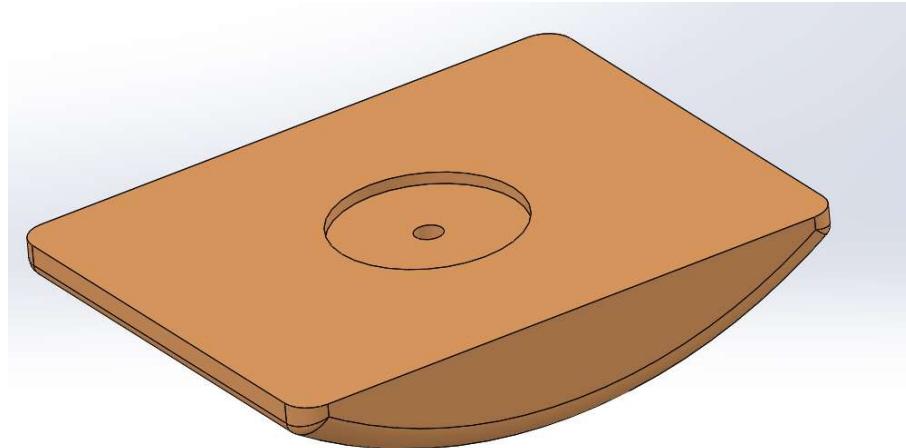


Hình 4. 40: Chi tiết cố định xy lanh và thanh trượt

Chi tiết đệm tác động vào tựa lưng, chi tiết này được làm bằng gỗ, được làm chuẩn theo kích thước, tiêu chuẩn nước ngoài:



Hình 4. 41: Đệm tải tựa lưng ghế

#### **4.4. Thiết kế mạch**

Như đã biết, vi điều khiển STM32F407 chỉ hoạt động ở điện áp 0 – 3.3V. Để giao tiếp được với ngoại vi có mức điện áp hoạt động cao hơn như 10VDC, 24VDC thì cần có các mạch cách ly đối với ngõ vào số, ngõ ra số; mạch chuyển đổi điện áp đối với tín hiệu analog vào, ra.

##### **4.4.1. Thiết kế mạch cách ly**

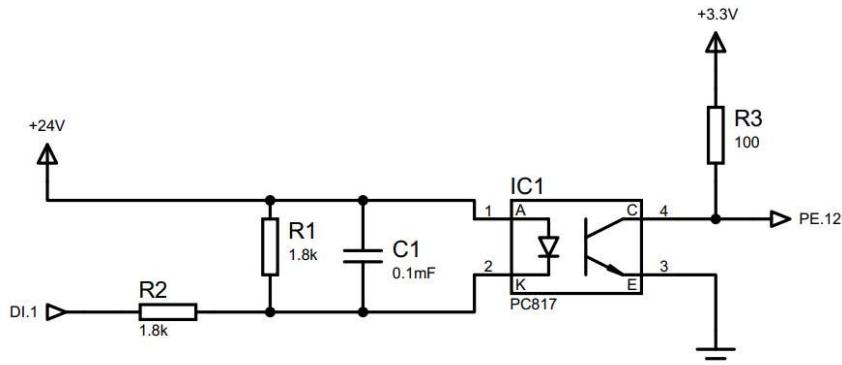
## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỐI GHÉ

---

Đối với ngõ vào và ngõ ra số có điện áp lớn hơn điện áp cho phép của vi điều khiển STM32F407 (3.3V), ta thường sử dụng opto quang để cách ly hai nguồn điện này. Ở trường hợp này, ta chọn Opto quang PC817 có sẵn trên thị trường để thiết kế mạch cách ly.

- Tính toán, thiết kế mạch cách ly ngõ vào số:

Sơ đồ nguyên lý:



Hình 4. 42: Sơ đồ nguyên lý mạch cách ly ngõ vào

Dựa vào datasheet của PC817 [21], ta chọn được các thông số của PC817:

Điện áp ngược của led:  $V_F = 1,2 V$

Dòng điện ngược của led:  $I_F = 12 mA$

Khi có tín hiệu đầu vào, DI.1 được nối đất. Giả sử chưa có R1, và tụ lọc C1.

Tính toán chọn R2: R2 dùng để giới hạn dòng điện đầu vào.

Theo định luật Kirchoff về điệp áp vòng, ta có:

$$-U_{R2} + 24 - U_{led} = 0 \quad (4.8)$$

Hay  $U_{R2} = 24 - U_{led} = 24 - 1,2 = 22,8V$

$$\text{Do đó: } R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} = \frac{U_{R2}}{I_F} = \frac{22,8}{0,012} = 1900\Omega$$

Chọn  $R_2 = 1800 \Omega$  có trên thị trường.

$$\text{Tính lại } I_F = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{22,8}{1800} = 0,01267 > 0,012$$

Vì vậy thêm R1 mắc song song với led để hạn dòng

$$\text{Ta có } I_2 = I_1 + I_F \text{ Hay } I_1 = I_2 - I_F = \frac{22,8}{1800} - 0,012 = \frac{1}{1500} A$$

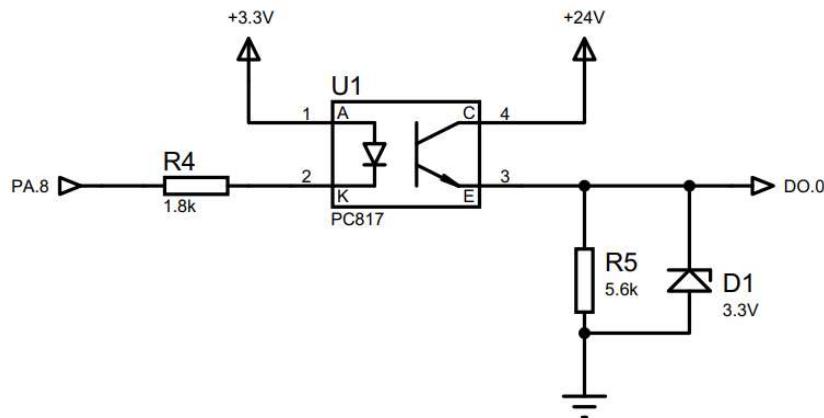
$$\text{Suy ra } R_1 = \frac{U_{R1}}{I_1} = \frac{U_{led}}{I_1} = \frac{1,2}{1500^{-1}} = 1800 \Omega$$

Để lọc tín hiệu đầu vào, ta chọn tụ lọc  $C_1 = 0,1mF$  có trên thị trường.

Dùng thêm điện trở  $R_3 = 100 \Omega$  để hạn dòng đầu vào của chân vi điều khiển.

- Tính toán, thiết kế mạch cách ly ngõ ra số:

Sơ đồ nguyên lý:



Hình 4. 43: Sơ đồ nguyên lý mạch cách ly ngõ ra

Dựa vào datasheet của PC817 [21], ta chọn được các thông số của PC817:

Điện áp ngược của led:  $V_F = 1,2 V$

Dòng điện ngược của led:  $I_F = 1,2 mA$

Tính toán chọn R4:

$$R_4 = \frac{U_{R4}}{I_{R4}} = \frac{U_{R4}}{I_F} = \frac{3,3}{0,0012} = 1750 \Omega$$

Chọn  $R4 = 1800 \Omega$  có trên thị trường.

Khi có tín hiệu ra từ điện áp giữa anode và cathode của PC817 là 3.3V và để đảm bảo điện áp này ổn định, ta sử dụng diode zener 1N4728 [20] có điện áp 3.3V, đồng thời bảo vệ PC817 khỏi môi trường nhiễu điện áp.

#### 4.4.2. Thiết kế mạch chuyển đổi điện áp analog

Đối với điện áp analog trong công nghiệp thường sử dụng là 0 – 10VDC nhưng vi điều khiển STM32F407 chỉ xuất ra điện áp từ 0 – 3.3VDC, do đó cần phải có mạch khuếch đại. Ở đây, ta sử dụng mạch khuếch đại không đảo dùng Op-Amp LM358 có sẵn trên thị trường.

- Tính toán, thiết kế mạch chuyển đổi analog vào:

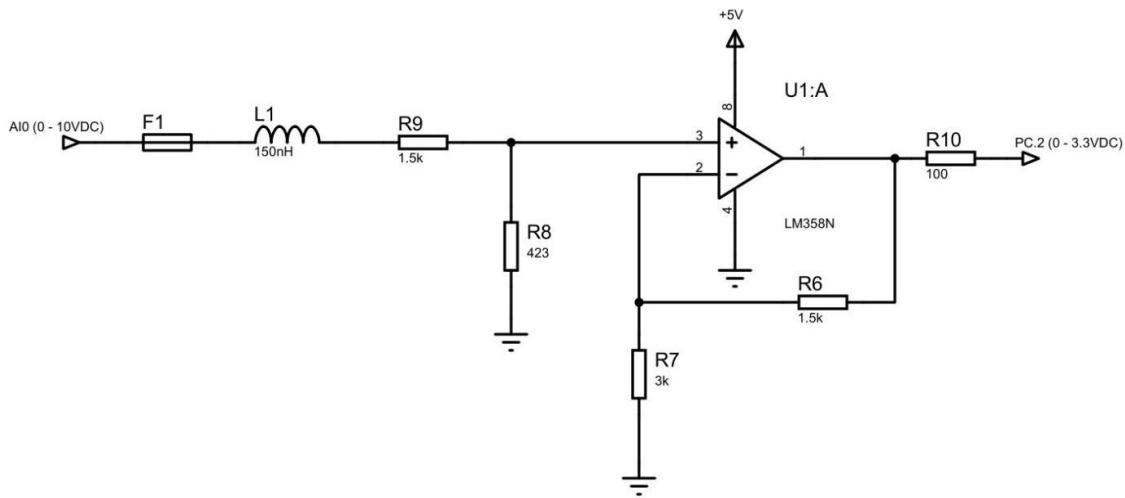
Sơ đồ nguyên lý:

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

---



---



Hình 4. 44: Sơ đồ nguyên lý mạch chuyển đổi analog ngõ vào

Gọi  $V_i$ ,  $V_o$  là lần lượt là điện áp ngõ vào và điện áp ngõ ra.

Đối với mạch khuếch đại không đảo, ta có:

$$V_o = \left(1 + \frac{R_6}{R_7}\right) V_p = \left(1 + \frac{R_6}{R_7}\right) \frac{V_i R_8}{R_8 + R_9} \quad (4. 9)$$

Hay:

$$\frac{R_9}{R_8} = \frac{V_i}{V_o} \left(1 + \frac{R_6}{R_7}\right) - 1 \quad (4. 10)$$

Chọn  $R_7 = 2R_6 = 3000\Omega$ , khi đó:

$$\frac{R_9}{R_8} = \frac{3V_i}{2V_o} - 1 = \frac{3 \times 10}{2 \times 3.3} - 1 = \frac{39}{11}$$

Chọn  $R_9 = 1500\Omega$  suy ra  $R_8 = \frac{1500 \times 11}{39} \approx 423\Omega$

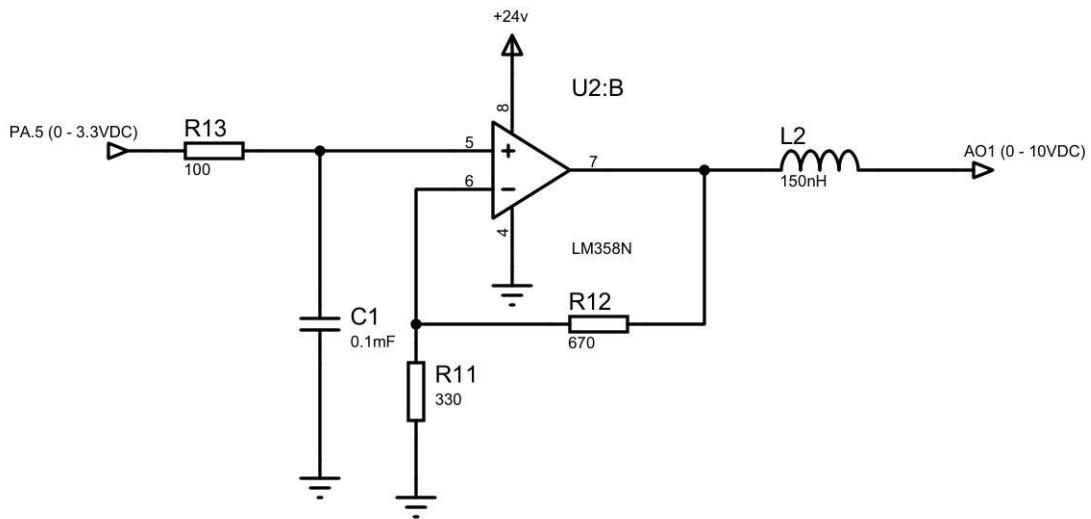
Vì điện trở  $423\Omega$  không có trên thị trường nên ta chọn 3 điện trở nối tiếp nhau:  $300\Omega$ ,  $120\Omega$  và  $3\Omega$ .

Dùng thêm điện trở  $R_{10} = 100\Omega$  để hạn dòng đầu vào của chân vi điều khiển.

Ngoài ra, sử dụng cầu chì F1 để bảo vệ mạch khỏi quá tải hoặc ngắn mạch. Sử dụng cuộn cảm L1 để lọc nhiễu.

- Tính toán, thiết kế mạch chuyển đổi analog ra:

Sơ đồ nguyên lý:



Hình 4. 45: Sơ đồ nguyên lý mạch chuyển đổi analog ngõ ra

Gọi  $V_i$ ,  $V_o$  là lần lượt là điện áp ngõ vào và điện áp ngõ ra.

