波感測距離正確，接著固定式輸送帶正轉，如此一來便一次只會有一本書能通過擋板然後進入滑軌輸送帶。

當滑軌上的紅外線感應器感測到第一本書前端至滑軌上輸送帶時，固定式輸送帶反轉和滑軌上輸送帶正轉，將第一本書和其他書抽離，直到第一本書完整移動到滑軌上輸送帶，滑軌上輸送帶才會停轉，而固定式輸送帶則持續反轉，直到第二本書被感應到或是經過五秒仍無反應便判斷成沒有第二本書待歸還，回歸最初滿書提示模式。

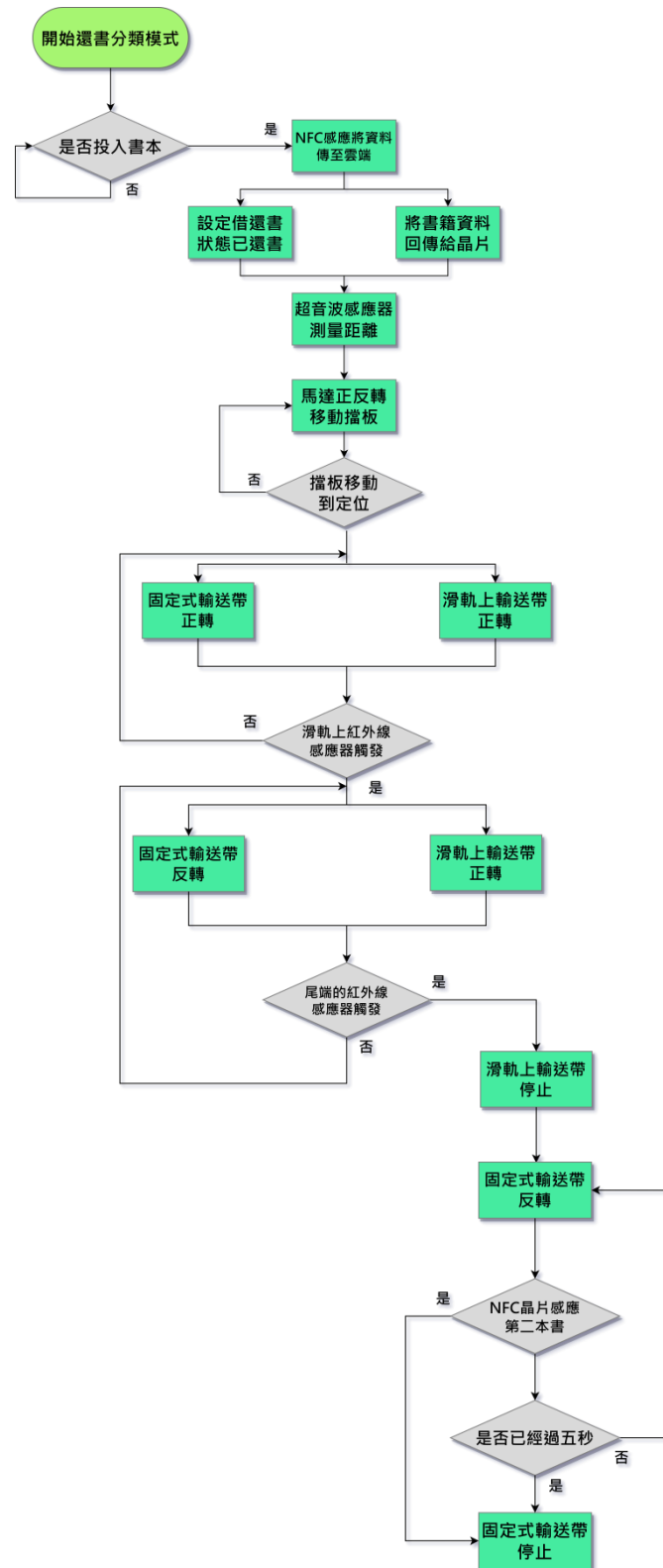


圖 9 還書分類流程圖

二、 使用材料及工具

(一)、零件介紹

1、同步帶滑台模組(TBD40)

TBD40 垂直方向載重達 5KG，有效行程 40cm，搭配步進馬達(SS2304A42)提供升降輸送帶和書本的轉矩。(如圖 10)



圖 10 TBD40

2、直流步進馬達(SS2304A42A)

