

臺北市立大安高級工業職業學校

電子科

專題報告

居家電子狗

指導老師：王村益老師

組長：林子程

組員：陳冠宇

組員：鄭有博

組員：簡子宸

中華民國 111 年 9 月

摘要

使用了 Nano 33 BLE sense 和 LM386 語音辨識模組去判斷主人聲音及具體位置，讓電子寵物能夠接收到主人的呼喚，並且朝著主人的方向移動，並且使用 PCA9685 操控多顆伺服馬達來讓電子寵物做到指定的動作。

電子狗的本體我們使用雷射切割來設計壓克力板的外觀，用 Altium Designer 製作了方位辨識的電路板，運用 Anaconda 來處理機器學習以至於能夠語音辨識，以及控制伺服馬達轉動的 Arduino 程式。

目錄

第一章 前言

1-1 製作動機及目的

1-2 製作目標

1-3 研究步驟與進度

1-3-2 流程圖

1-3-3 甘特圖

第二章 理論探討

2-1 軟體

2-1-1 機器學習

2-1-2 聲音提取

2-2 硬體

第三章 專題設計

3-1 使用元件

3-1-1 MEGA 2560

3-1-2 Nano 33 BLE sense

3-1-3 LM386 模組

3-1-4 PCA9685

3-1-5 MG996R 伺服馬達

3-1-6 DFPlayer mini

3-1-7 18650 V8 電池擴充板

3-2 軟體架構

3-2-1 語音辨識程式

3-2-2 馬達運轉程式

3-3 硬體架構

3-3-1 電子狗主體

3-3-2 方位辨識電路板

3-4 外框架構

第四章 專題成果

4-1 聲音辨識

4-2 方位辨識

第五章 結論與建議

5-1 結論

5-2 未來展望、建議

第一章 前言

1-1 製作動機及目的

在現代社會中，飼養寵物已經相當普及，多數人非常重視自己的寵物，甚至當作自己的孩子，但毛小孩們的生活環境、健康狀態、照顧開銷卻皆是花錢又花時間，而許多飼主並沒有做到對於寵物的承諾及責任，照顧不當甚至造成棄養，又衍生出了更多流浪狗的社會問題。

根據農委會公佈，已經有超過 15 萬隻流浪狗在外遊蕩，而政府要花約 2 億的預算來處理流浪狗，且數量逐年增加。假設能從根本解決問題，讓寵物狗的飼養更加方便容易，大大降低了棄養的風險，流浪狗也會跟著減少。

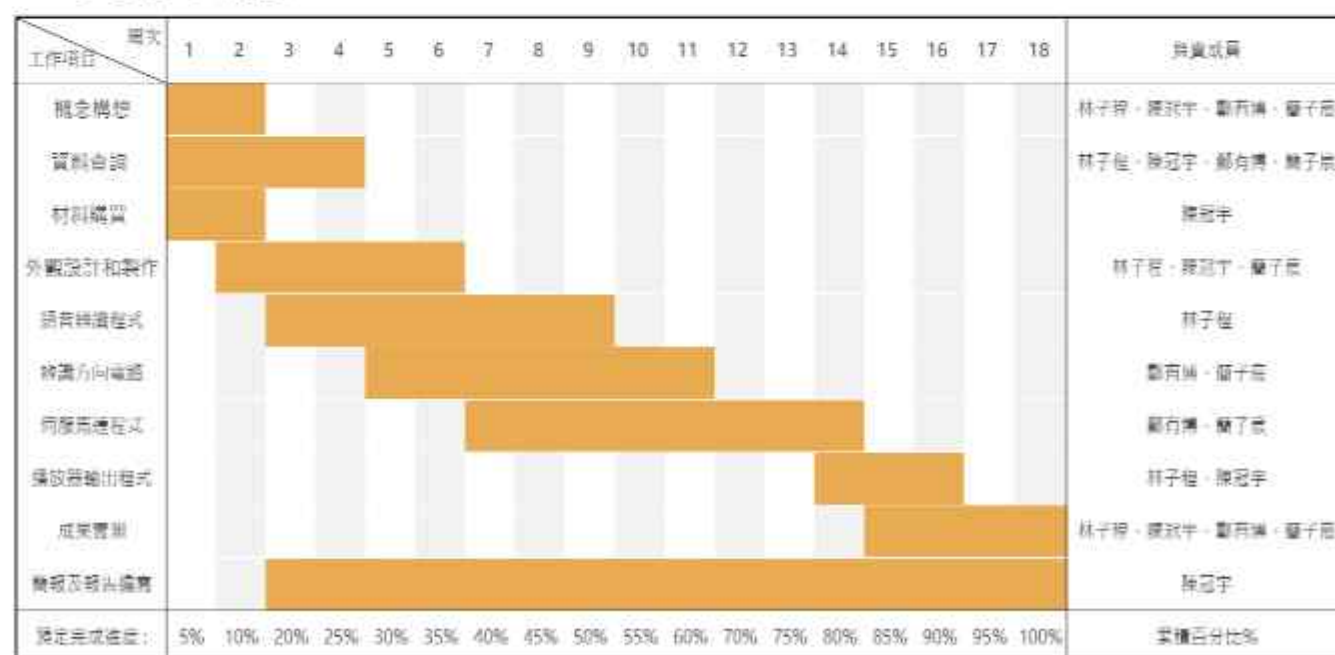
因此我們製作了電子狗。一隻電子狗無需餵食、遛狗、盥洗、沒有生病與吵鬧的困擾，也沒有繁殖的問題，更能與飼主達到良好的互動，更不會造成社會資源的浪費。

