

The Design of Wireless Continuous Acid-Base Detection System for Farmed Fisheries

Yan-Liang Lin, and Chun-Yueh Huang*

Department of Electrical Engineering, National University of Tainan, Tainan, 70005, Taiwan

Email: cyhun@gm2.nutn.edu.tw

Abstract

In this paper, a wireless continuous acid-base detection system for aquaculture is proposed to detect the pH value of aquaculture's water in the center position, by means of infrared remote-control vessel and Bluetooth wireless transmission.

In the proposed system, we adopt the Silicon Labs EFM32 microprocessor to act as system control unit. This microprocessor will detect the voltage generated by the UltraE pH strip and transmit it to the Bluetooth module. Then, the Bluetooth module will transmit the measured pH value to the computer on the shore. Taking advantage of the LabView user interface for making a real-time pH plot, the computer will show the pH results. Moreover, we design an infrared remote-control vessel to place the proposed system for the pH value of aquaculture's water in the center position detection, while the vessel is moving.

In system verification, we adopt the commercial acid-base detector, the UltraE pH strip, and the proposed system to detect the pH value of different concentration solution for verification. Experimental results show that the proposed system has the same trend as the commercial acid-base detector.

In conclusion, the proposed system can directly detect the pH value of aquaculture's water in the expected position, by moving an infrared remote-control vessel to the desired place, without the need of actual sampling.

Keywords: Potentiostat, biosensors, human-machine interfaces, drones, Acid-base values

* Corresponding author: cyhun@gm2.nutn.edu.tw
DOI : 10.53106/222344892022101202001

養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統設計

林彥良, 黃俊岳

國立臺南大學電機工程學系

摘要

本文提出一個養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統設計，以做為漁場水質之酸鹼值檢測，透過紅外線遙控船與藍芽無線傳輸，可測得漁場中間位置之酸鹼值，並可達成長時間連續檢測之功能。

在系統實現方面，我們選用 Silicon Labs EFM32 微處理器晶片做為整個系統的控制核心，並採用超極生技公司之酸鹼值檢測試片，將該試片檢測結果所回饋之電壓信號，經由 EFM32 之類比數位轉換器量測後，透過微處理器將結果傳送給無線藍芽模組，同時將此結果傳送到在漁場岸邊的電腦上。在感測器量測過程中，電腦端採用 LabView 開發之使用者介面，將酸鹼值之量測結果作圖，即時顯示 pH 值之結果。此外，為了能檢測漁場中間位置的水質，本論文還設計了一個可用紅外線遙控並浮於水面之載體，將整個檢測系統架構置於此載體上，來進行可在漁場中移動的酸鹼值連續檢測。

在驗證方面，我們使用商用酸鹼檢測儀、酸鹼值檢測試片、及我們所開發之檢測系統，來對不同酸鹼濃度之液體進行量測與驗證。實驗結果顯示本論文所設計之系統能與商用酸鹼檢測儀有相同之趨勢。

本文所提出之無線連續酸鹼檢測系統，可利用紅外線遙控器，將感測器移動至希望量測之位置，可不用進行檢體的取樣，直接測得待測物之酸鹼度。

關鍵詞：電化學分析儀、生物感測器、人機介面、無人機、酸鹼值

1. 緒論

農業是與人們生活息息相關的，每日的飲食都是從農業發展而來，廣義的農業包含農林漁牧等。隨著科技的日益變遷以及農業的生產技術提升，漁業有些漁產品已可以透過養殖技術來生產，在養殖過程中對於水質的要求是格外注重[1]，若水質未控制有時損失相當大，其中「酸鹼值」往往是很大的關鍵。不僅漁業對於水質需要檢測外，另一與普羅大眾息息相關的就是環境，環境的問題包含工業污染以及生態汙染，亦是政府和民間團體近期越來越重視的議題，然而許多時候在採樣檢體完通常是需再送往實驗室等待檢測數據出爐，以現今科技技術日益發達，不論是要檢驗何種物品仍需要耗時數日才能有成果，在這過程中通常會耗費許多時間，但是若能在採集地點就能夠檢視初步的檢驗結果，便能立即做出初步的處置作為，這能夠把危害的狀況降低許多。

