

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 電腦與資訊學科

最佳團隊合作獎

052507

讓 arduino 來做資源垃圾分類

學校名稱：國立大甲高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 歐俊杰	張如旭
職二 張垣溯	黃正誼
職二 趙卉羚	

關鍵詞：一維條碼掃瞄器、arduino

摘要

隨著工商業的進步與人口的增加，物質生活不斷提高，使環境汙染問題日趨嚴重，引發世界各地漸漸開始重視環境保育並向人民推廣垃圾分類的重要性，使回收率上升。

為什麼垃圾分類這麼重要？因為現在的垃圾處理大部分採用焚化或掩埋方式，若垃圾未經分類或分類不當，焚化爐容易阻塞、故障並會縮短操作年限，如果將垃圾確實分類，不但可延長焚化爐壽命，也可減少垃圾產生量。但觀現代許多人即使有垃圾分類的觀念，卻常沒有徹底做好分類，例如：學校內紙包裝飲料盒與鋁箔包飲料盒混在一起丟在回收桶。我們觀察到大部分可回收垃圾上面均有條碼，因此本研究試著建立條碼與資源類別關係資料庫，並利用條碼來自動將垃圾做資源分類。

壹、研究動機

隨著時代的進步，工業發展及人口的成長，人們的生活也漸趨富裕，在消費及娛樂行為上也更活躍，在生活周邊也能時常看到人手一瓶飲料，但大家真的會正確地做分類嗎？將不同類的垃圾混雜一起後送去垃圾場，增加分類人員的負擔。

傳統人們會重複使用一個物品，然而現代人則是一次性消耗使用，垃圾量也隨之增加。自西元 2002 年 7 月 3 日臺灣實施頒布「資源回收再利用法」(范雲清, 2007)，加強資源回收及減少垃圾量，並鼓勵大家共同參與，每年總計垃圾量有明顯減少的趨勢，然而資源回收量增加，由於資源回收分類是採用人(高嘉蔚, 2015)工方式，若能利用紅光條碼掃描器，辨識鋁箔包及相似大小物品，根據條碼分類對應位置，除正確達到分類，也得以減少人力。

在本校各班教室後方皆放置四個垃圾桶，上頭分別標籤為一般垃圾、鋁箔包、寶特瓶、紙類，但往往卻能在鋁箔包類中可以看到以紙包裝飲料盒，以致垃圾場裡的分類人員得一一挑出分類。在國際機場中，旅客只需將行李放置於輸送帶上，下機後便可取回行李，其因行李上皆貼上獨一無二的條碼，透過掃描器及配合機械將行李分出軌道後，分類完畢再由工作人員搬運至貨艙，藉此參考得以條碼做分類。

為從回收分類中將鋁箔及紙類確實分類，我們透過紅外線條碼掃描器與 Arduino 程式，結合一年級所上的 C 語言程式課程(洪維恩, 2007)，運用 3D 列印製成的自走車組成透過夾爪抓取物品，輸入程式使自走車依循我們所要的路徑做回收。

貳、研究目的

- 一、自走車可依循事先規劃好路線前進
- 二、掃描判別是否為資料庫內資料
- 三、讀取完畢後來取物品移動於各置放處
 - (一) 非資料庫內條碼移動至固定處放置
 - (二) 資料庫內條碼
 - 1.紙類移動至紙類回收處放置
 - 2.鋁箔類移動至鋁箔類回收處放置
- 四、縮減自走車行進時間

參、研究設備及器材

表 1 研究設備表

軟體	硬體
Visio 2003	桌上型電腦
Word 2003	數位式三用電表、電源供應器
Excel 2003	18650 電池及充電器
IRON CAD	3D 印表機
ArduinoIDE	
PhotoImpact X3	

表 2 研究材料表

編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1	18650 電池	2	5	連續伺服馬達	3
2	18650 電池座	1	6	條碼掃瞄器	1
3	Arduino 控制板	1	7	CCD 掃描模組	1
4	夾爪	1	8	三路紅外線循跡感測器	1

一、Arduino 控制板

Arduino 是一塊基於開放原始碼發展出來的 I/O 介面控制板，並且使用類似 Java、C 語言的開發環境，讓使用者可以快速使用 Arduino 語言等軟體。主要核心有一顆微處理器控制單元，由它來運算，並且執行需求，有數位類比輸入輸出埠可以提供使用者連接其他週邊裝置(高嘉蔚, 2015)。

在 Arduino 控制板上可利用部分附有「～」符號的腳位，使用 PWM 來達到類比訊號的效果。必須將伺服馬達訊號線(通常為白線)插到 3、5、6、9、10、11 號插槽才能運作(Yen, 2014)。



圖 1 Arduino 控制板

二、伺服馬達

自走車驅動來源，一般分為直流馬達、連續旋轉式伺服馬達兩類，直流馬達速度快扭力小，連續旋轉式伺服馬達速度慢，但其內部設置有變速齒輪，因此扭力較大，就本研究所使用的場域，需要自走車能負重，並確實且平穩地將目標物件夾往回收區，因此扭力大且低速前進為本研究的期望，依據需求我們採用廣營 GWS S35 連續旋轉式伺服馬達作為主要驅動，如圖 2(a)所示。夾爪動力來源採用 SG90 非連續旋轉式伺服馬達，其特色為可設定轉動角度，方便於精確設定夾爪角度，如圖 2(b)。



(a)步進馬達



(b)伺服馬達

圖 2 步進馬達、伺服馬達

伺服馬達為多數小型機器人使用的馬達，其優點為體積不大、重量輕，且能精確旋轉角度，一個典型的伺服馬達主要有四個部分組成，控制電路晶片、直流馬達、減速齒輪組、可變電阻(音樂人 GIO, 2012)。

