

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ



**BÀI TẬP LỚN**  
**NHẬP MÔN ĐIỀU KHIỂN THÔNG MINH**

***ĐỀ TÀI: ĐIỀU KHIỂN MỨC NƯỚC THEO TÍN HIỆU ĐẠT***

**GVHD:**

**PGS.TS Huỳnh Thái Hoàng**

**SVTH:**

**Lê Hữu Khánh - 1812590**

**Huỳnh Anh Lâm - 1812764**

**Đỗ Xuân Thúc - 1811267**

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 30 tháng 05 năm 2022

## MỤC LỤC

<b>I.</b>	<b>TỔNG QUAN THIẾT BỊ .....</b>	<b>3</b>
1.	Module điều khiển động cơ L298 V3.....	3
2.	Module cảm biến siêu âm HY-SFR05 .....	4
3.	Nguồn tổ ong 12V 5A lớn .....	9
4.	Máy bơm nước mini.....	9
5.	Usb uart.....	10
<b>II.</b>	<b>THIẾT KẾ PHẦN CỨNG.....</b>	<b>11</b>
<b>III.</b>	<b>LẬP TRÌNH VI ĐIỀU KHIỂN.....</b>	<b>13</b>
3.1.	Giải thuật .....	13
3.2.	Thiết kế bộ điều khiển và kết quả khi chạy .....	17

# I. TỔNG QUAN THIẾT BỊ

## 1. Module điều khiển động cơ L298 V3

### 1.1. Tính năng:

- Module điều khiển động cơ L298 dùng để điều khiển các loại động cơ DC, động cơ bước và động cơ servo.
- Module điều khiển động cơ L298 sử dụng 2 IC cầu H để điều khiển các động cơ.
- Module có thể điều khiển nhiều loại motor khác nhau như step motor, servo motor, motor DC, với mức áp lên đến 36V, dòng tối đa 2000mA cho mỗi kênh điều khiển.

### 1.2. Thông số kỹ thuật

Tóm tắt qua chức năng các chân của L298:

- 4 chân INPUT: IN1, IN2, IN3, IN4 được nối lần lượt với các chân 5, 7, 10, 12 của L298. Đây là các chân nhận tín hiệu điều khiển.
- 4 chân OUTPUT: OUT1, OUT2, OUT3, OUT4 (tương ứng với các chân INPUT) được nối với các chân 2, 3, 13, 14 của L298. Các chân này sẽ được nối với động cơ.
- Hai chân ENA và ENB dùng để điều khiển mạch cầu H trong L298. Nếu ở mức logic “1” (nối với nguồn 5V) cho phép mạch cầu H hoạt động, nếu ở mức logic “0” thì mạch cầu H không hoạt động
- Với bài toán của mình ở trên, các bạn chỉ cần lưu ý đến cách điều khiển chiều quay với L298:
  - Khi ENA = 0: Động cơ không quay với mọi đầu vào.
  - Khi ENA = 1:
    - INT1 = 1; INT2 = 0: Động cơ quay thuận.
    - INT1 = 0; INT2 = 1: Động cơ quay nghịch.
    - INT1 = INT2: Động cơ dừng ngay tức thì
  - Với ENB cũng tương tự với INT3, INT4.

### 1.3. Bảng thông số

- IC chính	L298
- Vs	DC 5V ~ 35V
- Dòng max	2A
- Kích thước	55mmx49mmx33mm
- Trọng lượng	33g
- Dòng không tải	10mA
- Chân tín hiệu điều khiển	4 chân INT1, INT2, INT3, INT4.
- Chân ra điều khiển động cơ	4 chân OUT1, OUT2, OUT3, OUT4
- Chân điều khiển mạch cầu H	2 chân ENA, ENB

## 1.4.Hình ảnh



## 2. Module cảm biến siêu âm HY-SFR05

### 2.1.Ứng dụng

Dùng đo khoảng cách, đo mực chất lỏng, robot dò đường, phát hiện các vết đứt gãy trong dây cáp.

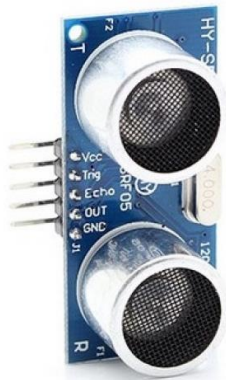
### 2.2.Thông số kỹ thuật

- Điện áp vào: 5V
- Dòng tiêu thụ : <2mA

- Tín hiệu đầu ra: xung HIGH(5V) và LOW(0V)
- Khoảng cách đo : 2cm – 450cm
- Độ chính xác : 0.5cm
- Kích thước: 20\*45\*15mm
- Góc cảm biến : <15 độ

