

投稿類別：工程技術類

篇名：

魚缸水質管控系統

作者：

賴佳良。臺北市立松山高級工農職業學校。電子三智  
廖偉翔。臺北市立松山高級工農職業學校。電子三智

指導老師：  
林麗雲老師

## 壹、前言

### 一、研究動機

近年來，養魚成了許多人的嗜好，但是魚缸裡的水每過一段時間就會變得混濁、骯髒，往往造成水中生物生病或是死亡，所以養魚者常常必須留意水質，以如期的進行換水。不常換水的結果，會常常影響到水中生物的健康，為了解決這些問題，如何能夠精確的監控水質，並同時進行換水，所以我們想提出一種監控系統，該監控系統夠隨時檢查魚缸水質，並替養魚者節省下觀測水質以及換水時間，節省不必要浪費的水資源，這就是研究本小論文的動機。

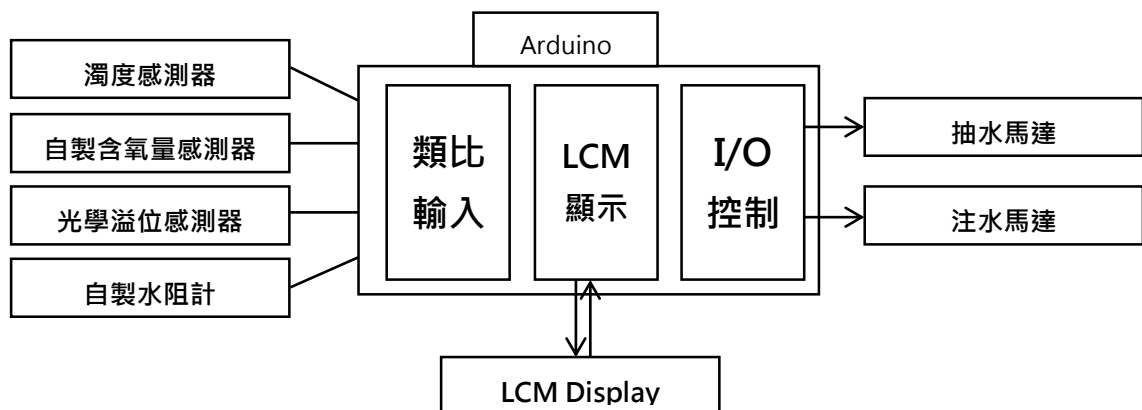
### 二、研究方法與目的

本小論文的研究方法，是先找出水中生物所需的生存條件，分別是水的混濁度以及含氧量，利用一個濁度感測器，檢測水質污濁程度，以及自製的含氧量感測器，計算出水中的含氧量，若濁度感測器與含氧量感測器其中之一滿足條件時，則馬上控制抽水馬達，以進行換水之動作，最後將感測器計算後的數值輸入到微電腦中，將數據顯示在 LCM 面板上，達到檢測水質的目的。

## 貳、正文

### 一、系統架構圖

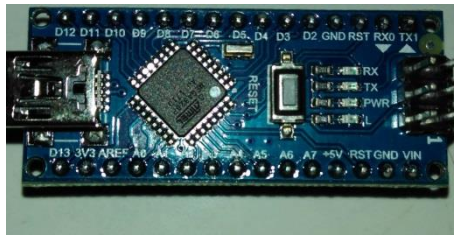
如【圖 1】所示為本小論文之系統架構圖，此裝置主要分成三大部分，LCM 顯示、類比訊號輸入及輸 I/O 信號控制。而核心控制我們是選擇使用 Arduino Nano 板來完成。當系統開始運作後，由 analog 類比接腳讀取各個感測器的信號之後，將數值顯示到 LCM 面板，進而控制兩顆沉水馬達的動作狀態。



【圖 1】系統架構圖  
(圖 1 來源:研究者繪製)