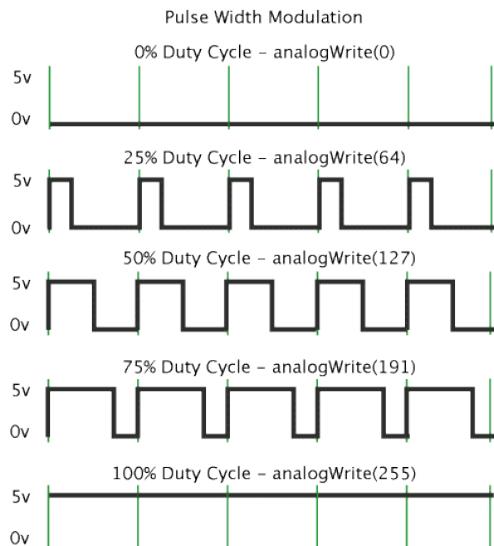


圖 3 PWM 訊號

伺服馬達的基本原理是接受 PWM 訊號，如圖 3，經由內部電路計算出馬達的轉動角度，大多數伺服馬達旋轉角度是 0 到 180 度，PWM 訊號的頻率必須是 50Hz，控制馬達角度的脈衝持續時間約是 1.0 ms 到 2.0 ms，脈衝持續時間若為 1.0 ms 時角度為 0 度，1.2ms 時角度為 45 度，1.5 ms 時角度為 90 度，2.0 ms 時角度為 180 度(YEHNAN, 2013)，如表 3 所示。

表 3 PWM 訊號控制角度對應

	1ms	順時針旋轉	0°
	1. 5ms	停止	90°
	2ms	逆時針旋轉	180°

三、條碼掃描器

目前條碼掃描器通過有線的方式和電腦連接主要為 PS2 鍵盤介面、RS232 串口、USB 介面三種介面，我們採用 PS2 鍵盤介面來連接 arduino 板。按條碼分類又分為一維條碼掃描器、二維條碼掃描器(Zfj3000, 2013)。對我們這次試驗而言，因校內商品上常用為一維條碼，因此我們僅使用一維條碼來做分類。

四、一維條碼

條碼只能橫向水平方向列印，其缺點是儲存空間較少，如果資料量大，條碼列印長度長，掃描機器就無法讀取完整且解出條碼的資料。一維條碼也稱線性條碼，因為所用的掃描感測器為線性影像感測器(Andy 的條碼世界)。EAN 全名為歐洲商品條碼，1997 年歐洲幾個主要

工業國家共同發展出來的，後來變成國際商品條碼，台灣在 1985 年加入 EAN 會員，現在我們買東西上面所掃描的條碼就是 EAN 條碼，國際商品碼必須申請不可自行編印。

EAN 的基本特性：

- 1.EAN 包含 1 碼的檢查碼。
- 2.條碼結構具有左護線、中線、右護線，區隔條碼結構上的差異。

EAN 條碼的組成

EAN 條碼每個字元都是由 2 個 space 跟 2 個 bar 所組成的，又可細分為 7 等分，形成各種組合比例的線條字元，這就是 EAN 編碼的基礎，EAN 有三種編碼的型態如圖 4。我們以左護線、中線、右護線為限，將條碼區分為 2 區，左資料區及右資料區，左資料區固定使用三種編碼形態中的 A type 與 B type，右資料區則固定使用 C type。

EAN-13 最左邊 1 碼稱為導入碼，導入資料碼的編碼方式及設定之用，編碼方式如圖 5
EAN-13 條碼檢查碼計算方式

13 個條碼去掉最後 1 位元的檢查碼，將偶數位元的條碼數字加總乘三，

將奇數位元的條碼數字加總，再將兩個總和，取個位數，最後用 10 減去其個位數即我們所求的檢查碼。

舉例我們一條碼為 4712302310065

步驟一:偶數位相加乘 3

$$(6+0+3+0+2+7)*3=54$$

步驟二:奇數位相加

$$(0+1+2+3+1+4)=11$$

步驟三:相加取個位數

$$54+11=65 \quad \longrightarrow 5$$

步驟四:10 減去個位數

$$10-5=5$$

檢查碼即 5

A Type	B Type	C Type	導入值	編碼方式	
			0	AAAAAA	
0	0	0	1	AABABB	
1	1	1	2	AABBAB	
2	2	2	3	AABBBA	
3	3	3	4	ABAABB	
4	4	4	5	ABBAAB	
5	5	5	6	ABBBAA	
6	6	6	7	ABABAB	
7	7	7	8	ABABBA	
8	8	8	9	ABBABA	
9	9	9		ABBABA	

Figure 4 shows the encoding structure for barcode digits. It consists of three columns: A Type, B Type, and C Type. Each column contains a vertical list of digits from 0 to 9, followed by a corresponding binary pattern of vertical bars and spaces.

Figure 5: Encoding methods. It shows a table mapping 10 values (0-9) to their respective binary patterns (A, B, or C types).

導入值	編碼方式
0	AAAAAA
1	AABABB
2	AABBAB
3	AABBBA
4	ABAABB
5	ABBAAB
6	ABBBAA
7	ABABAB
8	ABABBA
9	ABBABA

Figure 6 shows the international standard barcode EAN-13. The barcode is composed of vertical black bars of varying widths. Below the barcode is the number 4 712302310065.

圖 4 條碼之字元編碼構造

圖 5 編碼方式

圖 6 國際標準碼 EAN-13 條碼

五、CCD 掃描模組

我們先使用一般常見的條碼掃描器來做測試，再將一維 CCD 掃描模組放置於自走車上。

表 4 CCD 掃描模組之性能參數

介面設備	CCD 線性數組
介面類型	PS/2
掃描景深	35mm@10ml/0.25mm~600mm@40ml/1.0mm
印刷識別度	PCS60%@6mi/0.15mm

表 5 CCD 掃描模組之性能參數

MiniDIN 6 公頭	
PIN 腳位	功能
1	HOST DATA
3	GND
4	Vcc(+5V)
5	HOST CLK

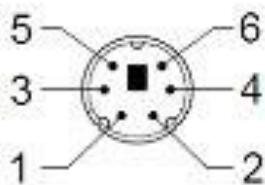


圖 7 KBW 接頭

肆、研究過程或方法

利用本校資訊科所上的 Arduino 程式與學校 3D 列印資源做結合。運用掃描器紙類和鋁箔包上一維條碼，便可透過掃描器辨識其類別。為將紙類和鋁箔包分類，夾爪夾取回收物品後移動至放置點。用三路紅外線循跡感測器，依設定的路徑移動，簡易說明如圖 8。