### 2.3. Sơ đồ chân

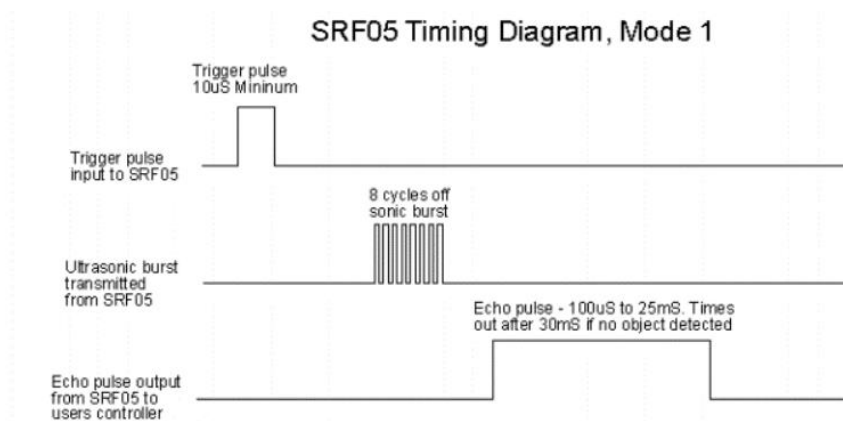
- 1. VCC : 5V.
- 2. Trig(T) : digital input.
- 3. echo (R): digital output.
- 4. OUT.
- 5. GND.



### 2.4. Nguyên lí hoạt động

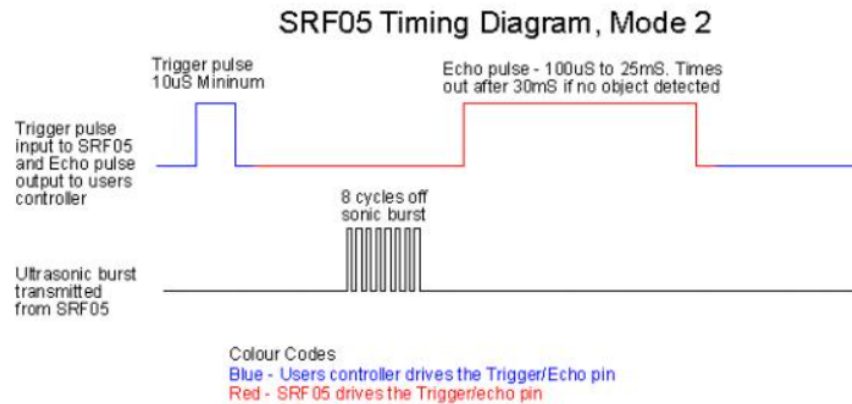
#### ❖ Ở chế độ 1: Tách biệt, kích hoạt và phản hồi

Để đo khoảng cách, ta phát 1 xung rất ngắn (5 microSeconds) từ chân TRIG. Sau đó cảm biến sẽ tạo ra 1 xung HIGH ở chân ECHO cho đến khi nhận được xung phản xạ ở chân này. Chiều rộng của xung sẽ bằng với thời gian sóng siêu âm được phát từ cảm biến quay trở lại. Tốc độ của âm thanh trong không khí là 340 m/s tương đương với 29,412 microSeconds/cm( $1000000/(340*100)$ ). Khi đã tính được thời gian ta chia cho 29,412 để được khoảng cách cần đo.



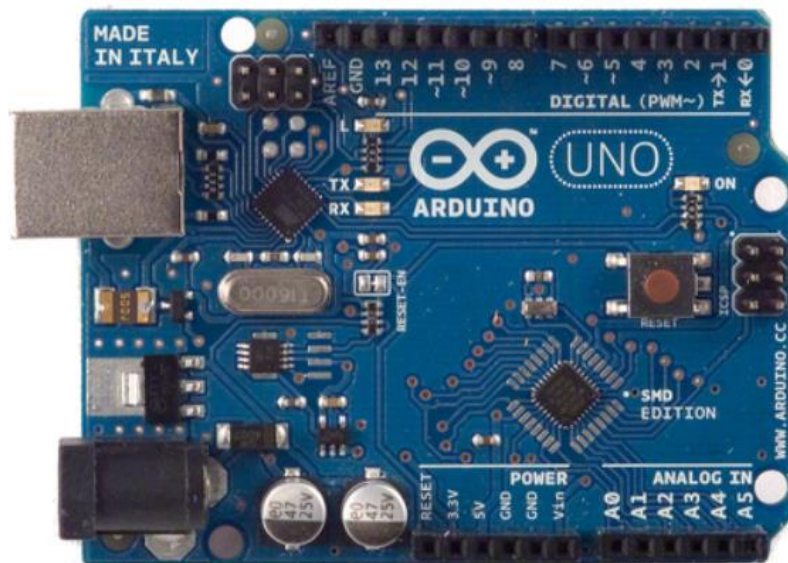
❖ **Ở chế độ 2: Dùng 1 chân cho cả kích hoạt và phản hồi**

Ta sử dụng chân OUT để nó vừa phát ra xung rồi nhận xung phản xạ về, chân chế độ thì nối đất. Tín hiệu hồi tiếp sẽ xuất hiện trên cùng 1 chân với tín hiệu kích hoạt. SR05 sẽ không tăng dòng phản hồi cho đến 700uS sau khi kết thúc các tín hiệu kích hoạt và bạn đã có thời gian để kích hoạt pin xoay quanh và làm cho nó trở thành 1 đầu vào.



