

全國高級中等學校專業群科 109 年專題及創意製作競賽
「專題組」作品說明書



群 別：電機電子群

作品名稱：陪伴

關 鍵 詞：購物車、自動跟隨、價錢計算

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、3D 列印(專題課)	2
二、雷射切割(專題課)	2
三、電路板雕刻(專題課)	2
四、超聲波(物理課)	2
五、電磁感應(電工機械)	3
肆、研究方法(過程)	4
一、理論討論	4
(一) 超聲波(UltraSound)	4
(二) 紅外線(Infrared)	4
(三) 無線射頻辨識(Radio Frequency Identification)	5
(四) 藍牙(BlueTooth)	6
(五) 馬達驅動	6
(六) 微型電腦	7
(七) 攝像頭	7
(八) 溝通橋梁	8
二、製作流程	9
三、軟體程式	10
四、電路設計	11
五、硬體結構	12
伍、研究結果	14
一、無線充電	14
二、自動跟隨及避障	14
三、購物判斷	15
陸、討論	16
一、硬體結構材料選用	16
二、通訊軟體選用	17
三、瓶頸與障礙	18
柒、結論	18
捌、參考資料及其他	19

圖表目錄

圖 1 超聲波傳感器	4
圖 2 紅外線感測器	5
圖 3 RFID.....	5
圖 4 BlueTooth Mod	6
圖 5 L298N.....	6
圖 6 Raspberry Pi 3B	7
圖 7 攝像頭 C310	7
圖 8 Linkit7697	8
圖 9 製作流程圖	9
圖 10 APP 程式圖	10
圖 11 APP 運作流程圖	10
圖 12 電路設計 RFID 紅外線 HC-05.....	11
圖 13 電路排線 RFID 紅外線 HC-05.....	11
圖 14 電路設計 Raspberry L298N 超音波.....	12
圖 15 電路排線 Raspberry L298N 超音波.....	12
圖 16 底盤.....	13
圖 17 主體.....	13
圖 18 無線充電板.....	14
圖 19 攝像頭.....	14
圖 20 購物模擬.....	15
圖 21 顯示清單.....	15
表 1 HC-SR04 之規格	4
表 2 Arduino IRS-180 之規格	5
表 3 MF RC522 之規格.....	5
表 4 HC-05 之規格	6
表 5 L298N 之規格	6
表 6 Pi 3 B 之規格.....	7
表 7 C310 之規格	7
表 8 電木板與壓克力板的比較.....	16
表 9 全向輪與麥克納姆輪的比較.....	17

【陪伴】

壹、摘要

科技的發展，永遠是追求更便利的生活，從工業革命的展開，蒸汽機的誕生，人類一步步走向自動化，指數級別的發展，生活環境的改變快到讓人感到窒息，隨著網路時代的來臨，網購的普及已經壓迫到實體店面的生存，針對來到實體店面的顧客，更應量身打造一個便利的購物環境，於是我們利用 Arduino UNO 板作為主控板，整合紅外線、超聲波、藍牙與無線射頻辨識系統等功能，製造出具顯示消費金額、自動跟隨、避障以及線上付款功能的購物車「陪伴」，期望讓購物體驗跟隨科技再進化。從一開始的搜集資料、採買材料，到製作過程中一次次的嘗試與挫折，最終解決軟硬體上的問題並完成之。

貳、研究動機

現代人常常利用假日至賣場大肆採購，推著一台滿滿的購物車，卻往往不知道到底花了多少錢，有些人甚至還拿出手機邊買邊算，以便能多換取活動印花或賺取信用卡滿額回饋金。當顧客在推車購物時，常一不留神又沒保持安全距離，就會追撞到別人的腳，這種慘痛的經驗相信大家沒遇過至少也看過，碰到這種衰事，更讓原本的好心情盪到谷底或造成不必要的糾紛。而在好不容易購完物，還要排冗長的結帳隊伍。因此我們希望製作出能夠自動跟隨顧客，而太過於接近其他客人或是障礙物時，能夠發出些警訊，並具自動計算消費金額且能查詢購買物品，再結合線上支付完成快速結帳。

參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、3D 列印(專題課)