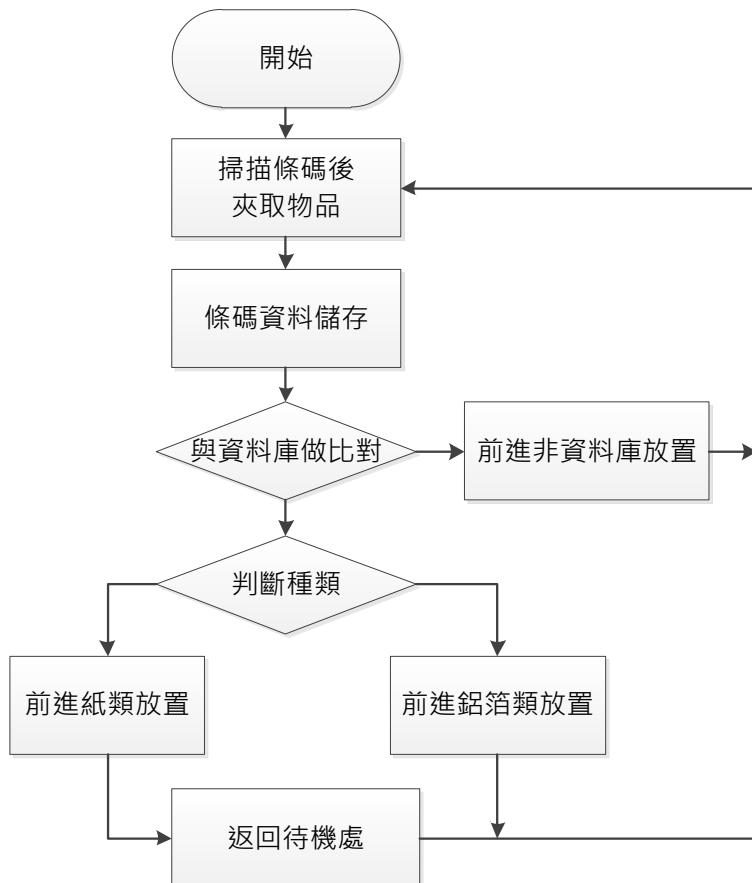


圖 8 回收分類流程圖

一、掃描功能說明

(一) 串列通訊原理說明

串列傳輸在傳送一個位元組時，必須要傳送 8 次，而 **UART** 的串列傳輸方式是在傳送 8 個位元資料之前加上一個開始位元，並在傳送 8 個位元資料之後加上一個停止位元，於是原先傳送一個位元組要傳送 8 次就增為 10 次。在 **UART** 的傳輸結構中，起始位元固定為 0，停止位元固定為 1，所以接收端的動作是一直不斷的檢查傳輸線的狀態。當傳輸線上的信號一直為 1 就表示沒有資料傳送；當傳輸線上的信號由 1 變為 0，即表示有資料將傳送，接收端就會開始準備接收 8 個位元資料，直到傳送完 8 個位元資料，傳送端最後會送出停止位元，並使傳輸線的信號保持為 1，以等待下一次的資料傳輸。經由增加開始位元與停止位元方式，雖然會使串列傳輸效率更降低，但可解決位元資料傳輸的開始與停止之問題(**Project, 2016**)。