Đối với mạch khuếch đại không đảo, ta có:

$$V_o = V_i(1 + \frac{R_{12}}{R_{11}}) \quad (4.11)$$

Hay:

$$\frac{R_{12}}{R_{11}} = \frac{V_o}{V_i} - 1 = \frac{10}{3,3} - 1 = \frac{67}{33} = \frac{470 + 200}{330}$$

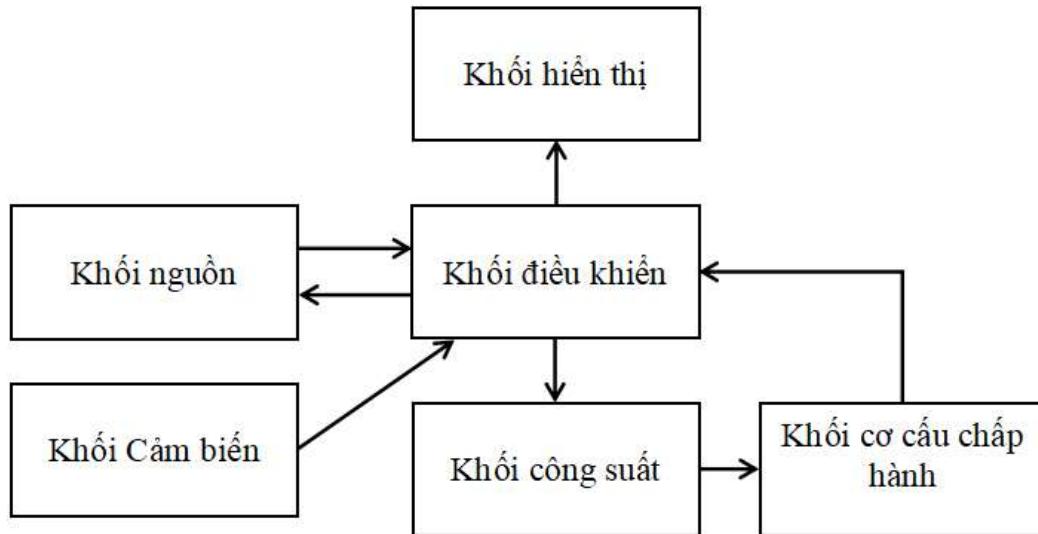
Từ biểu thức trên, ta chọn được điện trở  $R_{11} = 330\Omega$  và điện trở  $R_{12}$  được 2 điện trở  $470\Omega$ ,  $200\Omega$  mắc nối tiếp nhau vì điện trở  $670\Omega$  không có trên thị trường.

Để lọc tín hiệu analog ngõ ra từ vi điều khiển, ta sử dụng điện trở  $R_{13} = 100\Omega$  và tụ lọc  $C1 = 0,1\text{mF}$  có trên thị trường.

#### 4.5. Chương trình điều khiển

##### 4.5.1. Sơ đồ khói hệ thống

Sơ đồ khói tổng quát về máy kiểm tra độ bền của ghế văn phòng gồm 6 khói chính là: khói nguồn, khói điều khiển, khói cảm biến, khói hiển thị, khói van điều khiển và khói cơ cấu chấp hành. Ta có thể xem chi tiết hơn về các khói ở sơ đồ dưới.



Sơ đồ 4.3: Sơ đồ khối hệ thống

Chức năng của các khối trong sơ đồ khối điều khiển hệ thống.

- Khối hiển thị: Là khối giúp người sử dụng, người điều khiển có thể theo dõi được tình trạng, quá trình hoạt động của máy. Có thể thực hiện một số thao tác để vận hành và điều khiển hệ thống.
- Khối nguồn: Khối nguồn ổn định 24V, cung cấp nguồn cho toàn bộ mạch điều khiển hoạt động. Ngoài ra còn có nguồn 220V cung cấp cho một số thiết bị khác.
- Khối cảm biến: Bao gồm cảm biến loadcell, cảm biến hành trình. Cảm biến dịch chuyển phát tín hiệu về bộ điều khiển.
- Khối điều khiển: Khối điều khiển có thể được coi là trái tim của hệ thống, tạo ra giá trị sử dụng cho hệ thống. Khối điều khiển tiếp nhận và xử lý tín hiệu từ khối cảm biến và khối điều khiển. Bao gồm các chương trình điều khiển và nút nhấn, màn hình LCD để thao tác nhập các dữ liệu đầu vào trực tiếp để điều khiển hệ thống. Cụm điều khiển có nhiệm vụ liên kết các chức năng, xử lý các tín hiệu nhận được để điều khiển hệ thống.
- Khối công suất: Dùng để khuếch đại tín hiệu đã được xử lý từ bộ điều khiển thành tín hiệu điều khiển cho cơ cấu chấp hành.
- Khối cơ cấu chấp hành: xy lanh, các van điều khiển và van điều áp. Khối này có nhiệm vụ tiếp nhận tín hiệu từ vi điều khiển STM32 để hoạt động tương ứng với tín hiệu nhận được.

#### 4.5.2. Sơ đồ điều khiển hệ thống

Sơ đồ điều khiển hệ thống có ý nghĩa quan trọng trong việc mô tả và hiểu cách hệ thống hoạt động và tương tác giữa các thành phần. Ý nghĩa của sơ đồ điều khiển hệ thống:

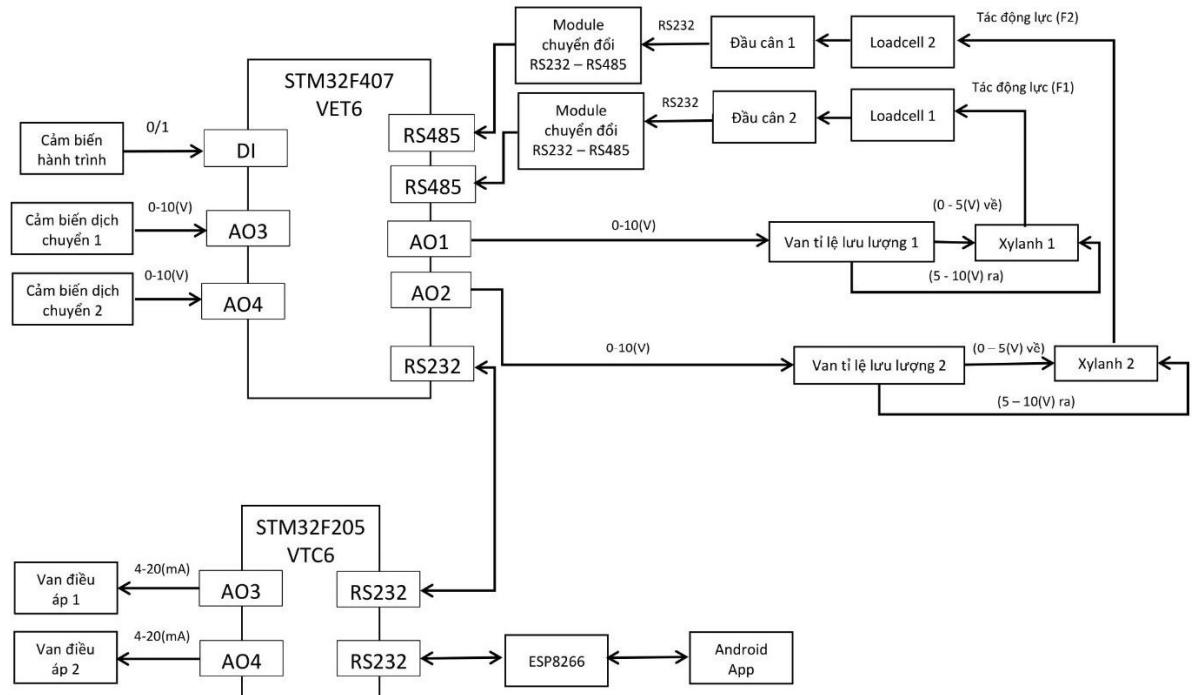
Hiểu quy trình hoạt động: Sơ đồ điều khiển giúp mô tả quy trình hoạt động của hệ thống. Nó xác định các bước và luồng làm việc để đạt được mục tiêu của hệ thống. Điều này

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

giúp người dùng và nhà phát triển hiểu rõ quy trình và cách các thành phần của hệ thống tương tác với nhau.

**Phân chia và tổ chức công việc:** Sơ đồ điều khiển giúp phân chia và tổ chức công việc giữa các thành phần của hệ thống. Nó cho phép xác định trình tự và ưu tiên của các hoạt động, từ đó tạo ra sự cân đối và hiệu quả trong việc thực hiện nhiệm vụ.

**Xác định luồng dữ liệu:** Sơ đồ điều khiển giúp xác định luồng dữ liệu và tương tác giữa các thành phần trong hệ thống. Nó mô tả cách thông tin và dữ liệu được chuyển đổi, truyền và xử lý qua các bước và quy trình khác nhau.



### 4.5.3. Sơ đồ giao tiếp các thiết bị ngoại vi

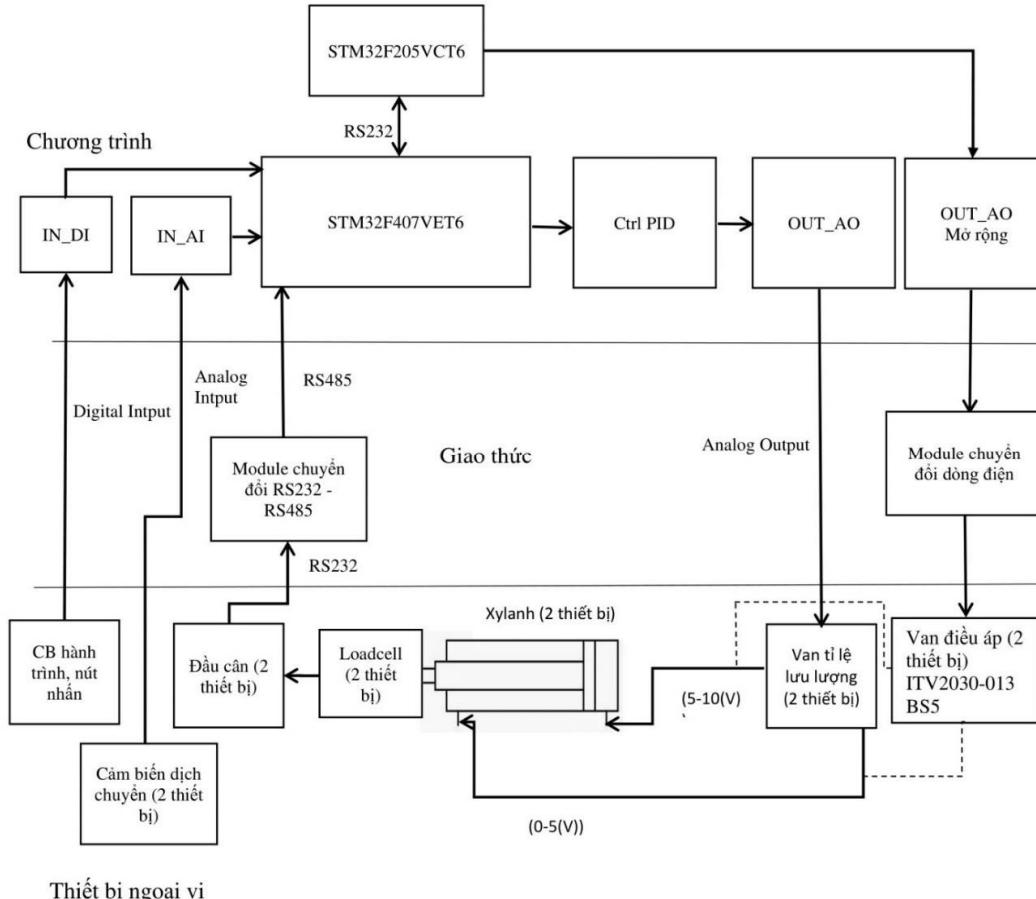
Sơ đồ giao tiếp với thiết bị ngoại vi có ý nghĩa quan trọng trong quá trình thiết kế và phát triển hệ thống. Nó cung cấp một cái nhìn tổng quan về cách các thành phần chính của hệ thống tương tác và truyền thông với nhau. Ý nghĩa quan trọng của lưu đồ giao tiếp với thiết bị ngoại vi:

**Hiểu rõ các liên kết và truyền thông:** Sơ đồ giao tiếp giúp hiểu rõ cách các thành phần trong hệ thống kết nối và giao tiếp với nhau. Nó mô tả các giao thức, giao diện và tín hiệu mà các thiết bị sử dụng để truyền thông và trao đổi dữ liệu.

**Xác định quy trình truyền thông:** Sơ đồ giao tiếp cho thấy quy trình truyền thông giữa các thiết bị và ngoại vi. Nó chỉ ra các bước cần thiết để thiết lập và duy trì kết nối, truyền dữ liệu, xử lý và nhận dữ liệu.

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

Đảm bảo tương thích và tương tác: Sơ đồ giao tiếp đảm bảo rằng các thiết bị và ngoại vi trong hệ thống tương thích với nhau và có thể tương tác một cách đúng đắn. Nó xác định các yêu cầu giao tiếp, chuẩn và giao thức mà các thiết bị cần tuân thủ để hoạt động cùng nhau.