**Arduino Uno R3**

Nhắc tới dòng mạch Arduino dùng để lập trình, cái đầu tiên mà người ta thường nói tới chính là dòng Arduino UNO. Hiện dòng mạch này đã phát triển tới thế hệ thứ 3 (R3)



**2.5. Thông số**

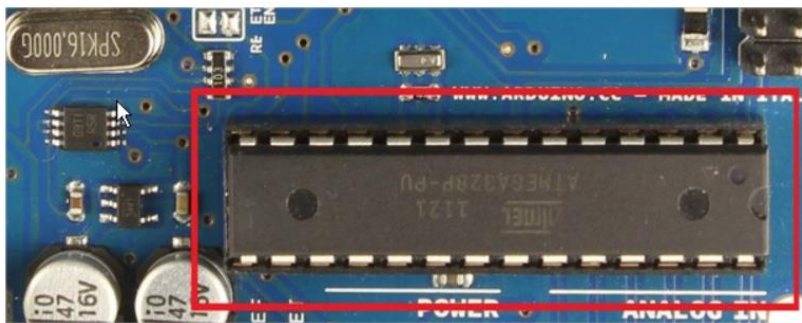
Vi điều khiển	ATmega328 họ 8bit
Điện áp hoạt động	5V DC (chỉ được cấp qua cổng USB)
Tần số hoạt động	16 MHz
Dòng tiêu thụ	khoảng 30mA
Điện áp vào khuyến dùng	7-12V DC



Điện áp vào giới hạn	6-20V DC
Số chân Digital I/O	14 (6 chân hardware PWM)
Số chân Analog	6 (độ phân giải 10bit)
Dòng tối đa trên mỗi chân I/O	30 mA
Dòng ra tối đa (5V)	500 mA
Dòng ra tối đa (3.3V)	50 mA
Bộ nhớ flash	32 KB (ATmega328) với 0.5KB dùng bởi bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)

## 2.6. Vi điều khiển

- Arduino UNO có thể sử dụng 3 vi điều khiển họ 8bit AVR là ATmega8, ATmega168, ATmega328. Bộ não này có thể xử lý những tác vụ đơn giản như điều khiển đèn LED nhấp nháy, xử lý tín hiệu cho xe điều khiển từ xa, làm một trạm đo nhiệt độ - độ ẩm và hiển thị lên màn hình LCD,...
- Thiết kế tiêu chuẩn của Arduino UNO sử dụng vi điều khiển ATmega328



## 2.7. Nguồn cấp

Arduino UNO có thể được cấp nguồn 5V thông qua cổng USB hoặc cấp nguồn ngoài với điện áp khuyến dùng là 7-12V DC và giới hạn là 6-20V. Thường thì cấp nguồn bằng pin vuông 9V là hợp lý nhất nếu bạn không có sẵn nguồn từ cổng USB. Nếu cấp nguồn vượt quá ngưỡng giới hạn trên, bạn sẽ làm hỏng Arduino UNO.

## 2.8. Giải thích ý nghĩa các chân

- **GND (Ground):** cực âm của nguồn điện cấp cho Arduino UNO. Khi bạn dùng các thiết bị sử dụng những nguồn điện riêng biệt thì những chân này phải được nối với nhau.
- **5V:** cấp điện áp 5V đầu ra. Dòng tối đa cho phép ở chân này là 500mA
- **3.3V:** cấp điện áp 3.3V đầu ra. Dòng tối đa cho phép ở chân này là 50mA.
- **Vin (Voltage Input):** để cấp nguồn ngoài cho Arduino UNO, bạn nối cực dương của nguồn với chân này và cực âm của nguồn với chân GND.

