

國立成功大學
系統及船舶機電工程學系

微電腦控制期末論文

學生：F14081046 周呈陽
指導教授：陳智強
中華民國一一一年一月

目錄

1. Design	P3
2. Materials	P5
3. Approach	P5
4. Difficulty	P6
5. Solution	P6
6. Layout+Code+Principle	P6
7. Detailed(text) illustration	P18

Design:

期中:

在期中的時候一開始選擇使用兩塊 Arduino 板，但發現要讓兩塊 Arduino 板互相通訊有點困難，再加上也沒有比較好用，所以選擇使用一塊 Arduino 板；原先有自己繪製 AutoCAD 的車體圖，但是因為不會使用雷射切割機，最後就去電子材料行買現成的車板；沒使用 HMC5883L 電子羅盤模組主要是因為他的數據很難讀取做使用，再加上自己使用後也不太會操作，所以就放棄掉斷線區的關卡。

期末:

使用兩塊車板讓我有更多的空間去放置電子零件，但同時也增加了車體本身的重量，那接下來我會把車體上的電子零件一一說明位置及其用處。

TCRT5000 紅外線感測器:

我將四個紅外線感測器置放於車體的前方，中間兩個的距離與黑線距離等距，而旁邊兩個則以經過直角彎時，能碰到黑線的角度去校正，原先有加上燈泡避免紅外線讀值有偏差的問題，但後來選擇不加的原因，是因為環境的光線其實不太影響紅外線感測器的讀值，反而是紅外線感測器與地面的距離，才是影響主因。

TT 馬達:

一開始選用黃色的 TT 馬達，但在經過使用後發現黃色的馬達在操控上的靈敏度很低，最後使用了藍色的 TT 馬達，因為藍色馬達是全金屬製成，所以在靈敏度上，比塑膠製的黃色馬達來的好很多

Arduino 板:

我將 Arduino 板放置於車體的最上層，主要是因為方便接線和連接電腦進行上傳程式，也方便檢查 Arduino 板是否有異狀。

L298N 馬達板:

將馬達板放置於車體下層，因為馬達板的接線比較固定，不用常常去調整，所以將他放置在比較難更換位置的车板下層。

18650 電池盒:

將電池盒置放於車體的最上層，也是為了方便拆裝電池，同時將電池盒置放在車體的後方，為了增加車體後方的重量避免車體的重心往前。

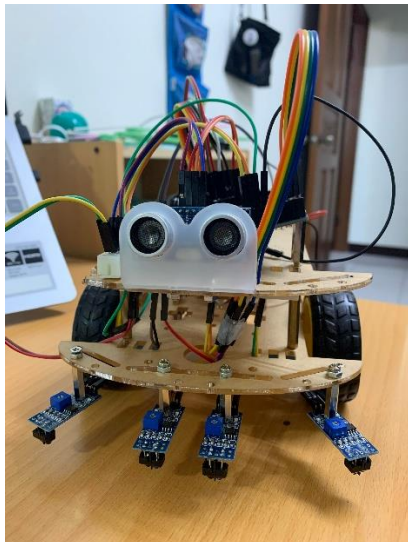
HCSR-04 超音波感測器:

在車體前方與後方各放置一個超音波感測器，以用來進行測距。

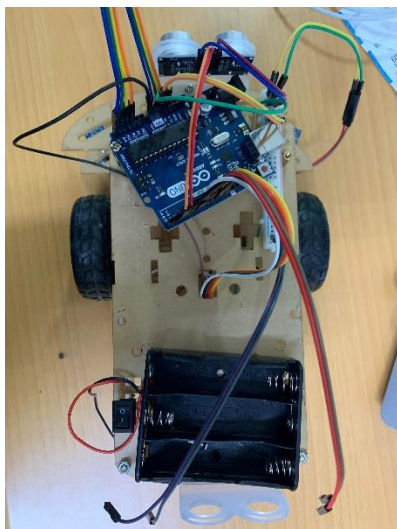
結論:

在設計車體時，配重也是很重要的一部份，一開始我的電子零件都往前塞，導致車體傾斜，也會使後方萬象輪的擺幅過大，進而影響車體的方向；我也量避免使用杜邦線和麵包板，因為杜邦線的良率過低，常常會有線壞掉，但感測器沒問題的情況發生，所以除了接地和共電壓以外，一律直接從感測器拉線到 **Arduino** 板上頭，也同樣為了避免麵包板壞掉，但感測器沒問題的情況發生，以下是自走車的三視圖，後方的 **HCSR-04** 因歸還給老師，故照片中不會有後方的 **HCSR-04**。

