

# 修平科技大學

## 資訊網路技術系

### 實務專題

#### iPOE A1 自走車

指導老師：張瑞淇 老師

專題組員：白翰霖 (BN103028)

陶亮儒 (BN103026)

張鈞豪 (BN103032)

賴昀志 (BN103019)

中 華 民 國 一 零 七 年 七 月

# 修平科技大學

## 資訊網路技術系

### iPOE A1 自走車

專題組員：白翰霖 (BN103028)

陶亮儒 (BN103026)

張鈞豪 (BN103032)

賴昀志 (BN103019)

指導老師：\_\_\_\_\_老師

評審老師：\_\_\_\_\_老師

\_\_\_\_\_老師

\_\_\_\_\_老師

中華民國 107 年 7 月 31 日

## 摘要

此實務專題的是一項整合電子、電機和程式知識所組合而成的循跡避障自走車。一台完整的自走車包含電源電路、感測電路、軟體程式等三大部分，配合電池、車身、直流馬達...等的硬體以及作為邏輯判斷的程式軟體。

我們專題研究的自走車選擇了勁園國際的 iPOE A1 自走車。iPOE A1 自走車採用 Arduino Mega2560 晶片模組為核心，因為它的硬體架構及周邊設備非常完整、而程式方面指令集功能強大、再加上組裝容易、易擴充硬體設備...等的優勢，正符合我們的需求，且利用必要的程式庫與副程式，使程式能夠在實際上面臨的關卡而做出適當的判斷，並更容易閱讀以及進程式修改的部分。

此專題中自走車的場地的背景是黑色，紅外線感測器偵測白色路徑的反射訊號，經由傳輸至 Arduino 晶片模組，由 Arduino 程式軟體來進行邏輯判斷後，對直流馬達電路下達指令做前進、左轉、右轉、後退...等動作，而我們在車體上增加了超音波避障的功能，在遇到障礙物的路徑上能夠避開障礙物使其車子不會撞到物體。我們還搭配了手機藍芽功能可以對車子行進間的監控，來滿足我們所需要的功能。

關鍵字：Arduino, Mega2560, iPOE A1

# 目錄

<b>第 1 章 緒論</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	1
1.3 研究方法 .....	2
<b>第 2 章 IPOE A1 自走車簡介</b> .....	<b>4</b>
2.1 IPOE A1 特色 .....	4
2.2 IPOE A1 的零件 .....	5
2.3 IPOE A1 的腳位配置 .....	9
<b>第 3 章 ARDUINO 簡介與程式開發</b> .....	<b>11</b>
3.1 ARDUINO 簡介 .....	11
3.2 ARDUINO IDE 開發環境的安裝 .....	13
3.2.1 Arduino IDE 安裝 .....	13
3.2.2 USB 驅動程式安裝 .....	16
3.3 ARDUINO IDE 環境說明 .....	20
<b>第 4 章 IPOE A1 循跡自走車原理</b> .....	<b>26</b>
4.1 直流馬達控制 .....	26

4.2 紅外線循跡感應器 .....	31
4.3 計算紅外線感測板的相對位置 .....	35
4.4 超音波避障 .....	36
<b>第 5 章 專題競賽 .....</b>	<b>39</b>
5.1 愛寶盃 MAKER 智慧機器人競賽 .....	39
5.2 iPOE A1 大專組比賽規則 .....	40
5.3 iPOE A1 競賽程式 .....	42
5.4 專題競賽成果 .....	44
<b>第 6 章 專題製作心得 .....</b>	<b>46</b>
6.1 研究心得 .....	46
6.2 未來改進方向 .....	46
<b>參考文獻 .....</b>	<b>48</b>

## 圖目錄

圖 2-1 IPOE A1 的外觀 .....	5
圖 2-2 POE A1 上部的零件相關零件的在位置 .....	7
圖 2-3 POE A1 底部的零件相關零件的在位置 .....	8
圖 3-1 ARDUINO IDE 的下載網頁 .....	14
圖 3-2 ARDUINO IDE 的執行檔與資料夾 .....	15
圖 3-3 IPOE A1 與 PC 間 USB 連接 .....	16
圖 3-4 用 MINI B USB CABLE 連接 IPOE A1 與 PC .....	17
圖 3-5 選取 IPOE A1 USB 介面驅動程式安裝方式 .....	17
圖 3-6 選取 IPOE A1 USB 介面驅動程式位置 .....	18
圖 3-7 安裝 IPOE A1 USB 介面驅動程式 .....	18
圖 3-8 已經成功安裝 IPOE A1 USB 介面驅動程式 .....	19
圖 3-9 WINDOWS XP(左)與 WINDOWS 7(右)開啟電腦管理的步驟 .....	19
圖 3-10 查看裝置管理員中 IPOE A1 連接埠狀態與埠號 .....	20
圖 3-11 ARDUINO IDE 的偏好設定 .....	21
圖 3-12 ARDUINO IDE 整合環境 .....	22
圖 3-13 ARDUINO IDE 工具列區 .....	23
圖 3-14 輸出視窗區顯示的編譯或下載結果 .....	23

圖 3-15 串列埠監控視窗區的除錯介面 .....	24
圖 3-16 選擇控制板的操作 .....	25
圖 3-17 選擇串列通訊埠的操作 .....	25
圖 4-1 典型 H 橋馬達控制電路的示意圖 .....	27
圖 4-2 TB6612FNG 的外觀與其內部電路方塊圖 .....	28
圖 4-3 IPOE-A1 的循跡感測器安裝配置圖（底視圖） .....	32
圖 4-4 CNB10010 內部結構、外觀與接腳圖 .....	33
圖 4-5 CNB10010 感測電路圖 .....	34
圖 4-6 紅外線反射型光感測器的偵測示意圖 .....	35
圖 4-7 紅外線反射型光感測器的相對位置 .....	36
圖 4-8 超音波感測器測距原理 .....	37
圖 4-9 HC-SR04 超音波感測器時序圖 .....	38
圖 5-1 愛寶盃 MAKER 智慧機器人競賽 IPOE A1 大專組場地 .....	40
圖 5-2 2017 愛寶盃 MAKER 競賽 IPOE A1 大專組比賽照片 .....	45

## 表目錄

表 2.1 iPOE A1 已經配置的零件清單 .....	6
表 2.2 iPOE A1 數位接腳清單 .....	9
表 2.3 iPOE A1 與 LCD 5110 接腳清單 .....	10
表 2.4 iPOE A1 類比接腳清單 .....	10
表 4.1 TB6612FNG 的接腳功能對照表 .....	29
表 4.2 TB6612FNG 的馬達控制方式(以 B 馬達為例).....	30
表 4.3 使用兩條訊號線的馬達控制方式 I.....	31
表 4.4 使用兩條訊號線的馬達控制方式 II.....	31
表 4.5 紅外線感測值影響因素，形成的原因及解決方 .....	32



# 第1章 緒論

## 1.1 研究動機

由於近年來造成轟動的人體機器人，引起了我們的興趣。機器人已經被廣泛的使用於自動控制、醫學、工業、或是各式各樣的交通工具，例如 Google 或是特斯拉的自動駕駛車。當然連科幻電影也出現了各種機器人，我們發現機器人組裝與控制是由機械、電子和問題的處理所組合而成的。由於 Arduino 近幾年迅速成長，不同感應器能達到不同領域的需要，所以打算把機器人和 Arduino 來進行結合。

在現今科技發達、強調人工智慧的社會，許多事物已經人工智慧化的設備代替，無人自走車即為現今人工智慧科技下的產物。而現今工廠在台灣仍佔多數，在倉庫管理也需要一定人力。然而未來人力缺乏、人工成本大幅增加。為節省掉這部分人力成本來換取更高的生產力，利用機器人代替人力來節省人力將是未來的趨勢。

## 1.2 研究目的

研究自走車的目的是為了進入人工智慧產業，得以延續對於工業科技進步的研發與探索，一般民眾一直常誤以為自走車只是一個電腦玩具，事實上自走車是一種特殊用途的電腦系統，如今社會上大力

的提倡人工智慧，所用到的機器幾乎都可以與電腦連成一體。

所謂自走車就是自己設計的機器，因此自走車也可說是一部小型的機器人。常聽到工廠自動化節省人力開銷的新聞報導所以我們就想該如何能使工廠更節省人力，像是無人控制的運輸車或是可以使用無線通訊來進行遠端控制生產線，一個大工廠變成只需要少數人就能控制了，這樣人力就能更節省或是可以把人力移到別的工作上增加競爭力。

無生命的自走車會按照我們的指示去執行擬訂的目標，首先必須讓無人自走車以電路板、馬達、電池和輪軸之間的協定使得它能前進後退甚至轉彎，再加入避障功能在自走車行走的時候可以確保行走路線上不會撞到突如其來的東西，然後也可以再加入藍芽來進行遠端的操作，可以切換成手動和無人駕駛的模式，當一天的工作時間結束後自走車還會回到原本放置的地方，這樣就能確保車子無事和不會亂放置。

### **1.3 研究方法**

無人自走車的研究領域除了國外，國內也有許多單位著手研究更新型或是功能更強大的自走車，自走車越來越多學者的投入研究演變成有許多無人自走車的競賽，比賽項目有使用紅外線、超音波、觸碰...

等的感測器。

一般大眾都認為自走車是用來作競賽的小遊戲，但是經過學者慢慢的研究與改變，而現在用在許多的地方，例如；送貨機器，掃地機器...等，更是有學者把無人自走車的原理應用在現代汽機車身上，或許在不久未來就有只需上車和電腦說要到哪裡，車子就會安穩且自動駕駛開到目的地

但我們想嘗試用類似的方式去感測障礙物，所以我們想從超音波感測這方面著手，將其功能裝載至自走車上，並利用紅外線判斷黑白地面，再利用手機藍芽功能，可做手動或自動的切換，使其功能發展為更強大的無人自走車。

## 第2章 iPOE A1 自走車簡介

iPOE 愛寶設計 (intelligent Public Open Easy) 是勁園國際股份有限公司針對輪型機器人所製作的自走車，取其智能、開源、簡易的特性，讓使用者可以透過開放原始碼的軟硬體平臺 Arduino，學習自走車的控制；A1 屬於競速用車，速度比較快，專門為特定功能所設計的車子，適合學習循跡、競速、避障、線迷宮、平衡車技能，還可搭配手機做成遙控車、寵物車等，當然也可自行改造成更適合比賽的車種；iPOE-A1 採用 Arduino Mega 架構，保留擴展板及眾多控制腳可擴充。以下為 iPOE-A1 輪型機器人的特色介紹、核心說明及規格表。

### 2.1 iPOE A1 特色

iPOE A1 具備基本競賽用的感測與行走能力，可作為競速、循跡、線迷宮、避障，以及平衡車等應用場合。採用 Mega2560 架構，除 iPOE A1 用掉的 I/O 外，仍提供多組擴充腳座及控制腳，外接彈性大。iPOE A1 核心部份具有下列特色：

1. 電路採用 Arduino Mega 2560 Rev3 架構。
2. 微控制器核心採用 ATmega 2560。
3. 有 54 組數位 I/O 端 (其中 14 組可做 PWM)。
4. 16 組類比輸入端。

5. 4 組 UART (硬體串列埠)。
6. 時脈頻率：16 MHz

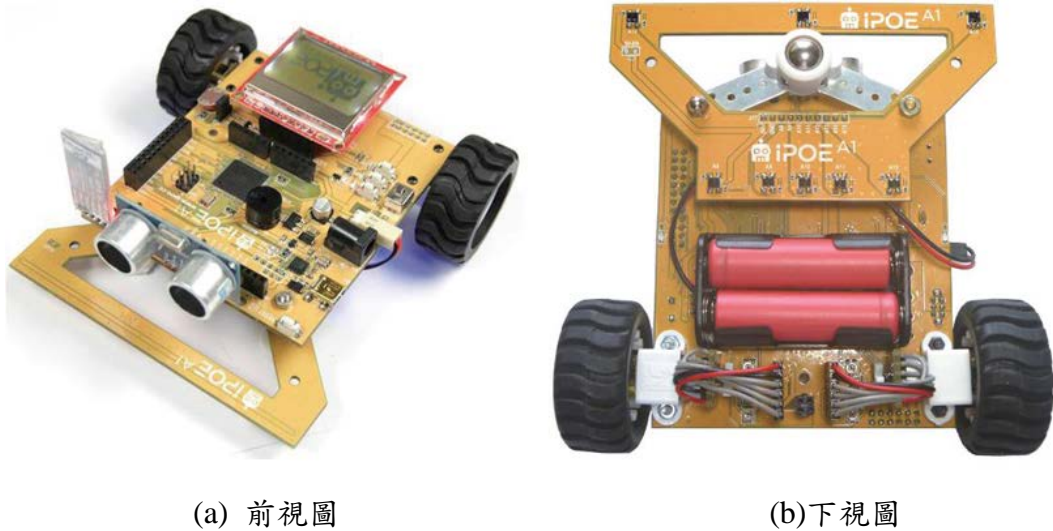


圖 2-1 iPOE A1 的外觀

在擴充功能方面，iPOE A1 具有下列特色：保留 D0~D10 + D13~D15+A0~A5，接至標準 Arduino Uno 板的位置，可接擴展板。另保留 D20、D21 的 I2C 通訊，以及額外的 12 組數位 I/O 腳可用。