再者，現今從事漁業的人口年齡偏高，若要每天將養殖漁場的水採樣再送往實驗室檢驗，除了耗費大量的時間，檢測結果出爐時和當時狀況也會有所差異，以及每日採樣也需要耗費人力；在筆者的成長環境，有親屬及朋友是從事農漁業，若能夠立即知道魚塢的水質檢測結果對於漁獲的品質是相當有益的，因此有了此一構想，將能檢測酸鹼之電化學分析儀器再行改良為能透過無線傳輸將資料傳輸至監測系統，這樣在未來能夠24小時監測，此外，在系統上亦加裝可控制之機器人，能讓監測者可以用紅外線控制移動到需要檢測的位置，未來甚至亦能針對各量測地方將材質加以改變因應，此設計不僅能有效檢測待測物之酸鹼值外，對於未來亦能改良增設檢測其它之檢測物，對於臺灣漁業甚至是環境保護及環境安全上是相當有潛力及貢獻性的，並且更能夠力行聯合國永續發展目標的第二項「ZERO HUNGER」和第六項「CLEAN WATER AND SANITATION」。

2. 研究方法

大多數的電化學生物感測器都是由工作電極(Working electrode)、參考電極(Reference electrode)以及輔助電極(Counter electrode)所構成。不論是哪種電化學生物感測器，在其系統內都需要一組訊號處理裝置，也就是電化學分析儀，藉以維持電化學反應的平衡及穩定，也會依照不同的需求，採用不同的電化學測量方法；此外，隨著科技的日益發展，許多量測工具開始附加無線傳輸，能夠有效減少時間、縮短距離的效益。

2.1 電化學量測法簡介

電化學反應(Electrochemical reaction)[2][3]，是在觸發電流通過時，物質之間的電子轉移所造成的化學反應，而電子轉移的行為通常都發生在兩種不一樣的導體之間的介面上。利用外部的電路加購連接到電解液，讓系統整體變成一個迴路，然後加上一個電化學電位，在電極上就會產生氧化及還原反應，之後會產生反應電流，而反映電流會流過外部的電路架構。

圖1，是電化學分析儀系統架構示意圖，在圖1中運算放大器的回授電路是將感測器的參考電極連接到運算放大器的反向輸入端，感測器的相對電極則連接至運算放大器的輸出端，讓運算放大器和感測器之間形成了負回授組態的形式。利用運算放大器的負回授機制，讓運算放大器的反向輸入端與非反向輸入端出現虛短路特性，而反向輸入端與非反向輸入端的電位將會相等，再將電化學電位連接到運算放大器的非反向輸入端，所以 $V_{ref} = V_{cell}$ ，達到將電化學電位設定到感測器的參考電極的目的。

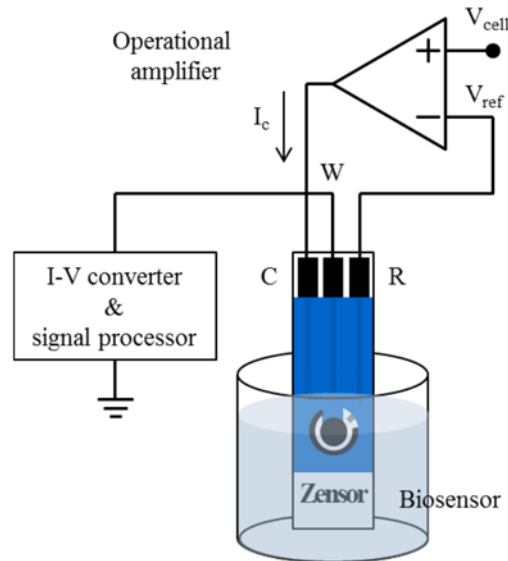


圖 1 電化學分析儀系統架構示意圖

2.2 水質分析法簡介

水質分析能夠了解水中含有哪些物質，以及是否遭受到污染等，依照環境保護署公告常見的水質分析有，導電度、濁度、色度、氫離子濃度指數...等，各種水質分析都是檢測水中的某些物質或特性。