Sơ đồ 4. 5: Giao tiếp với các thiết bị ngoại vi

### 4.5.4. Lập trình điều khiển

- Chương trình chính:

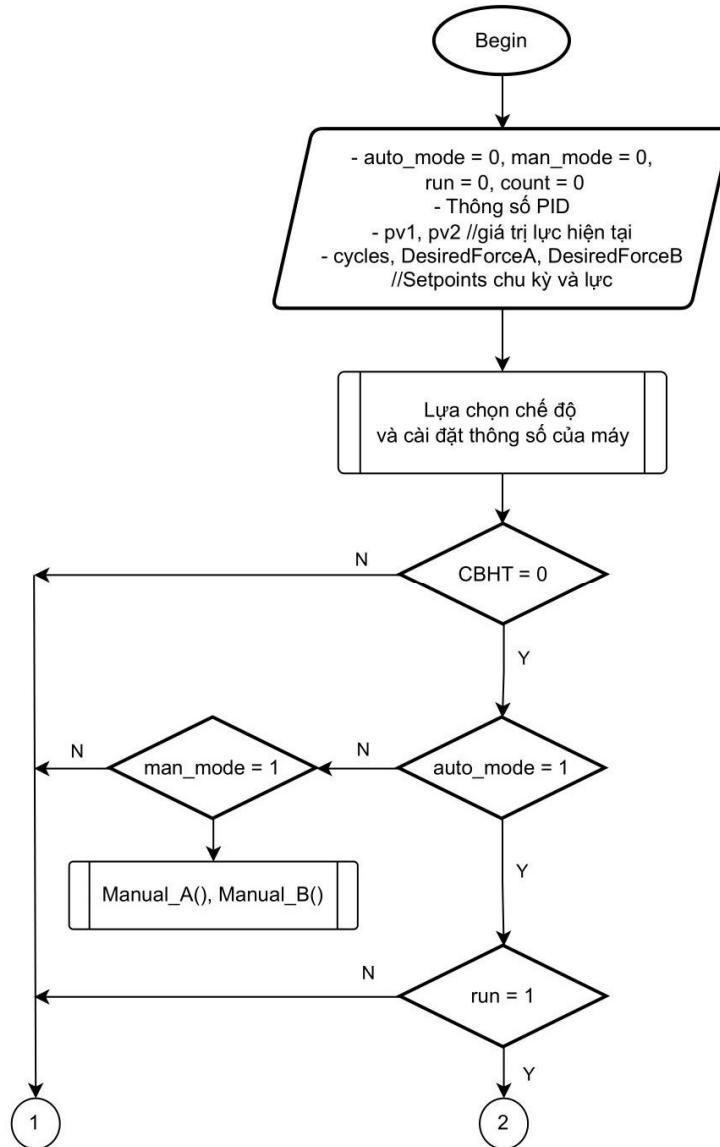
- Nguyên lý hoạt động: Khai báo thư viện, các biến liên quan. Sau khi cài đặt các thông số và lựa chọn chế độ hoạt động, kiểm tra xem xy lanh đã chạm cảm biến hành trình hay chưa, tiếp theo kiểm tra chế độ tự động hay thủ công. Nếu chế độ thủ công, thực hiện điều khiển xy lanh A, B ra vào theo lực đã cài đặt. Nếu chế độ tự động, kiểm tra biến “run”. Nếu biến run lên “1” thì máy sẽ hoạt động theo chu kỳ sau: Thực hiện PID cho xy lanh A (mô phỏng động tác ngồi), nếu đủ lực đã cài đặt thì thực hiện PID cho xy lanh B (mô phỏng động tác tựa lưng), nếu đủ lực đã cài đặt thì cho xy lanh B về và dừng tại vị trí vừa chạm vào ghế, tiếp theo xy lanh A về và kết thúc 1 chu kỳ. Nếu thực hiện đủ chu kỳ đã cài đặt hoặc biến run về “0” thì xy lanh A và B đi về.
- Lưu đồ giải thuật:

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

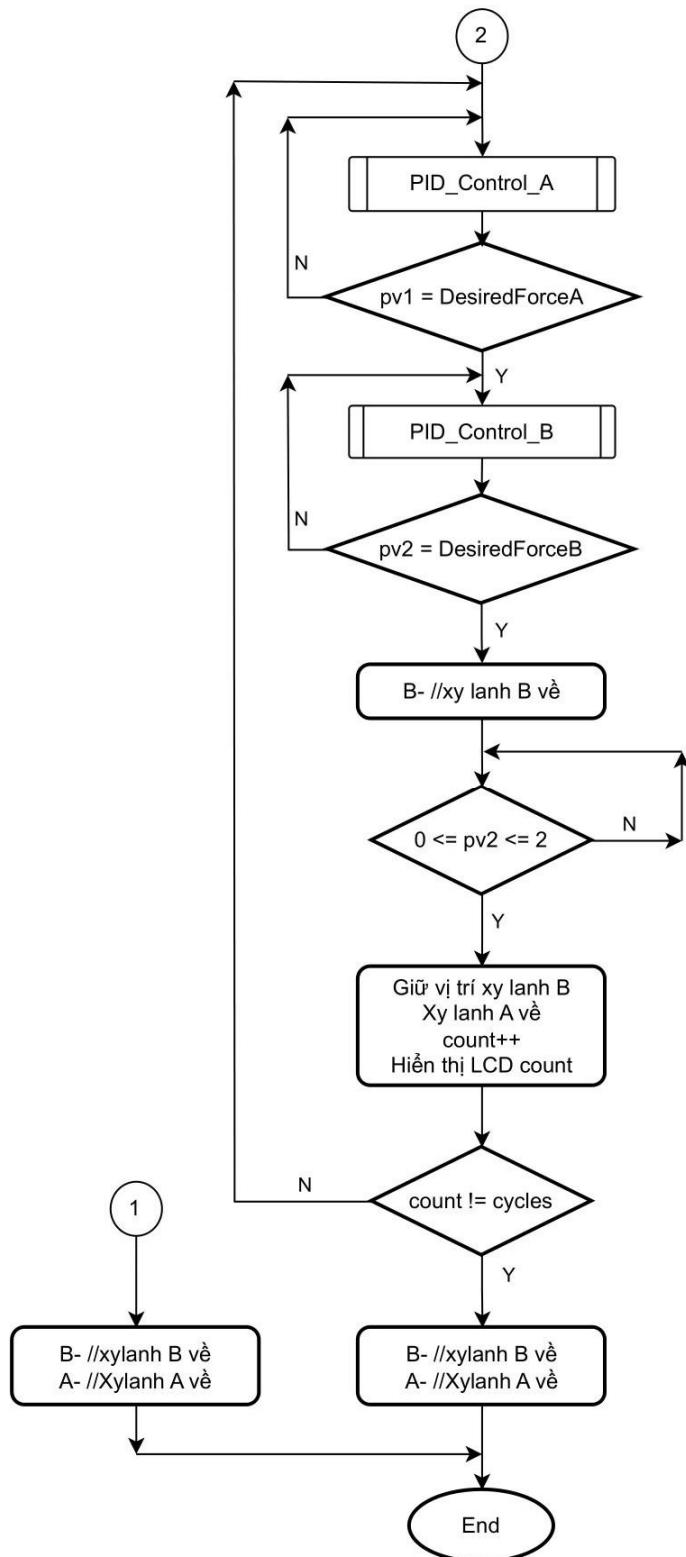
---



---



Sơ đồ 4. 6: Lưu đồ giải thuật chương trình chính



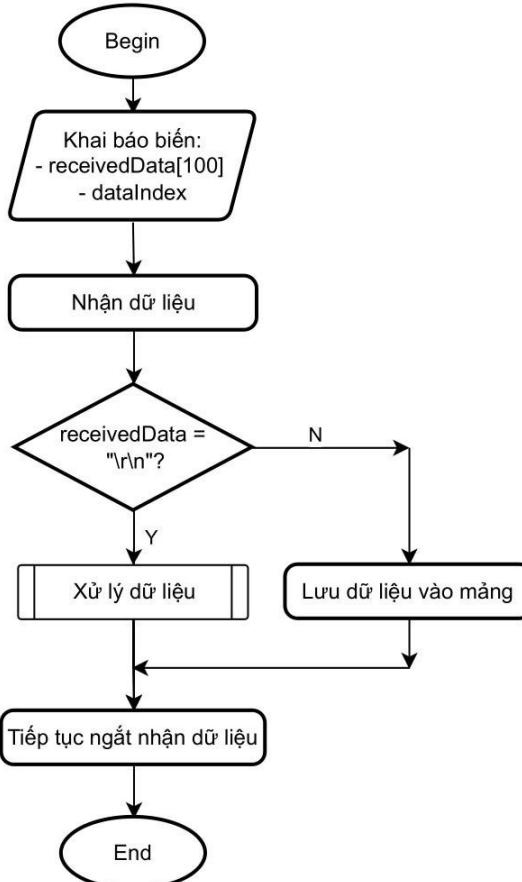
Sơ đồ 4. 7: Lưu đồ giải thuật chương trình chính

- Chương trình: Xem ở Phụ lục 2.1.
- Các chương trình con:

**Chương trình nhận dữ liệu từ đầu cân:**

Nguyên lý hoạt động: Khai báo bộ đệm nhận dữ liệu receivedData[100] và vị trí của ký tự dataIndex. Nếu đã nhận đủ dữ liệu của 1 khung dữ liệu, xử lý dữ liệu nhận được; nếu chưa nhận đủ thì tăng dataIndex lên 1 và nhận ký tự tiếp theo

Lưu đồ giải thuật:



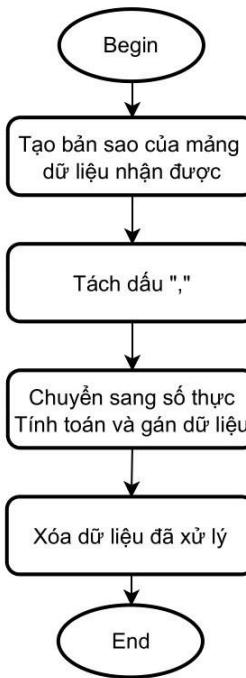
Sơ đồ 4. 8: Lưu đồ giải thuật nhận dữ liệu từ đầu cân

Chương trình: Xem ở Phụ lục 2.1.

**Chương trình xử lý dữ liệu nhận về từ đầu cân:**

Nguyên lý hoạt động: Dựa vào khung dữ liệu của đầu cân: “ST, NT, ?, 10.40 kg”, ta tách các dấu “,” và chuyển dữ liệu sang kiểu số thực, sau đó tính toán lực thông qua kg và lưu vào biến giá trị hiện tại. Sau khi xử lý xong thì xóa dữ liệu.

Lưu đồ giải thuật:



Sơ đồ 4. 9: Lưu đồ giải thuật xử lý dữ liệu từ đầu cân

Chương trình: Xem ở Phụ lục 2.1.

### **Chương trình xử lý nút nhấn**

#### **Switch: Lựa chọn chế độ cài đặt và chế độ điều khiển**

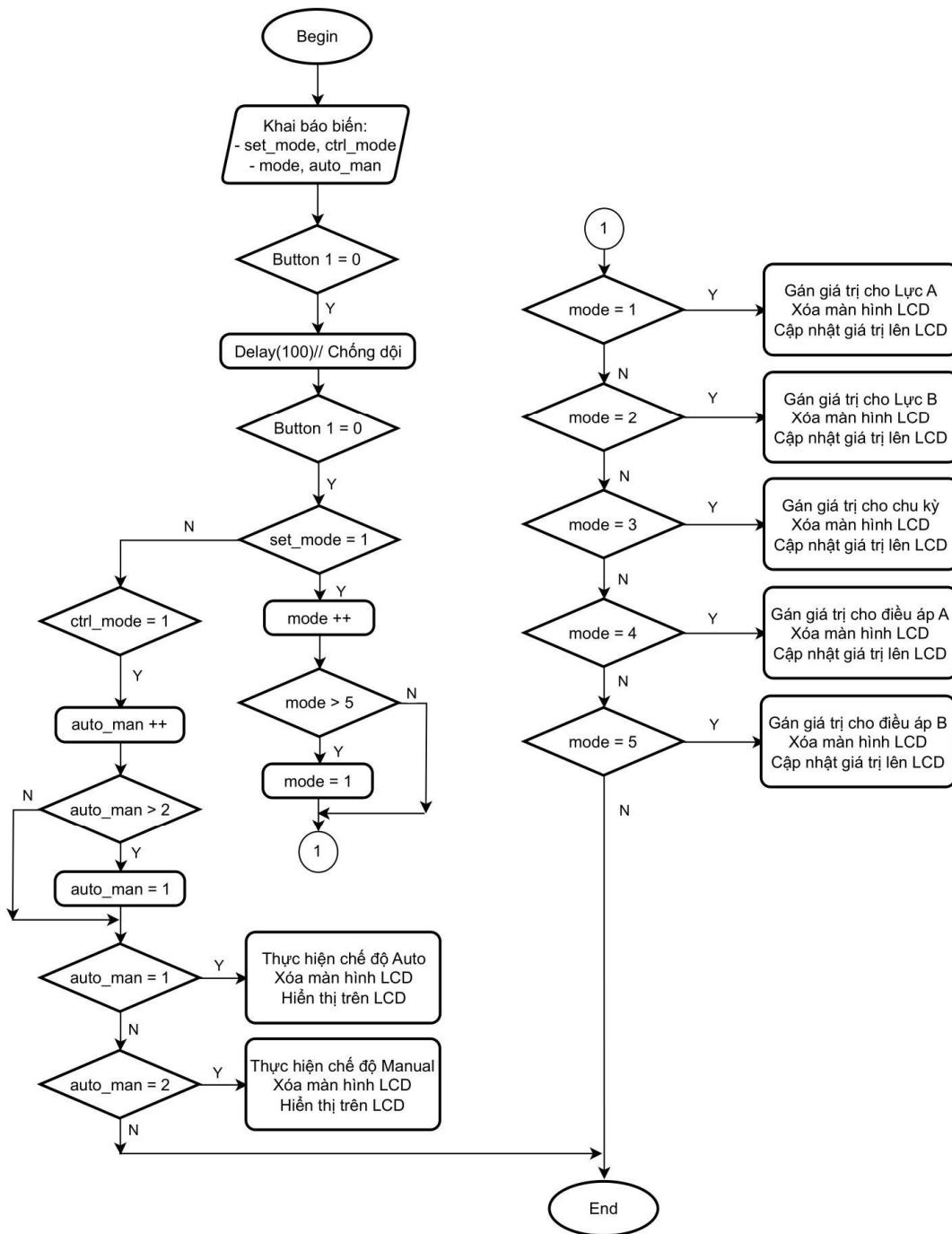
Chương trình: Xem ở Phụ lục 2.1.

