

Trường Đại Học Bách Khoa – ĐHQG TP.HCM
Khoa Kỹ thuật Giao thông
Bộ môn Ô tô – Máy động lực

BÁO CÁO ĐỒ ÁN MÔN HỌC
THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG



ĐỀ TÀI:

**LẬP TRÌNH ĐIỀU KHIỂN VÀ SỐ HÓA 3D
BUỚM GA ĐIỆN TỬ**

GVHD: TS. Trần Đăng Long

Nhóm SVTH:

1. Lê Huỳnh Đức (1711064)
2. Lê Văn Đặng (1711019)

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN MÔN HỌC THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ ĐỘT TRONG

Nhóm sinh viên:

Lê Huỳnh Đức MSSV: 1711064
Lê Văn Đặng MSSV: 1711019

1. Tên đề tài: Lập trình điều khiển và số hóa 3D bướm ga điện tử

2. Nội dung thuyết minh (khổ giấy A4)

(1) Giới thiệu chung về các thành phần của hệ thống

- Bướm ga điện tử
- Vi điều khiển Arduino
- Mạch cầu H L298N

(2) Phân tích yêu cầu kỹ thuật

(3) Lập sơ đồ bố trí chung

(4) Xác định bài toán cần giải quyết

- Thiết kế sơ đồ nguyên lý
- Phân tích giản đồ thời gian
- Thiết kế lưu đồ giải thuật
- Lập trình Arduino:
 - + Điều khiển timer
 - + Điều khiển PWM
 - + Điều khiển ADC

(5) Kết quả đạt được:

- Mô phỏng quá trình làm việc của hệ thống bằng phần mềm Proteus.
- Bản vẽ 3D và 2D của bướm ga điện tử.

3. Nội dung bản vẽ

- (1) Bản vẽ lắp của hệ thống (khổ A1)
(2) Bản vẽ chi tiết (khổ A3)

4. Quá trình thực hiện đồ án

- Ngày nhận đề tài: 12/5/2020
- Ngày hoàn thành: 17/7/2020

Nội dung và yêu cầu đã được thông qua Bộ môn Ô tô – Máy động lực.

TP.HCM, ngày 31 tháng 7 năm 2020

Chủ nhiệm bộ môn

Giảng viên hướng dẫn

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
1. GIỚI THIỆU CHUNG	4
1.1 Bướm ga điện tử	4
1.2 Thông số kỹ thuật của bướm ga khảo sát	5
1.3 Arduino	5
1.4 Mạch cầu H L298N	6
2. YÊU CẦU KỸ THUẬT.....	7
3. SƠ ĐỒ BỐ TRÍ CHUNG.....	7
4. GIẢI PHÁP CHO VẤN ĐỀ	8
4.1 Thiết kế sơ đồ nguyên lý	8
4.2 Giản đồ thời gian	10
4.3 Lưu đồ giải thuật	10
4.4 Lập trình Arduino.....	11
5. KẾT QUẢ THU ĐƯỢC.....	12
5.1 Kết quả mô phỏng	12
5.2 Code chương trình.....	14

LỜI NÓI ĐẦU

Động cơ đốt trong là một trong những phát minh mang tính cách mạng đối với lịch sử loài người, là động lực to lớn đưa thế giới tiến đến thời đại công nghiệp. Trải qua một quá trình phát triển kéo dài hàng trăm năm, bên cạnh việc liên tục nâng cao hiệu suất và công suất của động cơ, con người luôn không ngừng nỗ lực để nghiên cứu các giải pháp tối ưu hóa công việc điều khiển động cơ. Bước sang thế kỷ XXI, cùng với sự bùng nổ của công nghệ số, các giải pháp điều khiển động cơ bằng điện tử lập trình đang dần thay thế các loại điều khiển cơ khí truyền thống, mang đến khả năng điều khiển chính xác và thông minh hơn.

Trong giai đoạn cách mạng 4.0 hiện nay, khi thế giới đang chuyển mình sang thời kỳ điện khí hóa, ngành công nghiệp ô tô cũng bước vào một cuộc cách mạng chưa từng có, đó là sự xuất hiện của xe điện tự hành đe dọa đến sự thống trị của những chiếc xe chạy bằng nhiên liệu hóa thạch. Nhưng ai biết được viễn cảnh nào sẽ đến trong tương lai. Do vậy, việc học tập và làm chủ kiến thức về lập trình đối với sinh viên ngành ô tô đang ngày càng trở nên quan trọng hơn bao giờ hết.

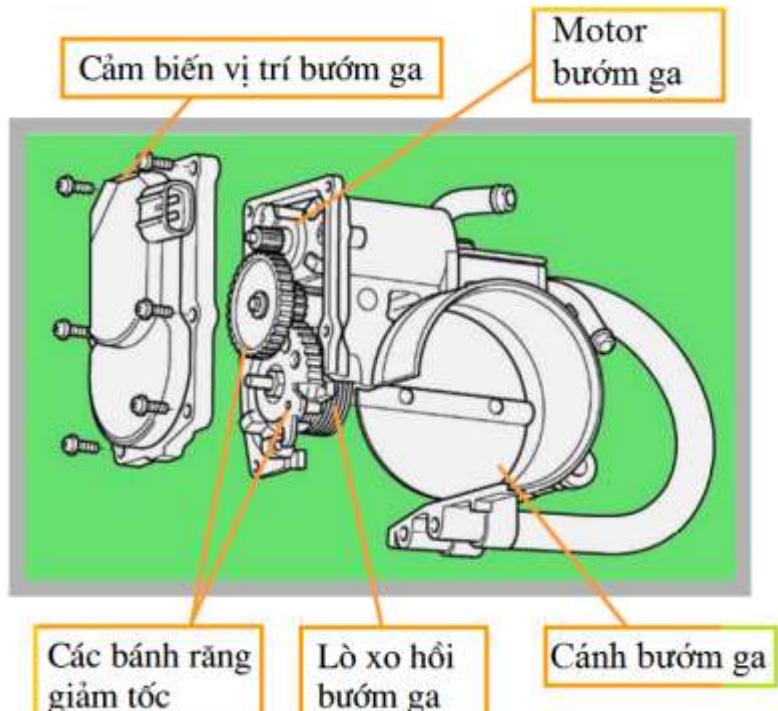
Nhóm chúng em chọn đề tài “Lập trình điều khiển và số hóa 3D bướm ga điện tử” để nghiên cứu tìm hiểu về lập trình nhúng bằng Arduino cũng như phần mềm mô phỏng 3D Solidwork. Trải qua một học kỳ thực hiện đồ án, trên cơ sở vận dụng kiến thức của những môn học chuyên ngành, đến nay đề tài của nhóm chúng em đã hoàn thành. Mặc dù có nhiều nguồn tài liệu để tham khảo, đặc biệt là trên internet, nhưng thời gian và kiến thức của chúng em có hạn nên không tránh khỏi những sai sót trong quá trình thực hiện, rất mong nhận được sự góp ý và nhận xét từ phía hội đồng đánh giá.

Chúng em xin gửi lời cảm ơn đến thầy Trần Đăng Long đã tận tình hướng dẫn, đưa ra gợi ý và chỉ ra những lỗi sai mà nhóm em mắc phải, giúp nhóm em sửa lỗi. Nhờ đó nhóm em mới có thể hoàn thành đồ án môn học đúng hạn.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

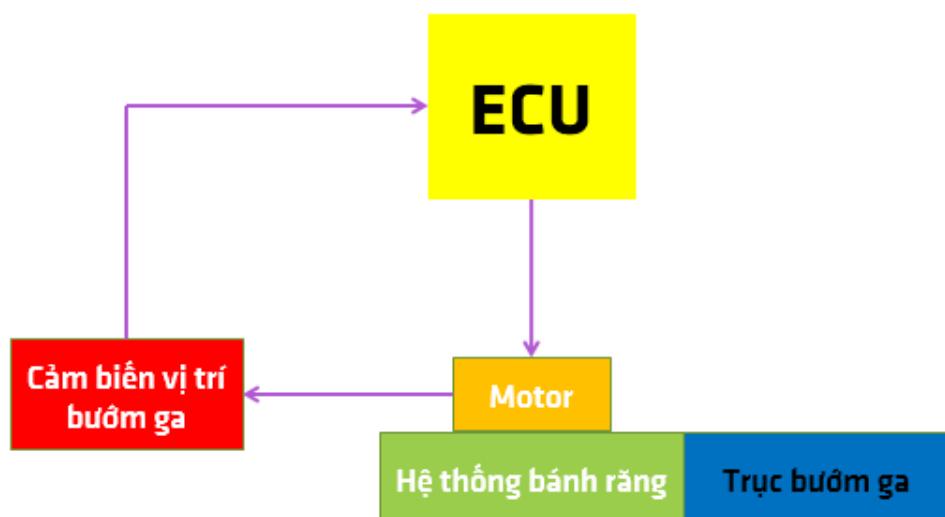
1.1 Bướm ga điện tử

Bướm ga điện tử là một module điều khiển của động cơ phun nhiên liệu điện tử, có chức năng thay đổi lượng không khí nạp vào buồng đốt động cơ thông qua việc điều khiển độ mở cánh bướm ga bằng motor DC một chiều.



Hình 1.1 Cấu tạo bướm ga điện tử

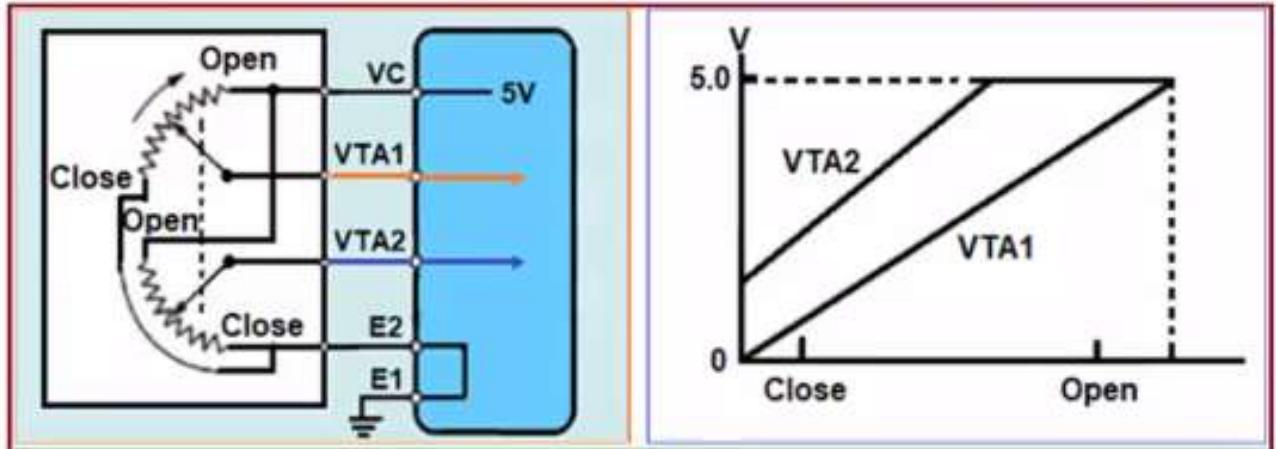
Cảm biến vị trí bướm ga được sử dụng để đo độ mở vị trí của cánh bướm ga để báo về hộp ECU. Từ đó, ECU sẽ sử dụng thông tin tín hiệu mà cảm biến vị trí bướm ga gửi về để tính toán mức độ tải của động cơ nhằm hiệu chỉnh thời gian phun nhiên liệu, cắt nhiên liệu, điều khiển góc đánh lửa sớm, điều chỉnh bù ga cầm chừng và điều khiển chuyển số.



Hình 1.2 Sơ đồ khái niệm lý hoạt động của bướm ga điện tử

Cảm biến vị trí bướm ga có 3 loại chính: loại tiếp điểm, loại tuyến tính và loại phần tử Hall.

Bướm ga được dùng để khảo sát trong đề tài này sử dụng cảm biến *loại tuyến tính*, có nguyên lý hoạt động như sau: Cảm biến được cấp nguồn V_c (5V) và mass, cấu tạo gồm 1 mạch trở than và 1 lưỡi quét trên mạch trở than đó, khi trục của cánh bướm xoay (đóng mở bướm ga) thì sẽ làm cho lưỡi quét thay đổi vị trí trên mạch trở than làm thay đổi điện áp đầu ra (chân signal).