## 2.2 iPOE A1 的零件

iPOE A1 置好的設備項目條列如下表 2-1，相關零件的在位置如圖 2-2 與圖 2-3。微控器為 Arduino MEGA2560，配有 Arduino UNO 標準擴充腳座，可擴充許多零件與功能。

表 2.1 iPOE A1 已經配置的零件清單

項目	說明
微控制器	ATmega 2560
紅外線循跡感測器	前 3 後 5，共 8 顆 cnb10010 紅外線光反射型感測器。
超音波測距 HC-SR04	使用電壓：DC5V；靜態電流：小於 2mA；感應角度：大於 15 度；探測距離：2cm~450cm，精準度可達 0.2cm。
紅外線測距	紅外線光反射器，主要供平衡車使用。
馬達編碼器 (含 5 葉光柵遮斷器)	採用 5 葉光柵，減速比 30：1 情況下，300pulse/圈。
藍牙模組 HC-05	藍牙指示燈：快閃沒有連接、慢閃 AT 模式、雙閃已連接，電壓 3.6V~6V 未配對電流約 30mA，配對後電流約 10mA。
CdS (光敏電阻)	測量環境光
N20 微型金屬減速馬達	2 顆，額定 6V，空載轉速 13000RPM，減速比 30：1，空載電流 30mA
輪子	2 個，直徑：42mm 寬：19mm 材質：ABS 塑料+橡膠。
繪圖型 LCD Nokia 5110	84*48 繪圖型點陣液晶 3.3V。
蜂鳴器	3-7V 電磁式無源蜂鳴器。
電池	鋰電池 3.7V×2 顆。
按鈕與 LED	設定與指示燈

iPOE A1 底部的零件功能分別描述如下：

底部有兩排共 8 顆 cnb10010 紅外線光反射型感測器用來偵測行進的軌跡。車尾後的紅線感測器作為接近感測器，用來偵測是否有車輛靠近。馬達編碼器用來偵測馬達的旋轉的轉速與圈數。兩顆 N20 微型馬達用來驅動輪子。N20 馬達上面也有 5 葉光柵的遮斷器與馬達編碼器，用來偵測馬達轉動的圈數與轉速。兩顆 14500 3.7V 鋰電池供應電力給自走車。

iPOE A1 上部的零件功能分別減述如下：

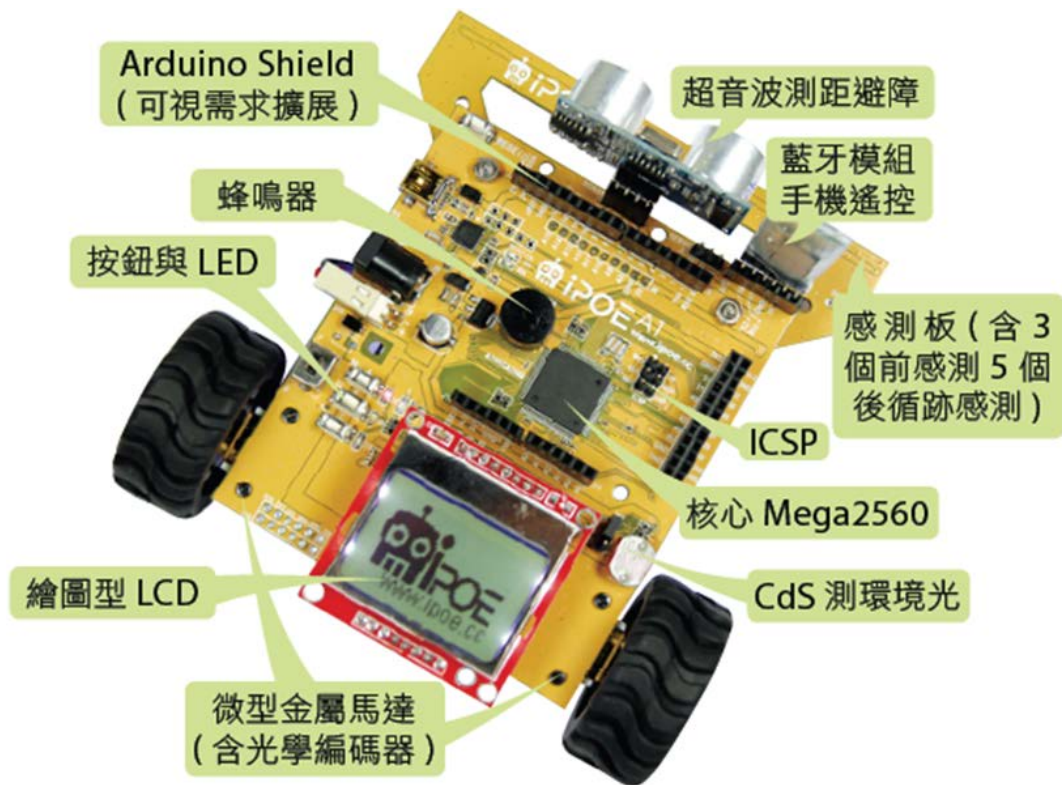


圖 2-2 POE A1 上部的零件相關零件的在位置

超音波測距 HC-SR04 用來偵測前方的障礙物。藍芽模組 HC-05

提供無線介面與 Android 手機的 App 溝通。光敏電阻 Cds 用來偵測環境亮度。繪圖型 LCD Nokia 5110 提供圖形介面，方便使用者操作。蜂鳴器 Buzzer 提供音效，提示使用者重要的訊息。按鈕與 LED 讓使用者輸入資訊與顯示訊息。

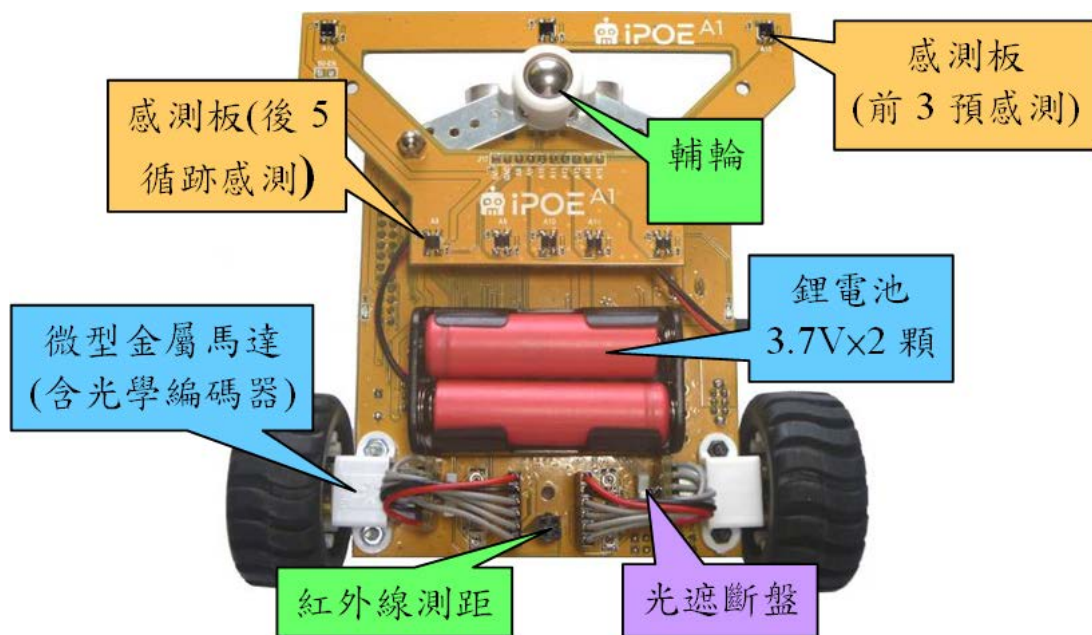


圖 2-3 POE A1 底部的零件相關零件的在位置



## 2.3 iPOE A1 的腳位配置

表 2.2 iPOE A1 數位接腳清單

分類	程式中的腳位名稱	腳位	說明
LED	RED_LED	31	紅色 LED 腳位
	YELLOW_LED	30	黃色 LED 腳位
	GREEN_LED	29	綠色 LED 腳位
	LCD Light	11	LCD 背光控制腳 (PWM)
	Onboard LED	13	onboard 的 LED (PWM)
蜂鳴器	Buzzer	35	蜂鳴器腳位
按鈕	AButton	34	按鈕開關腳位 KEY_A
	BButton	33	按鈕開關腳位 KEY_B
	CButton	32	按鈕開關腳位 KEY_C
伺服機	ServoPin	38	伺服機腳位
超音波測距	Trig_pin	36	觸發接腳
	Echo_pin	37	反射接腳
馬達編碼器 輸出	AphaseLeft	18	編碼器 A 相輸出腳位(leftmotor)
	BphaseLeft	22	編碼器 B 相輸出腳位
	AphaseRight	19	編碼器 A 相輸出腳位(rightmotor)
	BphaseRight	23	編碼器 B 相輸出腳位
馬達控制腳	mleft1	12	左馬達控制腳(PWM)
	mleft2	44	左馬達控制腳(PWM)
	mright1	46	右馬達控制腳(PWM)
	mright2	45	右馬達控制腳(PWM)

表 2.3 iPOE A1 與 LCD 5110 接腳清單

分類	程式中的腳位名稱	腳位	說明
LCD 5110	SCLK	24	Serial Clock
	SDIN	25	Serial Data in
	D/C	25	Data/Command
	RST	27	Reset
	SCE	28	Chip Enable

表 2.4 iPOE A1 類比接腳清單

分類	程式中腳位名稱	說明
前循跡感測器	A15~A13	為類比值讀取的腳位，由左而右為 A15~A13，主要功能是進行叉路口的預感測以及 45 度前進時的校正。
後循跡感測器	A12~A8	為類比值讀取的腳位，由左而右為 A12~A8 共 5 個偵測點，主要作為循跡功能。
紅外線測距	A7	提供紅外線測距，可作為車輛接近感測器。
電池電壓偵測	A6	可透過 J13 的短路 pin 決定要偵測哪一種。
CdS 亮度偵測	A6	

iPOE A1 置好的設備對應至 Arduino Mega2560 的接腳編號與功能如表 2-2、表 2-3 與表 2-4。其中表 2-2 與表 2-3 為數位接腳編號，表 2-4 為類比接腳編號。在寫程式時必須確認接腳的編號，才不會導致程式動作異常。

## 第3章 Arduino 簡介與程式開發

iPOE A1 是基於 Arduino Mega2560 的硬體，所以一定要了解 Arduino 的由來與其程式的開發。Arduino 是義大利 Ivrea 鎮一家高科技設計學校的老師 Massimo Banzi 所發起的設計平臺，設計之初的目的就是希望非電子資訊科系的使用者也能使用，所以將許多 RISC（精簡指令集架構）微處機中較複雜的暫存器設定全都底層化，讓使用者可運用較高層的函式庫，達成簡易控制目的。

### 3.1 Arduino 簡介

Arduino 使用 Atmel AVR 單晶片，採用了基於開放原始碼（source code）的軟硬體平台，此平台不只包含了一塊簡單 I/O 功能的電路板，也使用簡化的 C/C++ 程式語言，提供眾多函式庫，方便開發。比起其它微控制器，Arduino 具有下列的優勢：

1. 價廉物美：比起其他微控制器 Arduino 板是相對便宜的，因為 Arduino 的硬體電路圖在網路上開放下載，使用者可以自行焊接組裝，或是直接購買 Arduino 官方或第三方廠商製作的開發板；而程式開發軟體 Arduino IDE 則可從網路上免費下載使用，將學習與開發的成本降至最低。
2. 跨平台：Arduino 的開發軟體可在不同的作業平台下執行，

包含 Windows，Macintosh OSX 和 Linux。

3. 簡單、清晰的編程環境：Arduino 將單晶片編程的繁瑣細節包起來，也簡化了與微控制器的工作，讓開發流程更加順暢，是一個適合教學與學習的環境。。
4. 開放源碼和可擴展的軟體：Arduino 軟體採用開放原始碼的方式，任何經驗豐富的程式設計師都可從官網下載後，根據自己的需求予以擴展；Arduino 的函式庫由 C++ 撰寫，若想了解技術細節可從中學習。

Arduino 內建 ADC 以及 PWM 方式輸出的 DAC，是個親和性很高的物理訊號處理平臺，透過感測器（sensor）可取得周遭生活中的物理量，包含溫濕度、亮度、聲音、位移變化等，經過 C 語言處理後，以文字、聲、光呈現，非常適合藝術家、設計師、業餘愛好者；且 Arduino 具備標準的串列傳輸介面，很容易與 Microsoft Visual Studio、Flash、Processing、Scratch、Max/MSP 等軟體溝通，也可透過藍牙裝置跟手機互動（App Inventor），快速打造出互動的科技藝術裝置作品。

## 3.2 Arduino IDE 開發環境的安裝

### 3.2.1 Arduino IDE 安裝

「工欲善其事，必先利其器」，學習一套軟體或開發系統，工具是非常重要的，除了方便管理資源、簡化流程外，還可提醒一些邏輯上的錯誤，縮短開發時間與提高效率，而學習 Arduino 就需要登入其官方網站 <http://arduino.cc>，下載 Arduino IDE 軟體 (integrated development environment，整合開發環境)，此軟體具有在一個程式環境下即可完成所有系統開發，而不需切換至其它程式環境的優點。