SS2304A42A(如圖 11)擁有 2.4Nm 的力矩，使用馬達驅動板(DM542)我們將其用於轉動聯軸器來帶動同步帶滑台模組 (TBD40)升降，SS2304A42A 之規格如表 1。

表 1 SS2304A42A 規格

步進角	1.8°
相數	2
額定電壓	2.52V
額定電流	4.2A
保持力矩	2.4N



圖 11 SS2304A42A
直流步進馬達

3、直流減速馬達(JGB37-520)

JGB37-520(如圖 12)負責帶動滑軌上輸送帶，使之正反轉移動書籍到定位，jgb37-520 之規格如表 2。

表 2 JGB37-520 規格

工作電壓	DC 24V
無載轉速	960 rpm
齒輪比	1:6.25
額定扭矩	0.6 kg/cm
額定電流	0.1 A
重量	144 g



圖 1 JGB37-520

圖 12 JGB37-520

4、直流馬達正反轉控制模組(L298N)

為了方便控制 JGB37-520 直流減速馬達的正反轉，我們使用能承載大電流的 L298N(如圖 13)，其規格如表 3，其特點是發熱量低且驅動馬達能力強。

表 3 L298N 規格

工作電壓	5V
工作電流	2A
最大功率	25W

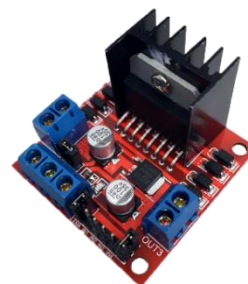


圖 13 L298N

5、ESP8266 開發版(ESP8266)

ESP8266 具有 WiFi 功能的開發版，可以支援 Arduino 來協助完成還書登記以及書本資料回傳。(如圖 14)



圖 14 ESP8266

產品尺寸	37×18.9×13.5 mm
重量	3.6 g
工作電壓	DC 4.5 V~5.5 V
最大電流	12 mA
量測距離	4~30 cm

6、紅外線避障模組

紅外線測距感測器(如圖 15)，其規格如表 4，用於檢測機構內是否有物體，其測距範圍為 4~30cm，透過三角方法測量，無論是被測物材質或是環境溫濕度皆不會影響測量精度，測量出的電壓值經轉換成類比訊號進行控制。

表 4 紅外線避障模組規格



圖 15 紅外線測距感測器

7、RFID 感應模組(RC522)

RFID(如圖 16)用來感應書本上的 NFC 貼紙並將書本資料經由 Arduino Mega 2560 後再傳至雲端。規格如表 5。

表 5 RC522 規格

工作電壓	DC 3.3 V
工作電流	13-26mA
休眠電流	< 80uA
工作頻率	13.56M Hz

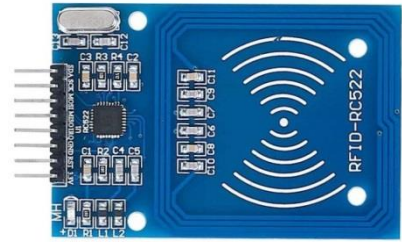


圖 16 RC522

8、 復位開關

復位開關用於確定滑軌移動到目標位置，並加以控制機構運行(如圖 17)。

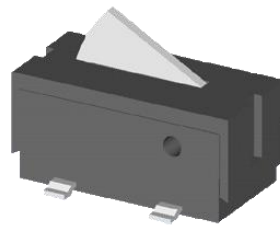


圖 17 復位開關

9、 電源供應器(S-250-24、S-250-12)

電源供應器提供 24V 電源(如圖 18)，24V 供給步進馬達驅動板 DM542 電源，最大可輸出 240 瓦特。

電源供應器提供 12V 電源(如圖 19)，12V 供給直流減速馬達 JGB37-520。



圖 18 S-250-24



圖 19 S-250-12

10、Arduino Mega 2560 微控制板(ATmega2560)

我們使用 Arduino 單晶片作為整個專題控制中樞(如圖 20)，其規格如表 6，提供數位及類比的輸入輸出，在程式撰寫方面容易入門，擁有大量網路上的資源和模組，對於初學者極為友善。

表 6 Arduino Mega 2560 規格

產品尺寸	101.52×53.3 mm
重量	37 g
主控芯片	ATmega2560
工作電壓	DC 5 V
外接電源輸入	DC 7 V~12 V
USB 接口	Micro-USB
數位 I/O 接腳	54 (其中 15 支提供 PWM 輸出)
類比輸入接腳	16
時脈速度	16 MHz
閃存空間	256 KB