1-2 製作目標

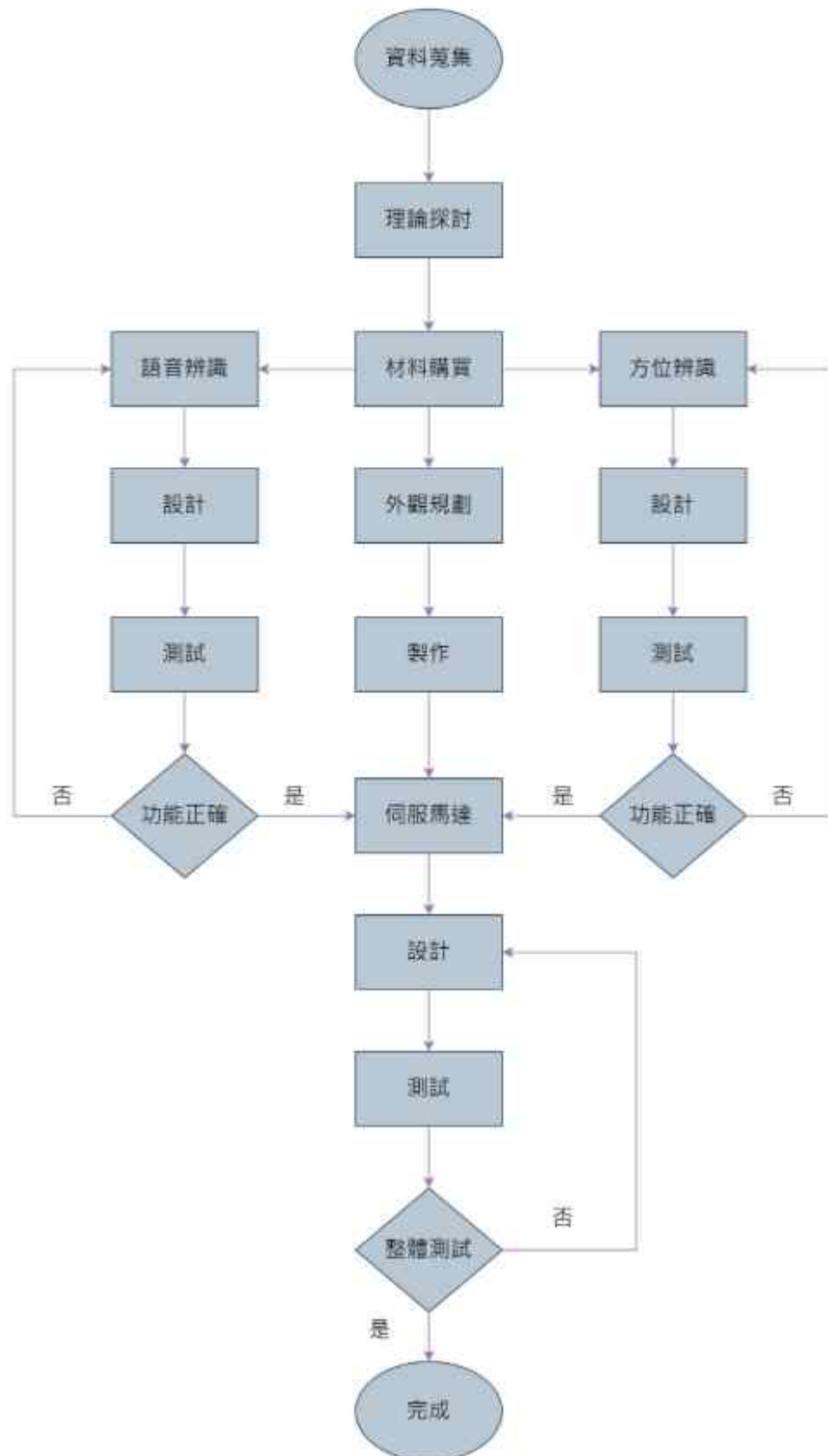
當電子狗接收到特定的指令後，可以根據聲音來源判斷方位移動或判斷發聲者所在的位置，使電子狗做出相對應的動作或聲音來互動。發送特定指令，例如：「過來」、「握手」、「坐下」、「臥下」、「這裡」、「維尼(電子狗之名稱)」。

1-3 研究步驟與進度

1-3-2 甘特圖



1-3-2 流程圖



第二章 理論探討

2-1 軟體

2-1-1 機器學習

機器學習可以細分成四種，分別是監督式學習、非監督式學習、半監督式學習和強化式學習，其介紹如下：

監督式學習：監督式學習演算法會以範例訓練機器，學習模式包含「輸入」和「輸出」資料配對，其中輸出會標示期望值。假如目標是希望機器能辨識雛菊和三色堇的差異，一組二元的輸入資料組會包括一個雛菊影像和一個三色堇影像，這個特定組的期望結果是找出雛菊，因此雛菊會預先標識為正確的結果。透過演算法，系統會逐步彙整所有訓練資料，並開始決定相對相似度、差異和其他邏輯點，直到能自行預測「雛菊或三色堇」問題的答案，這就如同給孩子一組有參考答案的問題，然後要求他們作答並解釋自己的邏輯。監督式學習模式應用於我們每天互動的許多應用程式，例如產品和 Waze 等交通分析應用程式的推薦引擎，用以預測不同時段的最快路線。

非監督式學習：在非督導式學習模式中沒有參考答案，機器會研究輸入的資料，多數是未標記與非結構化的資料，並開始使用所有相關且可存取的資料來識別模式和關聯性。各方面來說，非監督式學習是在模仿人類如何觀察世界。我們運用直覺和經驗將事情分類，而隨著經歷更多體驗，分類和識別的能力會越來越精確；對於機器而言，「經驗」則是輸入和可用的資料量。非監督式學習的常見應用包括臉部辨識、基因序列分析、市場研究和網路安全性。

半監督式學習：在理想情況下，所有資料都會在輸入系統前結構化並標記，但這顯然不太實際，因此當處理大量原始、非結構化的資料時，半監督式學習就成為可行的解決方案。這類模式會輸入少量標籤資料以強化未標籤資料集。基本上，標示的資料可讓系統開始運作，並大幅提升學習速度和準確性。半監督式學習演算法會指示機器分析已標記的資料，找出可套用至未標記資料的相對屬性。

強化式學習：在監督式學習中，機器會獲得參考答案，並透過找出所有正確結果之間的關聯性來學習；強化式學習模式不包含參考答案，而是輸入一系列允許的動作、規則和潛在結束狀態。當演算法的期望目標屬於固定或二元結果時，機器便可依範例學習。但是在期望結果不確定的情況下，系統必須透過經驗和獎勵來學習，在強化學習模式中，「獎勵」是數字，並設計為演算法應收集的目標。

2-2-2 特徵提取

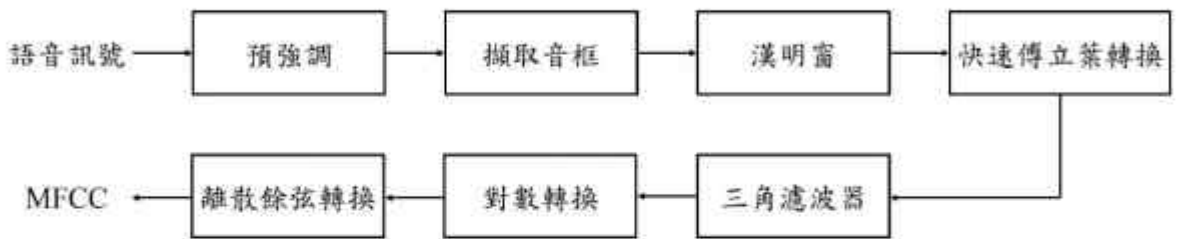
要讓語音訊號能夠輸入到模型中進行訓練，就必須將其轉換成電腦看得懂的數值格式，也就是語音特徵。最常見的語音特徵提取方式為梅爾頻率倒譜係數(Mel-Frequency Cepstral Coefficient, MFCC)，常用於人聲提取。

