

# ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ



## BÁO CÁO ĐỒ ÁN 1

Đề tài:

**SỬ DỤNG ARDUINO ĐIỀU KHIỂN BUCK CONVERTER  
BẰNG XUNG PWM ĐỂ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ  
MỘT CHIỀU**

Giảng viên hướng dẫn: Ths. Phạm Việt Phương

Sinh viên thực hiện	MSSV
Vũ Thanh Liêm	20202651
Lê Hoài Nam	20202661
Phạm Vương Quân	20202497

Hà Nội, tháng 7 năm 2023

## MỤC LỤC

<b>CHƯƠNG 1. BỘ BIẾN ĐỔI BUCK CONVERTER .....</b>	<b>6</b>
1.1 Giới thiệu về bộ biến đổi Buck Converter .....	6
1.2 Cấu tạo của Buck Converter .....	6
1.3 Nguyên lý hoạt động của Buck Converter .....	7
<b>CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ CỦA BUCK CONVERTER VÀ MÔ PHỎNG TRÊN MATLAB SIMULINK.....</b>	<b>8</b>
2.1 Các thông số của Buck Converter.....	8
2.2 Tính toán thông số mạch, chọn linh kiện.....	8
2.2.1 Mô hình hóa .....	10
2.2.2 Xác định hàm truyền .....	11
2.3 Mô phỏng trên Matlab Simulink.....	11
2.3.1 Mạch vòng hở.....	11
2.3.2 Mạch vòng kín.....	13
<b>CHƯƠNG 3. MÔ PHỎNG BỘ BIẾN ĐỔI BUCK SỬ DỤNG VI ĐIỀU KHIỂN ARDUINO TRÊN PROTEUS .....</b>	<b>15</b>
3.1 Arduino UNO R3 .....	15
3.1.1 Giới thiệu về Arduino .....	15
3.1.2 Cấu tạo của Arduino UNO R3 .....	17
3.2 IC IR2112.....	18
3.2.1 Tổng quan.....	18
3.2.2 Cấu tạo .....	19
3.2.3 Sơ đồ chân.....	20
3.2.4 Tính năng, ứng dụng .....	21
3.3 Sơ đồ mạch vòng hở trên Proteus .....	21
3.3.1 Lập trình cho Arduino.....	21
3.3.2 Sơ đồ mạch.....	22
3.4 Sơ đồ mạch vòng kín trên Proteus .....	23
3.4.1 IR2112.....	23

3.4.2	Mạch đọc điện áp Vo phản hồi về Arduino: .....	24
3.4.3	Chiết áp .....	24
3.4.4	Mạch lực Buck converter và Arduino.....	25
3.5	Lập trình bộ điều khiển Arduino.....	25
3.5.1	Khai báo .....	25
3.5.2	Hàm setup.....	25
3.5.3	Đọc điện áp đặt (Setpoint) .....	26
3.5.4	Đọc điện áp phản hồi Vo.....	26
3.5.5	Khâu PI.....	26
3.5.6	Chương trình chính ( loop()).....	27
3.5.7	Kết quả mô phỏng .....	28

## Danh mục hình ảnh

Hình 1.1 Mạch lực buck converter.....	6
Hình 1.2 Trạng thái nạp.....	7
Hình 1.3 Trạng thái xả.....	7
Hình 2.1 Trạng thái nạp.....	10
Hình 2.2 Trạng thái xả.....	10
Hình 2.3. Sơ đồ mô phỏng vòng hở trên Simulink .....	12
Hình 2.4 Điện áp đầu ra mạch vòng hở.....	12
Hình 2.5 Dòng điện đầu ra mạch vòng hở .....	12
Hình 2.6 Sơ đồ khối mạch vòng kín.....	13
Hình 2.7 Sơ đồ mô phỏng vòng kín trên Simulink .....	13
Hình 2.8 Điện áp đầu ra mạch vòng kín.....	14
Hình 2.9 Dòng điện đầu ra mạch vòng kín .....	14
Hình 3.1 Cấu tạo Arduino UNO R3 .....	17
Hình 3.2 IR2112 .....	18
Hình 3.3 Sơ đồ chân IR2112 .....	20
Hình 3.4 Sơ đồ mô phỏng mạch vòng hở trên Proteus .....	22
Hình 3.5 IR2112 trong Proteus .....	23
Hình 3.6 Đầu ra PWM.....	23
Hình 3.7 Mạch đọc điện áp đầu ra .....	24
Hình 3.8 Sơ đồ mô phỏng trên Proteus .....	25
Hình 3.9 Kết quả mô phỏng trên Proteus .....	28

## **Lời mở đầu**

Bộ biến đổi Buck là một thành phần quan trọng trong lĩnh vực điện tử công suất và có ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp. Nó là một loại bộ biến đổi DC-DC, thường được sử dụng để giảm điện áp đầu vào xuống một mức độ thấp hơn để cung cấp năng lượng ổn định cho các thiết bị điện tử. Trong học phần đồ án I nhóm chúng em thực hiện đề tài "Sử dụng Arduino để điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều bằng cách điều khiển mạch Buck Converter qua xung PWM" kết hợp giữa hai công nghệ quan trọng là Arduino và mạch Buck Converter để tạo ra một hệ thống điều khiển linh hoạt và hiệu quả cho động cơ một chiều.

Arduino là một nền tảng phát triển phổ biến trong lĩnh vực điện tử, cho phép lập trình và điều khiển các thành phần điện tử một cách dễ dàng. Được trang bị với một bộ vi điều khiển và các chân kết nối, Arduino cho phép chúng ta tạo ra các ứng dụng điện tử từ đơn giản đến phức tạp.

Trong đề tài này, Arduino được sử dụng để điều khiển mạch Buck Converter thông qua xung PWM. Bằng cách điều chỉnh chu kỳ làm việc và thời gian mở và đóng công tắc điện tử trên mạch Buck Converter, ta có thể điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều một cách linh hoạt và chính xác.

Điều khiển tốc độ động cơ một chiều thông qua Arduino và mạch Buck Converter giúp tăng khả năng kiểm soát và tiết kiệm năng lượng, đồng thời cung cấp một phương pháp linh hoạt và hiệu quả trong việc điều chỉnh tốc độ hoạt động của động cơ.

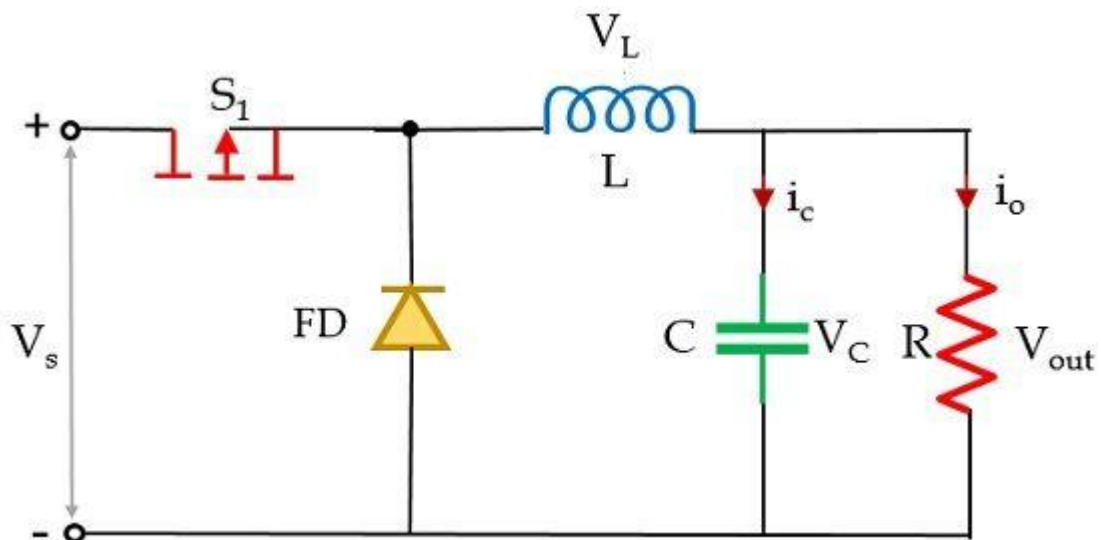
Nhóm chúng em xin chân thành cảm ơn thầy Phạm Việt Phương đã tận tình hướng dẫn, động viên, giúp đỡ qua đó nhóm đã có thể dễ dàng hoàn thiện đồ án. Đối với nhóm em, sự thiết thực của đề tài làm chúng em hứng thú rất nhiều, đồng thời cũng đặt ra những thử thách với người thực hiện. Qua quãng thời gian làm đồ án dưới sự hướng dẫn của thầy, nhóm chúng em gặt hái được nhiều điều không chỉ đơn thuần là kiến thức chuyên môn như kỹ năng làm việc