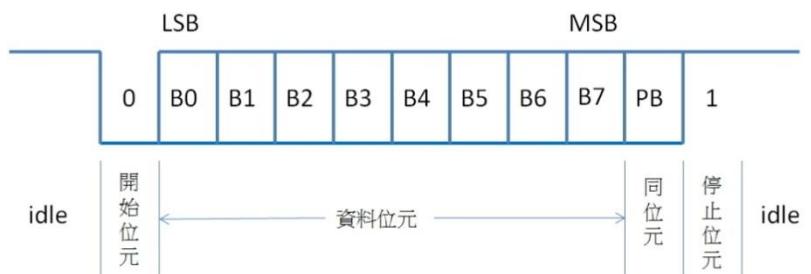


圖 9 UART 串列傳輸，傳輸時間順序由左至右

(二) 掃描串列通訊程式流程圖

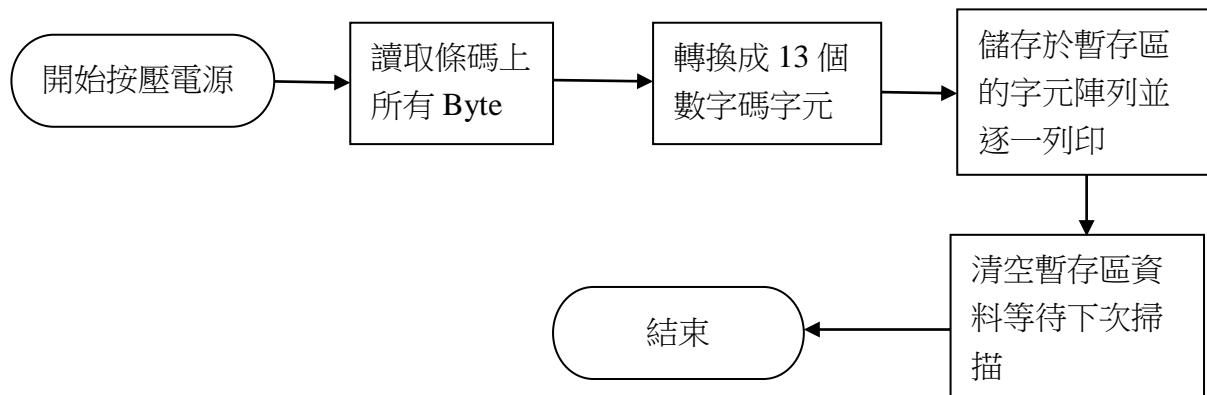


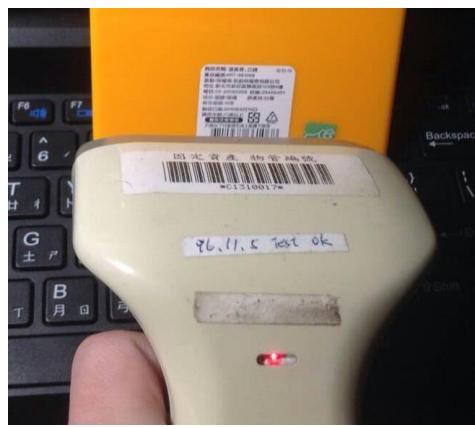
圖 10 掃描串列通訊程式流程圖



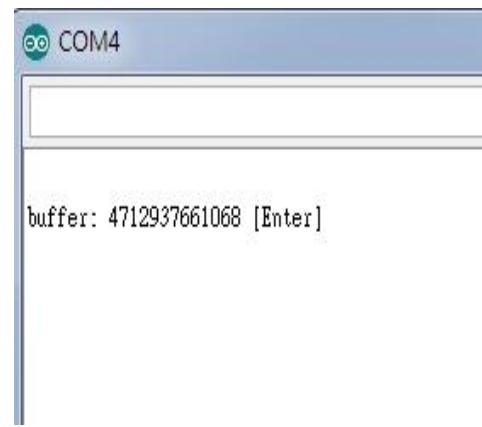
(a) 條碼掃描器



(b) 待掃描條碼



(c) 掃描中



(d) 掃描結果

圖 11 掃描說明

二、夾爪功能說明

我們使用的夾爪是 SG90 伺服馬達與齒輪組合的套件，連接伺服馬達的線有 3 條，其中 2 條為電源輸入與接地線，另 1 條為 PWM 訊號源線（控制夾爪張開與夾取）。

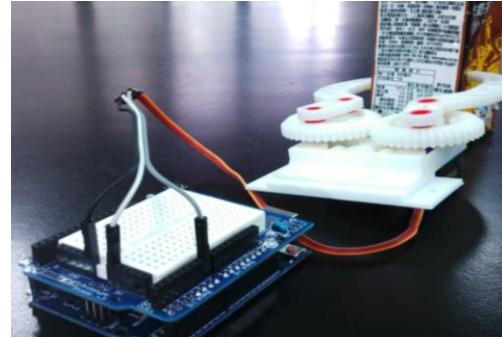


圖 12 夾爪

三、循跡功能說明

（一）循跡前進原理：

其工作原理為利用紅外線發射器發射紅外線訊號至地面軌道，經由紅外線受光電晶體感應感射光的強弱並且轉換成電壓值。不同顏色對光的反射程度不同，黑色吸光反射率最低，模組輸出高電位（邏輯 1）；白色吸光反射率最高，模組輸出低電位（邏輯 0）(楊明豐, 2016)。

如表 6 所示為使用三個紅外線循跡模組的紅外線循跡自走車行進方向的控制策略。

表 6 紅外線循跡自走車行進方向控制策略

模組 L	模組 M	模組 R	決策
0	0	0	停止
0	0	1	向右偏轉
0	1	0	前進
0	1	1	向右偏轉
1	0	0	向左偏轉
1	0	1	不會發生
1	1	0	向左偏轉
1	1	1	不會發生

表 7 自走車行進方向示意圖

示意圖	三路循跡感測器接收情形	決策
	模組 R 測器感應到黑線，模組 L、M 無感應，車身在左方	向右偏轉
	模組 M 測器感應到黑線，模組 L、R 無感應，車身在中央。	直線前進
	模組 L 測器感應到黑線，模組 M、R 無感應，車身在右方	向左偏轉

(二) 循跡繞圈程式流程圖

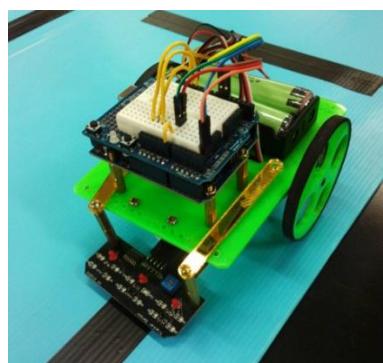
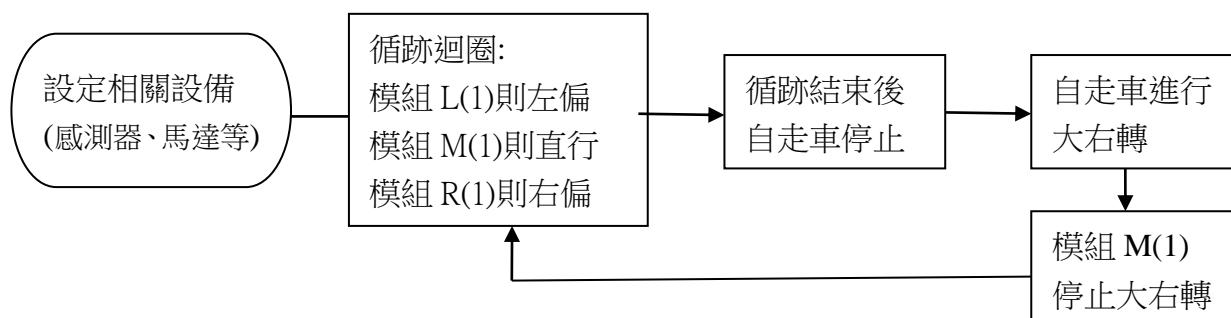