#### **Nút nhấn 1: Lựa chọn chế độ – thông số**

Nguyên lý hoạt động: Ở chế độ cài đặt, nút nhấn dùng để lựa chọn các thông số để cài đặt. Ở chế độ điều khiển, nút nhấn dùng để lựa chọn chế độ hoạt động: tự động hay thủ công

Lưu đồ giải thuật:

CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ



Sơ đồ 4. 10: Lưu đồ giải thuật nút nhấn 1

## Chương trình: Xem ở Phu lục 2.1.

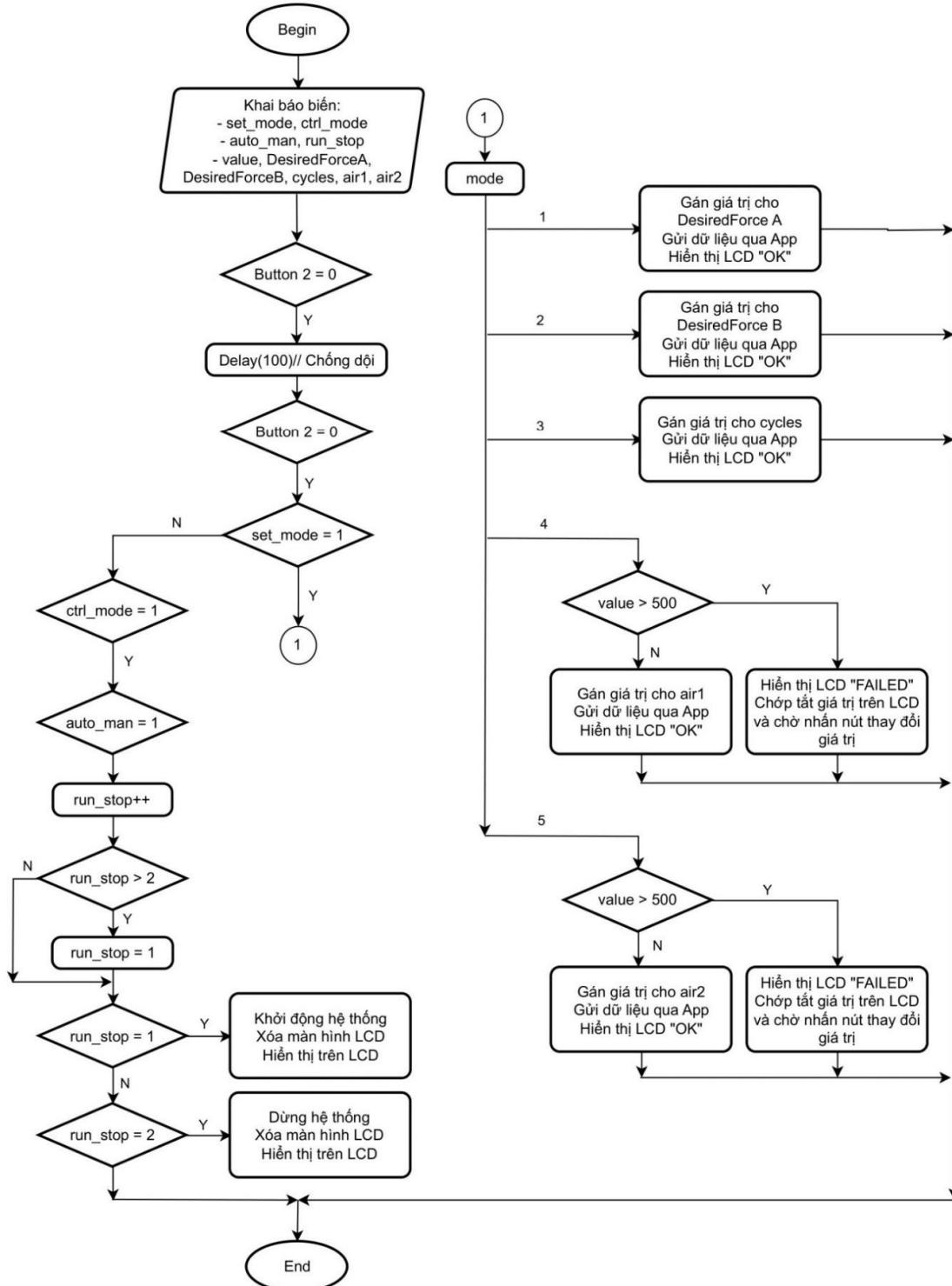
**Nút nhấn 2: Cài đặt thông số – khởi động, dừng hệ thống**

Nguyên lý hoạt động: Ở chế độ cài đặt, nút nhấn dùng để cài đặt theo các thông số đã chọn. Ở chế độ điều khiển, nút nhấn dùng để khởi động hay dừng hệ thống.

Lưu đồ giải thuật:

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỐI GHÉ

---



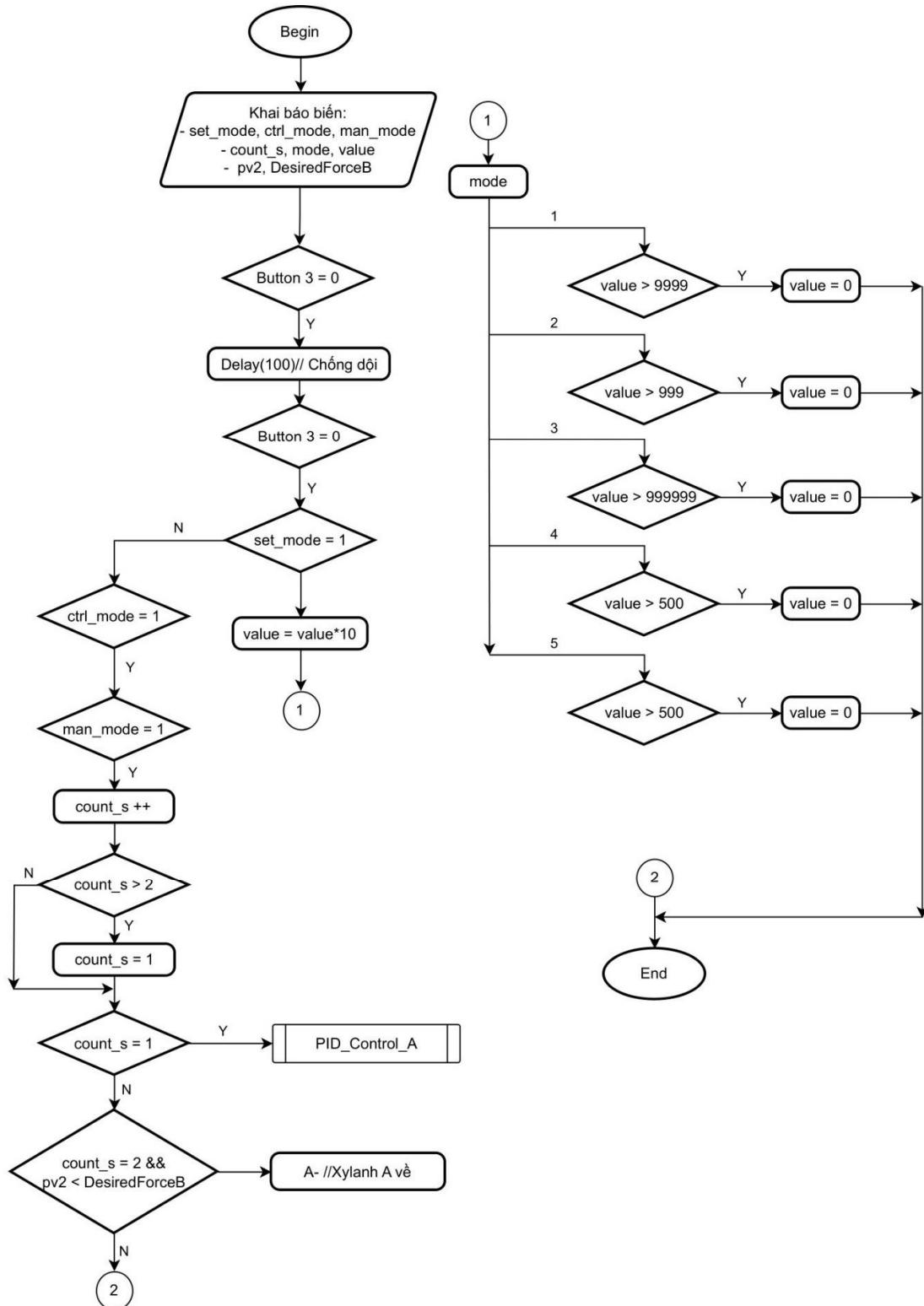
Sơ đồ 4. 11: Lưu đồ giải thuật nút nhấn 2

Chương trình: Xem ở Phụ lục 2.1.

### Nút nhấn 3: Cài đặt dải cho giá trị – Chế độ thủ công cho xy lanh A

Nguyên lý hoạt động: Ở chế độ cài đặt, nút nhấn dùng để cài đặt dải cho giá trị: 10, 100, 1000, ... Ở chế độ điều khiển, nút nhấn dùng để thực hiện chế độ thủ công cho xy lanh A theo thông số đã cài đặt.

Lưu đồ giải thuật:



Sơ đồ 4. 12: Lưu đồ giải thuật nút nhấn 3

Chương trình: Xem ở Phụ lục 2.1.

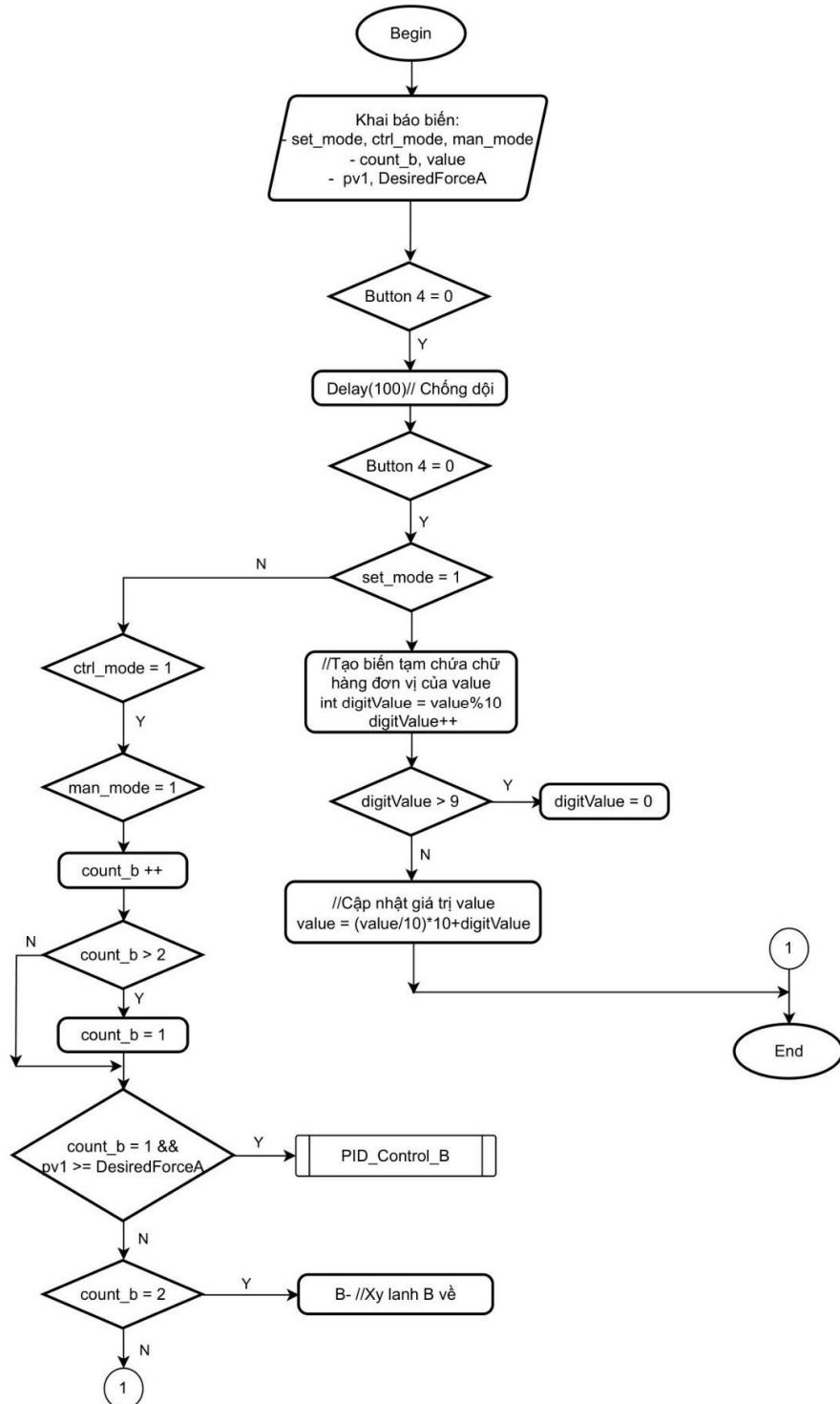
**Nút nhấn 4: Délm lên – Ché độ thủ công cho xy lanh B**

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

---

Nguyên lý hoạt động: Ở chế độ cài đặt, nút nhấn dùng để thay đổi giá trị của hàng đơn vị từ 0 – 9. Ở chế độ điều khiển, nút nhấn dùng để thực hiện chế độ thủ công cho xy lanh B theo thông số đã cài đặt.