nhóm, đọc hiểu tài liệu tiếng Anh, suy nghĩ độc lập tìm ra giải pháp, đổi mới phát triển từ những đề tài, kinh nghiệm của các thế hệ trước, nhận thức sâu sắc hơn về kiến thức lý thuyết trên giảng đường.

## CHƯƠNG 1. BỘ BIẾN ĐỔI BUCK CONVERTER

### 1.1 Giới thiệu về bộ biến đổi Buck Converter

- Bộ biến đổi Buck Converter là một bộ biến đổi DC-DC có chức năng biến đổi một điện áp (một chiều) đầu vào thành một điện áp đầu ra (một chiều) nhỏ hơn.
- Buck Converter được sử dụng rộng rãi trong các mạch điện tử như USB on the go, bộ sạc pin cho điện thoại thông minh, máy tính xách tay, bộ sạc năng lượng mặt trời,...
- Ưu điểm của Buck Converter: hiệu quả cao, nhỏ gọn, linh hoạt, giá thành rẻ.



Hình 1.1 Mạch lực buck converter

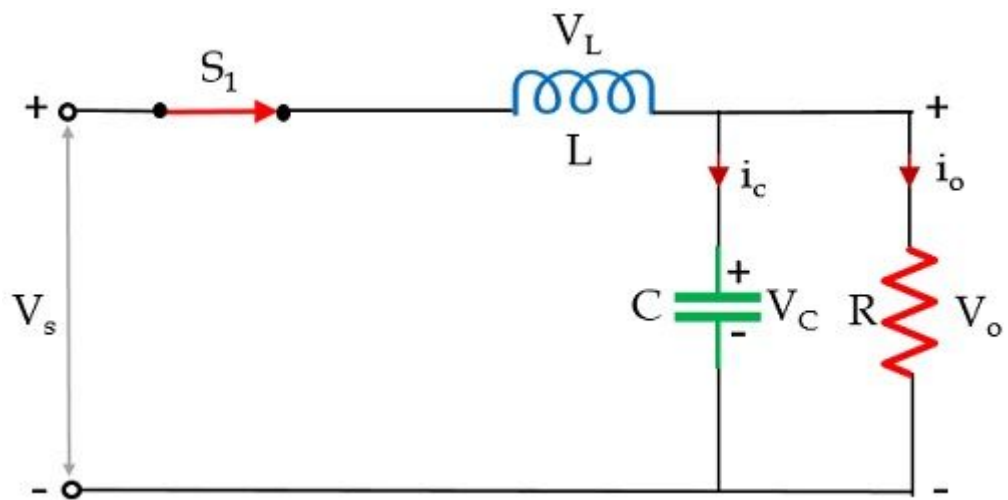
### 1.2 Cấu tạo của Buck Converter

- Điện áp đầu vào ( $V_{in}$ ): Là đầu vào của mạch, được cung cấp từ các nguồn điện như pin, điện lưới, ắc qui,...
- Khóa chuyển mạch (Mosfet hoặc IGBT): Được điều khiển để đóng cắt, tạo ra đầu ra theo mong muốn.
- Diode (D): Được sử dụng để bảo vệ mạch điện khỏi điện áp ngược.
- Cuộn cảm (L): Được sử dụng để sạc và xả năng lượng, duy trì dòng qua tải.

- Tụ điện (C): Được sử dụng để lưu trữ năng lượng từ nguồn và giải phóng năng lượng này, tạo ra điện áp đầu ra.
- Điện trở (R): Đóng vai trò là tải của mạch Buck.

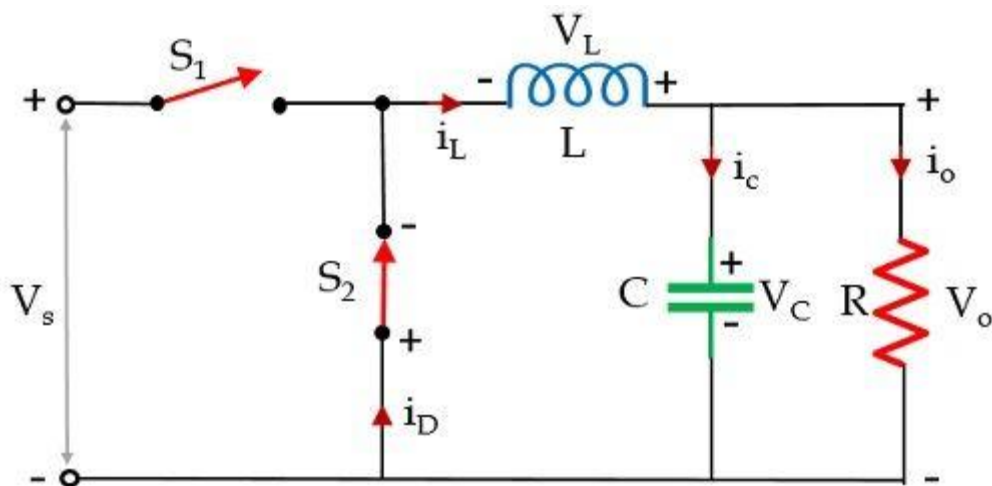
### 1.3 Nguyên lý hoạt động của Buck Converter

- Trạng thái nạp: Mosfet dẫn, Diode D phân cực ngược, dòng qua cuộn cảm L từ từ tăng lên, tụ C đồng thời được nạp. Dòng qua tải được tính theo công thức:  $I_R = I_L - I_C$ .



Hình 1.2 Trạng thái nạp

- Trạng thái xả: Mosfet tắt,  $V_{in}$  được ngắt ra, Diode D phân cực thuận, dòng qua tải là dòng xả của cuộn cảm L và tụ C ( $I_R = I_L - I_C$ ).