Hình 1.3 Sơ đồ nguyên lý của cảm biến vị trí bướm ga loại tuyến tính

1.2 Thông số kỹ thuật của bướm ga khảo sát

- Tỉ số truyền bánh răng giảm tốc: $i = 30$.
- Đường kính họng làm việc: $D = 65\text{mm}$.
- Điện áp định mức của motor: $V_c = 12\text{V}$.
- Điện trở giữa các cực của cảm biến vị trí bướm ga ($\text{k}\Omega$):

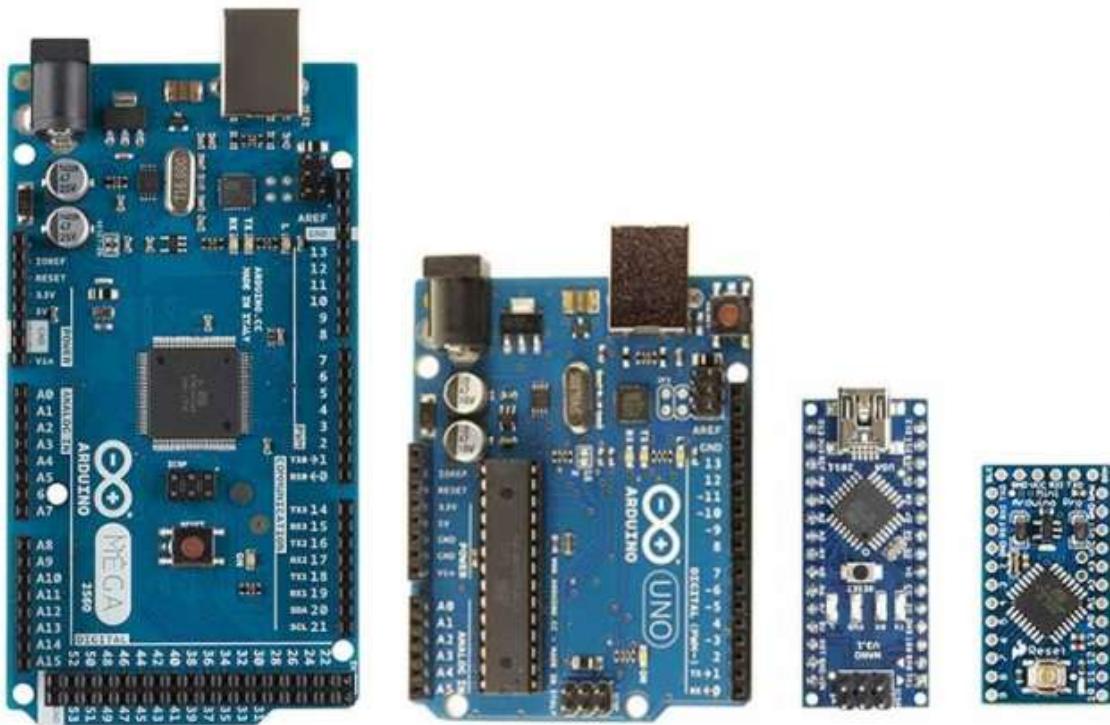
Độ mở bướm ga	0%	100%
$V_c - E_2$	1,735	1,735
$V_{TA1} - E_2$	0,705	1,872
$V_{TA1} - V_c$	1,880	0,867

1.3 Arduino

Arduino là một vi xử lý dùng để lập trình tương tác với các thiết bị phần cứng, được thiết kế dựa trên mã nguồn mở cho cả phần cứng lẫn phần mềm với ngôn ngữ lập trình phổ biến (C/C++), có thể liên kết với các chương trình như Labview, Matlab để tận dụng sức mạnh của các chương trình này trong lập trình, mô phỏng.

Những ưu điểm của Arduino:

- Cấu trúc đơn giản, dễ sử dụng, có giá thành rẻ.
- Ngôn ngữ lập trình C/C++ quen thuộc.
- Làm việc trong môi trường đa hệ điều hành, có thể chạy được trên Windows, MacOS hay Linux.
- Chương trình thiết kế có thể được nạp từ máy tính thông qua cáp USB tiện lợi.
- Có thư viện đa dạng, phong phú do sở hữu lượng người dùng lớn. Điều này giúp rút ngắn đáng kể thời gian hoàn thành dự án.

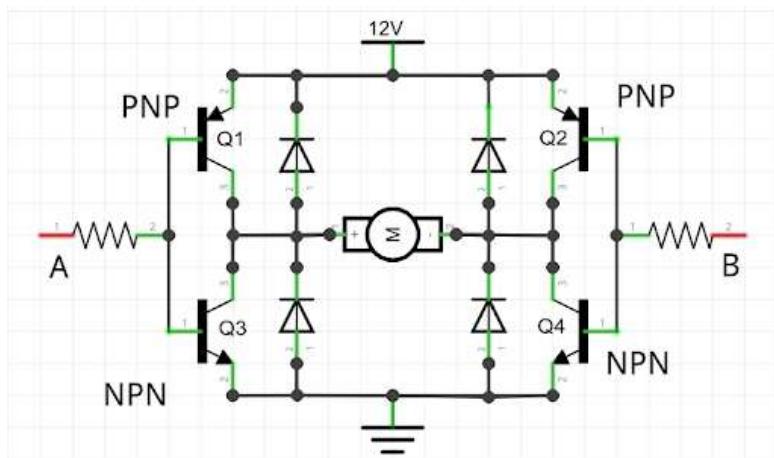


Hình 1.4 Các loại Arduino trên thị trường hiện nay

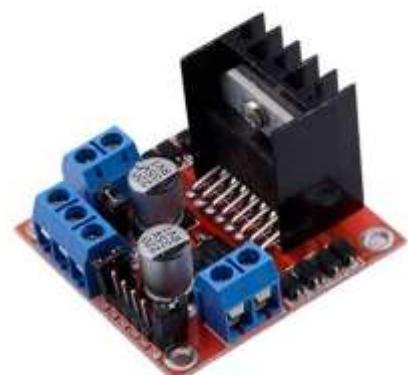
Đề này lựa chọn mạch Arduino Uno R3 để lập trình vì tính tiện lợi và phổ biến, cũng như giá thành hợp lý.

1.4 Mạch cầu H L298N

L298N là module hỗ trợ việc điều khiển motor một cách hiệu quả, cả về tốc độ lẫn chiều quay. Module này có 4 chân OUTPUT để kết nối với motor và tương ứng có 4 chân INPUT để xuất tín hiệu thông qua Arduino, tức là có khả năng điều khiển độc lập 2 motor cùng lúc (trong đề này chỉ điều khiển 1 motor).



Hình 1.5 Sơ đồ nguyên lý của L298N

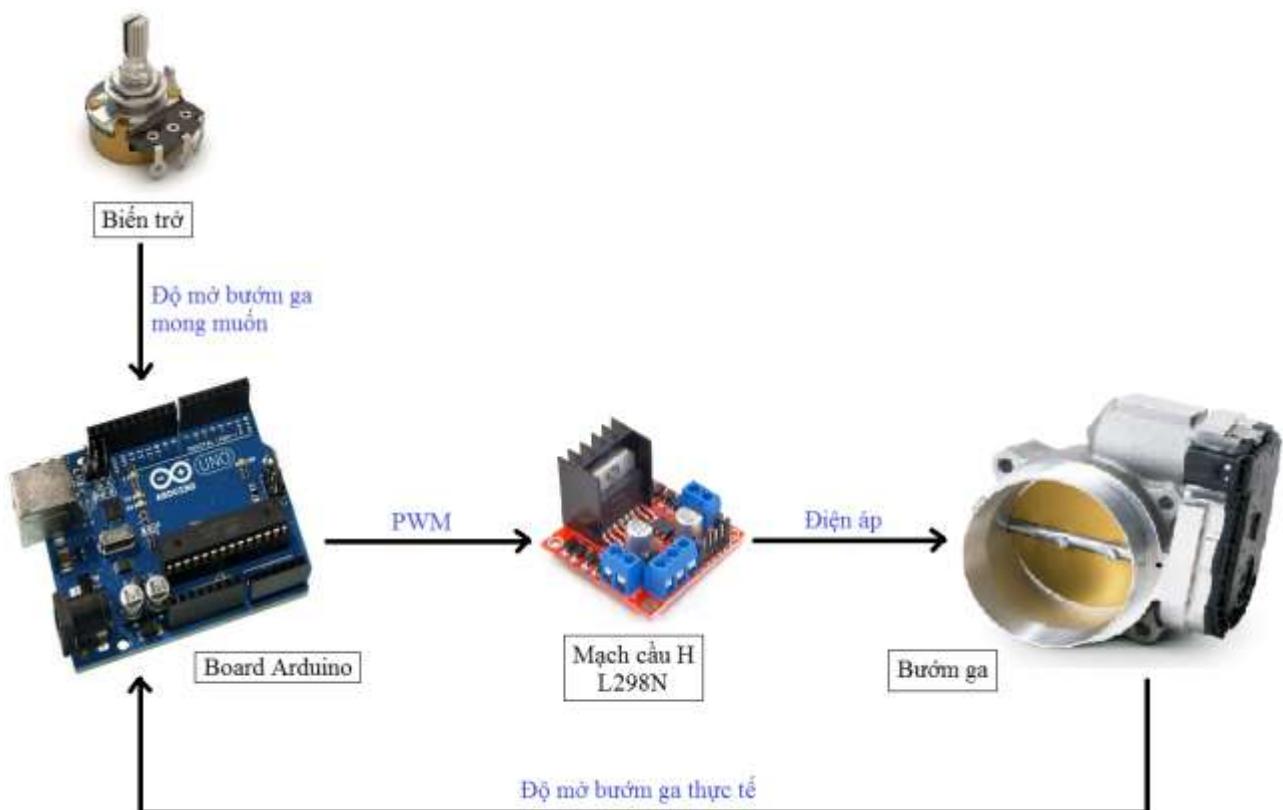


Hình 1.6 Mạch cầu H L298N

2. YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Điều khiển bướm ga mở chính xác theo phần trăm độ mở mong muốn.
- Hệ thống làm việc ổn định, hạn chế độ trễ ở mức tối thiểu.
- Môi trường làm việc đảm bảo khô ráo, sạch sẽ.
- Yêu cầu đối với bản vẽ:
 - Các kích thước hiển thị trên vật thể có độ chính xác cao không chênh lệch quá nhiều so với vật thể thực.
 - Các bộ phận phải được biểu diễn đúng vị trí.
 - Có thể mô phỏng được chuyển động hay nguyên lý làm việc của vật thể.
 - Khi xuất bản vẽ 2D cần phải tuân theo tiêu chuẩn TCVN 7284, TCVN 8-20:2002.

3. SƠ ĐỒ BỐ TRÍ CHUNG



Hình 3.1 Sơ đồ bố trí chung của hệ thống điều khiển bướm ga điện tử

Như đã giới thiệu, mục đích của đề tài này là lập trình điều khiển độ mở của bướm ga, để làm được điều đó thì ta cần điều khiển motor DC được kết nối trực tiếp với trực bướm ga. Việc điều khiển tốc độ motor được thực hiện bằng phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM).

Hệ thống này được thiết kế sao cho có thể thay đổi độ mở bướm ga bằng cách điều chỉnh biến trở. Quá trình làm việc của hệ thống được mô tả như sau: Cảm biến bướm ga luôn gửi thông tin về vị trí bướm ga cho vi xử lý (Arduino) dưới dạng tín hiệu điện áp. Khi ta thay đổi giá trị biến trở, Arduino sẽ xuất giá trị PWM tương ứng sang mạch cầu L298N. Giá trị PWM này (0-100%) được quy đổi sang giá trị điện áp (0-5V)

theo quy luật tuyến tính. Sau đó, tín hiệu điện áp được gửi đến motor bướm ga để điều khiển tốc độ của motor.

4. GIẢI PHÁP CHO VẤN ĐỀ

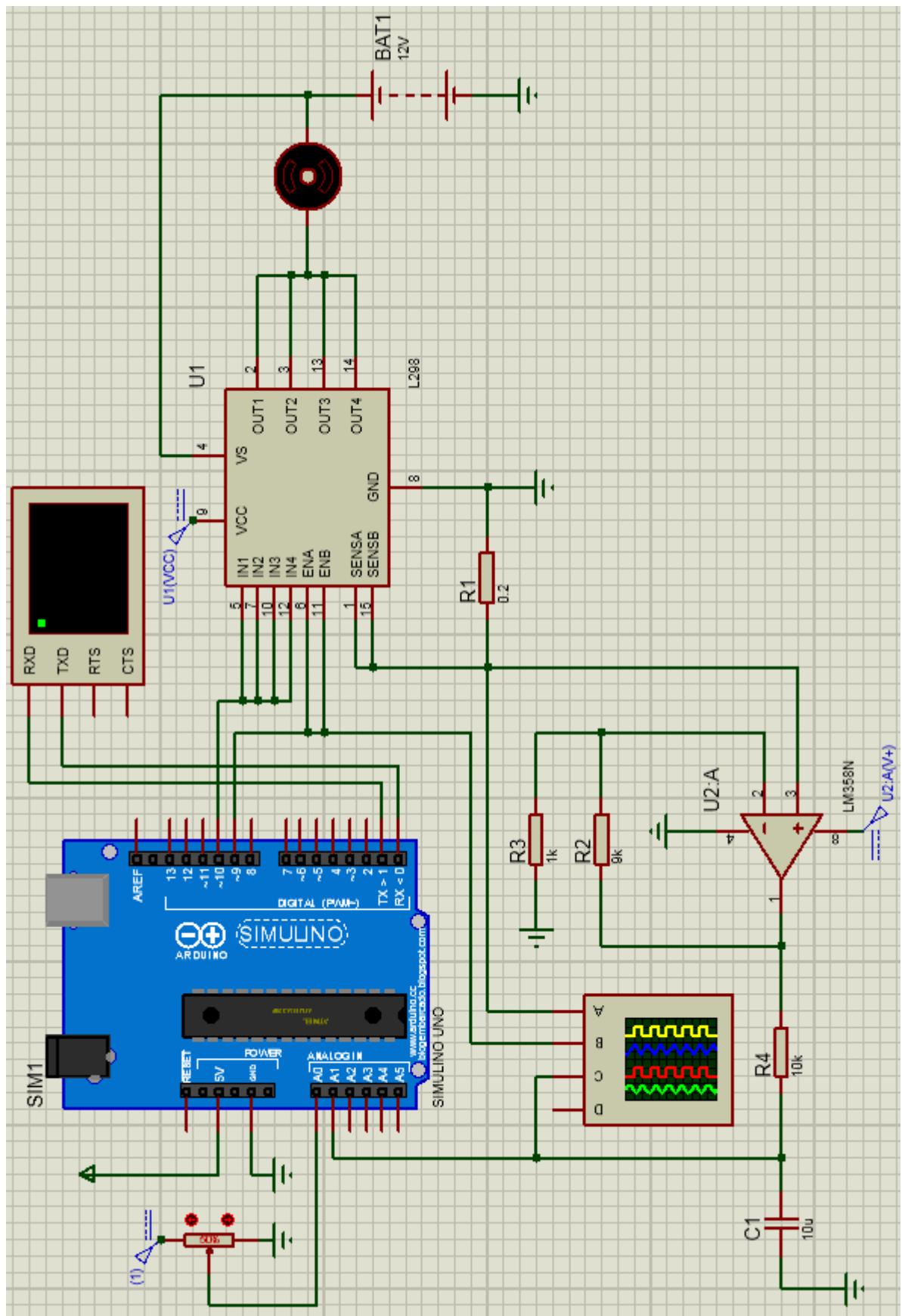


Hình 4.1 Sơ đồ mô tả cách thức giải quyết bài toán

4.1 Thiết kế sơ đồ nguyên lý

Quy tắc nối dây:

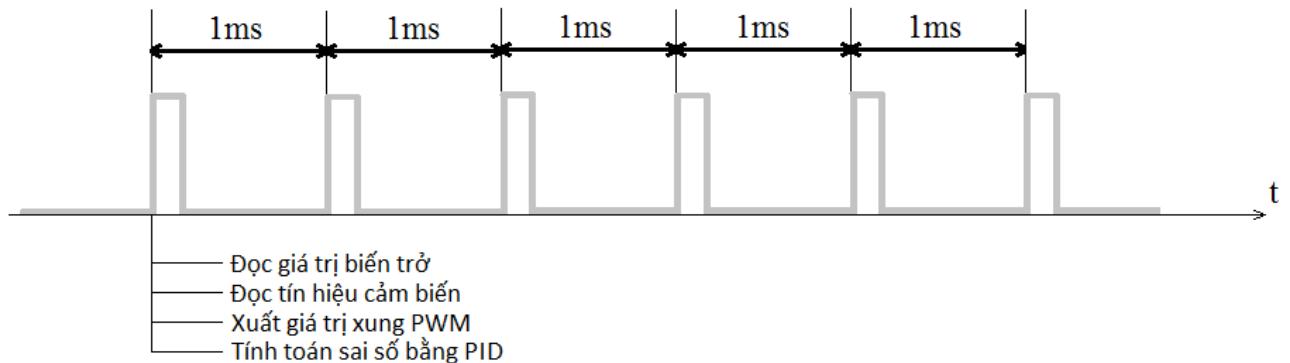
- Biến trở: Chân xuất tín hiệu được nối vào chân analog của Arduino (chân A0). 2 chân còn lại nối nguồn và nối mass.
- L298N:
 - + 4 chân OUTPUT nối song song và nối vào 1 chân của motor.
 - + 4 chân INPUT nối song song và nối vào chân số 10 của Arduino.
 - + 2 chân ENA, ENB nối song song và nối vào chân PWM của Arduino (chân số 9).
- Chân còn lại của motor được nối với mass.
- Điện trở R1 (có giá trị $0,2\Omega$) đóng vai trò như cảm biến bướm ga bằng việc gửi tín hiệu điều áp về chân A1 của Arduino.
- Mạch khuếch đại LM358 có chức năng khuếch đại tín hiệu điện áp gửi về từ R1.
- Tụ điện C1 giúp cho quá trình dao động được liên tục.
- Sử dụng các công cụ Oscilloscope và Virtual Terminal để hiển thị kết quả mô phỏng lên màn hình máy tính.



Hình 4.1 Mô phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống bằng phần mềm Proteus

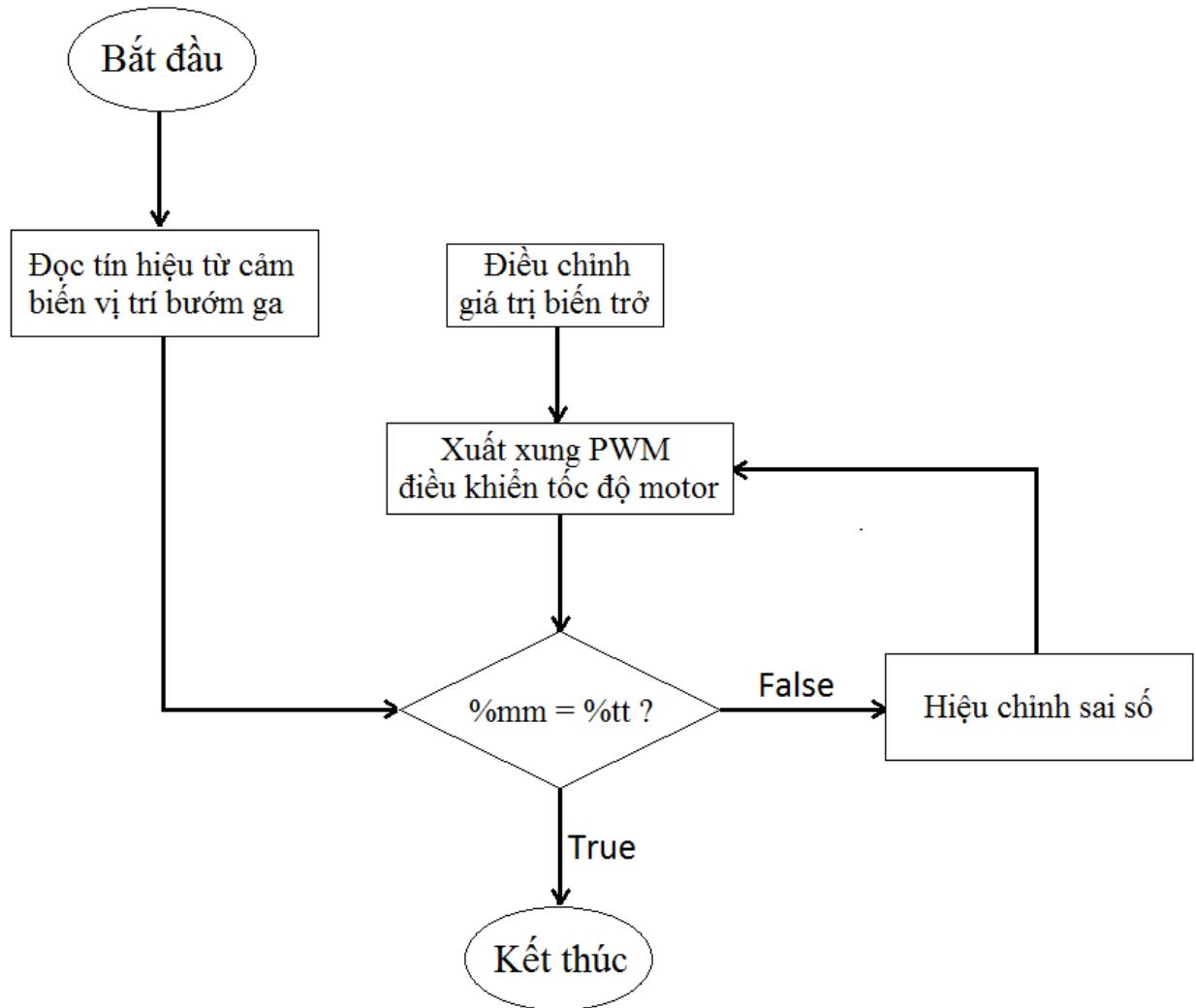
4.2 Giản đồ thời gian

Tạo bộ định thời (timer) có chu kỳ 1ms để quản lý các công việc được thực hiện trong chương trình.



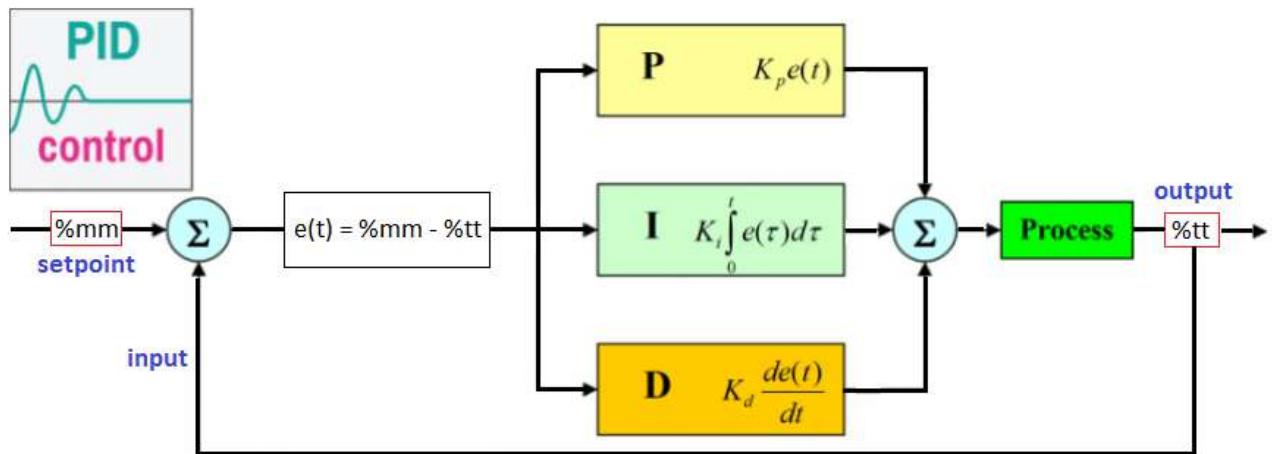
Hình 4.2 Giản đồ thời gian của chương trình

4.3 Lưu đồ giải thuật



Hình 4.3 Lưu đồ giải thuật của chương trình

4.4 Lập trình Arduino



Hình 4.4 Sơ đồ mô tả cách thức hoạt động của chương trình

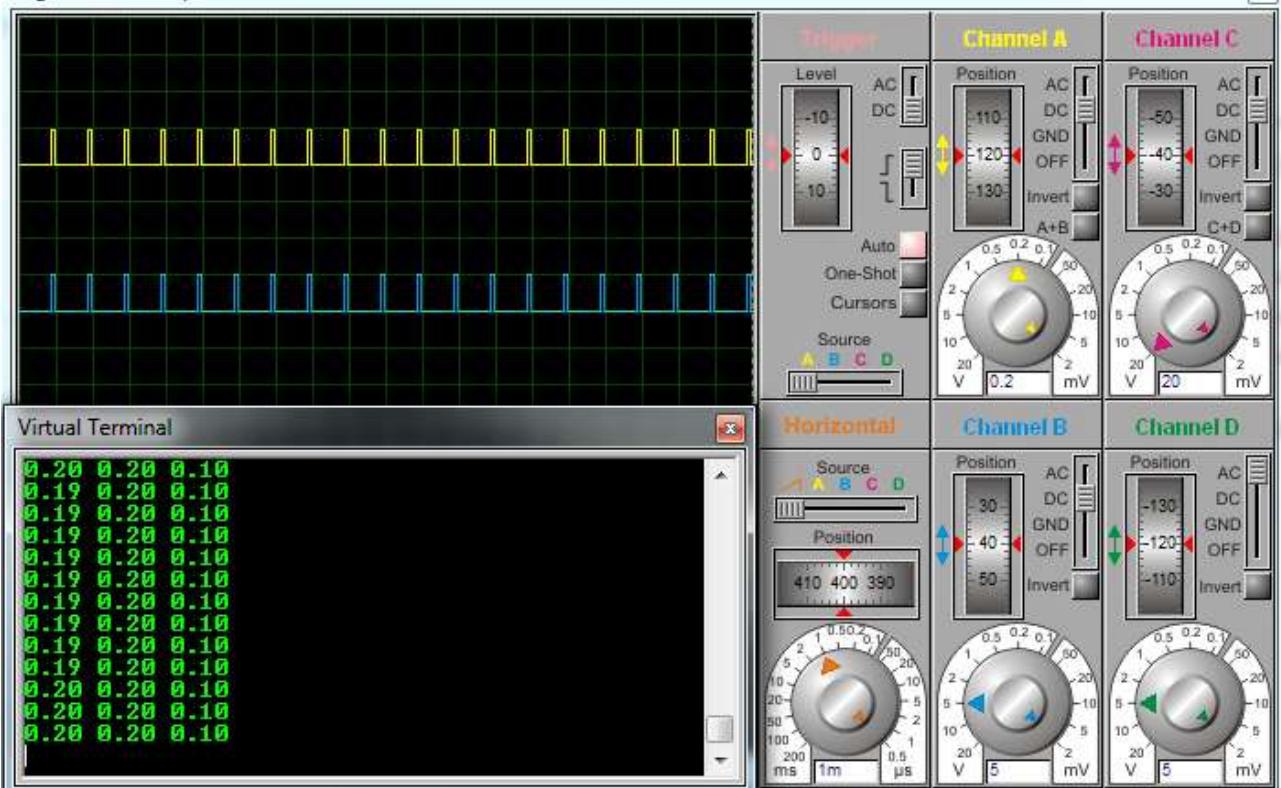
Giá trị đặt (setpoint) là phần trăm độ mở bướm ga mà ta mong muốn điều khiển, giá trị đầu vào (input) là phần trăm độ mở bướm ga thực tế, sau khi hệ thống đã tính toán và điều khiển.

