

智能機械手臂：以micro:bit驅動手臂，達到夾取優化

研究生：范博鈞、李明琄、楊巧新、王予彤



摘要



我們使用智高micro:bit編程組#1409，組裝機械手臂，並參考說明書編寫程式，擴充智高工具，讓機械手臂可以自動偵測物品，完成夾取動作。

有了機械手臂的雛形，我們希望能遠端遙控機械手臂。透過廣播系統，可以遙控車子，也可以控制機械手臂。micro:bit 3號板是遙控器，遙控1號板的機械手臂和2號板的遙控車，車子可以前進、後退、右轉、左轉與停車，而爪子可以自動或手動遙控，讓手臂抬升、下降，亦可控制爪子的開合。最終，爪子可以夾取87g的物品，且在距離7公尺內，都可以進行遙控。機械手臂的遠端遙控，是我們最難克服的地方，即使設計出來，還是有許多問題，都需要我們逐一檢核，慢慢修改。



壹、前言



一、研究動機

原先使用Teachable Machine線上程式，拍攝多張照片，再藉由AI辨識，能成功判別紙類和塑膠類，但軟體與硬體的結合很有難度，在考慮了各方面的因素後，我們使用micro:bit。micro:bit是一款圖形化程式設計工具，可以做很多不同的變化，我們選擇機械手臂，結合智高micro:bit編程組#1409，希望能通過遙控機械手臂，協助人類進行夾取工作。

二、研究目的

1. 用智高加上micro:bit，組裝機械手臂。
2. 裝設底座、輪子，用遙控器遠端操控。
3. 改造機械手臂，達到夾取優化。

三、文獻回顧

（一）智高

智高創辦人林文彬於1976年創立智高實業股份有限公司，以「幫助全世界孩子快樂學習」自我期許。「智高」開發出全球專利--「一凸五凹」的結構積木，擁有獨特的單點橋接結構，最令人嘆為觀止的是，超過600個造型各異的積木元件，各自皆能完美地互相結合，

被譽為「積木界的賈伯斯」，也獲得全球各大獎項的肯定，更在國際上發光發熱。

20多年前，智高成功將歐美學校所需的實驗器材研發成積木元件群，成為教學工具。除了學生可以自己操作，老師也能在編寫教案時更靈活多元地符合各年齡層的學生學習需求，因此智高得以從玩具跨足到學校教材市場，成為歐美科學教育中不可或缺的一環。全球舉足輕重的教育品牌，包括法國CELDA、德國KOSMOS，日本GAKKEN、美國CHILDREN' s FACTORY等知名品牌也慕名前來，成為智高的全球夥伴。

智高從玩具積木起家，後轉型成科學教具，並衍化出成千上萬的商品，讓夢想與創意可以施展。不過雖然智高在國際舞台上佔有一席之地，但大多數人在談論積木時，只會想到樂高，許多人甚至不認識智高。但其實台灣的智高與家喻戶曉的樂高相比可說是毫不遜色。

本實驗使用智高micro:bit編程組#1409，針對micro:bit 初學者設計，提供簡單且友善的程式設計課程。電子零件包含：

1. micro:bit智能主控盒：能容納micro:bit及電池，具有連接其他零件與micro:bit的接口。
2. 超音波測距感測器：能夠發射並聆聽被物體彈回的超音波，便能夠測量與物體之間的距離。
3. 50倍行星齒輪馬達盒：能夠轉動齒輪和輪子來啟動模型，也可以控制它旋轉的方向及速度。
4. 180度角度金屬伺服馬達：可透過程式控制，在0度到180度之的角度轉動。
5. micro:bit V2：包含許多輸入端，以及輸出端。是機器人的大腦，利用感測器回傳的數值，搭配程式來控制模型。

（二）micro:bit

micro:bit是一款，由英國廣播電視公司（BBC）推出的專為青少年程式設計與教育設計的口袋式微電腦開發版。2016年，micro:bit在英國全線推廣，BBC配套了大量的專案課程資源和活動，每一位11至12歲的在校學生都能免費獲取一塊micro:bit開發版用於程式學習，受益學生數量約有百萬。

micro:bit開發版尺寸雖小（5 cm x4 cm），但匯集豐富種類的電子模組：5x5 LED 顯示幕、兩顆可程式設計按鍵、加速度計、電子指南針、溫度光線感測器、藍牙低功耗等。micro:bit可以透過鱷魚夾與各種電子元件互動，支援讀取感測器之資料、控制舵機與RGB燈條，因此能夠輕鬆勝任各種程式設計相關的教學與開發場景。此外，micro:bit還可以用於編寫遊戲、聲光互動、機器人控制、科學實驗、可穿戴裝置開發等。以下介紹micro:bit的組成元件：

1. 5*5矩陣LED：LED代表發光二極體，micro:bit具有25個可單獨控制的LED，可以顯示

文字、數字以及圖像，還可以單獨控制每個LED的亮度。

2. 按鈕A、按鈕B：可以設計程式檢測何時按下這些按鈕，從而觸發設備上的程式碼。
3. Micro USB：透過micro-USB線，將micro:bit連接到電腦，可以為設備供電，也可以將程式下載到micro:bit。
4. 主控晶片：相當於電腦的CPU，用於執行程式及處理資料，同時還可以檢測周圍環境的目前溫度，單位為攝氏度。
5. 加速度感測器：加速度感測器用於測量微量加速度。當micro:bit 移動時,該組件可以檢測到。同時它還可以檢測其他動作，例如搖動、傾斜、上下翻面或者自由落體。
6. 物理連接腳位：俗稱金手指或引腳，micro:bit的下邊緣有25個外部連接腳位，用以連接電機、LED等外部電氣元件，或者連接額外的傳感器來獲得數據。
7. 2.4GHz天線：該模組提供無線通訊以及藍牙功能。無線通訊功能允許在兩個micro:bit發送和接收藍牙訊號，可以讓micro:bit和電腦、手機以及平板電腦進行無線通訊。
8. 重置按鈕：用重置micro:bit或重新執行程式。