Hình 1.3 Trạng thái xả



## CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ CỦA BUCK CONVERTER VÀ MÔ PHỎNG TRÊN MATLAB SIMULINK

### 2.1 Các thông số của Buck Converter

- Hệ số điều chế:

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{V_{in}}{V_{out}}$$

$$t_{on} + t_{off} = T$$

Trong đó:

T là chu kì đóng mở của Mosfet

D là hệ số điều chế

$t_{on}$  là thời gian Mosfet dẫn

$t_{off}$  là thời gian Mosfet tắt

- Tần số làm việc:

$$f = \frac{1}{T}$$

Tần số làm việc f cỡ 5kHz đến 100kHz

- Điện áp đầu ra:

$$V_{out} = \frac{t_{on}}{T} V_{in} = D V_{in}$$

- Cuộn cảm và tụ điện:

$$L = \frac{(V_{in} - V_{out})DT}{\Delta i_L}$$

$$C = \frac{\Delta i_L \cdot T}{8\Delta V_{out}}$$

### 2.2 Tính toán thông số mạch, chọn linh kiện

- Yêu cầu bài toán:
- Điện áp đầu vào:  $V_{in} = 24V$

- Điện áp đầu ra:  $V_{out} = 12V$
- Dòng qua tải:  $i_R = 1.2A$
- Tải:  $R = 10\Omega$
- Tần số phát xung:  $f = 62.5kHz$
- Độ đập mạch điện áp đầu ra là 0.5%, dòng điện đầu ra là 20%
- Tải là động cơ 1 chiều có  $U_{dm} = 12 V$ ,  $I_{dm} = 1,2 A$
- Hệ số điều chế:  $D = \frac{t_{on}}{T} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 0,5$
- Tính toán thông số L,C:
  - Chọn  $\Delta i_L = 20\%I_L = 0.24A \Rightarrow L = \frac{(V_{in}-V_{out})DT}{\Delta i_L} = 4.10^{-4}H$
  - Chọn  $\Delta V_{out} = 0.5\%V_{out} = 0.06V \Rightarrow C = \frac{\Delta i_L.T}{8\Delta V_{out}} = 8.10^{-6}F$

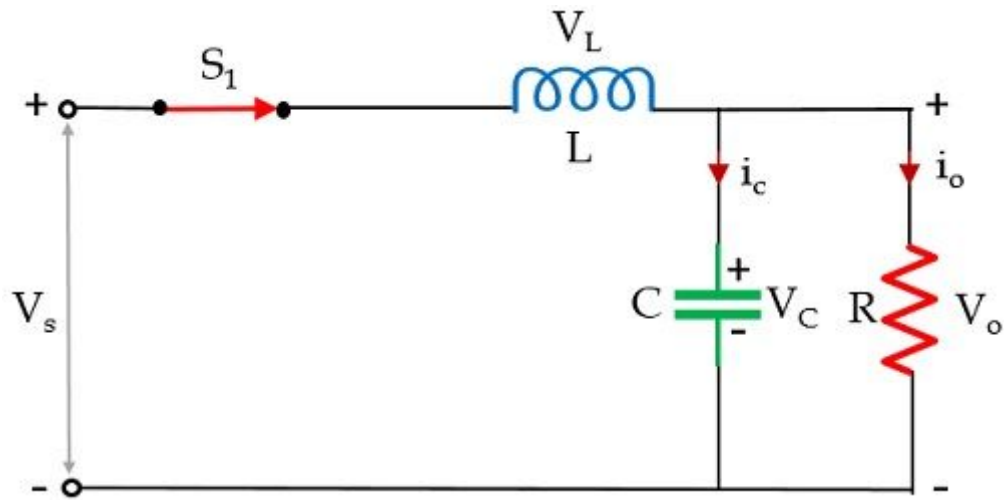
$\Rightarrow$  Ta chọn  $L = 470.10^{-6}(H)$  và  $C = 10.10^{-6}(F)$

- Tính toán thông số Mosfet và Diode:
  - Dòng điện đỉnh qua van và diode:  $I_{peak} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = 1,32 A$
  - Dòng trung bình qua van và diode:
 
$$I_V = D.I_L = 0,6 A$$

$$I_D = (1 - D).I_L = 0,6 A$$
  - Điện áp khóa đặt lên van và diode:  $U_{ngc,D} = U_{ngc,V} = V_{in} = 24 V$
- Chọn linh kiện:
  - Chọn điều kiện làm mát bằng tản nhiệt  $K_I = 2,5$ , hệ số dự trữ điện áp  $K_u = 2$
  - Chọn Mosfet: Dòng trung bình  $I_{tb} = K_I.I_D \geq 2,5.0,6 = 1,5 A$ ,  
Điện áp khóa  $U_{Vmax} \geq 2.24 = 48 A$
  - Chọn Diode: Dòng trung bình:  $I_{tb} = K_I.I_D \geq 2,5.0,6 = 1,5 A$ ,  
Điện áp ngược  $U_{ng,max} \geq 2.24 = 48 V$

### 2.2.1 Mô hình hóa

- Trạng thái nạp:

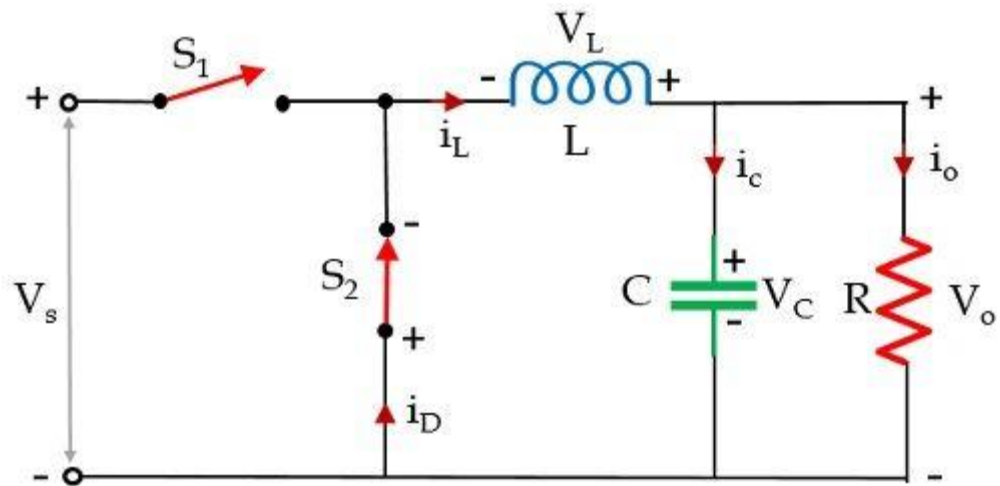


Hình 2.1 Trạng thái nạp

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_{in} - V_C}{L}$$

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{V_C}{RC}$$

- Trạng thái xả



Hình 2.2 Trạng thái xả

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{-V_C}{L}$$

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{V_C}{RC}$$

- Xếp chồng 2 trạng thái, ta có:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{DV_{in} - V_C}{L} \quad (1)$$

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{V_C}{RC} \quad (2)$$

### 2.2.2 Xác định hàm truyền

- Ta có:  $V_C = DV_{in}$  và  $i_L = \frac{V_C}{R}$

- Laplace phương trình (2), ta được

$$CsV_C(s) = I_L(s) - \frac{V_C(s)}{R} \Rightarrow I_L(s) = V_C(s)\left(Cs + \frac{1}{R}\right)$$

- Thay vào Laplace của phương trình 1:

$$LsV_C(s)\left(Cs + \frac{1}{R}\right) = D(s)V_{in} - V_C(s)$$

$$\Rightarrow V_C(s)\left(LCs^2 + \frac{L}{R}s + 1\right) = D(s)V_{in}$$

$$\Rightarrow \frac{V_C(s)}{D(s)} = \frac{V_{in}}{LCs^2 + \frac{L}{R}s + 1} \quad (3)$$

- Hàm truyền đạt của Buck Converter là:

$$G(s) = \frac{V_C(s)}{D(s)} = \frac{V_{in}}{LCs^2 + \frac{L}{R}s + 1} \quad (3)$$