Arduino IDE 是一個開放原始碼的自由軟體，學習 Arduino 完全不花錢，非常適合學校及創意開發的工程師或設計師，Arduino IDE 的系統安裝方式如下。

#### 一、 下載 IDE 安裝程式

開啟瀏覽器，進入 Arduino 的官方網站 <http://arduino.cc>，並點取 Download，在呈現如圖 3-1 的下載頁面中下載最新版的軟體。至截稿為止，最穩定的版本為 Arduino 1.8.5 版，故請點取 Windows ZIP file 連結後，將檔案下載至 C:\，本說明書以此版本為主。為了不同作業系統的使用者需求，網站中也提供麥金塔 MAC 和 Linux 的跨平台版本。

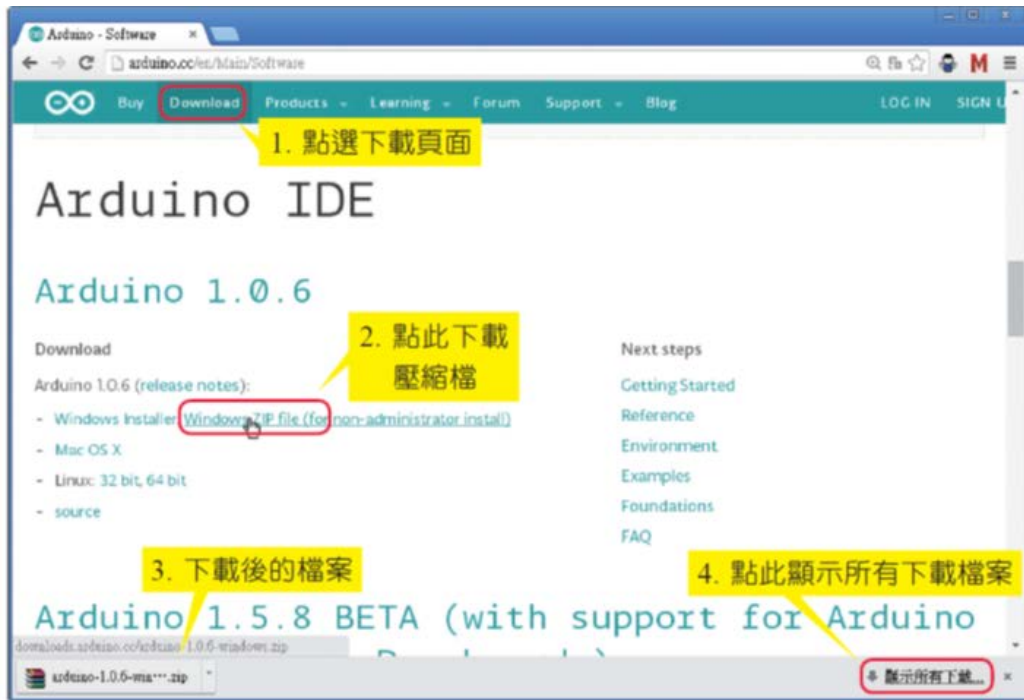


圖 3-1 Arduino IDE 的下載網頁

## 二、安裝 Arduino IDE

1. 將下載後的 `arduino-1.0.6-windows.zip` 壓縮檔，直接解壓縮至想安裝的目錄，例如 C 碟根目錄，因此在 C 碟會新增一個名稱為 `arduino-1.0.6` 的資料夾；由於 Arduino 為綠色軟體，不需安裝即可使用，使用上非常方便，當官方網站有新版時，可直接將之前的資料夾刪除，然後下載新版的壓縮檔，再次解壓至 C 碟根目錄，即完成升級動作。

2. 打開 `C:\arduino-1.0.6` 的 Arduino 資料夾，會呈現如圖 3-4 所示的內容，除 `arduino.exe` 主執行檔、`arduino_debug.exe` 除錯執行檔外，

還包含幾個資料夾：

(1) drivers：Arduino 開發版第一次插上電腦時，需要的USB驅動程式全放在此資料夾中，後續的驅動程式安裝就會到此資料夾。

(2) hardware：此資料夾存放bootloader的原始檔，也可存放第三方廠商的硬體描述檔。

(3) libraries：此資料夾包含了基本的函式庫，也可包含網路上其它玩家或第三方廠商的函式庫，安裝時非常方便，例如下載了一個溫濕度感測器DHT11 的函式庫，只要將DHT11 的函式庫資料夾複製至此libraries 下即安裝完成；若要移除，也只要將DHT11 的資料夾刪除即可。

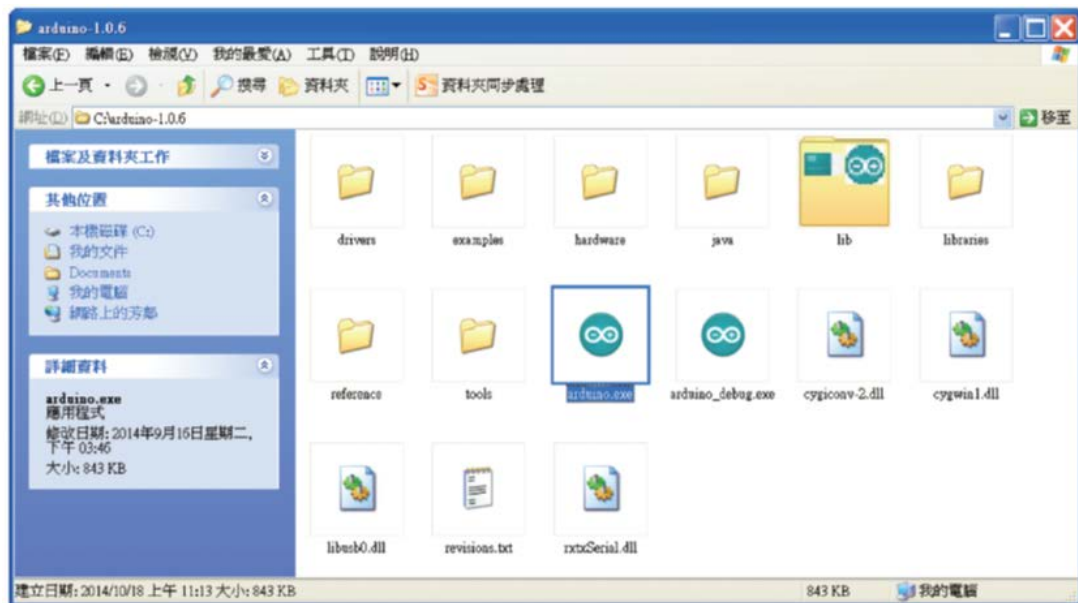


圖 3-2 Arduino IDE 的執行檔與資料夾

3. 安裝後，若想在桌面放捷徑，可在圖 3-4上的執行檔arduino.exe

上按右鍵→傳送到桌面當作捷徑，如此在桌面會出現Arduino Icon時，點二下即可開啟使用。

### 三、 USB連接至電腦

首先請準備好iPOE-A1，還有一條Mini-B 的USB 傳輸線，請將Mini-B 接頭接至iPOE-A1 的USB 接頭，另一邊Type A USB 接頭接至電腦端，如圖 3-3所示。



圖 3-3 iPOE A1 與 PC 間 USB 連接

### 3.2.2 USB 驅動程式安裝

首先請接妥準備好的USB傳輸線與iPOE-A1，如圖 3-3所示。插好後系統會在第一次安裝時出現找到新硬體的畫面，如圖 3-4所示，請依圖上的步驟操作，點選從清單或特定位置安裝。當出現圖 3-5時，自行勾選搜尋時包括這個位置的資料夾，然後點選瀏覽，找尋C:\arduino-1.0.6\drivers的位置，接著下一步。