Lưu đồ giải thuật:

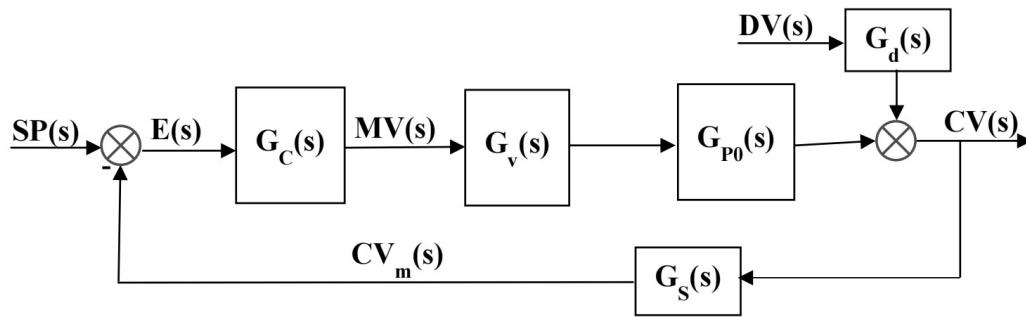


Sơ đồ 4. 13: Lưu đồ giải thuật nút nhấn 4

Chương trình: Xem ở Phụ lục 2.1.

#### 4.5.5. Phương pháp tìm thông số PID

Sử dụng phương pháp bán thực nghiêm để tìm thông số PID cho hệ thống này, mô hình sơ đồ khối của hệ thống:



Sơ đồ 4. 14: Sơ đồ khối hệ thống [4]

Trong đó:

- Hàm quá trình:  $G_{p0} = \frac{K_{p0}}{\tau_{p0}s+1}$  (4. 12)

- Hàm của van:  $G_v = \frac{K_v}{\tau_v s+1}$  (4. 13)

- Hàm của cảm biến:  $G_s = \frac{K_s}{\tau_s s+1}$  (4. 14)

- Hàm nhiễu:  $G_d = \frac{K_d}{\tau_d s+1}$  (4. 15)

$$V_m(s) = \left( \frac{K_{p0}}{\tau_{p0}s+1} \cdot \frac{K_v}{\tau_v s+1} \cdot \frac{K_s}{\tau_s s+1} \right) MV(s) + \left( \frac{K_d}{\tau_d s+1} \cdot \frac{K_s}{\tau_s s+1} \right) DV(s) \approx \frac{K_p e^{-\theta_p s}}{\tau_p s+1} MV(s) + \frac{K_d e^{-\theta_d s}}{\tau_d s+1} DV(s)$$

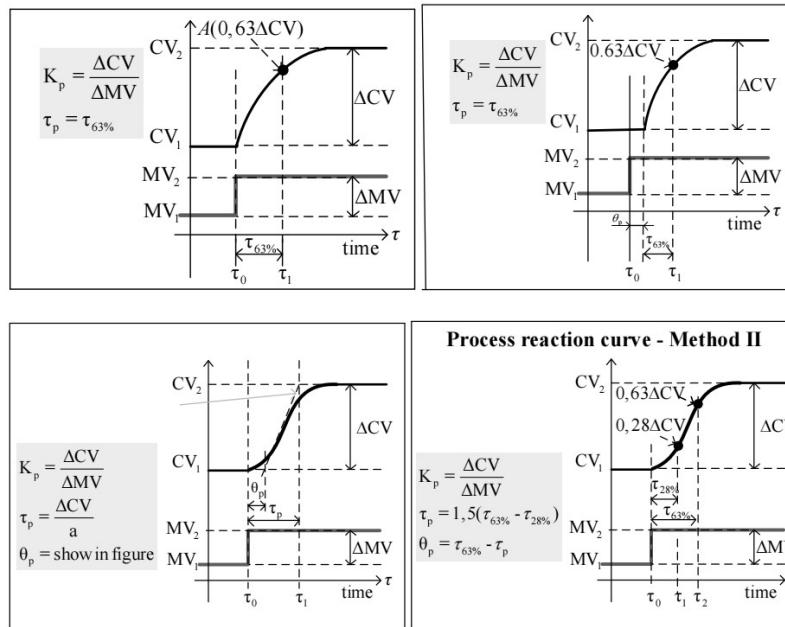
$$CV_m(s) = G_p(s) \cdot MV(s) + G_d(s) \cdot DV(s)$$

Khi bỏ qua yếu tố nhiễu ta có:

$$G_p(s) = \frac{CV_m(s)}{MV(s)} = \frac{K_p e^{-\theta_p s}}{\tau_p s+1} \quad (4. 16)$$

Sử dụng phương pháp đường cong đáp ứng của MV (t) và CV<sub>m</sub> (t) áp dụng theo hàm bước.

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỐI GHÉ



Hình 4. 46: Đường cong đáp ứng của  $MV(t)$  và  $CV_m(t)$  áp dụng theo hàm bước [4]

Sau khi tính được các thông số của hàm ta áp dụng một số công thức như: Ziegler-Nichols 1, Cohen-Coon, Haalman, Direct Synthesis, IMC để tìm ra thông số của bộ điều khiển PID. Từ công thức 4.16, ta có:

$$G_p(s) = \frac{CV_m(s)}{MV(s)} = \frac{K_p e^{-\theta_p s}}{\tau_p s + 1}$$

Sử dụng phương pháp Ziegler-Nichols 1:

Bảng 4. 1: Ziegler-Nichols 1. [4]

Controller	$K_c$	$\tau_i$	$\tau_d$
P	$\frac{\tau_p}{K_p \theta_p}$	-	-
PI	$\frac{0,9\tau_p}{K_p \theta_p}$	$3,3\theta_p$	-
PID	$\frac{1,2\tau_p}{K_p \theta_p}$	$2\theta_p$	$0,5\theta_p$

Tìm thông số PID bằng phương pháp bán thực nghiệm

- Thông số PID của cụm xy lanh tác động mặt ghé

Sử dụng bộ dữ liệu thực nghiệm thu được để làm tính toán:

- Điện áp điều khiển van tỉ lệ: 6V

$$K_{p1} = \frac{\Delta CV_1}{\Delta MV} = \frac{764}{6} = 127,3$$

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

---



---

$$0.63\Delta CV_1 = 237,8$$

$$\tau_1 = 2,078$$

$$\tau'_0 = 0,781$$

$$\tau_{63\%} = \tau_1 - \tau_0 = 1,297$$

$$\tau_{p1} = \tau_{63\%} = 1,297$$

$$K_{p1} = 127,3$$

$$\theta_1 = 0,46$$

- Điện áp điều khiển van tỉ lệ: 8V

$$K_{p2} = \frac{\Delta CV_2}{\Delta MV} = \frac{767}{8} = 95,875$$

$$0.63\Delta CV_1 = 288,35$$

$$\tau_1 = 1,312$$

$$\tau'_0 = 0,656$$

$$\tau_{63\%} = \tau_1 - \tau_0 = 0,656$$

$$\tau_{p1} = \tau_{63\%} = 0,656$$

$$K_{p2} = 95,875$$

$$\theta_1 = 0,67$$

- Điện áp điều khiển van tỉ lệ: 10V

$$K_{p3} = \frac{\Delta CV_3}{\Delta MV} = \frac{765}{10} = 76,5$$

$$0.63\Delta CV_1 = 337,5$$

$$\tau_1 = 1,475$$

$$\tau'_0 = 0,675$$

$$\tau_{63\%} = \tau_1 - \tau_0 = 0,8$$

$$\tau_{p1} = \tau_{63\%} = 0,8$$

$$K_{p2} = 76,5$$

$$\theta_3 = 0,54$$

Thông số trung bình ứng với ba thực nghiệm:

$$\tau_p = \frac{\tau_{p1} + \tau_{p2} + \tau_{p3}}{3} = \frac{1,297 + 0,656 + 0,8}{3} = 0,918$$

$$k_p = \frac{k_{p1} + k_{p2} + K_{p3}}{3} = \frac{127,3 + 95,875 + 76,5}{3} = 99,892$$

$$\theta = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3}{3} = \frac{0,46 + 0,67 + 0,54}{3} = 0,57$$

## **CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ**

---

Sử dụng công thức của Ziegler\_Nichol 1 ta được thông số khâu PI:

$$K_c = \frac{0,9\tau_p}{k_p\theta_p} = \frac{0,9 \cdot 0,918}{99,892 \cdot 0,57} = 0,0145$$

$$\tau_i = 3,3\theta_p = 3,3 \cdot 0,57 = 1,881$$

- **Thông số PID của cụm xy lanh tác động tựa lưng ghế**

Sử dụng bộ dữ liệu thu được từ thực nghiệm để tính toán:

- Điện áp điều khiển van tỉ lệ: 6V

$$K_{p3} = \frac{\Delta CV_3}{\Delta MV} = \frac{280 - 3,38}{6} = 46,103$$

$$0,63\Delta CV_1 = 337,5$$

$$\tau_1 = 5,718$$

$$\tau'_0 = 4,312$$

$$\tau_{63\%} = \tau_1 - \tau_0 = 1,406$$

$$\tau_{p1} = \tau_{63\%} = 1,406$$

$$K_{p2} = 76,103$$

$$\theta_1 = 0,5$$

- Điện áp điều khiển van tỉ lệ: 8V

$$K_{p3} = \frac{\Delta CV_3}{\Delta MV} = \frac{280 - 3,38}{8} = 34,5775$$

$$0,63\Delta CV_1 = 337,5$$

$$\tau_1 = 2,515$$

$$\tau'_0 = 1,64$$

$$\tau_{63\%} = \tau_1 - \tau_0 = 0,875$$

$$\tau_{p1} = \tau_{63\%} = 0,875$$

$$K_{p2} = 34,5775$$

$$\theta_2 = 0,69$$

- Điện áp điều khiển van tỉ lệ: 10V

$$K_{p3} = \frac{\Delta CV_3}{\Delta MV} = \frac{280 - 3,38}{10} = 27,662$$

$$0,63\Delta CV_1 = 337,5$$

$$\tau_1 = 2,406$$

$$\tau'_0 = 1,8459$$

$$\tau_{63\%} = \tau_1 - \tau_0 = 0,547$$

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỐI GHÉ

---

$$\tau_{p1} = \tau_{63\%} = 0,547$$

$$K_{p2} = 27,662$$

$$\theta_3 = 0,59$$

Thông số trung bình ứng với ba thực nghiệm:

$$\tau_p = \frac{\tau_{p1} + \tau_{p2} + \tau_{p3}}{3} = \frac{1,406 + 0,875 + 0,547}{3} = 0,943$$

$$k_p = \frac{k_{p1} + k_{p2} + K_{p3}}{3} = \frac{46,103 + 34,5775 + 27,662}{3} = 36,114$$

$$\theta = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3}{3} = \frac{0,50 + 0,69 + 0,59}{3} = 0,59$$

Sử dụng công thức của Ziegler\_Nichol 1 ta đương thông số khâu PI:

$$K_c = \frac{0,9\tau_p}{k_p\theta_p} = \frac{0,9 \cdot 0,943}{36,114 \cdot 0,59} = 0,0398$$

$$\tau_i = 3,3\theta_p = 3,3 \cdot 0,59 = 1,947$$

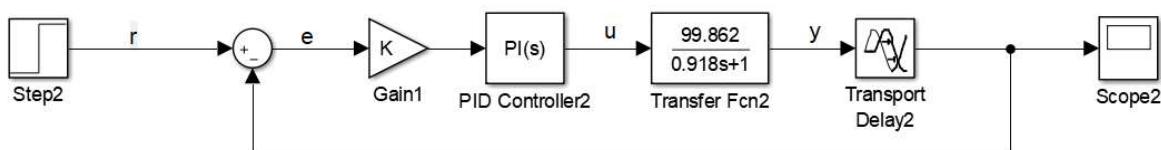
**Mô phỏng trên Matlab tìm thông số PID:**

- **Cụm xy lanh tác động mặt ghé**

Từ các thông số tính được ở trên, ta có hàm truyền của xy lanh tác động vào mặt ghé:

$$G_{p1}(s) = \frac{99,892e^{-0.57s}}{0.918s + 1}$$

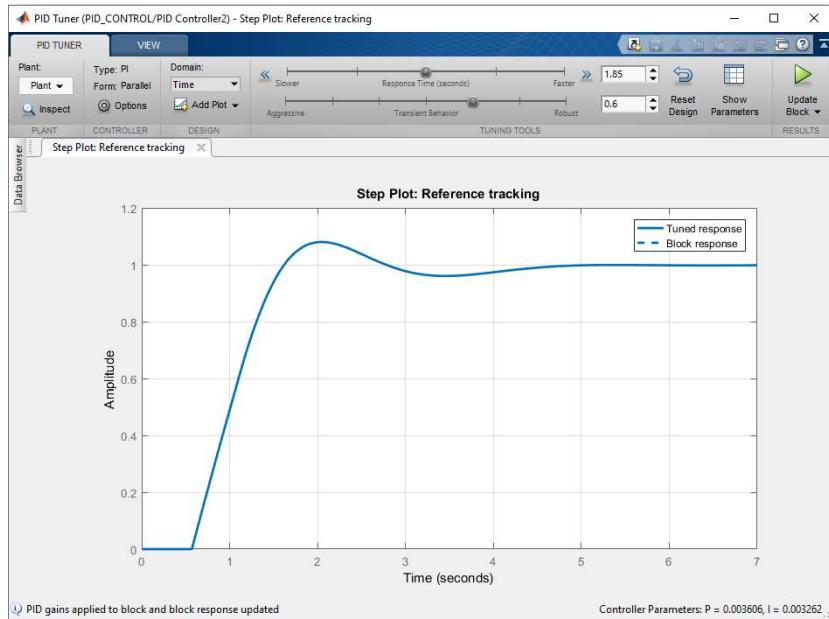
Với hàm truyền trên, ta vẽ được sơ đồ mô phỏng trên Matlab:



Hình 4. 47: Sơ đồ mô phỏng tìm thông số PID trên Matlab của xy lanh tác động mặt ghé

