

**BỘ CÔNG THƯƠNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**



**PHAN THÀNH TRUNG**

**THIẾT KẾT MÁY TỰ ĐỘNG ĐO ĐỘ KIỀM CỦA NƯỚC**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ**  
**CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**  
**TS. NGUYỄN HỮU PHÁT**

**HẢI DƯƠNG – NĂM 2018**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan các kết quả nghiên cứu đưa ra trong khóa luận tốt nghiệp này là các kết quả thu được trong quá trình nghiên cứu của riêng tôi với sự hướng dẫn của thầy Nguyễn Hữu Phát, không sao chép bất kì kết quả nghiên cứu nào của tác giả khác. Nội dung nghiên cứu có tham khảo và sử dụng một số thông tin, tài liệu từ các nguồn tài liệu đã được liệt kê trong danh mục các tài liệu tham khảo. Nếu sai tôi xin chịu mọi hình thức kỷ luật theo quy định.

*Hải Dương, ngày 15 tháng 7 năm 2018*

**Tác giả luận văn**

**Phan Thành Trung**

**MỤC LỤC**

LỜI CAM ĐOAN  
 DANH MỤC CÁC BẢNG  
 DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ  
 MỤC LỤC.....3  
 DANH MỤC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ .....6  
 MỞ ĐẦU.....1  
 CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN.....2  
     1.1 Tổng quan.....2  
     1.2 Mục tiêu và phạm vi.....2  
     1.3 Một số sản phẩm đã có trên thị trường.....2  
         1.3.1 Máy phân tích độ kiềm model APA6000 của công ty Hach [1].....2  
         1.3.2 Máy đo kiềm Hanna HI755 của công ty Hanna Instruments [2].....3  
 CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT .....5  
     2.1. Lý thuyết về độ kiềm.....5  
         2.1.1 Các khái niệm chung .....5  
         2.1.2 Các phương pháp biểu diễn độ kiềm [8].....10  
     2.2. Các phương pháp đo độ kiềm [10].....12  
         2.2.1 Phương pháp chuẩn độ.....13  
         2.2.2 Phương pháp chênh lệnh ion.....14  
     2.3. Ảnh hưởng của độ kiềm tới thủy - hải sản .....15  
 CHƯƠNG 3. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG .....17  
     3.1 Chỉ tiêu kỹ thuật .....17  
         3.1.1 Yêu cầu chức năng.....17  
         3.1.2 Yêu cầu phi chức năng.....17  
     3.2 Các sơ đồ của thiết kế.....17  
 CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG .....22  
     4.1 Khối cấp axit .....22  
     4.2 Khối điều khiển .....28  
     4.3 Khối đo đặc .....35  
     4.4 Khối cấp nước .....37  
     4.5 Khối nguồn .....39  
     4.6 Một số sơ cấu cơ khí.....40  
     4.7 Lưu đồ hoạt động của máy .....42  
 CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM.....45  
     5.1 Môi trường đo kiềm và đầu vào .....45

5.2	Kết quả .....	45
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....		48
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....		49
PHỤ LỤC.....		51
Phụ lục 1. Mạch nguyên lý .....		51
Phụ lục 2. Quy trình đo độ pH của nước .....		52
Phụ lục 3. Thuật toán PID điều khiển tốc độ động cơ.....		54

**DANH MỤC BẢNG BIỂU**

Bảng 1. 1. Thông số kỹ thuật máy đo kiềm APA6000 - Hach .....	12
Bảng 1. 2. Thông số kỹ thuật máy đo kiềm HI755 – Hanna.....	412
Bảng 2. 1. Các thành phần tạo nên độ kiềm.....	6
Bảng 2. 2. Độ kiềm tổng của nước biển ở ba vùng biển [4] .....	9
Bảng 2. 3. Một số giá trị điểm cuối chuẩn độ .....	11
Bảng 5. 1. Kết quả thực nghiệm với đầu vào khác nhau.....	58
Bảng 5. 2. So sánh sản phẩm với máy APA6000 – Hach.....	58

**DANH MỤC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ**

Hình 2. 1. Sự phụ thuộc của độ kiềm tổng theo pH.....	100
Hình 2. 2. Phương pháp chuẩn độ.....	133
Hình 3. 1. Sơ đồ tổng thể của thiết kế.....	28
Hình 3. 2. Mô hình máy đo.....	28
Hình 3. 3. Sơ đồ khối của máy đo.....	29
Hình 3. 4. Sơ đồ trạng thái.....	31
Hình 4. 1. Khối cấp axit.....	22
Hình 4. 2. Cụm xilanh axit.....	23
Hình 4. 3. Kết nối cụm cấp axit.....	27
Hình 4. 4. Hoạt động cấp axit.....	27
Hình 4. 5. Sơ đồ điều khiển bơm, khuấy.....	32
Hình 4. 6. Hệ thống encoder.....	33
Hình 4. 7. Hai kênh A và B và dạng xung trên các kênh.....	34
Hình 4. 8. Khối đo đặc.....	36
Hình 4. 9. Hoạt động đo đặc.....	36
Hình 4. 10. Mô hình khối đo đặc.....	37
Hình 4. 11. Khối cấp nước.....	38
Hình 4. 12. Hoạt động cấp nước.....	39
Hình 4. 13. Module LM2596.....	40
Hình 4. 14. Nguồn tổ ong.....	40
Hình 4. 15. Module L298.....	40
Hình 4. 16. Toàn bộ máy đo.....	41
Hình 4. 17. Phễu nước thải.....	42
Hình 4. 18. Hệ thống chứa axit.....	42
Hình 4. 19. Lưu đồ hoạt động.....	42
Hình 4. 20. Hoạt động dọn dẹp.....	43
Hình 4. 21. Máy đo trên thực tế.....	44

## **MỞ ĐẦU**

Trong những năm gần đây, nghề nuôi trồng thủy – hải sản đang ngày càng phát triển ở Việt Nam. Cùng với đó, việc áp dụng các tiến bộ khoa học công nghệ là rất cần thiết để nâng cao chất lượng và số lượng sản phẩm. Độ kiềm là một trong những thông số quan trọng của nước, có ảnh hưởng trực tiếp đến sức sống và phát triển của thủy – hải sản. Do đó, thông số độ kiềm cần được theo dõi thường xuyên, liên tục để có những phương pháp nuôi dưỡng cũng như khắc phục các vấn đề xảy ra một cách hiệu quả và kịp thời.

Trước nhu cầu đó, em quyết định thực hiện luận văn “Thiết kế máy tự động đo độ kiềm của nước”. Chiếc máy này sẽ có khả năng đo độ kiềm tổng của nước theo chu kỳ định sẵn, giá trị đo được sẽ được hiển thị lên màn hình để dễ dàng theo dõi.

Trong việc thực hiện luận văn này, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy giáo TS. Nguyễn Hữu Phát – giảng viên viện Điện Tử Viễn Thông.

Đồng thời, em cũng xin cảm ơn các bạn sinh viên thuộc phòng nghiên cứu SANSLAB, phòng 618 thư viện Tạ Quang Bửu, phòng nghiên cứu Cơ điện tử, nhà C8B, đại học Bách Khoa Hà Nội đã giúp đỡ em rất nhiều trong đề tài này.

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN**

### **1.1 Tổng quan**

Trong nuôi trồng thủy - hải sản, việc giữ các thông số của nước nuôi phù hợp và ổn định đóng vai trò quan trọng đến năng suất, chất lượng sản phẩm. Do đó, các thông số nước cần được theo dõi thường xuyên, liên tục để giúp người nuôi nắm bắt được tình trạng ao nuôi.

Độ kiềm tổng của nước nuôi là một thông số quan trọng và cũng cần được theo dõi. Việc đo độ kiềm tổng có thể thực hiện bằng tay với các công cụ, máy đo đã được thương mại hóa nhiều trên thế giới. Tuy nhiên, làm như vậy sẽ gây tốn nhân công, thời gian cho người nuôi trồng thủy - hải sản. Thêm nữa, các máy đo tự động lại có giá rất cao, khiến người nuôi trồng không dễ dàng bỏ tiền ra để đầu tư.

Để giải quyết các vấn đề trên, luận văn này mong muốn đạt được kết quả là thiết kế thành công một máy tự động đo độ kiềm tổng của nước và giá trị đo được hiển thị lên màn hình để phục vụ theo dõi, giám sát. Ngoài ra, giá cả của sản phẩm phải ở mức cạnh tranh với các sản phẩm đang bán trên thế giới.

### **1.2 Mục tiêu và phạm vi**

Luận văn này có thể chia ra hai phần lớn. Phần đầu sẽ trình bày các lý thuyết về độ kiềm của nước cũng như các phương pháp, quy trình đo độ kiềm tổng bằng tay. Phần sau trình bày quá trình thiết kế máy đo kiềm tổng và các kết quả đạt được cho đến hiện tại.

### **1.3 Một số sản phẩm đã có trên thị trường**

*1.3.1 Máy phân tích độ kiềm model APA6000 của công ty Hach [1]*



Chiếc máy được phát triển và sản xuất tại công ty Hach – công ty chuyên về sản xuất, phân phối các thiết bị, hóa chất phân tích dùng trong kiểm tra chất lượng nước và các loại chất lỏng khác tại phòng thí nghiệm hay ngoài hiện trường. Sản phẩm này có khả năng đo độ kiềm tổng và độ kiềm phenolphthalein một cách tự động. Việc hiệu chuẩn cũng được thực hiện tự động. Bảng dưới đây là các thông số kỹ thuật của máy.

**Bảng 1. 1. Thông số kỹ thuật máy đo kiềm APA6000 - Hach**

<b>Thông số</b>	<b>Giá trị</b>
Độ chính xác	$> \pm 5 \%$ giá trị đọc hay $\pm 1.0$ mg/L, chọn giá trị cao hơn
Tín hiệu ra	Analog 4-20 mA
Thang đo	1 đến 250 mg/L
Chu kỳ hiệu chuẩn	60 phút
Chu kỳ	8 phút
Kích thước (CxRxĐ)	522 mm x 627 mm x 526 mm (21 x 25 x 21")
Nguồn điện	90 - 240 V 50/60 Hz $\pm 2$ Hz
Thời gian phản hồi	Nhỏ hơn 10 phút
Nhiệt độ mẫu	5 đến 50 °C
Khối lượng	25.5 kg

*1.3.2 Máy đo kiềm Hanna HI755 của công ty Hanna Instruments [2]*

Hanna Instruments là công ty toàn cầu về thiết bị phân tích chất lượng. Máy đo kiềm Hanna HI755 là máy đo bán tự động, người dùng phải tự bỏ thuốc thử, nước

mẫu vào ống nghiệm. Máy sử dụng công nghệ phân tích cường độ màu để thực hiện đo đạc. Một số thông số kỹ thuật của máy được cho trong Bảng 1.2 dưới đây.

**Bảng 1. 2. Thông số kỹ thuật máy đo kiềm HI755 – Hanna**

<b>Thông số</b>	<b>Giá trị</b>
Thang đo	0 đến 300 ppm
Độ phân giải	1ppm
Độ chính xác	$\pm 5 \% \text{ ppm (mg/L)} \pm 5 \%$
Nguồn sáng	LED @ 610nm
Môi trường hoạt động	0 - 50 °C
Nguồn	PIN 1,5V AAA
Tự động tắt	10 phút sau khi sử dụng
Kích thước	81,5mm x 61mm x 37.5mm
Khối lượng	64 g

Từ các bảng thông số kỹ thuật trên, ta thấy rằng chiếc máy đo độ kiềm được tự động hóa hoàn toàn có kích thước lớn hơn hẳn, đương nhiên, giá cũng cao hơn. Đây cũng là gợi ý cho việc thực hiện luận văn này của em.

## CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

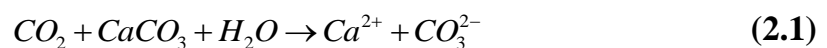
Chương này sẽ trình bày các lý thuyết nền tảng về độ kiềm như các khái niệm chung về độ kiềm, các cách biểu diễn độ kiềm; mô tả, so sánh ba phương pháp đo độ kiềm và cuối cùng sẽ nêu một số ảnh hưởng chính của độ kiềm tới nuôi trồng thủy – hải sản.

### 2.1. Lý thuyết về độ kiềm

#### 2.1.1 Các khái niệm chung

Độ kiềm (alkalinity): theo tiêu chuẩn ISO 9963-1:1994 [3], là khả năng định lượng của môi trường nước để phản ứng với các ion hydro. Hay theo một cách dễ hiểu hơn, độ kiềm là số lượng các bazo trong dung dịch có thể dùng để trung hòa axit trong dung dịch đó. Độ kiềm là thông số rất quan trọng trong việc xác định khả năng trung hòa ô nhiễm axit (axit do mưa, do nước thải, v.v..) của nước.

Nguyên nhân chính gây ra độ kiềm của nước tự nhiên là do muối của các axit yếu gây nên. Ngoài ra, các chất kiềm yếu và bazo mạnh cũng là yếu tố góp phần gây ra độ kiềm. Trong hầu hết các vùng nước tự nhiên, tất cả các ion ngoại trừ  $HCO_3^-$  và  $CO_3^{2-}$  đều có nồng độ thấp. Do đó, độ kiềm cacbonat xấp xỉ bằng độ kiềm tổng. Xem phương trình sau:



Độ kiềm (thường được ký hiệu là AT) đo khả năng trung hòa axit của một dung dịch đến điểm pH tương đương của cacbonat hoặc bicacbonat. Độ kiềm bằng với tổng số nhiệt động lực học của bazo trong dung dịch. Trong môi trường tự nhiên, vì có sự hòa tan đá cacbonat và hòa tan cacbon dioxit trong khí quyển nên ion cacbonat có hàm lượng lớn nhất, do đó độ kiềm cacbonat góp phần lớn trong độ

kiềm tổng. Các thành phần khá phổ biến khác tạo nên độ kiềm tổng gồm borat, hydroxit, photphat, silicat, amoni hòa tan, các bazo liên hợp của một số axit hữu cơ và sunphat. Bảng 2.1 dưới đây minh họa sự đóng góp của các thành phần trong độ kiềm của nước biển ở pH = 8 [4].