待系統找到硬體後會出現如圖 3-6所示的硬體安裝警示，請按繼續，



接著出現圖 3-7左側的畫面後，按完成即可。最後系統會在作業系統的右下方呈現圖 3-7右側找到新硬體的提醒。

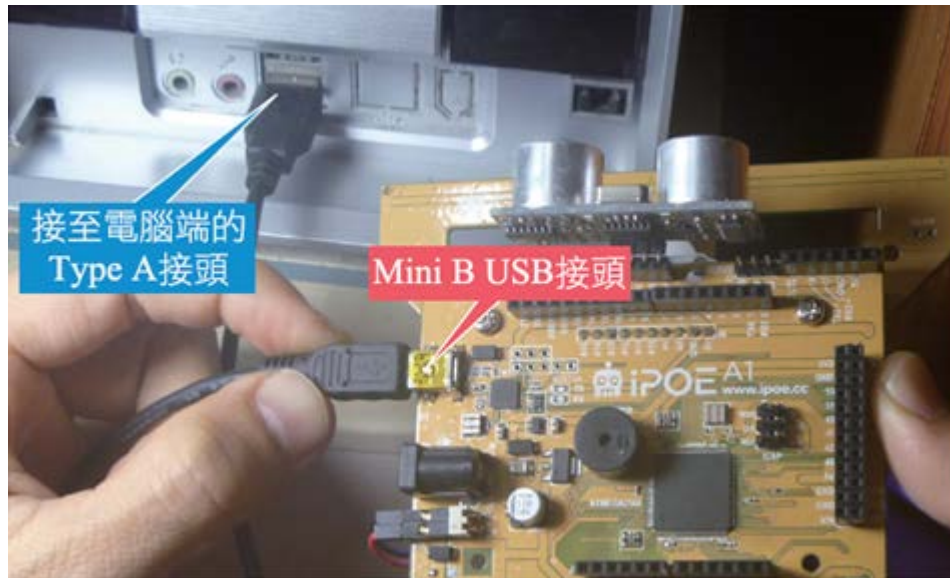


圖 3-4 用 Mini B USB Cable 連接 iPOE A1 與 PC

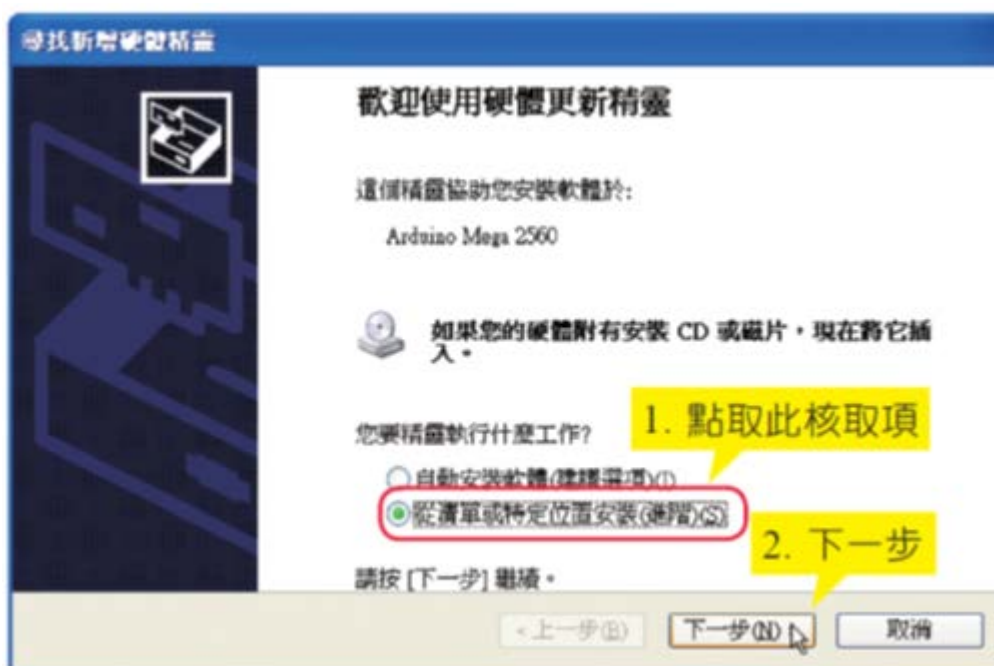


圖 3-5 選取 iPOE A1 USB 介面驅動程式安裝方式

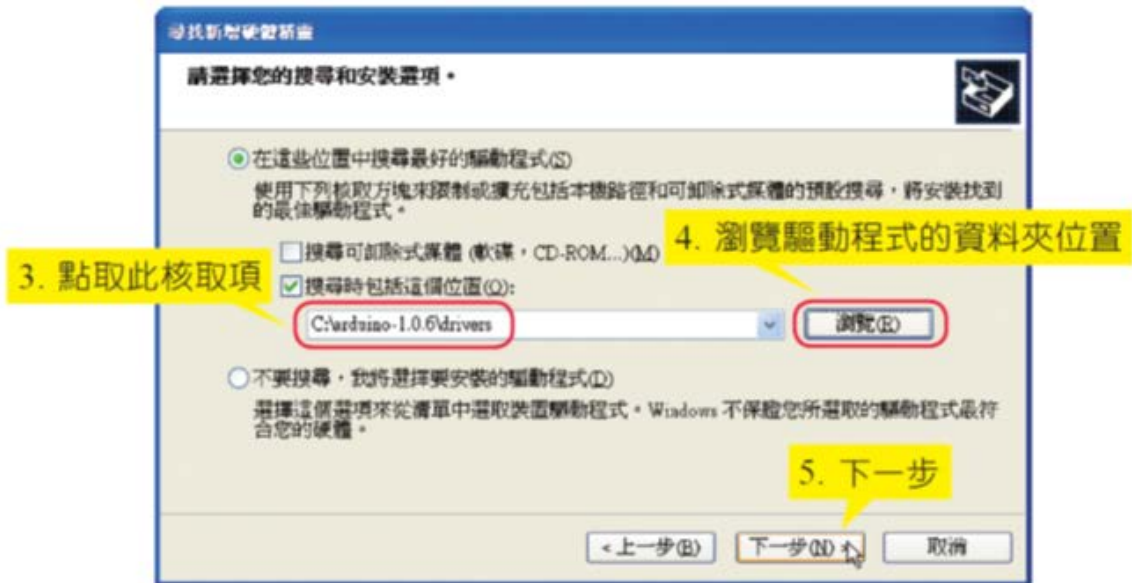


圖 3-6 選取 iPOE A1 USB 介面驅動程式位置

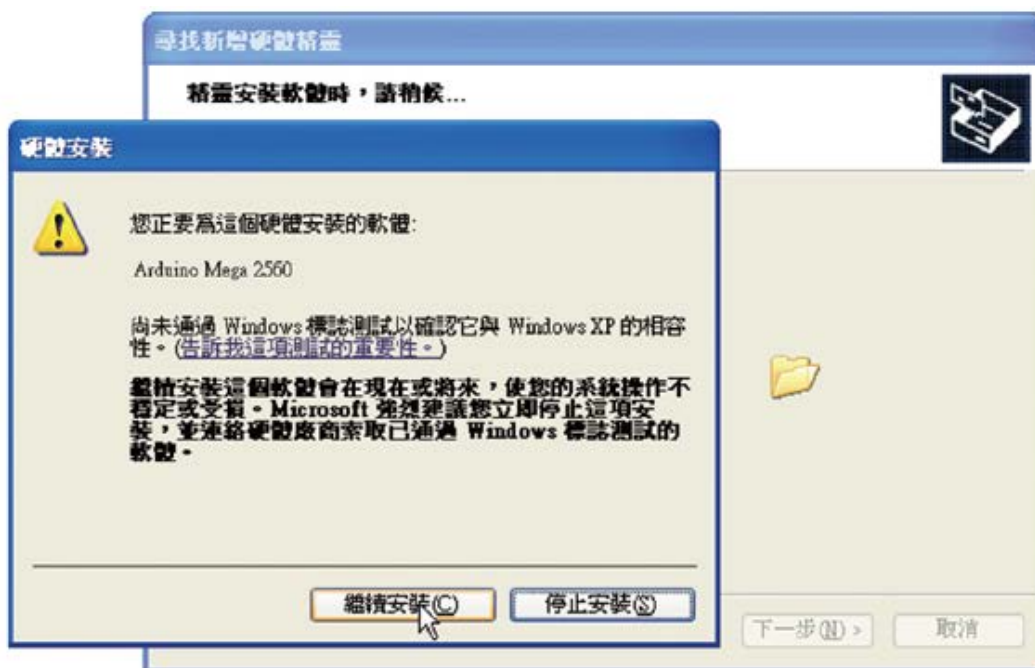


圖 3-7 安裝 iPOE A1 USB 介面驅動程式

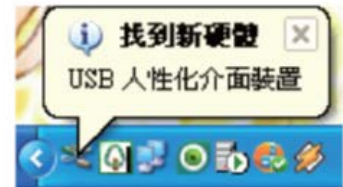
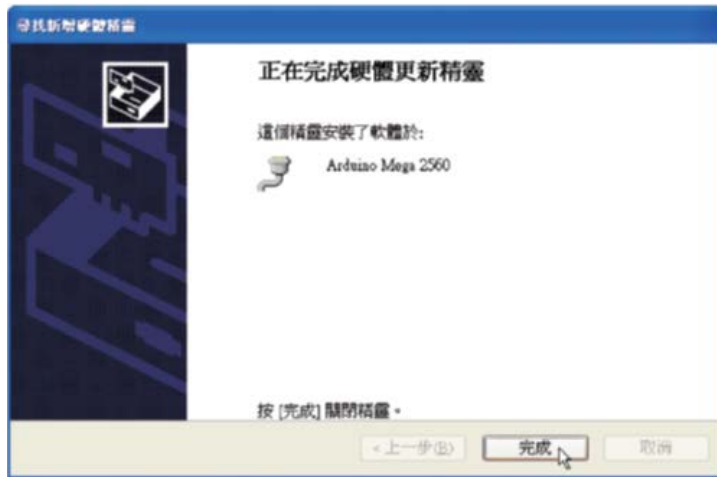


圖 3-8 已經成功安裝 iPOE A1 USB 介面驅動程式

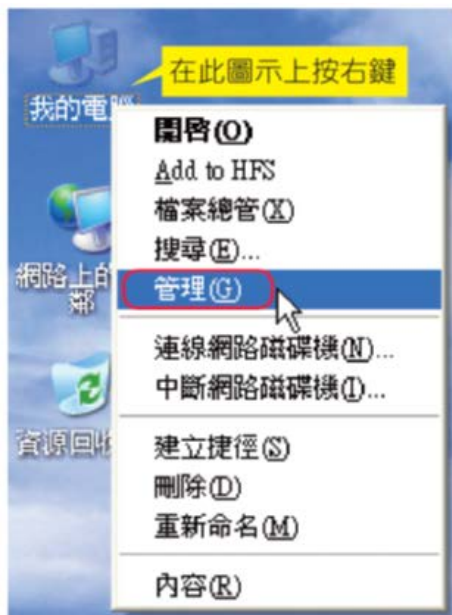


圖 3-9 Windows XP(左)與 Windows 7(右)開啟電腦管理的步驟

個人電腦PC找到硬體後，可透過電腦管理→裝置管理員查看USB連接後的使用COM埠狀態；若是WinXP的作業環境，請按圖 3-8左側在我的電腦圖示上按右鍵→管理，接著在開啟的圖 3-9電腦管理中按裝置管理員→連接埠，就可如圖3-10看到Arduino MEGA 2560 使用的

COM 埠埠號了；若是Win7，請按圖3-9右側點選開始後，在電腦圖示上按右鍵→管理，即可開啟裝置管理員。

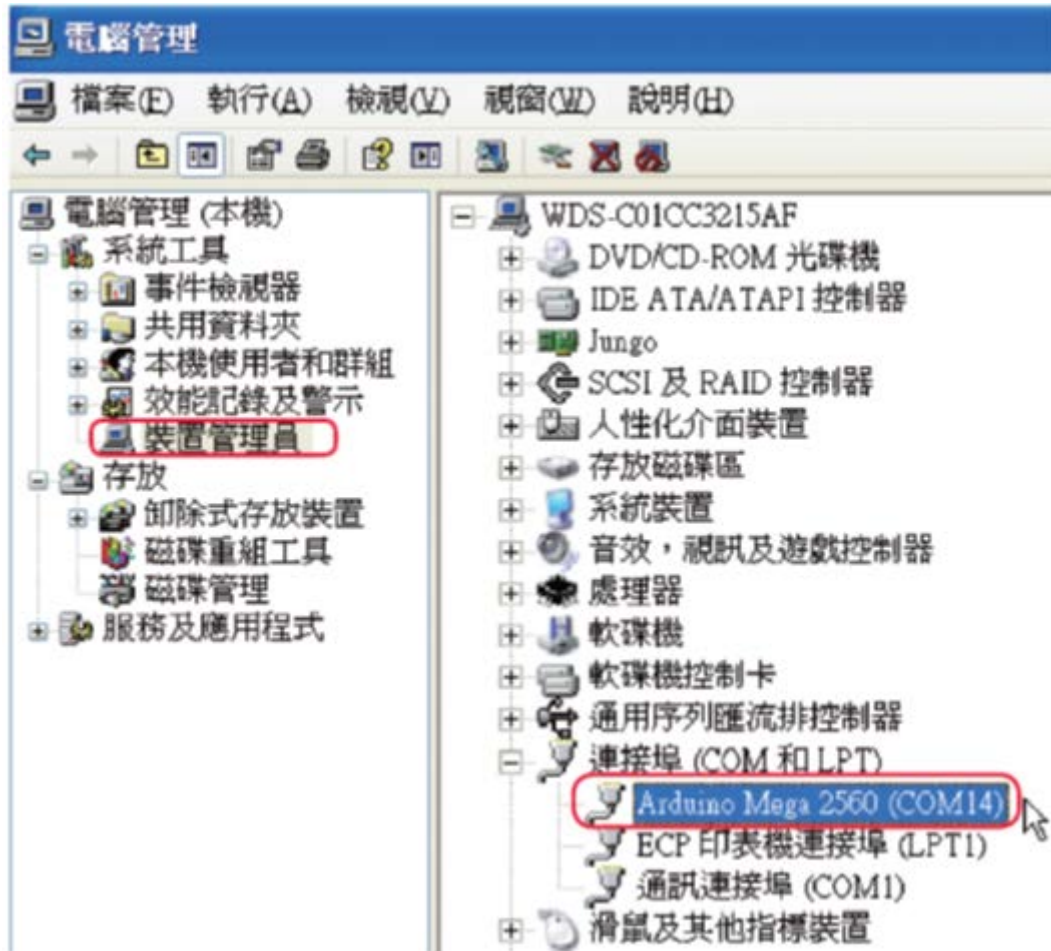


圖 3-10 查看裝置管理員中 iPOE A1 連接埠狀態與埠號

### 3.3 Arduino IDE 環境說明

#### 一、 啟動 Arduino IDE

開啟 Arduino IDE 的方式有二種，一是從桌面上的圖示左鍵快速點二下即可啟動；二是直接進入 Arduino IDE 解壓後的資料夾→左鍵快點二下 arduino.exe 即可開啟。若是要開啟舊檔，可直接在想開啟的程式

檔上（Arduino 的專案副屬檔名舊版為\*.pde，新版為\*.ino）進行副檔名關連即可。

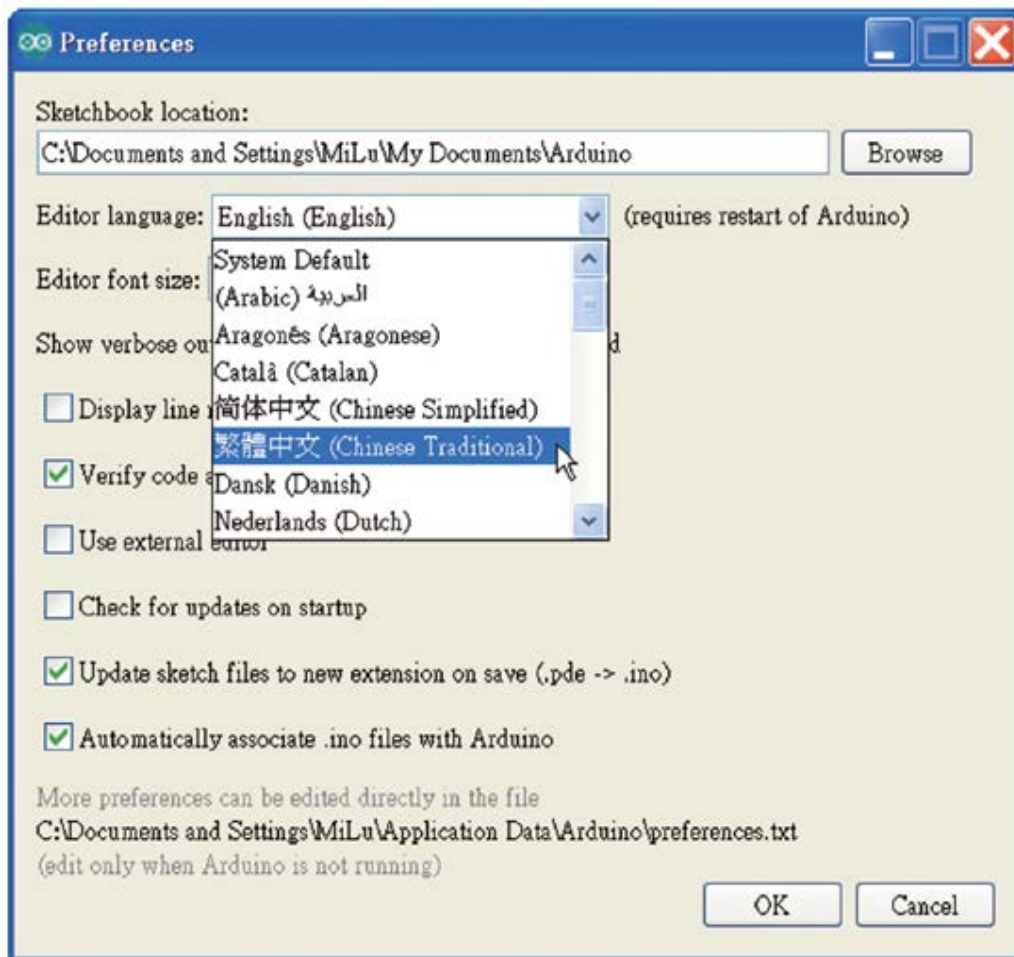


圖 3-11 Arduino IDE 的偏好設定

## 二、 偏好設定

符合國際化趨勢，Arduino IDE 已內建繁體中文語系，對於初學者是一個福音；第一次啟動 Arduino IDE 的預設語系為英文，可透過功能表列點選 File→Preferences 設定，進行 Editor language 的設定，如圖 3-10 所示，請將其設定為繁體中文，設定後需重新啟動 Arduino 才看