圖 13 循跡繞圈程式流程圖與自走車行進圖

四、自走車模型製作

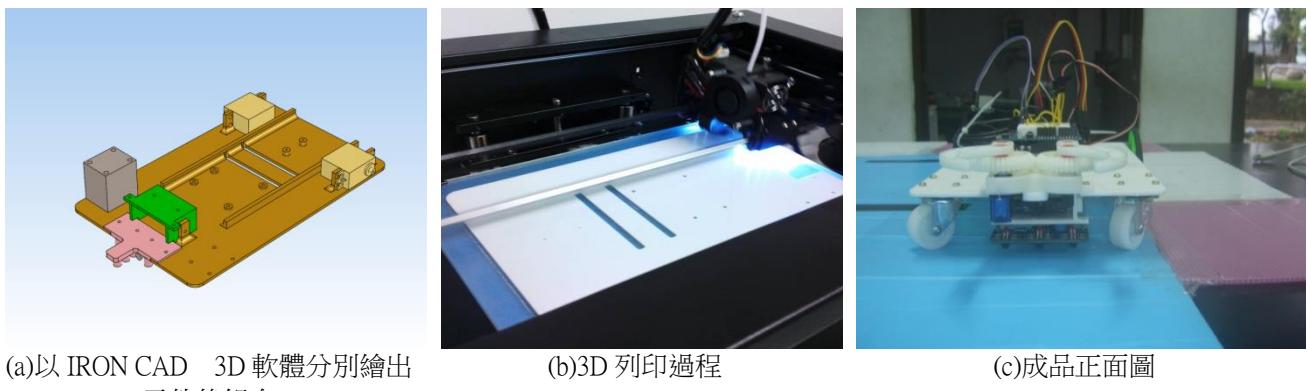


圖 14 設計與 3D 列印過程與成品

伍、研究結果

自走車可依循事先規劃路線前進，且可正確掃描及分類鋁箔類及紙類，如圖 15 所示。

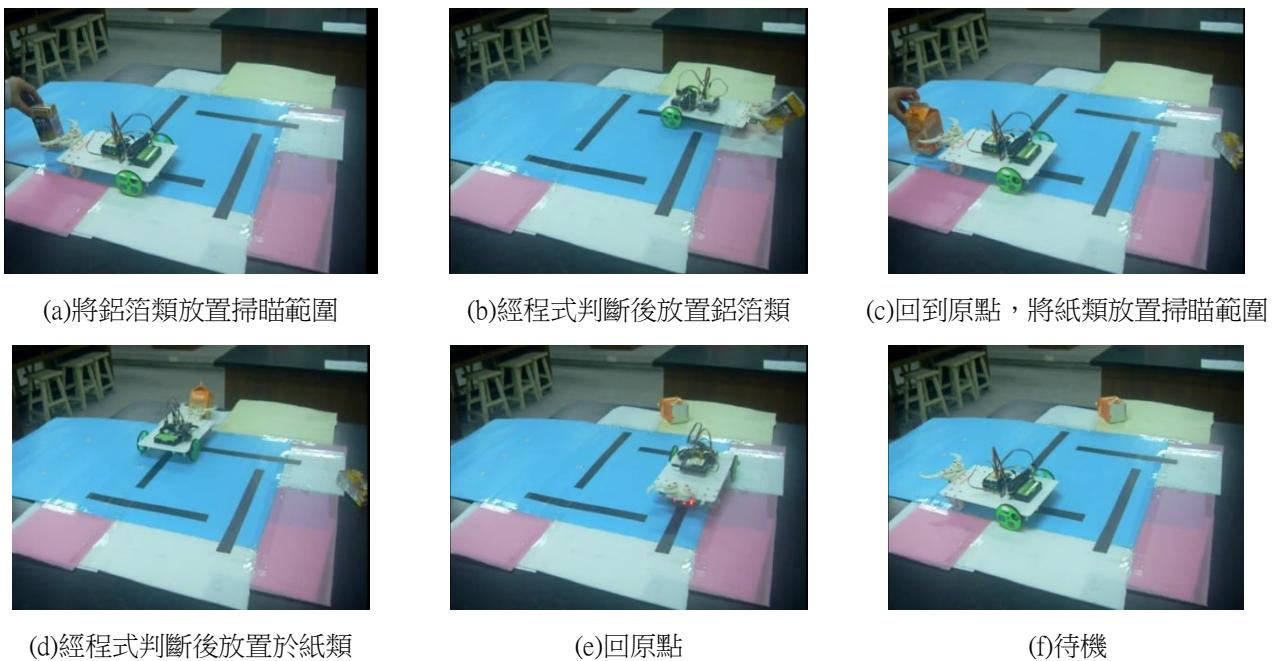


圖 15 分類鋁箔類及紙類過程圖

一、縮減自走車行進時間

(一) 實驗目的

改變車輪左右伺服馬達角度，縮減轉彎時間，以加快行進速度。

(二) 實驗過程及成果

藉由改變左右連續伺服馬達轉彎狀態及直行狀態的輸入角度，紀錄走完一圈所需時間。

1.在大右轉時固定左輪前進、右輪靜止的模式。{左邊馬達角度 A=110°，右邊馬達角度 B=90°}

在執行前進程式下，左邊馬達角度設定為 X° ，右邊馬達角度設定為 Y° 。

表 8 轉彎時左輪前進、右輪靜止實驗表{ $X+Y=180$;讓自走車穩定前進}

X	Y	走完一圈所需時間，計時(秒)
120	60	20.3
135	45	20.2
150	30	20.3
165	15	20.4

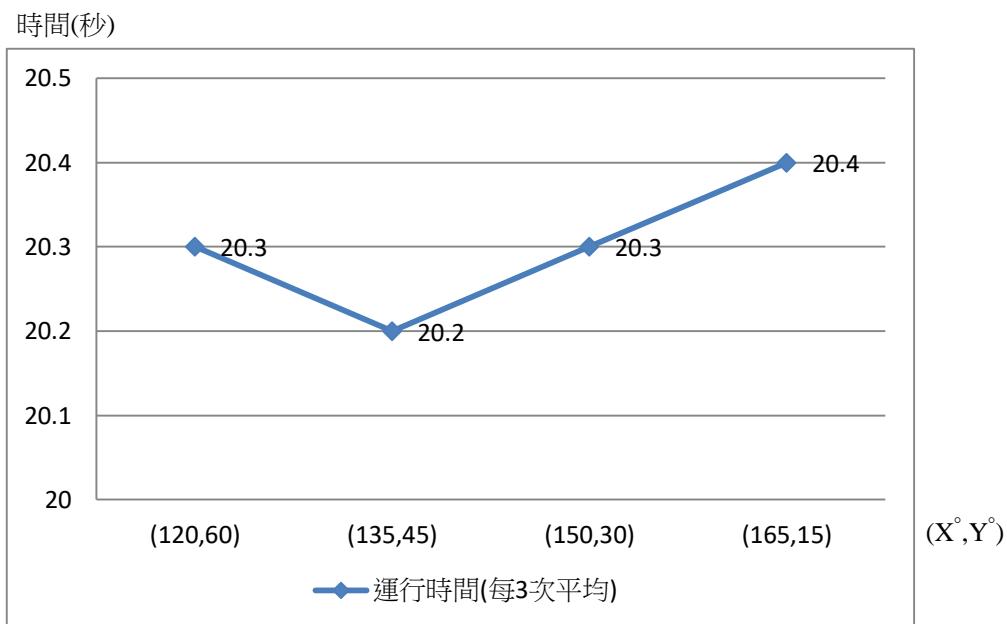


圖 16 轉彎時左輪前進，右輪停止行進時間時間圖

2.在大右轉時固定左輪前進、右輪後退的模式。{左邊馬達角度 A=110°，右邊馬達角度 B=130°}

在執行前進程式下，左邊馬達角度設定為 X° ，右邊馬達角度設定為 Y° 。

表 9 轉彎時左輪前進，右輪後退行進時間表{ $X+Y=180$;讓自走車穩定前進}

X	Y	走完一圈所需時間，計時(秒)
120	60	16.3
135	45	16.4
150	30	16.3
165	15	16.3