**Bảng 2. 1. Các thành phần tạo nên độ kiềm**

Thành phần	Mức độ đóng góp
$HCO_3^-$ (bicacbonat)	89,98
$CO_3^{2-}$ (cacbonat)	6,7
$B(OH)_4^-$ (borat)	2,9
$SiO(OH)_3^-$ (silicat)	0,2
$MgOH^+$ (magie monohydroxylat)	0,1
$OH^-$ (hydroxit)	0,1
$HPO_4^-$ và $PO_4^-$ (photphat)	0,1

Trong nước ngầm hoặc nước biển điển hình, độ kiềm tổng được đo bằng:

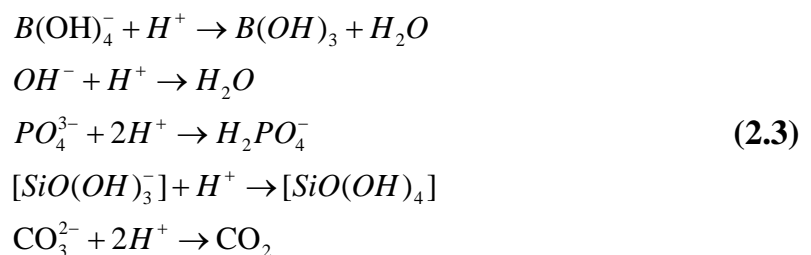
$$A_T = [HCO_3^-]_T + 2[CO_3^{2-}]_T + [B(OH)_4^-]_T + [OH^-]_T + 2[PO_4^{3-}]_T + [HPO_4^{2-}]_T + [SiO(OH)_3^-]_T - [H^+] - [HSO_4^+] \quad (2.2)$$

(Chỉ số T cho thấy nồng độ tổng số của các loài trong dung dịch được đo lường. Điều này trái ngược với nồng độ tự do, có tính đến số lượng đáng kể các tương tác của cặp ion xảy ra trong nước biển) [5].

Độ kiềm được đo bằng cách thêm axit mạnh (ví dụ axit HCl hoặc  $H_2SO_4$ ) vào dung dịch cho tới khi tất cả dung tích đệm của các ion nói trên vượt quá độ pH của

bicacbonat ( $HCO_3^-$ ) hoặc cacbonat ( $CO_3^{2-}$ ). Hay hiểu đơn giản hơn, đo độ kiềm bằng cách tính lượng axit cần thêm vào để dung dịch đạt được các giá trị pH mong muốn. Với độ kiềm tổng, giá trị pH này là 4.5. Tại thời điểm đạt được pH = 4.5, tất cả các bazo gây ra độ kiềm đã được proton hóa về mức không, do đó chúng không gây ra độ kiềm nữa. Còn trong hệ cacbonat, các ion bicacbonat và ion cacbonat đã chuyển hóa hoàn toàn thành axit cacbonic. Do đó, giá trị pH này còn được gọi là điểm tương đương  $CO_2$  (vì thành phần chính của chất hòa tan trong nước là  $CO_2$  đã được chuyển thành  $H_2CO_3$ ). Tại thời điểm này, do không có bazo hoặc axit mạnh nên tính kiềm được mô phỏng và định lượng theo điểm tương đương  $CO_2$ .

Trong các điều kiện tự nhiên, có thể có hiện tượng bổ sung bazo đến các vùng nước tự nhiên ở điểm tương đương  $NH_3$ . Nguyên nhân của việc này là sự giải phóng các đá cơ bản, bổ sung amoniac ( $NH_3$ ) hoặc amin hữu cơ. Các bazo hòa tan trong nước làm tăng độ pH cũng như nồng độ ion  $OH^-$  tương đương với tổng lượng  $CO_2$  được chuyển đổi từ ion cacbonat và ion bicacbonat. Ở điều kiện cân bằng, nồng độ của các axit yếu đóng góp một lượng nhất định đến độ kiềm. Và ngược lại, việc bổ sung axit yếu (để chuyển ion sang  $CO_2$ ) và bổ sung liên tục axit mạnh có thể gây ra độ kiềm nhỏ hơn không. Để trực quan hơn, ta xem các phản ứng proton hóa xảy ra trong quá trình bổ xung axit và một dung dịch nước biến đổi hình:



Từ các phương trình trên, ta thấy rằng đa số các bazo nhận một proton để trở thành thành phần trung tính, do đó, việc tăng độ kiềm được biểu diễn bằng một chất tương đương (tức là cần một proton để trung hòa chất tương đương này). Tuy nhiên  $\text{CO}_3^{2-}$  sẽ cần nhận 2 proton để trở thành thành phần trung tính  $\text{CO}_2$ , vì vậy nó làm tăng độ kiềm bằng 2 lần trên mỗi mol  $\text{CO}_3^{2-}$ . Từ đây, ta thấy các thành phần  $\text{H}^+$  và  $\text{HSO}_4^+$  sẽ hoạt động như các nguồn cung cấp proton, do đó chúng làm giảm độ kiềm và được biểu diễn chung là  $[\text{H}^+]_T$ .

Đơn vị đo độ kiềm là mEq/L (miliEquivalent per litre). Ngoài ra, tùy theo phương pháp đo, người ta cũng dùng những đơn vị khác. Ví dụ, đơn vị milimol/L HCl hoặc mg/L  $\text{CaCO}_3$  thường được dùng cho phương pháp chuẩn độ với hệ số chuyển đổi 50 [6].

Độ kiềm tổng không bị ảnh hưởng nhiều bởi nhiệt độ và áp suất. Phân tích Bảng 2.2 ta có thể thấy được điều đó.

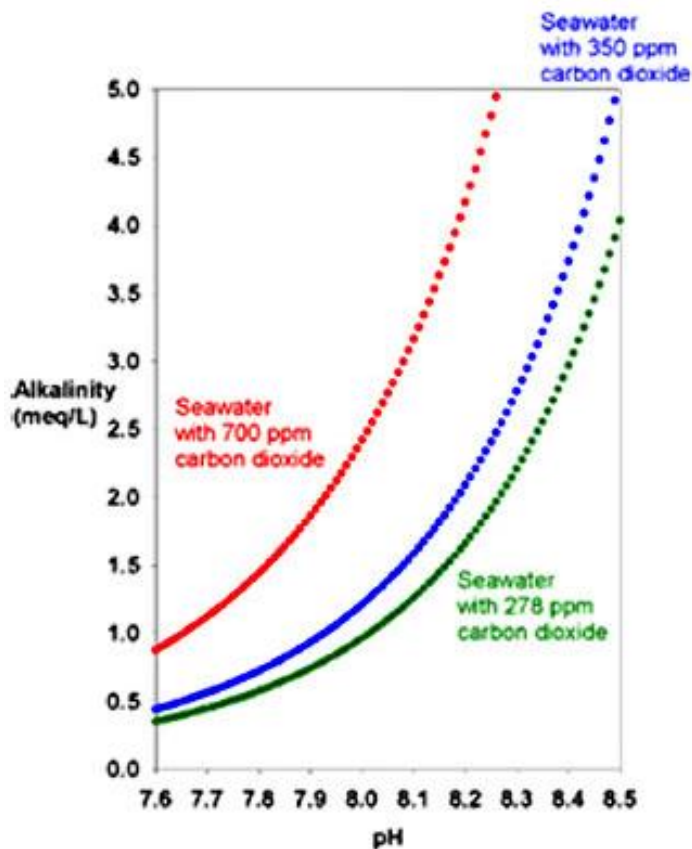
**Bảng 2. 2. Độ kiềm tổng của nước biển ở ba vùng biển [4]**

Độ sâu (m)	Nhiệt độ (°C)	Độ kiềm tổng (equiv.10 <sup>-3</sup> /kg nước biển)
<b>Vùng biển gần xích đạo</b>		
1	24,91	2,384 - 2,380
500	6,7	2,323 – 2,323
695	5,41	2,318 – 2,319
985	4,07	2,337 – 2,334
2700	2,73	2,362 – 2,358
4500	2,32	2,386 - 2,382
4900	0,63	2,386 - 2,381
<b>Vùng biển tây nam Thái Bình Dương và nam Đại Tây Dương</b>		
1	7,3	2,083 – 2,079
1	16,59	2,311 – 2,310
2370	2,11	2,377 – 2, 377
4200	1,14	2,388 – 2,381
4600	1,13	2,394 – 2,394

Từ bảng trên ta thấy, việc thay đổi nhiệt độ và áp suất (do thay đổi độ sâu) không gây ảnh hưởng nhiều đến độ kiềm tổng. Như đã phân tích ở trên, giá trị pH của nước (do ion  $H^+$  và  $OH^-$  gây nên) sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến độ kiềm vì các ion này là nguồn cung cấp proton hoặc nhận proton trong các phản ứng proton hóa. Hình 2.1 dưới đây sự phụ thuộc của độ kiềm với pH theo nồng độ  $CO_2$  có trong dung dịch [7].

2.1.2 Các phương pháp biểu diễn độ kiềm [8]

Độ kiềm do nhiều thành phần tạo nên, do vậy, việc biểu diễn cũng có nhiều phương pháp khác nhau. Do trong phạm vi của luận văn này chỉ thực hiện việc đo độ kiềm tổng, nên mục này sẽ không đi sâu vào các phương pháp biểu diễn khác mà tập trung vào độ kiềm tổng và độ kiềm phenolphthalein.



Hình 2. 1. Sự phụ thuộc của độ kiềm tổng theo pH

2.1.2.1 Độ kiềm phenolphthalein và độ kiềm tổng

Cách biểu diễn độ kiềm theo dạng độ kiềm phenolphthalein thường được dùng trong phương pháp chuẩn độ để đo độ kiềm (sẽ được trình bày chi tiết ở mục sau).

Theo phương pháp chuẩn độ, độ kiềm phenolphthalein được tính bằng tổng lượng (thể tích) axit cho vào dung dịch mẫu để dung dịch đạt được pH = 8.3. Giá trị pH = 8.3 được gọi là điểm cuối pH phenolphthalein. Tại thời điểm này, các ion



$OH^-$  đã được trung hòa hết và các ion  $CO_3^{2-}$  đã chuyển hóa thành  $HCO_3^-$ . Khi dùng methy đỏ (methy da cam) để nhận biết giá trị pH thì methy sẽ chuyển từ màu hồng sang không màu tại giá trị pH này. Trong giai đoạn này, ta có các phương trình:



Tất nhiên, trong trường hợp dung dịch cần đo có  $pH \leq 8.3$  thì độ kiềm phenolphthalein bằng 0. Cũng theo phương pháp chuẩn độ, độ kiềm tổng được tính bằng tổng lượng (thể tích) axit cần thêm vào dung dịch mẫu để đạt pH 4.9; 4.6; 4.5; 4.3 hoặc tùy thuộc vào lượng cacbon dioxit ( $CO_2$ ) có mặt. Điểm cuối chuẩn độ để xác định độ kiềm trong nước với các thành phần khác nhau và độ kiềm khác nhau được cho trong Bảng 2.3 [9].

**Bảng 2. 3. Một số giá trị điểm cuối chuẩn độ**

<b>Thành phần mẫu</b>	<b>Điểm cuối chuẩn độ (pH)</b>
Độ kiềm khoảng 30 mg/L	4,9
Độ kiềm khoảng 150 mg/L	4,6
Độ kiềm khoảng 500 mg/L	4,3
Silicate hoặc phosphate có mặt	4,5
Hệ thống nước công nghiệp hoặc phức tạp	4,5

Tại thời điểm pH giảm xuống 4.5, các ion bicacbonat đã chuyển hóa hoàn toàn thành axit cacbonic theo như phương trình dưới đây:



Cũng hiển nhiên rằng, nếu giá trị pH ban đầu của dung dịch mẫu  $\leq 4.5$  thì độ kiềm tổng của nó bằng 0.

#### *2.1.2.2 Độ kiềm hydroxit, cacbonat, bicacbonat*

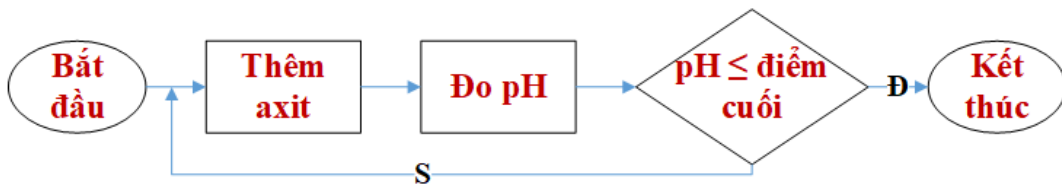
Độ kiềm hydroxit, cacbonat, bicacbonat là dạng biểu diễn chi tiết của độ kiềm tổng. Việc xác định các giá trị độ kiềm này rất cần thiết trong quá trình làm mềm nước. Ba thông số độ kiềm này thường được tính toán dựa trên số liệu cơ bản khi định phân bazo mạnh và cacbonat natri. Có ba quy trình thường được sử dụng cho việc tính toán này. Quy trình đầu tiên là tính chỉ từ số đo độ kiềm; quy trình thứ hai là tính từ giá trị pH và số đo độ kiềm; và quy trình thứ ba là tính từ các phương trình cân bằng. Quy trình đầu tiên là đơn giản nhất nhưng cũng có độ chính xác thấp nhất và các kết quả của phương pháp này chỉ gần đúng cho mẫu nước có pH  $> 9$ . Quy trình thứ hai thường được dùng trong thực tế vì nó có độ chính xác đủ cao và nó cũng sử dụng độ kiềm phenolphthalein và độ kiềm tổng. Quy trình thứ ba có độ chính xác và độ phức tạp rất cao nên thường được dùng trong các mục đích cần độ chính xác cao như phân tích trong phòng thí nghiệm.

## **2.2. Các phương pháp đo độ kiềm [10]**

Có nhiều phương pháp để xác định độ kiềm tổng của mẫu nước tự nhiên. Phần này sẽ trình bày cũng như so sánh 3 phương pháp thông dụng nhất và đã được sử dụng trong nhiều sản phẩm thương mại. Tùy theo mục đích phân tích cũng như đo lường mà người ta lựa chọn phương pháp khác nhau. Trong ba phương pháp được trình bày, phương pháp chuẩn độ được dùng cho luận văn này.

2.2.1 Phương pháp chuẩn độ

Phương pháp này sử dụng axit mạnh chuẩn cùng với điểm cuối pH (điểm cuối chuẩn độ) để xác định độ kiềm. Quy trình của phương pháp này, hiểu một cách đơn giản là thêm từ từ axit chuẩn vào một lượng thể tích nước mẫu cho tới khi đạt được điểm cuối pH, từ thể tích axit thêm vào và thể tích mẫu nước, ta tính được độ kiềm tổng. Về mặt lý tưởng, điểm cuối pH tương đương với lượng bazo trong dung dịch mẫu. Khi số đo kiềm tổng hoàn toàn được cấu thành từ bicacbonat và cacbonat thì điểm cuối pH của quá trình chuẩn độ được xác định bằng cách xem xét lượng CO<sub>2</sub> tại điểm pH đó. Lượng CO<sub>2</sub> này phụ thuộc vào tổng lượng cacbonat ban đầu và lượng cacbonat mất đi trong quá trình chuẩn độ. Như đã nói ở mục trước, ta có thể dùng nhiều giá trị điểm cuối pH, nhưng thông dụng nhất là pH = 4.5. Hình 2.2 minh họa cho phương pháp chuẩn độ.