## 二、Arduino 板的基本觀念及應用

如【圖 2】所示，Arduino 是一種開放原始碼的微控制器板。使用 Arduino 裝置來控制系統是目前採用的趨勢，使用者不需要太多撰寫程式的能力，也沒有複雜難以理解的電路，只需稍加研究硬體的特性與程式碼，發揮創意就可以簡單結合各種控制元件做出實用的成品。Arduino 的程式碼與教學在網路上比比皆是，開放的程式碼成為它的優勢，在許多人不吝分享程式碼與成品時，使它漸漸成為膾炙人口的電子產品。即使是初學者，也容易使用。

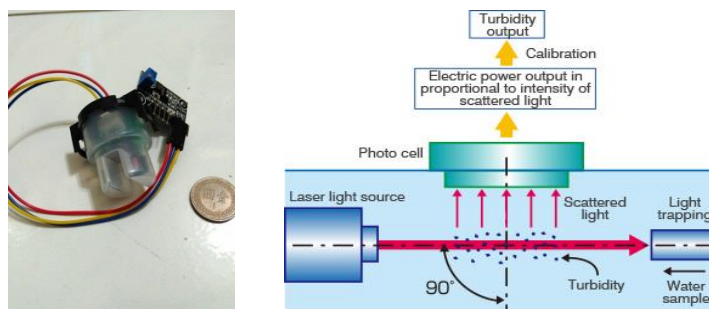


【圖 2】Arduino Nano 板  
(圖 2 圖片來源:研究者自行拍攝)

## 三、感測器的原理與應用說明

### (一)濁度感測器

如【圖 3】所示為感測器及原理圖。感測器是利用光學原理，通過測量溶液中的透光率和散射率來綜合判斷溶液濁度情況，從而達到檢測水質的目的。感測器內部是一個紅外線對管，當光線穿過一定量的水時，光線的透過量取決於該水的污濁程度，水越污濁，透過的光就越少。將捕捉到的光線經由線性修正及校準後，求出相對電壓下的對應濁度(ppm)。此感測器可以用於洗衣機、洗碗機，魚缸等產品的水污濁程度的測量。通過測量水的污濁程度來判斷溶液的潔淨程度，確定最佳的換水時間，達到減少能耗和節約用水的目的。也可用於河流，污水的測量，澄清池檢測和水質研究等等。

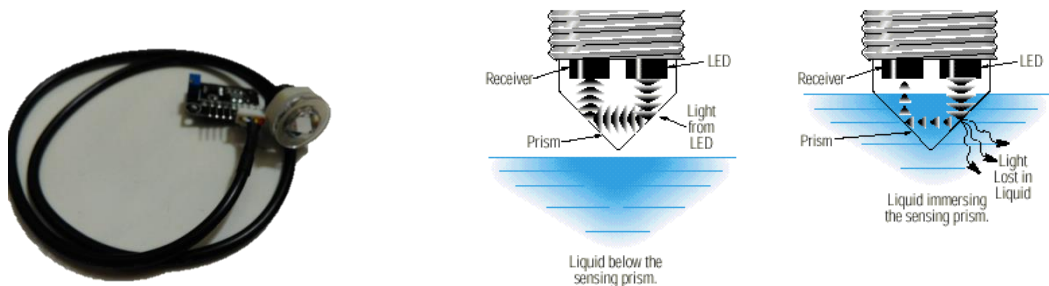


【圖 3】濁度感測器實體圖(左)、感測器原理圖(右)

(圖 3 圖片來源:[http://www.meidensha.com/products/water/prod\\_05/prod\\_05\\_01/index.html](http://www.meidensha.com/products/water/prod_05/prod_05_01/index.html))