得到改變。

### 三、Arduino IDE 整合環境介紹

Arduino IDE 整合環境如圖 3-11 所示，共分為 4 個區塊，底下分別說明：

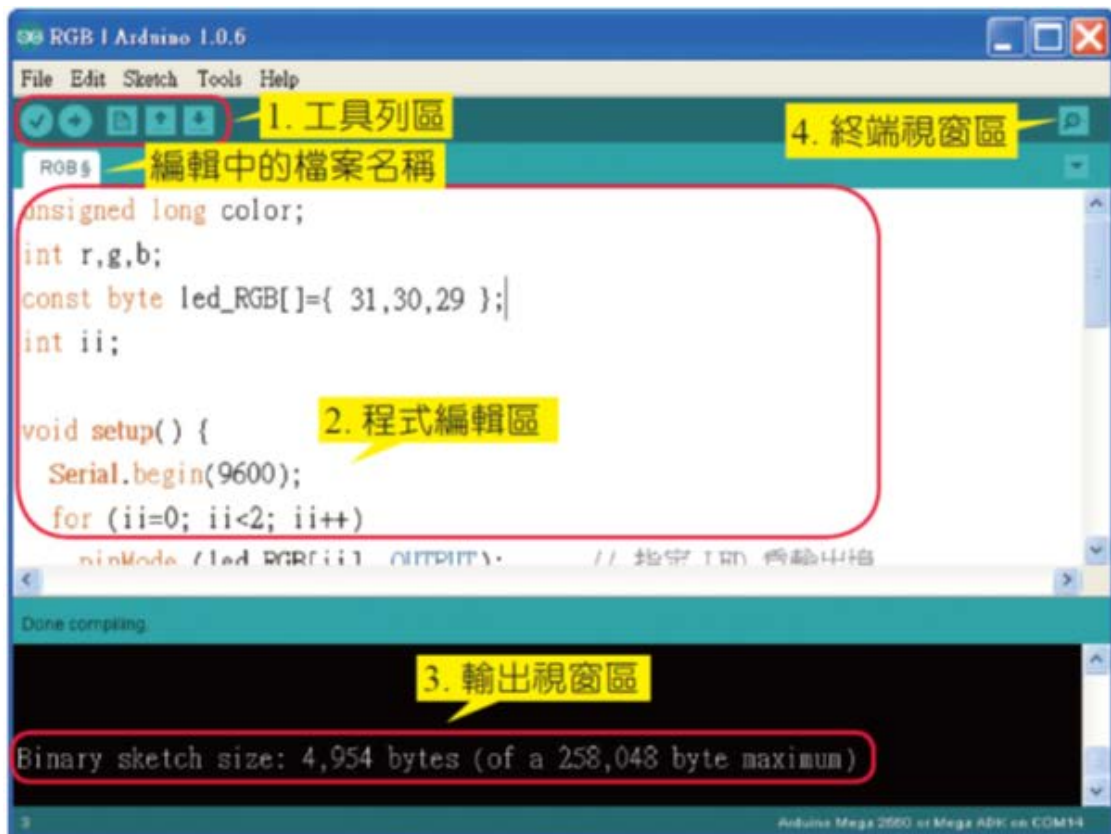


圖 3-12 Arduino IDE 整合環境

1. 工具列區：在此列出常用的工具，這些工具雖然都可以在功能表列中點選執行，但透過這些圖示工具，可快速完成工作，如圖 3-12 所示；若忘記每個工具圖示的作用，可移動滑鼠在上面停一下，系統即會出現提示訊息。



圖 3-13 Arduino IDE 工具列區

2. 程式編輯區：此為編寫程式的區域。
3. 輸出視窗區：當程式被編譯或下載時，此視窗會顯示成功、失敗相關訊息，如圖 3-13所示，若在偏好設定中已設定為繁體中文者，則在此區會出現中文訊息。



圖 3-14 輸出視窗區顯示的編譯或下載結果

4. 串列埠監控視窗區：Serial Monitor

Serial Monitor 視窗可監看指定連接埠的訊息，透過此介面，使用者可

運用Serial串列埠的輸出指令Serial.print、讀取指令Serial.read 進行簡易的除錯，或與周邊電路進行訊息交換。由於串列埠採用非同步傳輸，

故鮑率（每秒傳送的位元數）需正確設定。



圖 3-15 串列埠監控視窗區的除錯介面

#### 四、 Arduino 板與序列埠（串列埠）的指定

1. 燒錄前，需在Arduino IDE 中選定正確的Arduino 板與串列埠的埠號才可燒錄，當USB接上iPOE-A1 且依3-2-2 節完成驅動程式安裝後，接著請點選Tools→Board→Arduino Mega 2560 or Mega ADK，即完成控制板的選定，如圖 3-15所示。



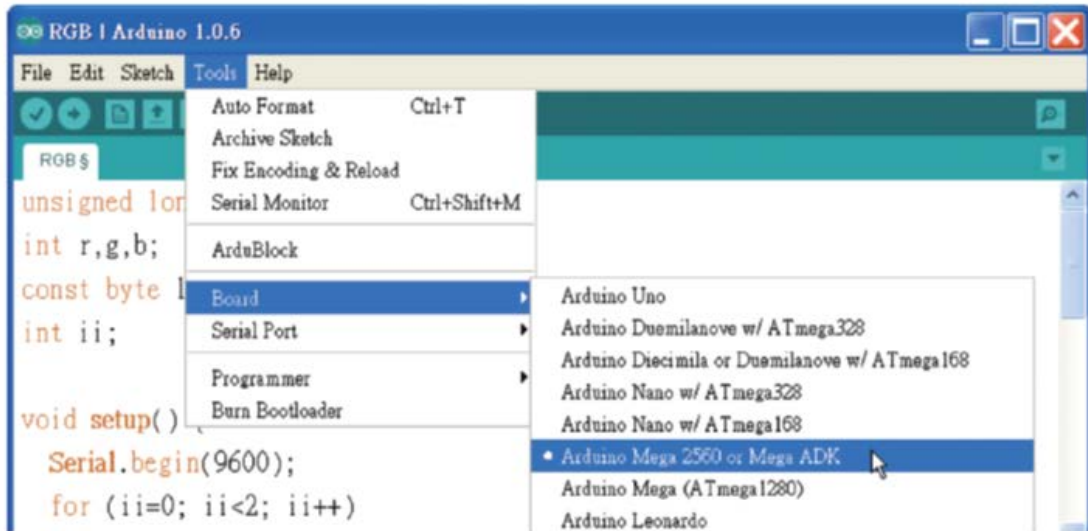


圖 3-16 選擇控制板的操作

2. 接著請點選Tools→Serial Port→COM14（請依2-2-2 節操作時連上的埠號操作），如圖 3-16所示。

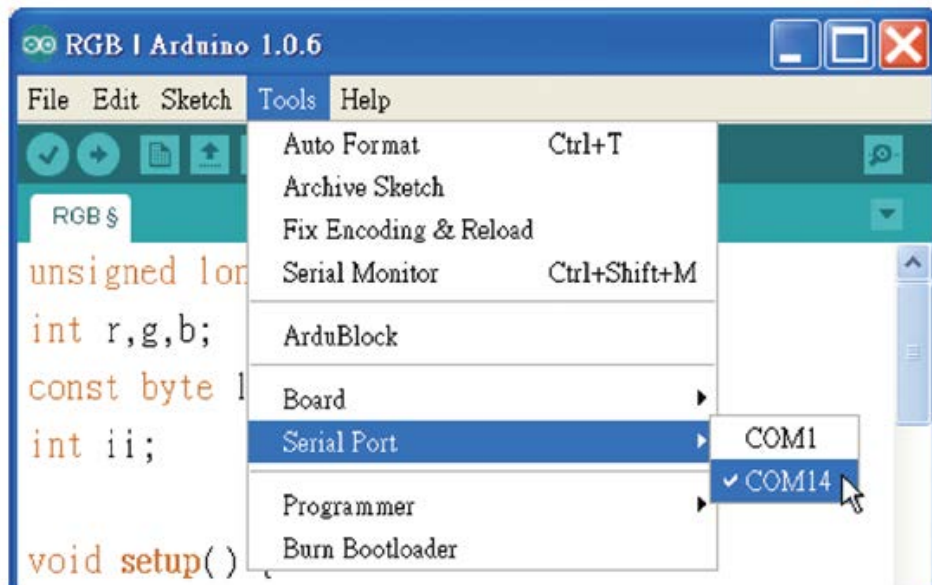


圖 3-17 選擇串列通訊埠的操作

3. Arduino IDE 會記錄使用者選定的Arduino 板與串列埠埠號，故此操作只有在第一次接上板子時需設定，後續操作不需重設。

## 第4章 iPOE A1 循跡自走車原理

本章介紹輪型機器人中最重要的行走控制能力，首先要學會雙直流馬達的控制方式，要讓 iPOE-A1 自走車前進、後退、轉彎、停止都非常簡單。其次為紅外線循跡感測，利用 8 顆紅外線感測器控制 iPOE-A1 自走車的兩顆直流馬達，依照軌跡前進。最後是利用超音波感測器偵測路徑上的障礙物，並控制自走車避開障礙物再回到原本的路徑。

### 4.1 直流馬達控制

直流馬達 (Direct Current motor, DC motor) 是最早發明能將電能轉換為機械能、動能的裝置，由於其輸出功率大、速度容易控制的特性，廣泛使用在需要調速的場合，例如電風扇、吹風機、電動車、起重機等，另外低電壓場合的錄放音機、光碟機、玩具、伺服馬達、自走車也廣泛使用。

一般直流馬達有兩個線端，紅色為正端，黑色為負端，只要在這兩線端輸入額定的直流電壓  $V_{IN}$ ，便可使馬達轉動，若輸入電壓極性相反，則可使馬達逆轉，如果想在電路運作中兼具馬達正／反轉的控制能力，則需使用由電晶體或 MOSFET 構成的 H 橋電路 (H-bridge) 來達成，而  $V_{IN}$  的電壓大小決定馬達的轉動速度。

圖8-2(a) 為典型 H 橋馬達控制電路的示意圖，共使用 4 個開關可進行 4 種馬達控制；

1 停止：當開關如圖8-2(a)S1 ~ S4 均打開時，馬達停止，停止是指不提供馬達電力，馬達會依慣性旋轉慢慢停止。

2 正轉：當開關如圖8-2(b)S1、S4 閉合，S2、S3 打開時，正電源VIN 接至馬達正端，馬達負端接地，馬達正轉。

3 反轉：當開關如圖8-2(c)S1、S4 打開，S2、S3 閉合時，正電源VIN 接至馬達負端，馬達正端接地，馬達反轉。

4 煞車：當開關S1、S2 打開，S3、S4 閉合，此時馬達二端短路，利用其形成的反電動勢可讓馬達本身自行產生電磁煞車，馬達會立即停住。

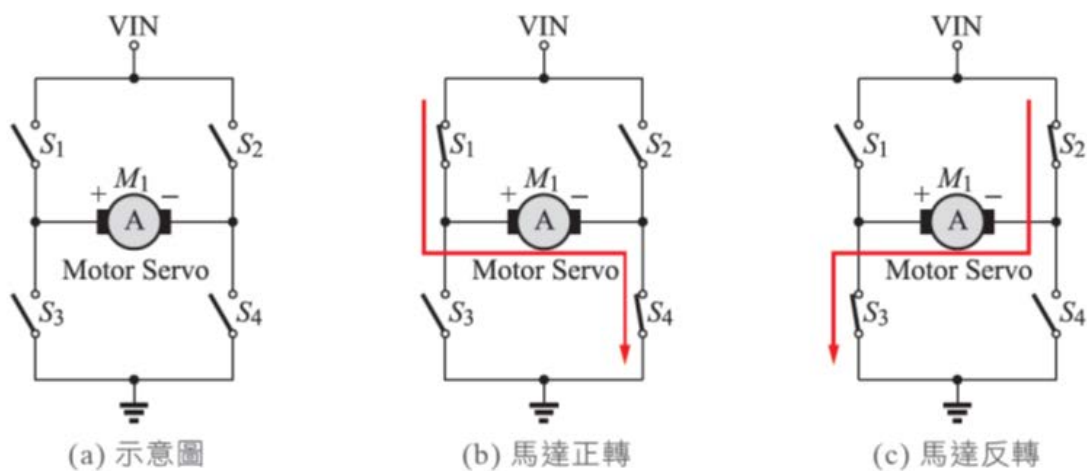


圖 4-1 典型 H 橋馬達控制電路的示意圖

為達到馬達方向控制的目的，一般H 橋都會採用電晶體或 MOSFET 作為開關元件，由於控制四個開關元件需要保護電路及速度控制的電壓調節（穩壓）電路，且自走車有二顆馬達，故為了方便使

用大多使用專用IC 來完成，例如iPOE-A1 上使用的TB6612FNG；TB6612FNG 為Toshiba 半導體公司所開發的晶片，採用大電流的MOSFET H 橋結構，具有雙馬達的控制能力，圖4-2(a) 為TB6612FNG 的外觀，24pins 的SSOP 包裝，而圖4-2(b)為其內部電路方塊圖，表4-1為TB6612FNG各接腳的功能說明。