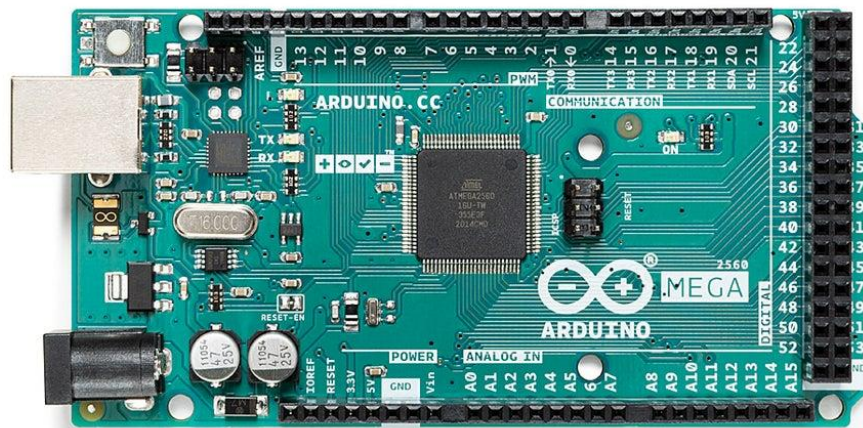


圖 20 Arduino Mega 2560

(二)、軟體介紹

11、 Arduino

Arduino(圖 21)是一個開放原始碼的開發環境，市面上也有許多模組以及函式庫供開發者使用，且價格較為經濟實惠，其特點是編寫程式容易，主要使用類似 C/C++的語法編寫，但功能卻更多樣化，對我們來說更容易理解以及運用，所以最終選用 Arduino 作為我們編寫程式的軟體(圖 22)。



圖 21 Arduino Logo



圖 22 Arduino 程式撰寫

12、 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor(圖 23)為一款提供彈性且全方位 3D 機械設計、產品模擬、模具建立與設計溝通的軟體，也由於它可以讓使用者以極具成本效益的方式設計及製造出更好的產品，因此被普遍的使用在建築設計、工業設計及模具設計等層面。在這次專題中我們使用 Autodesk Inventor 繪製擋板(圖 24)，並且使用 3D 列印機印出成品。



圖 23 Autodesk Inventor 商標

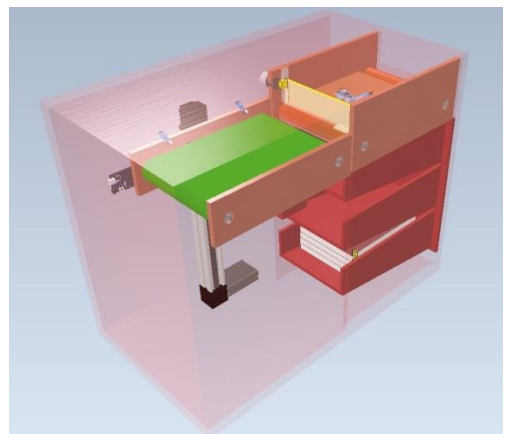


圖 24 Autodesk Inventor 3D 繪圖

13、 Firebase

Firebase(圖 25)是一套雲端後端服務平台，提供多種開發情境(行動端、網頁端)所需要的功能，像是帳號註冊與權限控管、即時更新的線上資料庫、訊息推播、資料分析.....等許多功能，同時還具備低維護成本的特色，底下為 Firebase 介面。(圖 26)