時間(秒)

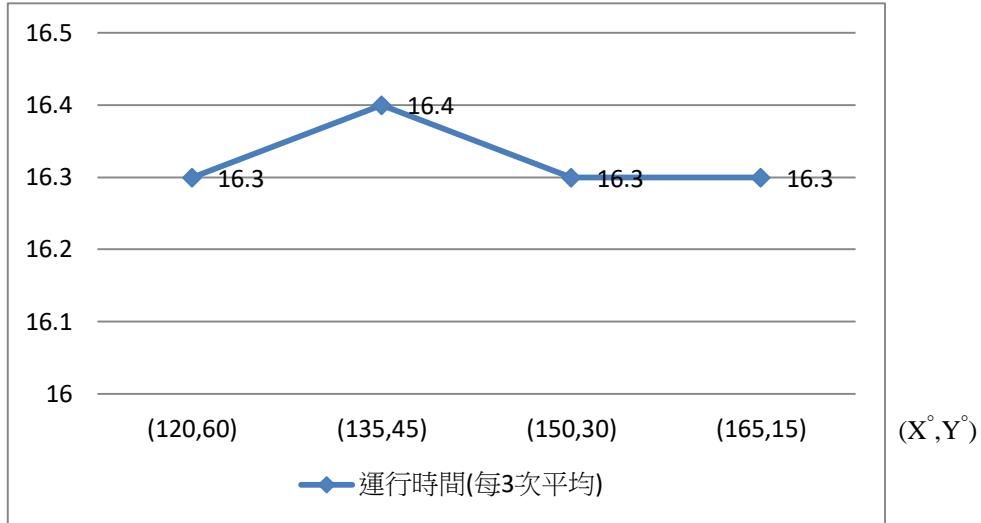


圖 17 轉彎時左輪前進，右輪後退行進時間時間圖

3.在執行前進程式下，左邊馬達角度設定為 $X=135^\circ$ ，右邊馬達角度設定為 $Y=45^\circ$ 。

在執行大右轉程式下，左邊馬達角度設定為 A° ，右邊馬達角度設定為 B° 。

表 10 在前進($135^\circ, 45^\circ$)條件下改變(A,B)行進時間表

A	B	電腦電源(5V)，計時(秒)	電池電源(7.4V)，計時(秒)
100	100	22.1	13.5
100	120	19.5	12.1
100	140	18.5	12.0
100	160	18.7	11.7
120	100	17.0	10.0
120	120	16.4	9.8
120	140	16.3	9.7
120	160	16.2	9.7
140	100	16.4	9.4
140	120	15.7	9.3
140	140	15.9	9.4
140	160	15.9	9.2
160	120	16.9	9.3

4.在執行前進程式下，左邊馬達角度設定為 $X=150^\circ$ ，右邊馬達角度設定為 $Y=30^\circ$ 。

在執行大右轉程式下，左邊馬達角度設定為 A° ，右邊馬達角度設定為 B° 。

表 11 在前進($150^\circ, 30^\circ$)條件下改變(A,B)行進時間表

A	B	電腦電源(5V)，計時(秒)	電池電源(7.4V)，計時(秒)
100	120	20.4	11.6
120	100	17.2	9.8
120	120	16.1	9.8
120	140	16.0	9.3
120	160	16.3	9.5
140	120	15.4	9.1
160	120	15.6	9.1