Hình 2. 2. Phương pháp chuẩn độ

Giả sử dùng  $V_m$  mililit mẫu nước, (thường dùng 100ml), dùng  $V_a$  mililit axit HCl có nồng độ đương lượng  $C_n$  (thường dùng  $C_n = 1N$ ) cho việc chuẩn độ thì độ kiềm tổng cộng được tính như sau:

$$A_T = \frac{C_n \times 1000 \times V_a}{V_m} \times 50 \text{ (mg/L CaCO}_3\text{)} \quad [6] \quad (2.6)$$

### 2.2.2 Phương pháp chênh lệnh ion

Trong phương pháp này, người ta tính toán sự chênh lệnh giữa các cations (ion mang điện tích dương) và các ion anions của axit mạnh (gốc axit mạnh) để xác định độ kiềm. Đối với hầu hết các loại nước tự nhiên, nguồn cations chính là  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  và  $Ca^{2+}$ . Trong khi đó, cá anion chính là  $OH^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $F^-$ ,  $SO_4^{2-}$  và  $Cl^-$ . Phương pháp này dựa theo cơ sở của sự cân bằng nồng độ của các anions và cations. Phương trình biểu diễn sự cân bằng đó như sau:

$$\begin{aligned} & [H^+] + [Na^+] + [K^+] + 2[Mg^{2+}] + 2[Ca^{2+}] \\ & = [OH^-] + [HCO_3^-] + [NO_3^-] + [F^-] + 2[SO_4^{2-}] + [Cl^-] \end{aligned} \quad (2.7)$$

Sắp xếp lại, ta được Phương trình 2.8:

$$\begin{aligned} & [H^+] + [Na^+] + [K^+] + 2[Mg^{2+}] + 2[Ca^{2+}] - [NO_3^-] - 2[SO_4^{2-}] - [F^-] - [Cl^-] = \\ & [OH^-] + [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] - [H^+] = \text{Alkalinity} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Từ đây, nếu tính được lượng cations và anions, ta sẽ tính được độ kiềm tổng.

### 2.2.3 Phương pháp đo màu

Với phương pháp này, độ kiềm tổng được tính bằng cách xác định sự thay đổi màu sắc của methy da cam. Tức là, methy da cam được dùng làm chất chỉ thị màu. Như đã biết, methy da cam có khả năng đổi màu theo giá trị pH. Trong quá trình đo, khi mẫu nước phản ứng với thuốc thử, pH của dung dịch sẽ thay đổi và methy sẽ đổi màu. Phương pháp này có dải đo khoảng từ 10 đến 300 mg/L  $CaCO_3$ . Máy đo độ kiềm HI755 của công ty Hanna Instruments sử dụng phương pháp này.

Từ quy trình đo của các phương pháp trên, ta thấy phương pháp chuẩn độ có nhiều lợi thế như dễ dàng thực hiện, dễ tự động hóa, phù hợp với điều kiện cơ sở vật

chất hiện có và thời gian triển khai phù hợp trong khuôn khổ thời gian làm luận văn. Do vậy, em đã quyết định sử dụng phương pháp này để cho thiết kế của mình.

### **2.3. Ảnh hưởng của độ kiềm tới thủy - hải sản**

Do độ kiềm thể hiện khả năng đệm của nước, tức là khả năng chống lại sự thay đổi đột ngột của pH, nên nó là một thông số quan trọng của nước nuôi thủy – hải sản. Trong nuôi trồng thủy – hải sản, độ kiềm thay đổi sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến các yếu tố sinh, lý hóa, sức khỏe của thủy sản. Khi độ kiềm thay đổi đột ngột, tôm, cá có thể bị sốc, yếu hoặc bỏ ăn. Nếu môi trường nước có độ kiềm cao kéo dài, sẽ làm tôm tăng trưởng kém, chậm, và sức đề kháng kém.

Tùy theo loại thủy – hải sản mà người nuôi phải giữ cho độ kiềm tổng của ao nuôi cho phù hợp. Ví dụ, với tôm thẻ chân trắng, độ kiềm tổng không được thấp hơn 80 mg/L  $CaCO_3$  để đảm bảo cho tôm tăng trưởng và có tỉ lệ sống cao [11]. Với hầu hết các loại thủy – hải sản thì độ kiềm phù hợp là 75 đến 200 mg/L  $CaCO_3$  [12].

Ngoài ra, độ kiềm cũng ảnh hưởng đến độ cứng của nước, nồng độ hòa tan các chất dinh dưỡng và thành phần các độc tố, từ đó cũng ảnh hưởng trực tiếp tới sự sinh trưởng, phát triển của thủy sản.

Tùy theo các thông số của môi trường nước, người nuôi trồng cần áp dụng các biện pháp tăng hoặc giảm độ kiềm cho hợp lý. Ngoài ra, có thể nghiên cứu, nuôi trồng các loại thủy sản có khả năng chống lại ảnh hưởng của việc thay đổi độ kiềm.

Như vậy, chương này đã trình bày những lý thuyết cơ bản về độ kiềm cũng như các phương pháp đo kiềm và các ảnh hưởng của nó đến thủy – hải sản. Dựa vào các lý thuyết này, ta đã đưa ra được phương pháp triển khai cho luận văn. Các chương

tiếp theo sẽ lần lượt đi vào tổng quan của hệ thống, thiết kế chi tiết, cuối cùng là các kết quả đo kiểm trong thực nghiệm và đánh giá những kết quả này.

### CHƯƠNG 3. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG

Chương này sẽ trình bày tổng quan về thiết kế, bao gồm các chỉ tiêu kỹ thuật, chức năng, đầu vào, đầu ra và sơ đồ khối của thiết kế.

#### 3.1 Chỉ tiêu kỹ thuật

##### 3.1.1 Yêu cầu chức năng

Sản phẩm của luận văn này thực hiện chức năng đo độ kiềm tổng của nước một cách tự động hoàn toàn, đồng thời, cũng có khả năng hiển thị giá trị đo được lên màn hình. Chu kỳ đo là 2 ngày 1 lần. Mục đích cuối cùng của sản phẩm là sử dụng trực tiếp tại các ao nuôi thủy – hải sản ven biển, các ao nuôi này lấy nước biển vào để nuôi trồng.

##### 3.1.2 Yêu cầu phi chức năng

Các yêu cầu phi chức năng được đề xuất như sau:

- Dùng phương pháp chuẩn độ để đo độ kiềm tổng.
- Axit được dùng là HCl có nồng độ đương lượng 0.1N.
- Thể tích mẫu nước là 50ml.
- Thời gian đo mỗi lần dưới 10 phút.
- Độ chính xác của phép đo là  $\pm 10 \text{ mg/L CaCO}_3$ .
- Giá thành  $\leq 5000000 \text{ VND}$ .
- Hiển thị kết quả đo lên màn hình LCD (Liquid Crystal Display).

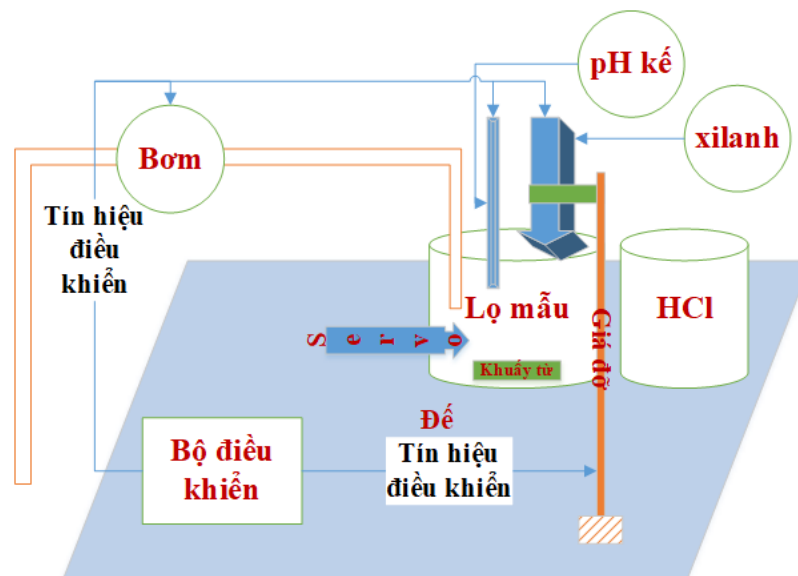
#### 3.2 Các sơ đồ của thiết kế

Ta thấy rằng, máy đo thực hiện tự động hóa hoàn toàn quá trình đo, cho nên máy sẽ chỉ nhận đầu vào là mẫu nước (không kể đến nguồn điện) và cho đầu ra là giá trị độ kiềm tổng. Đầu ra được hiển thị lên màn hình LCD (Hình 3.1).



**Hình 3. 1. Sơ đồ tổng thể của thiết kế**

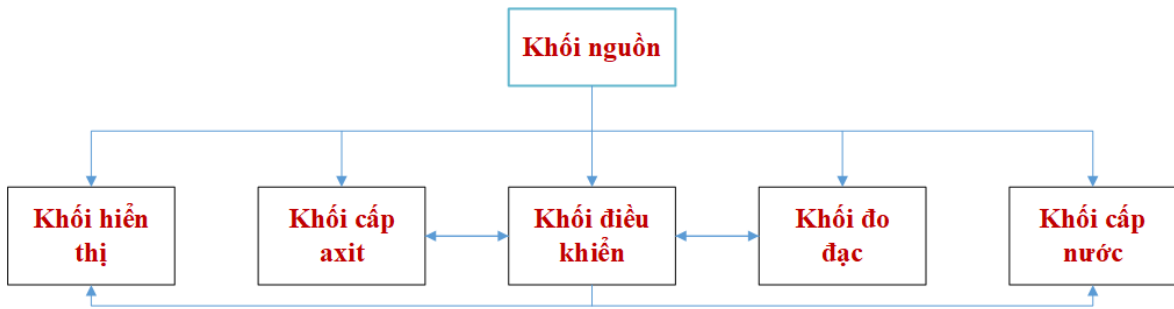
Việc đo đạc được thực hiện một cách tự động, cho nên các hoạt động của máy có thể liệt kê như sau: lấy nước từ ao nuôi vào lọ mẫu, lấy axit và nhỏ vào lọ mẫu để chuẩn độ dung dịch, đo pH và khuấy dung dịch trong quá trình chuẩn độ. Để trình bày rõ ràng hơn hoạt động của máy cũng như tuân theo quy trình đo, ta xây dựng lên mô hình của máy đo như trong Hình 3.2. Tuy nhiên, do tính không cần thiết nên mô hình này chỉ minh hoạt động đo độ kiềm mà không thể hiện việc hiển thị kết quả đo. Việc thực hiện các hoạt động trên của máy đo sẽ được nói chi tiết hơn ở phần sau.



**Hình 3. 2. Mô hình máy đo**

Dựa vào mô hình máy đo, ta chia thiết kế thành các khối là khối nguồn, khối cấp axit, khối điều khiển, khối đo đạc, khối cấp nước và khối hiển thị. Từ đây, ta có sơ đồ khối như trong Hình 3.3. Do cần thiết kế nhiều cơ cấu cơ khí nên việc chia khối có tác dụng lớn và đảm bảo thực hiện tốt nhất những bộ phận quan trọng trước.





**Hình 3. 3. Sơ đồ khối của máy đo**

Về khối nguồn: khối nguồn có chức năng cung cấp nguồn điện cho toàn bộ máy đo. Tùy thuộc vào linh kiện cần sử dụng mà ta dùng các nguồn điện khác nhau. Do mục đích sử dụng của máy là tại các ao nuôi thủy – hải sản ngoài trời, nên nguồn điện cung cấp cho khối nguồn tối ưu nhất là nguồn xoay chiều 220V - 50Hz. Giá trị điện áp, dòng điện đầu ra của khối nguồn cần phù hợp với linh kiện sử dụng và đáp ứng được sụt áp khi các cơ cấu cơ khí hoạt động.

Khối hiển thị: khối này có chức năng hiển thị trạng thái của máy đo, hiển thị kết quả đo. Như ta thấy trong Hình 3.4, các trạng thái của máy đo khá đơn giản và kết quả đo chỉ là độ kiềm tổng nên ta sử dụng màn hình LCD 16×2 là đủ đáp ứng các yêu cầu hiển thị của máy đo.

Khối cấp axit: đóng vai trò lưu trữ axit cho nhiều lần đo và lấy axit vào xilanh để phục vụ cho việc đo đặc. Đây là khối phức tạp và đòi hỏi độ chính xác cao.

Khối điều khiển: khối này điều khiển hoạt động của toàn bộ máy đo, tức là điều khiển việc lấy mẫu nước, lấy và thêm axit vào mẫu nước, khuấy nước trong quá trình đo, tính toán kết quả và điều khiển khối hiển thị.

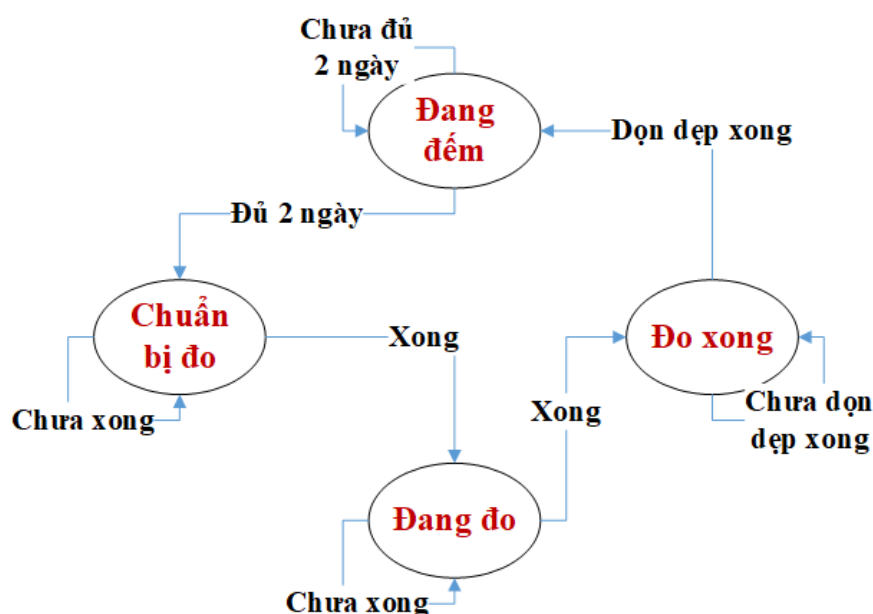
Khối đo đặc: đảm bảo chức năng đo giá trị pH liên tục và phần cứng thực hiện khuấy dung dịch trong suốt quá trình chuẩn độ.

Khối cấp nước: khối này thực hiện lấy mẫu nước cũng như lấy nước cho việc tráng lọ mẫu. Đây cũng là khối cần độ chính xác cao vì lượng nước mẫu ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả đo.

Như vậy, máy đo sẽ hoạt động theo đúng phương pháp chuẩn độ. Ta có thể phân chia ra các trạng thái của máy đo như Hình 3.4. Chi tiết các trạng thái như sau:

Trạng thái đang đếm: do 2 ngày máy thực hiện đo một lần, nên đây có thể coi là trạng thái nghỉ của máy đo.