圖 25 Firebase 商標

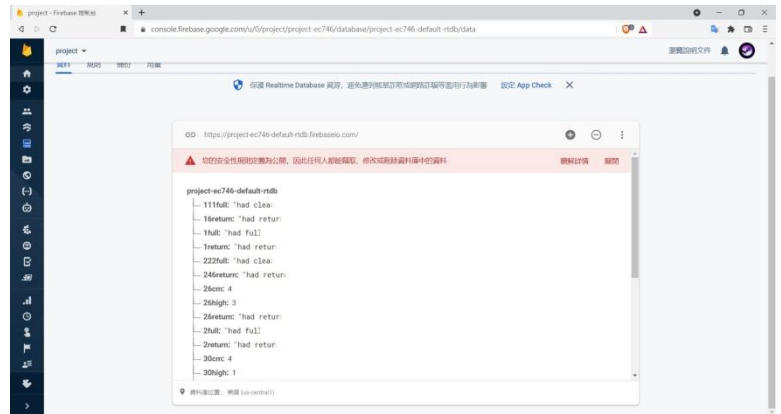


圖 26 Firebase 介面

伍、研究結果

一、 硬體結構

智慧還書箱之主體結構由木板裁切組成，細部說明分為固定式輸送帶、擋板、滑軌上輸送帶及抽屜四部分，說明如下：

(一)、外殼部分

由多塊木板組成的長方體，頂部蓋板和背板可以打開方便修理，前板則有投書口和抽屜。(圖 27 和圖 28)

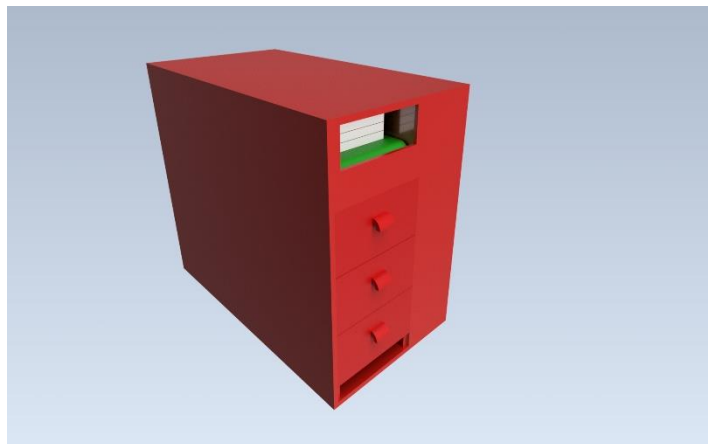


圖 27 外殼示意圖 1

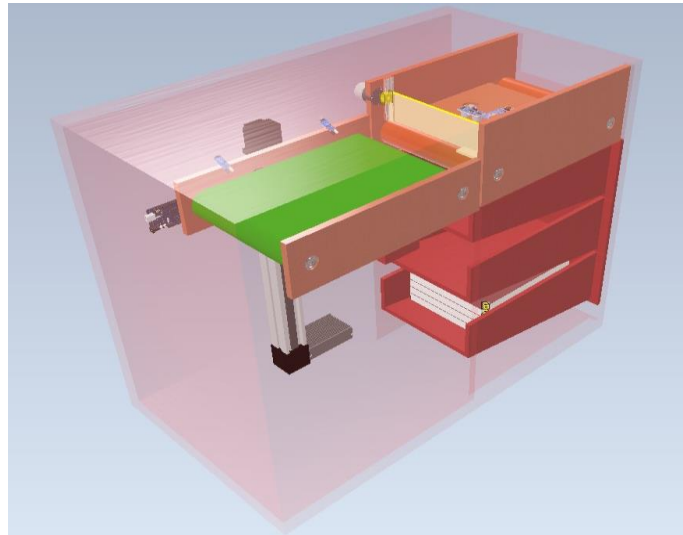


圖 28 外殼示意圖 2

(二)、固定式輸送帶

固定式輸送帶裡有 NFC 感應晶片，當書本投入投書口後就會自動感應到書上的 NFC 貼紙。(圖 29)