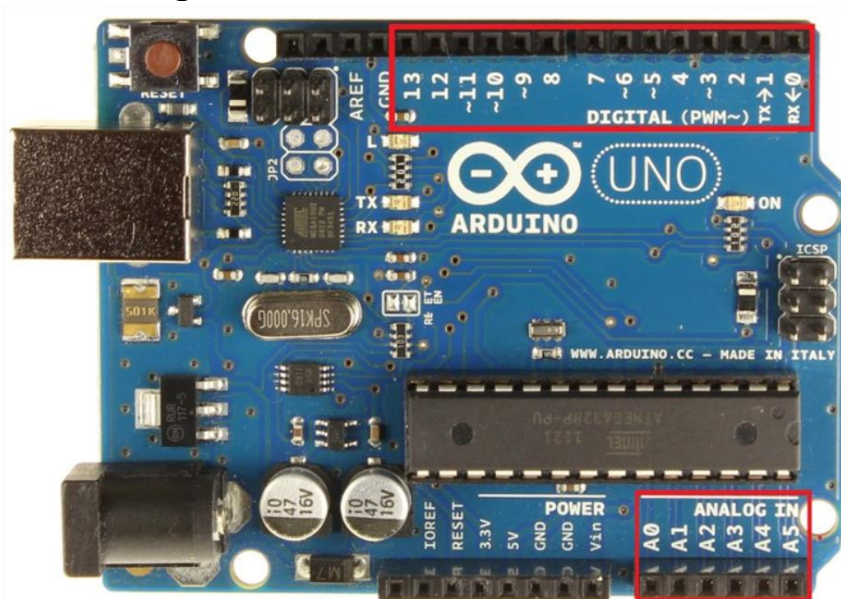
- **IOREF:** điện áp hoạt động của vi điều khiển trên Arduino UNO có thể được đo ở chân này. Và dĩ nhiên nó luôn là 5V. Mặc dù vậy bạn không được lấy nguồn 5V từ chân này để sử dụng bởi chức năng của nó không phải là cấp nguồn.
- **RESET:** việc nhấn nút Reset trên board để reset vi điều khiển tương đương với việc chân RESET được nối với GND qua 1 điện trở 10KΩ.

## 2.9. Bộ nhớ

Vi điều khiển Atmega328 tiêu chuẩn cung cấp cho người dùng:

- **32KB bộ nhớ Flash:** những đoạn lệnh bạn lập trình sẽ được lưu trữ trong bộ nhớ Flash của vi điều khiển.
- **2KB cho SRAM (Static Random Access Memory):** giá trị các biến bạn khai báo khi lập trình sẽ lưu ở đây. Bạn khai báo càng nhiều biến thì càng cần nhiều bộ nhớ RAM. Tuy vậy, thực sự thì cũng hiếm khi nào bộ nhớ RAM lại trở thành thứ mà bạn phải bận tâm. Khi mất điện, dữ liệu trên SRAM sẽ bị mất.
- **1KB cho EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory):** đây giống như một chiếc ổ cứng mini – nơi bạn có thể đọc và ghi dữ liệu của mình vào đây mà không phải lo bị mất khi cúp điện giống như dữ liệu trên SRAM.

## 2.10. Các cổng vào/ra



Arduino UNO có 14 chân digital dùng để đọc hoặc xuất tín hiệu. Chúng chỉ có 2 mức điện áp là 0V và 5V với dòng vào/ra tối đa trên mỗi chân là 40mA. Ở mỗi chân đều có các điện trở pull-up từ được cài đặt ngay trong vi điều khiển ATmega328 (mặc định thì các điện trở này không được kết nối).

Một số chân digital có các chức năng đặc biệt như sau:

- **2 chân Serial:** 0 (RX) và 1 (TX): dùng để gửi (transmit – TX) và nhận (receive – RX) dữ liệu TTL Serial. Arduino Uno có thể giao tiếp với thiết bị khác thông qua 2 chân này. Kết nối bluetooth thường thấy nối nôm na chính là kết nối Serial không dây. Nếu không cần giao tiếp Serial, bạn không nên sử dụng 2 chân này nếu không cần thiết
- **Chân PWM (~): 3, 5, 6, 9, 10, và 11:** cho phép bạn xuất ra xung PWM với độ phân giải 8bit (giá trị từ 0 →  $2^8-1$  tương ứng với 0V → 5V) bằng hàm analogWrite(). Nói một cách đơn



giản, bạn có thể điều chỉnh được điện áp ra ở chân này từ mức 0V đến 5V thay vì chỉ cố định ở mức 0V và 5V như những chân khác.

- **Chân giao tiếp SPI:** 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ngoài các chức năng thông thường, 4 chân này còn dùng để truyền phát dữ liệu bằng giao thức SPI với các thiết bị khác.
- **LED 13:** trên Arduino UNO có 1 đèn led màu cam (kí hiệu chữ L). Khi bấm nút Reset, bạn sẽ thấy đèn này nhấp nháy để báo hiệu. Nó được nối với chân số 13. Khi chân này được người dùng sử dụng, LED sẽ sáng.