梅爾頻率倒譜係數能夠考慮到人類聽覺天生對不同頻率有不同的反應，以頻率變化敏感度來說，低頻>高頻，但響度(聽覺上的大小聲)的敏感度卻反過來是高頻>低頻，在均勻分度的梅爾頻率倒譜上，對於的赫茲之間的距離將會越

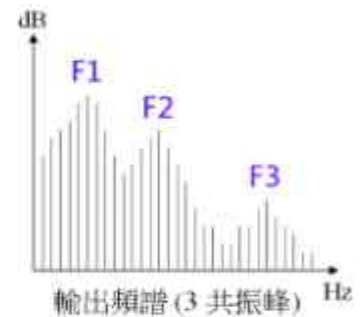
來越大，低頻部分的解析度高，而跟人耳的聽覺特性是相符的，因而常用於語音辨識。

MFCC 通常有以下之過程：

1. 將一段語音信號分解為多個訊框。
2. 將語音信號預強調，通過一個高通濾波器。
3. 進行快速傅立葉轉換，將信號轉換至頻域。
4. 將每個訊框獲得的頻譜通過梅爾濾波器，得到梅爾刻度。
5. 在每個梅爾刻度上提取對數能量。
6. 對上面獲得的結果進行離散餘弦轉換，轉換到倒頻譜域。
7. MFCC 就是倒頻譜圖的幅度。與訊框能量疊加得 13 維的係數。



其中，特徵提取顧名思義，要擷取「特徵」，這個特徵簡單來說即為 MFCC 中所攜帶辨識屬性的共振峰 (Formant)，共振峰為經轉換成頻譜圖後的各個語音的峰值，也就是主要頻率成分，許多不同的共振峰連成的平滑曲線稱為包絡線 (Envelope)，利用每個語音指令的共振峰與包絡線的差異，辨識出相對應之指令。

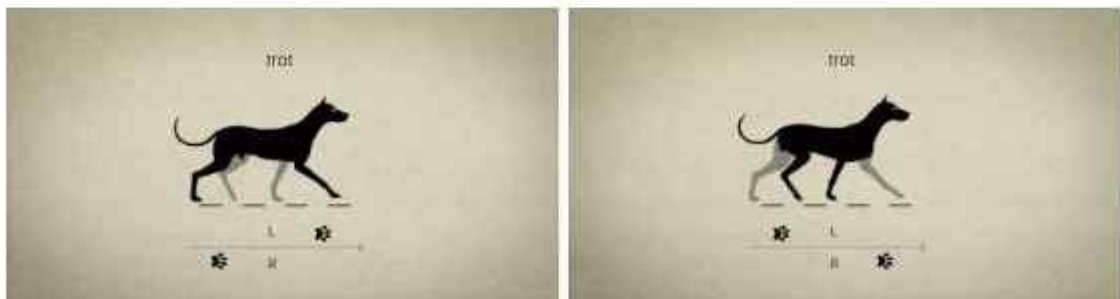


2-2 硬體

2-2-1 狗的運動方式

電子狗的前進模式大致有四種，分別為，Walk: 四隻腳的動作都是獨立；Amble: 同側的前後腳一起移動，且後腳比前腳先離地；Pace: 同側的前後腳一起移動，且後腳和前腳同時離地；Trot: 對側的前後腳一起移動，且每次只有兩隻腳著地。我們採用了 Trot 的模式。

考慮到電子狗的重量以及走路的穩定性，要確保左右側在每個瞬間都會有至少一隻腳來支撐主體而不會傾倒，且電子狗的關節較不靈活，還無法執行過於精密之動作，因此我們採用了 Trot 的運動方式。



3-1 使用元件

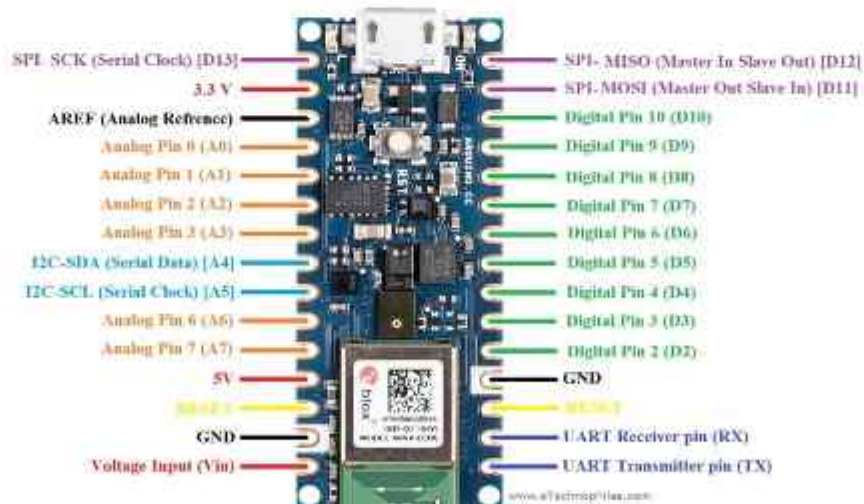
3-1-1 MEGA 2560

採用 USB 介面的核心電路板。具有 54 路數字輸入輸出，適合需要大量 IO 介面的設計。處理器核心是 ATmega2560，同時具有 54 路數字輸入/輸出口，16 路模擬輸入，4 路 UART 介面，一個 16MHz 晶體振盪器，一個 USB 口，一個電源插座，一個 ICSP header 和一個復位按鈕。板上有支援一個主控板的所有資源。可自動選擇 3 中供電方式：外部直流電源透過電源插座供電；電池連線電源聯結器的 GND 和 VIN 引腳；USB 介面直流供電。



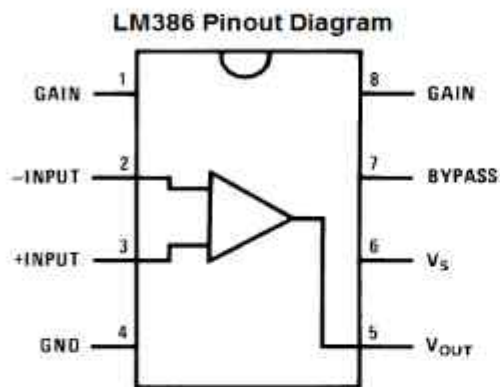
3-1-2 Nano 33 BLE sense

Arduino Nano 33 BLE Sense 是用 3.3V 工作電壓，64MHz 時脈，1MB Flash，256KB SRAM 14 個 DIO(數位輸出)腳[具備 PWM]，8 個 ADC(類比數位轉換器)腳，無 DAC(數位類比轉換器)腳，USB 晶片內建於 MPU 中，內建麥克風、溫溼度感測器、氣壓計、亮度與色彩感測器，9 軸感測器，以及藍芽安全 IoT 連線功能等等。適合各種物聯網專案用。Nano 33 BLE Sense 為 Edge Impulse 正式支援的產品之一，在我們專題中是用來做語音辨識。