3D 列印使用的軟體是在專題製作課程中學過的 TinkerCad 和轉檔所需的 Cura，TinkerCad 是一個線上 3D 建模的網站，使用簡單且非常方便，提供許多模組使用，適合製作小型的機械結構，尺寸也可以自由調整，十分好用。3D 印表機操作繁複，且為全英文，列印的時間很久，換來的是其精密程度，插入 SD 卡及送入 PLA 線材，即可開始工作。

二、雷射切割(專題課)

使用軟體是 RDWorks V8 和 Adobe IllustratorCS6，藉由不同顏色的線條分別設計出對於板材不同的要求，有掃描、切割、打孔三種功能，外加功率的適當控制，調配出不同的效果。雷射機只需插入隨身碟，定位好即可工作。負責裁切硬體架構的主體。

三、電路板雕刻(專題課)

使用的軟體是 Altium Designer17，把需要的腳位及功能設計出來，拉出電路圖，設計板子的大小及形狀，元件位置的擺放。把需要的所有電路板集成一個，節省體積並增加電路穩定度且較為美觀，達到最高利用率。

四、超聲波(物理課)

超聲波是頻率大於兩萬赫茲以上的聲波，是人耳不可聽到的範圍，聲音在空氣中且在室溫下的傳遞速度大約是 340 公尺每秒。超聲波傳感器可以發射超聲波且接收超聲波，利用發射時間以及接收時間的差，算出其距離，再藉由程式設計做出對應動作。

五、 電磁感應(電工機械)

麥可·法拉第在 1831 年發現了電磁感應現象，當一物磁通起了變化，便會感應出應電勢，是一個磁生電的概念，而電生磁則稱為電流的磁效應。

公式如下

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

海因里希·冷次表示，單純使用法拉第定律，不易判斷其電流方向，因此在 1834 年給出了 Lenz's Law，由於電可生磁，磁可生電，當磁通產生變化時，感應出來的電流方向，會反抗原本的磁通變化，而上面公式的負號即是冷次修正後的結果。

因此我們利用線圈與線圈間的磁場變化，以達到無線充電的效果。

肆、研究方法(過程)

一、理論討論

(一) 超聲波(UltraSound)

聲音是振動產生的聲波，通過介質（氣體、固體、液體）傳播並能被人或動物聽覺器官所感知的波動現象。人耳可聽到的頻率約在 20Hz 到 20000Hz 之間，而超聲波則是指超過頻率 20000Hz 的聲波，藉由這種聽不到的聲波來傳遞能量，利用波的反射來進行距離的測量與運算，以達到避障的效果。

這邊我們選用 HC-SR04 來執行此工作，以下規格介紹。

表 1 HC-SR04 之規格

型號	傳測距離	工作電壓	發射頻率
HC-SR04	2cm~450cm	5v	40 kHz



圖 1 超聲波傳感器

(二) 紅外線(Infrared)

紅外線是一種波長在 760 奈米 (nm) 至 1 毫米 (mm) 之間，對應頻率約是在 430THz 到 300GHz 的範圍內，可以用來與 RFID 分別判斷物體的進出，提升精確度。

這部份我們選用 Arduino IRS-180 紅外線感測器，以下進行規格介紹。

表 2 Arduino IRS-180 之規格

型號	檢測距離	檢測角度	工作電壓
Arduino IRS-180	2~30cm	35°	3.3~5v



圖 2 紅外線感測器

(三) 無線射頻辨識(Radio Frequency Identification)

一種無線通訊技術，頻率範圍為 300 GHz 以下，無線電的訊號是通過調成無線電頻率的電磁場，把數據從附著在物品上的標籤上傳送出去，以自動辨識與追蹤該物品。此技術可以一次讀取上百個射頻標籤，即便標籤被他物遮蓋，射頻標籤只要靠近或經過一個讀取器就可以進行讀取。非常適合拿來做為掃描商品進出的工具。

選用的是 MF RC522，以下是規格介紹。

表 3 MF RC522 之規格

型號	工作電流	休眠電流	工作電壓	工作頻率	工作溫度
MF RC522	13~26mA	<80uA	直流 3.3V	13.56MHz	攝氏 -20~80 度



圖 3 RFID

(四) 藍牙(BlueTooth)