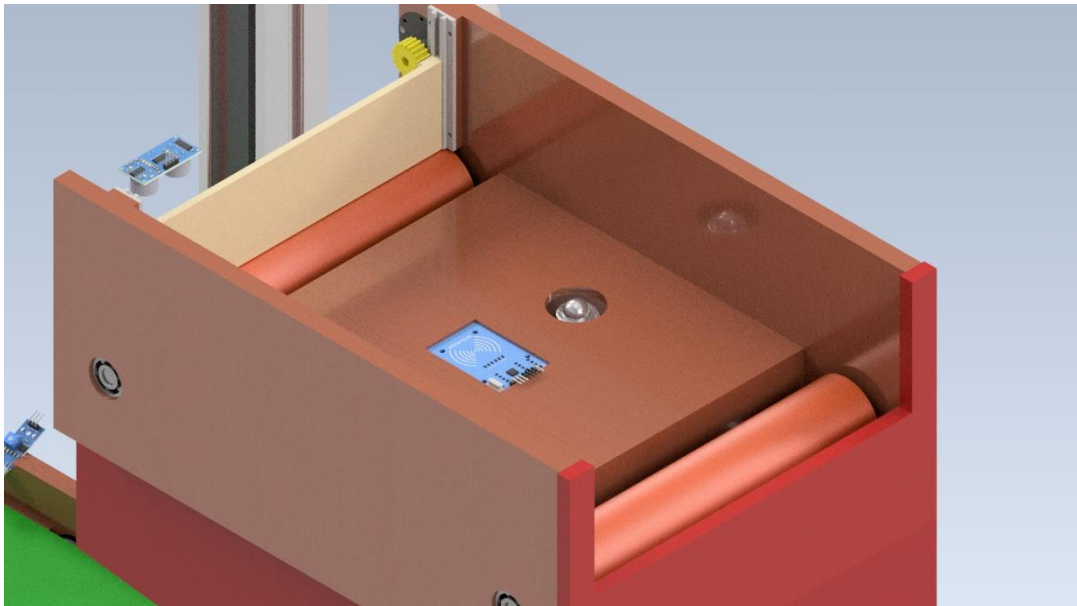


圖 29 固定式輸送帶

(三)、擋板

擋板上的齒輪齒條透過馬達上下移動，側面則設計了鳩尾槽，移動時就不會左右偏移，凸出的板子則是給超音波感測器測距，提供資訊讓擋板只通過一本書籍。(圖 30)

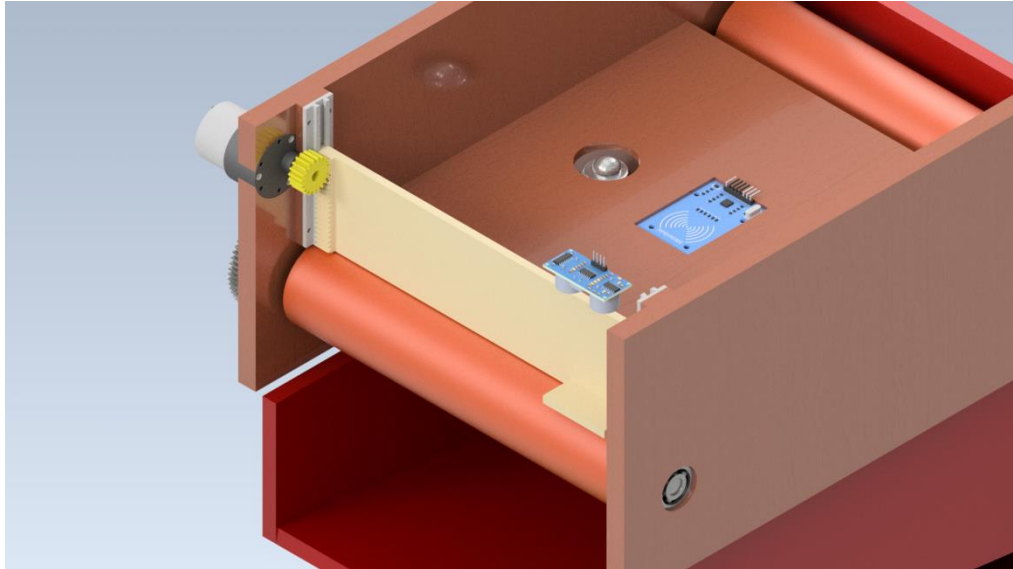


圖 30 擋板和超音波感測器

(四)、滑軌上輸送帶

兩個紅外線感測器用來偵測書本位置以搭配程式完成輸送帶正反轉。(圖 31)