3-1-3 LM386 聲音感測模組

LM386 聲音感測模組是採用音頻處理晶片 LM386，工作電壓在 3.3V-5.3V，它可以對音頻信號進行 200 倍放大、類比信號的電壓輸出幅值調整、信號輸出指示，主要用途是用來檢測環境聲音的有無和判斷聲音強度的大小等。我們使用這塊板子來做判斷聲音來源。



3-1-4 PCA9685

CA9685 是採用 I²C 通訊介面的 16 路 PWM 產生器，但 16 路的頻率無法單獨設置，只能調整各路的 duty cycle。PCA9685 包含一個帶有內置時鐘的 I²C 控制 PWM 驅動器，每次設置皆會保持最後一次所設置的參數運作，無需連續發送訊號控制。



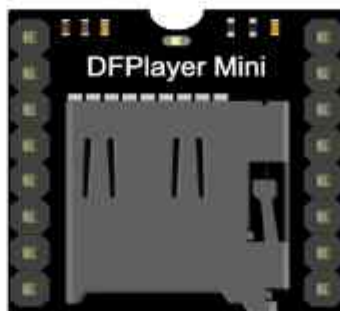
3-1-5 MG996R 伺服馬達

伺服馬達有回饋反授的機制，會將訊號傳回給驅動器；而步進馬達不會回傳訊號，也就是感測器會感測目前馬達旋轉的位置、轉速、狀態等，並將資訊透過放大器回饋至控制器中。MG996R 為 180 度馬達，扭力最大為 13KG，紅色是 5V 電源正極，棕色是共地線，橙色是控制訊號線。我們使用伺服馬達來實現電子寵物的肢體活動。



3-1-6 DFPlayer mini

一款小巧且價格低廉的 MP3 模組，通過簡單的序列埠指令即可完成播放指定的音樂，以及如何播放音樂等功能，無需繁瑣的底層作業，使用簡單方便，穩定可靠，我們選擇它來呈現狗的叫聲。



3-1-7 18650 V8 電池擴充板



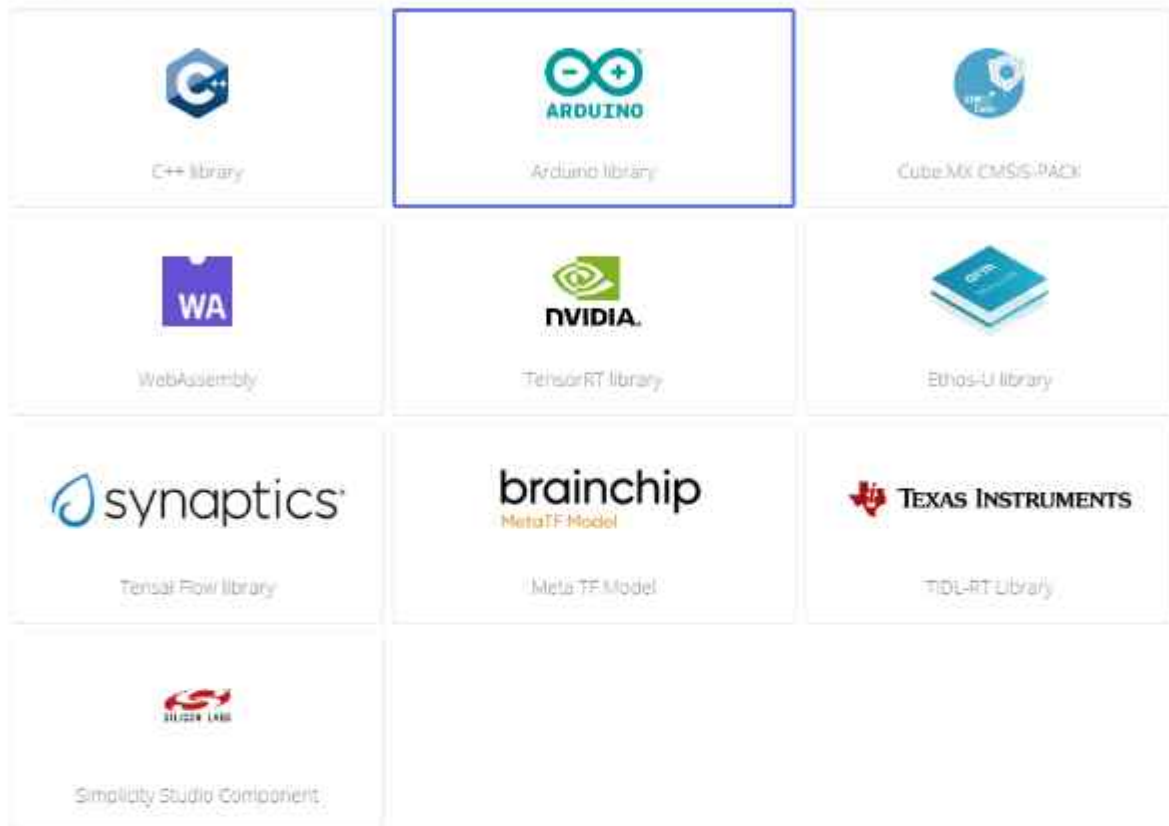
ESP32 鋰電池擴充板是攜帶式移動電源，支援 3V /1A 和 5V/ 2.2A 兩個電壓輸出
5V 電壓輸出的額定電流為 2.2A，最大支持 3A 電流，USB 充電電流 600-800mA。
開關撥到 NORMAL 時，電流輸出低於 30ma，約 10 秒鐘後會自動停止，轉換成待機模式。撥動到 HOLD 的時候，無論什麼情況，會一直處於開啟狀態，直到電池沒電。

機

最後生成 Arduino 的程式

Create library

Turn your impulse into optimized source code that you can run on any device:



Arduino Nano 33 ble sense 程式碼

```
for(int j = 2; j < 8; j++)
{
    if(result.classification[j].value > 0.07)
        bReset = true;
}
if(bReset == true)
{
    digitalWrite(ledPin1, LOW);
    digitalWrite(ledPin2, LOW);
    digitalWrite(ledPin3, LOW);
    digitalWrite(ledPin4, LOW);
    digitalWrite(ledPin5, LOW);
    digitalWrite(ledPin6, LOW);
}

int i=0;

if(result.classification[2].value>0.07)
{
    i=2
}
}
```

```

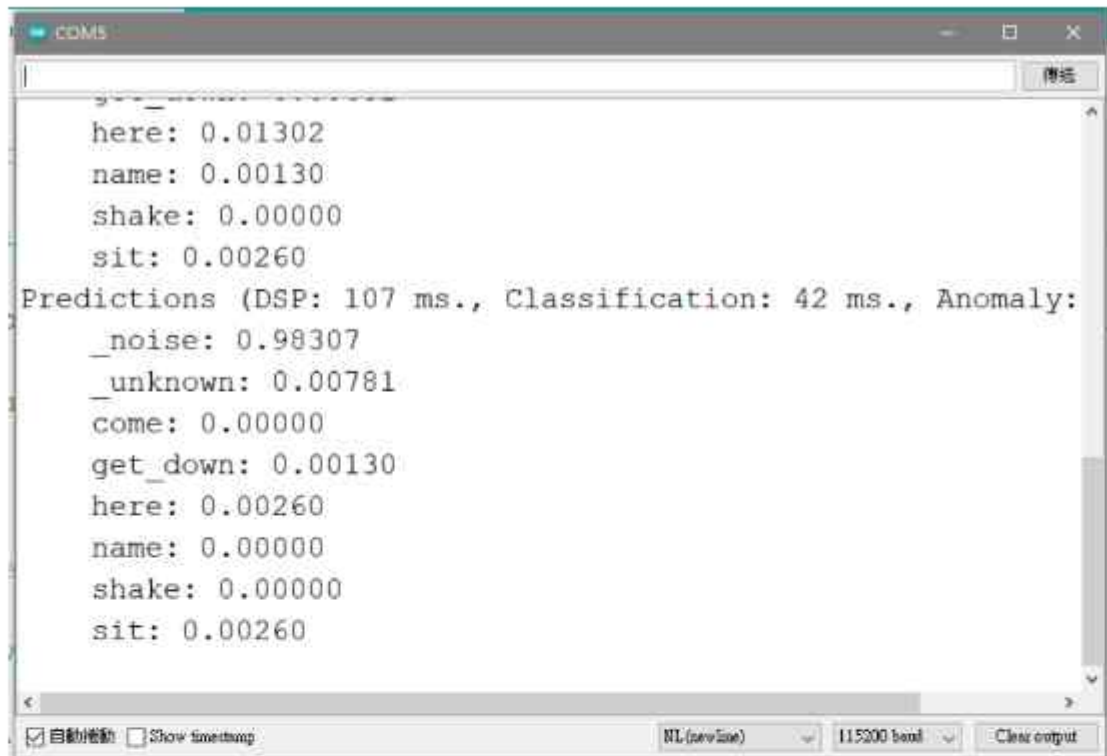
if(result.classification[3].value>0.07)
{
    if(result.classification[3].value>result.classification[i].value)
        i=3;
}
if(result.classification[4].value>0.07)
{
    if(result.classification[4].value>result.classification[i].value)
        i=4;
}
if(result.classification[5].value>0.07)
{
    if(result.classification[5].value>result.classification[i].value)
        i=5;
}
if(result.classification[6].value>0.07)
{
    if(result.classification[6].value>result.classification[i].value)
        i=6;
}
if(result.classification[7].value>0.07)
{
    if(result.classification[7].value>result.classification[i].value)
        i=7;
}

if (i=2) digitalWrite(ledPin1,HIGH); //come
if (i=3) digitalWrite(ledPin2,HIGH); //get_down
if (i=4) digitalWrite(ledPin3,HIGH); //here
if (i=5) digitalWrite(ledPin4,HIGH); //name
if (i=6) digitalWrite(ledPin5,HIGH); //shake
if (i=7) digitalWrite(ledPin6,HIGH); //sit

if (++print_results >= (EI_CLASSIFIER_SLICES_PER_MODEL_WINDOW)) {
    // print the predictions
    ei_printf("Predictions ");
    ei_printf("(DSP: %d ms., Classification: %d ms., Anomaly: %d ms.)",
        result.timing.dsp, result.timing.classification, result.timing.anomaly);
    ei_printf(": \n");
    for (size_t ix = 0; ix < EI_CLASSIFIER_LABEL_COUNT; ix++) {
        ei_printf(" %s: %.5f\n", result.classification[ix].label,
            result.classification[ix].value);
    }
}
#endif EI_CLASSIFIER_HAS_ANOMALY == 1

```

Arduino Nano 33 ble sense 程式執行結果



The screenshot shows a terminal window titled 'COMS' with the following output:

```
here: 0.01302
name: 0.00130
shake: 0.00000
sit: 0.00260
Predictions (DSP: 107 ms., Classification: 42 ms., Anomaly:
_noise: 0.98307
_unknown: 0.00781
come: 0.00000
get_down: 0.00130
here: 0.00260
name: 0.00000
shake: 0.00000
sit: 0.00260
```

At the bottom of the window, there are controls: a checked box for '自動換動', an unchecked box for 'Show timestamp', a dropdown menu for 'NL (new line)', a dropdown menu for '115200 baud', and a 'Clear output' button.

3-2-2 馬達運轉程式

```
int pulseWidth(int angle)
{
    int pulse_wide, analog_value;
    pulse_wide = map(angle, 0, 180, MIN_PULSE_WIDTH, MAX_PULSE_WIDTH);
    analog_value = int(float(pulse_wide) / 1000000 * FREQUENCY + 4096);
    Serial.println(analog_value);
    return analog_value;
}
```

轉換脈衝寬度


```

pwm.setPWM( 0,0 ,pulseWidth(135) );
delay(200);
pwm.setPWM( 0,0 ,pulseWidth(90) );
delay(200);
pwm.setPWM( 0,0 ,pulseWidth(45) );
delay(200);
pwm.setPWM( 0,0 ,pulseWidth(90) );
delay(200);
|
pwm.setPWM( 2,0 ,pulseWidth(135) );
delay(200);
pwm.setPWM( 2,0 ,pulseWidth(90) );
delay(200);
pwm.setPWM( 2,0 ,pulseWidth(45) );
delay(200);
pwm.setPWM( 2,0 ,pulseWidth(90) );
delay(200);

```

setPWM(channel, on, off)