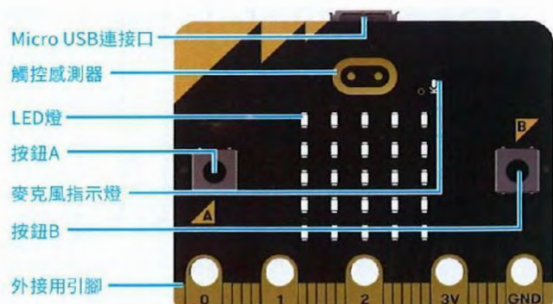


圖1 micro:bit開發板

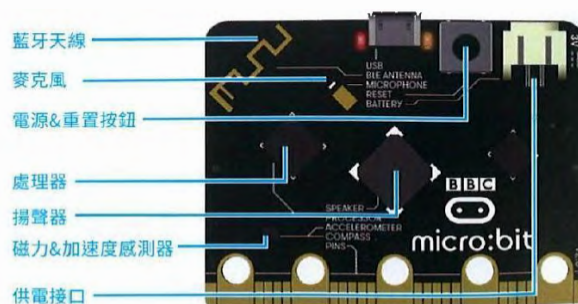


圖2 micro:bit開發板背面

micro:bit的物理連接腳包含5個大引腳及20個小引腳。5個大引腳分別連接到電路板上標誌為0、1、2、3V和GND的孔，其中標記為0、1和2的引腳通常被稱為「通用輸入和輸出」，而標記為3V及GND的引腳，則只和micro:bit主板的電路有關，3V引腳用於3伏特的輸入或輸出，GND引腳則用於接地已完成電路。需要注意的是，3V引腳和GND引腳不能連接在一起，否則可能造成短路。

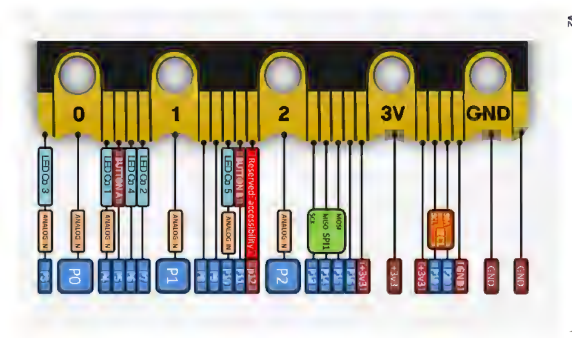


圖3 V2

Q 貳、研究設備及器材 ×

一、機械手臂

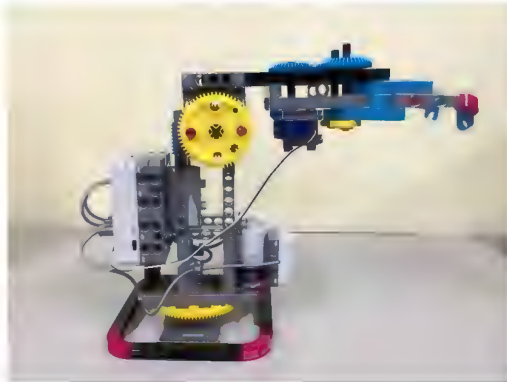


圖4 側面圖



圖5 正面圖

二、micro:bit

micro:bit板*3、馬達舵機板

三、DIY

輪子*2、萬能輪*1、萬向輪*1、底板*1、束帶*4、螺帽*1、電池盒*1、電線、螺絲、
膠合板*1

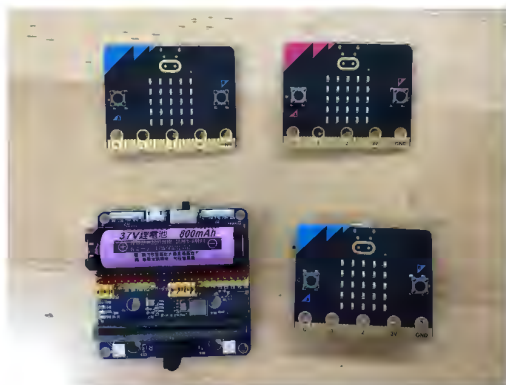


圖6 micro:bit板*3、馬達舵機板

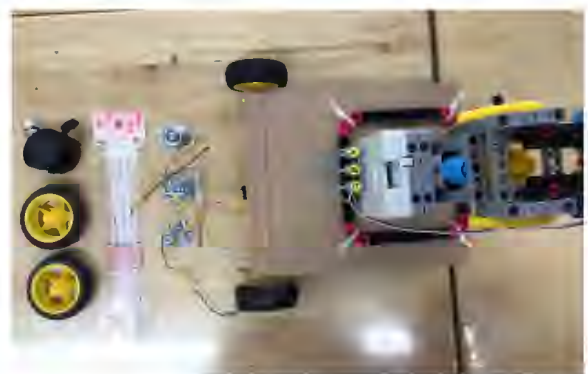
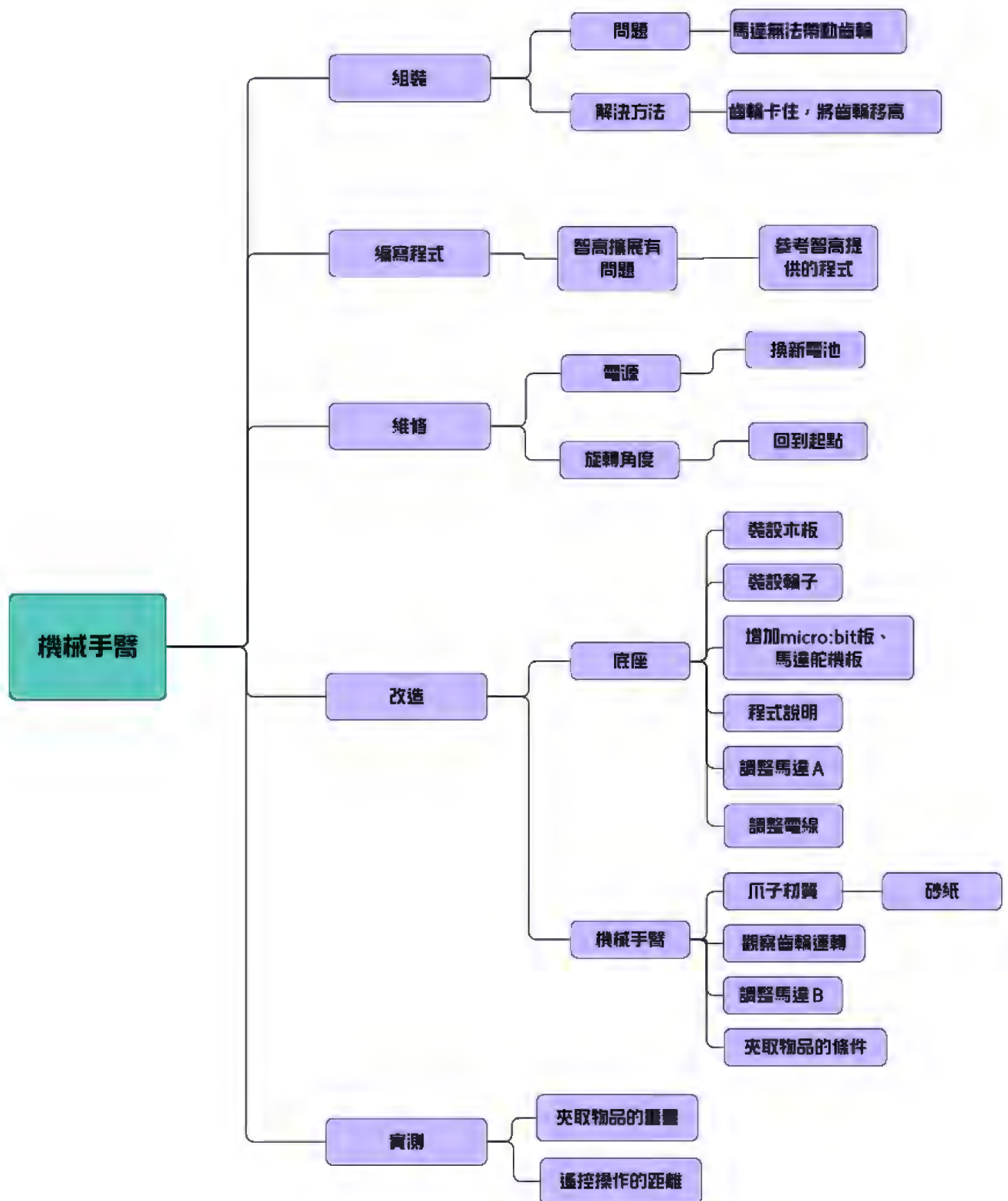