一種無線通訊技術標準，用來讓固定與行動裝置，在短距離間交換資料，以形成個人區域網路（PAN）。由於每台手機都會內建藍牙功能，且傳輸速率快、功耗低、建立時間短，對於消費者來說十分方便，所以選用當作回傳商品資訊的橋樑。採用 HC-05 藍牙模組，規格介紹如表 4。

表 4 HC-05 之規格

型號	工作電壓	工作電流	通訊距離
HC-05	3.3~3.6v	<50mA	空曠時 10M 正常時 8M



圖 4 BlueTooth Mod

(五) 馬達驅動

L298N 是雙路 H 橋的電路，可以同時驅動兩個馬達，利用 HIGH 跟 LOW 的狀態變化，進行正反轉的控制。我們採用特別版可以一次控制四個馬達。用來彌補當 Arduino 直接連接到馬達時電流過小的問題。

選用 L298N 來驅動馬達，以下是規格介紹。

表 5 L298N 之規格

型號	驅動電壓	工作電流	額定功率	工作溫度
L298N	5~30v	2A	20w	-25~135 度

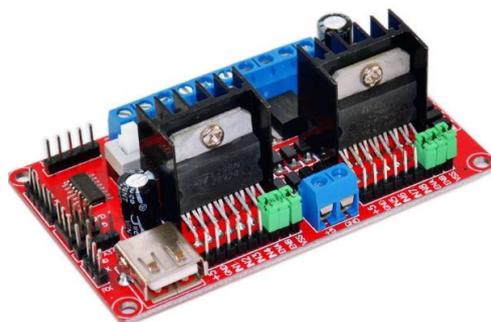


圖 5 L298N

(六) 微型電腦

接收攝像頭回傳的訊號，利用 QRCode 在鏡頭上所佔面積，藉以判斷馬達的正反轉，進行前進後退及轉彎的動作，作為一個大腦的角色。

選用樹莓派 PI 3 B 來使用，以下是規格介紹。

表 6 Pi 3 B 之規格

型號	存儲容量	CPU	作業系統	工作電壓
PI 3 B	1GB	雙核心	Linux	5V



圖 6 Raspberry Pi 3B

(七) 攝像頭

一種影像輸入設備，用來捕捉 QRCode，由於只是要計算其所佔鏡頭之面積，而不是監視畫面，因此 DPI 不需要太高，以價錢為第一考量。

選用 C310 作為此次專題的攝像頭，以下是規格介紹。

表 7 C310 之規格

型號	畫質	畫面更新率	對焦	視野
C310	720P	30fps	固定	60度



圖 7 攝像頭 C310

(八) 溝通橋樑

負責接收 Raspberry 及超音波傳回來的訊號，統整完畢後傳給 I298n，以執行正確的動作。