channel：連接伺服馬達的通道值，即 PCA9685 上接伺服馬達排針的編號

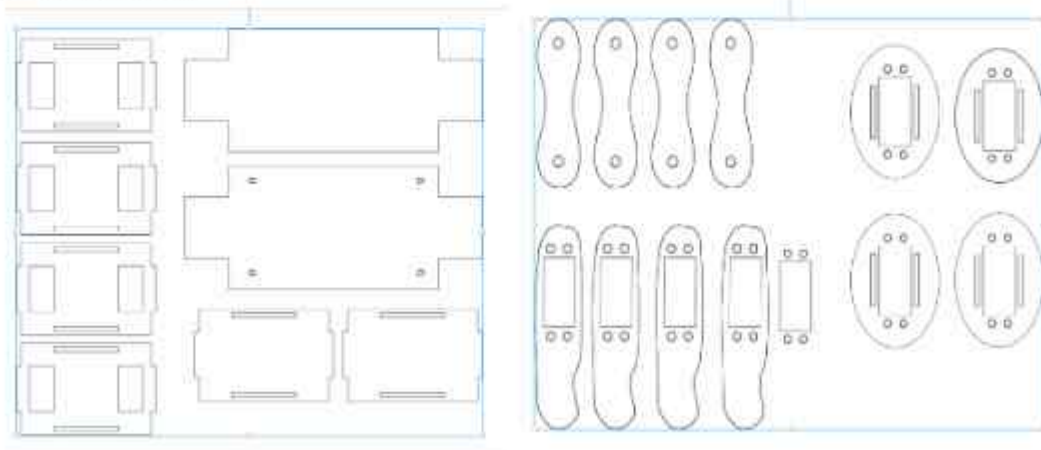
on(起始點)：信號從低到高轉變時的標記（介於 0..4095 之間）

off(終止點)：信號從高電平轉換為低電平的標記（介於 0..4095 之間）

3-3 硬體架構

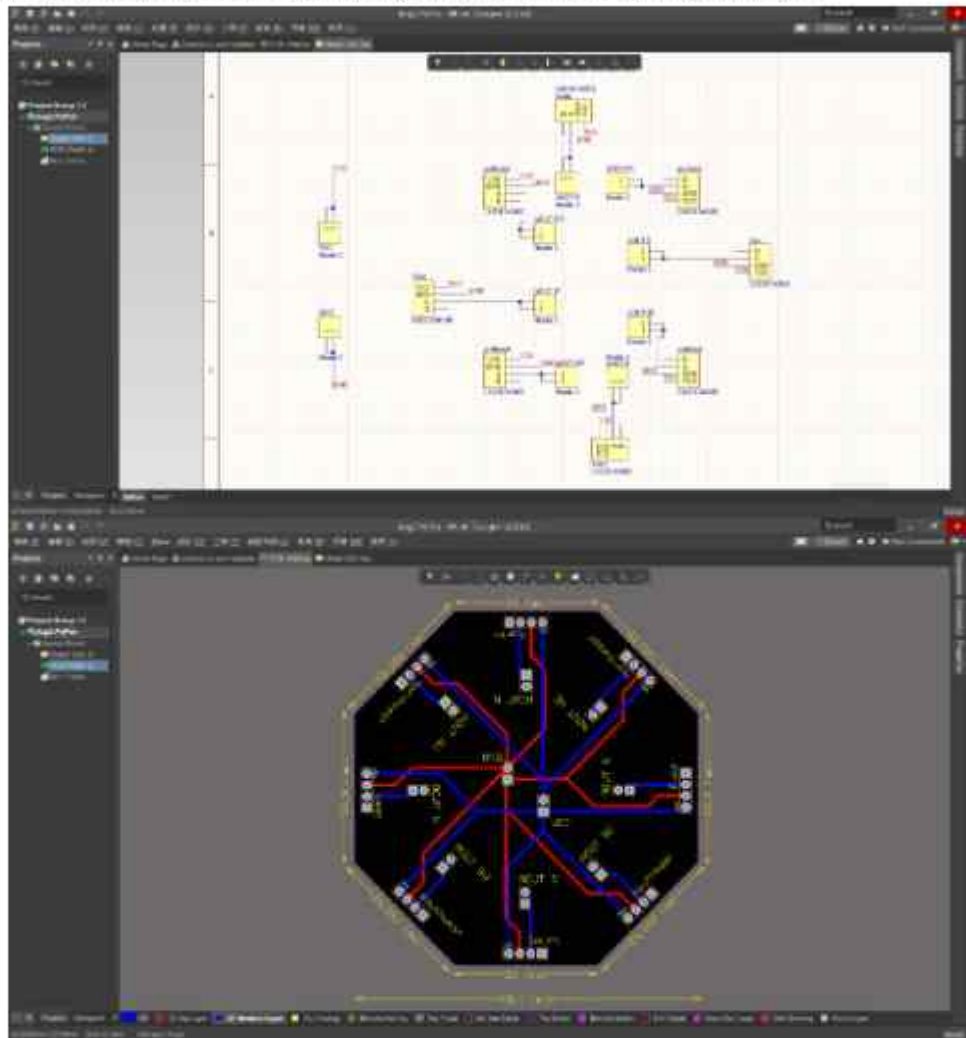
3-3-1 電子狗主體

利用 Laserbox 在厚度為 3mm 的壓克力板上切出各部件之輪廓，並依靠卡榫與壓克力膠組合起來。



3-3-2 方位辨識電路板

由 ALTIUM DESIGNER 製作，設計八個方位各放一顆 LM386 模組朝外，且把 Vcc 及 GND 拉出來分別共接，此電路板將安裝至電子狗主體的中央。