(二)光學溢位檢測器

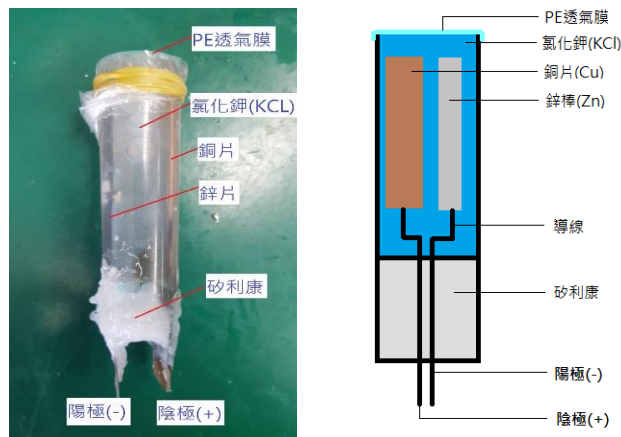
如【圖 4】所示為液位檢測感測器及原理圖，是利用紅外光學原理，將檢測的液位、液面信號通過光學傳遞，轉換為電信號輸出，通過傳感器採集的電壓信號進行判別液位情況，因感測器前端材質與空氣之折射率差異很大，當光線由感測器內進入空氣，入射角大於全反射臨界角時，將發生全反射，光線可傳遞至接收器；反之，介質變換為液體時，因液體的折射率與感測器前端材質相近，幾乎所有光線將穿透感測器前端。而其精度更優越於浮子式液位開關，精度可以控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 之內，現常應用於飲水機、加濕機等需檢測水位部分。



【圖 4】濁度感測器實體圖(左)、感測器原理圖(右)  
(圖 4 圖片來源:<https://ppt.cc/fkNu6x>)

(三)自製含氧量感測器

如【圖 5】所示為自製含氧量感測器及示意圖，利用鋅氧電池的原理，透過電解水溶液與陰極、陽極的氧化還原式與氧氣反應的關係產生的電壓值，進而計算出有多少的含氧值。因為市面上此傳感器較為昂貴(約 5000~18000 元新台幣)，所以決定自行製作，但其缺點為壽命較短、誤差值較市面上來的高。如【表 1】所示。



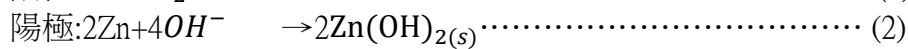
【圖 5】自製含氧量感測器(左)、示意圖(右)  
(圖 5 圖片來源:研究者自行拍攝與繪製)

【表 1】含氧量感測器價格比較

(表 1 來源:<http://www.twaes.org.tw/ae/htmdata/05403014.pdf>)

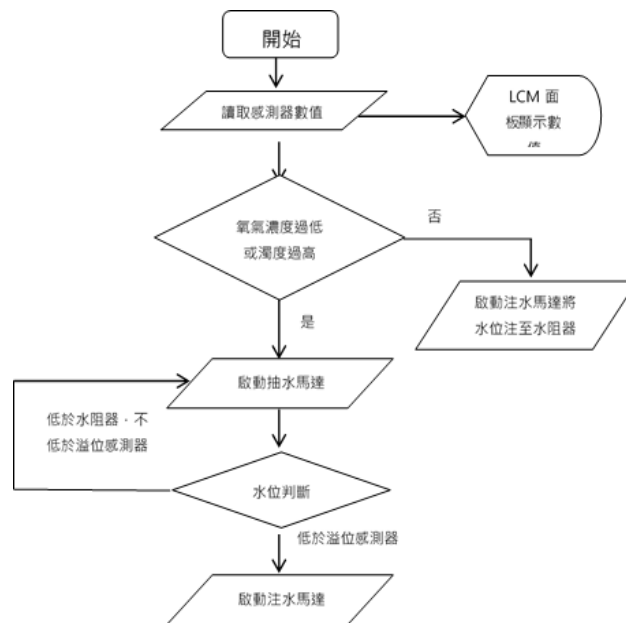
項目	自製溶氧感測系統	Oxyguard Probe(丹)	Oxyguard Probe4020(丹)	KRK(日)	Automata Inc. D.O.WATCH
使用壽命	四月以上	數年	數年	1~6 個月	—
訊號範圍	0~40mV	—	4~20mA	0~10mV	4~20mA
售價	<2000 元	約 15000 元	約 15000 元	約 5000 元	約 18000 元