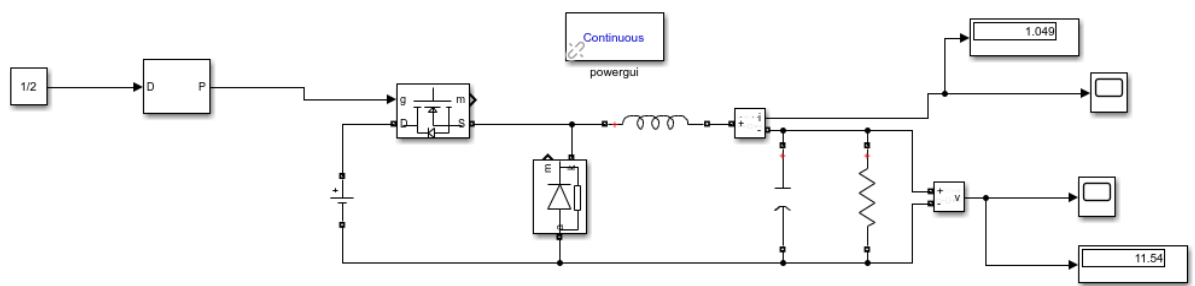
## 2.3 Mô phỏng trên Matlab Simulink

Các thông số của linh kiện trong mạch:

Thông số	Giá trị
Điện áp đầu vào	24 V
Cuộn cảm L	470 uH
Tụ điện C	10 uF
Tần số f	62.5 kHz
Tải R	10 $\Omega$
Giá trị đặt của điện áp đầu ra	12 V
Hệ số $K_P$	0.043
Hệ số $K_I$	13.92

### 2.3.1 Mạch vòng hở

- Sơ đồ mô phỏng:

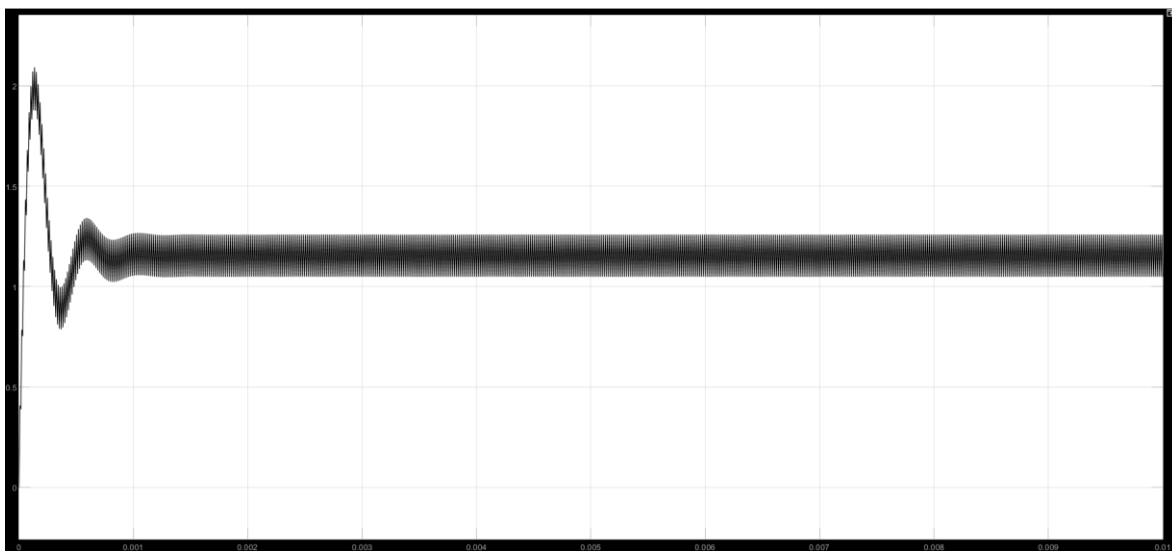


Hình 2.3. Sơ đồ mô phỏng vòng hở trên Simulink

- Kết quả:



Hình 2.4 Điện áp đầu ra mạch vòng hở

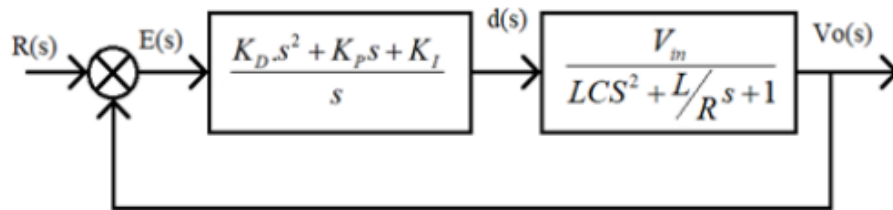


Hình 2.5 Dòng điện đầu ra mạch vòng hở

- Nhận xét:
  - Dòng điện và điện áp ra đều nhỏ hơn so với tính toán.
  - Thời gian đáp ứng khoảng 0,0013s.
  - Độ đập mạch điện áp trên tụ nhỏ.
  - Kết quả đạt được chỉ tiêu yêu cầu thiết kế với độ quá điều chỉnh nằm trong giải cho phép.

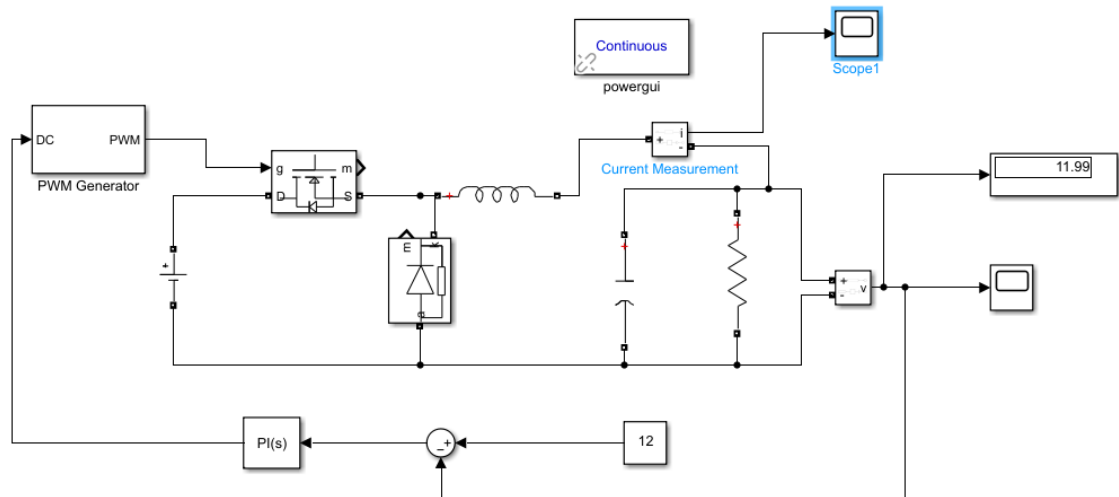
### 2.3.2 Mạch vòng kín

- Sơ đồ khối mạch vòng kín:



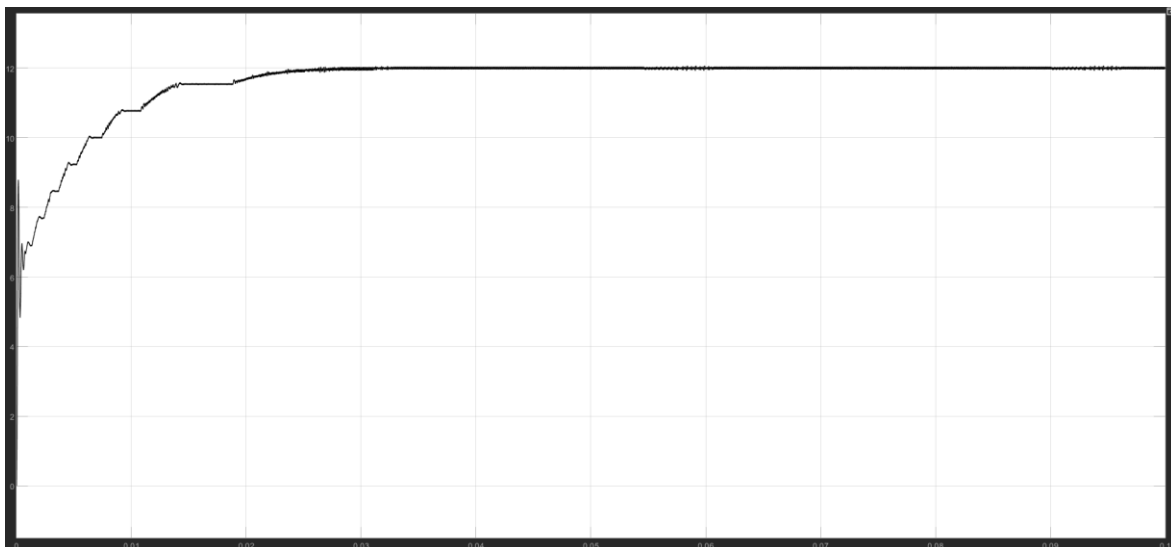
Hình 2.6 Sơ đồ khối mạch vòng kín

- Sơ đồ mô phỏng:

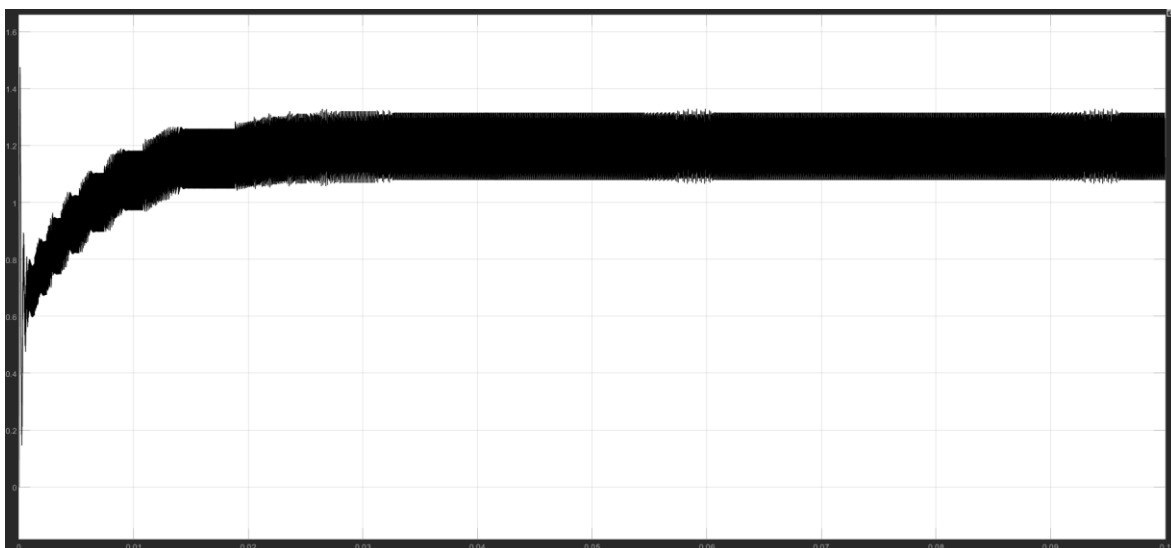


Hình 2.7 Sơ đồ mô phỏng vòng kín trên Simulink

- Kết quả:



*Hình 2.8 Điện áp đầu ra mạch vòng kín*



*Hình 2.9 Dòng điện đầu ra mạch vòng kín*

- Nhận xét:
  - Điện áp dao động xung quanh giá trị đặt.
  - Độ đập mạch điện áp (0.04 V) và dòng điện (0.11 V) đều thỏa mãn yêu cầu đặt ra khi thiết kế.

## **CHƯƠNG 3. MÔ PHỎNG BỘ BIẾN ĐỔI BUCK SỬ DỤNG VI ĐIỀU KHIỂN ARDUINO TRÊN PROTEUS**

Bảng linh kiện và thông số sử dụng trong sơ đồ mạch lực

Tên	Loại
Arduino	Arduino UNO R3
Diode	Generic diode
Tụ điện	$C = 10\mu F$
Cuộn cảm	$L = 470\mu H$
Động cơ	DC motor
IC	IR2112
MOSFET	IR740

### **3.1 Arduino UNO R3**

#### **3.1.1 Giới thiệu về Arduino**

Arduino là một nền tảng phát triển phần cứng và phần mềm mã nguồn mở dựa trên một bo mạch vi xử lý (microcontroller) nhỏ gọn. Nó cung cấp một cách dễ dàng và linh hoạt để làm việc với các thiết bị điện tử và xây dựng các ứng dụng tương tác.

Bo mạch Arduino chủ yếu dựa trên vi xử lý ATmega, và nó có một giao diện đơn giản để kết nối với các cảm biến và thiết bị khác nhau thông qua các chân I/O (input/output). Arduino có thể được lập trình bằng ngôn ngữ C/C++, và cung cấp một môi trường phát triển tích hợp (IDE) để sử dụng cho việc lập trình.

Arduino có nhiều phiên bản và dạng factor khác nhau, từ các phiên bản cơ bản như Arduino Uno cho đến phiên bản nhỏ gọn như Arduino Nano và Arduino Mini. Ngoài ra, cộng đồng Arduino rất lớn và sôi động, với nhiều dự án và tài liệu miễn phí được chia sẻ công khai, giúp người dùng dễ dàng học hỏi và chia sẻ kiến thức.



Arduino được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, từ các dự án nghệ thuật tương tác, thiết bị Internet of Things (IoT), điều khiển robot, đến các ứng dụng trong môi trường học tập và nghiên cứu. Điều này là do Arduino kết hợp giữa tính dễ sử dụng, giá cả phải chăng và khả năng linh hoạt trong việc kết nối với các thiết bị ngoại vi.

Trong các dự án Arduino, bạn có thể sử dụng các cảm biến để đo lường và thu thập dữ liệu từ môi trường xung quanh, điều khiển các thiết bị như động cơ và đèn LED, giao tiếp không dây qua Bluetooth hoặc Wi-Fi, và tạo các ứng dụng tương tác đơn giản như hiển thị thông tin trên màn hình LCD.