3-4 外觀架構

利用學校內的雷射切割設備製作電子狗的外觀

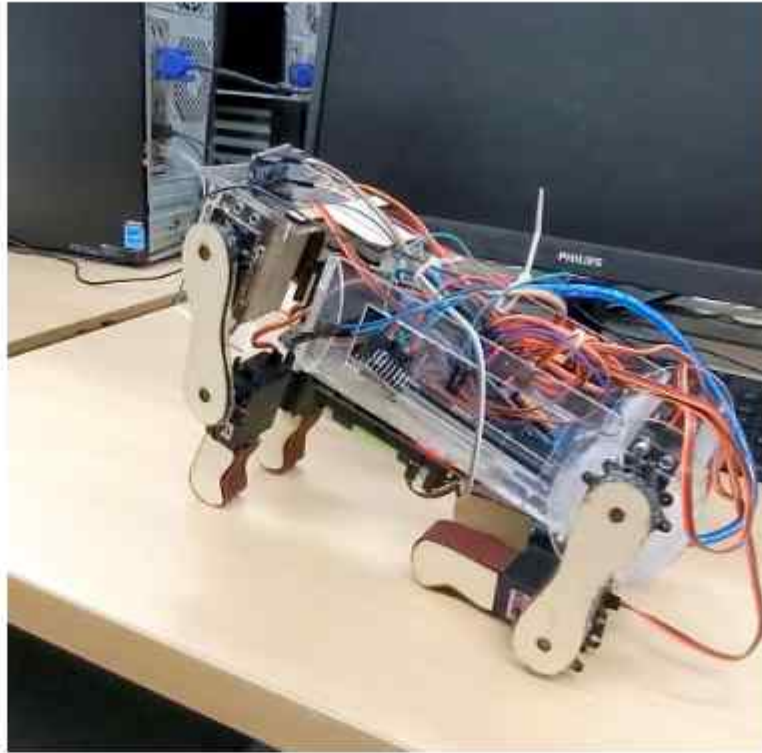


將所有電路及馬達安裝在電子狗身上

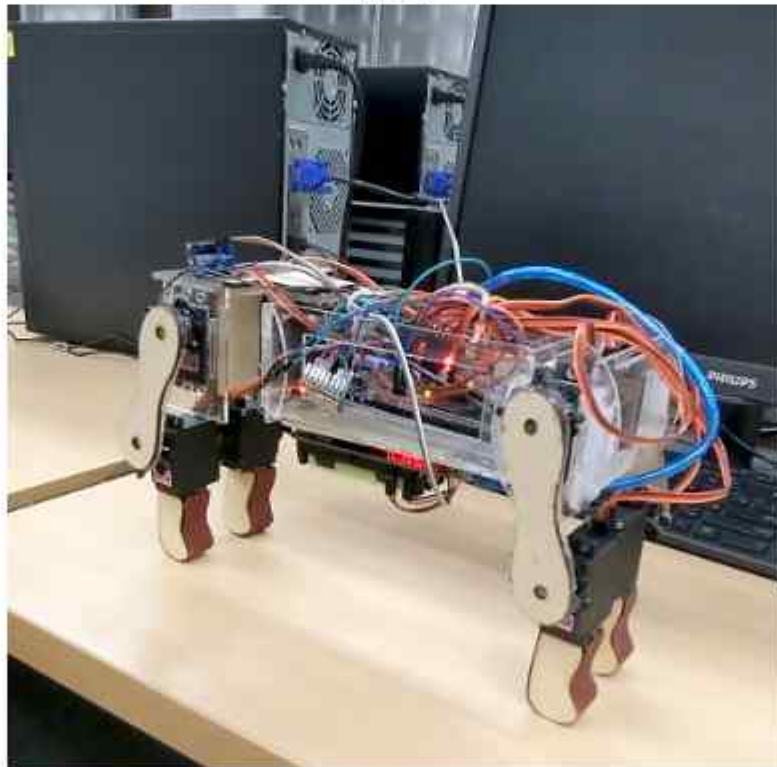
第四章 專題成果 12

4-1 聲音辨識

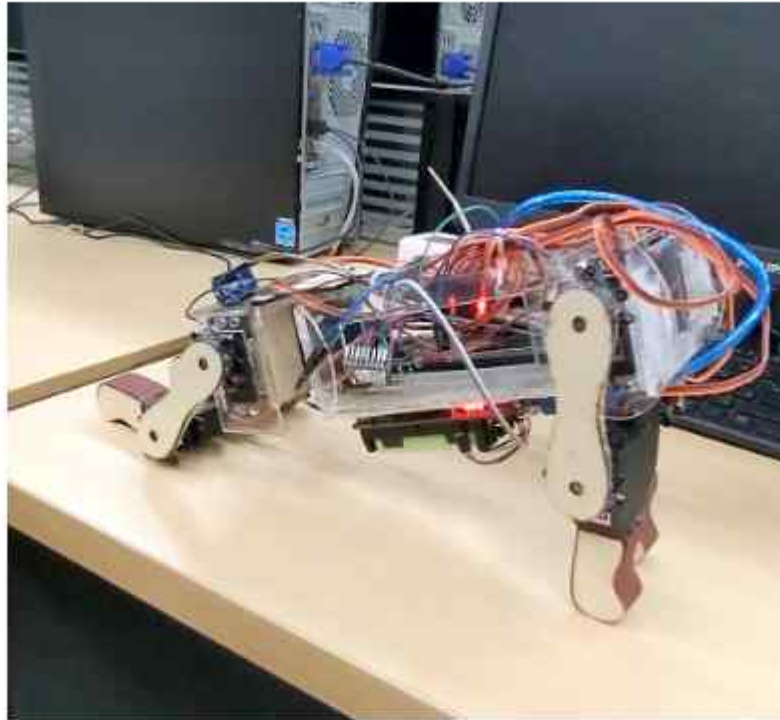
坐下



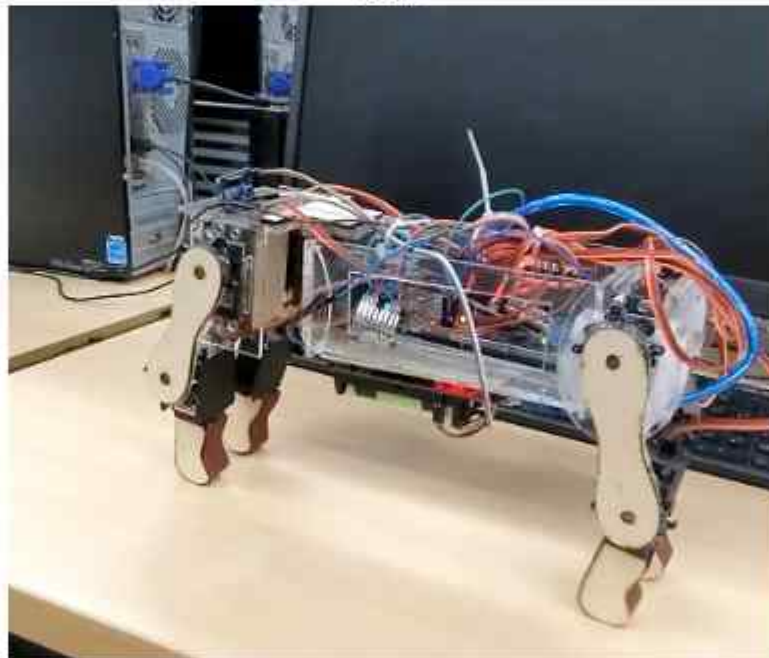
維尼



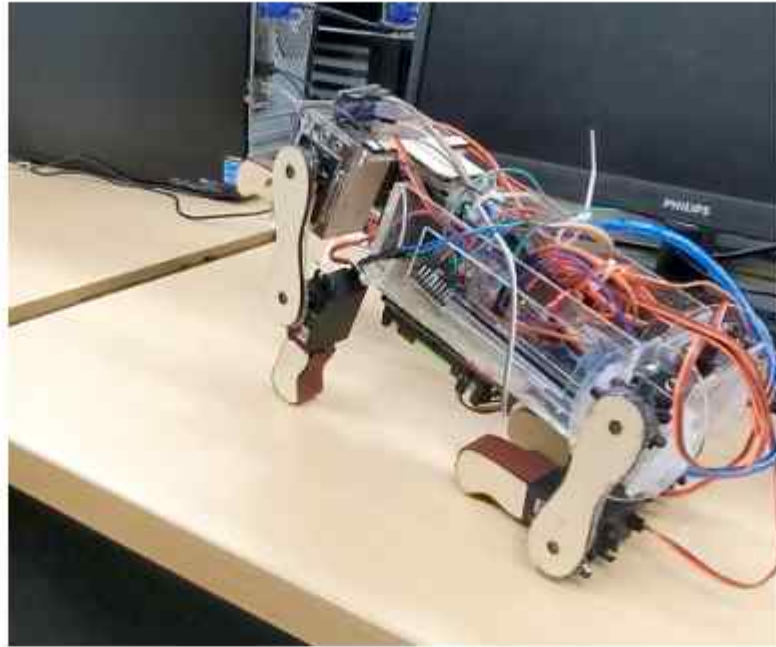
趴下



過來



握手



4-2 方位辨識

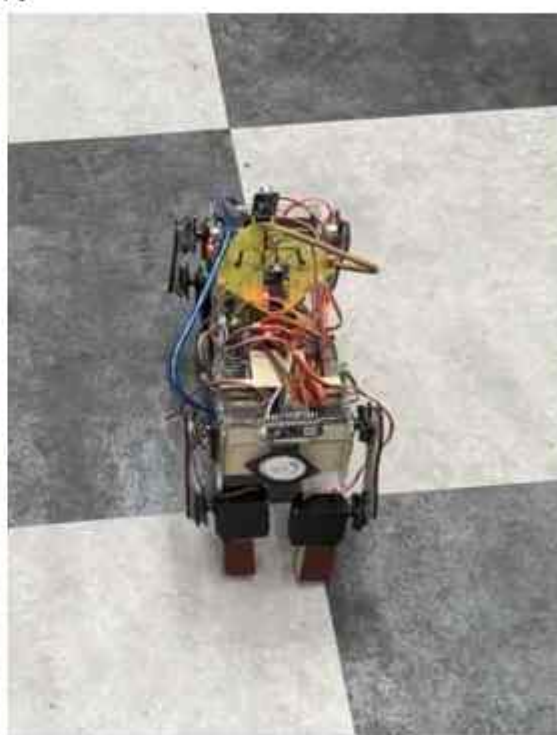
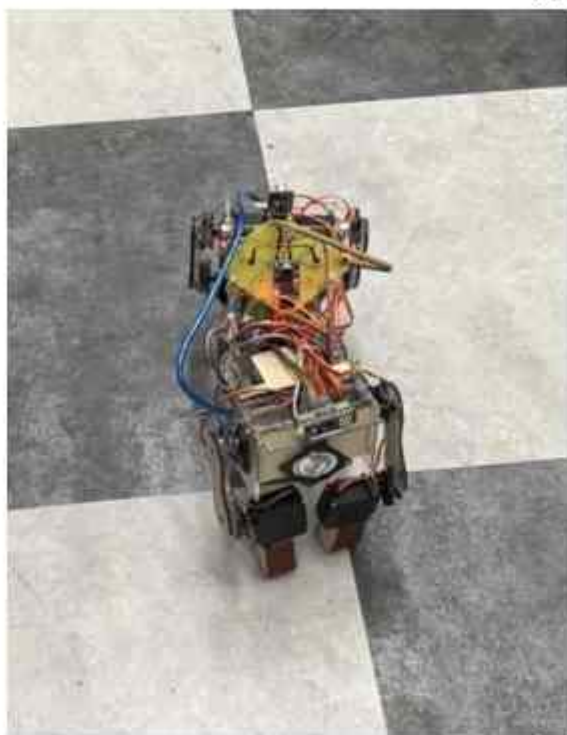
4-2-1 程式碼

```
else if (here == HIGH && sensorValue1 > sensorValue2 && sensorValue1 > sensorValue3) {  
    flag = false;  
    walk_right(); //指令這裡(右)  
}  
else if (here == HIGH && sensorValue3 > sensorValue1 && sensorValue3 > sensorValue2) {  
    flag = false;  