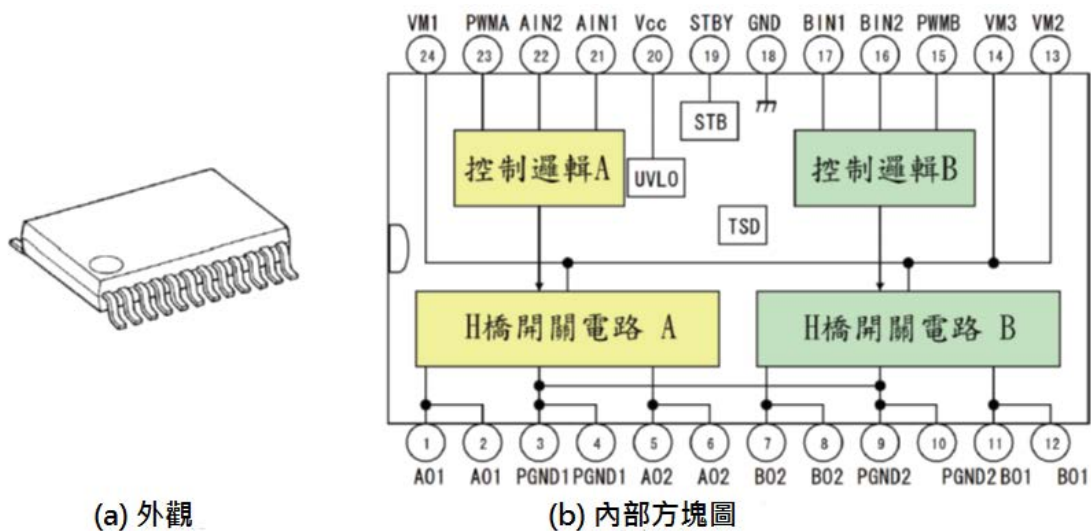


圖 4-2 TB6612FNG 的外觀與其內部電路方塊圖

簡易的TB6612FNG 電氣特性描述如下：

1. 控制電路供應電壓 VCC：2.7V~5.5V，馬達驅動電壓 VM：4.5V~15V。
2. TB6612FNG 每顆馬達可提供 1.2A 的連續驅動電流，或 3.2A 的脈動電流，特性比一般常用的 L293D(0.6A 連續 / 1.2A 最大)、L298N (2A 連續 / 3A 最大) 特性好，且使用時外接元

件少結構簡單，無需散熱片。

3. 對於速度控制的 PWM 訊號可支持高達 100kHz 的頻率。
4. 內建低電壓檢測電路 (under voltage lockout, UVLO)、熱斷電保護電路 (thermal shutdown, TSD) 及待機節電電路 (standby power save circuit, STB)。

腳號	符號	功能描述	
24,13,14	VM1~VM3	驅動馬達的電源	
20	VCC	控制電路的電源 (5V)	
21	AIN1	馬達 A	輸入控制端 1
22	AIN2		輸入控制端 2
23	PWMA		PWM 控制端
1,2	AO1		輸出端 1
5,6	AO2		輸出端 2
3,4	PGND1		接地端
17	BIN1		馬達 B
16	BIN2	輸入控制端 2	
15	PWMB	PWM 控制端	
11,12	BO1	輸出端 1	
7,8	BO2	輸出端 2	
9,10	PGND2	接地端	

表 4.1 TB6612FNG 的接腳功能對照表

使用 TB6612FNG 的控制很簡單，以馬達 B 為例，只要在 BIN1、BIN2 輸入端進行如表 8-2 的輸入控制，即可達到正轉／反轉／停止／煞車的功能，其中停止是指慣性停止會慢慢停住，而煞車是指電磁煞車會立即停住。另外 PWMB 為速度控制端，透過不同工作週期的脈波寬度 PWM 可控制馬達速度，例如 BIN1=1、BIN2=0，PWMB 接 40% 的 PWM，則其輸出會在 40% 正轉、60% 煞車間切換，最後得到 40% 的輸出功率，以此達到調速目的。

輸入			輸出		模式
BIN1	BIN2	PWMB	BO1	BO2	
0	0	x	高阻抗	高阻抗	停止
0	1	1	L	H	反轉
		0	L	L	煞車
1	0	1	H	L	正轉
		0	L	L	煞車
1	1	x	L	L	煞車

表 4.2 TB6612FNG 的馬達控制方式(以 B 馬達為例)

依表 8-2 的馬達控制模式可知，控制馬達需 3 條控制線，BIN1/BIN2 控制方向，PWMB 控制速度；為減少控制線數，一般會將 PWMB 直接接 1，控制速度時將 PWM（速度值）送至表 4-2 中 BIN1/BIN2 的 1 端即可，請見表 4-3 所列，iPOE-A1 就是採用這樣的作法，控制一顆馬達速度及方向只要 2 條控制線即可。不過表 4-3 的控制是在正

(反)轉與停止間切換而達到速度控制目的，因車子停止狀態的慣性動量易造成速度控制不佳，為改善此問題，改成表 4-4 的控制模式即可得到較精準的速度控制。

表 4.3 使用兩條訊號線的馬達控制方式 I

輸入			輸出		功能
BIN1	BIN2	PWMB	BO1	BO2	
0	0	1	高阻抗	高阻抗	停止
0	0 1	1	高阻抗 L	高阻抗 H	停止 反轉
0 1	0	1	高阻抗 H	高阻抗 L	停止 正轉
1	1	1	L	L	煞車

表 4.4 使用兩條訊號線的馬達控制方式 II

輸入			輸出		功能
BIN1	BIN2	PWMB	BO1	BO2	
0	0	1	高阻抗	高阻抗	停止
1	0 1	1	L	H L	正轉 煞車
0 1	1	1	H L	L	反轉 煞車
1	1	1	L	L	煞車

## 4.2 紅外線循跡感應器

iPOE-A1 自走車的循跡功能是採用紅外線光反射型感測器

CNB10010，透過前3後5共8顆CNB10010 可以有效進行路徑的預感測及路徑狀態感測，感測器配置圖如圖4-3 所示。

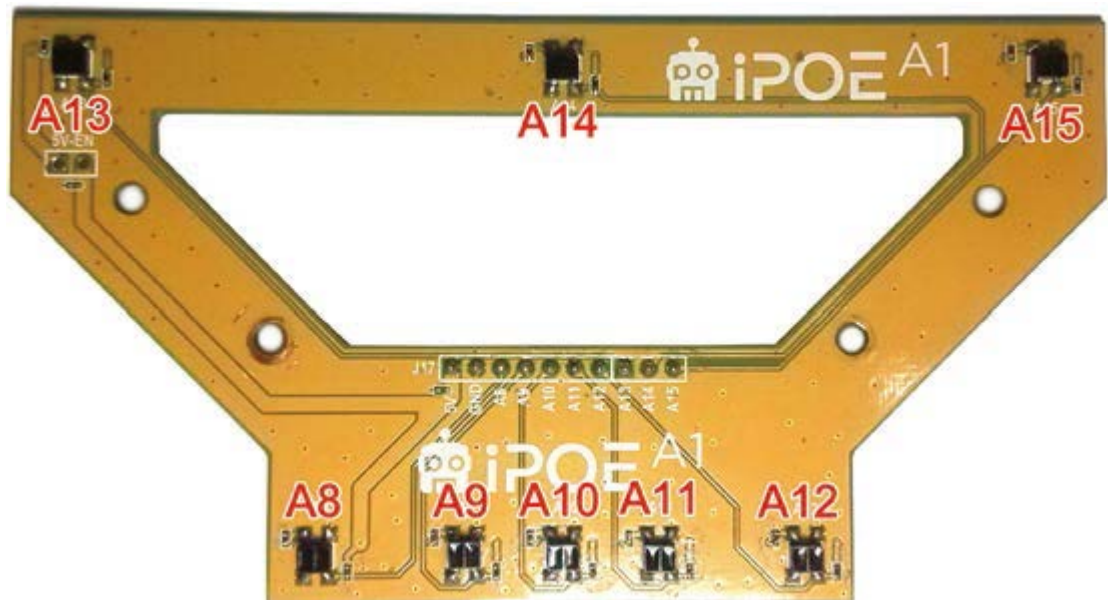


圖 4-3 iPOE-A1 的循跡感測器安裝配置圖（底視圖）

本節主要介紹CNB10010 的電路結構、特性，以及如何讀取感測值並顯示在LCD 上。進行黑底白線或白底黑線的循跡工作時，感測值的讀取很容易受到幾個因素的影響，形成的原因及解決方式如表4-5 所示。

紅外線光反射器 CNB10010 其內部結構及外觀如圖 4-4 所示，共包含有兩個部分，其功能分別是：

表 4.5 紅外線感測值影響因素，形成的原因及解決方

因素	形成原因	解決方因解決方式
環境光	外在環境光的明暗、色溫（是白	開機時進行資料校正，取得黑



	光或黃光)都會讓CNB10010 對黑色、白色呈現不同的讀值。	色與白色的最大值maxV、最小值minV 後進行資料歸一化,可減少CNB10010 誤判斷的事情發生。
CNB10010 本身的特性	即使是同時出廠的元件,其感測值也不可能一模一樣。	
雜訊干擾	CNB10010 接收器可接收紅外線光, 故CNB10010 本身的反射光、外界紅外光或是太陽光都會干擾CNB10010 的接收。	讀取感測值時進行多次資料讀取,然後取平均值或眾數值來解決。

1. 紅外線發光二極體：類似發光二極體 (LED) 的功能，當PN 二端加上順向偏壓時可發出波長為980 nm 的紅外線不可見光。
2. 光電晶體：為一個對紅外線波長具敏感反應的光偵測元件，當光電晶體受紅外線光照射時為低阻抗，而未受光時呈現高阻抗。

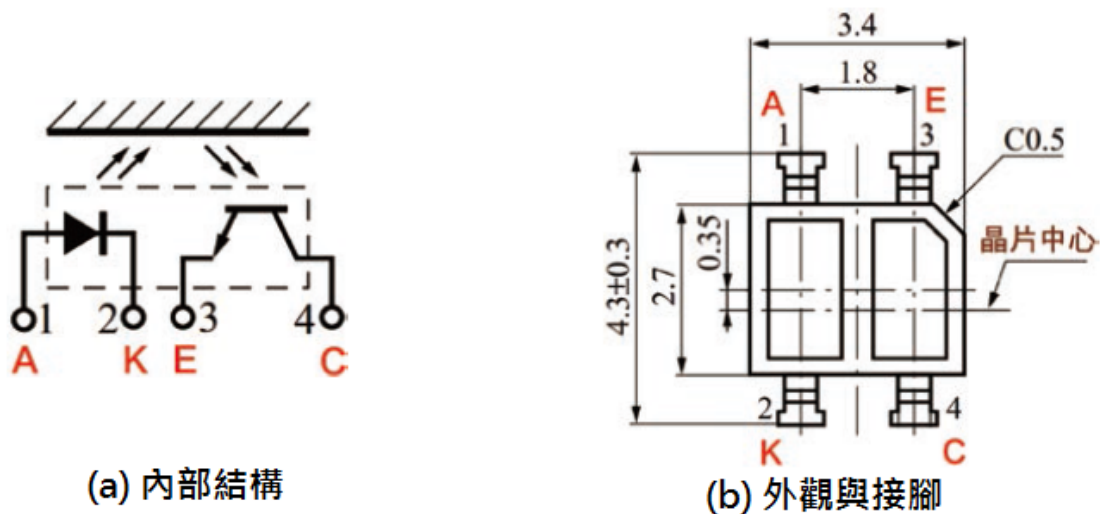


圖 4-4 CNB10010 內部結構、外觀與接腳圖

圖4-5 為iPOE-A1 的循跡感測電路，各元件的功能及原理說明如下：

1. R2 為紅外線發光二極體的限流電阻，供應光LED 穩定電流，可

穩定且持續地發出紅外線不可見光。

2. R1 為調整光電晶體輸出靈敏度的電阻，阻抗愈大，對環境光源的變化反應愈靈敏，但也容易受雜訊干擾；反之，阻抗愈小，對環境光源變化反應不靈敏，但較不受雜訊干擾，需選用適當值。
3. 當偵測點CNB10010 偵測到白色時，如圖4-6(a) 所示，因白色會反光，故光LED 發射的光會反射至光電晶體，使得光電晶體阻抗降低、ICE 增加、VCE 下降，意即輸出腳A8 電壓下降，此信號會送至Arduino Mega 板的類比輸入接腳讀入。
4. 當偵測點偵測到黑色時，如圖4-6(b) 所示，因黑色會吸光，使得光電晶體沒接受到光而阻抗增加、ICE 下降、VCE 增加，輸出腳A8 電壓上升。

