|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Team No: 1 | Team Name: 資電館的垃圾 | |
| Project Title: 資電館的垃圾分類者 | | |
| Name: 李秉綸 | | ID: 110062240 |
| Name: 董柏宏 | | ID: 110062304 |

一、設計概念與架構細節：

在此project中，我們期望可以透過電腦與Basys 3的溝通，讓Basys 3控制液壓機械手臂，將特定顏色方塊放到指定地點。

硬體機構：

一張含有 工具, 室內, 辦公用品, 電腦 的圖片

自動產生的描述一張含有 玩具, 工具, 室內 的圖片

自動產生的描述

有關硬體機構設計，我們是自行設計與發想，將不同的部分組合而成我們的design。

我們從網路上購買了液壓機械手臂，並且使用注射幫浦控制液壓，使得我們可以透過馬達控制機械手臂。並且因為是透過液壓，讓我們有度量衡（毫升）可以精準控制馬達的轉動，同時也避免馬達直接在關節處承受扭力以及硬體機構可能不夠堅固，無法承受馬達重量等種種問題。

注射幫浦我們參考了此[連結](https://www.youtube.com/watch?v=dz2N6qxstk4)，有做些修改以符合我們的要求。

我們使用相機與超音波模組交錯來確認手臂前方塊的顏色，透過相機擷取圖片，超音波則確認手臂前方是否有物體，若顏色正確且超音波有感測，則將物體夾起放至指定地點。若沒有超音波，則可能相機判斷顏色正確手臂就開始動作，而前方卻沒有物體。

液壓控制關節概念圖如下：

一張含有 寫生, 圖表, 行 的圖片

自動產生的描述

我們透過上圖中的右邊的注射幫浦推拉針筒，液體的流動使得在關節處的針筒伸縮，透過我們的硬體結構設計，讓針筒可以帶動爪子跟手臂。

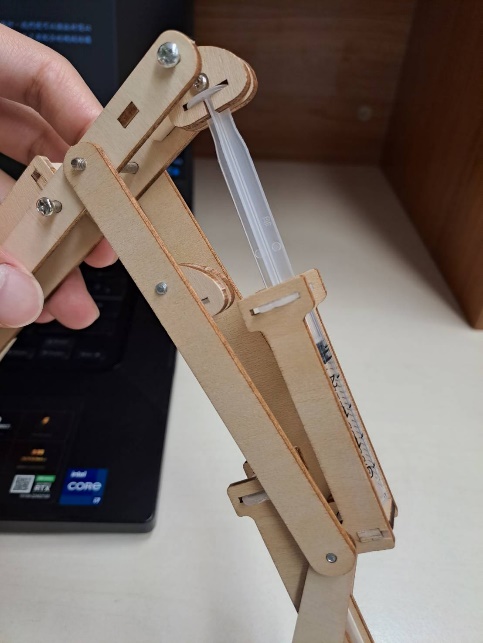
關節結構如下：

一張含有 工具, 機器, 室內, 卡尺 的圖片

自動產生的描述一張含有 工具, 室內, 人員 的圖片

自動產生的描述

一張含有 工具, 室內 的圖片

自動產生的描述

透過關節的機械架構，讓我們可以透過推拉針筒控制機械手臂移動。

注射幫浦結構如下：

一張含有 室內, 醫療設備, 工具, 辦公用品 的圖片

自動產生的描述一張含有 室內, 辦公用品, 地板, 靜止的 的圖片

自動產生的描述一張含有 工具, 藍色, 腳踏車 的圖片

自動產生的描述

一張含有 工具, 塑膠, 藍色, 室內 的圖片

自動產生的描述

我們在針筒holder中塞入一顆螺母，透過轉動馬達帶動連動的螺絲杆，螺絲杆的轉動將帶動螺母前進後退，我們便可以推拉針筒以控制液壓。

在注射幫浦中我們還有使用了2顆培林以及2根線性軸承，此2者配合的機械結構可以讓我們的針筒推拉的更穩定，讓我們可以更精準的控制機械手臂。

軟體機構：

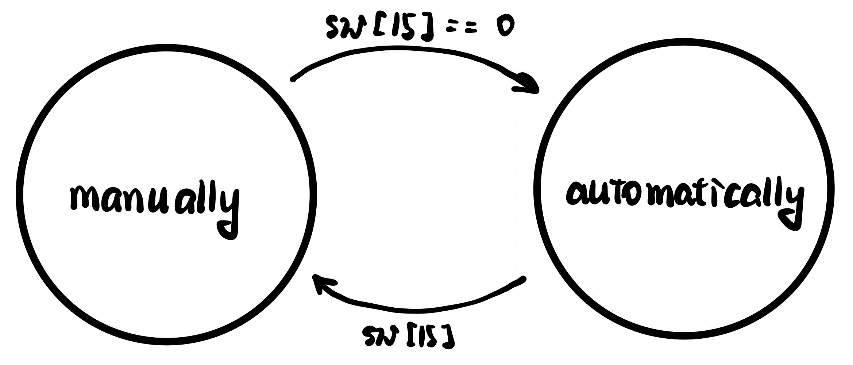
關於軟體機構，我們使用python中的serial模組，開啟serial port單向傳輸訊息給Basys 3，我們將判斷的顏色encode成一個byte，encode對照如下：

|  |  |
| --- | --- |
| Red | 8’h41 |
| Black | 8’h42 |
| Blue | 8’h43 |
| Other colors | 8’h00 |