圖7 改造材料

一、研究架構



二、研究過程

（一）組裝機械手臂

1. 組裝時間：10/1、10/4、10/9，共6節課。
2. 組裝過程：

我們參考說明書的組裝方式，一共有37個步驟，其中以步驟14及15最為複雜，因為我們要確認垂直方向的齒輪可以帶動水平方向的齒輪，調整了很多次，齒輪才可以順利帶動。而最重要的是，在組裝完馬達及齒輪後，必須先測試馬達能否帶動齒輪，才能開啟下一步，否則後續都會受到影響。

3. 遇到的困難：

在組裝控制爪子上下的馬達時，兩個齒輪似乎卡的太死，完全無法轉動，拆掉重拼後還是卡住，最後把後面的藍色齒輪移高才終於順利轉動。

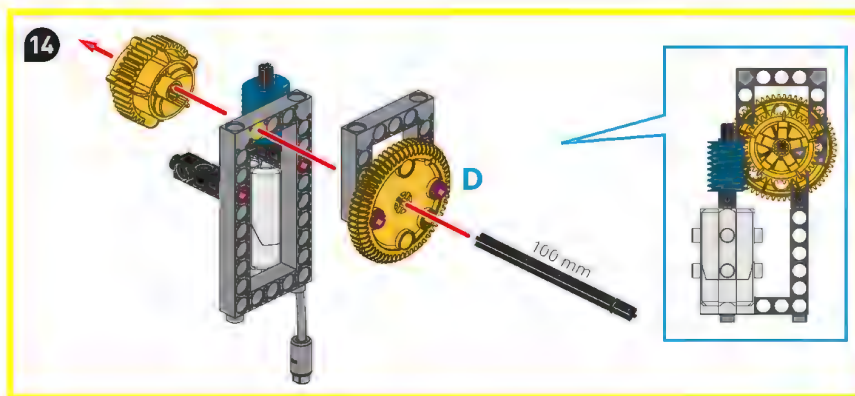


圖9 步驟14

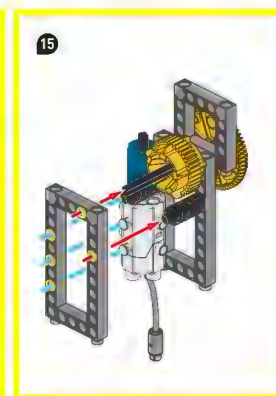


圖10 步驟15



圖11 測試藍色齒輪



圖12 機械手臂完成圖

(二) 編寫機械手臂的程式

1. 編寫時間：10/7、10/11，共4節課。
2. 編寫過程：

我們先照著說明書上的順序，先進行初始化設定，當程式編寫到要旋轉手臂的馬達通道時，就需要擴充智高工具。進入智高機械手臂#1409官方網站的影片中，有公布擴充連結 <https://github.com/gigotoys/Gigo-tools>。在micro:bit點選擴充，並輸入連結，就可以擴充智高工具了。

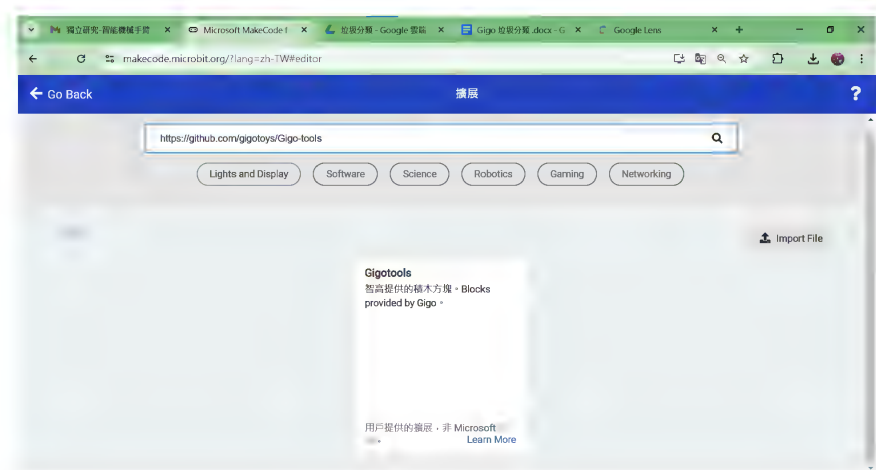


圖13 擴充智高工具

3. 遇到的困難：

程式擴展有問題，參考智高給的程式範例檔，進行修正。



圖14 程式輸入錯誤

4. 程式簡介：

依照範例程式使用三個變數：「ON/OFF」為1代表開啟，為0則代表關閉，接觸

到micro:bit的標誌可開啟及關閉。「Status」表示超音波感測器是否偵測到物品，「Status」為0代表無物品，為1代表有物品。「Distance」表示超音波感測器偵測到物品的距離，偵測距離在2到10公分。