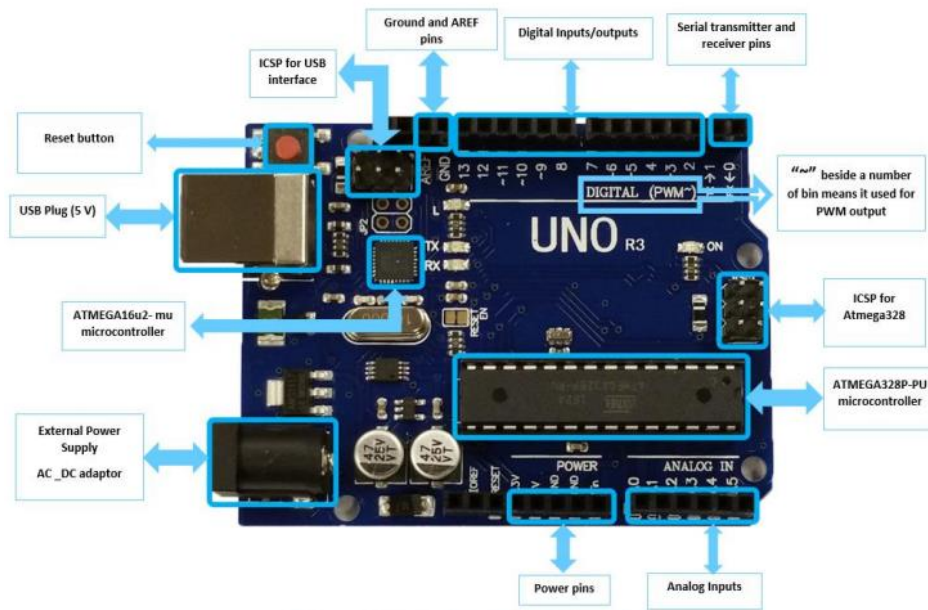
Với Arduino, người dùng không cần có kiến thức chuyên sâu về điện tử hay lập trình để bắt đầu thực hiện các dự án sáng tạo. Điều này đã giúp Arduino trở thành một công cụ hữu ích để khám phá và học hỏi về lĩnh vực điện tử và lập trình cho người mới bắt đầu, sinh viên và các nhà phát triển.

Arduino Uno R3 là một phiên bản cải tiến của board phát triển Arduino Uno. Đây là một trong những phiên bản Arduino phổ biến nhất và được sử dụng rộng rãi trong dự án điện tử và lập trình nhúng.

Arduino Uno R3 sử dụng vi điều khiển ATmega328P, một vi xử lý 8-bit với tốc độ 16 MHz. Board có 14 chân số học vào/ra (digital input/output pins), trong đó 6 chân có thể sử dụng như đầu vào analog (analog input pins). Ngoài ra, nó cũng có các chân giao tiếp như UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I2C (Inter-Integrated Circuit), và SPI (Serial Peripheral Interface).

Arduino Uno R3 được cung cấp sẵn với một giao diện USB để kết nối với máy tính và lập trình bằng Arduino IDE, một môi trường phát triển tích hợp cho Arduino. Điều này giúp người dùng dễ dàng lập trình và nạp chương trình vào board. Board cũng có một nguồn cung cấp ngoại vi 5V và 3.3V để cung cấp điện cho các module và cảm biến khác.

### 3.1.2 Cấu tạo của Arduino UNO R3



Hình 3.1 Cấu tạo Arduino UNO R3

Arduino Uno R3 có cấu trúc và cấu tạo như sau:

- Vi điều khiển: Arduino Uno R3 sử dụng vi điều khiển ATmega328P. Đây là một vi xử lý 8-bit, chạy ở tốc độ 16 MHz và có bộ nhớ Flash 32 KB để lưu trữ chương trình.
- Chân I/O: Arduino Uno R3 có tổng cộng 14 chân số học vào/ra (digital input/output pins), trong đó 6 chân có thể sử dụng như đầu vào analog (analog input pins). Mỗi chân I/O có thể được cấu hình là đầu vào hoặc đầu ra và được điều khiển bằng các lệnh lập trình.
- Chân nguồn: Board cung cấp các chân nguồn cung cấp điện. Có chân Vcc (5V) để cung cấp điện cho vi điều khiển và các linh kiện khác, chân GND để kết nối đất, chân 3.3V để cung cấp điện 3.3V cho các linh kiện nhạy cảm và chân Vin để cấp nguồn từ nguồn ngoại vi.
- Giao diện USB: Arduino Uno R3 được trang bị một cổng USB để kết nối với máy tính. Điều này cho phép lập trình và nạp chương trình vào board.

thông qua Arduino IDE. Giao diện USB cũng cho phép Arduino Uno R3 hoạt động như một thiết bị ngoại vi truyền thông với máy tính.

- Nút nhấn và LED: Board có hai nút nhấn được sử dụng để khởi động chương trình và nạp chương trình mới. Ngoài ra, Arduino Uno R3 cũng có các đèn LED để hiển thị trạng thái hoạt động của board, bao gồm LED nguồn, LED RX/TX và LED đèn báo (pin 13).
- Giao tiếp giao diện: Arduino Uno R3 hỗ trợ các giao tiếp giao diện như UART, I2C và SPI. Các chân chức năng UART (chân 0 và 1) được sử dụng để giao tiếp với các thiết bị ngoại vi thông qua giao thức series. Ngoài ra, board cũng có các chân I2C (chân A4 và A5) và chân SPI (chân 10, 11, 12, 13) để kết nối và truyền dữ liệu với các linh kiện và cảm biến khác.

## 3.2 IC IR2112



Hình 3.2 IR2112

### 3.2.1 Tổng quan

IC IR2112 là một vi mạch tích hợp (integrated circuit - IC) được sử dụng trong các ứng dụng điều khiển công suất và điều khiển động cơ. Nó là một bộ điều khiển cầu H mạnh mẽ, được thiết kế để điều khiển các mạch điện động cơ ba pha và các tải công suất cao khác.

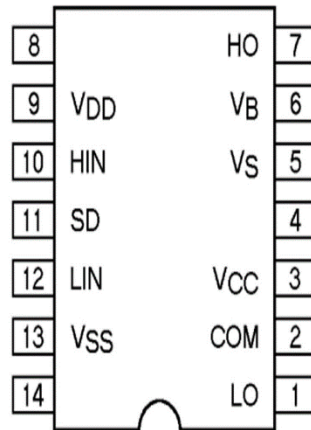
IR2112 được sản xuất bởi Công ty International Rectifier (IR), một công ty chuyên sản xuất các sản phẩm bán dẫn điện và điều khiển công suất. IC này được thiết kế dựa trên công nghệ điện tử trường (MOSFET) và kết hợp sẵn các khả năng bảo vệ và điều khiển linh hoạt.

### **3.2.2 Cấu tạo**

IC IR2112 có cấu tạo bên trong bao gồm các thành phần chính sau:

- Ngõ vào (Input): IC có hai ngõ vào chính, là IN+ và IN-. Ngõ vào này được sử dụng để điều khiển hoạt động của IC và xác định trạng thái của các ngõ ra.
- Ngõ ra (Output): IR2112 cung cấp hai ngõ ra chính, là OUTA và OUTB. Ngõ ra này kết nối đến cấu trúc cầu H và được sử dụng để điều khiển MOSFET hoạt động theo chế độ trực tiếp (high side) và chế độ nối tiếp (low side).
- Nguồn cấp (VCC): IC được cấp điện từ nguồn cấp VCC, thường là một điện áp DC từ 10V đến 20V.
- Mạch điều khiển (Driver circuit): IC IR2112 bao gồm mạch điều khiển MOSFET để tạo ra các xung điều khiển để kích hoạt MOSFET hoạt động theo chế độ trực tiếp và nối tiếp.
- Bộ cách ly galvanic (Galvanic isolation): IR2112 có khả năng cách ly galvanic giữa ngõ vào và ngõ ra, thông qua sử dụng mạch cách ly galvanic như optocoupler hoặc mạch cách ly điện.
- Bảo vệ (Protection): IC được tích hợp các chức năng bảo vệ quá dòng (overcurrent) và quá áp (overvoltage) để đảm bảo an toàn cho hệ thống điện.
- Nguồn cấp phụ (Bootstrap power supply): IR2112 sử dụng mạch nguồn cấp phụ (bootstrap) để cung cấp điện cho MOSFET hoạt động theo chế độ trực tiếp.