    walk_left(); //指令這裡(左)  
}
```

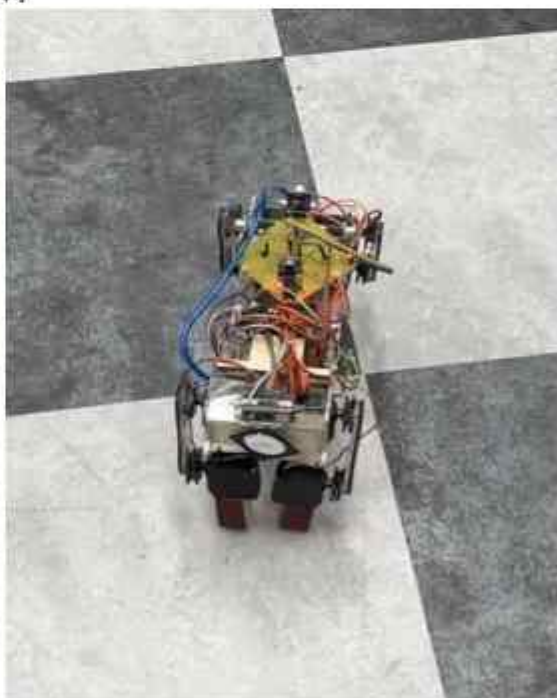
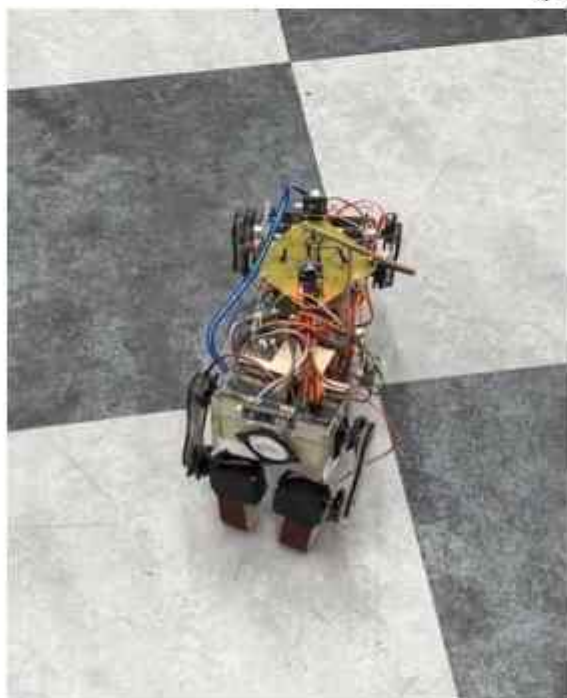
先偵測是否為「這裡」的指令(here == HIGH)，再對於 sensorValue1(右)、sensorValue2(後)、sensorValue3(左)之大小來做出相對應判斷。

4-2-2 實驗

右轉



左轉



第五章 結論和建議

5-1 結論

這次的專題實作我們學到了很多新的東西，像是人工智慧、馬達和感測元件的程式以及如何運作，甚至是如何與團隊合作，這些都是我們無法從書本上學到的，雖然我們的產品並不是百分之百的完美，但是我們至少學到了很多課外的東西，這才是這次專題實作的價值，希望未來能運用到這次學習到的東西。

5-2 未來展望、建議

針對未來的改進方向分成四個部分，第一個是外觀更貼近實體，目前的佈線皆是裸露在外，不太美觀，希望未來能在外部增加一個遮蓋。第二個改變材料，目前使用壓克力和木頭對於整體的堅固性不太足夠，之後可以改以使用碳纖維或鋁合金等材料。第三個新增更多的語音，目前的語音指令只有六個，對於一個機器狗不太足夠，可以再新增更多個指令去操作。第四個改變運動過程使起更流暢，雖然目前我們採用模仿狗真正的運動步伐，但馬達卻無法實現，未來可以改變馬達的程式做到更有效率的運動。第五個改善聲音辨識的靈敏度，目前聲音辨識還不是非常準確，是未來很需要改善的一點。