程式大致可分為4大類：

- 1) 初始化設定：接觸到micro:bit的標誌，micro:bit的LED燈會呈現笑臉，接著以LED燈顯示動畫，展現機械手臂的移動方式。

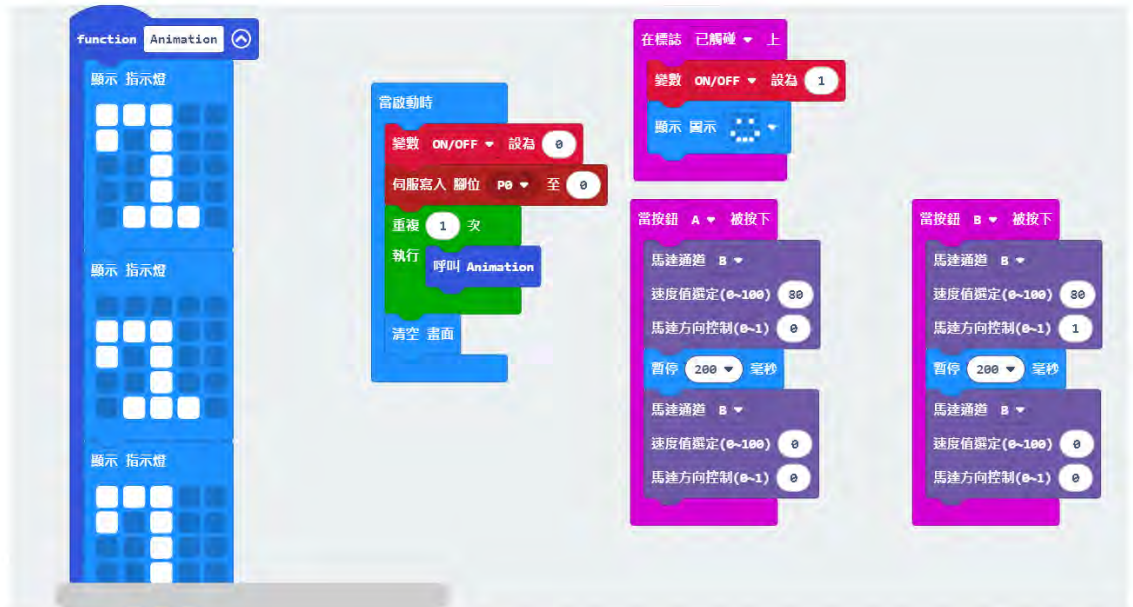


圖15 初始化設定

- 2) 夾取物品：當偵測到物品機械手臂會執行：夾取物品、旋轉手臂返回初始位置。



圖16 夾取程式

- 3) 手動操作手臂升降：按按鈕A手臂抬升，按按鈕B手臂下降。



圖17 手臂抬降程式

- 4) 偵測物品是否達到正確位置：當偵測距離在2到10公分，「Status」設為1，機械手臂執行動作。



圖18 判斷夾取時間

控制盒上有插孔，必須觀察不同馬達的位置，確認好插孔。

馬達 A：控制手臂旋轉方向，可用程式調整旋轉方向、幅度，無法手動操作。

馬達 B：控制手臂升降，可用程式調整機械手臂的升降。

馬達 C：控制超音波測距感測器，可用程式調整偵測距離。

p0腳位：可控制手臂開合，「使用180度角度金屬伺服馬達」，角度可控制0~180度。

(三) 維修

1. 檢查電源

- 1) 確認問題：我們將micro:bit和電腦連接後，micro:bit有顯示笑臉和機械手臂圖示，代表連接成功，可是機械手臂卻沒有按照程式指示上下移動、夾取物品和感應，而用來控制的按鍵也無法操控。
- 2) 解決方法：我們將照片、影片拍攝給廠商，顯示電池盒右下方的電源沒反應，廠商說是電池的問題，因為18650鋰電池要凸出來，而我們的電池買錯，買成平頭。更換凸頭電池，就解決電源的問題。



圖19 電池平頭、凸頭

2. 機械手臂的旋轉角度

1) 實驗步驟：

- A. 印製360度量角器，以0度對準研究者，180度對準機械手臂長方形部分，使機械手臂面朝180度。
- B. 在感應器前放一個物體，機械手臂就可以啟動。
- C. 由A點起點啟動，機器手臂在180度的位置。
- D. 啟動後，機械手臂會夾起物品向左旋轉，在B點放下夾起的物品。
- E. 記錄左轉的度數。
- F. 記錄C點返回的位置。
- G. 下次測量時須將機械手臂重新回到180度。

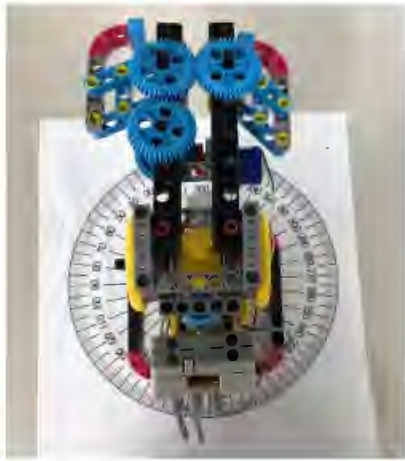


圖20 機械手臂對準180度

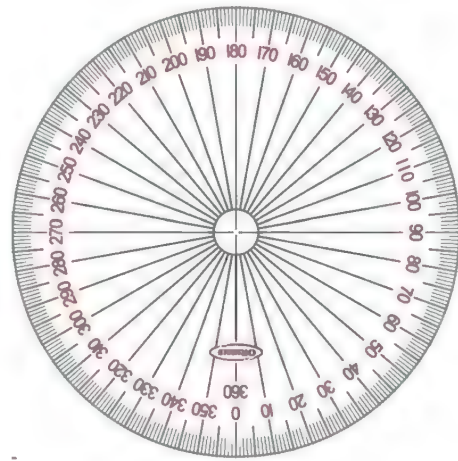


圖21 360度量角器

2) 調整前的實驗結果：

下表為機械手臂旋轉角度之表格。實驗6次後，向左旋轉的度數分別是120度、155度、155度、145度、110度、125度，平均為130度。距離起點度數分別是30度、30度、30度、5度、45度、25度，平均為27.5度，我們希望C點與A點的距離可以近一點。