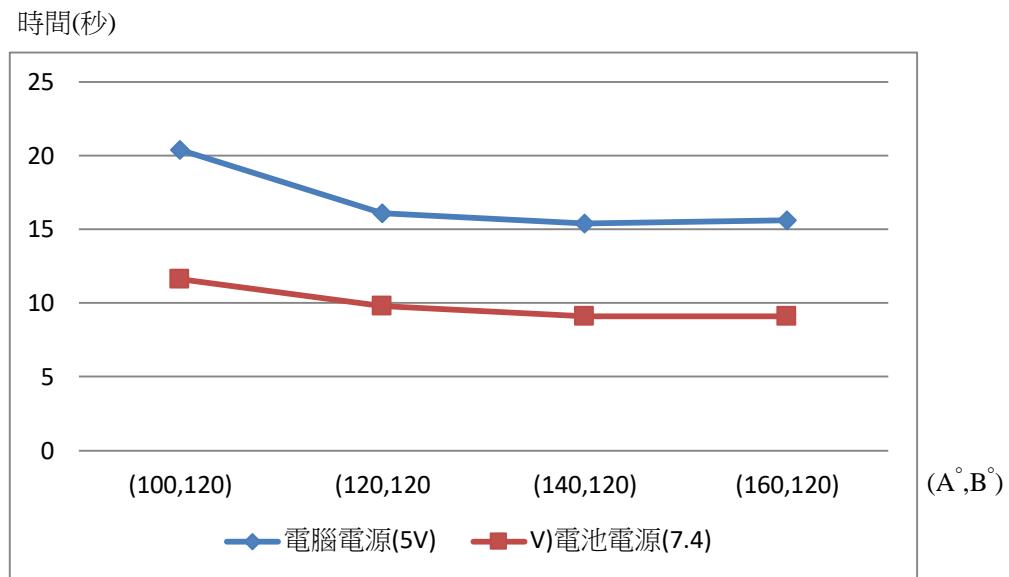


圖 18 在前進($150, 30^\circ$)條件下改變(A,B)行進時間圖

(三) 實驗結論

- 1.由表 8、圖 16 與表 9、圖 17 得出與我們預測的結果相符，當在大右轉時左輪前進，右輪後退狀態比起右輪靜止，節省較多的時間。因此我們取較短時間的角度輸入，做下一階段的測量。
- 2.由表 10 與表 11、圖 18 得出，改變直行角度所測試時間並無差別，主要為改變轉彎角度才有明顯時間變化。
- 3.由此實驗可知，當所供電壓愈大執行時間愈短，但電壓必須低於 12V。

二、自走車行進間所消耗之能量

(一) 實驗目的

估算自走車可行駛圈數，可得知在大約時間更換電池。

(二) 實驗過程及成果

在上一實驗中我們取較短時間的角度輸入做這次實驗，並紀錄每完成一次資源分類路徑的功率，使用直流電源供應器，提供固定電壓(7.4V)並串聯三用電表上的安培計，每秒紀錄電流量。

在執行前進程式下，左邊伺服馬達角度設定為 $X=135^\circ$ ，右邊伺服馬達角度設定為 $Y=45^\circ$ 。

在執行大右轉程式下，左邊伺服馬達角度設定為 $A=140^\circ$ ，右邊伺服馬達角度設定為 $B=120^\circ$ ，即左輪前進、右輪後退。

表 12 平均電流實驗表

時間(秒) (待機)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流量(安培) (每 6 次平均)	0.2	0.56	0.5	0.51	0.41	0.51	0.41	0.4	0.38	0.4	0.4

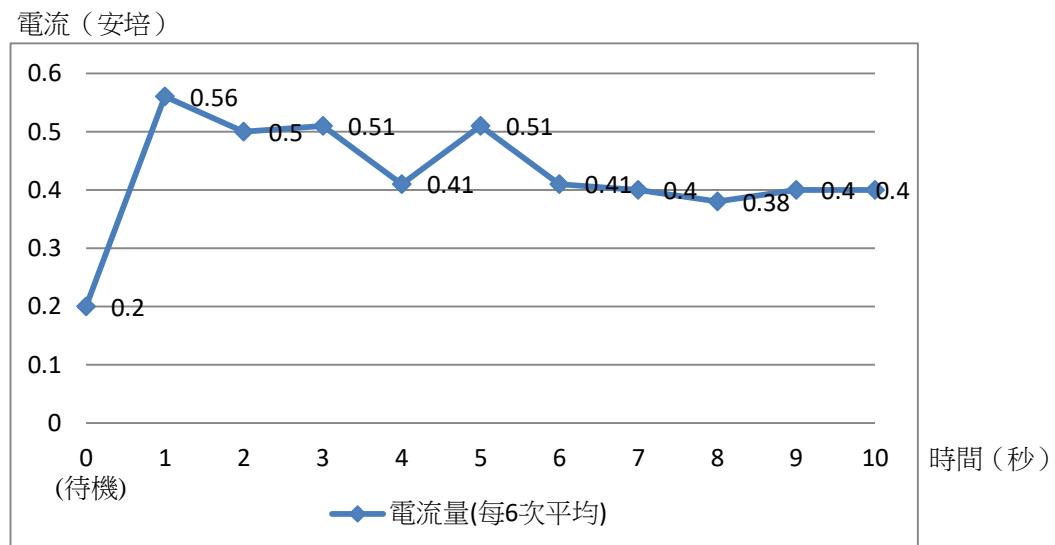


圖 19 平均電流實驗圖

(三) 實驗結論

- 第 0 秒為待機狀態等待條碼掃描，所以功率較低。
- 分別將六次電流量對時間的函數圖形計算大約的面積，即為總電量。再乘上電壓(7.4V)就是完成一圈所需能量(J)，如表格 12、圖 19 與表格 13、圖 20 所示。

表格 13 平均功率表

實驗次數	總電量(C)	所需能量(J)	可使用次數(假設電池為 4000mAh 7.4V，僅有六成電力)
實驗 1	9.2	68.08	939
實驗 2	9.2	68.08	939
實驗 3	8.5	62.9	1016
實驗 4	8.2	60.68	1053
實驗 5	9.5	70.3	909
實驗 6	9.6	71.04	900