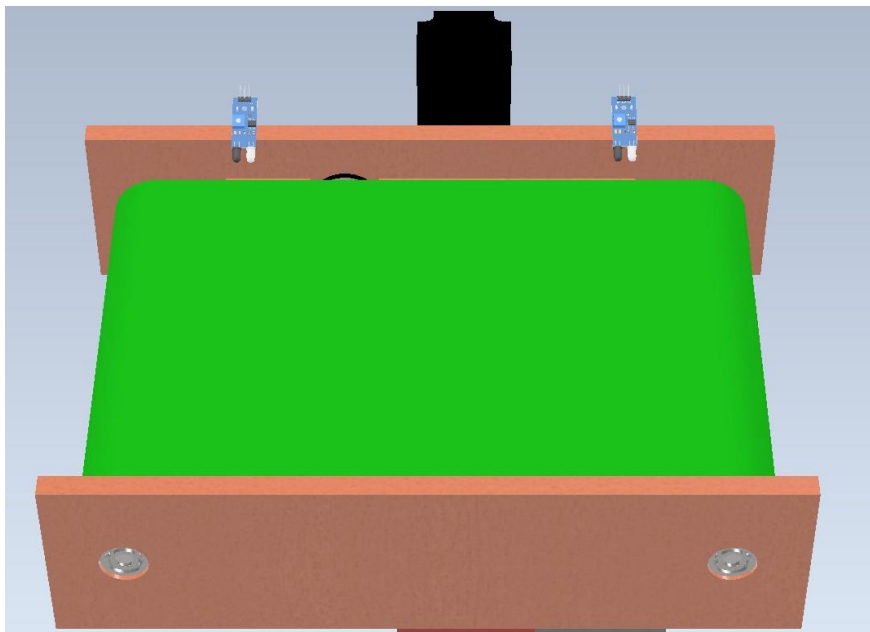


圖 31 滑軌上輸送帶

(五)、抽屜

設計斜度使書本自動往下滑，紅外線感測器則是當抽屜滿書時用來通知管理者清理。(圖 32)

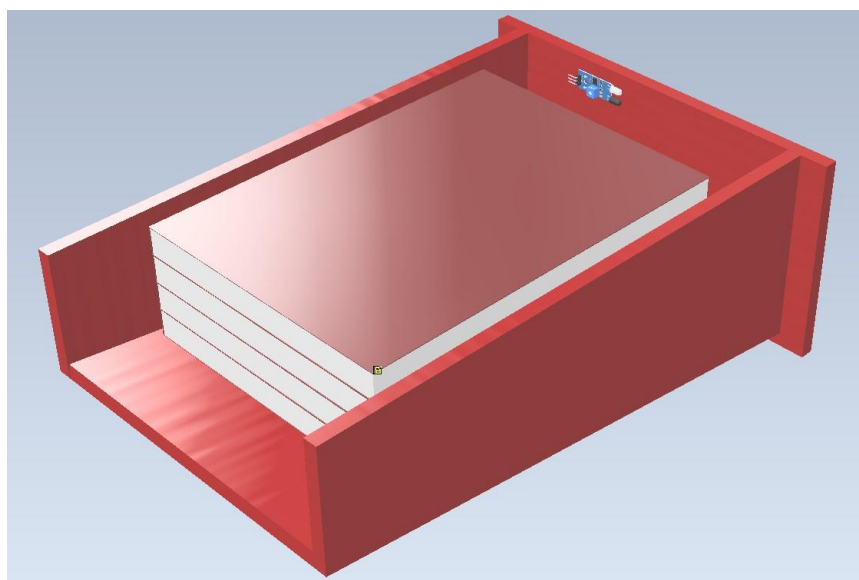


圖 32 抽屜

二、 成果展示

智慧還書箱為使用者帶來只需將書本依次投入就能還書的同時，還幫管理者省去了分類的步驟，相較於市面上只能運用於大型圖書館的全自動化系統，價格低廉又能達到自動化還書，而且發展性強，可安裝很多擴充功能，像紫外線消毒、資料庫結合大數據分析判斷熱門書籍.....等，可謂是跨時代的產品。(圖 33、34 和 35)