我們透過python的cv2 模組開啟webcam，取得webcam的照片後分成每一幀送進顏色判斷的machine learning模型中。

顏色判斷我們是在電腦中run 一個KNN model，判斷當前照片中最主要的顏色並回傳。此部分我們是參考[Github repo](https://github.com/ahmetozlu/color_recognition)並做些許修改以符合我們的需求。原先的model是每一幀都判斷，可能導致顏色與光線還來不及穩定而判斷失準，在我們的修改過後會等待光線、顏色穩定後大約3~4秒再判斷顏色並回傳。

Verilog 相關設計：



在我們的design中機械手臂的控制有分2個state，一個是手動控制，另一個則是自動控制。當sw[15]為off時，切換到自動控制，而sw[15]為on時則切換到手動控制。

手動控制透過判斷指定按鍵是否按下控制馬達轉動，我們將1, 2按鍵map到肩膀、q, w按鍵map到爪子、a, s按鍵map到小臂、z, x按鍵 map到大臂，且在我們的設計中可以一次轉動多個馬達。

自動控制邏輯如下：

一張含有 圓形, 文字, 圖表, 字型 的圖片

自動產生的描述

我們依據調好的counter參數來決定馬達要動多久，如下圖：

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型 的圖片

自動產生的描述

在我們的設計中機械手臂在放置方塊至指定位置後會回到初始位置。

伺服馬達控制機制：

我們使用的是360連續旋轉Mg996r伺服馬達，透過傳送refresh rate為50Hz、duty cycle 1%~2%的PWM訊號我們可以控制馬達的轉速及方向，然而在我們的design中馬達轉速皆固定，為的是讓機械手臂速度可以維持在最快。

Uart傳遞機制：

我們所使用的是非同步單線傳輸，當沒有資料要傳輸時，TX （傳遞訊息的腳位） 維持 high，

當有資料要傳輸時 TX 改為 low，讓接收端知道準備要接受訊息了，接下來固定傳送 8 個 bit

的 data ，8 個 bit 傳遞結束後，將 TX 拉回 high ，使接收端知道訊息傳遞完畢，這部分有

參考[網路上的資料](https://www.instructables.com/UART-Communication-on-Basys-3-FPGA-Dev-Board-Power-1/)，並做修改來符合我們的需求。

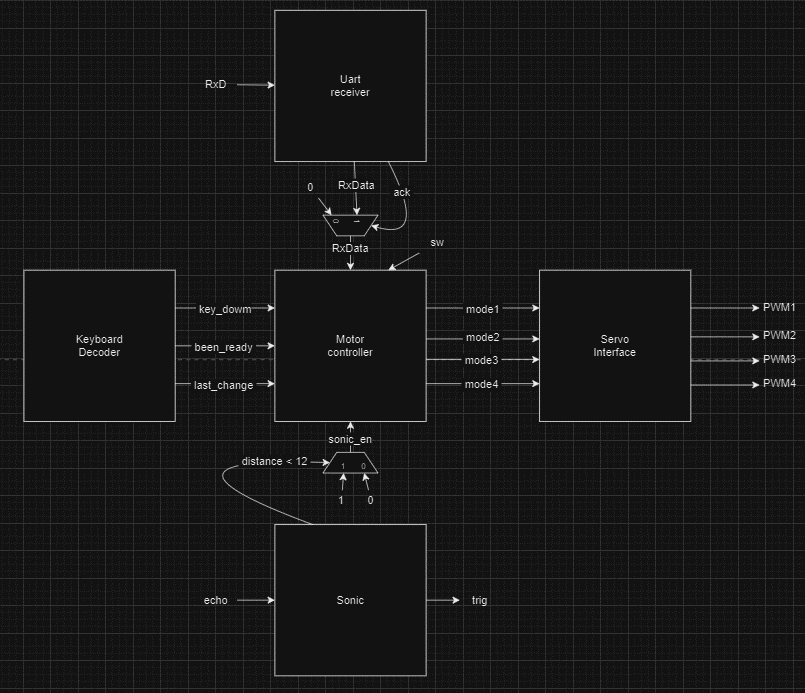
超音波控制：

我們使用Lab8中提供的module，但我們有透過移除除法器將此module優化如下圖，讓超音波模組可以使用更少合成資源。



雖然距離變成不是以公分為單位，但我們可以透過調較參數來選擇我們要讓超音波感測的距離，因此做到使用更少資源擁有相同的感測效果。

二、Block Diagram：



在上圖中可以看到我們將所有訊號線送至Motor controller模組內，包含代表顏色的RxData、鍵盤的輸入、超音波是否感測到物體等等的訊號線，利用這些訊號決定馬達的運作方式，output mode1, mode2, mode3, mode4至Servo Intervace內（mode代表的是不動或順時針或逆時針），透過mode決定PWM訊號。