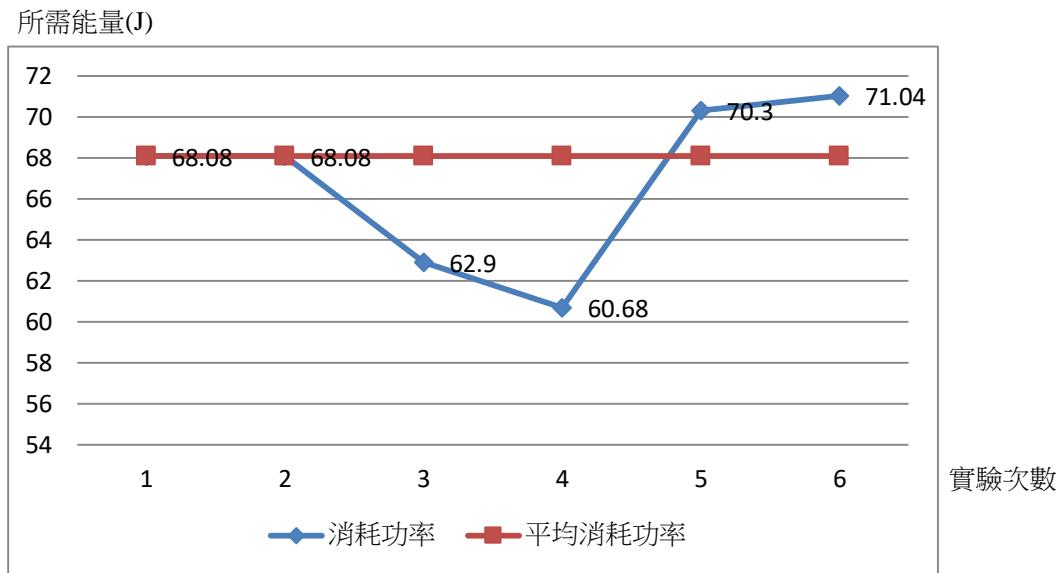


圖 20 平均功率圖

3. 可使用次數最多與最少相差 100 次，可能原因為紙盒或鋁箔盒有時抓取太低，形成前進的阻力，需要更大功率讓自走車前進。
4. 若使用電池至少可讓自走車回收 900 次，一次 10 秒計，約兩個半小時後須換電池。

陸、討論

一、程式文法問題

在第一次執行時，沒注意使用伺服馬達轉動的方式，使我們失敗了，原先使用了 if 使條件達成後伺服馬達轉彎，但因為 if 只執行一次，使模型車短暫抽動了一下，也就是一個伺服馬達給的角度，後來我們改使用 while 迴圈，讓伺服馬達轉動到條件不成立，模型車轉彎成功，不斷地檢討與思考問題，最終使我們的程式更完整、無誤，達到我們預期的效果。

二、掃描條碼問題

由於商品上的條碼位置各有不同的角度和高度，目前只能使用人為的放置，而非掃描器自行尋找。

三、3D 列印繪製問題

有許多的問題是當初並不知道的所以進行了多次的修改，並且 3D 列印有所謂的懸空問題此問題會導致主板斷裂，所以我們設計多塊板子以組合的方式來解決此項問題，另外 3D 列印也有所謂的誤差問題導致我們設計上的難度增加了許多。

四、夾爪問題

目前所使用的夾爪僅可單一面抓取物品，若將來改裝為自動機械手臂，可控制物品的轉位，轉向條碼掃描器讀取條碼，達到更自動化的處理分類。

柒、結論

將我們資訊科所學的 C 語言，運用 arduino 寫程式來設計我們所要的資源垃圾分類方式。過程中雖經勵多次失敗與錯誤，儘管如此我們更熟悉了程序撰寫所必須的邏輯觀念與流程控制。希望以後有能力透過機器手臂的運用取代自走車的路徑，資源垃圾上的一維條碼經掃瞄後，夾取後放置到適當位置，以減少回收過程所需要的空間。如果能運用在我們日常生活中的資源回收桶上，相信可以為環保盡一點心力。

捌、參考資料及其他

Andy 的條碼世界. (無日期). 條碼的種類 (types of barcode). 摷取自 Andy 的條碼世界:

<http://www.appsbarcode.com/barcode-type.php>

confiscate. (2015). Arduino PS/2 Barcode Scanner. 摷取自

<http://www.instructables.com/id/Arduino-PS2-Barcode-Scanner/?ALLSTEPS%E4%BA%94%E3%80%81%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E8%AB%96%E5%A3%87%E2%80%A2%E5%BE%AA%E8%B7%A1%E8%87%AA%E8%B5%B0%E8%BB%8A>

Curtiss. (2011 年 04 月 08 日). 簡易循跡自走車. 摷取自機器人論壇:

<http://www.robofun.net/forum/viewthread.php?tid=6059>

ProjectMicrocontroller. (2016). 第八章：串列埠. 摷取自 8051 Microcontroller Project:

<http://project.wingkin.net/teaching/introduction/ch8>

YEHNAN. (2013 年 09 月 02 日). Arduino 練習：伺服馬達以 Tower Pro SG90 為例. 摷取自葉難:

<http://yehnan.blogspot.tw/2013/09/arduinotower-pro-sg90.html>

YenThom. (2014 年 04 月 23 日). [Arduino] 脈衝寬度調變 (PWM) 與 Arduino – Pulse Width Modulation. 摷取自 Share！樂讀分享:

<http://thats-worth.blogspot.tw/2014/04/arduino-pwm-arduino-pulse-width.html>

Zfj3000Roh,Dan,连晓雾,KAER,Yixi,方小莉.Angle. (2013 年 07 月 15 日). MBA 智庫百科. 摷取自條碼掃描器:

<http://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E6%9D%A1%E7%A0%81%E6%89%AB%E6%8F%8F%E5%99%A8>

上海英威騰工業技術有限公司. (2014 年 07 月 04 日). 電機與步進電機的區別. 摷取自上海英威騰工業技術有限公司: http://www.invt-tech.com/service_28_16_333.html

- 洪維恩. (2007). C語言教學手冊（第四版）. 台北: 旗標出版有限公司.
- 范雲清. (2007). 台灣土地管理之核心問題—未重視國土資源永續利用.
- 音樂人 GIO. (2012 年 07 月 18 日). 飼服馬達簡介. 摘取自 GIO's Android Lab:
http://gio781215.blogspot.tw/2012/07/blog-post_18.html
- 高嘉蔚. (2015). 卸貨系統安全裝置研究. 新北市.
- 楊明豐. (2016). 紅外線循跡自走車實習. 台北市: 墾丁. 摘取自
<http://epaper.gotop.com.tw/pdf/AEH003200.pdf>

【評語】052507

本作品建立條碼與資源類別關係資料庫並建造自動資源分類車做資源分類。

本作品有進行縮短自走車行進時間和行進所消耗能量的實驗。建議未來能多用資訊科學中的人工智慧和機器學習方法來讓此系統更有智慧來進行資料回收。