1. 化學反應式:



透過上列的陰極反應式可以得出，1莫耳的氧會和四莫耳的電子產生反應，所以只要測量出的兩極的電壓，經過1KΩ後轉換成電流，就能推算出在單位面積內有多少莫耳的含氧量。

四、程式流程圖



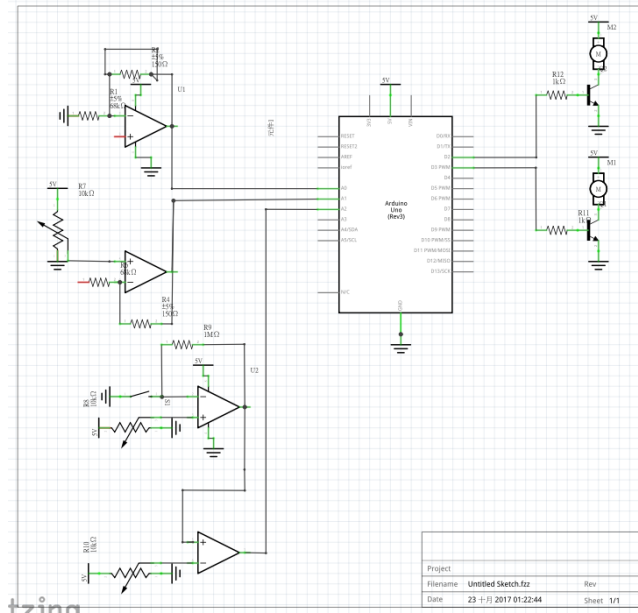
【圖 6】程式流程圖

(圖 6 圖片來源:研究者自行繪製)

【圖 6】流程圖所示，先將感測器數值輸入至 LCM 面板顯示，再判斷濁度及含氧量是否需啟動沉水馬達，啟動抽水後並利用水阻計控制高水位與溢位感測器控制低水位，將水位控定一定高度，當水質過濾回到標準值後，若水位未抽回到標準時，將水位抽至高水位後關閉抽水馬達及注水馬達。

五、電路圖

如【圖 7】所示，為本次實驗之電路圖，主要是利用一個 Atmega328 的類比接腳讀取各個感測器經過 OPA 放大器校準過後的電壓，數位接腳來控制來控制兩顆沉水馬達及 LCM 顯示。

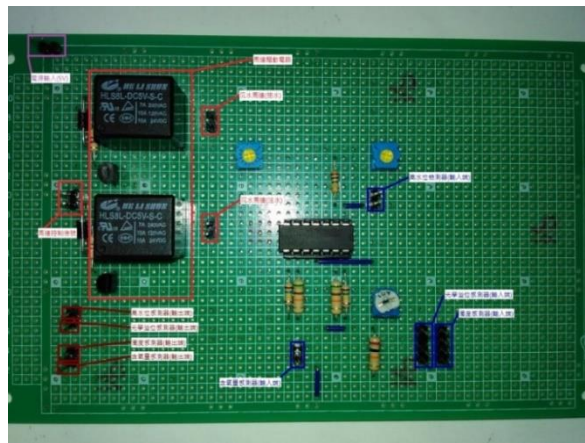


【圖 7】電路圖  
(圖 7 圖片來源:研究者自行繪製)