Khi ta điều chỉnh biến trở để thay đổi phần trăm độ mở bướm ga theo mong muốn (tức là thay đổi giá trị điện áp đặt), Arduino sẽ xuất ra giá trị xung PWM để điều khiển motor và cho ra phần trăm độ mở thực tế. Nhờ có cảm biến vị trí bướm ga liên tục gửi tín hiệu về, nên hệ thống sẽ đọc được giá trị điện áp đầu vào (input). Khi đó, bộ điều khiển PID sẽ so sánh setpoint với input và tiến hành điều chỉnh PWM để thay đổi input. Việc này sẽ lặp lại nhiều lần cho đến khi $setpoint - input \approx 0$, nghĩa là không còn sai số giữa phần trăm mong muốn và phần trăm thực tế.

5. KẾT QUẢ THU ĐƯỢC

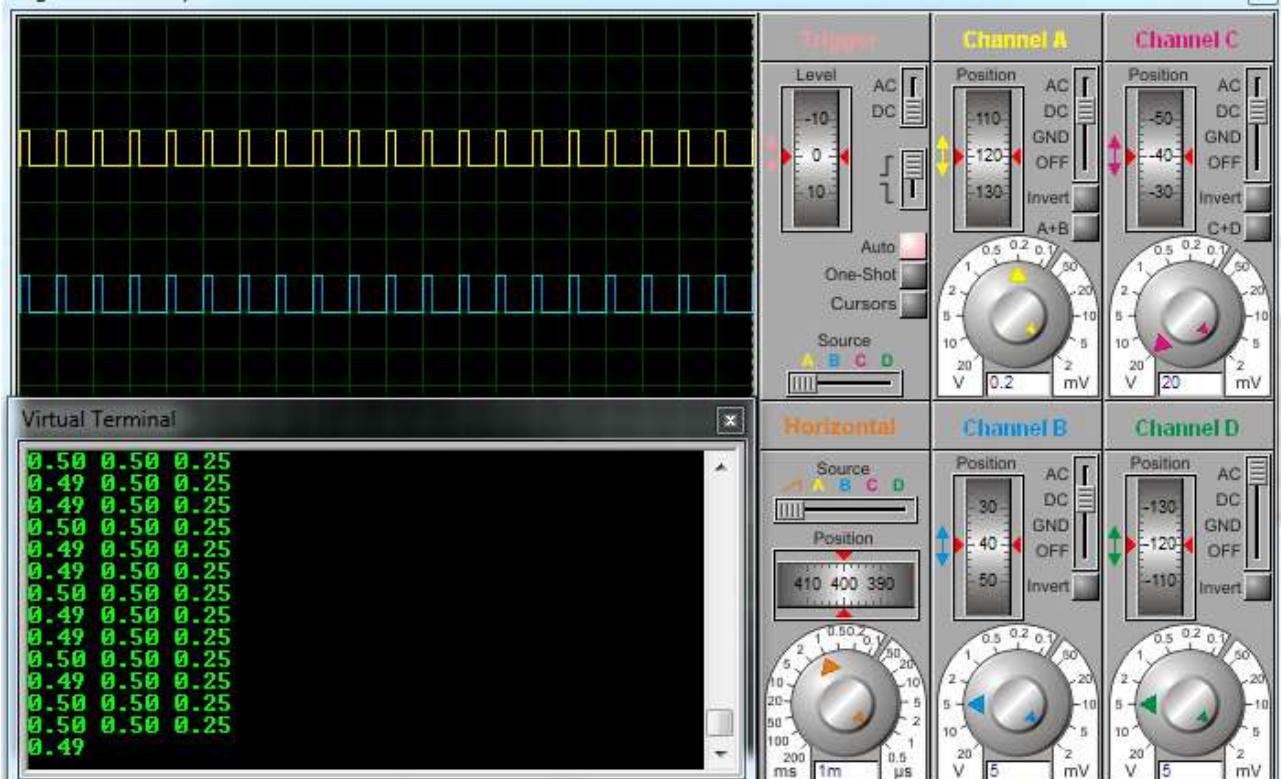
5.1 Kết quả mô phỏng

Digital Oscilloscope

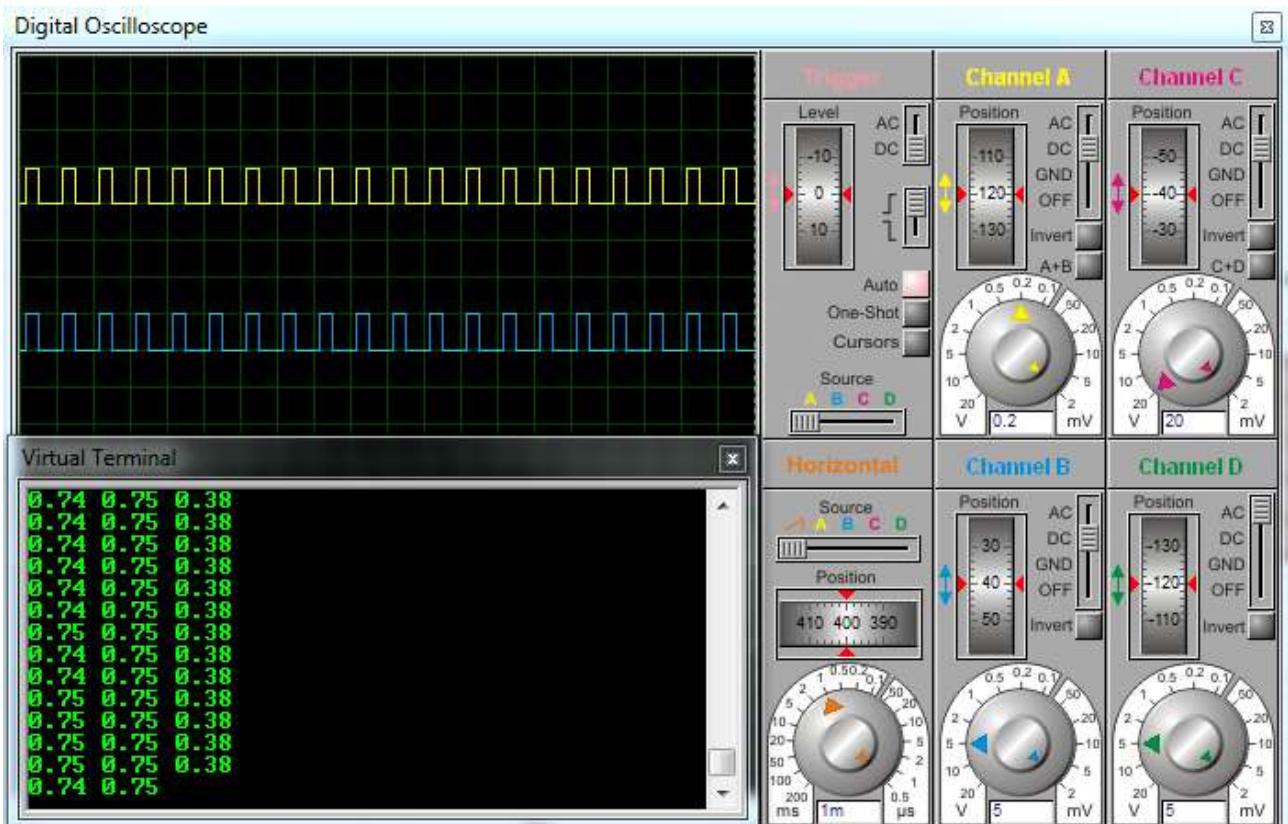


Hình 5.1 Độ mở bướm ga 20%, ứng với $PWM = 0,10$

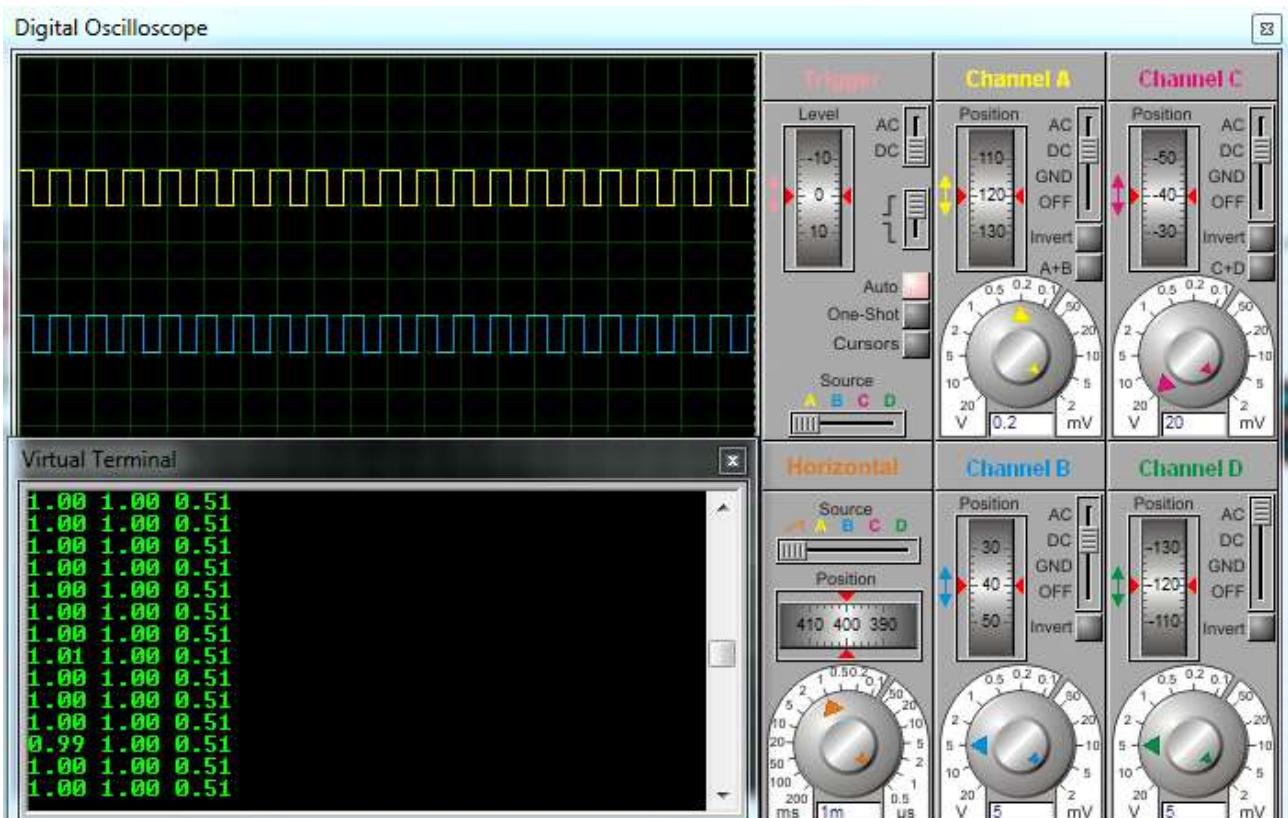
Digital Oscilloscope



Hình 5.3 Độ mở bướm ga 50%, ứng với $PWM = 0,25$



Hình 5.2 Độ mở bướm ga 75%, ứng với $PWM = 0,38$



Hình 5.4 Độ mở bướm ga 100% ứng với $PWM = 0,51$

Các hình từ 5.1 đến 5.4 mô phỏng kết quả chương trình trong 4 trường hợp điều khiển bướm ga mở 20%, 50%, 75%, 100%. Từ trái sang phải, 3 cột kết quả lần lượt là: phần trăm độ mở thực tế (input), phần trăm độ mở mong muốn (setpoint) và độ rộng xung (PWM).

Nhờ vào thuật toán PID, input sẽ được tính toán hiệu chỉnh bằng cách thay đổi giá trị PWM đến khi sai số giữa input và setpoint bằng 0.