### 3.2.3 Sơ đồ chân



Hình 3.3 Sơ đồ chân IR2112

Số chân	Tên chân	Mô tả
1	LO	Đầu ra điều khiển cực Gate low-side
2	COM	Chân COM điều khiển low-side
3	VCC	Điện áp cấp cho bộ điều khiển điện áp thấp và giá trị phải nằm trong khoảng từ 10V đến 20V.
4,8,14	NC	Không kết nối cho các chân này và không sử dụng
5	VS	Tín hiệu trả về floating low-side
6	VB	Tín hiệu floating high-side
7	HO	Đầu ra điều khiển cực Gate điều khiển high-side
9	Vdd	Nguồn cấp điện áp và giá trị nằm trong phạm vi từ + 3V đến + 20V tham chiếu giá trị với mass hoặc Vss. Ở điều kiện hoạt động bình thường, chúng ta nên sử dụng +5V.
10	HIN	Tín hiệu logic đầu vào pha cho đầu ra cực Gate điều khiển high-side
11	SD	Tín hiệu đầu vào để shut-down
12	LIN	Tín hiệu logic đầu vào pha cho đầu ra cực Gate điều khiển low-side

13	Vss	Chân nối đất của mạch
----	-----	-----------------------

### 3.2.4 Tính năng, ứng dụng

- Điều khiển cầu H: IC IR2112 được sử dụng để điều khiển cầu H, cho phép kiểm soát và chuyển đổi các tải công suất cao, bao gồm động cơ ba pha và các tải điện khác. Bằng cách kích hoạt các MOSFET trong cầu H theo chế độ trực tiếp (high side) và nối tiếp (low side), IC này giúp điều khiển sự hoạt động và hướng luồng của dòng điện trong mạch.
- Cung cấp xung điều khiển: IR2112 tích hợp mạch điều khiển MOSFET, giúp tạo ra các xung điều khiển chính xác và mạnh mẽ để kích hoạt MOSFET hoạt động theo các chế độ khác nhau. Các xung này điều khiển MOSFET mở và đóng, điều chỉnh luồng dòng điện và điều khiển công suất.
- Cách ly galvanic: IC IR2112 có khả năng cách ly galvanic giữa ngõ vào và ngõ ra. Điều này giúp giảm nhiễu và đảm bảo tính ổn định của hệ thống, bảo vệ các linh kiện và tăng độ tin cậy của mạch.
- Bảo vệ quá dòng và quá áp: IR2112 cung cấp các chức năng bảo vệ quá dòng và quá áp, đảm bảo an toàn cho hệ thống điện. Khi xảy ra tình huống quá tải, IC sẽ ngắt nguồn hoặc giảm công suất để bảo vệ tải và ngăn chặn các sự cố có thể xảy ra.
- Hiệu suất cao và ổn định: IC IR2112 được thiết kế để đạt hiệu suất cao và hoạt động ổn định trong các ứng dụng công suất lớn. Nó có khả năng xử lý dòng điện lớn và chịu được môi trường làm việc khắc nghiệt.
- Dễ sử dụng: IC IR2112 có giao diện ngõ vào và ngõ ra dễ sử dụng, cho phép kết nối dễ dàng với các linh kiện và mạch khác trong hệ thống điện.

## 3.3 Sơ đồ mạch vòng hở trên Proteus

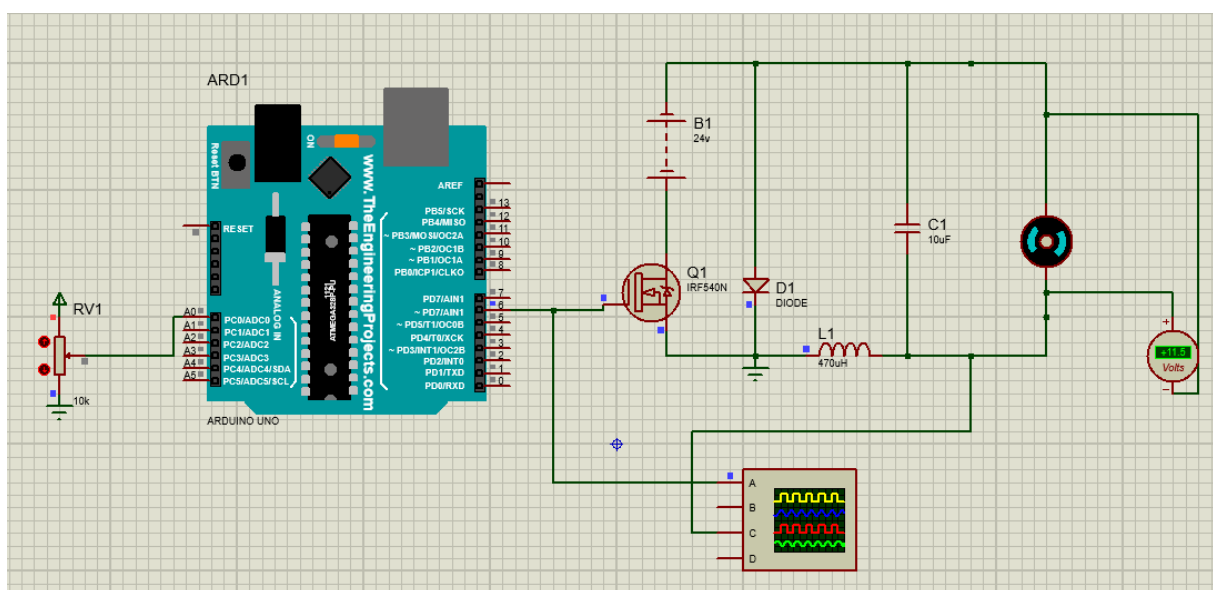
### 3.3.1 Lập trình cho Arduino

```

const int entrada_analogica = A0;
double setpoint;
int pwmOut=6;
void setup() {
    TCCR0A = 0b10000011;    // Fast PWM (mode 3), Clear OC0A
on compare match
    TCCR0B = 0b00000001;    // no prescaler fc = 16MHz/256 =
62.5kHz
    OCR0A=128;                // init 50% duty cycle
    pinMode(pwmOut,OUTPUT);
}
double readSetpoint() {    //do gia trị từ chiết áp
    int valor_entrada_analogica = 0;
    double valor_salida_pwm = 0;
    valor_entrada_analogica = analogRead(entrada_analogica);
    valor_salida_pwm = map(valor_entrada_analogica, 0, 1023,
0, 255);
    setpoint = valor_salida_pwm;
    return setpoint;
}
void loop() {
    OCR0A= readSetpoint();
}