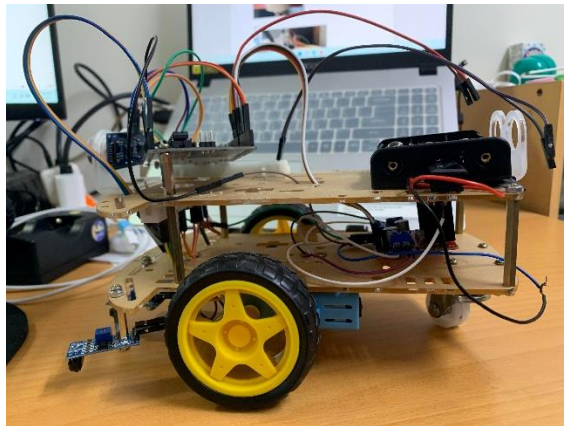
圖一、前視圖:



圖二、上視圖:



圖三、側視圖：



Materials:

1. Arduino uno R3 Rev3 開發板
2. L298N 馬達驅動模組
3. TT 馬達
4. 18650 電池&電池盒
5. TCRT5000 主動式紅外線感測模組

TCRT5000 紅外線得到黑色反射數值約為 600 以上，白色約為 100 以下，故我將黑線的界值設為 150，讓車子進行循跡判斷。

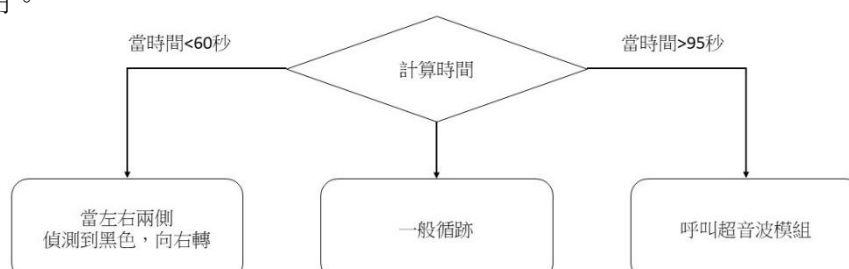
6. HC-SR04 超音波感測模組

HC-SR04 模組會自動發送 8 個 40KHZ 的方波，自動檢測是否有信號返回，如果有信號返回隨即輸出高電位，高電為持續的時間就是超聲波從發射到返回的時間，距離 = (高電位 X 聲速 (340m/s)) / 2

7. 麵包板&排線
8. 萬象輪&輪子

Approach:

因為後來沒使用兩塊 Arduino 板，所以方法有些小更動但大致上是一樣的，這次的測驗我選擇了第一和第五關，而我是透過「計算時間」的方式，去進行不同關卡的處理方式，所以我的流程圖會以循跡、第一關、第五關作為主要的說明。



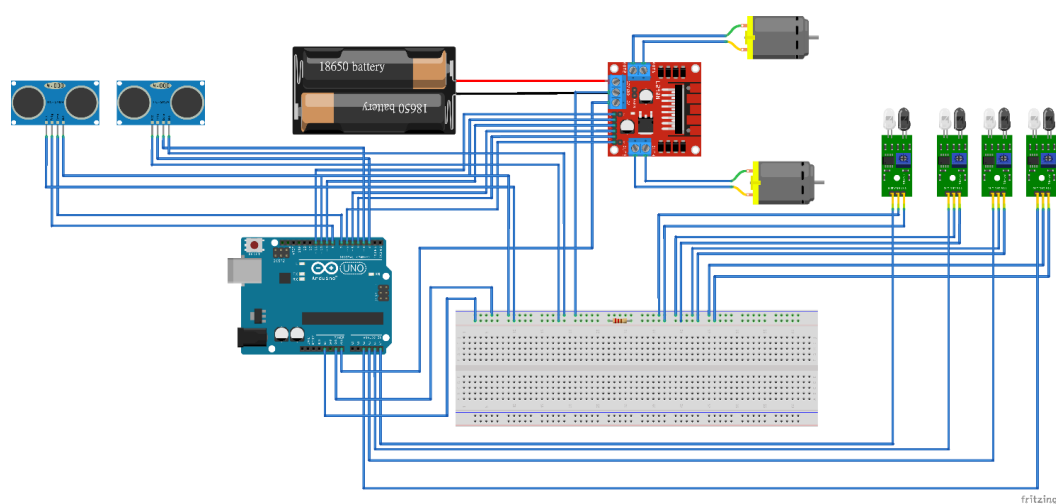
Difficulty:

我遇到比較大的困難有硬體和關卡的問題，硬體方面，其一為超音波的使用，在加入超音波前，都可以正常循跡也跑得很穩定，一旦加入超音波模組，雖然總共只延遲了 15 微秒，但整台車瞬間變得很卡，而且每個人狀況也都不同，就只有我與另一位女同學會這樣子；另一個問題是紅外線的讀值時常不穩定，在期中報告前我以為光線會影響讀值最大，然而在實測後發現，早晚的光線影響其實還好，反而是感測器與地面的距離我需要時常去做校正；黃色的 TT 馬達，由於是塑膠製所以在調整上會很卡，後來換上金屬製的藍色 TT 馬達，就順很多了。而在關卡方面，交叉路段我試了很多次，發現很吃一開始進去的角度，我是想用當左邊 3 個紅外線碰到黑線時，衝刺便能進入交叉路段，再用右邊 3 個紅外線碰到黑線時，脫離交叉路段，但再試過之後發現角度不對就會爆衝，離開原本的行徑路線；虛線區也很吃一開始的角度，多數人虛線區都是透過循跡去過的，但我也發現一旦轉彎的幅度太大会離開虛線區，轉彎的幅度太小，又有可能會一直直走；而斷線區更是個難題，因為我不是使用 p 控制，所以直線不會走得很直，再加上我不太會使用電子羅盤模組，所以只好放棄斷線區。

Solution:

超音波的問題後來透過計算時間去解決，因為我只有最後一關會使用到超音波，所以我設計當時間大於 95 秒時，在呼叫超音波模組，雖然最後的直線會走得很不穩，但影響沒有一直開著超音波來的大；紅外線讀值的問題，一開始因為我將紅外線感測器先透過麵包板在連到 Arduino 板上，發現數值很常跑掉，後來我直接從紅外線感測器接線到 Arduino 上數值就穩定許多了。

Layout:



Source Code:

```
(1) unsigned long time;
(2) int go_str = 75;
(3) int go_turn = 70;
(4) int go_noturn = 70;
(5) int backk = 20;
(6) int black=150;
(7) int wait_turn = 30;
(8) int wait_lilturn = 25;
(9) int wait_str = 35;
(10) int wait_stop = 30;
(11) int n=0;
(12) int cm_f,duration_b, cm_b,duration_f;
(13) void setup() {
(14) Serial.begin(9600);
(15) pinMode(11,OUTPUT);
(16) pinMode(10,OUTPUT);
(17) pinMode(9,OUTPUT);
(18) pinMode(6,OUTPUT);
(19) pinMode(5,OUTPUT);
(20) pinMode(4,OUTPUT);
(21) pinMode(A5,INPUT);
(22) pinMode(A4,INPUT);
(23) pinMode(A3,INPUT);
(24) pinMode(A2,INPUT);
(25) pinMode(2, OUTPUT);
(26) pinMode(3, INPUT);
(27) pinMode(8, OUTPUT);
(28) pinMode(7, INPUT);
(29) }
(30) void go_straight(){
(31)     analogWrite(11,go_str+5);
(32)     analogWrite(6,go_str);
(33)     digitalWrite(10,0);
(34)     digitalWrite(9,1);
(35)     digitalWrite(5,0);
(36)     digitalWrite(4,1);
```

```

(37) }
(38) void go_right(){
(39)     analogWrite(11,go_noturn);
(40)     analogWrite(6,go_turn+5);
(41)     digitalWrite(10,1);
(42)     digitalWrite(9,0);
(43)     digitalWrite(5,0);
(44)     digitalWrite(4,1);
(45) }
(46) void go_left(){
(47)     analogWrite(11,go_turn);
(48)     analogWrite(6,go_noturn);
(49)     go_noturn;
(50)     digitalWrite(10,0);
(51)     digitalWrite(9,1);
(52)     digitalWrite(5,1);
(53)     digitalWrite(4,0);
(54) }
(55) void go_stop(){
(56)     analogWrite(11,0);
(57)     analogWrite(6,0);
(58)     digitalWrite(10,0);
(59)     digitalWrite(9,1);
(60)     digitalWrite(5,0);
(61)     digitalWrite(4,1);
(62) }
(63) void go_back(){
(64)     analogWrite(11,backk);
(65)     analogWrite(6,backk);
(66)     digitalWrite(10,1);
(67)     digitalWrite(9,0);
(68)     digitalWrite(5,1);
(69)     digitalWrite(4,0);
(70) }
(71) void front(){
(72)     digitalWrite(2, LOW);
(73)     delayMicroseconds(5);
(74)     digitalWrite(2, HIGH);