次數 角度	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	平均
A點起點	180	180	180	180	180	180	180
B點放下物品	300	335	335	325	290	305	315
計算向左旋轉的度數	120	155	155	145	110	125	130
C點返回	150	150	150	175	135	155	152.5
計算距離起點度數	30	30	30	5	45	25	27.5

3) 解決方法：因為機械手臂無法返回到起點，我們認為主要影響的是回到原點轉動的時間太久，造成機械手臂轉動太多而超過180度，如果將轉動的時間減短，或許就能減少與起點的差距。因此我們將「暫停1600毫秒」修改成「暫停1530毫秒」，而結果顯示，機械手臂與起點的差距明顯減少。



圖22 暫停1600毫秒



圖23 暫停1530毫秒

4) 調整後的實驗結果：

下表為將1600毫秒修改成1530毫秒後的機械手臂旋轉角度之表格。實驗6次後，向左旋轉的度數分別是145度、140度、150度、160度、155度、145度，平均為149.2度。距離起點度數分別是10度、15度、30度、25度、15度、15度，平均為18.3度，解決前面提到的C點與A點距離差距太大的問題。

次數 角度	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	平均
A點起點	180	180	180	180	180	180	180
B點放下物品	325	320	330	340	335	325	329.2
計算向左旋轉的度數	145	140	150	160	155	145	149.2
C點返回	190	195	210	205	195	195	198.3
計算距離起點幾度	10	15	30	25	15	15	18.3

(四) 改造

1. 底座

1) 裝設木板

我們嘗試用智高積木加裝底座，但效果並不好，因此我們用較為堅固的木板當底座，再加裝輪子來遙控它移動。我們先用膠帶固定，觀察機械手臂會不會倒下，而膠帶比較好移動，等到成功後，再改成束帶固定。

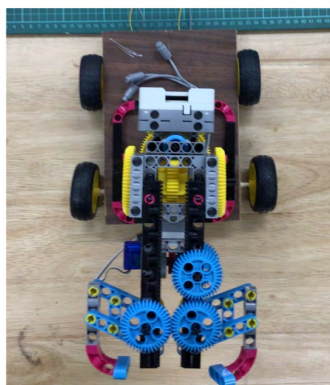


圖24 用膠帶模擬位置

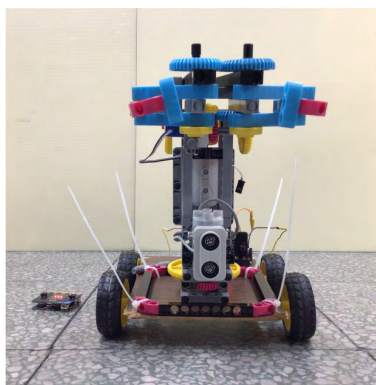


圖25 用束帶固定輪子

2) 裝設輪子

A. 萬能輪

因為4輪摩擦力太大，不好轉彎，因此我們改為3輪，而輪子則使用萬能輪，因為摩擦力較小而且易於轉彎，我們接著使用螺帽固定，使它不會偏移及脫離。

結果：萬能輪無法長時間直走，會往旁邊轉；而往旁邊轉時，則會原地轉圈。當萬能輪鎖住時，機器手臂可以直線前進、後退，但無法左右轉；當鎖打開時，則會原地轉圈。

B. 萬向輪

因萬能輪無法持續往前，我們改為萬向輪，可以隨意改變方向且流暢度佳，接著使用螺帽固定，使它不會偏移及脫離。

結果：萬向輪高度太低，導致放在地上時，重心不穩，後輪會翹起，車子無法前進。接著，我們增加高度，再裝上萬向輪，解決重心不穩的問題。



圖26 原本4顆輪子

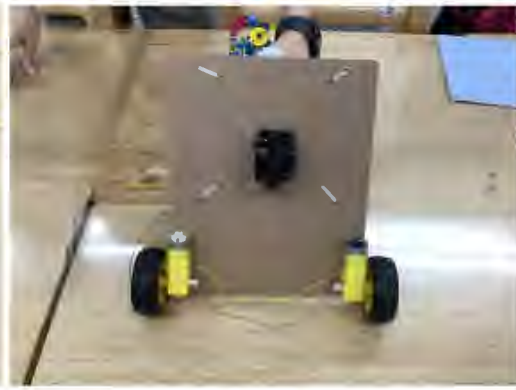


圖27 改成3顆輪子



圖28 萬能輪（左）萬向輪（右）



圖29 增加萬向輪的高度

3) 增加micro:bit板、馬達舵機板

我們總共用了3塊micro:bit板，分別用來控制機械手臂、輪子、連接馬達及遙控車。1號板裝設在機械手臂中間，用來控制機械手臂升降及夾取物品；2號板是用來控制兩個輪子的馬達，可靠兩顆馬達改變速度、方向，讓車子前後左右移動；3號板則是遙控器，可遙控1、2號板，調整手臂夾取以及車子的行進。

最後的馬達舵機板是放置2號板的地方與連接馬達的杜邦線，左邊輪子接馬達1號，馬達1號的黑線代表正極，插在第1孔（A01），橘線代表負極，插在第2孔（A02），右邊輪子接馬達2號，馬達2號的黑線代表正極，插在第3孔（B01），橘線則代表負極，插在第4孔（B02）使馬達轉動，需裝電池。