選用 Linkit 7697 擔任溝通橋樑，以下是規格介紹。

型號	系統	藍牙	快閃記憶體	RAM
Linkit7697	MT7697	Bluetooth 4.2	4MB	352 KB



圖 8 Linkit7697

二、製作流程

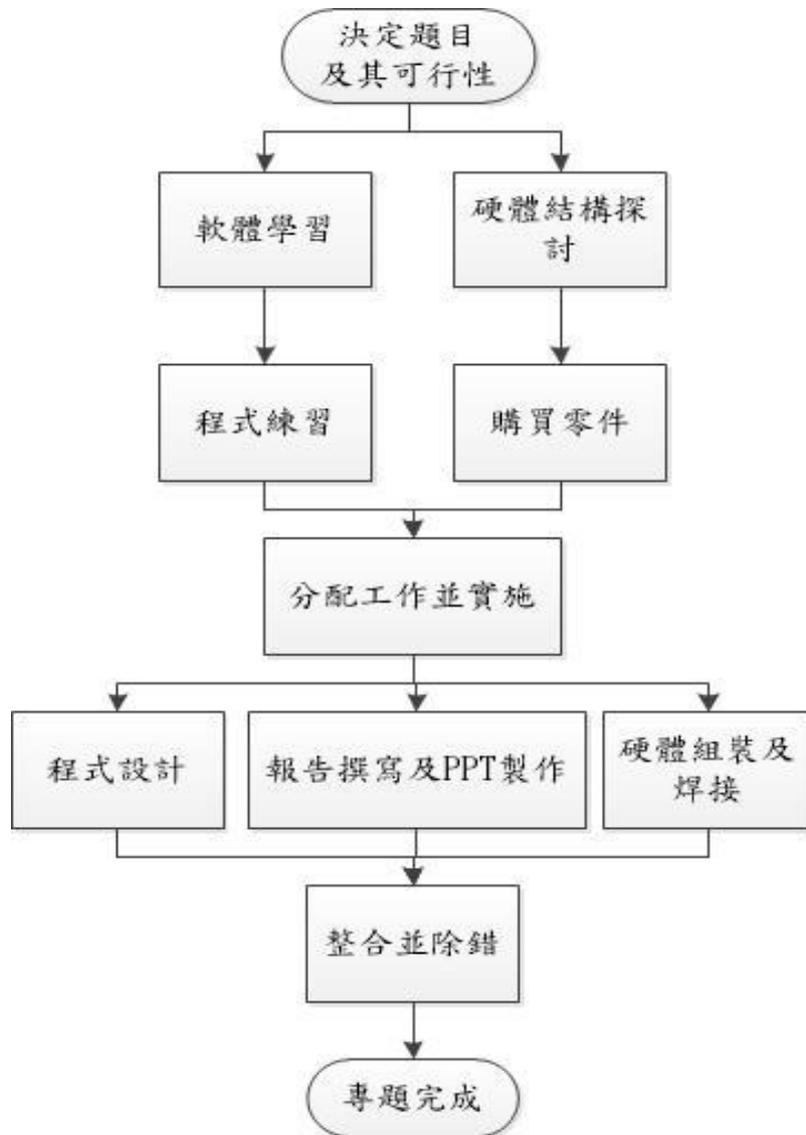


圖 9 製作流程圖

三、軟體程式

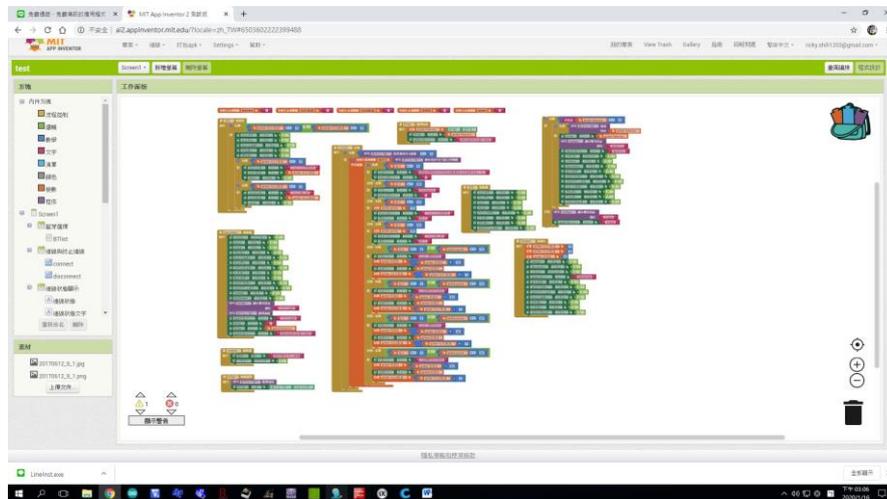


圖 10 APP 程式圖

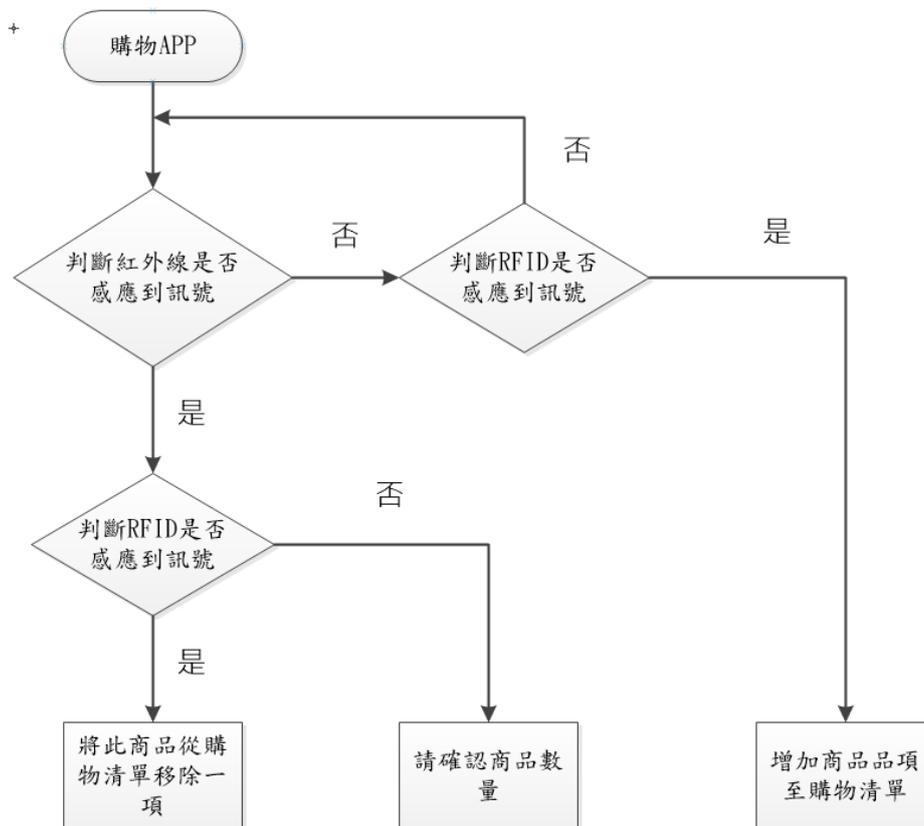


圖 11 APP 運作流程圖

四、 電路設計

在經過一連串的思考與測試，最終選用 UNO 板作為控制板，因此我們在設計電路板時使用三組 UNO 來支撐繁多的腳位控制，電路圖如下所示。

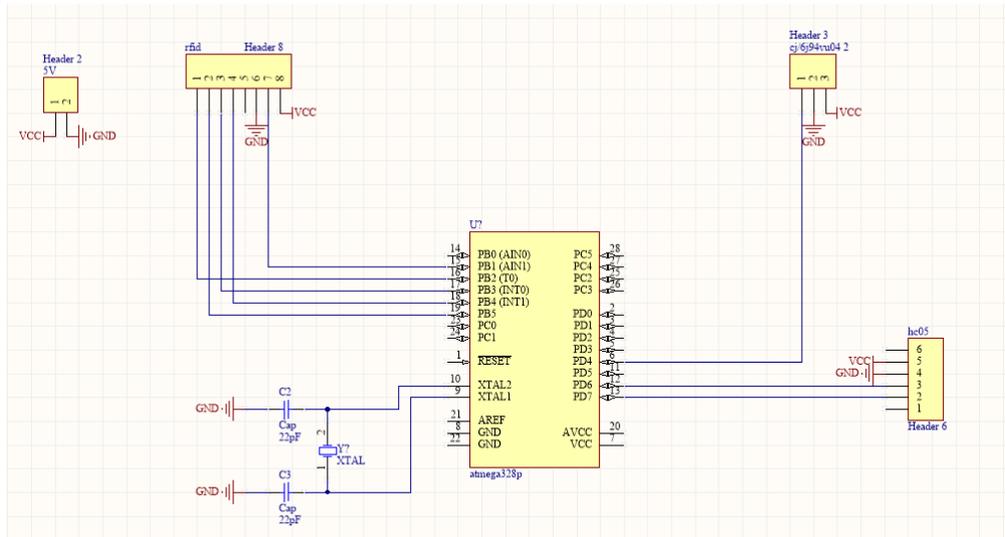