5.2 Code chương trình

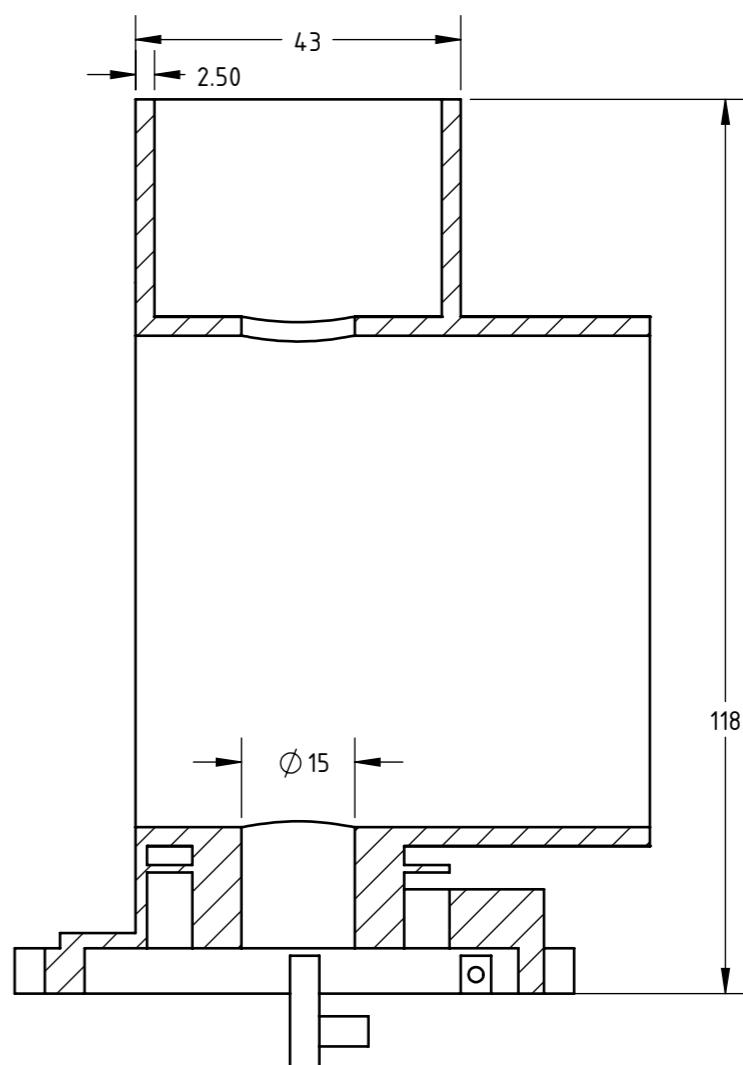
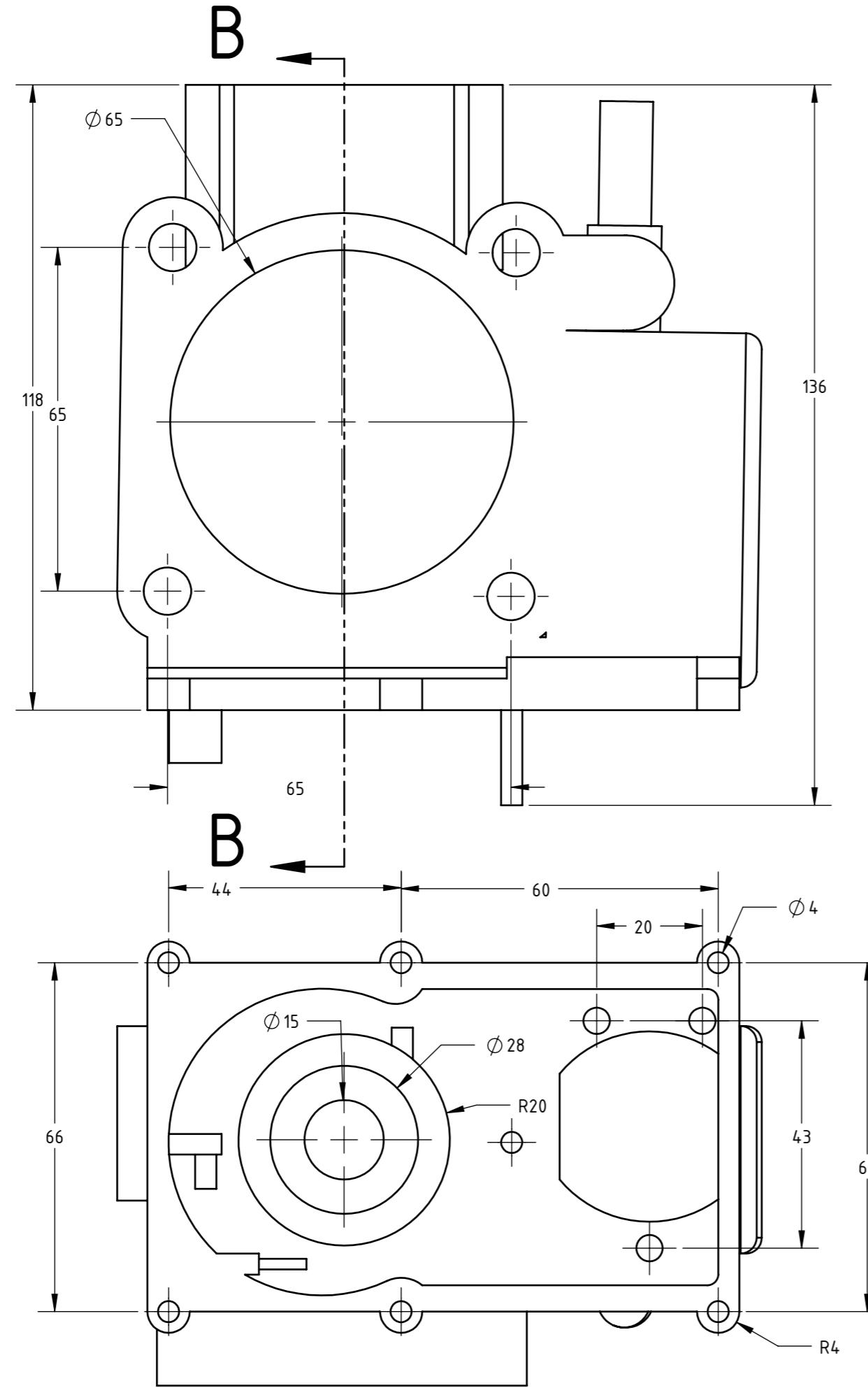
```
#include <avr/interrupt.h>
#include <PID_v1.h>
#define in 10
#define ena 9
bool flag = 0;
unsigned int count;
int voltage0, voltage1;
double pwm, setpoint, input, output;
double kp = 30, ki = 20, kd = 0.01;
PID myPID(&input, &output, &setpoint, kp, ki, kd, DIRECT);
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(in, OUTPUT);
    pinMode(ena, OUTPUT);
    myPID.SetMode(AUTOMATIC);
    myPID.SetTunings(kp, ki, kd);
    cli();
    TCCR1A = 0;
    TCCR1B = 0;
    TIMSK1 = 0;
    TCCR1B |= (1 << WGM13) | (1 << WGM12) | (1 << CS11) | (1 << CS10);
    TCCR1A |= (1 << WGM11) | (1 << COM1A1);
    TCNT1 = 0;
    ICR1 = ((unsigned short int) (16000000.0/64.0/1000.0)) - 1;
    OCR1A = 0;
    TIMSK1 = (1 << TOIE1);
    sei();
}
```

```

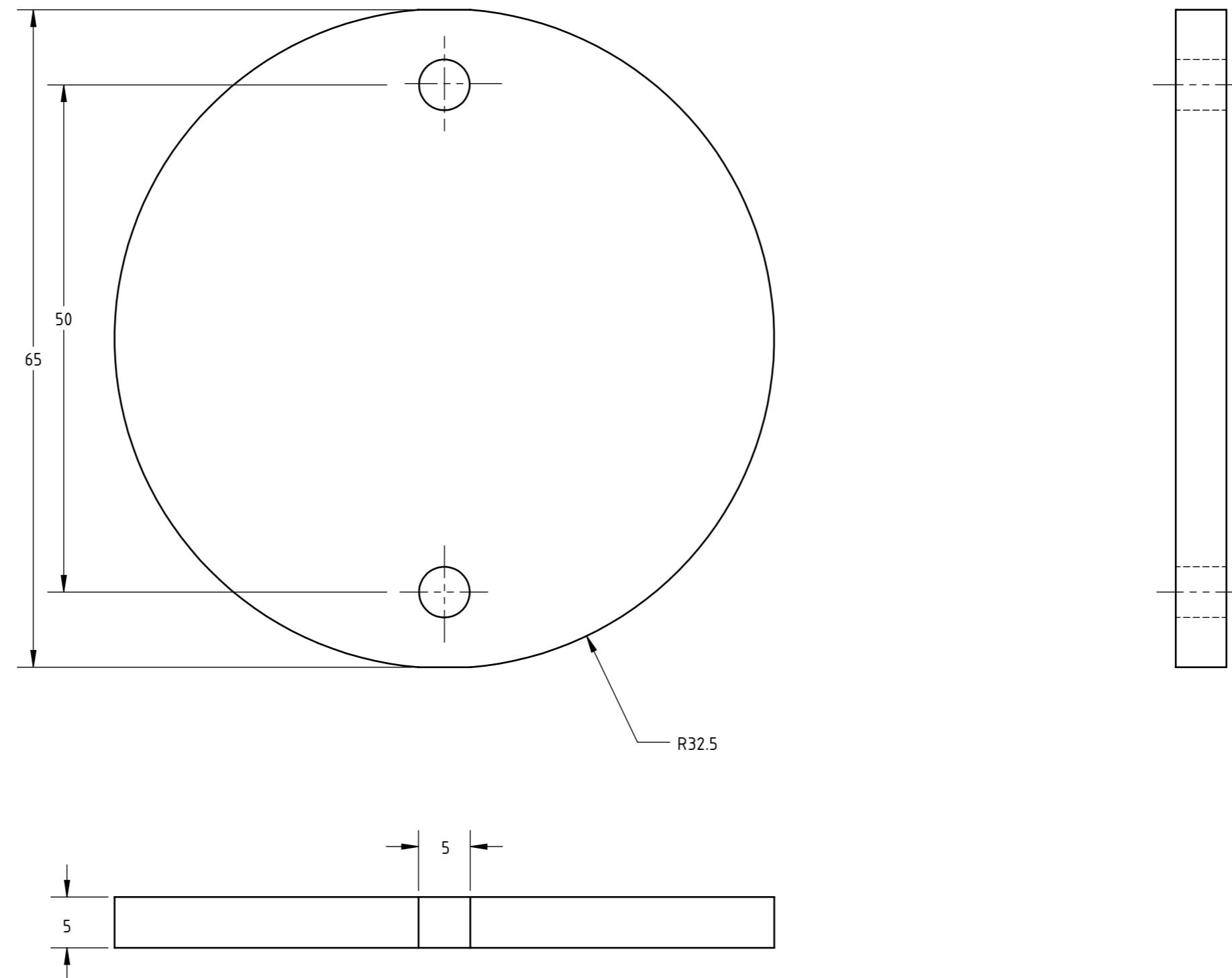
void loop()
{
    if (flag)
    {
        flag = 0;
        voltage0 = map(analogRead(A0), 0, 1023, 0, 5000);
        voltage1 = map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 5000);
        setpoint = voltage0/1000.0;
        input = voltage1/1000.0;
        myPID.Compute();
        if (output < 0.0) pwm = 0.0;
            else if (output > 50.0) pwm = 1.0;
            else pwm = output/50.0;
        OCR1A = (unsigned short int) (pwm * ICR1);
        Serial.print(input);
        Serial.print(" ");
        Serial.print(setpoint);
        Serial.print(" ");
        Serial.println(pwm);
    }
}

ISR (TIMER1_OVF_vect)
{
    if (++count == 10)
    {
        flag = 1;
        count = 0;
    }
}

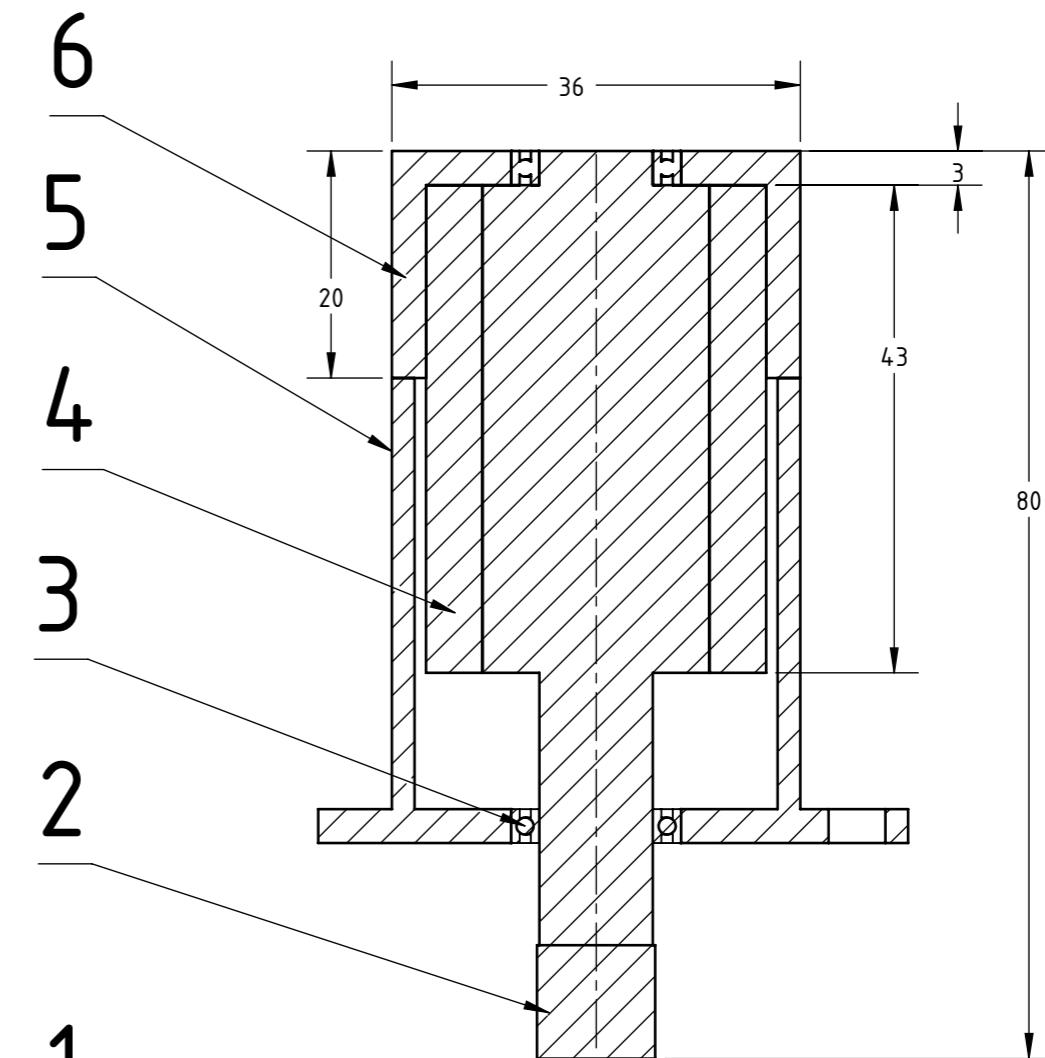
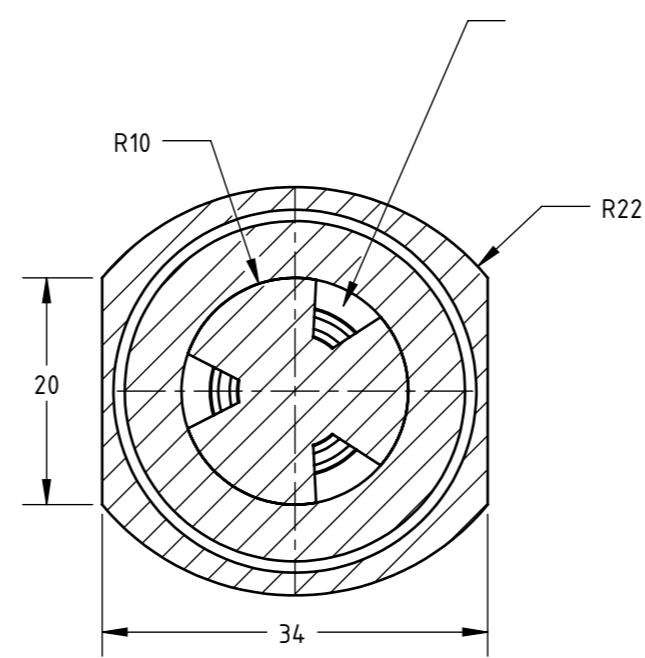
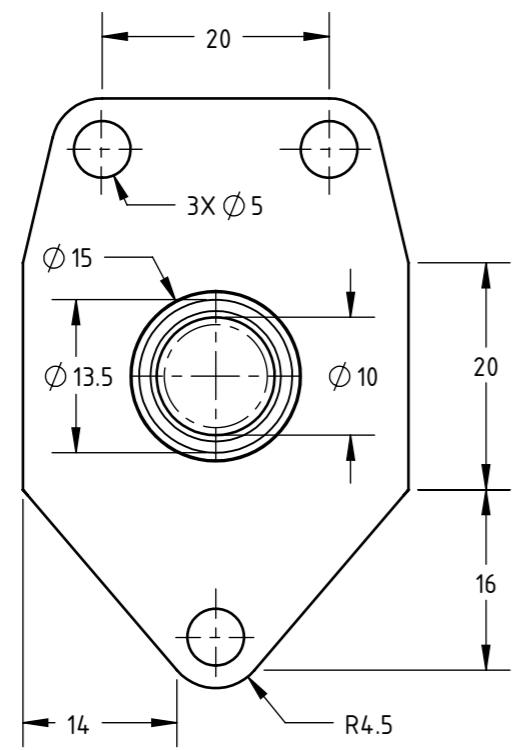
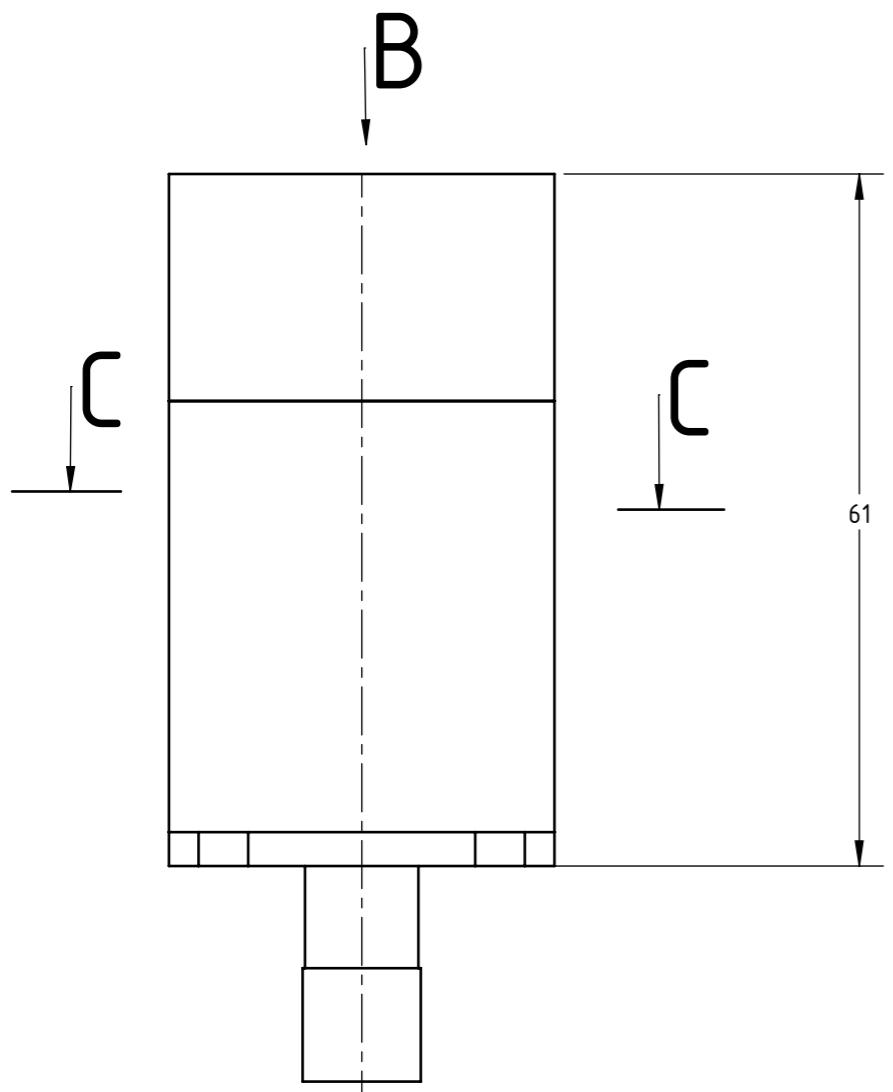
```