Trạng thái chuẩn bị đo: ở trạng thái này, máy thực hiện lần lượt các công việc tráng lọ đựng mẫu nước, hút axit vào xilanh và chuyển xilanh về vị trí trên lọ mẫu nước, lấy nước mẫu vào lọ mẫu. Ở trạng thái đang đo, máy đo sẽ đo pH của dung dịch và khuấy dung dịch liên tục. Giả sử ban đầu pH của dung dịch trên 4.5, máy sẽ bơm axit vào lọ mẫu cho tới khi pH đạt 4.5. Sau đó, bộ điều khiển sẽ tính toán độ kiềm tổng của mẫu nước. Trạng thái đo xong: thực hiện bơm axit thừa (nếu có) trong xilanh ra rồi hiển thị kết quả đo.



Hình 3. 4. Sơ đồ trạng thái

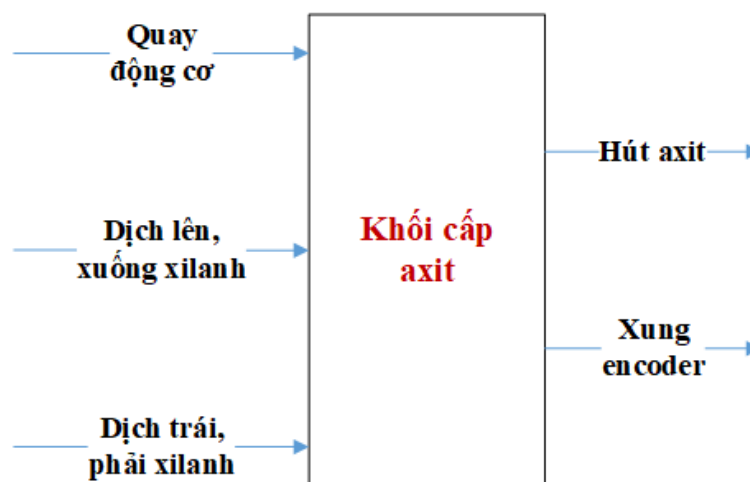
Ta cũng thấy rằng, các điều kiện chuyển trạng thái đều là các nhân tố bên trong của máy, không có yếu tố bên ngoài tác động vào. Như vậy, chương này đã đưa ra được các yêu cầu thiết kế, đồng thời cũng trình bày một cách tổng quan về các khối và hoạt động của máy đo. Chương tiếp theo sẽ trình bày việc triển khai thiết kế chi tiết từng khối và đưa ra lưu đồ hoạt động của toàn bộ máy đo.

## CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG

Chương này sẽ trình bày chi tiết từng khối, đầu vào, đầu ra cũng như các thành phần phần cứng của chúng. Vì cần dự trù được các linh kiện sử dụng, nên khối nguồn sẽ được nói tới sau để dễ hiểu hơn. Đồng thời, một số cơ cấu cơ khí cũng được trình bày song song

### 4.1 Khối cấp axit

Để đáp ứng được chức năng của khối này, các phần cứng cần sử dụng gồm xilanh để chứa axit sẽ thêm vào mẫu nước, bình dự trữ axit cho nhiều lần đo, các xilanh khí nén, van khí nén, module relay để di chuyển lên, xuống, trái, phải xilanh, động cơ DC servo để di chuyển pitong. Do cần tính lượng axit đã thêm vào lọ mẫu và axit cần thêm vào từ từ nên xilanh kèm theo kim sẽ được dùng. Động cơ DC servo có hệ thống encoder nhằm mục đích xác định vị trí pitong để tính lượng axit cũng như đẩy pitong với tốc độ mong muốn. Các đầu vào, ra của khối này được minh họa trong Hình 4.1.

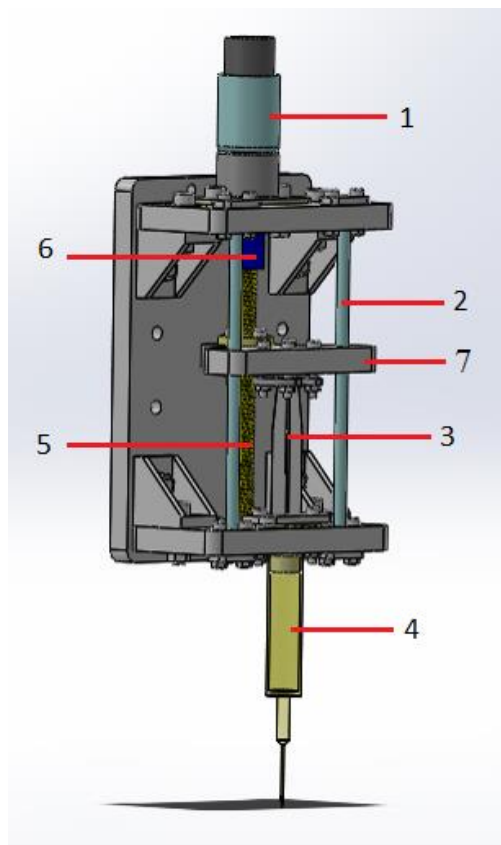


Hình 4. 1. Khối cấp axit

Ngoài ra, đây cũng là cơ cấu cơ khí phức tạp nhất, gồm nhiều bộ phận như Hình

4.2. Trong đó:

- 1 – động cơ DC có gắn encoder.
- 2 – trục trơn dẫn hướng.
- 3 – pitong.
- 4 – thân xilanh.
- 5 – trục vítme.
- 6 – khớp nối giữa trục động cơ DC và vítme.
- 7 – tấm mica nối pitong với trục trơn và vítme.



**Hình 4. 2. Cụm xilanh axit**

Do lượng axit mỗi lần nhỏ xuống rất ít (cỡ 4 giọt) nên ta chọn loại vítme có bước nhỏ nhất – 2mm/vòng (vítme quay một vòng thì tấm mica 7 dịch chuyển được

2mm), chọn loại động cơ DC với đĩa encoder có số xung càng lớn càng tốt và nên có giảm tốc. Ở đây ta chọn loại 334 xung/vòng và có giảm tốc 1:34. Ngoài ra, nguồn điện cho động cơ nên dùng là 12V, để đảm bảo đủ momen làm quay trục vítme để kéo, đẩy pitong. Việc điều khiển động cơ để kéo/đẩy pitong đều dùng thuật toán PID.

Với trường hợp hút axit (tức là kéo pitong lên) và bơm axit thừa sau khi đo xong, ta dùng thuật toán PID điều khiển tốc độ, tức là điều khiển cho động cơ quay với vận tốc không đổi khi tải thay đổi. Lý do sử dụng thuật toán điều khiển tốc độ vì ta mong muốn pitong được kéo lên với vận tốc đều, từ đó hạn chế xuất hiện bọt khí trong xilanh khi hút. Đến đây, việc lựa chọn các hệ số  $K_p$ ,  $K_d$ ,  $K_i$  cho bộ điều khiển PID đóng vai trò quan trọng. Có nhiều cách để tìm ra bộ số thích hợp, nhưng do tính đơn giản và trực quan của hệ thống nên em sử dụng phương pháp thay số và kiểm thử thực tế. Mã nguồn cho bộ điều khiển PID này được trình bày ở Phụ lục 3. Quá trình tìm ra bộ số được thực hiện như sau:

- Tăng dần giá trị  $K_p$  (giá trị nhỏ nhất của  $K_p$  là 0.01) cho đến khi thấy vận tốc động cơ sắp xi vận tốc mong muốn.
- Điều chỉnh 2 hệ số  $K_d$  và  $K_i$  cho phù hợp để đảm bảo động cơ giữ được vận tốc không đổi khi tải thay đổi.

Vận tốc động cơ ở đây được đo thông qua đếm số xung được tạo ra bởi đĩa encoder trên một đơn vị thời gian. Với thông số động cơ như trên, khi trục động cơ quay được một vòng thì số xung đếm được là  $334 \times 34 = 11356$  xung. Quá trình lựa chọn bộ số này khá khó khăn cho người mới làm lần đầu, nên cần đầu tư nhiều thời gian để tìm được bộ số phù hợp nhất.

Với trường hợp nhỏ axit, ta điều khiển động cơ DC bằng thuật toán PID điều khiển vị trí, tức là làm cho động cơ quay đến vị trí (hay quay một góc) xác định rồi dừng lại. Vị trí ở đây chính là số xung đếm được sau khi quay (góc quay cũng được tính từ số xung này). Cách điều khiển này cho phép ta quay động cơ từng góc nhỏ, từ đó lượng axit bơm ra cũng nhỏ đáng kể, như đã nói ở trên là khoảng 4 giọt cho một lần động cơ quay. Tương tự như trên, ta cũng cần tìm ra bộ số  $K_p$ ,  $K_d$ ,  $K_i$  thích hợp cho thuật toán điều khiển. Cách làm cũng là thay số và kiểm thử thực tế:

- Tăng dần giá trị  $K_p$  sao cho vị trí quay được gần đạt được vị trí mong muốn.
- Điều chỉnh 2 hệ số  $K_d$ ,  $K_i$  để vị trí quay sát với vị trí mong muốn nhất và tự động quay về khi bị tác động xê dịch ra khỏi vị trí đó.

Sau một lần nhỏ axit, nên có thời gian chờ để axit khuếch tán đều trong dung dịch, sau đó máy tiến hành đo pH. Lặp lại quá trình này cho tới khi pH=4.5 tương đương máy đã thực hiện được việc chuẩn độ dung dịch.

Thêm nữa, để biết chính xác vị trí dừng pitong ở phía trên khi hút và phía dưới khi bơm axit, ta sử dụng 2 công tắc hành trình. Ta lắp đặt công tắc hành trình sao cho khi pitong được kéo lên đúng 6ml hoặc đẩy xuống hết thân xilanh thì các công tắc được kích hoạt tương ứng. Việc kiểm tra trạng thái của công tắc hành trình sẽ được lồng vào cuối của thuật toán PID điều khiển tốc độ ở trên. Đương nhiên, cũng có nhiều cách thức khác đảm bảo pitong dừng đúng vị trí với độ chính xác cao hơn như dùng đèn laze, đo khoảng cách nhưng những phương pháp này đều có độ phức tạp cao, triển khai khó khăn và giá thành đắt đỏ. Do đó, sử dụng công tắc hành trình trở thành phương pháp tối ưu nhất với độ chính xác khác cao (sai lệch cỡ  $\pm 0.1$ ml) và chi phí rẻ (mỗi công tắc hành trình có giá 5000 VND).

Đến đây, để xác định lượng axit đã dùng dùng để chuẩn độ, ta chỉ cần đếm số xung quay được ứng với từng vị trí của pitong. Cụ thể như sau:

$$V_a = (Pos_{up} - Pos_{pH = 4.5}) \times 6 / (Pos_{up} - Pos_{down}) \quad (4.1)$$

Trong đó:

$V_a$  : thể tích (ml) axit đã dùng cho chuẩn độ.

$Pos_{up}$  : số xung tương ứng với vị trí trên của pitong.

$Pos_{pH = 4.5}$  : số xung tương ứng với vị trí pH = 4.5.

$Pos_{down}$  : số xung tương ứng với vị trí dưới của pitong.

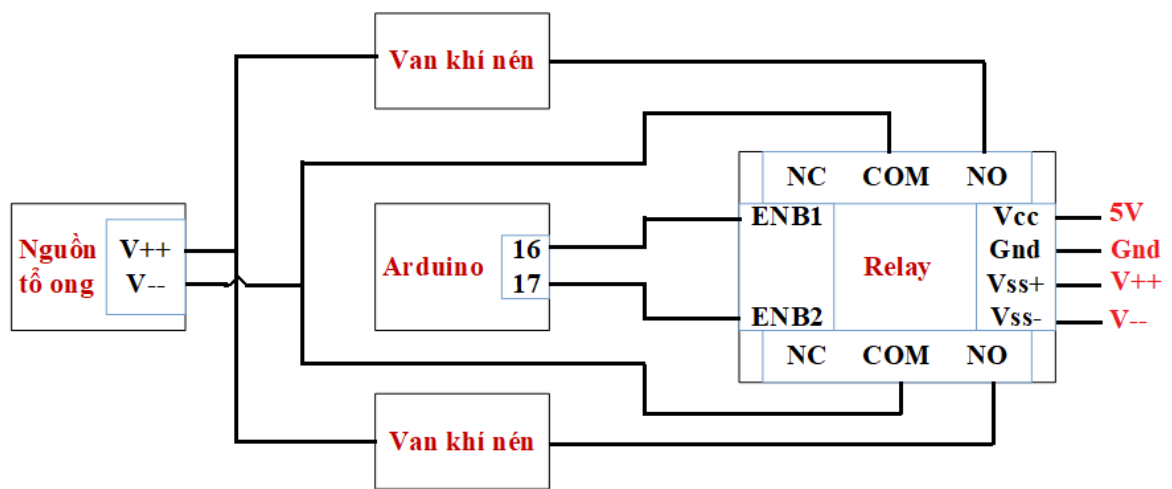
Thay giá trị  $V_a$  vào Phương trình 2.6, với  $C_n = 0.1N$  và  $V_m = 50$ , ta được công thức tính độ kiềm tổng như sau:

$$A_T = \frac{0.1 \times 1000 \times V_a}{50} \times 50 \text{ (mg/L } CaCO_3) \quad (4.2)$$

Để dịch chuyển cụm xilanh giữa vị trí lọ mẫu và vị trí bình chứa axit, ta dùng hệ thống hai van và xilanh khí nén và một module relay hai kênh. Trong đó, một bộ van và xilanh đóng vai trò dịch chuyển lên xuống cụm xilanh axit, bộ còn lại dịch chuyển sang trái sang phải. Việc kết nối giữa bộ điều khiển, module relay và van khí nén được vẽ trong Hình 4.3. Từ hình vẽ ta thấy, một cực của van khí nén nối với V++ của nguồn tổ ong, cực còn lại nối với chân NO của module relay. Chân COM của module relay nối với V-- của nguồn tổ ong. Hai chân ENB được nối trực tiếp với hai chân output 16, 17 của kit Arduino. Vì điện áp xuất ra ở chân Arduino là 5V nên ta dùng điện áp kích relay cũng là 5V (hay chân Vcc nối với 5V). Hai chân Vss+ và Vss- nối lần lượt với V++ và V-- nhằm mục đích cấp nguồn cho xilanh khí



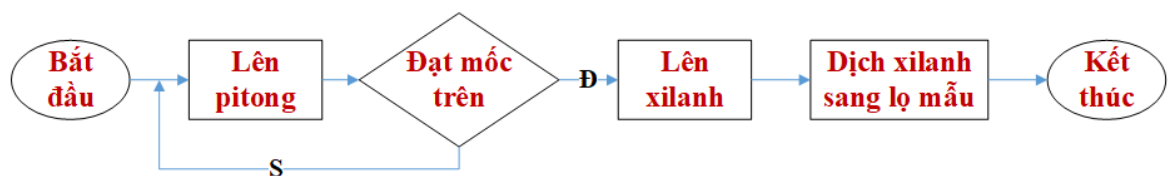
nén. Lý do của việc kết nối như này có thể giải thích như sau: ở trạng thái ban đầu, khi các chân 16, 17 xuất điện áp cao (HIGH), các xilanh khí nén ở mức thụt vào, tức là xilanh axit ở vị trí lọ mẫu; khi gặp tình trạng mất điện, các xilanh khí nén vẫn giữ nguyên trạng thái như lúc ban đầu, tức là cụm xilanh axit không bị dịch chuyển nếu mất điện. Nếu ta nối một cực của van khí nén với chân NC của relay, khi mất điện xilanh khí nén sẽ ở mức thò ra, dẫn đến dịch chuyển xilanh axit và làm gãy kim. Đến đây, ta thấy cần có máy nén khí cho hoạt động của xilanh khí nén.