六、成品功能說明

(一)馬達驅動模組與感測器模組

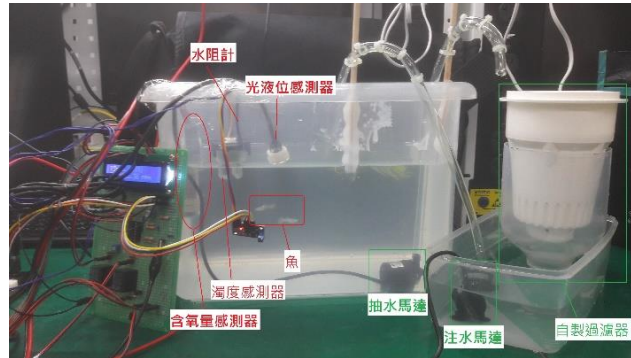
如【圖 8】所示，主要可以分成三大部分，紅色區塊為馬達驅動電路，藍色區塊分別為水阻計電路、濁度感測器、光學溢位感測器及含氧量感測器的輸入端，棕色區塊為經過 OPA 放大校準過後的信號輸出至 arduino 的類比接腳。我們將所有的感測器輸入及輸出結合在這張電路板上，節省了許多空間，若感測器的信號因時間衰退，也能透過調整可變電阻校準信號。



【圖 8】馬達驅動模組與感測器模組  
(圖 8 圖片來源:研究者自行拍攝)

(二)成品圖

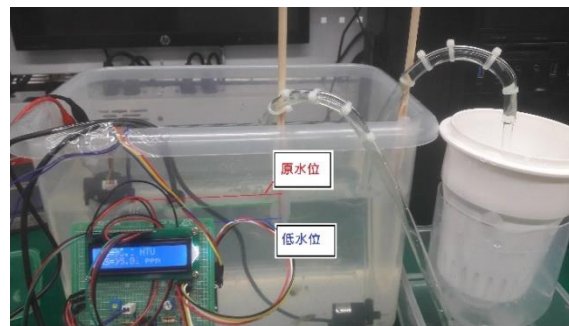
將完成的驅動感測模組分別接上感測器與沉水馬達後，再將感測器放入水箱中感測水質與水中含氧量，注水馬達負責將水抽至外面的小水箱中過濾，另一個馬達負責將水抽回水箱中。當水中濁度到達一定程度，則會透過 arduino 板控制馬達抽、注水。如【圖 9】所示。



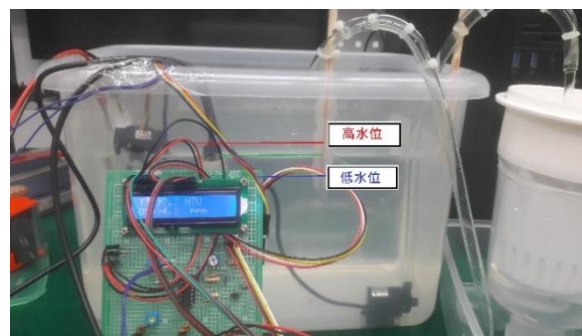
【圖 9】成品外觀  
(圖 9 圖片來源:研究者自行拍攝)

(三)功能測試結果

將感測元件接固定位置與接上 arduino 控制端上，並將電源開啟，系統開始偵測類比輸入端的電壓，LCM 面板將感測到的數值透過公式轉換顯示。當感測到的水質濁度高於 5NTU 或是當含氧量低於 5ppm 時，則啟動抽水馬達，將水抽出到外面濾心過濾。如【圖 10】、圖【11】所示。



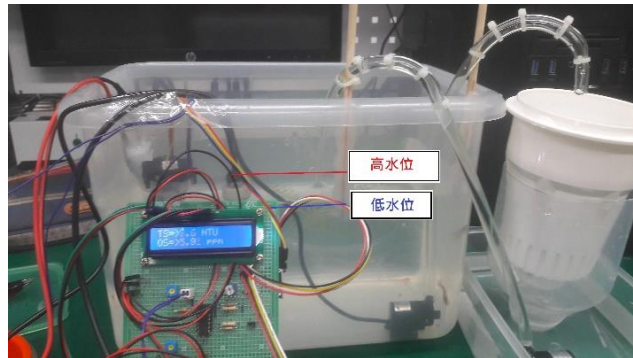
【圖 10】當水質濁度高於 5NTU，啟動抽水馬達過濾。  
(圖 10 圖片來源:研究者自行拍攝)