Hướng dẫn	Trần Đăng Long		THÂN BƯỚM GA
SVTH	Lê Văn Đặng		
PP GÓC CHIẾU THỨ 3	KÝ HIỆU 01		Tỷ lệ: 1:1
			Tờ/Số tờ:



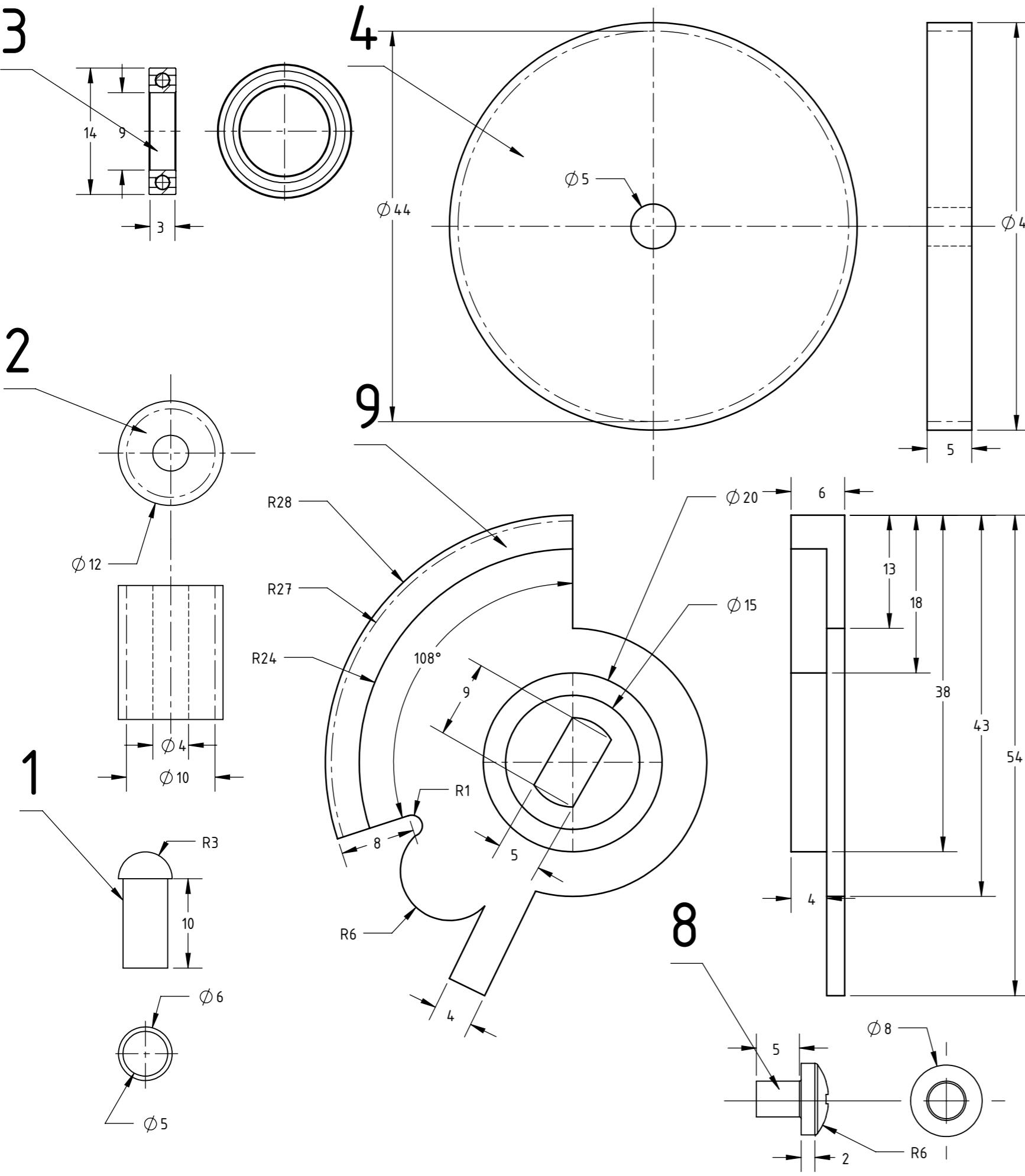
Hướng dẫn	Trần Đăng Long		BƯỚM GA
SVTH	Lê Văn Đặng		
PP GÓC CHIẾU THỨ 3	KÝ HIỆU: 02		Tỷ lệ: 2:1 Tờ/Số tờ:



B-B

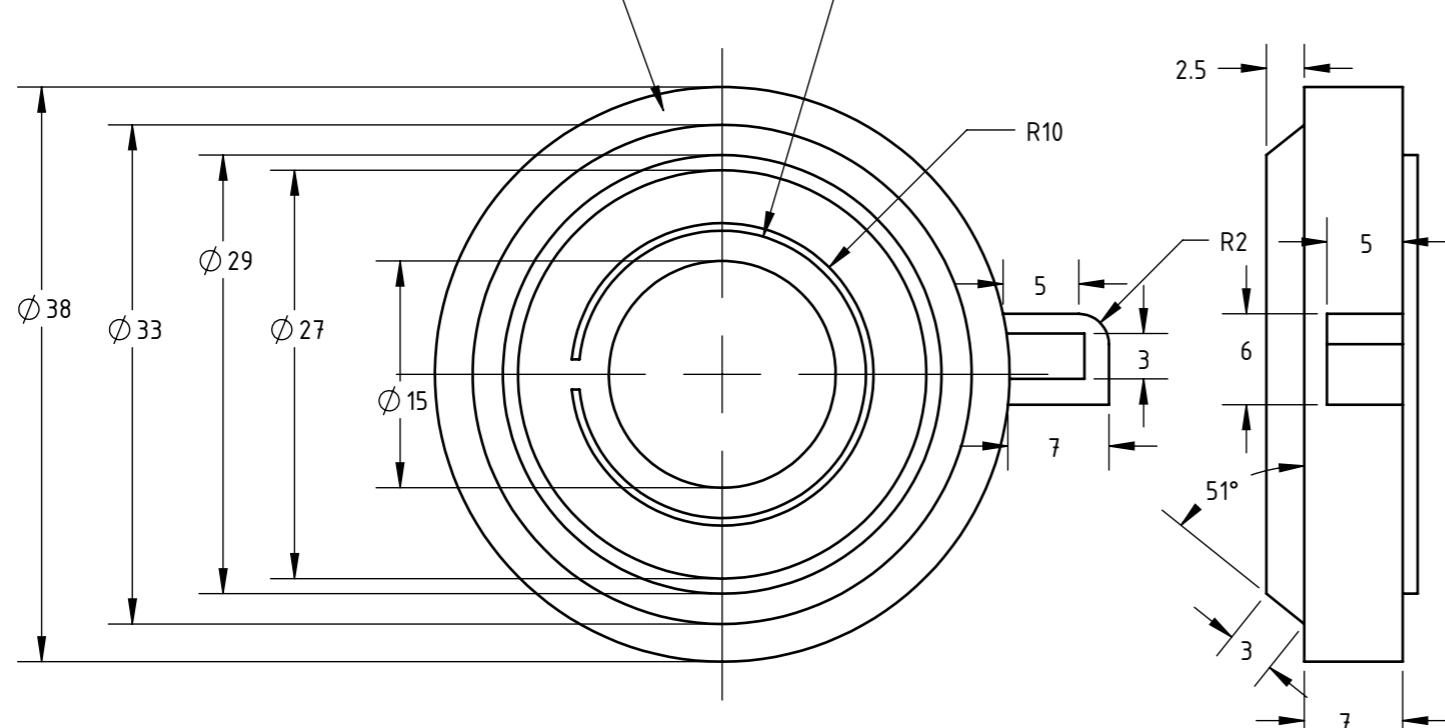
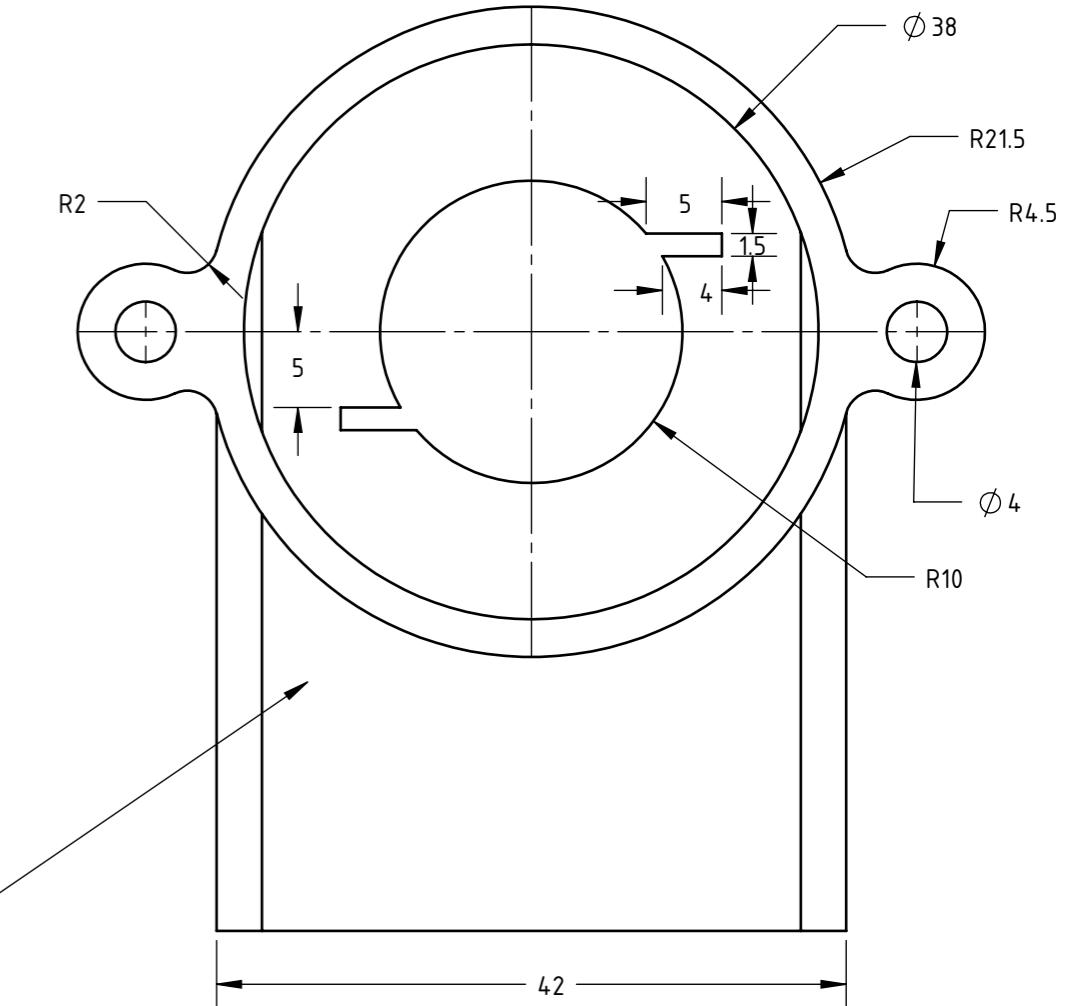
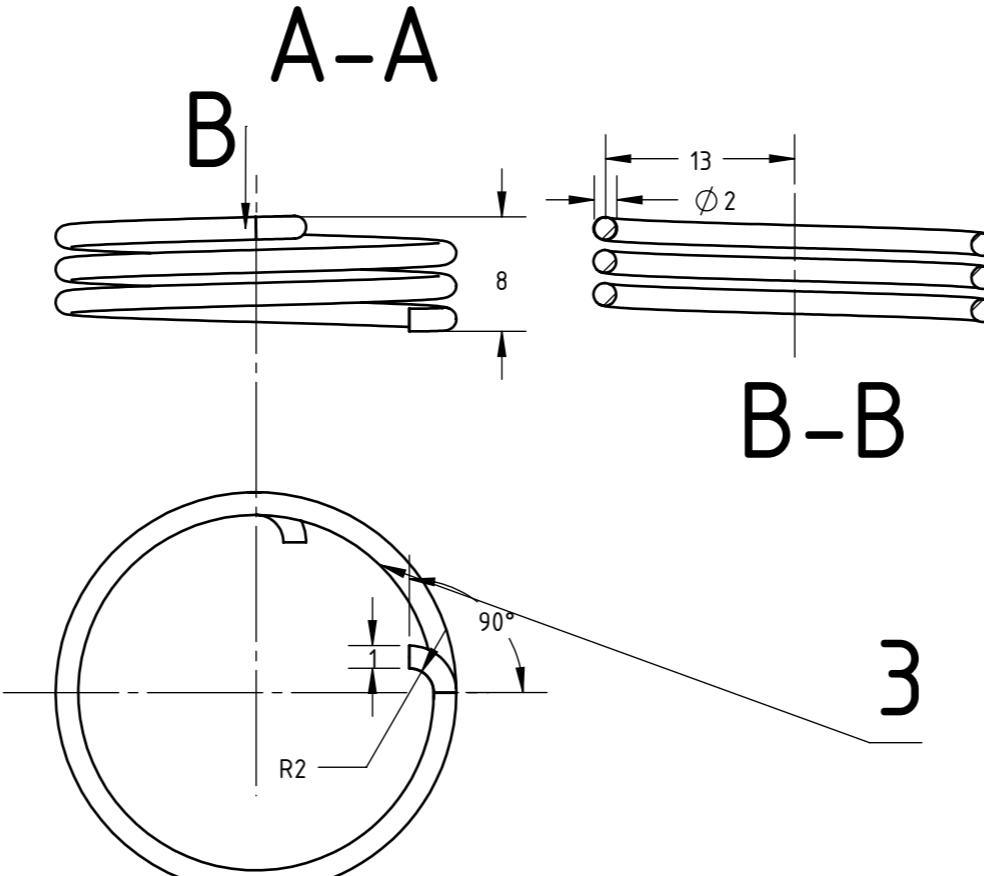
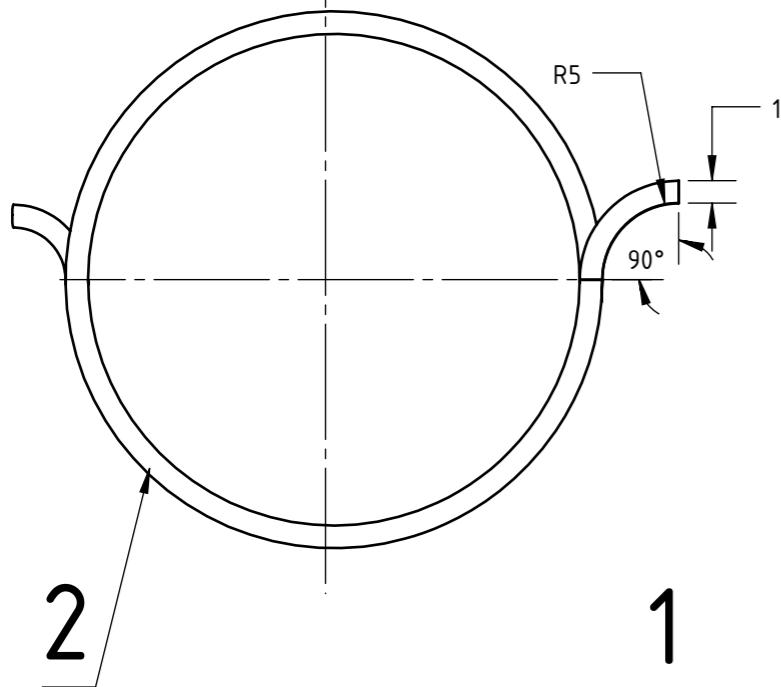
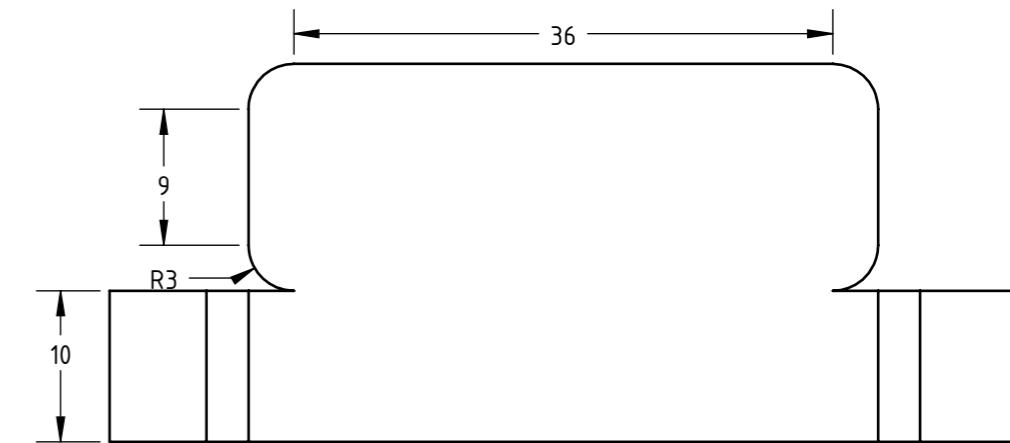
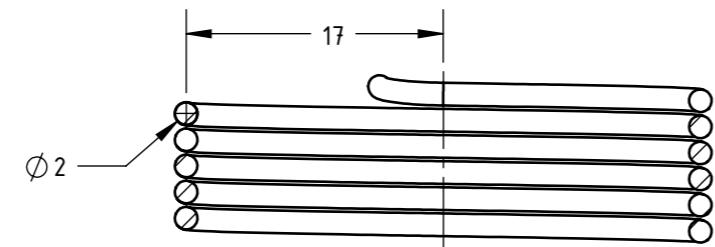
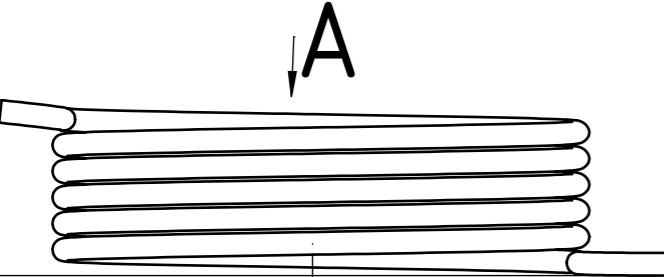
C-C

STT	Kí hiệu	Tên gọi	Số lg	Vật liệu	Ghi chú
6	6	Nắp trên mô tơ	1		
5	5	Nắp dưới mô tơ	1		
4	4	Stator	2		
3	3	Ổ bi	1		
2	2	Bánh răng mô tơ	1		
1	1	Rotor	1		
Hướng dẫn		Trần Đăng Long		MÔ TƠ	
SVTH		Lê Văn Đặng			
PP GÓC CHIẾU THỨ 3		KÝ HIỆU 03			
				Tỷ lệ: 2:1	
				Tờ/Số tờ:	