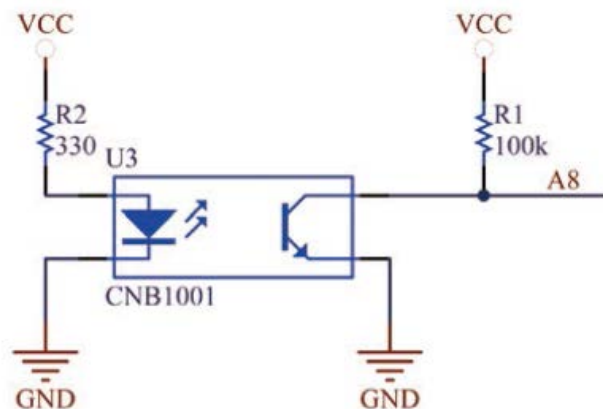


圖 4-5 CNB10010 感測電路圖

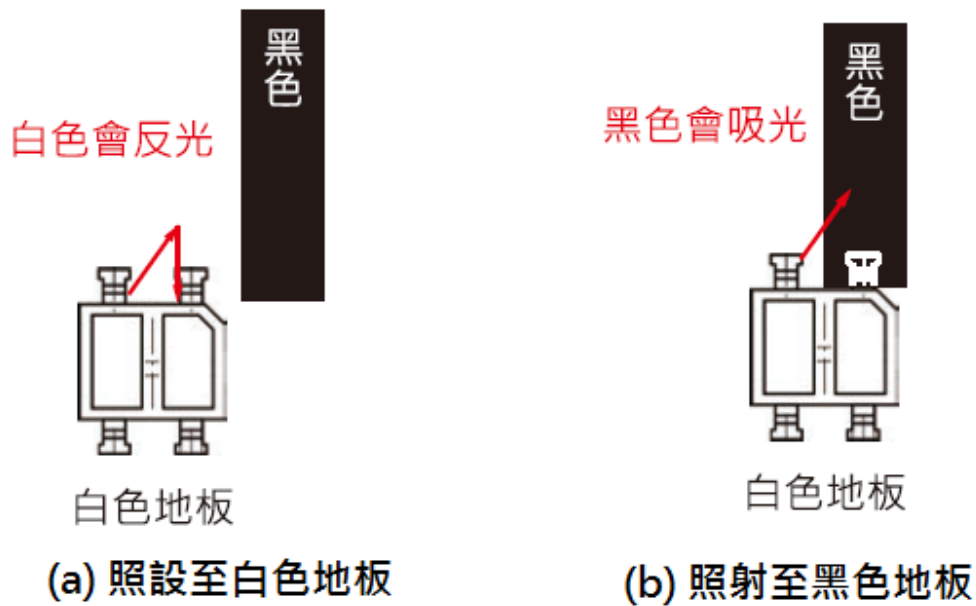


圖 4-6 紅外線反射型光感測器的偵測示意圖

### 4.3 計算紅外線感測板的相對位置

為方便每顆紅外線感測器在使用前的正規化，本節介紹 QTRSensors 函式庫的用法，除簡化程式外，同時也可計算感測板與標線（白線或黑線）的相對位置（採用加權平均值計算），方便後續章節的循跡控制。本節以感測板後 5 顆感測器為例，介紹如何運用 QTRSensors 函式庫完成正規化、計算感測板與標線相關位置。

紅外線感測器標線位置測量（加權平均值的計算）方式如下，多感測點情況下，使用加權平均值計算與標線的相對位置是一個很有效的方法；假設感測板後 5 顆感測器（分別是 A12、A11、A10、A9、A8）讀到的感測值為  $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$ ，每一個  $S_n$  的值域 0~1000，

期望的 $x_0 \sim x_4$  為0、1000、2000、3000、4000，則其加權平均後的相對位置：

$$\text{position} = \frac{0 \cdot S_0 + 1000 \cdot S_1 + 2000 \cdot S_2 + 3000 \cdot S_3 + 4000 \cdot S_4}{S_0 + S_1 + S_2 + S_3 + S_4}$$

採用上面的計算公式，可以估計自走車的位置是偏左還是偏右。如圖4-7(a)，加權平均後位置值position 為1410，此時車子在標線右側；而如圖4-7(b) 所示加權平均後位置值position 為2009，此時車子在標線中央。

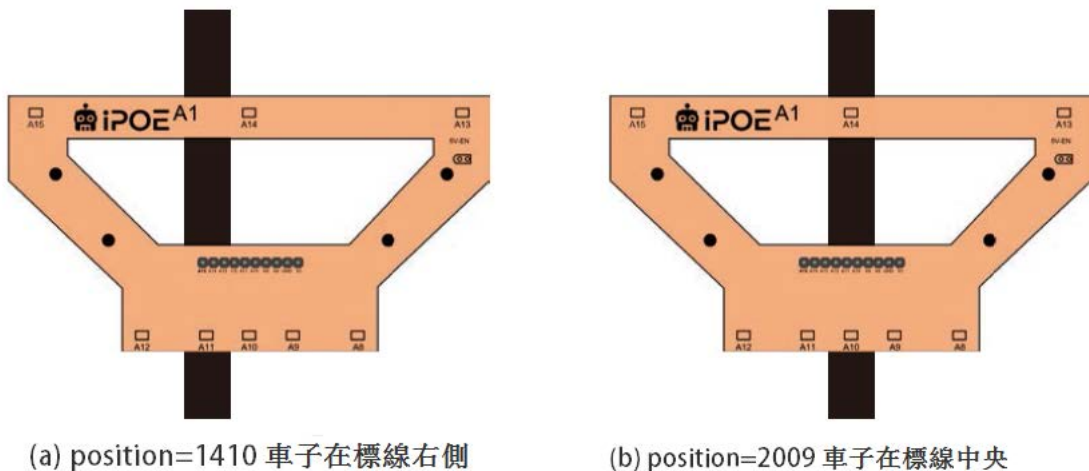


圖 4-7 紅外線反射型光感測器的相對位置

## 4.4 超音波避障

此專題使用自走車上的超音波感測器 HC-SR04，來偵測障礙物的方向與距離，設計超音波避障車，已先確認自走車本身的運作是正常。

超音波感測器 HC-SR04 是一個超音波感測器，價格大約 100 元左右，

它可以探測的距離為 2cm-400cm，精度為 0.3 cm，感應角度為 15 度。

超音波感測器主要應用在機器人或自走車避障、物體測距等。

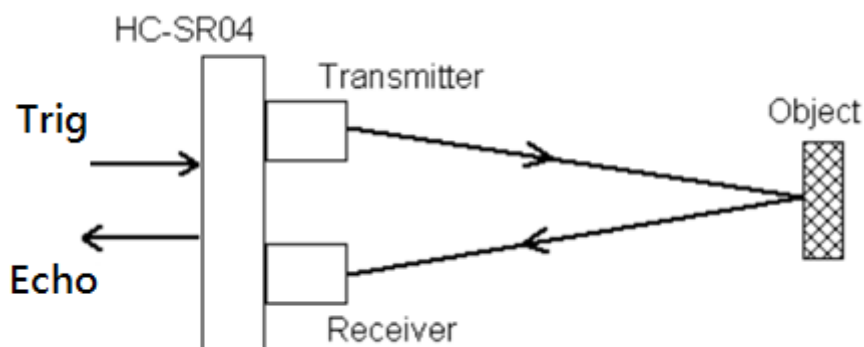


圖 4-8 超音波感測器測距原理

國中理化有教過，聲音在空氣中的傳播速度大約是每秒 340 公尺，傳播速度會受溫度影響，溫度愈高，傳播速度愈快。因為聲音傳播速度  $v$  (cm/  $\mu$ s):  $v = 340\text{m/sec} = 340 \times 100\text{cm}/1,000,000 \mu\text{s}$ 。所以傳播 1cm ( $r=1$ ) 所需傳播時間  $\tau$  ( $\mu$ s) 為：

$$r = \tau \times v$$

$$\tau = 1/v = 1000000/(340 \times 100) = 29.4 \mu\text{s}$$

上式中通常用 29  $\mu$ s，誤差並不會太大。

如圖 4-8 所示，由於超音波從發射到返迴是兩段距離，因此在計算時必須將結果除以 2 才是正確的物體距離。所以我們可以利用底下的公式算出物體距離  $r$ ：

$$r = t / 29 / 2 = t / (58)$$

上式中，距離  $r$  單位為公分，其中  $t$  是測量得到的音波傳播時間。圖 4-9 是 HC-SR04 超音波感測器時序圖，Arduino 送出  $10\mu\text{s}$  的脈波至 HC-SR04 的 Trig 接腳，HC-SR04 送出 8 個 Cycle 的超音波訊號，真正的超音波來回時間是量測 Echo 接腳的脈波寬度。

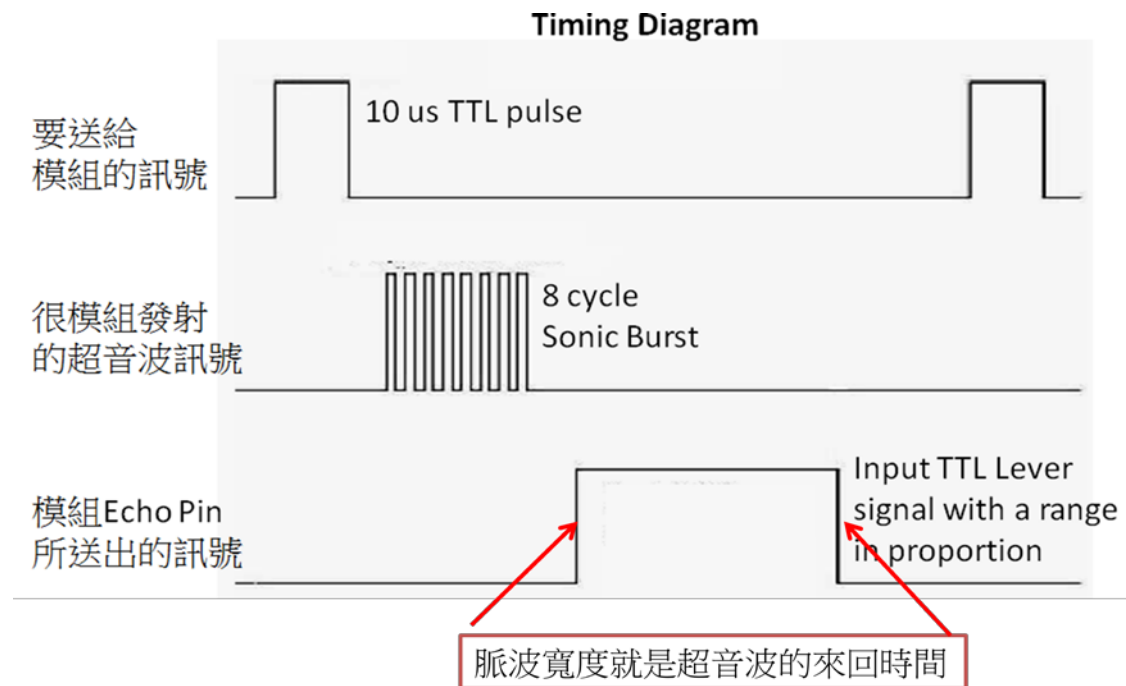


圖 4-9 HC-SR04 超音波感測器時序圖

## 第5章 專題競賽

### 5.1 愛寶盃 Maker 智慧機器人競賽

2017 愛寶盃 Maker 智慧機器人競賽，是由勁園國際股份有限公司協辦的比賽，競賽主旨包括：激發各級學校師生手腦並用之實作創意，培養創客思考之能力與習慣。促進各級學校師生於教學與學習上之交流與觀摩，有效提昇區域師資發展。供各級學校電機、電子、機械、汽車、電腦、資訊等應用相關技術學以致用之平台。推廣機器人普及教育，接軌全球程式教育風潮，響應國、高中必修程式教育。主辦單位包括崇右影藝科技大學、臺北城市科技大學、萬能科技大學、建國科技大學、吳鳳科技大學、樹德科技大學。

本專題成果也參加了此次比賽在建國科技大學舉辦的大專院校 A1 組，因為超音波感測器的干擾問題，導致沒有得獎，但也有許多收穫：成功都是累積了許多失敗的成果。

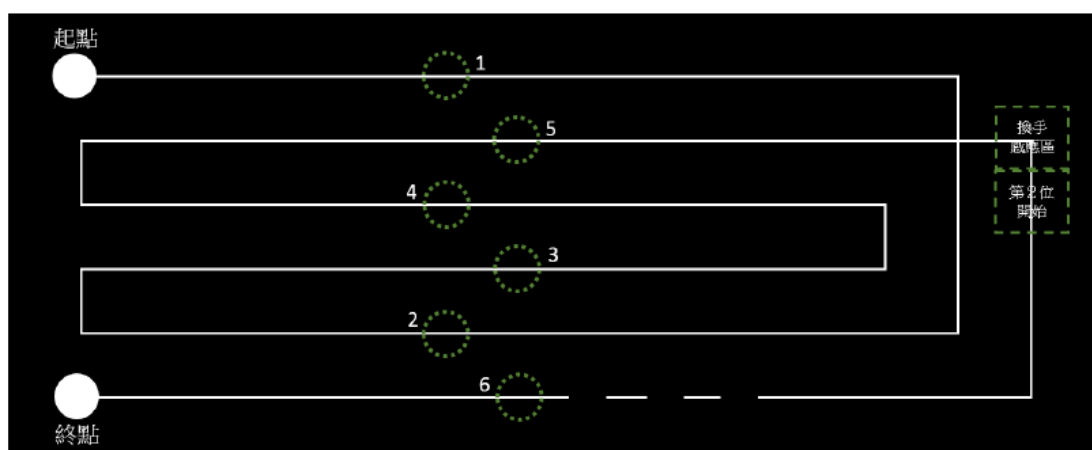


圖 5-1 愛寶盃 Maker 智慧機器人競賽 iPOE A1 大專組場地

## 5.2 iPOE A1 大專組比賽規則

1. 競速比賽場地圖如下，尺寸為 300cm×150cm，標示 6 個圓虛框的位置任選 3 個擺上直徑約 6cm 的空寶特瓶，如圖 5-1 所示。
2. 輪型機器人長寬高不應超過 20cm ×20 cm ×20 cm ，如果行進間會改變幾何結構，也必須符合上述規定。
3. 接力競速賽必需由 2 台輪型機器人協力完成競賽，行進間的車稱行進車，待接棒的車稱為接力車，行進車需行走碰及換手感應區的綠色虛線框時，接力車才可前進；接力車行進車後，原行進車需停在換手感應區，停止時身至少有一半涵蓋綠色虛框內。
4. 每一台車的行進要求如下：
  - i. 行進車 從「起點」出發，行走避障循跡前進，遇到寶特瓶時需繞過避開，接著繼續循跡前進 ) 至換手感應區時