隨著經濟成長快速，政府對於產業發展所產生的社會成本，也就是所謂的工業廢水是相當重視的，不只水質分析外，政府更會進行水質監測，對於工業廢水的 pH 值、BOD[4]、COD...等都會訂定水質指標的規定，以確保企業在營運時所排放廢水不會而外造成環境的負擔，甚至是造成社會的負擔而形成巨大的社會成本也讓水質檢測[5]的技術越來越多元；本次實驗採用的方法融合了導電度及 pH 值測定法，在同一輸入電壓，藉由 pH 值不同的待測液體經過試片的迴路後所輸出的電壓有所不同，且是與 pH 值大小變化是有關聯的。此次使用市售酸鹼電極試片如圖 2 所示，此電極上面包括有 pH Sensor 與溫度感測器，搭配本次養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統，藉由採用市售酸鹼電極試片進行 ADC 之電位差量測，並以商用儀器進行對照，商用儀器所使用的酸鹼電極試片亦是同一試片電極，因此更能有效驗證酸鹼檢測系統的準確度。



圖 2 市售酸鹼電極試片

2.3 導電度測定方法

水質分析法中的導電度檢測方法，主要是因檢測之水的導電能力特性不同來作判別，而導電度之強弱和水中解離的離子數量多寡還有溫度是有相關的。易解離的無機酸、鹼、鹽都是相當好的導電體，但是有些不易解離的有機分子則導電度相對較差。

因為導電度的測定所需工具相當簡易，也相當方面帶至檢測現場使用，常被用於環

境檢測上，水質是否受到汙染或者淡水是否有被海水混到的判斷。而農業的灌溉水，政府對於水質的把關亦是將導電度列為重要評估的一項標準。

2.4 氫離子濃度指數測定方法

氫離子濃度指數測定方法[6]，簡稱為 pH 值測定法，pH 值測定法中的電極法，主要是以玻璃電極和參考電極之待檢測品的電位，可得知氫離子的活性，而最後的顯示結果是 pH 值，以 pH 值 7 為中性，高於 pH 值 7 的為鹼性，低於 pH 值 7 的為酸性。

3. 系統設計實現

本論文設計的「養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統」，整體系統可分為兩部分，第一部分為水質檢測，對於酸鹼檢測進行設計；而第二部分，則是屬於水面上之無人機設計，需要進行遙控船的拼裝以及測試運行和是否能浮於水面。

前述所言之無人機，其技術現今被廣泛應用，常見的有無人機、自走車、遙控船...等，這些有的是採取自動感測系統，而有的無人機仍是需要人為操控，但是屬於無線控制的技術，在水上之無人機遙控船[7]的構想，是源自於自走車，但遙控船的設計仍須考量到水中的阻力，更重要的是元件的防水、防鏽...等。本論文設計的「養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統」，整體系統可分為兩部分，第一部分為水質檢測，對於酸鹼檢測進行設計；而第二部分，則是屬於水面上之無人機設計，需要進行遙控船的拼裝以及測試運行和是否能浮於水面。

3.1 無線連續酸鹼檢測系統設計

本論文設計的無線連續酸鹼檢測系統，如圖 3 所示為酸鹼檢測系統之系統架構圖，待分析儀連接上電源後，首先會執行系統的初始化，包含啟動時鐘源、開關相對電極開路等，接著便會等待實驗操作者從 LabVIEW 軟體介面點選啟動鍵，系統內部便會傳送啟動辨別碼，之後便會進入量測導電並經由內部系統運算輸出 pH 值，檢測結束後系統會將電位調回至基準電位以及將相對電極開路能夠有效避免不必要的反應，最後回到 LabVIEW 等待啟動的初始狀態，而整個無線連續酸鹼檢測系統程式流程圖如圖 4 所示。