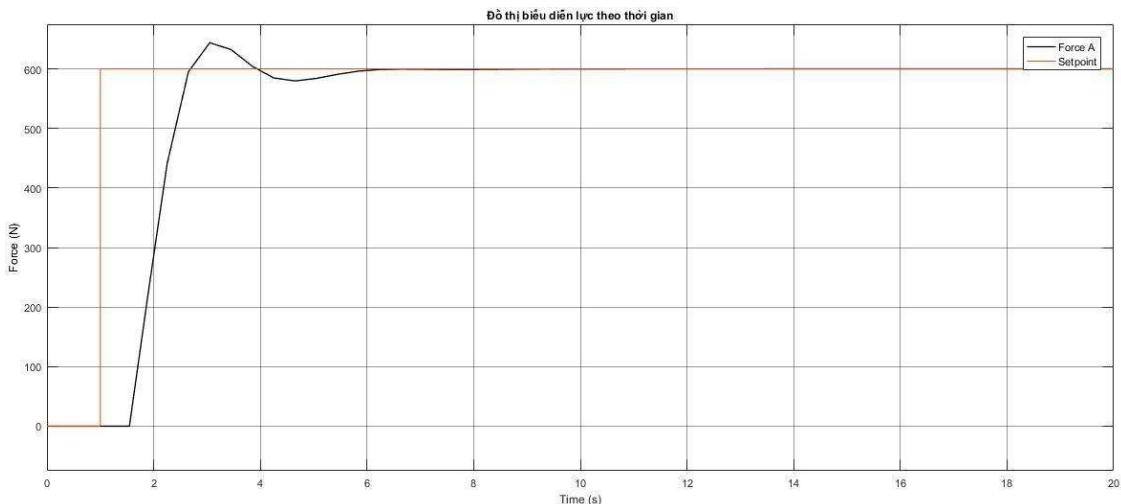
Sử dụng tune PID trên Matlab, ta có được thông số K<sub>p</sub> và K<sub>i</sub> được thể hiện trên hình 4. 48

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỐI GHÉ



Hình 4. 48: PID tuning cho xy lanh tác động vào mặt ghé

Với hệ số khuếch đại  $K = 3$ , sau khi mô phỏng ta có được đồ thị



Hình 4. 49: Đồ thị biểu diễn lực xy lanh tác động vào mặt ghé sử dụng PID tuning

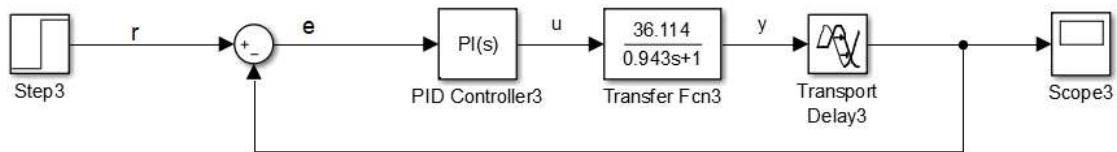
- Cụm xy lanh tác động vào tựa lưng ghé:

Từ các thông số tính được ở trên, ta có hàm truyền của xy lanh tác động vào mặt ghé:

$$G_{p1}(s) = \frac{36,114e^{-0.59s}}{0.943s + 1}$$

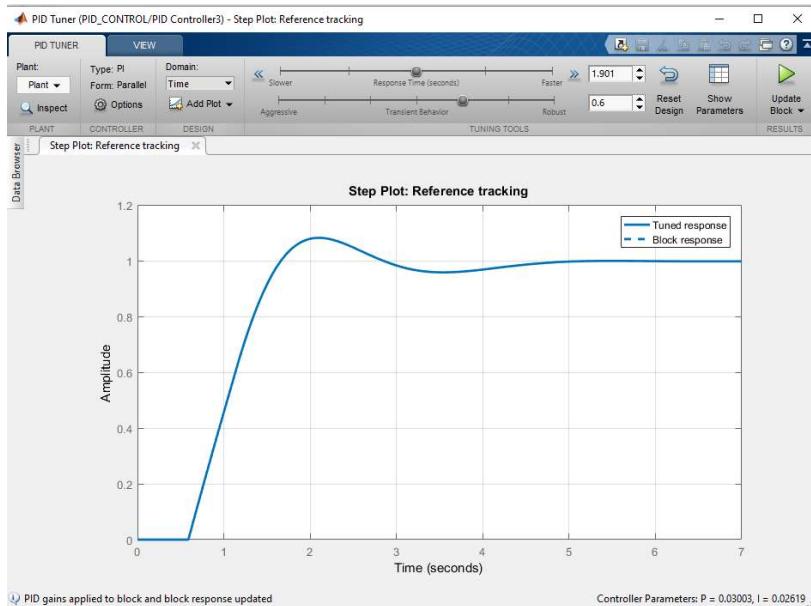
Với hàm truyền trên, ta vẽ được sơ đồ mô phỏng trên Matlab:

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ



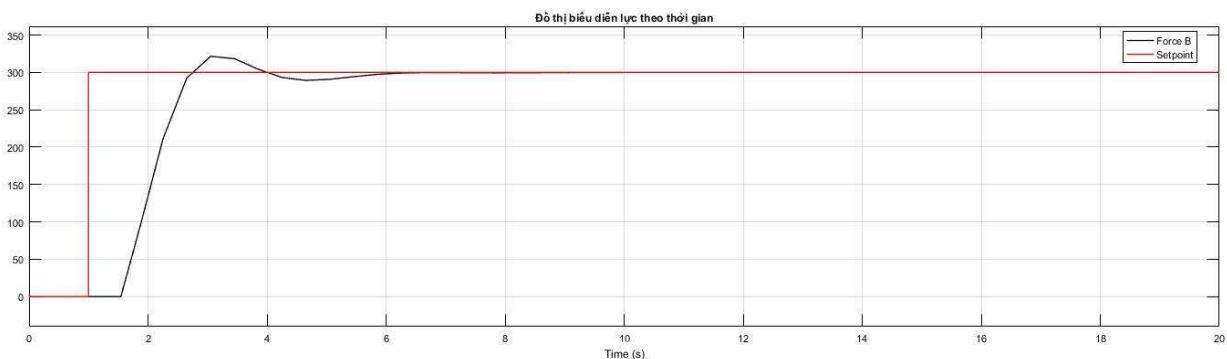
Hình 4. 50: Sơ đồ mô phỏng tìm thông số PID trên Matlab của xy lanh tác động và tựa lung

Sử dụng tune PID trên Matlab, ta có được thông số K<sub>p</sub> và K<sub>i</sub> được thể hiện trên hình 4.51:



Hình 4. 51: PID tuning cho xy lanh tác động vào tựa lung

Sau khi mô phỏng ta có được đồ thị:



Hình 4. 52: Đồ thị biểu diễn lực xy lanh tác động vào tựa lung sử dụng PID tuning

Sau khi sử dụng các thông số PI mà Matlab đã tune trên thực tế, ta thấy rằng cần phải điều chỉnh thông số K<sub>p</sub>, K<sub>i</sub> để hệ thống ổn định hơn.

### 4.5.6. Ứng dụng IOT – Xây dựng App Android

Lên ý tưởng:

Qua giao thức MQTT, được phát triển bởi Cirrus Link từ năm 1999, MQTT được biết đến là một trong những giao thức truyền thông ứng dụng nhiều trong ngành công

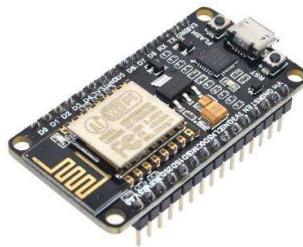
## **CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ**

---

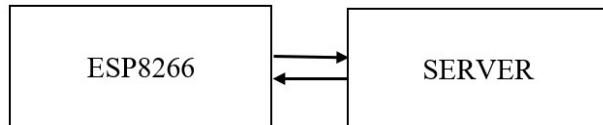
nghiệp IoT (Internet of Things). Đặc điểm của MQTT là có tính ứng dụng cao, dễ tìm hiểu, dễ sử dụng,...Đặc biệt, MQTT cho phép người dùng sử dụng một server URL chung và hoàn toàn miễn phí: “tcp://broker.hivemq.com:1883”. Server này có nhiệm vụ nhận dữ liệu và truyền dữ liệu thông qua mạng Wifi từ thiết bị ngoại vi này sang thiết bị ngoại vi khác.

Các thiết bị ngoại vi có khả năng truyền nhận dữ liệu với giao thức truyền thông MQTT:

- ESP8266: Đây là một thiết bị vô cùng phổ biến hiện nay, nó có khả năng thu phát sóng Wifi cũng như khả năng truyền nhận dữ liệu. Ứng dụng điều này vào việc nhận dữ liệu với server MQTT.

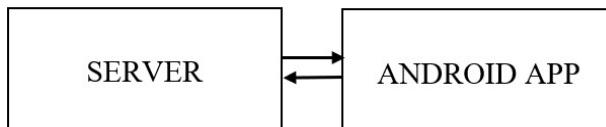


Hình 4. 53: Module wifi ESP8266



Hình 4. 54: Giao tiếp ESP8266 và Server

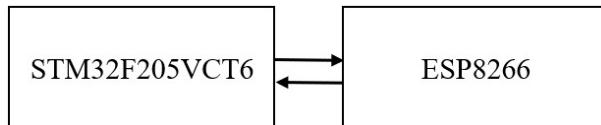
- Điện thoại di động: Nhờ vào việc có khả năng thu phát sóng Wifi cũng như khả năng truyền nhận dữ liệu. Điện thoại di động được ứng dụng để truyền các giá trị cài đặt cho hệ thống lên server MQTT và nhận dữ liệu từ MQTT gửi về điện thoại di động. Điều này cũng đồng nghĩa với việc điện thoại di động là thiết bị điều khiển chính của hệ thống cũng như giám sát trạng thái của hệ thống.



Hình 4. 55: Giao tiếp Server và Android App

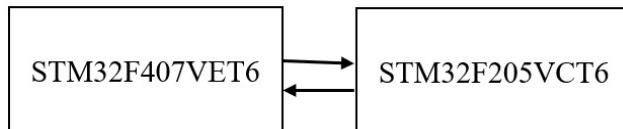
- Dữ liệu gửi về từ MQTT đến ESP8266 sẽ được ESP8266 nhận và truyền dữ liệu đó về bộ xử lý phụ STM32F205VTCx bằng cách truyền dữ liệu nối tiếp thông qua UART2 của ESP8266 (giao thức RS232).

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ



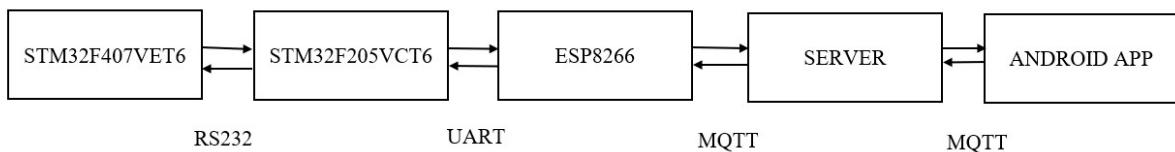
Hình 4. 56: Giao tiếp STM32F205VCT6 và ESP8266

- Dữ liệu từ bộ xử lý phụ STM32F205VTCx sẽ được truyền lên cho bộ xử lý chính STM32F407VETx bằng cách truyền dữ liệu nối tiếp thông qua UART2 của STM32F205VTCx (giao thức RS232).



Hình 4. 57: Giao tiếp STM32F407 và STM32F205

Từ đó ta có sơ đồ nguyên lý giao tiếp giữa các thiết bị ngoại vi trong hệ thống IOT



Sơ đồ 4. 15: Sơ đồ giao tiếp của hệ thống IOT

### Lập trình ứng dụng Android

- Thiết kế giao diện ứng dụng:

Các yêu cầu cần có:

- o Nút nhấn “START”: Cho phép hệ thống hoạt động
- o Nút nhấn “STOP”: Dừng hệ thống
- o Đồ thị biểu diễn lực của 2 xy lanh A và B theo thời gian
- o Nút nhấn “APPLY”: Cho phép gửi đi các giá trị muốn cài đặt cho hệ thống
- o 2 ô chọn (RadioButton): Cho phép chọn thông số cài đặt cho hệ thống
- o Các ô để ghi giá trị cài đặt cũng như hiển thị giá trị