Hình 4. 3. Kết nối cụm cấp axit

Ngoài ra, có thể thêm tùy chọn thông báo hết axit dự trữ để người dùng cung cấp thêm và tùy chọn báo lượng axit trong xilanh không đủ cho quá trình chuẩn độ (một lần đo dùng nhiều hơn 6ml axit). Trong trường hợp này, khối cấp axit có thêm hai đầu ra là tín hiệu hết axit.

Tương ứng với khối này, ta có luồng hoạt động như trong Hình 4.4.



Hình 4. 4. Hoạt động cấp axit

## **4.2 Khối điều khiển**

Để đơn giản hóa việc lập trình điều khiển toàn bộ hệ thống, ta sẽ sử dụng kit Arduino, phần mềm viết lập trình là IDE mặc định. Đến đây, ta phân tích các đầu vào, đầu ra, các chức năng khác nhưng timer, ngắt, PWM (Pulse width modulation), ... cần có của kit Arduino để lựa chọn kit phù hợp. Bảng 4.1 mô tả các đầu vào, đầu ra của khối điều khiển.

**Bảng 4. 1. Mô tả các chân vào/ra**

STT	Tên chân	Hướng	Mô tả
1	BOM_NUOC	Output	Điều khiển bật/tắt bơm nước
2	SERVOR	Output	Điều khiển góc quay servo
3	KHUAY_TU	Output	Điều khiển bật/tắt động cơ khuấy từ
4	LX_XL	Output	Điều khiển xilanh khí nén lên/xuống
5	TP_XL	Output	Điều khiển xilanh khí nén trái/phải
6	PH_VOL	Input	Đọc điện áp ra của pH kế
7	HUT_AXIT	Output	Điều khiển quay động cơ DC encoder
8	BOM_AXIT	Output	Điều khiển quay động cơ DC encoder
9	ENCODER_A	Input	Ngắt khi có sườn xung được tạo từ đĩa encoder
10	ENCODER_B	Input	Xác định chiều quay của động cơ DC
11	CTHT_DUOI	Input	Đọc trạng thái công tắc hành trình dưới
12	CTHT_TREN	Input	Đọc trạng thái công tắc hành trình trên
13	RS	Output	Điều khiển địa chỉ được ghi dữ liệu của LCD
14	ENB	Output	Cho phép ghi vào LCD
15	DATA11	Output	Chân dữ liệu 11
16	DATA12	Output	Chân dữ liệu 12
17	DATA13	Output	Chân dữ liệu 13
18	DATA14	Output	Chân dữ liệu 14

Về các timer cần sử dụng, như đã nói ở phần trên, ta cần điều khiển động cơ DC ở hai chế độ: điều khiển tốc độ và điều khiển vị trí nên ta cần dùng 2 bộ timer. Từ đây, ta có thể dễ dàng lựa chọn kit Arduino Mega 2560 cho thiết kế này và hai bộ

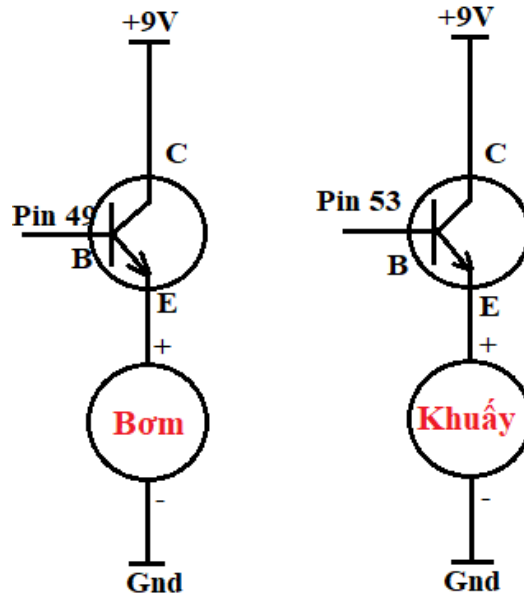
timer được sử dụng là timer 1 và timer 3 (dùng 2 timer này để thuận lợi cho việc sử dụng các chân khác của kit). Bảng 4.2 mô tả ánh xạ các chân vào/ra với kit Arduino.

**Bảng 4. 2. Ánh xạ các chân vào/ra với kit Arduino**

<b>STT</b>	<b>Tên chân</b>	<b>Loại</b>	<b>Ánh xạ với kit Arduino (Pin number)</b>
1	BOM_NUOC	Output	49
2	SERVOR	PWM	10
3	KHUAY_TU	Output	53
4	LX_XL	Output	17
5	TP_XL	Output	16
6	PH_VOL	Input	A1
7	HUT_AXIT	PWM	6
8	BOM_AXIT	PWM	7
9	ENCODER_A	Interrupt	2 – Interrupt 0
10	ENCODER_B	Input	4
11	CTHT_DUOI	Input	20
12	CTHT_TREN	Input	21
13	RS	Output	43
14	ENB	Output	39
15	DATA11	Output	37
16	DATA12	Output	35
17	DATA13	Output	33
18	DATA14	Output	31

Các kết nối giữa kit Arduino với các linh kiện/module khác được vẽ trong Phụ lục 1. Để điều khiển động cơ, ta cần dùng thêm module mạch cầu H. Ở đây ta dùng module L298. Việc sử dụng mạch cầu H khá đơn giản, ta chỉ cần nối trực tiếp chân có chức năng PWM của vi điều khiển với chân In của L298 và lấy đầu ra tại chân Out. Tùy theo giá trị PWM ( $0 \div 100\%$ ) mà ta có điện áp đầu ra có tỷ lệ phần trăm tương ứng với điện áp nguồn của module. Ví dụ, khi nguồn nuôi cho L298 là 12V, vi điều khiển xuất giá trị PWM là 50% (*analogWrite(7, 125)* với 7 là chân vi điều khiển, 125 tương ứng 50%) thì ta được đầu ra có điện áp cỡ 6V. Tương tự như vậy, khi xuất giá trị PWM lớn hơn, ta được điện áp ra lớn hơn, tức là động cơ quay nhanh hơn. Ngoài ra, module L298 có một đầu ra 5V 3A độ ổn định khá cao, rất thích hợp cho việc sử dụng với các module cần dùng điện áp 5V (sẽ trình bày ở phần khối nguồn), đây cũng là lý do lựa chọn sử dụng module này.

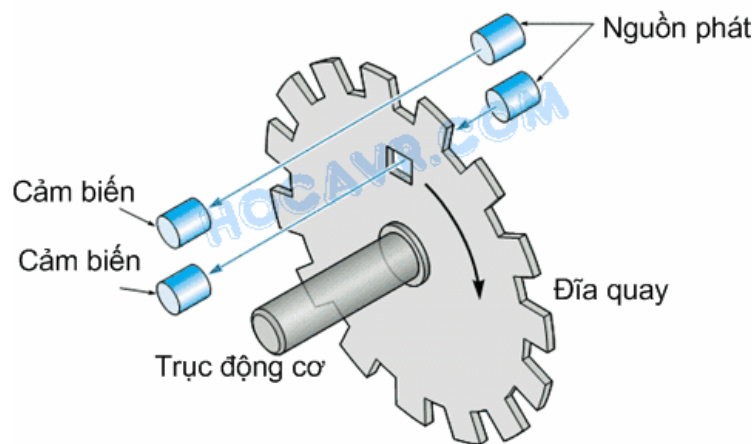
Về điều khiển bơm nước và động cơ khuấy từ, ta dùng hai transistor công suất, tức là transistor đóng vai trò khóa điện tử. Ở đây, ta dùng transistor loại NPN, tức là cực Collector của transistor sẽ được nối với nguồn, cực Emitter nối với cực dương của động cơ (hoặc bơm) và cực Base nối trực tiếp với chân vi điều khiển. Ta biết rằng, transistor loại NPN sẽ dẫn khi điện áp cực Base  $V_B > 0$ , do đó, khi ta xuất điện áp cao (HIGH) ra chân vi điều khiển, tức là  $V_B > 0$ , transistor dẫn làm cho động cơ được cấp nguồn (động cơ quay) và khi ngược lại khi xuất điện áp thấp (LOW) thì động cơ không được cấp nguồn (động cơ không quay). Từ đó, chỉ cần điều khiển chân vi điều khiển, ta có thể bật/tắt động cơ. Sơ đồ kết nối được vẽ đơn giản như Hình 4.5. Ở đây ta không sử dụng các điện trở hay tụ điện vì transistor được dùng không yêu cầu hạn chế dòng điện hay chống điện áp xoay chiều.



**Hình 4. 5. Sơ đồ điều khiển bơm, khuấy**

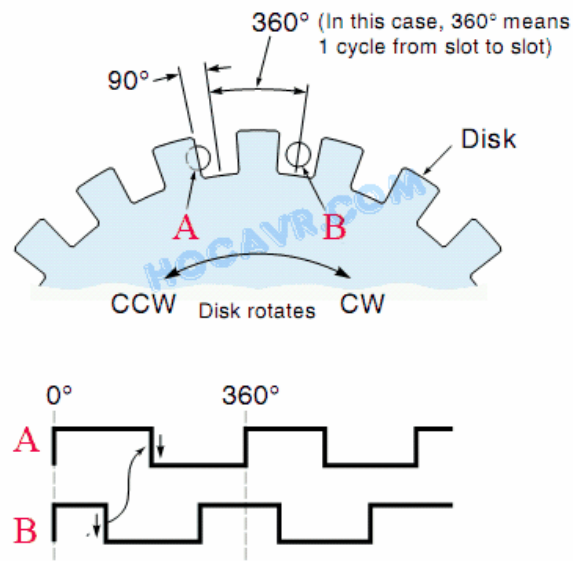
Đối với hoạt động của đĩa encoder của động cơ DC servo, ta cần nắm được các nguyên lý cơ bản như sau [13]. Hệ thống đĩa encoder thường bao gồm một nguồn phát quang (thường là hồng ngoại), một cảm biến quang và một đĩa chia rãnh (Hình 4.6). Encoder thường có ba kênh (hoặc ba đầu ra), gọi là kênh A, kênh B và kênh I. Trên Hình 4.6, ta thấy một lỗ nhỏ phía bên trong của đĩa quay và một cặp phát – thu dành riêng cho lỗ nhỏ này. Đó là kênh I của encoder. Cứ mỗi lần trục động cơ quay được một vòng, lỗ nhỏ lại xuất hiện tại vị trí của cặp phát – thu, hồng ngoại từ nguồn phát sẽ đi qua lỗ đến bên thu, làm xuất hiện một tín hiệu trên cảm biến. Như vậy, động cơ quay được một vòng tương ứng với một xung trên kênh I. Rìa ngoài đĩa quay được chia thành các rãnh nhỏ, số rãnh nhỏ này được gọi là độ phân giải của encoder, trong thiết kế này sử dụng đĩa có độ phân giải 334 xung. Cùng với nó cũng có một cặp phát – thu tương tự như kênh I, đây chính là kênh A của encoder. Như vậy, khi động cơ quay được một vòng, thì trên kênh A sẽ xuất hiện các xung với số lượng bằng độ phân giải. Độ phân giải ảnh hưởng đến độ chính xác điều

kiến và cả phương pháp điều khiển động cơ. Ngoài ra, trên các encoder còn có một cặp phát – thu khác được đặt trên cùng đường tròn với kênh A nhưng lệch nửa rãnh, đây là kênh B của encoder (Hình 4.7). Bằng cách phối hợp kênh A và B, ta sẽ biết được chiều quay của động cơ.



**Hình 4. 6. Hệ thống encoder**

Hình phía trên trong Hình 4.7 thể hiện sự bố trí lệch pha nhau của hai cụm cảm biến kênh A và kênh B. Khi cảm biến A bắt đầu bị che thì cảm biến B hoàn toàn nhận được hồng ngoại xuyên qua, và ngược lại. Hình thấp vẽ dạng xung ngõ ra trên hai kênh. Xét trường hợp động cơ quay cùng chiều kim đồng hồ, tín hiệu đi từ trái sang phải, tại các vị trí tín hiệu ở kênh A chuyển từ mức cao xuống mức thấp (sườn xuống) thì kênh B đang ở mức thấp. Ngược lại, nếu động cơ quay ngược chiều kim đồng hồ, tín hiệu đi từ phải sang trái. Khi đó, tại các sườn xuống của kênh A thì tín hiệu kênh B ở mức cao. Như vậy, thông qua số xung, ta xác định được góc quay (hay vị trí) và thông qua mức tín hiệu ở kênh B tại vị trí sườn xuống của kênh A, ta xác định được chiều quay của động cơ.



**Hình 4. 7. Hai kênh A và B và dạng xung trên các kênh**

Đối với việc đọc xung được tạo ra từ đĩa encoder, ta dùng chân số 2 (tương ứng với interrupt 0) của kit Arduino. Khi có sườn xung (động cơ quay), một ngắt tại chân ENCODER\_A được tạo ra (trong code sử dụng ngắt sườn xuống và cấu hình có trở kéo cho cả 2 chân ENCODER\_A và ENCODER\_B). Khi có ngắt xảy ra, chỉ cần đọc trạng thái của chân ENCODER\_B, ta sẽ biết được chiều quay, từ đó đếm vị trí động cơ. Những điều này được minh họa trong đoạn mã dưới đây:

```
pinMode(ENCODER_B, INPUT_PULLUP);
pinMode(ENCODER_A, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(ITR0, dem_xung, FALLING);

void dem_xung() {
    if(digitalRead(ENCODER_B) == 1) {
        xung++;
        viTri++;
    }
}
```



```
else {  
    xung--;  
    viTri--;  
}  
}
```

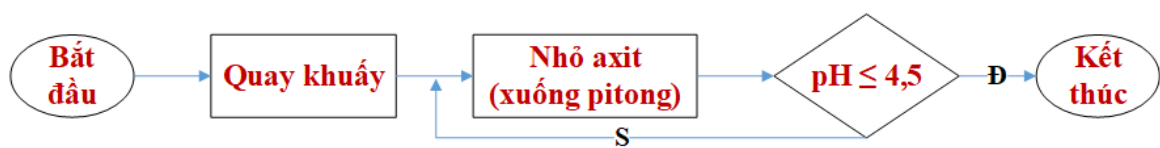
### 4.3 Khối đo đặc

Khối này sử dụng một đầu đo pH kế có gắn Op Amp, một lọ chứa mẫu nước và hệ thống khuấy. Để sử dụng pH kế, ta cần thực hiện chuẩn đầu đo, dung dịch chuẩn gồm ba loại, dung dịch có pH = 4.0, pH = 6.86 và pH = 9.18; quy trình chuẩn được trình bày ở Phụ lục 2. Theo khuyến cáo sử dụng của pH kế, cứ cách hai tuần cần thực hiện chuẩn lại một lần, tuy nhiên, trong thiết kế máy đo kiềm này, ta ngâm cảm biến của pH kế trong dung dịch đã đo nên ta chỉ cần chuẩn một lần khi mới sử dụng. Đầu ra của bộ pH kế và Op Amp là điện áp (pH càng lớn điện áp càng nhỏ), khối điều khiển sẽ đọc giá trị điện áp này và sử dụng hàm *do\_pH* (Phụ lục 2) để tính ra giá trị pH, từ đó điều khiển việc thêm axit vào. Như vậy, đầu vào của khối đo đặc là các tín hiệu yêu cầu đo pH, quay khuấy từ, mẫu nước và axit; đầu ra là giá trị điện áp (tương đương với giá trị pH của dung dịch) (Hình 4.8).