馬達舵機板可連接多個直流馬達和micro:bit板，可直接充電。主要的IC元件都在正面，此外電路有做電池防止接反，可避免接錯而造成短路。

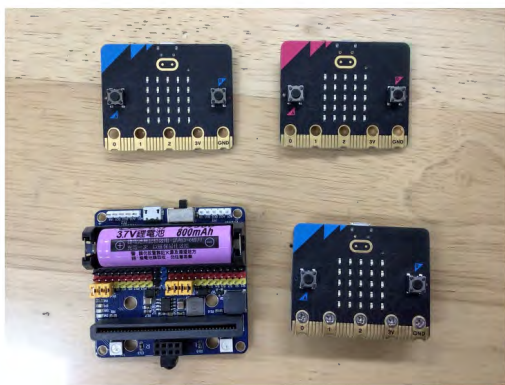


圖30 3塊micro:bit板、馬達舵機板

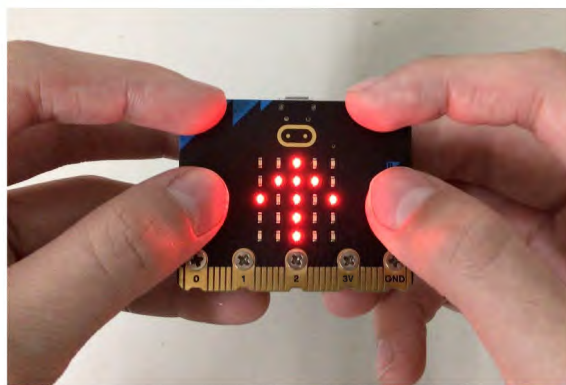


圖31 3號micro:bit板可遙控

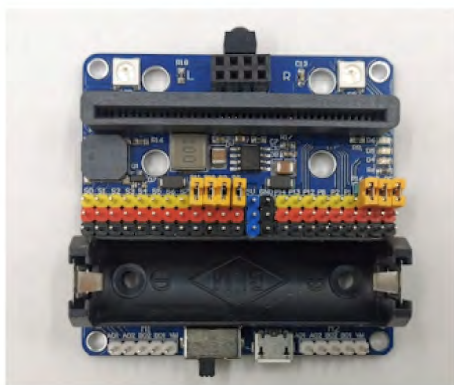


圖32 馬達舵機板要插上2號micro:bit板

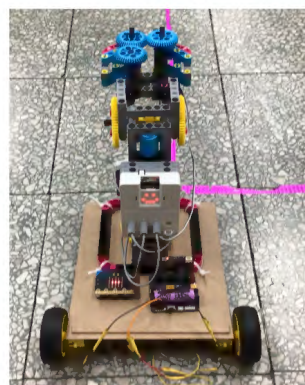


圖33 馬達舵機板的放置位置

4) 程式說明

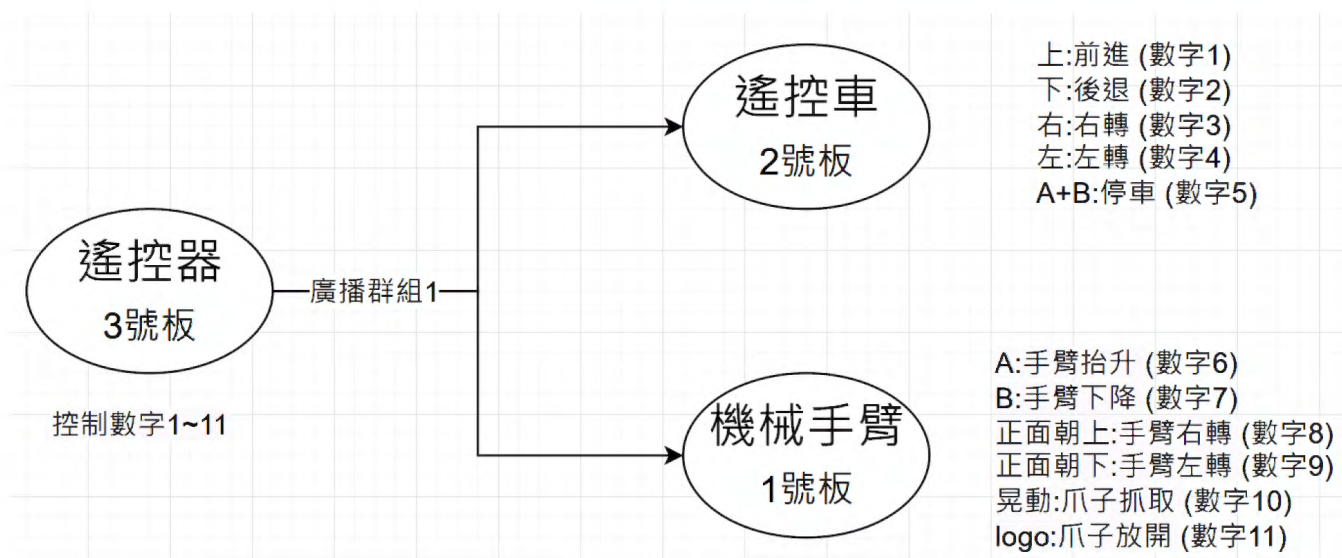


圖34 廣播數字程式圖

A. 先測試遙控車（2號板）的轉速

因為原本的左、右轉會一直原地轉圈，因此我們決定修改右轉時的程式，將右輪

往前速度值設為-255、左輪往前速度值設為50，表示右輪速度較快。此外，因2號板要等待3號板發送超音波，所以設定3號板提早1秒發送超音波，讓輪子可前進後慢慢右轉；左轉相同。



圖35 右轉



圖36 左轉

B. 使用遙控器（3號板）發電波給遙控車（2號板），控制車子行進。

一開始先設置廣播群組為1：當收到廣播數字1號時遙控車往前；收到廣播數字2號時遙控車往後；收到廣播數字3號時遙控車往右；收到廣播數字4號時遙控車往左；收到廣播數字5號時遙控車停止。



圖37 遙控器程式



圖38 廣播群組1



圖39 廣播數字1



圖40 廣播數字2



圖41 廣播數字3



圖42 廣播數字4



圖43 廣播數字5

C. 使用遙控器（3號）發電波給機械手臂（1號板），控制機械手臂夾取。

當收到廣播數字6號時，手臂抬升；收到廣播數字7號時，手臂下降；收到廣播數字8時，手臂右轉；收到廣播數字9時，手臂左轉；收到廣播數字10時，爪子夾取；收到廣播數字11時，爪子放開。