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

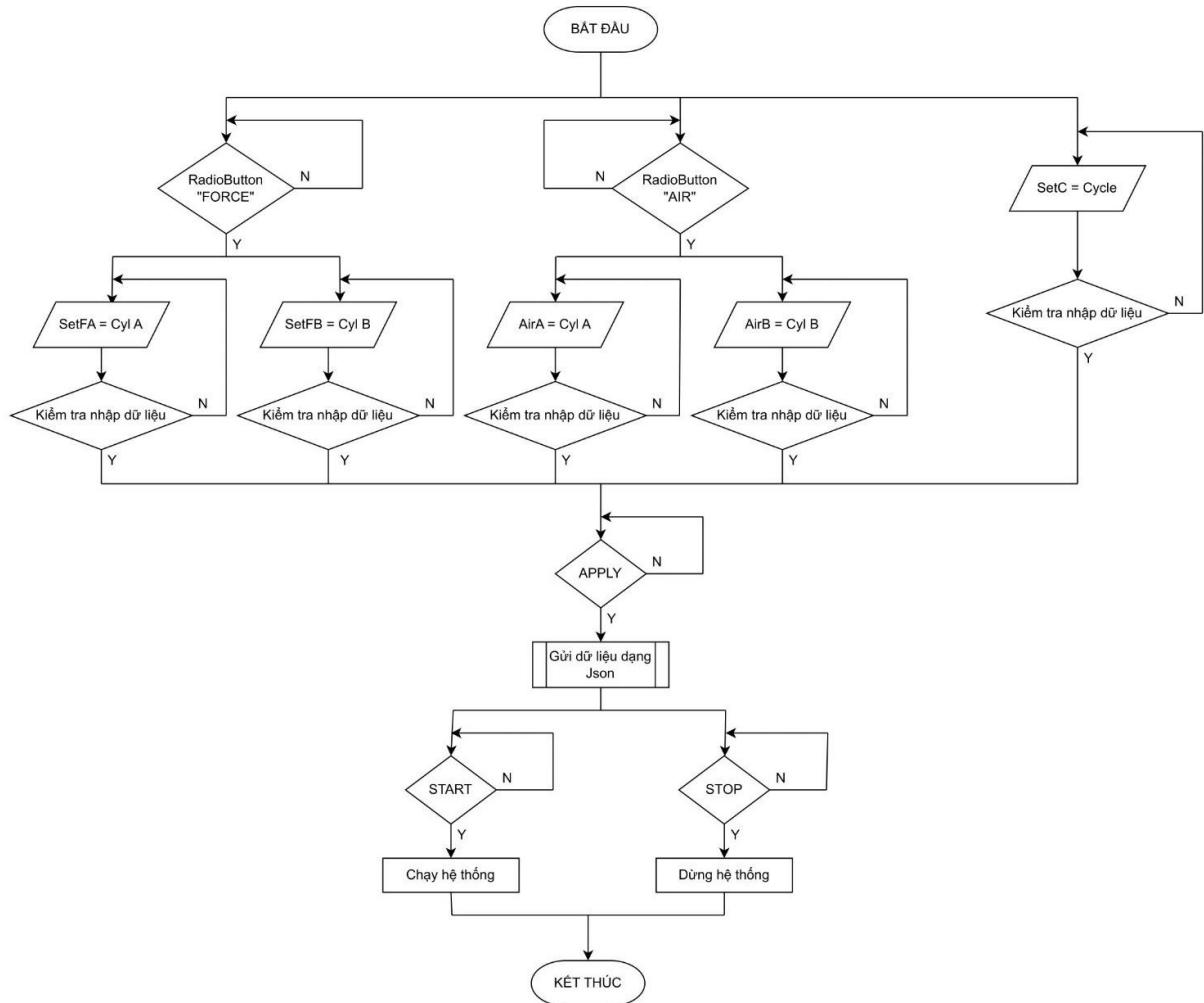


Hình 4. 58: Giao diện ứng dụng Android

- Lưu đồ điều khiển

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

---



Sơ đồ 4. 16: Lưu đồ giải thuật điều khiển ứng dụng Android

- Chương trình: Xem Phụ lục 2.3.

### Gửi lệnh AT Commands cho ESP8266

Để ESP8266 có thể kết nối mạng Wifi và thực hiện công việc truyền nhận dữ liệu, ta cần phải cấu hình và gửi lệnh cài đặt đến nó. Ở đây, thông qua tập lệnh AT Commands của ESP8266 có thể dễ dàng cài đặt địa chỉ mạng Wifi và mật khẩu mạng Wifi cho ESP8266 kết nối. Tiếp tục gửi các lệnh AT Commands để ESP8266 thực hiện các chương trình con truyền và nhận dữ liệu. Các lệnh AT Commands được viết trong bộ xử lý phụ STM32F205VTCx và truyền nối tiếp đến cổng UART2 của module ESP8266.

- Các lệnh AT Commands cần dùng

AT+RST: Reset ESP8266

AT+CWJAP: Thực hiện kết nối mạng Wifi

AT+MQTTCONNECT: Kết nối đến MQTT

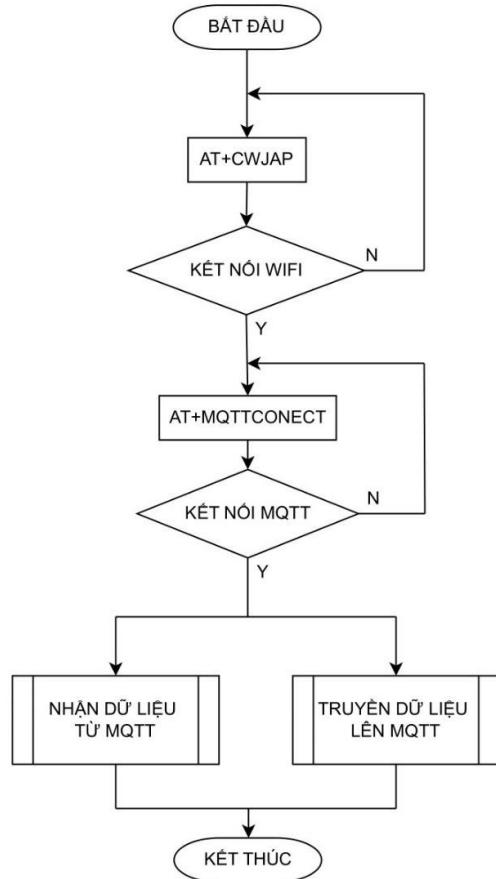
AT+MQTTCONPARAM: Thiết lập kết nối đến địa chỉ MQTT

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ MÁY KIỂM TRA ĐỘ BỀN MỎI GHÉ

AT+MQTTSUBSCRIBE: Đăng ký nhận dữ liệu từ MQTT

AT+MQTTPUBLISH: Gửi dữ liệu đến MQTT

- Xây dựng lưu đồ giải thuật



Sơ đồ 4. 17: Lưu đồ giải thuật gửi lệnh AT Command cho ESP8266

- Chương trình: Xem Phụ lục 2.2.

### **CHƯƠNG 5: CHẾ TẠO, THỬ NGHIỆM – ĐÁNH GIÁ**

#### **5.1. Chế tạo và lắp ghép**

Chế tạo và lắp ráp: Sau khi hoàn thành thiết kế và tính toán, tiến hành chế tạo các thành phần và linh kiện của máy kiểm tra. Đồng thời, lắp ráp các thành phần lại với nhau để tạo thành máy hoàn chỉnh. Quá trình chế tạo và lắp ráp cần tuân thủ các quy trình và quy định kỹ thuật.

Chi tiết được sử dụng trong máy kiểm tra độ bền mỏi của ghế được chế tạo chủ yếu bằng phương pháp CNC và chấn.

Máy kiểm tra độ bền mỏi ghế sau ghi chế tạo và lắp ghép:



Hình 5. 1: Máy kiểm tra độ bền mỏi ghế

- Cụm xy lanh tác động vào mặt ghế:



Hình 5. 2: Cụm xy lanh tác động vào mặt ghế

- Cụm xy lanh tác động vào tựa lưng ghế:



Hình 5. 3: Cụm xy lanh tác động vào tựa lưng ghế

- Cơ cấu nâng chỉnh góc xy lanh:

## CHƯƠNG 5: CHẾ TẠO, THỬ NGHIỆM – ĐÁNH GIÁ

---



Hình 5. 4: Cơ cấu nâng xy lanh

- Cố định chân ghế:



Hình 5. 5: Chi tiết cố định chân ghế

- Tủ điện:



Hình 5. 6: Tủ điện

- Bảng điện:

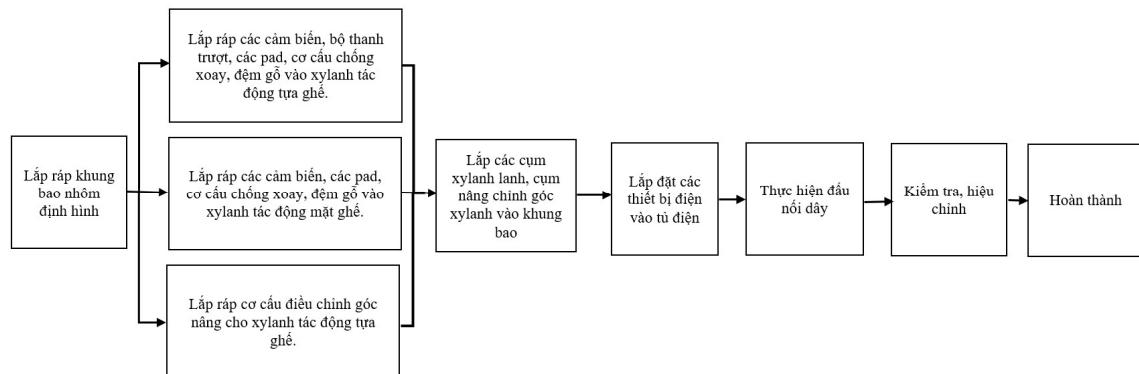


Hình 5. 7: Bảng điện

## 5.2. Kiểm tra và hiệu chỉnh

Kiểm tra và hiệu chỉnh: Sau khi máy kiểm tra được chế tạo và lắp ráp, tiến hành kiểm tra và hiệu chỉnh máy để đảm bảo hoạt động chính xác và đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật. Điều này bao gồm kiểm tra các chức năng của máy, hiệu chỉnh các thông số và điều khiển hệ thống.

- Quy trình lắp ráp:



Sơ đồ 5. 1: Quy trình lắp ráp

- Nguyên tắc sử dụng:

Nguyên tắc sử dụng máy kiểm tra độ bền mỏi của ghế bao gồm các bước sau:

- Chuẩn bị ghế: Đặt ghế vào vị trí và cài đặt các yếu tố cần thiết, chẳng hạn như định vị ghế và các bộ phận di chuyển (ví dụ: bộ điều chỉnh độ cao ghế).
- Thiết lập thử nghiệm: Thiết lập các thông số và điều kiện thử nghiệm trên máy kiểm tra. Điều chỉnh các thông số như lực tác động, tần số, thời gian thử nghiệm, vv.
- Bắt đầu thử nghiệm: Kích hoạt máy kiểm tra để bắt đầu quá trình kiểm tra độ bền mỏi của ghế. Các yếu tố tác động (như lực, chấn động, hoặc áp lực) sẽ được áp dụng lên ghế theo cấu hình đã thiết lập.

## CHƯƠNG 5: CHẾ TẠO, THỬ NGHIỆM – ĐÁNH GIÁ

- Giám sát quá trình: Theo dõi quá trình kiểm tra độ bền mỏi của ghế để đảm bảo rằng nó đang diễn ra đúng theo kế hoạch. Theo dõi các thông số quan trọng như lực tác động, tần số, số lần tác động, vv.
- Ghi lại kết quả: Ghi lại kết quả của quá trình kiểm tra độ bền mỏi của ghế, bao gồm các thông số đo lường và thông tin về các lỗi hoặc phá huỷ xảy ra trong quá trình thử nghiệm.
- Đánh giá kết quả: So sánh kết quả đo được với các tiêu chuẩn, quy định hoặc yêu cầu độ bền của ghế. Đánh giá xem ghế đã đạt được các yêu cầu chất lượng và độ bền hay chưa.
- Bảo dưỡng và sửa chữa: Sau mỗi quá trình kiểm tra, thực hiện bảo dưỡng máy kiểm tra và kiểm tra các phần cơ khí, cảm biến để đảm bảo sự hoạt động đúng đắn và độ chính xác của máy.

### 5.3. Quy trình vận hành máy



Hình 5. 8: Bảng điều khiển

Bước 1: Cấp nguồn cho hệ thống

Cắm phích tăm, bật CB trên bảng điều khiển. Kiểm tra nguồn khí nén, cấp khí nén cho hệ thống.

Bước 2: Vận hành máy

Máy sử dụng công tắc hai trạng thái (tận cùng bên phải) để mở chế độ cài đặt thông số và chế độ điều khiển.

- Gạt công tắc sang bên trái để chuyển sang chế độ cài đặt thông số:

## **CHƯƠNG 5: CHẾ TẠO, THỬ NGHIỆM – ĐÁNH GIÁ**

---

---

- Nút nhấn 1: Chọn cụm xy lanh cần cài đặt thông số, bao gồm cụm xy lanh tác động vào mặt ghế tương ứng với A hiển thị trên LCD, cụm xy lanh tác động vào tựa lưng ghế tương ứng với B hiển thị trên LCD.
- Nút nhấn 2: Cài đặt thông số, bao gồm Lực (FORCE), chu kỳ (CYCLE), áp suất (AIR).
- Nút nhấn 3: Chọn dài thông số cài đặt gồm 0,10,100,...
- Nút nhấn 4: Thay đổi giá trị tăng dần từ 0 đến 9.
- Gạt công tắc sang bên phải để chuyển sang chế độ điều khiển:
  - Nút nhấn 1: Nhấn để chọn chế độ Auto hoặc Manual.
  - Nút nhấn 2: Khi ở chế độ Auto có chức năng Stop, và Start. Khi ở chế độ Manual nút nhấn không có chức năng.
  - Nút nhấn 3: Khi ở chế độ Auto nút nhấn không có chức năng. Khi ở chế độ Manunal nút nhấn có chức năng điều khiển xy lanh cụm A đi ra và đi về.
  - Nút nhấn 4: Khi ở chế độ Auto nút nhấn không có chức năng. Khi ở chế độ Manual nút nhấn có chức năng điều khiển xy lanh cụm B đi ra và đi về.

Bước 3: Tắt nguồn hệ thống khi không còn sử dụng

- Nhấn nút nhấn Stop khi máy đang hoạt động.
- Tắt CB.
- Ngắt nguồn khí.

### **5.4. Thử nghiệm và đánh giá**

#### **Tìm mối quan hệ giữa lực (N) và khối lượng (kg) hiển thị trên đầu cân**

Để điều khiển, hiển thị, và giám sát hệ thống nhóm nghiên cứu sử dụng đại lượng lực làm đại lượng setpoint, đây cũng là đại lượng được quan tâm trong quá trình điều khiển cho hệ thống. Trong đó nhóm sử dụng đầu cân để đọc giá trị từ loadcell vì thế việc tìm hiểu về mối quan hệ giữa lực và khối lượng là một thao tác cần thiết. Phương pháp nhận và phân tích dữ liệu từ đầu cân có thể xem tại trang 65, 66.