Hình 4. 8. Khối đo đặc

Hoạt động của khối đo đặc được minh họa trong Hình 4.9.

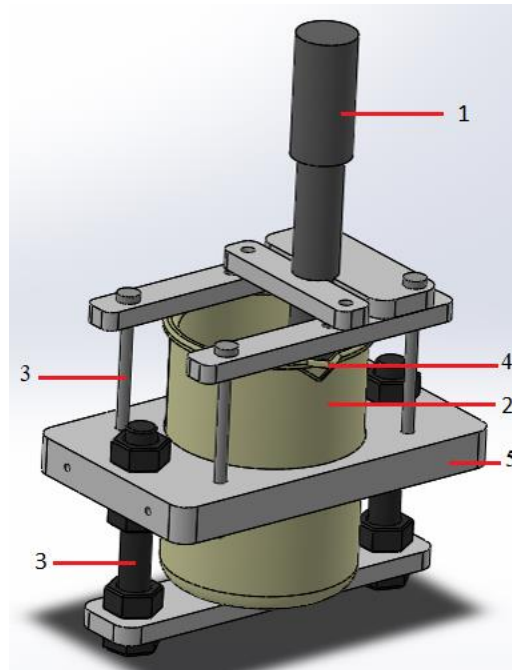


Hình 4. 9. Hoạt động đo đặc

Do tính trễ của sự thay đổi giá trị pH của dung dịch sau khi thêm axit (thực tế khoảng 15 đến 20 giây sau khi thêm một giọt axit thì pH mới ổn định) nên bộ điều khiển sẽ đưa ra tín hiệu yêu cầu đo pH sau mỗi lần nhỏ axit 15 giây (hoặc lâu hơn). Ngoài ra, bộ điều khiển sẽ điều khiển thêm axit nhanh hơn khi pH trên 5,5 và tăng thời gian chờ giữa các lần thêm từng giọt axit khi pH dưới 5.5, tức là khoảng thời gian giữa các lần đo pH tăng lên, từ đó tăng độ chính xác của phép đo độ kiềm.

Đối với hệ thống khuấy từ, ta sử dụng cá khuấy là loại nam châm vĩnh cửu có bọc sứ, chiều dài 2.5cm và động cơ DC cũng có gắn nam châm để làm quay cá khuấy. Như vậy, ta thả cá khuấy vào lọ mẫu, đặt động cơ khuấy ở dưới đáy cốc và chỉ cần điều khiển quay động cơ là thực hiện được việc khuấy dung dịch. Đối với lọ mẫu, ta dùng 50ml nước mẫu nên sử dụng lọ có mỏ dung tích 100ml. Việc thiết kế cơ cấu cơ khí và lắp đặt các bộ phận của khối đo đặc được minh họa trong Hình 4.10. Trong đó:

- 1 – pH kế
- 2 – lọ mẫu
- 3 – các đai ốc: có thể điều chỉnh nâng cao/hạ thấp lọ mẫu
- 4 – mỏ lọ
- 5 – giá đỡ lọ: nơi gắn trực quay RC servo

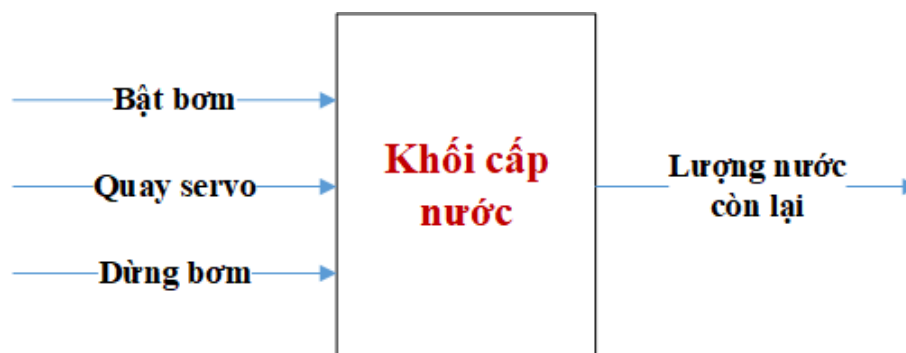


**Hình 4. 10. Mô hình khối đo đạc**

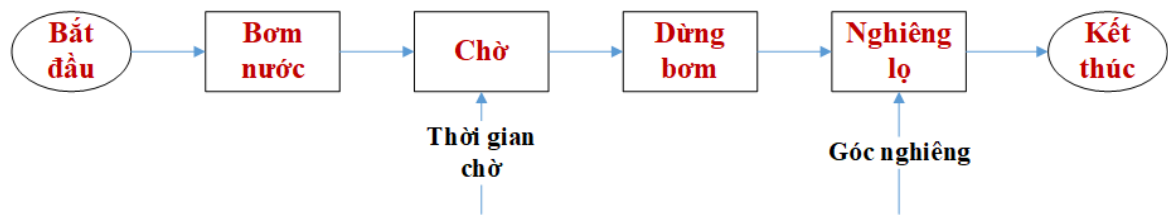
#### 4.4 Khối cấp nước

Để thực hiện lấy đúng lượng nước mẫu phù hợp và lấy nước áo nuôi để tráng lọ mẫu, khối này sẽ sử dụng bơm nước, khóa bơm để điều khiển bật tắt bơm, và RC servo. Vì máy được đặt ở vị trí cách mặt nước tối đa 1,4m, nên bơm cần dùng phải có sức hút trên 1,4m. Khóa bơm ở đây là transistor công suất có mức dòng điện  $I_E$  lớn (cỡ 2A) nối trực tiếp với nguồn điện của bơm. Việc điều khiển bật/tắt bơm đã được trình bày ở phần trên. Để đảm bảo bơm đủ lượng nước mong muốn, ta cần dùng thực nghiệm để xác định thời gian bơm. Đương nhiên, có thể dùng các phương pháp khác để chắc chắn bơm đủ nước như dùng công tắc từ, cảm biến nước

(cảm biến phát hiện có sự xuất hiện của nước). Tuy nhiên, các phương pháp này khá phức tạp hoặc giá thành khá cao nên sẽ không được áp dụng. Việc đổ nước được thực hiện chính xác nhờ RC servo có trục quay gắn vào giá đỡ cốc. Có hai kiểu đổ nước: đổ hết và đổ một phần. Đổ một phần sẽ giữ lại đúng 50ml nước mẫu, khi đó góc quay của servo cần được tìm ra bằng thực nghiệm. Để làm điều này, ta để lọ mẫu nằm đứng cân bằng rồi đong đúng 50ml nước và đổ vào lọ mẫu, xoay lọ cho tới khi nước chuẩn bị đổ ra khỏi miệng lọ thì dừng lại. Từ đây xác định góc quay so với ban đầu. Ngoài ra, ta phải điều khiển servo quay đủ chậm để hạn chế các ảnh hưởng của quán tính và sau khi xoay nghiêng cực đại, cần thời gian chờ đủ lâu để đảm bảo đổ hết nước hoặc giữ lại đúng 50ml sau đó mới quay servo về vị trí thẳng đứng. Việc điều khiển RC servo khá đơn giản, tùy theo giá trị PWM xuất ra của chân vi điều khiển mà ta có góc quay servo tương ứng. Đối với Arduino, ta có thể dùng thư viện có sẵn *Servo.h*. Hình 4.11 thể hiện các đầu vào, ra của khối cấp nước trong nội bộ máy đo và Hình 4.12 biểu diễn hoạt động của khối này.



**Hình 4. 11. Khối cấp nước**



Hình 4. 12. Hoạt động cấp nước

#### 4.5 Khối nguồn

Để lựa chọn khối nguồn thích hợp, ta thống kê các linh kiện/module và nguồn nuôi của chúng như trong Bảng 4.3 dưới đây.

Bảng 4. 3. Nguồn nuôi các linh kiện/module

STT	Tên linh kiện/module	Nguồn nuôi
1	Van, xilanh khí nén	24V
2	Động cơ DC servo	12V
3	Động cơ khuấy từ	9V
4	Bơm nước	9V
5	Đĩa encoder	5V
6	pH kế	5V
7	Công tắc hành trình	5V
8	LCD	5V
9	Relay (điện áp kích)	5V
10	RC servo	5V
11	Kit Arduino	9V

Từ bảng trên, ta thấy cần sử dụng bốn mức điện áp khác nhau, nên phương án tốt nhất là dùng một bộ biến đổi AC – DC và các bộ DC – DC. Do điện áp nguồn

nuôi lớn nhất là 24V nên ta chọn bộ AC – DC là từ điện lưới xoay chiều biến đổi thành điện một chiều 24V, từ đây ta chọn nguồn tổ ong với ưu điểm đầu ra ổn định, dòng ra lớn, giá thành khá rẻ và tiện lợi. Với mức điện áp nguồn nuôi 12V, ta dùng bộ biến đổi DC – DC từ 24V thành 12V. Có nhiều phương án thực hiện điều này, trong thiết kế này tác giả sử dụng module DC – DC LM2596 (mạch ổn áp Buck) có điện áp đầu ra điều chỉnh được trong dải  $1.23V \div 35V$ . Ưu điểm của module này là giá thành rẻ, nhỏ gọn, sử dụng linh hoạt, dòng điện đầu ra lớn (tối đa 3A). Tương tự, ta cũng dùng module này cho mức điện áp 9V. Đối với nguồn nuôi 5V, ta lấy từ module L298. Các module trên được minh họa trong các hình dưới đây.



**Hình 4. 13.**  
**Module LM2596**



**Hình 4. 14.**  
**Nguồn tổ ong**



**Hình 4. 15.**  
**Module L298**

#### **4.6 Một số sơ cấu cơ khí**

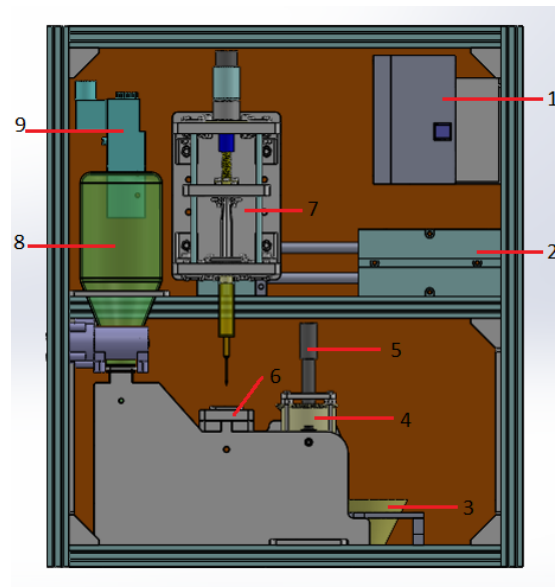
Các phần bên trên đã trình bày hai cơ cấu cơ khí quan trọng nhất là cụm xilanh axit và cụm lọc mẫu. Phần này sẽ trình bày tiếp một số cơ cấu khác và mô hình cơ khí toàn bộ máy đo.

Trong quá trình hoạt động, máy đo có thực hiện đổ nước thải khỏi lọc mẫu. Để đảm bảo nước thải không làm ảnh hưởng đến các bộ phận khác, ta thiết kế phễu nước thải như Hình 4.17 và đặt ngay vị trí đổ lọc mẫu (Hình 4.16). Đối với hệ thống chứa axit (Hình 4.18), ta áp dụng nguyên lý bình thông nhau, ở một bên bình thông nhau, ta dùng bình nhựa lớn (dung tích cỡ 500ml) để chứa axit dự trữ. Với cơ cấu

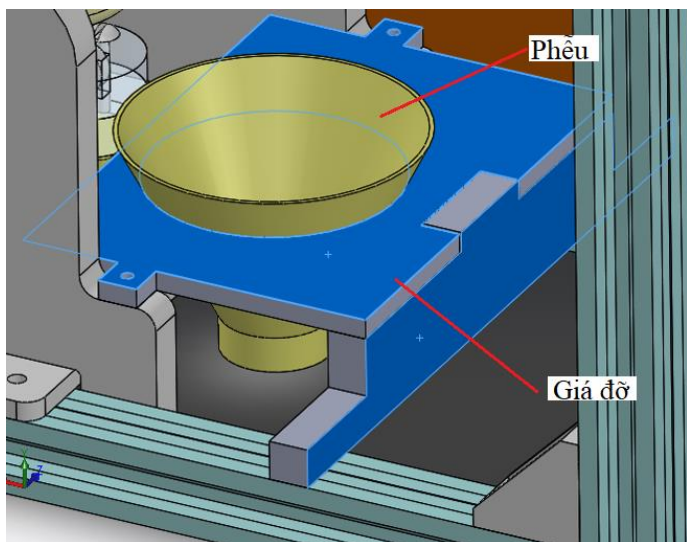
như này, khi hút axit vào xilanh, axit trong bình chứa tự động chảy xuống bình thông nhau làm cho kim xilanh luôn chìm trong axit, giúp lượng không khí bị hút được hạn chế ở mức thấp nhất.