圖 12 電路設計 RFID 紅外線 HC-05

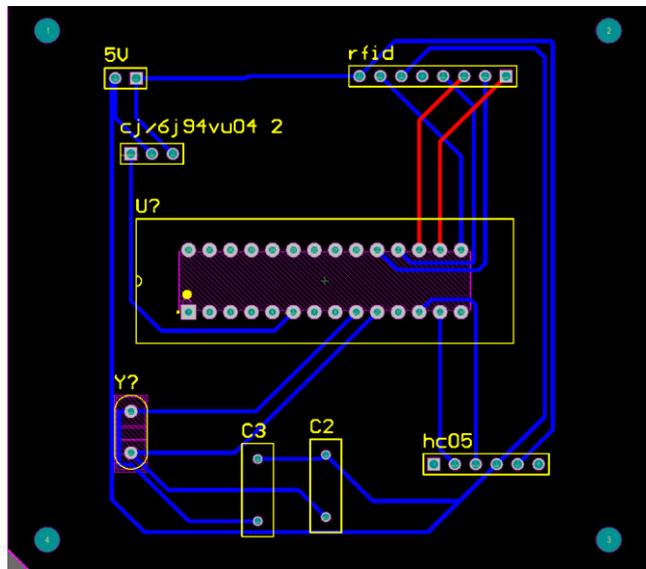


圖 13 電路排線 RFID 紅外線 HC-05

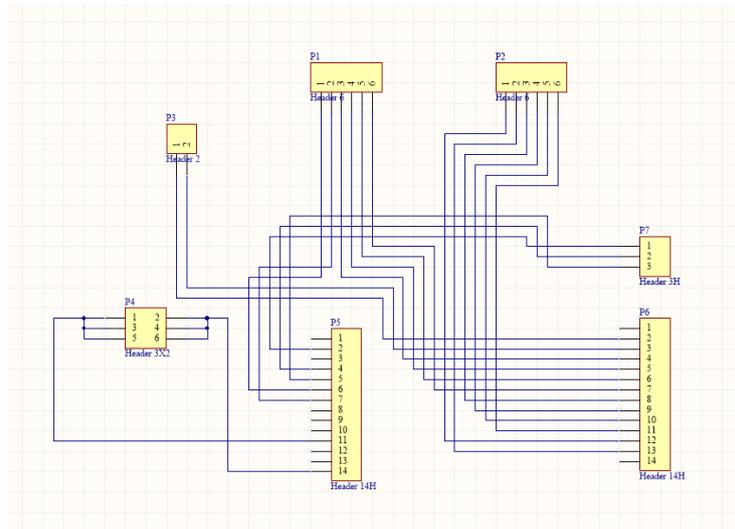


圖 14 電路設計 Raspberry L298N 超音波

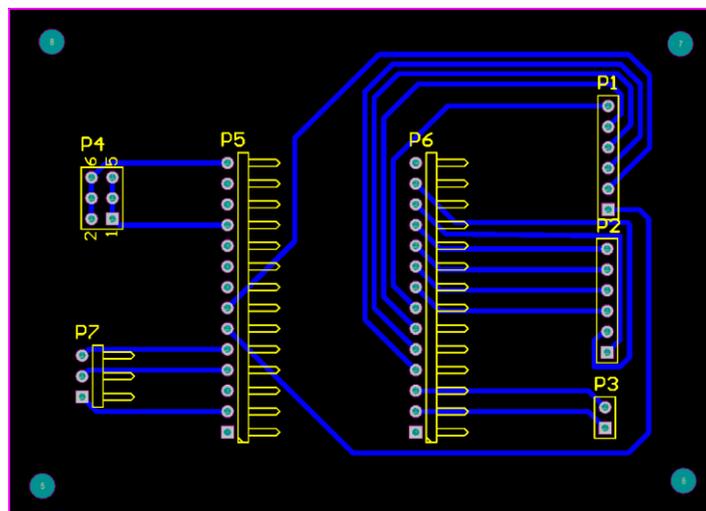


圖 15 電路排線 Raspberry L298N 超音波

五、硬體結構

輪子使用麥克納姆輪用來平滑移動，而底座使用電木板，提高其機械強度，放置大部分電路，包括 Raspberry 及超聲波還有馬達之驅動的 l298n，而中間放一塊木板將上面籃子及商品的重量分散，以防有凹陷之問題，大籃子則是放置商品用，而旁邊的提手則可以用來放置攝像頭，在上面一層的籃子放置 RFID、紅外線及無線充電的電路，以感應商品之進出及供應電量給手機。以下是使用 TinkerCad 繪製其模擬圖。