觸動接力車前進，接力車前進後，行進車需停在換手感應區。

- ii. 接力車行走避障抵達「終點」車身至少有一半停止在白色圓形區域始為完成比賽；終點前的衝刺路徑上有三處長度約 10 cm 的斷線，位置由主辦單選定手需克服的斷線，位置由主辦單選定，選手需克服斷線障礙抵達終點。
  - iii. 避障動作需在寶特瓶前後各 20cm 的範圍內完成，不可過早離開或晚回到白線上。
  - iv. 期間只有避障時可離開白色路線，其餘間任一車未進入「終點」前就離開白色路線，或未停在「綠色虛框」、「終點」內，或行進間撞倒寶特瓶、離圓虛框，則該次成績視同失敗，可記錄該次失敗前的標示點成績（如比賽場地圖中數字），且失去 1 次的嘗試數，在時間內可進行下一次比賽。
5. 由比賽起點行進至終，所花費並記錄下來的時間稱為「運動」也是計賽比起點行進至終，所花費並記錄下來的時間稱為「運動」也是計賽比較標準。
6. 「運動時間」由計時系統自動算，在競速「起點」和「終處」將分別裝設兩套紅外線光感測器自動偵，選手需自行考慮計時系

統之感測器是否對身的輪型機人，選手需自行考慮計時系統之感測器 是否對身的輪型機人造成影響，若有不得提出異議。

7. 每隊參賽者在競速場地比賽中，各擁有 5 分鐘的時間。在這個限制下，可以嘗試至多(含)3 次機會完成比賽。
8. 比賽進行時，不得再對競速機器人所有組件調整或置換 (含程式、電池及路板等)，亦不得要求暫停。但經裁判同意時，可進行簡易的維修
9. 競速 所在位置的亮度、溫與溼一般室內環境是相同，參賽者不得要求調整場地的亮度。
10. 當機器人失常時，操作員可以要求裁判允許放棄該次競速車行進到終點嘗試，並將機器人重新移到 競速 的起點中。但若只是轉錯彎等非競速機器人 功能失常的因素，則不在同意之列。
11. 不容許各項關於 競速機器人 對競賽場地抓力的要求與抱怨。
12. 競賽名次以完成績時間最少者依序錄取。

### **5.3 iPOE A1 競賽程式**

此次自走車競賽的程式碼如光碟片中目錄『iPOE A1 程式碼』的程式，因為有兩部 iPOE A1 自走車進行接力賽，所以有主要兩個程式與 5 個程式庫，分別描述如下。

## 第一部 iPOE A1 自走車程式： A\_uni1

1. A\_uni1.ino：第一部 iPOE A1 自走車的主程式，控制 iPOE A1 自走車的初始化、競速與避障。
2. move.ino：控制 iPOE A1 自走車的馬達運轉，進而控制 iPOE A1 的前進、後退、停止與轉彎。
3. Searching.ino：在搜尋模式中，紀錄每一段路徑馬達旋轉的圈數，提供程式開發者檢測 iPOE A1 的運轉是否正常。

## 第二部 iPOE A1 自走車：A\_uni1

1. A\_uni2.ino：第二部 iPOE A1 自走車的主程式，控制 iPOE A1 自走車的初始化、競速與避障。與第一部 iPOE A1 自走車的主程式的差別在於啟動車輛時，會先偵測後方的超音波感測器是否有偵測到車輛接近。當有車輛接近時，才啟動行進。
2. move.ino：控制 iPOE A1 自走車的馬達運轉，進而控制 iPOE A1 的前進、後退、停止與轉彎。
3. Searching.ino：在搜尋模式中，紀錄每一段路徑馬達旋轉的圈數，提供程式開發者檢測 iPOE A1 的運轉是否正常。

iPOE A1 自走車相關程式庫，這些程式庫都是用 C++ 程式語言，用物件導向的觀念設計：

1. IpoeA1：用物件的觀念宣告 iPOE A1 上的周邊零件，包括按鈕、LED 與馬達等零件和動作、...
2. IpoeUtility：將 iPOE A1 中常用的功能整合在一起方便使用，包括顯示電池容量、紅外線校正、前進、暫停、...
3. LCD5110\_Graph：LCD5110 液晶螢幕的函式庫，控制文字與圖形顯示於液晶螢幕上。
4. PID\_v1：實現 Arduino 的 PID 控制功能，可以控制 iPOE A1 自走車確走在白色路徑上。
5. QTRSensors：Arduino 紅外線感測器的函式庫，提供紅外線感測器的初始化、校正與資料的讀取功能。

## 5.4 專題競賽成果

為了準備這次的自走車專題賽，從自走車的安裝、校正。軟體程式的修改、測試，花了兩個月的時間準備。終於參加了這次競賽。競賽的相片如圖 5-2 所示。分別是自走車出發、轉彎、接力、終點。雖然因為超音波干擾問題，導致接力車提早出發，未能得獎。但是也從準備與參賽過程中，獲得與多寶貴的經驗。

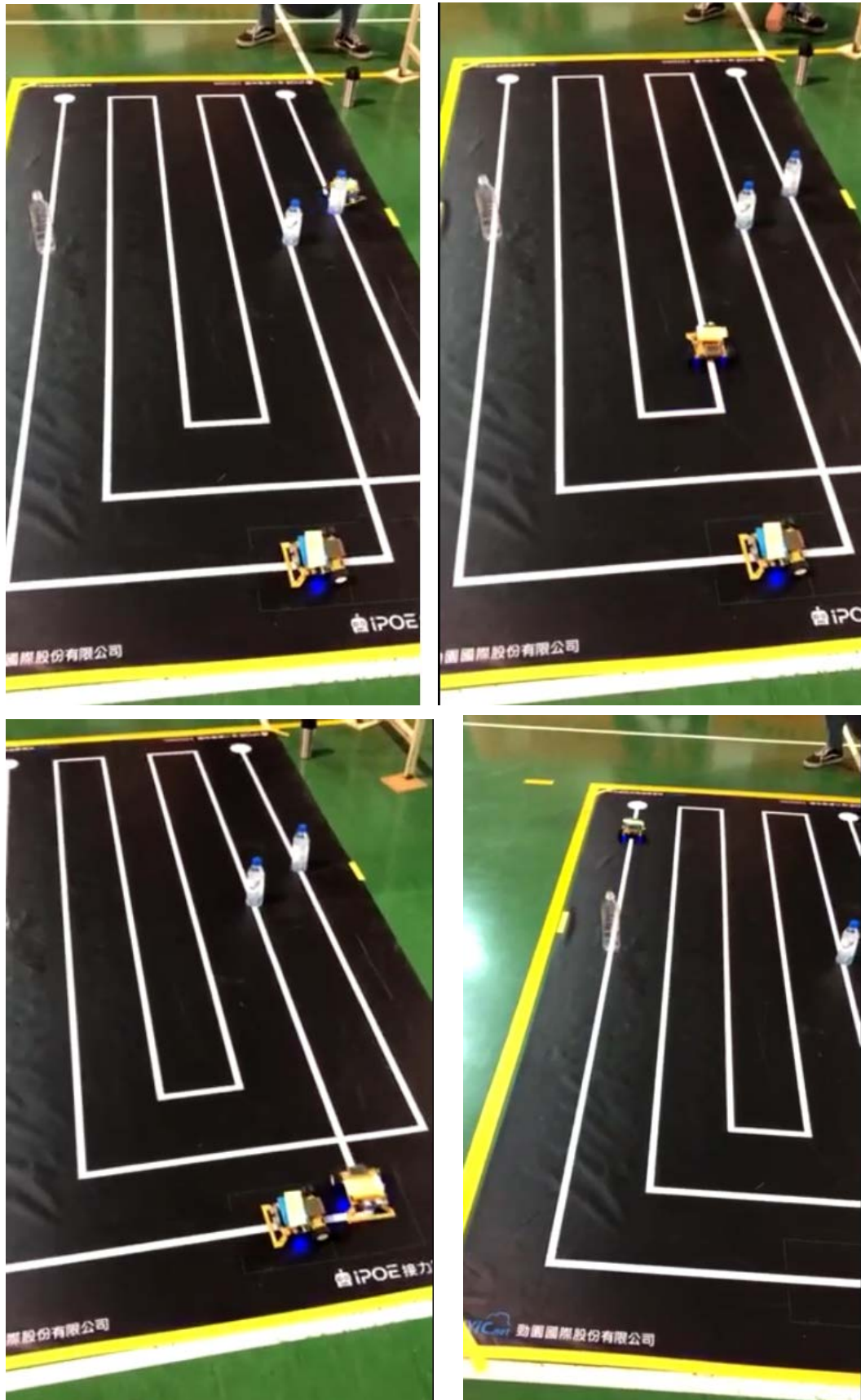


圖 5-2 2017 愛寶盃 Maker 競賽 iPOE A1 大專組比賽照片

## 第6章 專題製作心得

### 6.1 研究心得

本專題主要研究 iPOE A1 自走車透感測器包括紅外線感測器與超音波感測器，使遙 iPOE A1 自走車可以循著軌跡前進，遇到障礙物時可以避開障礙物。在此專題中我們學會了 Arduino 自走車系統的開發技術自走車的原理與安裝、手機 App 的開發。

在開發的過程中，我們按部就班將所有的零件一個接著一個的安裝與測試。其中最複雜的階段是超音波避障的功能。由於超音波感測器的靈敏度並不十分精確，常常發生來不及避障；而且 N20 馬達的齒輪摩擦力差異很大，使用相同的轉彎參數在不同的馬達上，會有不同的轉彎效果。此外，鋰電池的電力量對於馬達的推力也有影響，當電力剛充飽時，自走車行進速度很快，甚至轉彎角度會過大，導致避障轉彎時無法回到軌道；電力快用完時，自走車行進速度變慢，甚至轉彎角度會過小，導致避障轉彎時會撞倒障礙物。

### 6.2 未來改進方向

由此次專題的研究的經驗，我們提出下列改進的建議，希望學弟在做此類專題時，可以避開這些問題，獲得更好成果。

1. 紅外線感測器要距離地面越近越好：因為紅外線感測器容易受到外界光源的干擾，建議調整紅外線感測器的高低位置，使其盡量接近地面。除了可以減少外界光源的干擾，也可以提升感應的靈敏度。
2. N20 馬達要適當的潤滑：為使 N20 馬達有穩定的推力，建議使用 WD40 潤滑 N20 直流馬達齒輪，避免齒輪運轉不順，導致在轉彎時無法回到行進路線。
3. 鋰電池的電壓建議在 7.2V~8V：避免鋰電池電壓過高或過低導致自走車的推力過大或過小，鋰電池剛充電後，觀察 iPOE A1 的電壓，確認電壓放電至適當電壓範圍，在開始比賽。如果電壓不足，應立刻換電池或馬上充電。
4. 第二部 iPOE A1(接力車)的接近感測器建議改為紅外線，因為比賽現場有許多部自走車，而超音波感測器的訊號傳播距離遠(約 5 公尺)，容易被其他自走車干擾，導致提前出發。而紅外線感測器的訊號距離只有 2-3 公尺，比較不會受到其他參賽自走車的干擾。

## 參考文獻

- [1] 趙英傑，超圖解 Arduino 互動設計入門(第三版)，旗標出版股份有限公司，台北市，2016 年 12 月。
- [2] 周忠信、吳奕宏、謝翰誼，Arduino 初學完全指南，基峰資訊股份有限公司，台北市，2017 年 5 月。
- [3] 楊明豐，Arduino 自走車最佳入門與應用：打造輪型機器人輕鬆學，基峰資訊股份有限公司，台北市，2016 年 3 月。
- [4] 楊明豐，Arduino 最佳入門與應用：打造互動設計輕鬆學(暢銷經典第二版)，基峰資訊股份有限公司，台北市，2015 年 4 月。
- [5] 高登·麥康，譯者：江良志，Arduino 機器人製作聖經，馥林文化股份有限公司，台北市，2014 年 4 月。
- [6] Don Wilcher，Make：簡易的 Arduino 專題製作，歐萊禮股份有限公司，台北市，2014 年 11 月。