Như đã trình bày ở trên, máy có nhiều linh kiện/module điện tử như kit Arduino, bộ DC -DC, ... nên ta sử dụng hộp kín để chứa tất các bộ phận này, giúp bảo vệ chúng trước tác hại của môi trường, đồng thời cố định vị trí của chúng trong máy đo. Đối với khung máy, ta dùng nhôm để đảm bảo đủ chắc chắn và giá thành rẻ. Các bộ phận cơ khí khác dùng mica trắng với các ưu điểm khối lượng nhỏ, giá thành thấp mà vẫn đáp ứng đủ độ bền, chắc chắn cho máy đo. Hình 4.16 thể hiện toàn bộ các cơ cấu của máy. Trong đó:

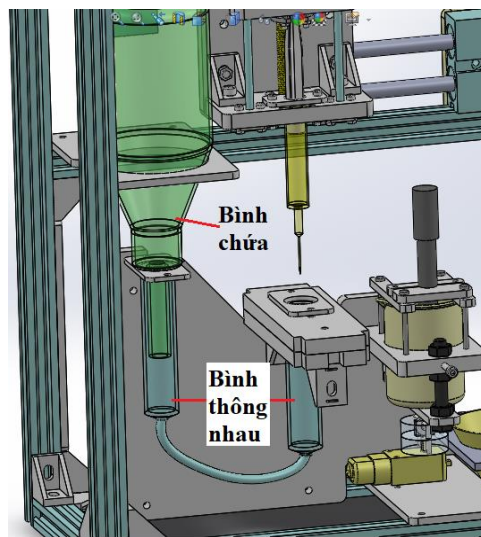
- 1 – hộp điện
- 2 – xilanh khí nén
- 3 – phễu nước thải
- 4 – lọ mẫu
- 5 – pH kế
- 6 – bình thông nhau
- 7 – cụm xilanh axit
- 8 – bình axit dự trữ
- 9 – van khí nén



**Hình 4. 16. Toàn bộ máy đo**



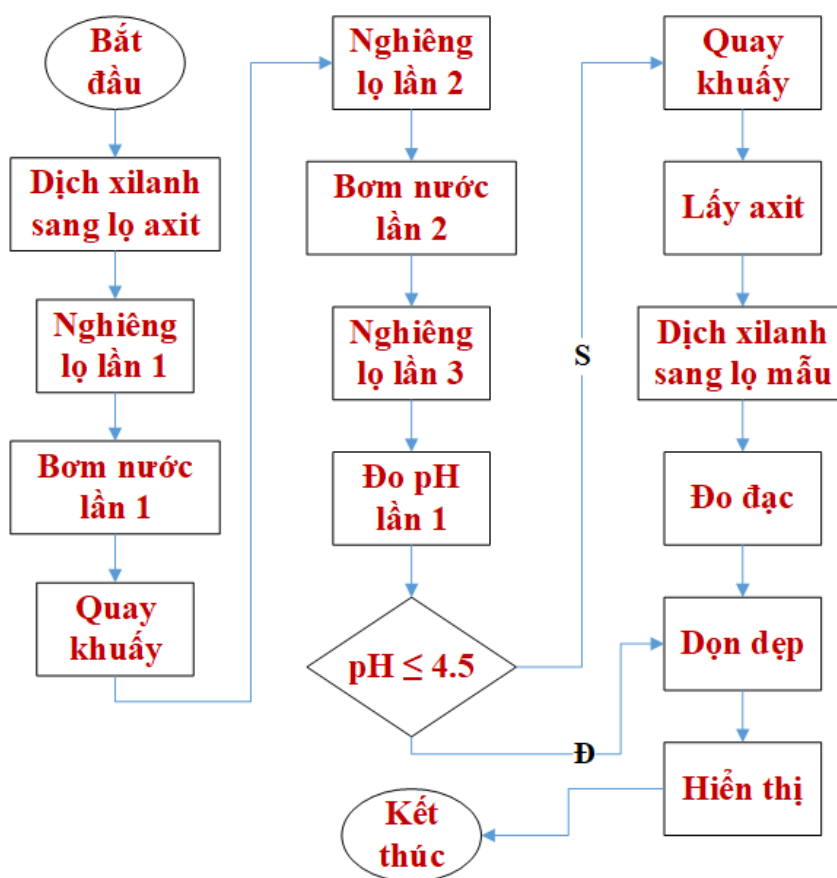
Hình 4.17. Phễu nước thải



Hình 4.18. Hệ thống chứa axit

#### 4.7 Lưu đồ hoạt động của máy

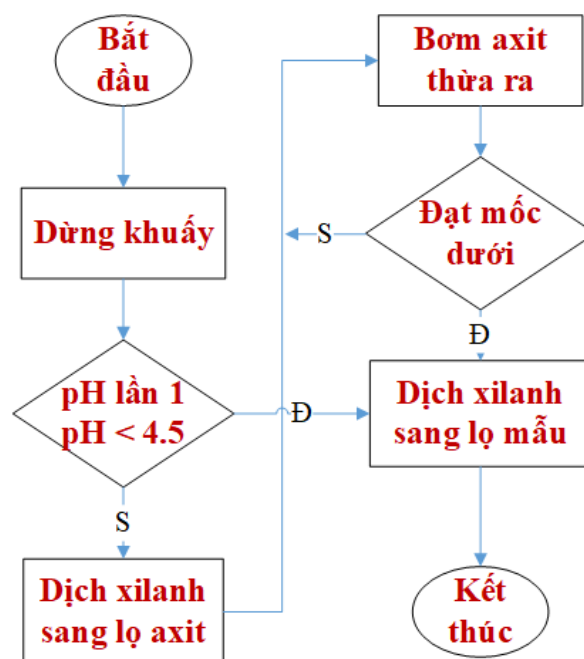
Đến đây, ta đã thiết kế xong toàn bộ máy đo. Phần này này sẽ trình bày quy trình hoạt động đầy đủ của máy trong một lần đo (Hình 4.19).



Hình 4.19. Lưu đồ hoạt động

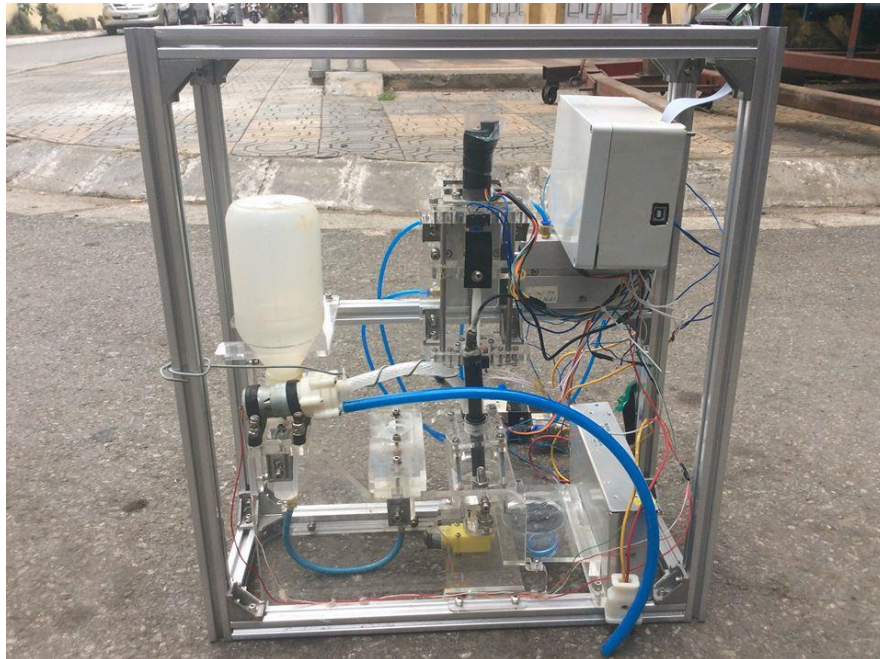


Khởi đầu chu trình đo, cụm xilanh axit đang ở vị trí lọ mẫu, cả hai xilanh khí nén đều thụt vào. Khi có tín hiệu bắt đầu, máy đo dịch cụm xilanh axit sang lọ axit (bình thông nhau), bao gồm ba công đoạn: lên xilanh, dịch sang lọ axit (dịch trái hoặc phải) và xuống xilanh. Cuối cùng, cụm xilanh axit nằm ở vị trí bình thông nhau và sẵn sàng hút axit. Nghiêng lọ lần một nhằm mục đích đổ nước thải từ lần đo trước. Tiếp theo, bơm nước lần một, quay khuấy từ rồi nghiêng lọ lần hai để tráng lọ mẫu. Tại đây, lọ mẫu không có nước. Bơm nước lần hai và nghiêng lọ lần 3 sẽ giữ lại trong lọ mẫu đúng 50ml nước mẫu. Do độ kiềm tổng bằng 0 nếu  $\text{pH} \leq 4.5$  nên máy đo tiến hành đo pH lần một ngay sau khi lấy xong mẫu nước. Nếu  $\text{pH} > 4.5$ , máy thực hiện quay khuấy từ và hút axit vào xilanh rồi dịch xilanh sang lọ mẫu. Giai đoạn này tương đương với hoạt động cấp axit ở mục trước. Tiếp đó, việc đo đặc (chính là chuẩn độ nước mẫu) được diễn ra. Quá trình này kết thúc, máy thực hiện dọn dẹp rồi hiển thị kết quả đo. Hoạt động dọn dẹp gồm nhiều công đoạn và được trình bày chi tiết trong Hình 4.20.



**Hình 4. 20. Hoạt động dọn dẹp**

Hình 4.21 là hình ảnh thực tế của máy đo. Ta có thể dễ dàng nhận thấy các bộ phận giống như mô phỏng trong Hình 4.16. Với sản phẩm này, giá thành khoảng 7000000 VND. Tuy nhiên, đây là nghiên cứu và thiết kế lần đầu, nếu thành công và sản xuất thương mại, ta hoàn toàn có thể tiếp cận mức giá 5000000 VND/sản phẩm. Tiếp theo, ta cần thiết kế vỏ máy. Tuy nhiên, với mục đích nghiên cứu và kiểm thử trong phòng thí nghiệm nên bước này chưa cần thiết sẽ được bỏ qua.



**Hình 4. 21. Máy đo trên thực tế**

Như vậy, ta chỉ cần viết mã nguồn cho bộ điều khiển là hoàn thiện thiết kế. Chi tiết về việc viết mã nguồn không được trình bày ở đây mà một số đoạn mã quan trọng đã đưa ra ở phần Phụ lục. Chương tiếp theo, ta sẽ xem xét các kết quả kiểm thử thực tế của máy đo.

## CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Trong quá trình đo kiểm thực tế, ta cần lưu ý một vấn đề sau. Do một số bộ phận của máy đo dễ gãy hỏng, ví dụ như kim xilanh và đầu hút của thân xilanh rất dễ gãy nếu xilanh khí nén hoạt động không chính xác, mà khi thay mới các bộ phận này tốn rất nhiều thời gian, nên để hạn chế vấn đề xảy ra, ta có thể điều chỉnh xilanh khí nén bằng tay bằng cách dùng nút bấm ở van khí nén. Với cả hai xilanh khí nén, bấm nút tương ứng xilanh phụt ra và nhả nút là thụt vào.

### 5.1 Môi trường đo kiểm và đầu vào

Việc đo kiểm được thực hiện trong phòng thí nghiệm, nhiệt độ phòng khoảng 29 °C, xilanh axit, lọ mẫu và cá khuấy đều được rửa bằng nước cất và để khô, pH kế được chuẩn và làm khô điện cực rồi ngâm vào nước sạch sinh hoạt, axit được pha ngay trước khi dùng. Đầu vào được dùng gồm 2 loại: loại một là cùng một mẫu nước, ở đây dùng nước sạch sinh hoạt có pH trung tính; loại hai vẫn là nước sạch sinh hoạt nhưng được pha thêm NaOH hoặc pha thêm axit để làm thay đổi pH. Như vậy, việc ngâm điện cực của pH vào nước như trên sẽ có tác dụng làm pH kế có kết quả đo nhanh và chính xác hơn. Đây cũng là lý do sau mỗi lần đo, ta để nguyên dung dịch nước thải trong lọ mẫu mà không đổ đi. Đối với mỗi loại mẫu nước, ta thực hiện đo nhiều lần và kết quả được trình bày ở phần sau.

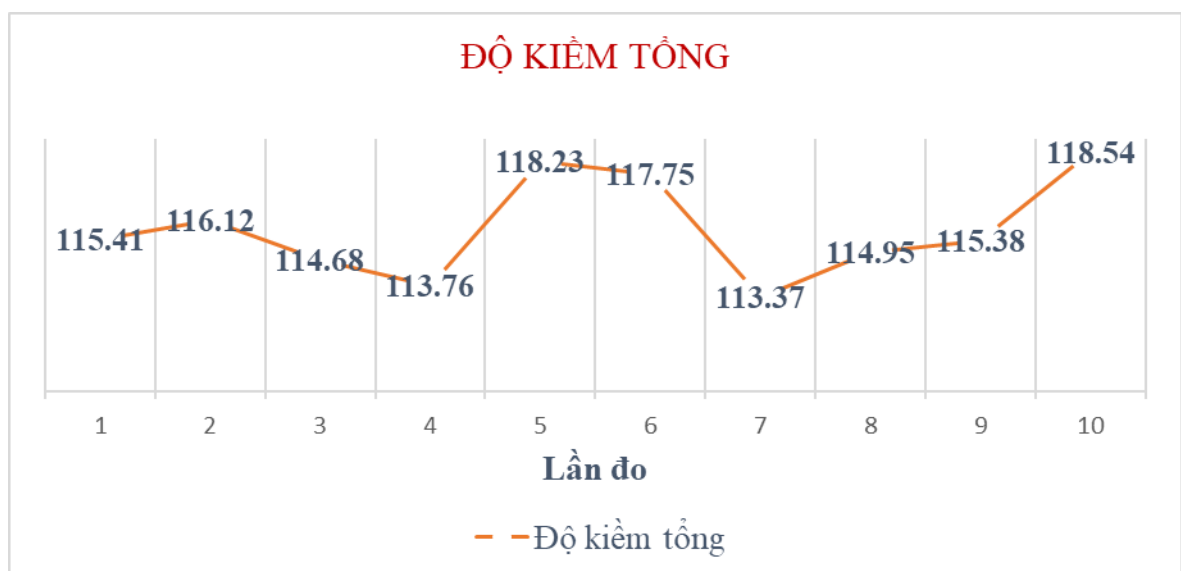
### 5.2 Kết quả

Biểu đồ 5.1 thể hiện các kết quả đo với cùng mẫu nước, giá trị pH ban đầu là 6.9 và độ kiềm kiềm định là 115 mg/L  $CaCO_3$ . Với các kết quả đo này, ta tính được sai số lớn nhất của phép đo là  $\pm 3.54$  mg/L (lần đo thứ 10). Trường hợp đầu vào loại hai, kết quả đo được trình bày trong Bảng 5.1. Từ đây, ta cũng tính được sai số lớn

nhất  $\pm 2.27$  mg/L (lần đo thứ 9). Về thời gian đo, mỗi lần đo kéo dài từ 6 đến 8 phút. Từ các kết quả này, ta có thể so sánh một số thông số quan trọng với máy đo APA6000 – Hach (Bảng 5.2) và có thể đánh giá sản phẩm như sau:

Về độ chính xác, sai lệch giữa thông số hai máy không lớn, mà ta lại biết rằng, khoảng độ kiềm tổng thích hợp với thủy – hải sản là  $75 \div 200$  mg/L nên sai số  $\pm 3.54$  mg/L của sản phẩm hoàn toàn chấp nhận được. Về thời gian phản hồi, cả hai máy có thông số này tương đương nhau. Với mục đích hai ngày đo một lần, thời gian đo  $\leq 10$  phút không có tác động lớn. Về thang đo, nhiệt độ mẫu, sản phẩm của luận văn này vẫn chưa xác định được. Về giá thành, máy đo APA6000 có giá cao hơn hẳn, sản phẩm có giá rất rẻ, đây cũng là một lợi thế và tiêu chí của luận văn. Như vậy, sản phẩm của luận văn hoàn toàn đáp ứng nhu cầu về độ chính xác cho người nuôi trồng. Thêm nữa, với giá tiền và các so sánh trên, sản phẩm này hoàn toàn có sức cạnh tranh khi thương mại hóa.