圖44 遙控器程式



圖45 廣播數字6



圖46 廣播數字7



圖47 廣播數字8



圖48 廣播數字9



圖49 廣播數字10



圖50 廣播數字11

5) 調整馬達A

A. 馬達力道

原本馬達A轉速為10，啟動的力量太小，造成機械手臂旋轉後無法回到起點。馬達轉速可設定介於0~100，我們將馬達轉速設定為45，旋轉力道變大又不會過度晃動。

B. 旋轉機械手臂回到起點

我們將馬達轉速加大以後，發現左轉時「暫停500毫秒」，夾取物品後，右轉時再「暫停500毫秒」，機械手臂就可以回到起點。



圖51 馬達A左轉

圖52 馬達A右轉回到起點

6) 調整電線

將電線以電烙鐵焊接，再套上熱縮套後，用打火機燒熱縮套，讓電線連接處更為牢固。

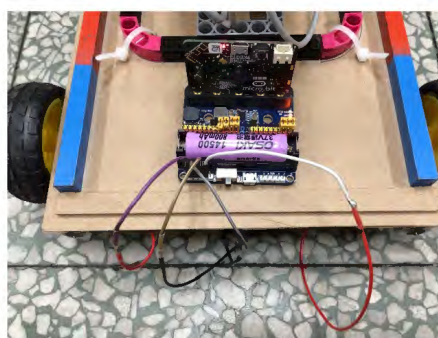


圖53 焊接電線

2. 機械手臂

1) 改成砂紙

機械手臂組裝好後，我們發現爪子無法順利夾起紙杯或寶特瓶等物體，於是決定將爪子的材質改成塑膠瓦楞板並加上砂紙，增加摩擦力。在用膠帶固定並確定位置後，我們用熱溶膠將瓦楞板固定。

2) 觀察齒輪運轉

我們透過觀察，發現夾取物品時，最靠近卡榫的藍色齒輪會逆時針轉動，帶動下一顆齒輪順時針轉動，再帶動下一顆齒輪逆時針轉動，來控制爪子打開。爪子關閉時，最靠近卡榫的藍色齒輪會順時針轉動，接著帶動其他齒輪。

爪子其中一邊無法收合，是因為180度角度金屬伺服馬達撞到灰色長方形積木，導致黑色鋸齒狀積木往上翹，以至於無法帶動藍色齒輪，影響爪子的收合。

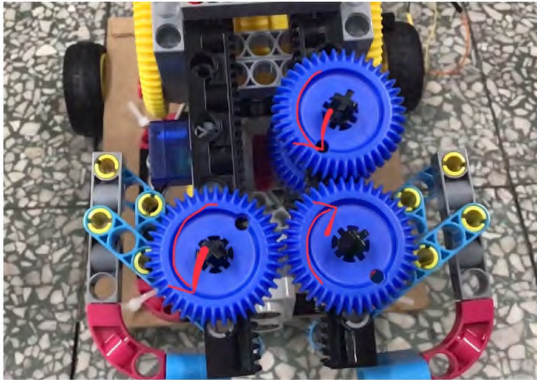


圖54 夾取時齒輪方向

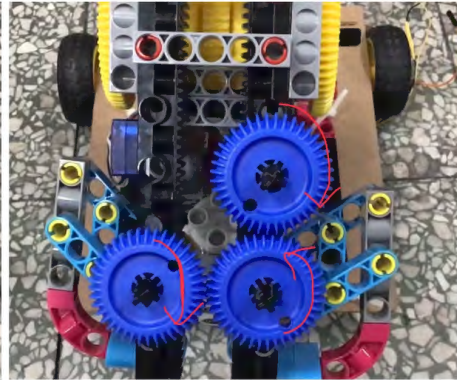


圖55 放下時齒輪方向

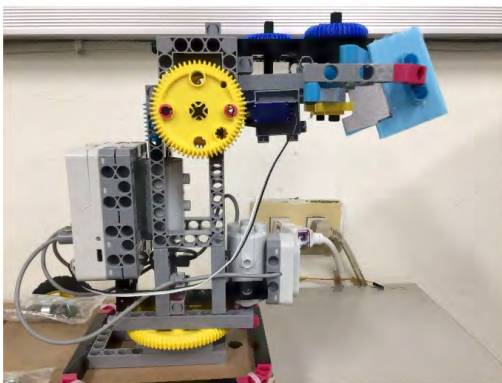


圖56 機械手臂原始狀態

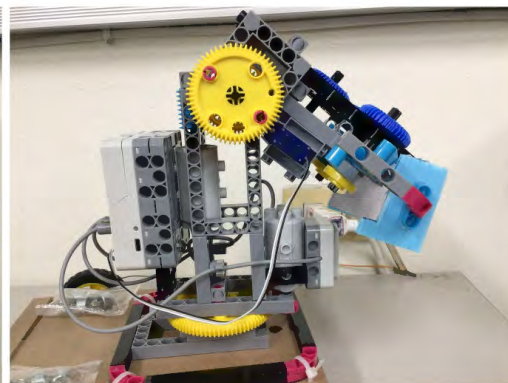


圖57 降得太低

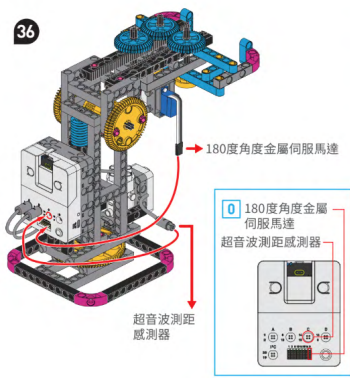


圖58 180度角度金屬伺服馬達

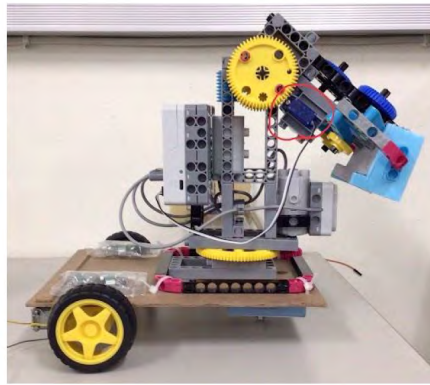


圖59 卡住位置

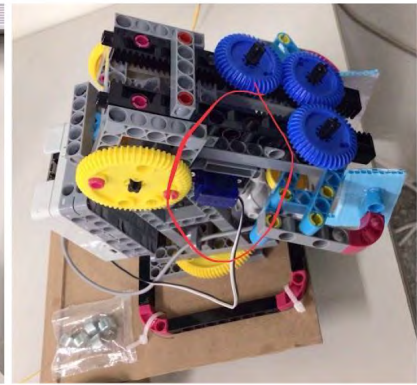


圖60 影響齒輪

3) 調整馬達B

A. 馬達力道

我們將馬達B的轉速設為75，用於控制手臂的升降，讓機械手臂比較有力。

B. 旋轉機械手臂回到起點

我們將馬達轉速加大以後，發現下降時「暫停500毫秒」，夾取物品後，抬升時再「暫停500毫秒」，機械手臂就可以回到起點。



圖61 手臂上升



圖62 手臂下降

4) 夾取物品的條件

我們搜尋智高機械手臂的示範影片，發現只能夾取2個智高積木，夾取的力道不足。再搜尋相關影片，發現機械手臂的夾取確實有難度，即使是高科技的機械手臂，也只能固定物品，像是夾取接力棒，因此我們將夾取的物品改成寶特瓶，並將寶特瓶的高度裁剪，避免手臂夾取後返回，爪子會打到寶特瓶。