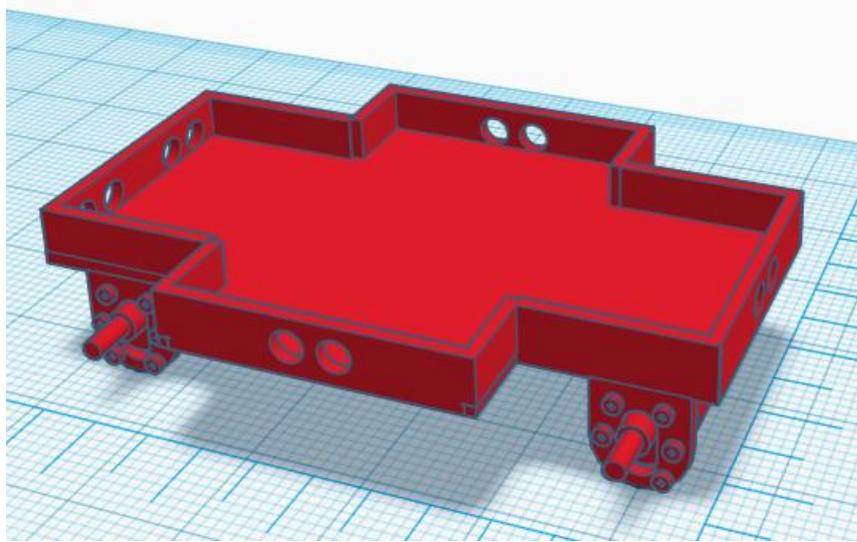


圖 16 底盤



圖 17 主體

伍、研究結果

一、無線充電

由於必須使用手機中的 APP，因此加裝無線充電系統，防止遇到購物到一半，手機電量不足的窘境。



圖 18 無線充電板

二、自動跟隨及避障

使用攝像頭來捕捉移動中的 QRCode，藉由圖像在畫面中所占的面積比，以判斷跟隨的方向及距離。下方的超音波傳感器用來提防距離太過接近，以免追撞到其消費者。



圖 19 攝像頭

三、 購物判斷

當紅外線在低態時，觸發了 RFID 則商品增加至購物清單中，當紅外線位於高態時，觸發了 RFID 則商品將從購物清單中扣除一項。可以隨時常按顯示清單，以查看目前購物清單，了解自己的購物狀況。



圖 20 購物模擬



圖 21 顯示清單

陸、討論

不論是硬體抑或是軟體，繁多的選擇中，勢必要去做比較，可能考慮的因素是金錢、機械強度等等的，再三考慮之後的最終結果如下。

一、 硬體結構材料選用

電木板除價錢較為昂貴一點，其餘在當作一台購物車的性能上，都是電木板略勝一籌，在放置大量商品時，電木板可以承受更大的重量，較不會有凹陷之問題，也能延長使用壽命，從這點來看，或許是會比壓克力來得便宜一點，且密度較小的特色也使他在移動的部分能夠更加靈活，耐腐蝕的部分，也能對抗更多在空氣中或是商品中逸散出來的化學物質。

表 8 電木板與壓克力板的比較

	電木板 (酚醛樹脂)	壓克力板 (聚甲基丙烯酸甲酯)
機械強度	✓	
重量	✓	
絕緣	✓	
腐蝕	✓	
耐溫	✓	
價錢		✓

在移動方面，麥克納姆輪是現代新穎的一種輪子，有別於以往普通輪子的前後分量，一顆輪子同時擁有不同的分量，可以完成更多移動的功能，完成其平移的目的，而速度在於逛街的人來說不需要這麼快，因此在這邊可以忽略其缺點。

表 9 全向輪與麥克納姆輪的比較

	全向輪	麥克納姆輪
轉向		✓
速度	✓	
壽命	✓	
承重		✓
外型		✓
精度		✓

二、 通訊軟體選用

由於在購物時購物車會一直跟隨在身邊，並不會離開到太遠，距離可視為極短距離，而功率消耗低、傳輸速度快、建立時間短，都成了我們選用藍牙而不是 WI-FI 的主要原因。