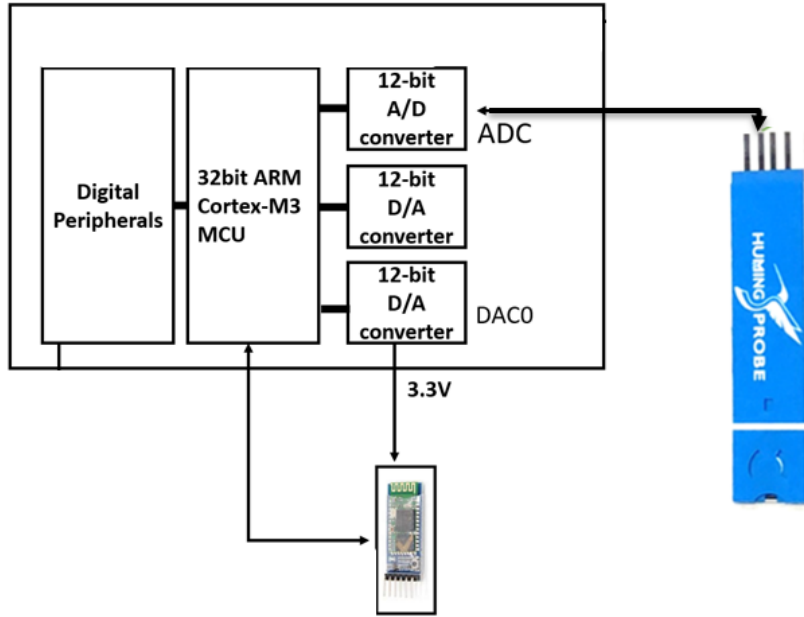


圖 3 酸鹼檢測系統架構圖

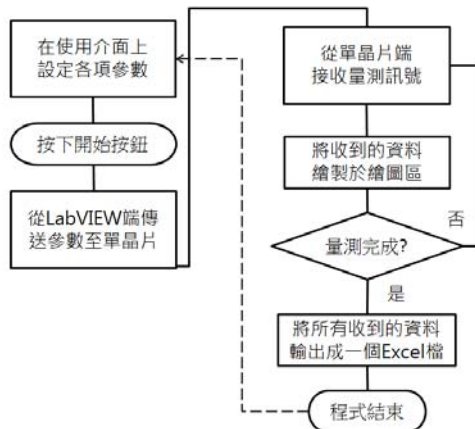


圖 4 無線連續酸鹼檢測系統程式流程圖

3.2 單晶片與程式步驟流程

單晶片 EFM32 與程式的使用步驟流程圖如圖 5 所示，在單晶片 EFM32 接收到啟動的訊號，隨後便會開始運作產生訊號並且同步進行資料處理及測量電壓訊號，最後將所得到的訊號回傳到 LabVIEW 軟體端。

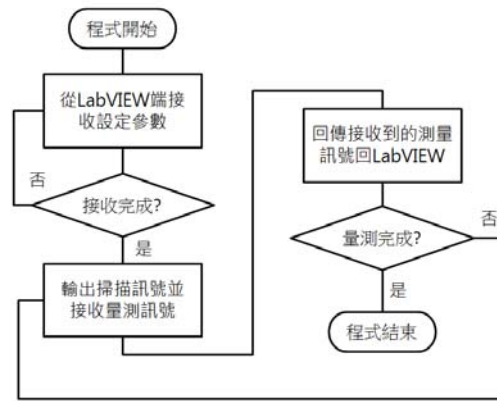


圖 5 單晶片 EFM32 與程式的使用步驟流程圖

3.3 訊號量測產生方式

本次實驗的訊號量測產生，藉由 efm32 的 ADC 量測市售酸鹼試片電極經電化學反應後所產生的電位差，並經過市售酸鹼市片電極的迴路後輸出，藉由 EFM32 輸入量測，再透過藍芽傳輸至 LabVIEW 人機介面，而訊號量測產生流程圖如圖 6 所示。

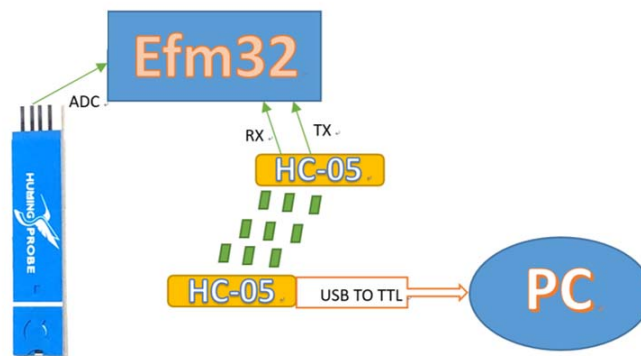


圖 6 訊號量測產生流程圖

3.4 量測操作頁面

圖 7 當中，可以看到在 LabVIEW 操作介面 1 主要區塊是有關 COM 的連接以及 baud rate 的設定；在圖 7 中，則是可以看到介面 2 主要區塊則有即時顯示 pH 值的區塊，除主要區塊外另於主要區塊外可看見輸入電壓之區塊，主要為量測之操作頁面；在圖 8 中則為酸鹼檢測系統實驗之操作畫面，能從圖 9 中看見系統能即時顯示 pH 值。