三、實作完成度：

原先想設計的是垃圾分類，但因為垃圾可能會有不同高度以及柔軟度、材質等問題，所以我們將垃圾分類改成相近的題目：顏色分類。

而顏色分類我們原先預計分類紅、黑、藍，然而我們使用的資源實在太多（design太大），一直合成失敗，所以最後只好放棄藍色分類，只有紅、黑色。

綜上，我們認為實作完成度有到95%。

四、難易度說明：

在我們的design中，我們覺得最困難的是硬體層面，初期在控制不熟悉的伺服馬達時遇到非常多的問題，供電、coding等等，甚至可能是馬達壞掉，不知道問題出在哪的情況非常難debug。

再來是我們硬體架構組裝困難，我們一開始就決定要使用較強的硬體結構以防萬一，所以我們選擇使用3D列印，在學習3D列印的過程中也遇到很多不同的問題，花了很多時間才成功列印3個注射幫浦。

取得注射幫浦後，我們開始機械零件購買，我們跑了很多間五金行才找到有賣我們需要的機械材料，好不容易等五金行調貨送達之後，我們切割材料（線性軸承、螺絲杆），結果發現螺絲杆沒辦法固定在伺服馬達上，這樣就代表注射幫浦無法成功，因為馬達無法帶動幫浦。我們花了好幾天的時間在想解決辦法，最後是透過一個非常緊的塑膠套，一端套馬達，一端套螺絲杆，讓馬達可以帶動螺絲杆。經過了這麼多困難我們才組裝完注射幫浦。

在最後硬體的組合中還有遇到許許多多的小問題，舉例而言，針筒中的氣泡可能導致手臂動作不準確，我們也費了好一番功夫才將氣泡去除，還有許多其他問題，此處就不再贅述。

因此，綜上，我們覺得我們的design難度很高，然而因為有許多貴人的幫助，所以難度有下降許多，我們才得以完成這樣的Final project。

五、分工：

董柏宏：硬體組裝、3D列印、零件採買。

李秉綸：硬體組裝、coding。

六、課程外的部分及比重：

我們覺得是80%，因為我們用了很多課程外的內容：伺服馬達、液壓控制、3D列印、影像辨識、Uart傳輸機制等等。課程內的只有用到：鍵盤、超音波。

七、測試完整度：

我們覺得非常好，跟我們預期完全相同，手臂可以自動精準夾起顏色方塊並將方塊放到指定位置，手動控制機械手臂也非常精準。

八、困難與解決方法：

馬達無法順時針轉動：

在剛開始的時候馬達只能逆時針，那時以為是馬達的問題，因為我的code已經檢查了非常多次，不應該有問題，然而到實體店確認過後發現3、4個馬達我的code都還是無法順時針轉動，思考良久以及上網搜尋過後，我們得出的結論是可能是供電的問題，而問題就在我們使用外接電源的當下解決了。

硬體機構組裝：

舉例而言，像是馬達無法固定在注射幫浦上，我們遇到很多這類型的硬體組裝問題，這種問題通常需要客製化的解法，因此需要一點天馬行空的想像力。馬達這個問題我們的解法是在注射幫浦上鑽洞，用2條束帶將馬達鎖上。

九、心得討論：

在這次的project中，我們做的非常開心，雖然遇到了許多困難，但我們都成功的克服並解決，最後看到手臂真的動起來，而且還真的能辨識方塊，將方塊夾到指定地點的時候，有種看著自己的小孩站起來走路，然後就直接跑起來了的那種感覺！真的很開心而且很有成就感。

這樣的作品，少了我們其中的任何一人都無法完成，也讓我們再次意識到團隊合作的重要性。另外我們還有體會到一件事就是我們的成長，在學期初的時候連LED控制都有困難；到鄰近學期末的時候看老師播放各種學長姐們的作品，覺得很震撼，這真的是我能做出來的東西嗎；到現在，我們真的做出來了，而且我們很有自信不比任何人差，這就是我們的進步，也是我們感到非常驕傲的一件事。

很開心在這堂課中學到了這麼多，有滿滿的收穫，不知道看我report的是老師還是助教，但想跟您們說一聲辛苦了以及謝謝，謝謝您們一個學期的指導。

能在學期末用這樣的作品畫下句點真是太美好了。