三、瓶頸與障礙

(一)、馬達不正常動作

在正常動作過後，位於車體右後方的輪子有時會不正常轉動，經過檢測發現，7697 的 Digital 腳位已經燒燬，無法使用，推測是因為在裝 7697 時裝反了，換了一個 7697，吸取教訓，在放置每個元件時更加小心謹慎。

(二)、跟隨可靠度低

我們使用影像辨識時，由於需精確判斷難度偏高，因此在跟隨功能的實踐上，不是非常完善，這部分目前尚未解決，也希望未來學到更多知識時，能讓此功能更加完整。

柒、結論

經過不卸努力，得以把最初的想法付諸於現實，RFID 及紅外線的完美配合，判斷出商品的進出，有相當高之精確度，利用手機上的 APP 可以查閱目前所購買之商品，更好且有計畫性的購物，由於需要使用手機 APP 也讓無線充電板的想法萌生，進而增加及完善其功能。

希望未來能結合金流系統，在挑選完商品時可以直接在手機的 APP 上線上付款，勢必需要更多方的合作才能達成，跟隨能從圖像辨識換成主僕定位的方式進行，才能更加精準且更自在的完成跟隨的動作。

捌、參考資料及其他

我的第一個 Arduino。2020/01/21。取自

<http://www.powenko.com/wordpress/%E6%88%91%E7%9A%84%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%80%8Barduino/>

Arduino 基礎教學。2020/01/21。取自

http://elesson.tc.edu.tw/md221/pluginfile.php/4151/mod_resource/content/1/arduino.pdf

麥克納姆輪全巷移動原理。2020/01/21。取自

<https://www.itread01.com/content/1549544428.html>

聲音。2020/01/21。取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A3%B0%E9%9F%B3>

紅外線。2020/01/21。取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BA%A2%E5%A4%96%E7%BA%BF>

電磁感應。2020/01/21。取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E7%A3%81%E6%84%9F%E5%BA%94>

電木板。2020/01/21。取自

<https://kknews.cc/zh-tw/news/2yemogz.html>

高分子材料-2。2020/01/21。取自

<https://blog.xuite.net/quencychenkimo/twblog/116354664-%E9%AB%98%E5%88%86%E5%AD%90%E6%9D%90%E6%96%99-2>

聚甲基丙烯酸甲酯。2020/01/21。取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%81%9A%E7%94%B2%E5%9F%BA%E4%B8%99%E7%83%AF%E9%85%B8%E7%94%B2%E9%85%AF>

超聲波感測器 (2008-12-17)2019/12/18 擷取自

<https://www.playrobot.com/ultrasonic/128-ping-ultrasonic-distance-sensor.html>

紅外線感測器(無日期)2019/12/10 擷取自

<https://www.taiwansensor.com.tw/product/%E7%B4%85%E5%A4%96%E7%B7%9A%E9%81%BF%E9%9A%9C%E6%A8%A1%E7%B5%84-%E9%81%BF%E9%9A%9C-%E8%BF%91%E6%8E%A5%E9%96%8B%E9%97%9C-%E6%84%9F%E6%87%89%E8%B7%9D%E9%9B%A2%E5%8F%AF%E8%AA%BF/>

RFID(無日期)2019/12/10 擷取自

<https://jibaoviewer.com/project/5779dbf754ab13c638756a33>

Bluetooth Mod(2018)2019/12/27 擷取自

<https://wonderfulengineering.com/10-best-bluetooth-modules-for-arduino/>

L298N(無日期)2019/12/27 擷取自

https://www.robotkingdom.com.tw/product/keyes_l298n-arduinov3/

C310(無日期)2020/01/19 擷取自

<https://www.walmart.com/ip/logitech-960-000585-c310-hd-webcam/16419689>

樹梅派 Pi 3B(2016/03/16)2020/01/19 擷取自

<https://blog.gtwang.org/iot/raspberry-pi-3-model-b/>

Linkit7697(無日期)2020/01/19 擷取自

<https://www.seeedstudio.com/LinkIt-7697-p-2818.html>