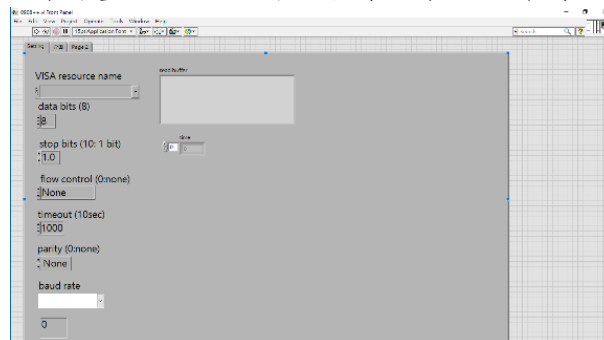


圖 7 LabVIEW 操作介面 1

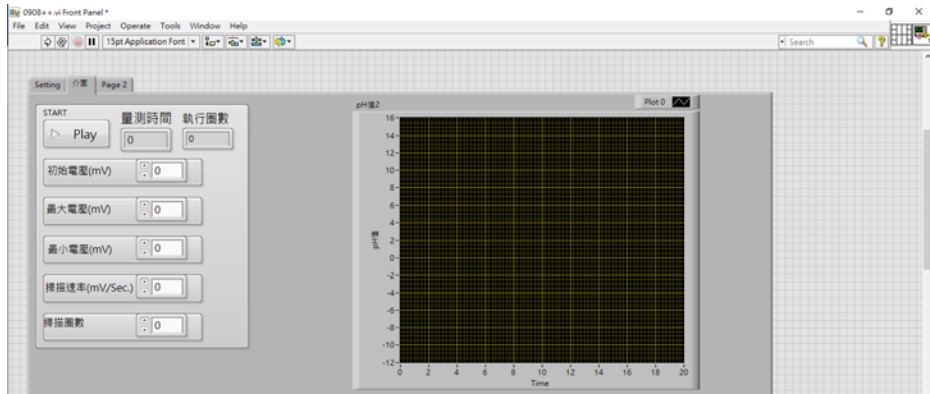


圖 8 LabVIEW 操作介面 2

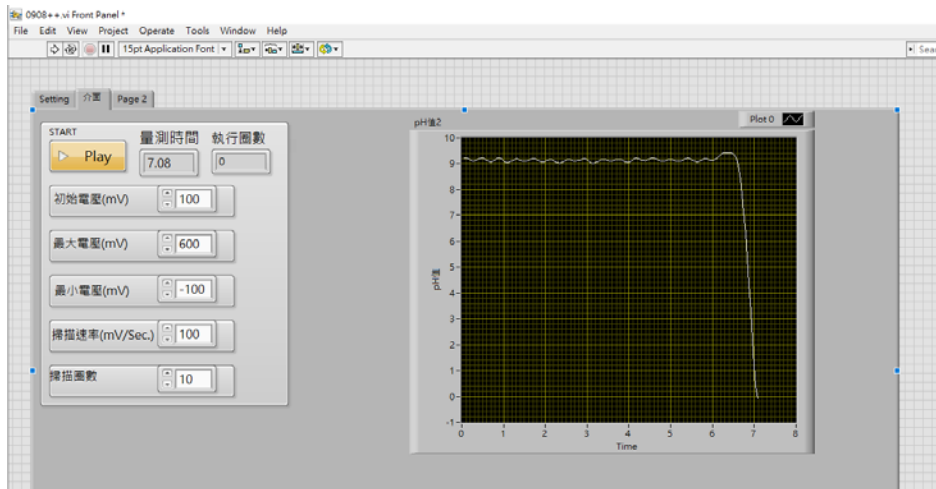


圖 9 酸鹼檢測系統實驗之 LabVIEW 操作畫面

3.5 環保自造船之程式設計

本論文設計之環保自造船，其程式設計部分是使用 Arduino，Arduino UNO 板與 Arduino 程式設計步驟流程圖如圖 10，在 Arduino 程式部分則分為兩部分設計，第一部分為確認紅外線相關資訊，確認紅外線相關資訊後進行第二部分，第二部分為主程式的設計，最後才完成整個環保自造船的設計。