```



```

(75)    delayMicroseconds(5);
(76)    digitalWrite(2, LOW);
(77)    duration_f = pulseIn(3, HIGH);
(78)    cm_f = (duration_f/2) / 29.1;
(79) }
(80) void loop() {
(81)    time=millis();
(82)    int side_r    =analogRead(A2);
(83)    int middle_r =analogRead(A3);
(84)    int side_l    =analogRead(A5);
(85)    if ((time/1000)>95){
(86)        front();
(87)    }
(88)    if(side_r>black and side_l>black and (time/1000)<60){
(89)        go_straight();
(90)        delay(50);
(91)        go_right();
(92)        delay(200);
(93)        go_stop();
(94)        delay(wait_stop);
(95)    }
(96)    else if(cm_f<50 and cm_f>40 and middle_l<black and middle_r<black and
        side_l<black and side_r<black ){
(97)        while(1){
(98)            go_stop();
(99)            delay(50);
(100)                int middle_r=analogRead(A3);
(101)                int middle_l=analogRead(A4);
(102)                analogWrite(11,110);
(103)                analogWrite(6,110);
(104)                digitalWrite(10,1);
(105)                digitalWrite(9,0);
(106)                digitalWrite(5,0);
(107)                digitalWrite(4,1);
(108)                delay(15);
(109)                go_stop();
(110)                delay(50);
(111)                if(middle_l>black and middle_r>black){

```

```

(112)         go_stop();
(113)         delay(100);
(114)         break;
(115)     }
(116) }
(117) while(1){
(118)     n=4;
(119)     digitalWrite(8, LOW)
(120)     delayMicroseconds(5);
(121)     digitalWrite(8, HIGH);
(122)     delayMicroseconds(5);
(123)     digitalWrite(8, LOW);
(124)     duration_b = pulseIn(7, HIGH);
(125)     cm_b = (duration_b/2) / 29.1;
(126)     analogWrite(11,95);
(127)     analogWrite(6,90);
(128)     digitalWrite(10,1);
(129)     digitalWrite(9,0);
(130)     digitalWrite(5,1);
(131)     digitalWrite(4,0);
(132)     delay(100);
(133)     if(cm_b>0 and cm_b<20){
(134)         go_stop();
(135)         delay(1000);
(136)         break;
(137)     }
(138) }
(139) }
(140) else if (cm_b>0 and cm_b<25 and n==4){
(141)     go_stop();
(142)     delay(500);
(143)     exit(0);
(144) }
(145) else if(side_r<black and middle_r>black and middle_l<black and
side_l<black){
(146)     go_right();
(147)     delay(wait_lilturn);
(148)     go_stop();

```

```

(149)         delay(wait_stop);
(150)     }
(151)     else if (side_r<black and middle_r<black and middle_l>black and
        side_l<black){
(152)         go_left();
(153)         delay(wait_lilturn);
(154)         go_stop();
(155)         delay(10);
(156)     }
(157)     else if(side_r>black and middle_r>black and middle_l<black and
        side_l<black){
(158)         go_right();
(159)         delay(wait_turn);
(160)         go_stop();
(161)         delay(wait_stop);
(162)     }
(163)     else if(side_r<black and middle_r<black and middle_l>black and
        side_l>black){
(164)         go_left();
(165)         delay(wait_turn);
(166)         go_stop();
(167)         delay(wait_stop);
(168)     }
(169)     else if(side_r>black and middle_r>black and middle_l>black and
        side_l<black){
(170)         go_right();
(171)         delay(wait_turn);
(172)         go_stop();
(173)         delay(wait_stop);
(174)     }
(175)     else if(side_r<black and middle_r>black and middle_l>black and
        side_l>black){
(176)         go_left();
(177)         delay(wait_turn);
(178)         go_stop();
(179)         delay(wait_stop);
(180)     }
(181)     else if(side_r>black and middle_r<black and middle_l<black and