**Biểu đồ 5. 1. Kết quả thực nghiệm với cùng đầu vào**



**Bảng 5. 1. Kết quả thực nghiệm với đầu vào khác nhau**

Lần đo	Giá trị pH ban đầu	Độ kiềm đo được mg/L $CaCO_3$	Độ kiềm kiểm định mg/L $CaCO_3$
1	7.2	119.43	118
2	7.5	124.12	124
3	6.8	112.03	111
4	8.0	131.95	133
5	8.4	140.15	141
6	8.7	152.36	154
7	6.46	106.94	105
8	7.8	128.56	129
9	8.9	161.73	164
10	7.5	122.87	125

**Bảng 5. 2. So sánh sản phẩm với máy APA6000 – Hach**

Thông số	Giá trị	
	Máy APA6000 – Hach	Sản phẩm luận văn
Độ chính xác	± 1.0 mg/L	± 3.54 mg/L
Thang đo	1 đến 250 mg/L	Chưa xác định
Kích thước (CxRxH)	522 x 627 x 526 mm	440 x 205 x 500 mm
Nguồn điện	90 - 240 V 50/60 Hz	110 – 220 V 50/60Hz
Thời gian phản hồi	Nhỏ hơn 10 phút	Nhỏ hơn 10 phút
Nhiệt độ mẫu	5 đến 50 °C	Chưa xác định
Giá	1880 dolar tại Mỹ	7 triệu VND

Như vậy, chương này đã trình bày các kết quả đo đạc thực nghiệm cũng như so sánh thông số đo được với máy đo đã có sẵn trên thị trường. Đến đây, sản phẩm đã được hoàn thành. Phần tiếp theo sẽ tóm tắt các kết luận quan trọng của toàn bộ luận văn và trình bày những vấn đề cần giải quyết cũng như kiến nghị đối với các vấn đề đó.

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Như vậy, luận văn này đã trình bày tổng quan các lý thuyết về độ kiềm, các lý thuyết liên quan đến thực hiện luận văn cũng như toàn bộ công việc đã làm trong quá trình triển khai thiết kế, các kết quả đo đạc thực nghiệm và đánh giá những kết quả đó. Nhìn về mặt kết quả cuối cùng, sản phẩm máy đo kiềm tổng này đã thực hiện được chức năng tự động đo độ kiềm tổng của nước và hiển thị kết quả lên màn hình, đáp ứng các yêu cầu thiết kế về độ chính xác, giá thành đã đặt ra ban đầu. Tuy nhiên, sản phẩm cũng có nhiều thiếu sót, có thể kể đến như thiết kế mới dừng ở mức thí nghiệm, chưa thể thương mại hóa; hoạt động chưa ổn định; cụm xilanh axit chỉ đáp ứng được yêu cầu tối thiểu là hút/bơm axit với độ chính xác tương đối, về mặt độ bền cơ khí chưa được kiểm tra; đi dây kết nối giữa các linh kiện/module điện tử còn rất phức tạp và khó sửa chữa khi gặp sự cố; sản phẩm sử dụng động cơ khí nén để dịch chuyển cụm xilanh axit, do vậy cần có máy nén khí để hoạt động, dẫn đến kích thước toàn bộ máy rất cồng kềnh và tăng cao giá thành, đây cũng là nhược điểm lớn nhất của thiết kế này. Để giải quyết các vấn đề trên, ta có thể sử dụng một số biện pháp như sau:

- Tiếp tục thiết kế vỏ hộp.
- Thay trục trơn dẫn hướng của cụm xilanh axit thành trục có ổ bi, thay tấm mica gắn với đầu trên pitong và vitme, trục trơn bằng kim loại chuyên dụng.
- Sắp xếp lại các linh kiện và đi dây gọn gàng, có chú thích cho các dây.
- Sử dụng động cơ DC và vitme thay vì dùng động cơ khí nén, việc này cũng có nhược điểm là tăng độ phức tạp cơ khí và điều khiển lên rất nhiều.

Ngoài ra, sản phẩm cũng cần thử nghiệm nhiều hơn nữa để tìm ra các vấn đề khác và hoàn thiện tốt nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

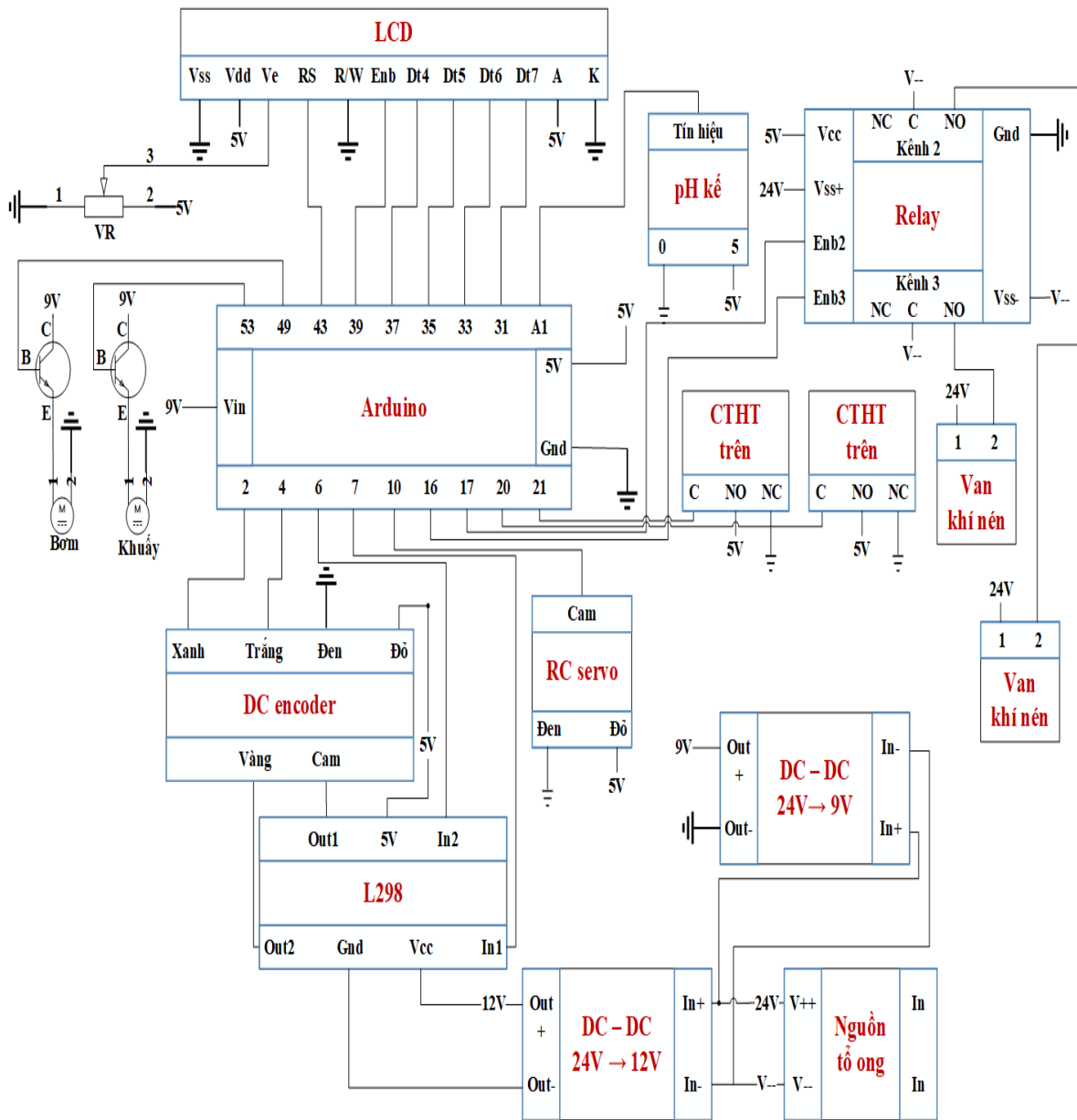
- [1] <http://www.hach.vn/chi-tiet-san-pham.aspx?id=163>, truy cập lần cuối ngày 3/3/2017
- [2] <http://hanna.vn/May-do-Kiem/trangchu/May-do-nong-do-kiem--hai--san-Hanna-HI755-0---300-ppm-878-0-13650-show1.html>, truy cập lần cuối ngày 13/3/2017
- [3] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9963:-1:ed-1:v1:en>, truy cập lần cuối ngày 13/3/2017
- [4] JOHN M. EDMOND, *High precision determination of titration alkalinity and total carbon dioxide content of sea water by potentiometric titration*, 12/2/1970
- [5] <https://en.wikipedia.org/wiki/Alkalinity>, truy cập lần cuối ngày 13/3/2017
- [6] TCVN 9637-2-2013, [https://www.google.com.vn/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwihk8LixYfUAhULHJQKHaq0DdgQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Ftieuchuan.mard.gov.vn%2FDocuments%2FUploads%2FTCVN%25209637-2-2013.doc&usg=AFQjCNHKdPPLwZmGpIo\\_\\_2C7VELAm6w3HQ&sig2=tT3juuaa7LKm2ewK2OCcsag](https://www.google.com.vn/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwihk8LixYfUAhULHJQKHaq0DdgQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Ftieuchuan.mard.gov.vn%2FDocuments%2FUploads%2FTCVN%25209637-2-2013.doc&usg=AFQjCNHKdPPLwZmGpIo__2C7VELAm6w3HQ&sig2=tT3juuaa7LKm2ewK2OCcsag), truy cập lần cuối ngày 13/3/2017
- [7] [http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia\\_agua19.htm](http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_agua19.htm), truy cập lần cuối 13/3/2017
- [8] ThS. Huỳnh Ngọc Phương Mai, Tài liệu của Công ty môi trường Tâm Nhìn Xanh, Copyright 2006 gree-vn.com, [http://www.gree-vn.com/pdf/CHUONG\\_3\\_HMT.pdf](http://www.gree-vn.com/pdf/CHUONG_3_HMT.pdf), truy cập lần cuối ngày 23/5/2017
- [9] <https://vistech.vn/kiem-trong-kiem-soat-chat-luong-nuoc/>, truy cập lần cuối ngày 13/3/2017
- [10] Janice Kotuby-Amacher, Michael C. Amacher, *Comparison of Three Methods for Determining Total Alkalinity in Natural Waters*, 2/1995
- [11] <http://aquanetviet.com/post/123105707340/%C4%91%C3%B4-ki%C3%AA-m-trong-nu%C3%B4i-t%C3%B4m-th%E1%BA%BB-ch%C3%A2n-tr%C4%83-ng>, truy cập lần cuối ngày 23/5/2017

- [12] TS. Nguyễn Duy Hòa (SRAC, contom.com.vn), Quản lý độ Kiềm và độ Cứng của nước ao nuôi, <http://kythuatnuoitrong.com/quan-ly-do-kiem-va-do-cung-cua-nuoc-ao-nuoi/>, truy cập lần cuối ngày 23/5/2017
- [13] <http://arduino4everyone.blogspot.com/2014/10/bai-6-oc-encoder-tren-arduino.html>, truy cập lần cuối ngày 23/5/2017



PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Mạch nguyên lý



## **Phụ lục 2. Quy trình đo độ pH của nước**

Những vật dụng cần thiết:

- Đầu đo pH (sử dụng cảm biến ISE)
- Nước cất: 1 lít
- Giấy lau
- Lọ thủy tinh: dung tích khoảng 20ml và dung tích khoảng 300ml.
- Bột dung dịch chuẩn pH 4.0, pH 6.86 và pH 9.18

Quy trình đo:

- Rửa sạch cảm biến, lọ thủy tinh bằng nước cất rồi lau khô.
- Pha dung dịch chuẩn pH. Ví dụ với bột pH 4.0. Xem hướng dẫn sử dụng để biết lượng nước cất cần dùng (thường là 250ml).
- Lấy ra lượng dung dịch chuẩn pH cần thiết cho vào lọ thủy tinh dung tích 20ml sao cho đủ để ngập qua điện cực của cảm biến. Cho cảm biến vào và đợi giá trị giá trị ADC của điện áp từ đầu ra cảm biến hiển thị trên máy đo ổn định, ghi lại giá trị đó.
- Lặp lại ba bước trên cho từng gói bột chuẩn pH.
- Sau khi lấy được giá trị ADC của đầu ra pH cho cả ba dung dịch chuẩn pH, đưa vào hàm tính pH dưới đây (viết cho kit Arduino).

/\*

```
adc_phL    =    giá trị adc pH 4 (analogRead(A1))  
adc_phH    =    giá trị adc pH 6.86  
adc_ph0    =    giá trị adc pH 9.18
```

```
*/  
  
float do_pH(float adc_value) { // adc_value = read_data  
  
float adc_phL = 313;  
  
float adc_phH = 194;  
  
float adc_ph0 = 250;  
  
float pH = 0;  
  
float pH0 = 6.86;  
  
float pH_H = 9.18;  
  
float pH_L = 4.0;  
  
float Delta_pH = 0;  
  
float Slope_L = (pH0 - pH_L)/(adc_phL - adc_ph0);  
  
float Slope_H = (pH_H - pH0)/(adc_ph0 - adc_phH);  
  
if(adc_value <= adc_ph0)  
  
    Delta_pH = Slope_H * (adc_value - adc_ph0);  
  
else  
  
    Delta_pH = Slope_L * (adc_value - adc_ph0);  
  
pH = pH0 - Delta_pH;  
  
return pH;  
  
}
```

**Phụ lục 3. Thuật toán PID điều khiển tốc độ động cơ**

```
double dk_pid_td() {  
  
    tocDo = ((xung/334.0)*(1/T)*60);  
  
    xung = 0;  
  
    E = TOC_DO_HUT - tocDo;  
  
    alpha = 2*T*Kp + Ki*T*T + 2*Kd;  
  
    beta = T*T*Ki - 4*Kd - 2*T*Kp;  
  
    gamma = 2*Kd;  
  
    output = (alpha*E + beta*E1 + gamma*E2 + 2*T*lastOutput)/(2*T);  
  
    lastOutput = output;  
  
    E2 = E1;  
  
    E1 = E;  
  
    cthtDuoai = digitalRead(CTHT_DUOI);  
  
    quay_dong_co(2*output);  
  
}
```