Tiến hành tìm mối quan hệ lực và khối lượng thông qua thực nghiệm. Thực hiện thí nghiệm với từng mức áp suất sau đó ghi nhận lại kết quả khối lượng (kg) trả về trên đầu cân:

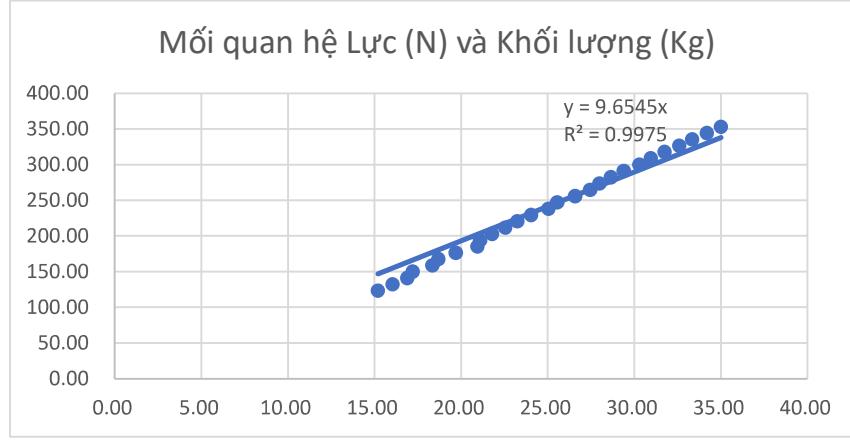
## CHƯƠNG 5: CHẾ TẠO, THỬ NGHIỆM – ĐÁNH GIÁ

---

---

Bảng 5. 1: Thực nghiệm quan hệ giữa lực (N) và khối lượng (Kg)

P (kPa)	F (N)	M (kg)
70	123.64	15.20
75	132.47	16.05
80	141.30	16.90
85	150.13	17.20
90	158.96	18.35
95	167.79	18.70
100	176.63	19.70
105	185.46	20.95
110	194.29	21.10
115	203.12	21.80
120	211.95	22.55
125	220.78	23.25
130	229.61	24.05
135	238.44	25.05
140	247.28	25.55
145	256.11	26.60
150	264.94	27.45
155	273.77	28.00
160	282.60	28.65
165	291.48	29.40
170	300.26	30.30
175	309.09	30.95
180	317.93	31.75
185	326.76	32.60
190	335.25	33.35
195	344.42	34.20
200	353.25	35.00



Hình 5. 9: Phượng trình hồi quy tuyến tính của lực theo khối lượng

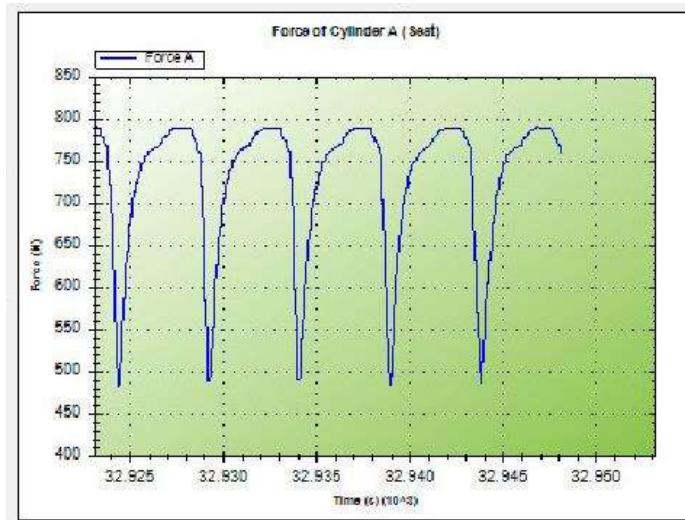
Phương trình:  $y = 9.6545x$  Trong đó  $y$  là lực (N),  $x$  là khối lượng (kg).

Dựa vào tiêu chuẩn của Châu Âu ở bảng 3.2, tải nén mỏi ghế tối đa là 1600N và 410N, nhưng khi kiểm tra bền cho khung ứng với tải 800N, nhận thấy chuyển bị của dầm là 0.958mm là còn khá lớn, do đó nhóm dùng tải nhỏ hơn là 750N để test.

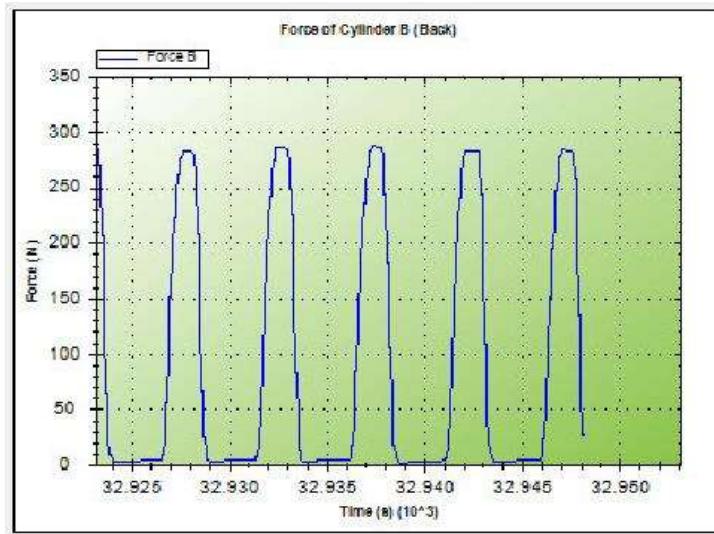
Nhóm sử dụng tải nén 450N để kiểm nghiệm độ bền. Nhóm sử dụng tải nén 250N để test vì tải nén mô phỏng lực ngồi bị giảm còn 1 nửa.

### 5.5. Kết quả, đánh giá

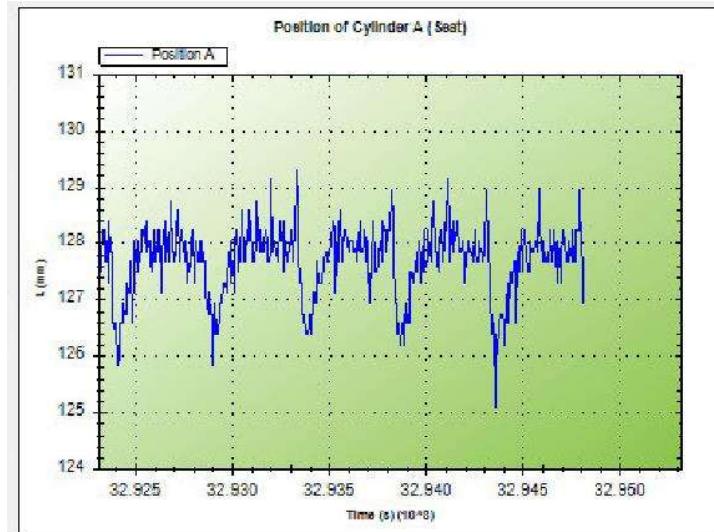
Thực hiện quá trình kiểm tra ghế với lực tác động lên mặt ghế là 750N, lực tác động lên tựa lưng ghế là 250N, 7500 chu kì, thời gian thực hiện 9 giờ đã thu được dữ liệu biểu đồ lực, biểu đồ chuyển vị và thông số chu kì hoạt động của máy:



Hình 5. 10: Lực xy lanh tác động vào mặt ghế

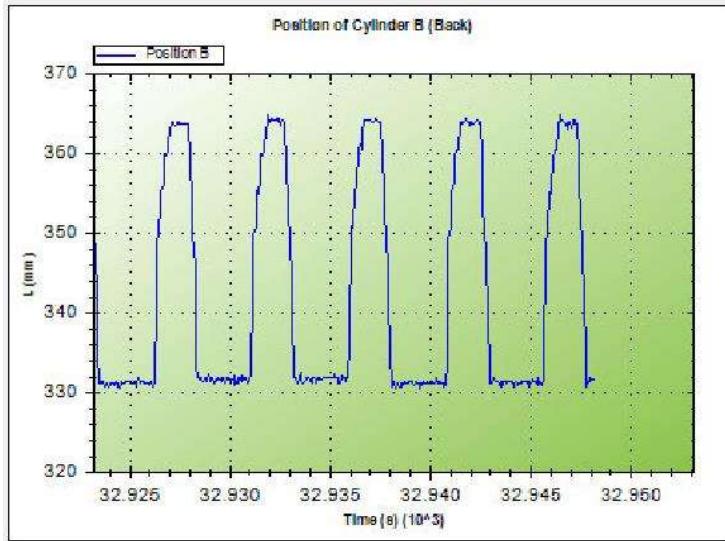


Hình 5. 11: Lực xy lanh tác động vào tựa lưng ghế



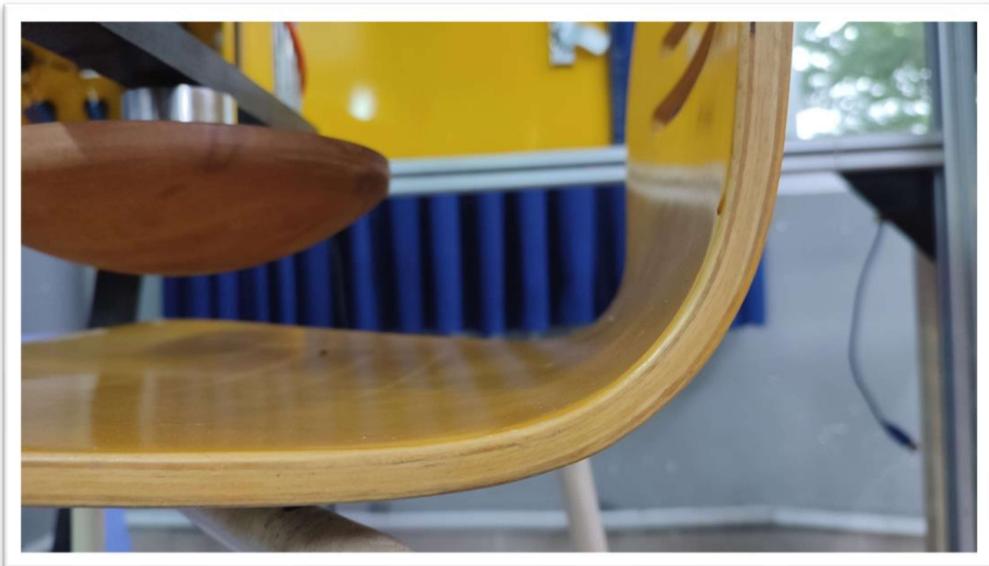
Hình 5. 12: Vị trí của xy lanh tác động vào mặt ghế

## CHƯƠNG 5: CHẾ TẠO, THỬ NGHIỆM – ĐÁNH GIÁ



Hình 5. 13: Vị trí của xy lanh tác động vào tựa lưng ghế

Dựa vào hình ảnh bên dưới của ghế có thể thấy các tấm gỗ ép tạo lên ghế đã bắt đầu tách ra sau 7500 chù kì kiểm tra.

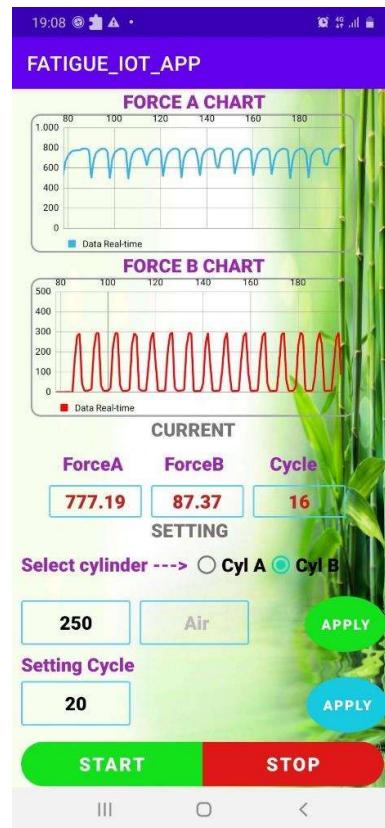


Hình 5. 14: Ghế trước quá trình kiểm tra



Hình 5. 15: Ghế sau quá trình kiểm tra

Sử dụng App Android để điều khiển, giám sát máy kiểm tra độ bền mỏi của ghế.



Hình 5. 16: App android điều khiển, giám sát hệ thống

Qua quá trình kiểm tra độ bền mỏi của ghế ghi nhận được các đại lượng quan trọng liên quan đến việc xác định độ bền mỏi của ghế bao gồm: Lực tác động, chu kì tác động, chuyển vị, thời gian kiểm tra. Sau quá trình kiểm tra ghế không có vết gãy của bất kỳ bộ phận,

## **CHƯƠNG 5: CHẾ TẠO, THỬ NGHIỆM – ĐÁNH GIÁ**

---

---

mỗi nồi hoặc bộ phận nào, không có sự nối lỏng của các mối nối được thiết kế để trở nên cứng chắc, ghettoàn thành các chức năng của nó sau khi loại bỏ các tải thử nghiệm.

Đánh giá:

Máy kiểm tra độ bền mỗi ghế được chế tạo vừa được dùng để kiểm tra độ bền mỗi của ghế đánh giá qua tiêu chí chức năng ghế sau quá trình kiểm tra, và tìm ra được các thông số quan trọng trong việc xác định độ bền mỗi của ghế. Bao gồm các thông tin như lực, chu kì, độ chuyên vị của ghế để làm cơ sở trong xây dựng đường cong mỗi đặc trưng cho từng loại ghế có vật liệu và kết cấu khác nhau.

Việc xây dựng đường cong mỗi cần nhiều thí nghiệm, cần nhiều thời gian để phân tích dữ liệu và tính toán. Với thời gian sáu tháng thực hiện, sau khi hoàn thành việc chế tạo, lập trình và điều khiển nhóm không còn đủ thời gian để thực hiện công việc này.