```

```

        side_l<black){
(182)            go_right();
(183)            delay(wait_turn);
(184)            go_stop();
(185)            delay(wait_stop);
(186)        }
(187)        else if(side_r<black and middle_r<black and middle_l<black and
        side_l>black){
(188)            go_left();
(189)            delay(wait_turn);
(190)            go_stop();
(191)            delay(wait_stop);
(192)        }
(193)        else{
(194)            go_straight();
(195)            delay(wait_str);
(196)            go_back();
(197)            delay(wait_stop);
(198)        }
(199)    }

```

Principle:

- (1) 輸入時間函式
- (2) 設定 go_str 為整數代表直走的 PWN 為 75
- (3) 設定 go_trun 為整數代表轉彎的 PWN 為 70
- (4) 設定 go_notrun 為整數代表不轉彎的 PWN 為 70
- (5) 設定 backk 為整數代表反轉的 PWN 為 20
- (6) 設定 black 為整數代表黑色的讀數為 150
- (7) 設定 wait_turn 為整數代表直角轉彎的延遲為 30 毫秒
- (8) 設定 wait_lilturn 為整數代表普通轉彎的延遲為 25 毫秒
- (9) 設定 wait_str 為整數代表直走的延遲為 25 毫秒
- (10) 設定 wait_stop 為整數代表停止的延遲為 25 毫秒
- (11) 設定 n 為整數 0
- (12) 設定 cm_f,duration_b, cm_b,duration_f 為整數
- (13) 開始 setup 設定
- (14) 設定鮑率 9600
- (15) 右側馬達速度控制腳位 11

- (16) 右側馬達輸出腳位 10
- (17) 右側馬達輸出腳位 9
- (18) 左側馬達速度控制腳位 6
- (19) 左側馬達速度控制腳位 5
- (20) 左側馬達速度控制腳位 4
- (21) 紅外線感測器輸入腳位 A5
- (22) 紅外線感測器輸入腳位 A4
- (23) 紅外線感測器輸入腳位 A3
- (24) 紅外線感測器輸入腳位 A2
- (25) 超音波感測器 trig 腳位 2
- (26) 超音波感測器 ehco 腳位 3
- (27) 超音波感測器 trig 腳位 8
- (28) 超音波感測器 echo 腳位 7
- (29) 結束 setup 設定
- (30) 開始 go_straight 函式設定
- (31) 設定右側馬達腳位 11 的 PWN 為 go_str+5
- (32) 設定左側馬達腳位 6 的 PWN 為 go_str+5
- (33) 設定右側馬達腳位 10 為低電壓
- (34) 設定右側馬達腳位 9 為高電壓
- (35) 設定左側馬達腳位 5 為低電壓
- (36) 設定左側馬達腳位 4 為高電壓
- (37) 結束 go_straight 函式設定
- (38) 開始 go_right 函式設定
- (39) 設定右側馬達腳位 11 的 PWN 為 go_noturn
- (40) 設定左側馬達腳位 6 的 PWN 為 go_turn+5
- (41) 設定右側馬達腳位 10 為高電壓
- (42) 設定右側馬達腳位 9 為低電壓
- (43) 設定左側馬達腳位 5 為低電壓
- (44) 設定左側馬達腳位 4 為高電壓
- (45) 結束 go_right 函式設定
- (46) 開始 go_left 函式設定
- (47) 設定右側馬達腳位 11 的 PWN 為 go_turn
- (48) 設定左側馬達腳位 6 的 PWN 為 go_noturn
- (49) 設定右側馬達腳位 10 為低電壓
- (50) 設定右側馬達腳位 9 為高電壓
- (51) 設定左側馬達腳位 5 為高電壓
- (52) 設定左側馬達腳位 4 為低電壓
- (53) 結束 go_left 函式設定