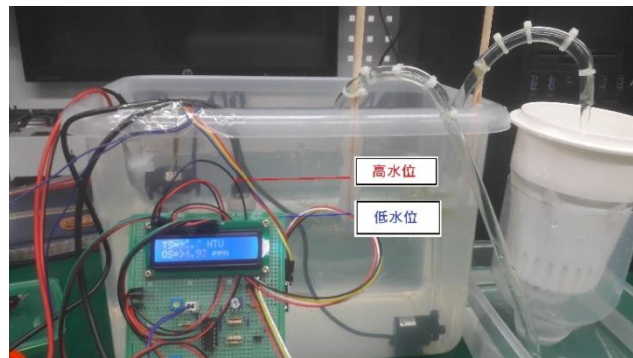
【圖 11】當含氧量低於 5ppm 時，啟動抽水馬達過濾。  
(圖 11 圖片來源:研究者自行拍攝)

### 魚缸水質監測系統

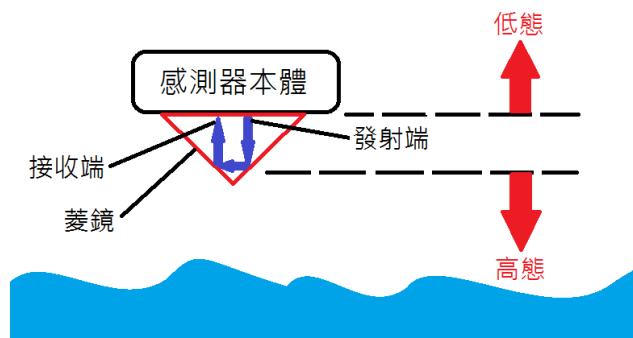
當髒水抽出使水位低於光學溢位感測器時，啟動注水馬達，將水抽回水箱中，若水質依然未低於標準值，則將啟動抽水馬達，直到水質過濾回標準值，否則將會滯留於這兩個動作中。如【圖 12】、【圖 13】所示。【圖 14】為光液位動作狀態示意圖。這是利用光學液位感測器其該段水位無法判斷的特性，控制於該水位之間。



【圖 12】當水位低於光學溢位感測器時，啟動注水馬達。  
(圖 12 圖片來源:研究者自行拍攝)



【圖 13】當水位高於光學溢位感測器，且水質未達標準值，則繼續抽水。  
(圖 13 圖片來源:研究者自行拍攝)

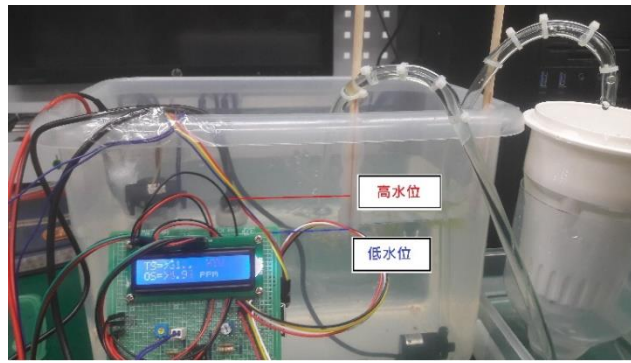


【圖 14】光液位動作狀態示意圖  
(圖 14 圖片來源:研究者自行繪製)

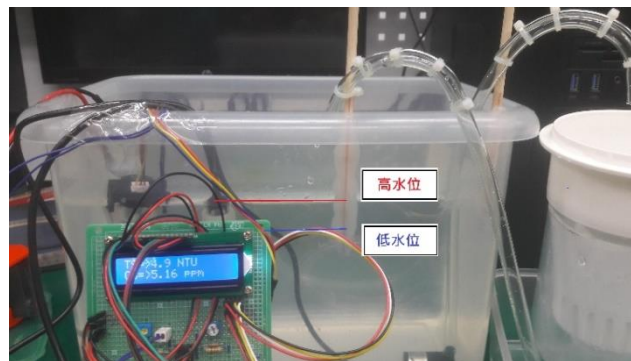
若水質過濾回標準值後，且當前水位未達高水位，則將啟動注水馬達將水位回歸至高水位，若水位抽至高水位後，將停止抽注水。如【圖 15】、【圖 16】所示。