Arduino UNO có 6 chân analog (A0 → A5) cung cấp độ phân giải tín hiệu 10bit ( $0 \rightarrow 2^{10}-1$ ) để đọc giá trị điện áp trong khoảng 0V → 5V. Với chân **AREF** trên board, bạn có thể để đưa vào điện áp tham chiếu khi sử dụng các chân analog. Tức là nếu bạn cấp điện áp 2.5V vào chân này thì bạn có thể dùng các chân analog để đo điện áp trong khoảng từ 0V → 2.5V với độ phân giải vẫn là 10bit.

Đặc biệt, Arduino UNO có 2 chân A4 (SDA) và A5 (SCL) hỗ trợ giao tiếp I2C/TWI với các thiết bị khác.

### 3. Nguồn tổ ong 12V 5A lớn



### 4. Máy bơm nước mini



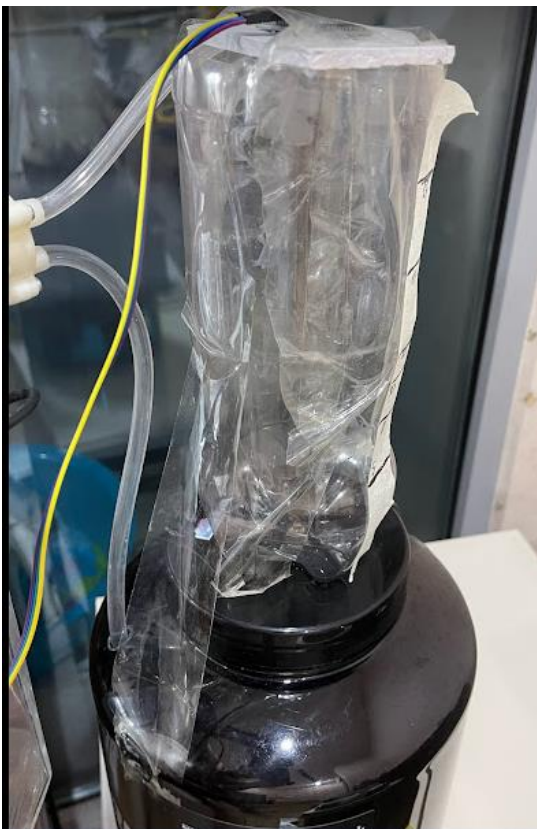
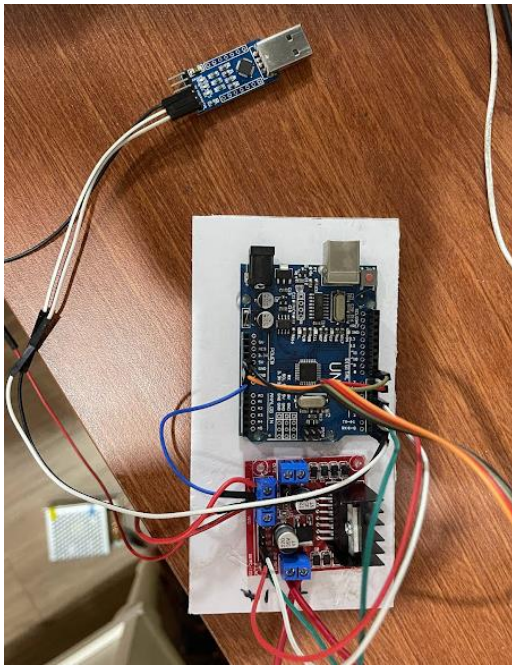
## 5. Usb uart

Được dùng để chuyển giao tiếp từ USB sang UART TTL và ngược lại với tốc độ và độ ổn định cao, Driver của mạch có thể nhận trên tất cả các hệ điều hành hiện nay: Windows, Mac, Linux, Android,...

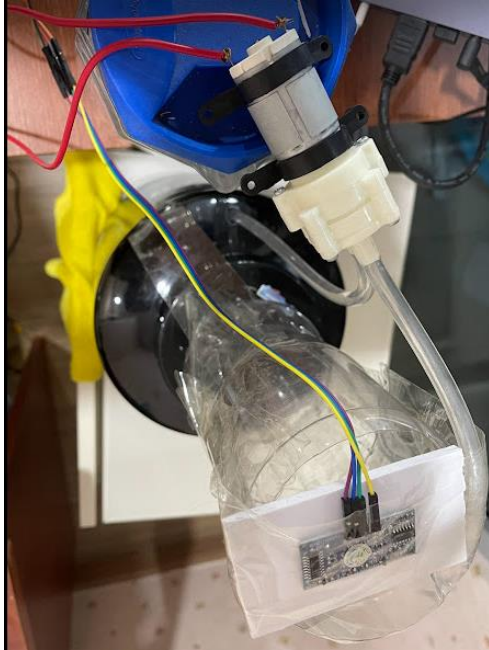


## II. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

➤ *Hình ảnh thực tế:*



❖ *Bình trên là bình chứa nước và bình dưới để đựng nước ra và cũng là nguồn nước để bơm lên bình trên*



❖ Bên trên được gắn cảm biến để đọc khoảng cách đồng thời gắn thêm động cơ bơm nước.