- (54) 開始 go_stop 函式設定
- (55) 設定右側馬達腳位 11 的 PWN 為 0
- (56) 設定左側馬達腳位 6 的 PWN 為 0
- (57) 設定右側馬達腳位 10 為低電壓
- (58) 設定右側馬達腳位 9 為高電壓
- (59) 設定左側馬達腳位 5 為低電壓
- (60) 設定左側馬達腳位 4 為高電壓
- (61) 結束 go_stop 函式設定
- (62) 開始 go_back 函式設定
- (63) 設定右側馬達腳位 11 的 PWN 為 backk
- (64) 設定左側馬達腳位 6 的 PWN 為 backk
- (65) 設定右側馬達腳位 10 為高電壓
- (66) 設定右側馬達腳位 9 為低電壓
- (67) 設定左側馬達腳位 5 為低電壓
- (68) 設定左側馬達腳位 4 為高電壓
- (69) 結束 go_back 函式設定
- (70) 開始 front 函式設定
- (71) trig 腳位 2 輸出低電壓
- (72) 延遲 5 微秒
- (73) 給 Trig 高電位，持續 5 微秒
- (74) 延遲 5 微秒
- (75) trig 腳位 2 輸出低電壓
- (76) echo 腳位 3 收到高電位時的時間
- (77) 將時間換算成距離 cm
- (78) 結束 front 函式設定
- (79) 開始 loop 設定
- (80) 宣告變數 time 回傳從開機到現在的毫秒數
- (81) 宣告變數 side_r 為 A2 類比訊號輸入
- (82) 宣告變數 middle_r 為 A3 類比訊號輸入
- (83) 宣告變數 middle_l 為 A4 類比訊號輸入
- (84) 宣告變數 side_l 為 A5 類比訊號輸入
- (85) 開始 if 迴圈，條件當時間大於 95 秒
- (86) 呼叫 front 函式
- (87) 結束 if 迴圈
- (88) 開始 if 迴圈，條件為 side_r 和 side_l 的讀值大於 black 和時間小於 60 秒
- (89) 呼叫 go_straight 函式
- (90) 延遲 50 毫秒
- (91) 呼叫 go_right 函式

- (92) 延遲 200 微秒
- (93) 呼叫 go_stop 函式
- (94) 延遲 wait_stop 微數
- (95) 結束 if 迴圈
- (96) 開始 else if 迴圈，條件為前方超音波距離小於 50 公分和大於 40 公分和 middle_r 和 middle_l 的讀值大於 black 和 side_r 和 side_l 的讀值小於 black
- (97) 呼叫 while 迴圈
- (98) 呼叫 go_stop 函式
- (99) 延遲 50 微秒
- (100) 宣告變數 middle_r 為 A3 類比訊號輸入
- (101) 宣告變數 middle_l 為 A4 類比訊號輸入
- (102) 設定右側馬達腳位 11 的 PWN 為 110
- (103) 設定左側馬達腳位 6 的 PWN 為 110
- (104) 設定右側馬達腳位 10 為高電壓
- (105) 設定右側馬達腳位 9 為低電壓
- (106) 設定左側馬達腳位 5 為低電壓
- (107) 設定左側馬達腳位 4 為高電壓
- (108) 延遲 15 毫秒
- (109) 呼叫 go_stop 函式
- (110) 延遲 50 毫秒
- (111) 開始 if 迴圈，條件為 middle_l 和 middle_r 的讀值大於 black
- (112) 呼叫 go_stop 函式
- (113) 延遲 100 毫秒
- (114) 跳出 while 迴圈
- (115) 結束 if 迴圈
- (116) 結束 while 迴圈
- (117) 開始 while 迴圈
- (118) 宣告整數 n 等於 4
- (119) trig 腳位 8 輸出低電壓
- (120) 延遲 5 微秒
- (121) 給 trig 腳位 8 高電位，持續 5 微秒
- (122) 延遲 5 微秒
- (123) trig 腳位 8 輸出低電壓
- (124) echo 腳位 7 收到高電位時的時間
- (125) 將時間換算成距離 cm
- (126) 設定右側馬達腳位 11 的 PWN 為 95
- (127) 設定左側馬達腳位 6 的 PWN 為 110
- (128) 設定右側馬達腳位 10 為高電壓