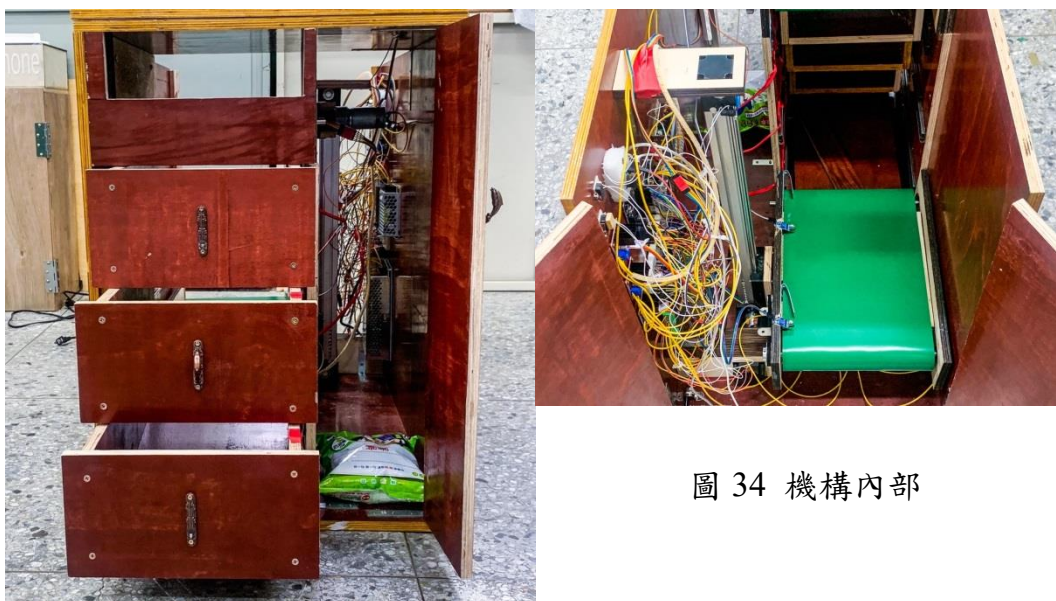


圖 33 機構正視圖

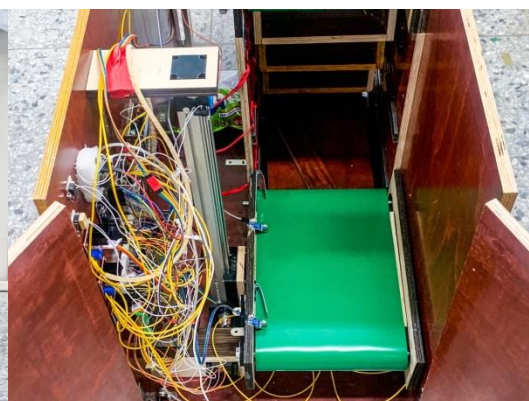


圖 34 機構內部

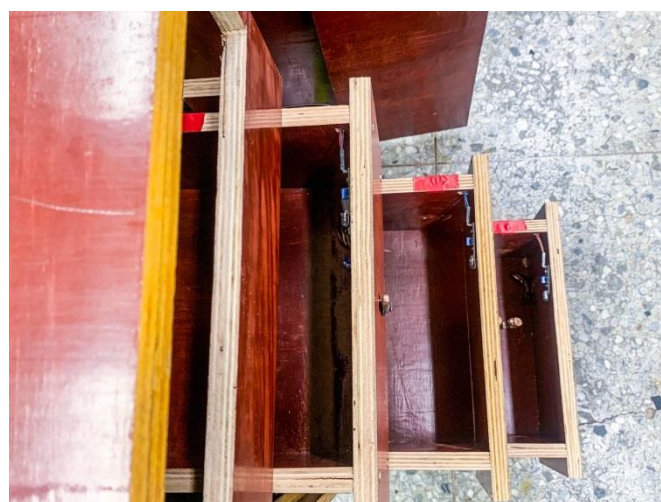


圖 35 抽屜

陸、討論

一、 抽屜設計

將書本從滑軌上輸送帶移動到抽屜時由於斜度不足、摩擦力太大等問題，無法順暢將書本移動到抽屜底端，我們認為應該增加抽屜斜度或是在抽屜底部貼上光滑的材質，但礙於時間和成本來不及重做，因此現階段抽屜只能勉強投入兩本書。

二、 材料選用

起初要設計上下移動書本的機構時，我們有很多方案可以選，也參考了老師和網上的資料，最後是在滑軌與螺桿之間抉擇，雖然 z 軸的移動通常使用轉矩大的螺桿機構，但是考量到機構只需要支持一本書加上輸送帶的重量，加上定位精度與移動速度等問題，最終便選擇了精度高移速快的皮帶滑軌。

三、 題目選擇

從暑假期間到開學後的十月，改變了題目三次，前兩次都是以儲存和分類為核心想法，做出能夠定位物品在哪的分類櫃，但是經老師提點後，發現我們面臨兩個嚴重的問題，一是產品功能無法符合消費者需求，二是 NFC 感應器感應範圍太小，若是應用在櫃子就需要使用大量晶片而導致成本過高。