### III. LẬP TRÌNH VI ĐIỀU KHIỂN

#### 3.1. Giải thuật

*Cấu hình hệ thống (các chân Input, Output, khai báo cáo biến và thư viện cần thiết, ...)*

❖ *Khai báo biến và thư viện*

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //LCD 16x02, địa chỉ I2C là 0X27
const int trig = 8; //Khai báo chân trig nối với chân số 8 là hằng số
const int echo = 7; //Khai báo chân echo nối với chân số 7 là hằng số
const int in3 = 5;
const int in4 = 4;
const int enb = 3;
int i;
int Status = 0;
unsigned long thoigian; //Thời gian là kiểu số nguyên
double khoangcach; //Khoảng cách là kiểu số nguyên
double Setpoint ;
double Input;
double Output;
double OutVal;
long E,E1,E2;
double a,b,g,LastOutput,ki,kp,kd;
double alpha = 0;
double beta = 0;
double gamma = 0;
long last = 0;
long timer = 0;
const int T = 25;
int x = 0;
```



❖ **Khai báo cáo chân Input, Output, ...**

```
void setup()
{
    Serial.begin (115200);
    pinMode(trig, OUTPUT); //Chân trig xuất tín hiệu
    pinMode(echo, INPUT); //Chân echo nhận tín hiệu
    pinMode (in3, OUTPUT);
    pinMode (in4, OUTPUT);
    pinMode (enb, OUTPUT);

    Setpoint = 0;

    E = 0; E1 = 0; E2 = 0;
    LastOutput = 0;
    last = millis();
    timer = millis();
}
```

❖ **Kiểm tra chuỗi được nhận từ UART: thông qua hàm con void receiveData(void): hàm này có chức năng nhận giá trị Setpoint và ON/OFF chương trình.**

```
void receiveData(void)
{
    if(Serial.available())
    {
        String DataFromCSharp = Serial.readString();
        if(DataFromCSharp == "ON")          Status = 1;
        else if (DataFromCSharp == "OFF")    Status = 0;
        else                                  Setpoint = DataFromCSharp.toInt();
    }
}
```

- Nếu người dùng ấn phím Start, Arduino sẽ thông qua UART và nhận kí tự “ON”, lúc này biến Status = 1, Nếu người dùng ấn phím STOP, Arduino sẽ thông qua UART và nhận kí tự “OFF”, lúc này biến Status = 0. Còn lại khi nhận được các kí tự khác, Arduino sẽ chuyển nó về dạng số và đưa vào biến Setpoint.
- Arduino nhận dữ liệu, tiến hành xử lý, giải mở, cho giá trị của  $K_P$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ , Tính toán PID và xuất ra điện áp.

❖ *Vẽ hàm liên thuộc*

```
double hlt(double x, double L, double C1, double C2, double R)
{
    if(x < L)          return 0;
    else if(x < C1)     return (x-L) / (C1-L);
    else if (x < C2)    return 1;
    else if (x < R)     return (R-x) / (R-C2);
    else               return 0;
}
```

❖ *Tính toán giá trị của  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  (xử lý thông tin và giải mờ)*