(129) 設定右側馬達腳位 9 為低電壓
 (130) 設定左側馬達腳位 5 為高電壓
 (131) 設定左側馬達腳位 4 為低電壓
 (132) 延遲 100 毫秒
 (133) 開始 if 迴圈，條件為後方超音波距離小於 20 公分和大於 0 公分
 (134) 呼叫 go_stop 函式
 (135) 延遲 1000 毫秒
 (136) 跳出 while 迴圈
 (137) 結束 if 迴圈
 (138) 結束 while 迴圈
 (139) 結束 else if 迴圈
 (140) 開始 else if 迴圈，條件為後方超音波距離小於 25 公分和大於 0 公分和
 n 等於 4
 (141) 呼叫 go_stop 函式
 (142) 延遲 500 毫秒
 (143) 停止 void_loop()
 (144) 結束 else if 迴圈
 (145) 開始 else if 迴圈，條件為 side_r 和 side_l 讀值小於 black 和 middle_r 和
 middle_l 讀值小於 black
 (146) 呼叫 go_right 函式
 (147) 延遲 wait_lilturn 毫秒
 (148) 呼叫 go_stop 函式
 (149) 延遲 wait_stop 毫秒
 (150) 結束 else if 迴圈
 (151) 開始 else if 迴圈，條件為 side_r 和 middle_r 和 side_l 讀值小於 black 和
 middle_l 讀值小於 black
 (152) 呼叫 go_left 函式
 (153) 延遲 wait_lilturn 毫秒
 (154) 呼叫 go_stop 函式
 (155) 延遲 wait_stop 毫秒
 (156) 結束 else if 迴圈
 (157) 開始 else if 迴圈，條件為 side_r 和 middle_r 讀值大於 black 和 middle_l
 和 side_l 讀值小於 black
 (158) 呼叫 go_right 函式
 (159) 延遲 wait_lilturn 毫秒
 (160) 呼叫 go_stop 函式
 (161) 延遲 wait_stop 毫秒
 (162) 結束 else if 迴圈

(163) 開始 else if 迴圈，條件為 side_r 和 middle_r 小於 black 和 middle_l 和 side_l 大於 black

(164) 呼叫 go_left 函式

(165) 延遲 wait_lilturn 毫秒

(166) 呼叫 go_stop 函式

(167) 延遲 wait_stop 毫秒

(168) 結束 else if 迴圈

(169) 開始 else if 迴圈，條件為 side_r 和 middle_r 和 middle_l 大於 black 和 side_l 小於 black

(170) 呼叫 go_right 函式

(171) 延遲 wait_lilturn 毫秒

(172) 呼叫 go_stop 函式

(173) 延遲 wait_stop 毫秒

(174) 結束 else if 迴圈

(175) 開始 else if 迴圈，條件為 side_r 小於 black 和 middle_r 和 middle_l 和 side_l 大於 black

(176) 呼叫 go_left 函式

(177) 延遲 wait_lilturn 毫秒

(178) 呼叫 go_stop 函式

(179) 延遲 wait_stop 毫秒

(180) 結束 else if 迴圈

(181) 開始 else if 迴圈，條件為 side_r 大於 black 和 middle_r 和 middle_l 和 side_l 小於 black

(182) 呼叫 go_right 函式

(183) 延遲 wait_lilturn 毫秒

(184) 呼叫 go_stop 函式

(185) 延遲 wait_stop 毫秒

(186) 結束 else if 迴圈

(187) 開始 else if 迴圈，條件為 side_r 和 middle_r 和 middle_l 小於 black 和 side_l 大於 black

(188) 呼叫 go_left 函式

(189) 延遲 wait_lilturn 毫秒

(190) 呼叫 go_stop 函式

(191) 延遲 wait_stop 毫秒

(192) 結束 else if 迴圈

(193) 開始 else 迴圈

(194) 呼叫 go_straight 函式

(195) 延遲 wait_str 毫秒

- (196) 呼叫 go_back 函式
- (197) 延遲 wait_stop 毫秒
- (198) 結束 else 迴圈
- (199) 結束 loop 迴圈

Detailed(text) illustration:

我是透過紅外線的讀值去判定是否為黑線，再去進行轉彎校正，在第一關時，由於在前 60 秒我大概會走到螺旋的中間，這期間除了第一關不會有左右兩側皆為黑線的情況產生，故當左右兩側皆為黑線時右轉，便能通過第一關了。

第五關，由於會使用到超音波，所以我透過計算時間去呼叫超音波，避免影響循跡，當前方超音波測距為 40~50 公分之間，且四個紅外線感測器讀值皆為白色時，進行自轉，當中間兩個讀值為黑色時便停止自轉，倒車直到後方超音波距離小於 20 公分便停止。

當最後做完時，才發現自己一直都沒有買穩壓器，導致在電池不同電量時，我的 PWN 和延遲的秒數都要去做修正，也希望未來自己能多花點時間研究墊子羅盤模組的使用方式，不然斷線區應該是可以輕鬆拿到的分數。

最後也感謝教授和助教們的幫忙，也謝謝同學們互相的扶持鼓勵，雖然測驗只拿了 70 分，但這 70 分是我每天沒日沒夜努力得來的，特別值得。