## 魚缸水質監測系統



【圖 15】當水質回到標準值後，啟動注水馬達將水位注回高水位。  
(圖 15 圖片來源:研究者自行拍攝)



【圖 16】水質過濾回標準值後，停止抽、注水。  
(圖 16 圖片來源:研究者自行拍攝)

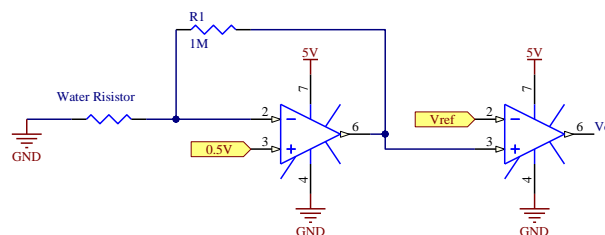
## 參、結論

### 一、問題與討論

在這次實驗過程中，我們遇到了一些問題，整理如下：

- 1、當馬達抽至低水位後，水無法如預期抽回至原本水位。

解決辦法: 我們利用了水的電阻特性，代替高水位的感測。先用電表測量出水中的電阻值，其數值大約落在 140K 到 850K $\Omega$ ，再利用水與空氣的電阻的不同，產生不同的放大倍率。一開始設定了一個參考電壓為 0.5V 輸入至非反向放大器的非反向端，而反向輸入端控制其放大倍率，在空氣中的倍率為一倍，在水中的放大倍數為 2.25~6 倍，最後在將放大後的電壓與空氣中的電壓作比較，就能判斷出此水位的狀態了。如【圖 17】所示。



【圖 17】水阻計電路圖  
(圖 17 圖片來源:研究者自行繪製)

2、當馬達啟動時，常會有雜訊干擾影響類比接腳的讀值。

解決辦法: 因為馬達在運轉時內部電感產生感應電壓，形成所謂的雜訊，所以在馬達的兩極端各並聯一個 0.1uF 的電容，結果發現能夠消除大部分的雜訊，能夠大大的降低雜訊對於類比接腳的影響。

## 二、未來發展與應用

此小論文主目前針對於水質的濁度與含氧量進行監控，在未來，希望能夠結合酸鹼值、溫度及二氧化碳濃度等裝置，使得能夠獲得各項的數值，以分析出養殖魚的最好狀態，並採用遠端即時監控系統，能夠隨時掌握到水中的狀態，以便於能夠應用於養殖漁業，讓養殖者能夠更加便利的進行養殖。

## 肆、引註資料

光學溢位感測器原理圖。2017 年 8 月 22 日，取自  
<https://www.gemssensors.com/customersupport/literature-pdfs/operating-principle-installation-and-maintenance/electro-optic-operating-principle>

侯文祥、鄭雅元、陳以溶。低造價溶氧感測儀之試作研究(2)。農業工程學報，第 54 卷第 3 期。

施士文(2015)。Arduino 微電腦實習應用。新北市:台科大圖書股份有限公司

楊明豐(2015)。Arduino 最佳入門與應用:打造互動設計輕鬆學(第二版)。台北市:基鋒資訊股份有限公司

濁度感測器原理圖。2017 年 8 月 22 日，取自  
[http://www.meidensha.com/products/water/prod\\_05/prod\\_05\\_01/index.html](http://www.meidensha.com/products/water/prod_05/prod_05_01/index.html)。

濁度感測器工作原理與濁度分析。2017 年 8 月 22 日，取自  
<http://www.fondriest.com/environmental-measurements/equipment/measuring-water-quality/turbidity-sensors-meters-and-methods/>。