圖63 參考示範影片



圖64 夾取接力棒

（五）實測

1. 夾取物品的重量

選了瓶身有紋路的寶特瓶，因為可以增加摩擦力。此外，放下後手臂回到起點時可能會撞倒寶特瓶，所以我們將寶特瓶裁剪，高度變為16公分，直徑為7公分。

我們先測原本寶特瓶的重量，夾取6次，計算夾取成功的百分比。接著，放入1顆10公克的砝碼，夾取6次，依序增加砝碼的數量，量測可以夾取物品的最大重量。



圖65 瓶身長度的測量

圖66 寶特瓶加7顆砝碼

放置的物品	重量	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	成功夾取率
寶特瓶	17g	√	√	√	X	√	√	83.3%
寶特瓶 +1顆砝碼	27g	√	√	X	√	√	√	83.3%
寶特瓶 +2顆砝碼	37g	X	√	X	√	√	X	50.0%
寶特瓶 +3顆砝碼	47g	√	X	√	√	√	√	83.3%
寶特瓶 +4顆砝碼	57g	X	√	√	√	√	√	83.3%
寶特瓶 +5顆砝碼	67g	√	√	√	√	X	√	83.3%

寶特瓶 +6顆砝碼	77g	X	√	X	√	X	X	33.3%
寶特瓶 +7顆砝碼	87g	√	X	X	√	X	X	33.3%

我們將空寶特瓶依序放入砝碼，量測17g、27g……到87g，機械手臂能否成功夾取，成功夾取率分別為：83.3%、83.3%、50.0%、83.3%、83.3%、33.3%、33.3%，6顆、7顆砝碼都無法夾取。夾取過程中，無法成功的原因有：爪子左右不平均、放下寶特瓶後不穩定。

2. 遙控操作的距離

我們在地板上每1公尺貼一段膠帶，依序將機械手臂放在每段膠帶上，發現在7公尺內，遙控器都能控制機械手臂抬升、下降，亦可控制爪子的開合。遙控車可以前進、後退、右轉、左轉與停車。量測後，在7公尺內的距離，可成功夾取87g的物品。



肆、研究結果



底座	1. 增加木板、萬向輪、馬達裝設輪子。 2. 3號板遙控器，廣播2號板遙控車，前進、後退、右轉、左轉、停止。 3. 底座馬達A，轉速設為45。
機械手臂	1. 爪子加上砂紙，增加摩擦力。 2. 3號板遙控器，廣播1號板機械手臂，上升、下降、手臂右轉、手臂左轉、爪子抓取、爪子放開。 3. 機械手臂馬達B，轉速設為75。



伍、討論

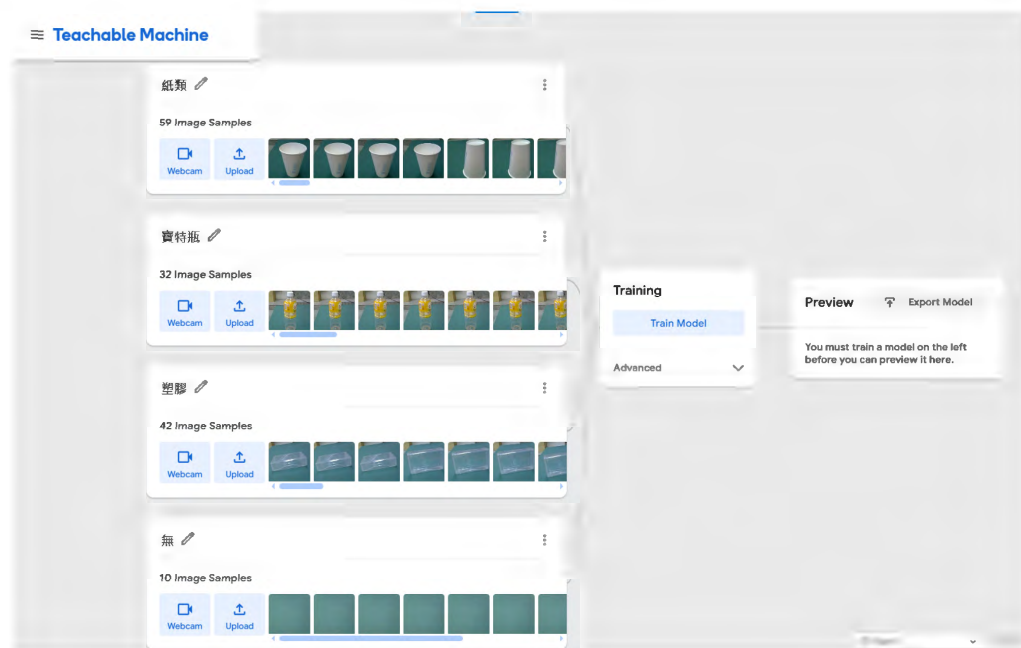


1.使用micro:bit	多數研究使用Arduino, micro:bit較快入門。
2.無線遙控	從走廊遙控, 隔著牆壁, 機械手臂能執行指令。

3.超音波感測器	2-10公分的距離, 爪子能夠自動夾取。
4.低成本DIY設計	讓更多人能夠學習機械手臂的技術。

陸、結論

1. 機械手臂最多可以夾67g的物品，在距離機械手臂7公尺的地方，可以遙控機械手臂。
2. Teachable machine 的AI辨識系統，可成功辨識紙類和塑膠類。micro:bit顏色感測器，可區辨不同顏色，執行左右轉的動作。建議結合軟硬體，達到實際使用的功效。



柒、參考文獻資料

什麼是micro:bit

https://www.beyond-coding.org.tw/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=39

智高. (2024, December 7). 機器人工作坊-Micro:Bit編程組#1409.

<https://www.gigotoys.com/products/1409-tw.html>