最後改以 NFC 技術為核心，發想出能夠結合此技術而且面相明確客群的產品。

柒、結論

在經歷 6 個月的跌跌撞撞，最終我們還是作出了智慧還書箱，在經歷了兩次主題更換後我們還是遇到了一些問題，像是機構強度不足我們就使用了厚達 1.5 公分的木板組成外殼，NFC 的位置最初一直找不到適合的地點，既要能順利感應到書籍資料又要確保放入的第二本書也可以被順利感應到，最後的解方是把輸送帶中間挖洞放感應器，程式的部分在處理資料庫與處理板之間的溝通頻頻出現問題，後來採用類似讀取網頁的方式，在讀取一段後就回傳一段確認是否正常接收，如果沒有就必須重新跑一次，還有各種的挫折及問題是我們以前完全沒有經驗的，做完專題後才明白為甚麼當初老師希望大家都盡全力做專題，這段懵懵懂懂的時間裡。

反而是高中這三年學到最多東西的時候，培養了自學能力，報告時也能訓練口條，在不斷的挫折中進步並獲得成就感，組員溝通難免有些摩擦，處理人際關係也是十分重要的一環。

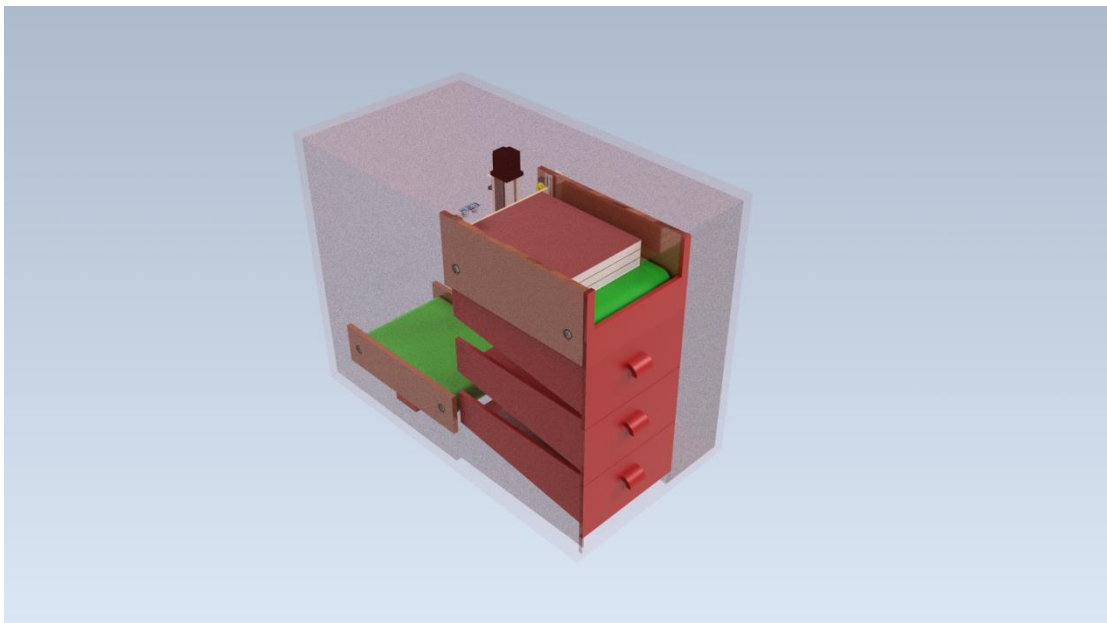


圖 36 智慧還書箱

捌、參考資料及其他

- 刁建成(2005)。RFID 原理與應用。台北市：全華圖書。
- 淺談 RFID 在圖書館的應用。2022 年 1 月 19 日。取自 <https://www.lib.ncu.edu.tw/book/n41/41-2b.htm>
- TBD40 規格。2022 年 1 月 19 日。取自 <https://www.sapdatasheet.org/abap/tab1/tbd40.html>
- SS2304A42A 規格。2021 年 1 月 19 日。取自 <http://www.szmelike.com/uploads/soft/20210723/1627038042.pdf>
- JGB37-520 規格。2022 年 1 月 19 日。取自 <https://www.openimpulse.com/blog/products-page/37d-gearmotors/jgb37-520-dc-gearmotor-960-rpm-24-v/>
- L298N 規格。2022 年 1 月 19 日。取自 <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/22440/STMICROELECTRONICS/L298N.html>
- ESP8266 規格。2022 年 1 月 19 日。取自 <https://www.electroschematics.com/esp8266-datasheet/>
- Arduino Mega 2560 規格。2022 年 1 月 19 日。取自 <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>