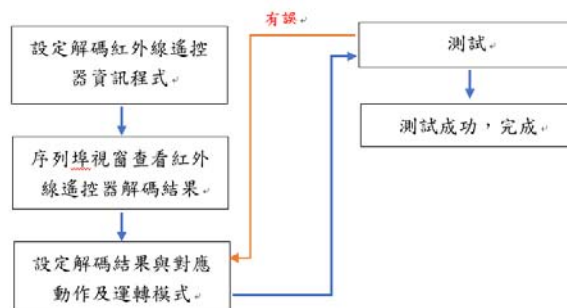
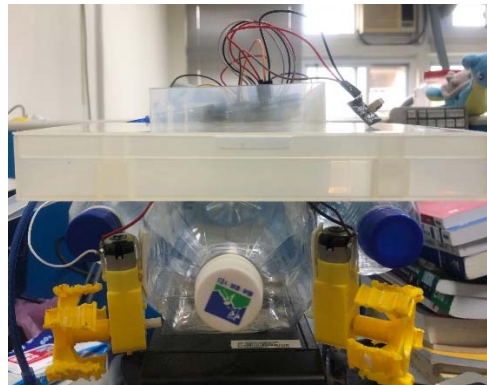


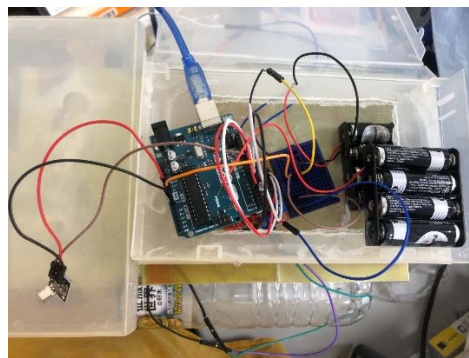
圖 10 Arduino UNO 板與 Arduino 程式設計步驟流程圖

3.6 環保自造船設計

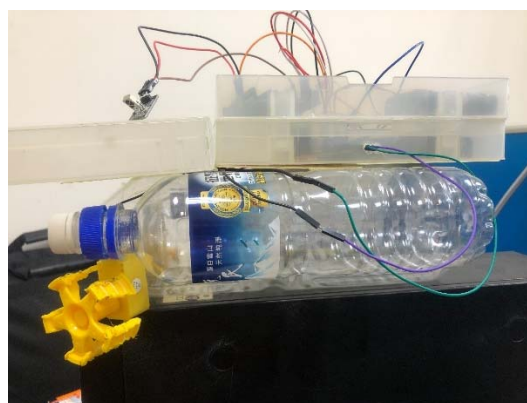
本論文中實驗所需的環保自造船，是用環保再生之紅外線遙控船，本次環保自造船以 arduino 為程式主體，運用紅外線遙控器及紅外線接收模組，並連接 L298N，將前述元件之接地外接於麵包板，且用八顆電池模組用以供應 L298N 進一步連接至輪子的控制馬達，本次實驗之環保自造船完成品之正面圖、俯瞰圖、側面圖如圖 11(a)、(b)、(c) 所示。



(a)



(b)



(c)

圖 11 (a)環保自造船正面圖, (b)俯瞰圖, (c)側面圖

3.7 實驗環境

在酸鹼檢測系統實驗驗證會用不同濃度之液體來進行檢測，將其所測出的實驗結果以相同試片電極及相同液體與商用酸鹼量測儀進行驗證比對，系統測試之實驗環境如圖所示。圖 12 為酸鹼檢測系統整合測試，為避免水流致使環保自造船漂走甚至底下暗渠而無法將船收回，故於環保自造船後方綁上尼龍繩。在圖 13 中則可看見右側有電腦端的藍芽模組，接收環保自造船上的藍芽訊號傳輸至 LabVIEW 並且同步進行運算及時顯示 pH 值。