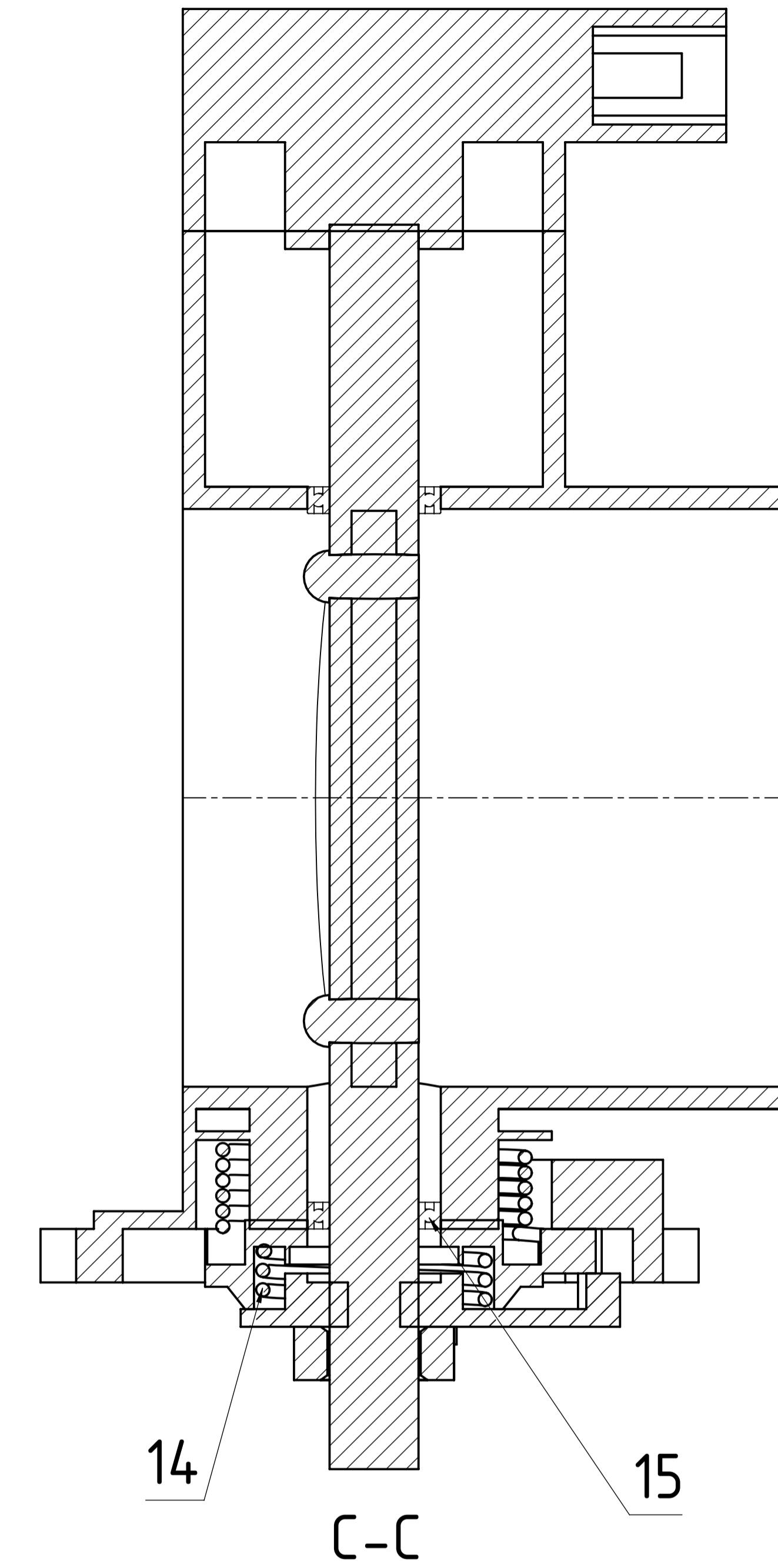
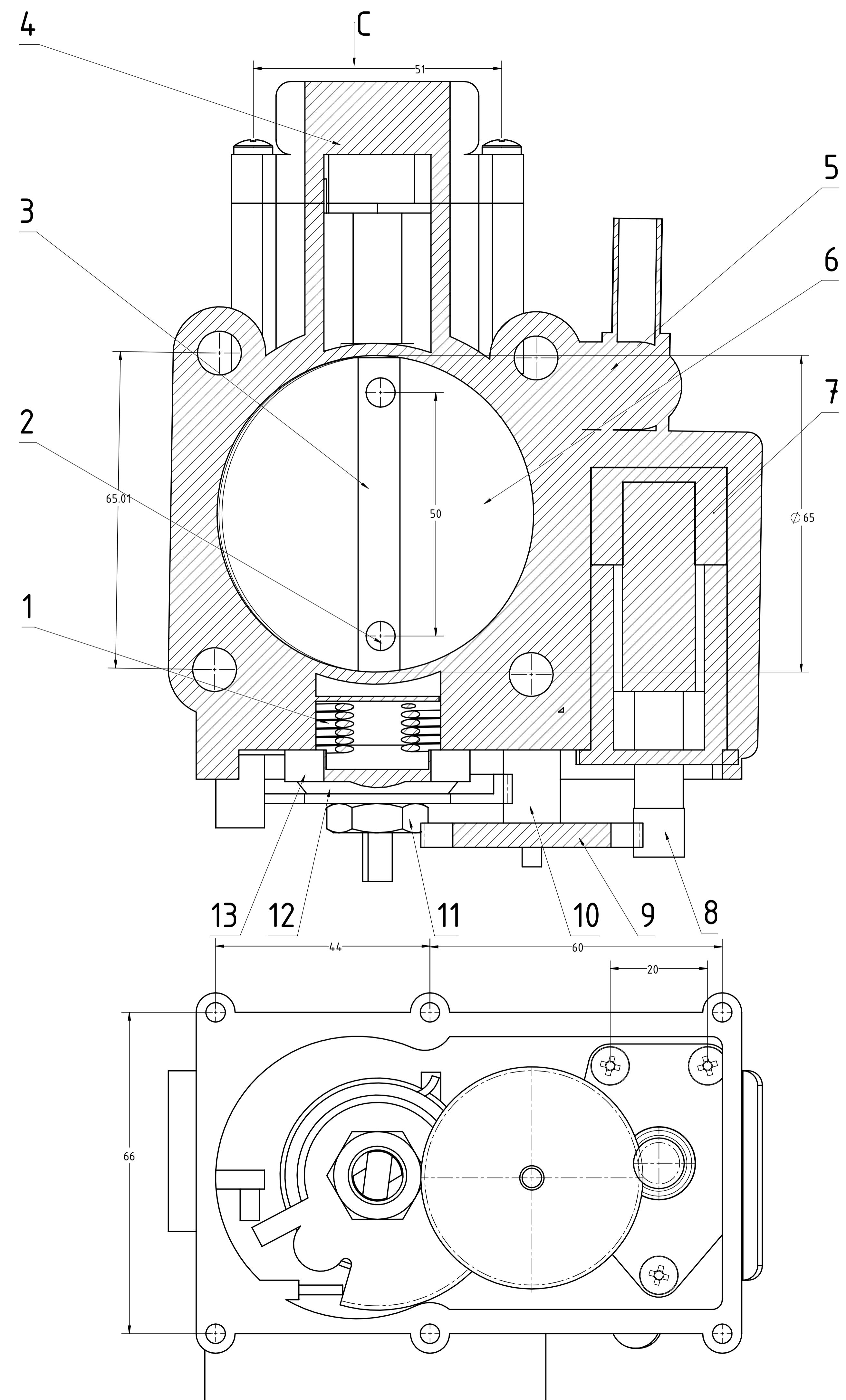
STT	Ký hiệu	Tên gọi	Số lg	Ghi chú	Vật liệu
9	9	Bánh răng 3	1		
8	8	Ốc mô tơ	1		
7	7	Đai ốc	1		
6	6	Vòng hồi vị trục	1		
5	5	Trục bướm ga	1		
4	4	Bánh răng 2	1		
3	3	Ổ bi	1		
2	2	Bánh răng 1	1		
1	1	Ốc bướm ga	1		
Hướng dẫn SVTH		Trần Đăng Long Lê Văn Đặng			
PP GÓC CHIẾU THỨ 3		KÝ HIỆU: 04			Tỷ lệ: 2:1
					Tờ/Số tờ:

CÁC CHI TIẾT BUỒM GA



STT	Ký hiệu	Tên gọi	Số lq	Vật liệu	Ghi chú
4	4	Cảm biến bướm ga	1		
3	3	Lò xo hồi vị 2	1		
2	2	Lò xo hồi vị 1	1		
1	1	Miếng đệm lò xo	1		
Hướng dẫn	Trần Đăng Long				
SVTH	Lê Văn Đặng				
PP GÓC CHIẾU THỨ 3	KÝ HIỆU: 05				Tỷ lệ: 2:1
					Tờ/Số tờ:

CÁC CHI TIẾT
BƯỚM GA 2



Số	Tên gọi	Số lượng	Vật liệu	Ghi chú
15	Ø bi	1		
14	Lò xo hồi vị 2	1		
13	Miếng giữ lò xo	1		
12	Bánh răng 3	1		
11	Đai ốc	1		
10	Bánh răng 2	1		
9	Bánh răng 1	1		
8	Bánh răng mồi	1		
7	Mô tơ	1		
6	Bướm ga	1		
5	Thân bướm ga	1		
4	Cảm biến bướm ga	4		
3	Trục bướm ga	1		
2	Ốc bướm ga	1		
1	Lò xo hồi vị 1	1		
Vị trí	Ký hiệu			
		Tên gọi	Số lượng	

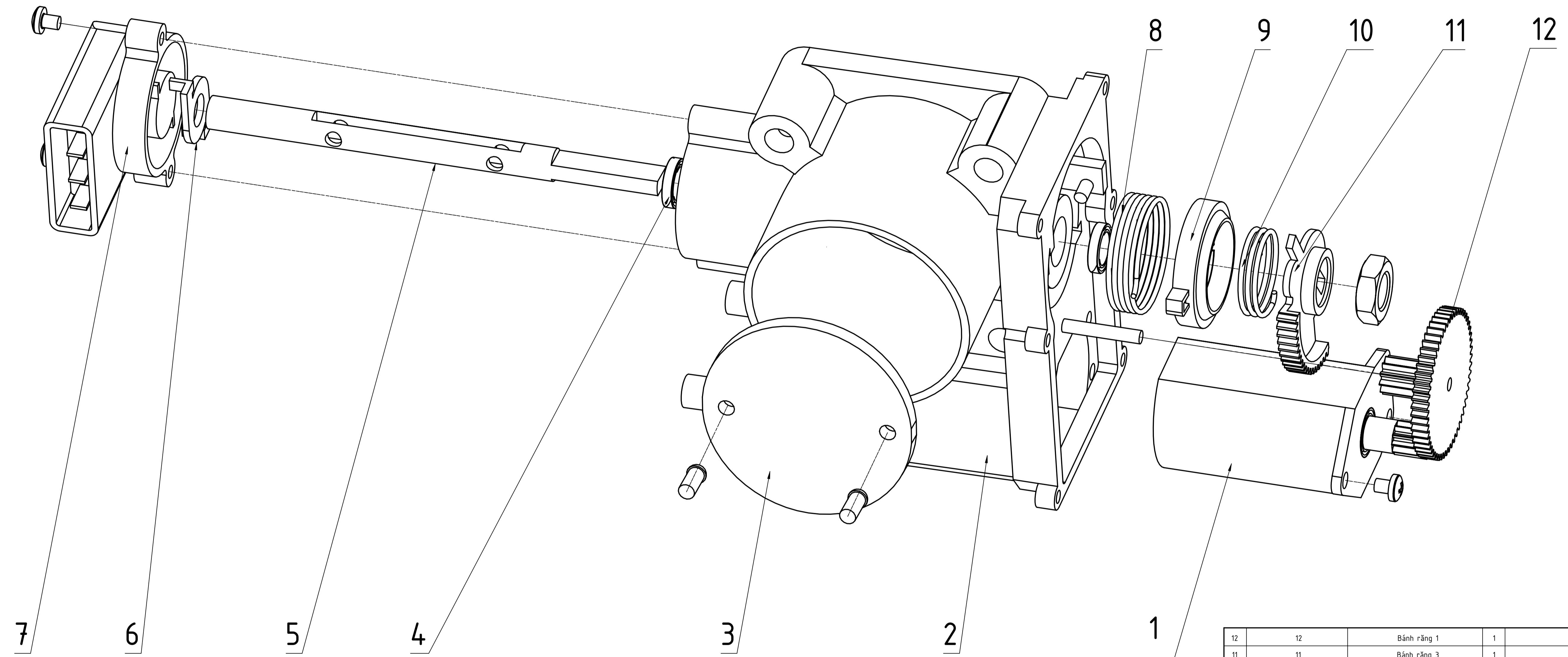
Danh sách vật liệu:

Đoản mã	Tên	Chú ý
15	Ø bi	
14	Lò xo hồi vị 2	
13	Miếng giữ lò xo	
12	Bánh răng 3	
11	Đai ốc	
10	Bánh răng 2	
9	Bánh răng 1	
8	Bánh răng mồi	
7	Mô tơ	
6	Bướm ga	
5	Thân bướm ga	
4	Cảm biến bướm ga	
3	Trục bướm ga	
2	Ốc bướm ga	
1	Lò xo hồi vị 1	

Đoạn văn bản:

Đồ án môn học: THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG
SỐ HÓA 3D BƯỚM GA ĐIỆN TỬ

BẢN VẼ LẮP



Vị trí	Ký hiệu	Tên gọi	Số lượng	Vật liệu	Ghi chú
12	12	Bánh răng 1	1		
11	11	Bánh răng 3	1		
10	10	Lò xo hồi vị 2	1		
9	9	Miếng giữ lò xo	1		
8	8	Lò xo hồi vị 1	1		
7	7	Cảm biến vị trí bướm ga	1		
6	6	Tâm hồi vị trục bướm ga	1		
5	5	Trục bướm ga	1		
4	4	Ổ bi	4		
3	3	Bướm ga	1		
2	2	Thân bướm ga	1		
1	1	Mô tơ	1		
Đồ án môn học THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG		SƠ ĐỒ HÓA 3D BƯỚM GA ĐIỆN TỬ			
Hưởng dẫn: Ông/Chị Trần Đăng Long		BẢN VẼ THÁO RỜI			
SVTH: Lê Văn Đam		Dấu	Khối lượng	Tỷ lệ	
					1,25:1
Trường ĐH Bách Khoa - ĐHQG TP.HCM Khoa Kỹ Thuật Giao Thông Bộ môn Kỹ thuật Ô tô - Máy động lực					