```
void updateKiKpKd(double num)
{
    double Kp[6]={0},Ki[6]={0},Kd[6]={0};
    double anlpha_dk[6] ={0};
    double h = num;
    if(h < 0) h = 0;
    if(h >= 0 && h <= 3.5)
    {
        anlpha_dk[0] = hlt(h,0,0,2,3.5);
        Kp[0] = 0.42;
        Ki[0] = 0.04;
        Kd[0] = 0;
    }
    if(h >= 2 && h <= 6)
    {
        anlpha_dk[1] = hlt(h,2,3.5,4,6);
        Kp[1] = 0.39;
        Ki[1] = 0.037;
        Kd[1] = 0;
    }
    // 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1010, 1011, 1012, 1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033, 1034, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1076, 1077, 1078, 1079, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1099, 1100, 1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106, 1107, 1108, 1109, 1110, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1120, 1121, 1122, 1123, 1124, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158, 1159, 1160, 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1180, 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186, 1187, 1188, 1189, 1190, 1191, 1192, 1193, 1194, 1195, 1196, 1197, 1198, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1447, 1448, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1457, 1458, 1459, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1466, 1467, 1468, 1469, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1499, 1500, 1501, 1502, 1503, 1504, 1505, 1506, 1507, 1508, 1509, 1510, 1511, 1512, 1513, 1514, 1515, 1516, 1517, 1518, 1519, 1520, 1521, 1522, 1523, 1524, 1525, 1526, 1527, 1528, 1529, 1530, 1531, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1538, 1539, 1540, 1541, 1542, 1543, 1544, 1545, 1546, 1547, 1548, 1549, 1550, 1551, 1552, 1553, 1554, 1555, 1556, 1557, 1558, 1559, 1560, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1570, 1571, 1572, 1573, 1574, 1575, 1576, 1577, 1578, 1579, 1580, 1581, 1582, 1583, 1584, 1585, 1586, 1587, 1588, 1589, 1590, 1591, 1592, 1593, 1594, 1595, 1596, 1597, 1598, 1599, 1600, 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606, 1607, 1608, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1614, 1615, 1616, 1617, 1618, 1619, 1620, 1621, 1622, 1623, 1624, 1625, 1626, 1627, 1628, 1629, 1630, 1631, 1632, 1633, 1634, 1635, 1636, 1637, 1638, 1639, 1640, 1641, 1642, 1643, 1644, 1645, 1646, 1647, 1648, 1649, 1650, 1651, 1652, 1653, 1654, 1655, 1656, 1657, 1658, 1659, 1660, 1661, 1662, 1663, 1664, 1665, 1666, 1667, 1668, 1669, 1670, 1671, 1672, 1673, 1674, 1675, 1676, 1677, 1678, 1679, 1680, 1681, 1682, 1683, 1684, 1685, 1686, 1687, 1688, 1689, 1690, 1691, 1692, 1693, 1694, 1695, 1696, 1697, 1698, 1699, 1700, 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706, 1707, 1708, 1709, 1710, 1711, 1712, 1713, 1714, 1715, 1716, 1717, 1718, 1719, 1720, 1721, 1722, 1723, 1724, 1725, 1726, 1727, 1728, 1729, 1730, 1731, 1732, 1733, 1734, 1735, 1736, 1737, 1738, 1739, 1740, 1741, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 1748, 1749, 1750, 1751, 1752, 1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1760, 1761, 1762, 1763, 1764, 1765, 1766, 1767, 1768, 1769, 1770, 1771, 1772, 1773, 1774, 1775, 1776, 1777, 1778, 1779, 1780, 1781, 1782, 1783, 1784, 1785, 1786, 1787, 1788, 1789, 1790, 1791, 1792, 1793, 1794, 1795, 1796, 1797, 1798, 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, 1810, 1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1816, 1817, 1818, 1819, 1820, 1821, 1822, 1823, 1824, 1825, 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144,
```

$$\frac{U(z)}{E(z)} = G_{PID}(z) = K_p + \frac{K_i T}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1} + \frac{K_d}{T} \cdot \frac{z-1}{z}$$

Ta được tín hiệu điều khiển PID cho hệ rời rạc:

$$u(k) = \frac{\alpha e(k) + \beta e(k-1) + \gamma e(k-2) + \Delta u(k-1)}{\Delta}$$

Với

- $\alpha = 2TK_p + K_i T^2 + 2K_d$
- $\beta = T^2 K_i - 4K_d - 2TK_p$
- $\gamma = 2K_d$
- $\Delta = 2T$
- T: là chu kỳ lấy mẫu

### ❖ Hàm tính toán PID (Áp dụng theo công thức)

```
if(20-khoangcach < 0) E = Setpoint;
else E = Setpoint - (20 - khoangcach);
alpha = 2*T*0.001*kp + ki*T*0.001*T*0.001 + 2*kd;
beta = T*0.001*T*0.001*ki - 4*kd - 2*T*0.001*kp;
gamma = 2*kd;
Output = (alpha*E + beta*E1 + gamma*E2 + 2*T*0.001*LastOutput) / (2*T*0.001);
LastOutput = Output;
E2 = E1;
E1 = E;
if(Output >= 250)
{
    Output = 250;
}
else if(Output < 0)
{
    Output = 0;
}
```

### ❖ Xuất ra điện áp: (điện áp được số hóa từ 0 – 12V thành 0 – 250 và được lưu vào biến Output)

```
if(Output > 0)    analogWrite (enb, Output);
else              analogWrite (enb, 0);
```

❖ Trong hàm *loop()*:

```
receiveData();
digitalWrite(trig,0); //Tắt chân trig
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trig,1); //bật chân trig để
delayMicroseconds(10); //Xung có độ rộng
digitalWrite(trig,0); //Chân echo sẽ nh
thoigian = pulseIn (echo, HIGH); //Tính k
khoangcach = thoigian / 2 / 29.412;
`
last = millis();|
double x = 20 - khoangcach;
if(x < 0) x = 0;
updateKiKpKd(x);
PIDControl();//áp tu 0v-12v
digitalWrite (in3, LOW);
digitalWrite (in4, HIGH);
}
```

- Đọc từ cảm biến và đưa giá trị khoảng cách vào biến *khoangcach*.

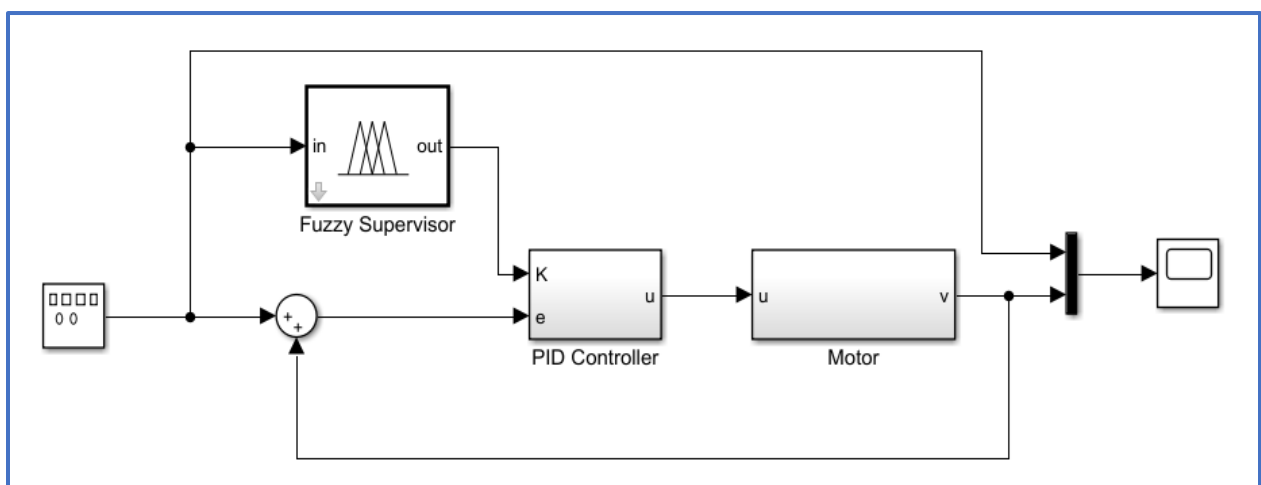
- Cứ sau  $T_{ms} = 25ms$ , chương trình sẽ thực hiện xử lý thông tin và giải mờ đồng thời đưa ra tín hiệu điều khiển động cơ bơm nước.

```
if(millis()-timer >= 100)
{
    timer = millis();
    Serial.print(20 - khoangcach);
}
```

- Cứ sau 100ms thì gửi dữ liệu thông qua UART để vẽ đồ thị

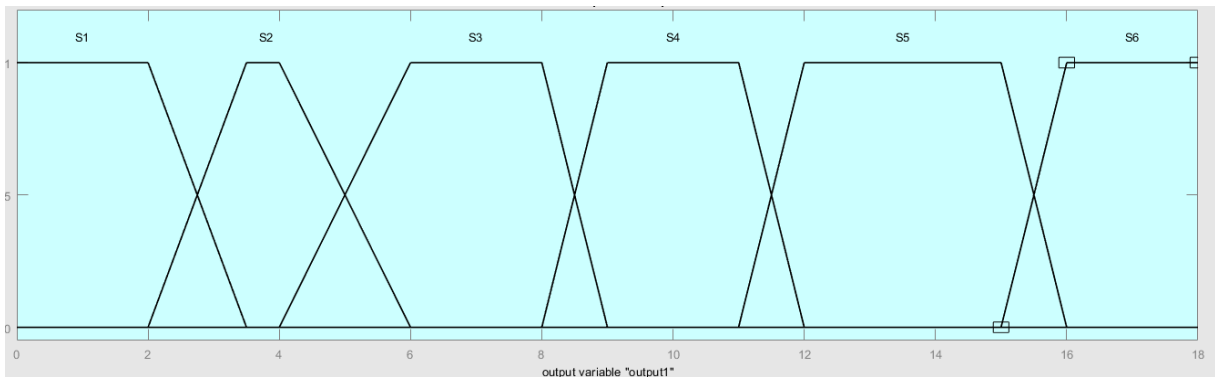
### 3.2. Thiết kế bộ điều khiển và kết quả khi chạy

❖ Bộ điều khiển PID mờ Sugeno



❖ *Vẽ các tập mờ tương ứng với điểm làm việc:*

- 6 trạng thái
- Tầm giá trị : 0 – 18 (cm)



❖ *Bảng hệ quy tắc*

		Thông số bộ điều khiển PID		
		Kp	Ki	Kd
Điểm làm việc	S1	0.42	0.04	0
	S2	0.39	0.037	0
	S3	0.36	0.033	0
	S4	0.32	0.03	0
	S5	0.31	0.27	0
	S6	0.28	0.026	0

❖ *Giao diện và kết quả thực tế*