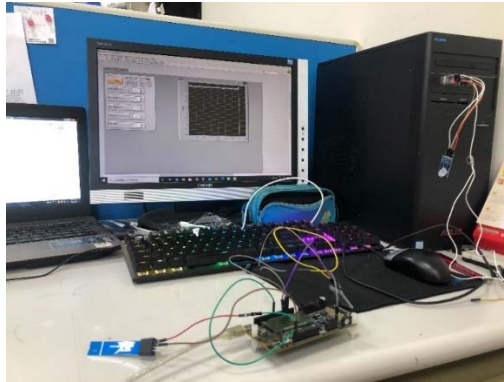


圖 12 系統測試環境圖



圖 13 酸鹼檢測系統整合測試圖

3.7 量測結果

圖 14 為商用儀器檢測誠正大樓魚池之結果，其所量測之 pH 值結果為 7.85；而圖 15 為本次所設計之無線連續酸鹼檢測系統檢測誠正大樓魚池之輸出數據結果，將所儲存的數據資料用 excel 觀察可發現此次實驗之 pH 值為大約 7.8 左右；將圖 14 之商用儀器量測結果與圖 15 酸鹼檢測系統之輸出結果兩相對照，可發現本次使用之無線連續酸鹼檢測系統與商用儀器兩者之間在標準誤差內。



圖 14 商用儀器量測誠正大樓魚池結果

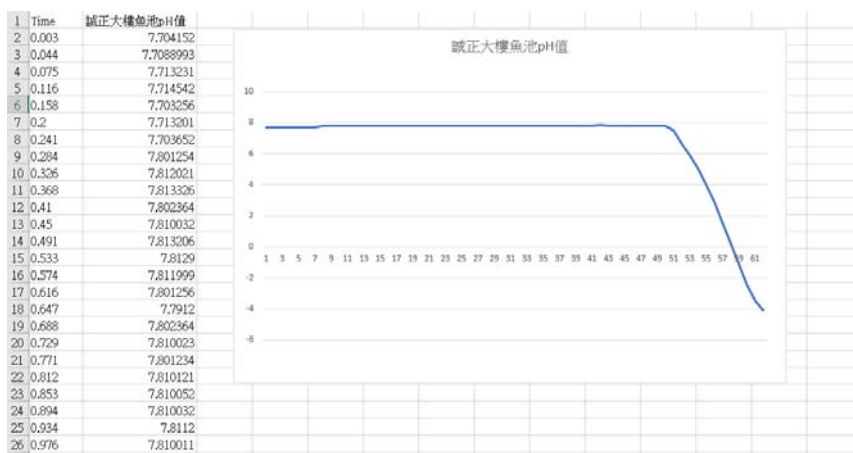


圖 15 無線連續酸鹼檢測系統量測誠正大樓魚池之輸出數值結果

3.8 無線連續酸鹼檢測系統之酸鹼反應

本文所設計之養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統，在進行測試時，當鹼性溶液加入酸性溶液，如圖 16 可觀察到酸鹼反應之變化，在鹼性液體加入酸性液體的時候，一開始酸鹼值會急速下降，但之後仍會有些許時間為酸鹼中和反應時間，待酸鹼反應完全後便會呈現穩定數值，且當酸鹼中和反應過程中會有放熱作用。

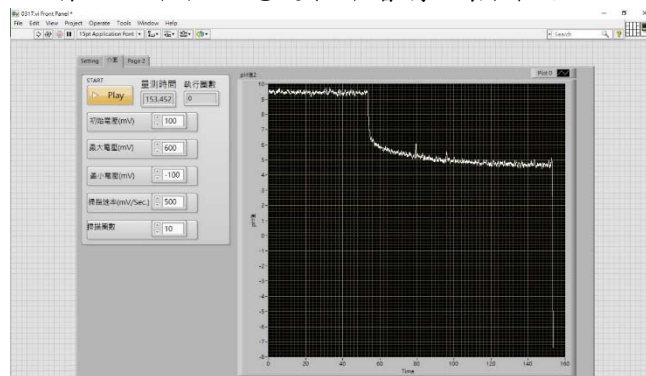


圖 16 無線連續酸鹼檢測系統酸鹼反應

4. 結論與未來展望

本文所設計之養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統，為檢測液體酸鹼值的小型電化學分析儀，運用市售零件進行系統設計，在系統方面則是使用 EFM32 微處理器晶片，別用 ADC0 來進行量測訊號。

在軟體部分則是使用無線傳輸功能，利用藍芽進行資料傳輸；而可移動式物品，則是設計紅外線遙控船，讓每位使用者皆能夠簡單操作，能順利將無線連續酸鹼檢測系統利用紅外線遙控船移動至操作者所指定的位置進行量測。

有關於本文所設計的養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統，其未來發展，能應用於漁業及工業環境安全，並可搭配待測物之不同性質而研發出不同材質且檢測不同物品之試片，以及搭配之浮於待測物上之紅外線遙控船亦能依待測物之特性改良遙控船的材質，能夠有效減少檢測者在檢測時所發生的安全意外；而無線通訊部份則可以改良進化成使用 WiFi，如使用 WiFi 則檢測物所處之面積可以較大，能解決紅外線及藍芽在有效特定範圍內才能夠連結的問題，甚至在數據部分未來也能運用雲端功能將資料上傳至雲端，則能隨時於任何有訊號之地方觀看即時量測狀況。此外，本系統不只能應用於養殖漁場的酸鹼量測，系統亦能夠增加其他元件能應用於工業進行檢測工業廢水之各項數值，本透過即時系統回報，讓業界工廠各業管人員能夠立即處理，避免重大環保問題發生。

綜合上述可知，本論文所設計之養殖漁場之無線連續酸鹼檢測系統，具有相當大的潛力，不論是在生態環境的保護，還是在養殖漁業的設備市場甚至是應用在工業發展及城市開發都是相當有前景的，不僅能夠展現出其立即性檢測的功用，在未來 AIot 應用上更有一席之地。

5. 致謝

本研究得以完成，感謝超極生技股份有限公司提供酸鹼感測試片以及酸鹼檢測儀

6. 參考文獻

- [1] 智慧監測水質，助養殖漁業開創新局，<https://rcampus.swcp.gov.tw/node/334>
- [2] 國立臺灣大學，電化學electrochemistry
- [3] https://case.ntu.edu.tw/castudio/files/speech/ref/cs0099s1b02_11.pdf
- [4] 胡啟章，電化學原理與方法，五南出版社，台北市，2007。
- [5] 林君儀，大甲及大安溪流域水量改善策略對BOD之影響研究，國立交通大學土木工程系所碩士班，2009。
- [6] 劉佳文，自動化多功能水質檢測暨淨化系統之研究開發，國立交通大學機械工程系所碩士班，2014。
- [7] 行政院環境保護署，水之氫離子濃度指數(pH值)測定方法，
- [8] <https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=693C1D9534289901>
- [9] Dunbabin, M., Grinham, A., & Udy, J. (2009). An autonomous surface vehicle for water quality monitoring. Paper presented at the Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA).

Biographies



Chun-Yueh Huang was born in Taichung, Taiwan, Republic of China, on March 24, 1967. He received the B.S. degree in industrial education from the National Chang Hwa Normal University, Chang Hwa, Taiwan in 1991, M.S. and Ph.D. degrees both in electrical engineering from the National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, in 1993 and 1997, respectively. Since 2005 he has been on the faculty of the National University of Tainan, where he is currently a Professor in the Department of Electrical Engineering. During 1999–2005, he was an Associate Professor in the Department of Electronic Engineering of the Kan Shan University. His current researches include signal processing of biosensor, and applications of biosensor.



Yan-Liang Lin was born in Kaohsiung, Taiwan, Republic of China, on December 17, 1996. He received the M.S. degree in the Department of Electrical Engineering of the National University of Tainan in 2021. He is an assist engineer of Nan Ya Plastics Crop, and now he is studying the Ph.D. degree in the Department of Electrical Engineering of the National University of Tainan. In addition, he is a columnist who writes about social services and defense affairs.