```

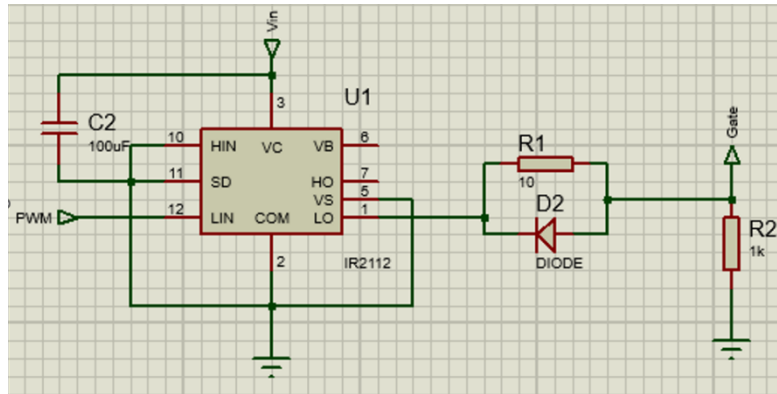
### 3.3.2 Sơ đồ mạch



Hình 3.4 Sơ đồ mô phỏng mạch vòng hở trên Proteus

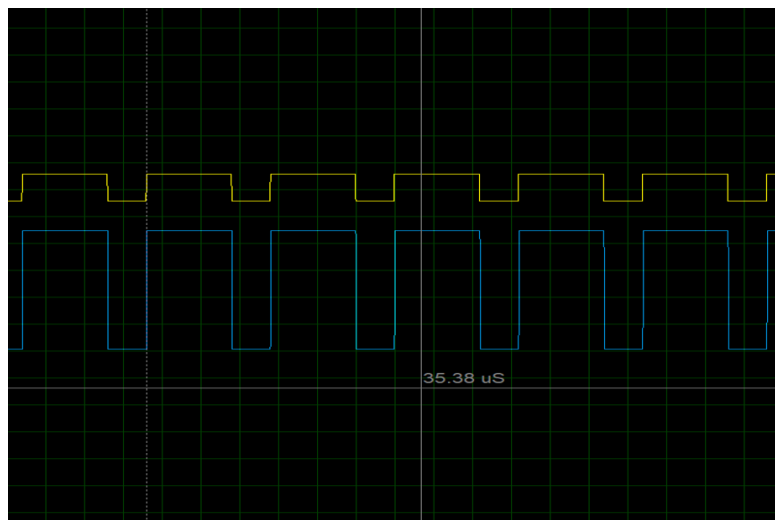
### 3.4 Sơ đồ mạch vòng kín trên Proteus

#### 3.4.1 IR2112



Hình 3.5 IR2112 trong Proteus

- IR2112 có tác dụng khuếch đại tín hiệu của xung PWM điều khiển mosfet nhận từ PIN6 của Arduino.
- Khi không có IR2112 khuếch đại; trong trường hợp tải là động cơ thì kết quả điện áp đầu ra có dải điều chỉnh rất nhỏ ( chỉ từ 0 -> 2.5V)



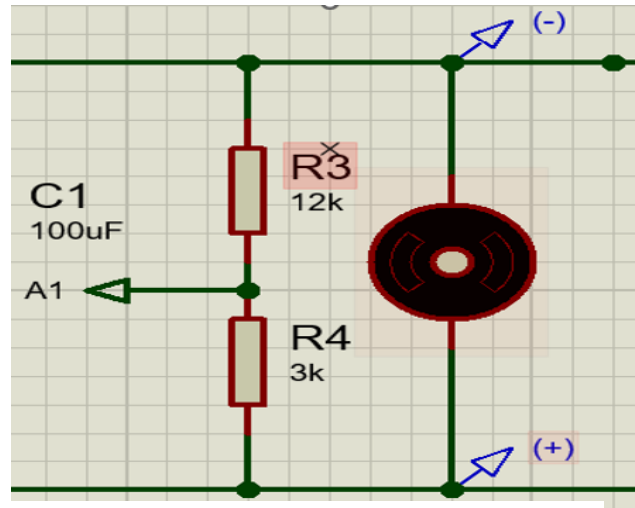
Hình 3.6 Đầu ra PWM

- Điện áp điều khiển PWM tăng từ 5V( trước khi đi qua IR2112) lên  $V_{in} = 24V$



- Kết nối IR2112 tham khảo datasheet: [Bảng dữ liệu IR2112\(1/18 trang\) IRF | TRÌNH ĐIỀU KHIỂN BÊN CAO VÀ THẤP \(alldatasheet.com\)](#).

### 3.4.2 Mạch đọc điện áp Vo phản hồi về Arduino:



Hình 3.7 Mạch đọc điện áp đầu ra

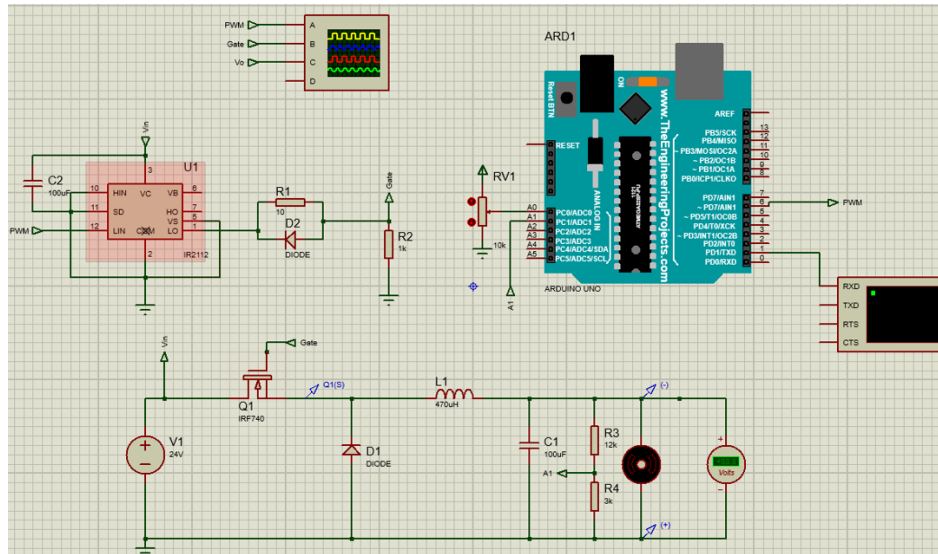
Mạch gồm 2 điện trở  $12k\Omega$  và  $3k\Omega$  nối song song với động cơ  $\Rightarrow$  điện áp rơi trên điểm A1 bằng 0.2 điện áp rơi trên động cơ.

- Mạch gồm 2 điện trở  $12k\Omega$  và  $3k\Omega$  nối song song với động cơ  $\Rightarrow$  điện áp rơi trên điểm A1 bằng 0.2 điện áp rơi trên động cơ
- Điện áp A1 được đưa vào arduino tại chân đọc giá trị analog A1 để tính được điện áp  $V_o$  là tín hiệu phản hồi.

### 3.4.3 Chiết áp

- Chiết áp có vai trò tạo giá trị đặt cho mạch kín. ( từ 0 đến 17.4V)

### 3.4.4 Mạch lực Buck converter và Arduino



Hình 3.8 Sơ đồ mô phỏng trên Proteus

## 3.5 Lập trình bộ điều khiển Arduino

### 3.5.1 Khai báo

```
double volt_out;
double volt_Vo;
double setpoint;
double kp = 0.28 ;           // Hệ số Proportional
double ki = 17.5;            // Hệ số Integral
double kd = 0;               // Hệ số Derivative
double dt = 0.01;           // Thời gian lấy mẫu (đơn vị: giây)
double integral = 0.0;       // Giá trị tích phân
double previous_error = 0.0; // Giá trị lỗi trước đó
int pwmOut = 6;
```

### 3.5.2 Hàm setup

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    TCCR0A = 0b10000011; // Fast PWM (mode 3), Clear OC0A on
    compare match
    TCCR0B = 0b00000001; // no prescaler fc = 16MHz/256 =
    62.5kHz
    pinMode(pwmOut, OUTPUT);
}
```

- Chọn chế độ phát xung PWM (thanh ghi TCCR0A) và chọn tần số phát xung 62.5Hz (thanh ghi TCCR0B).
- Chọn PIN6 làm chân phát xung PWM

### 3.5.3 Đọc điện áp đặt (Setpoint)

```
double read_Setpoint() { //do giá trị từ chiết áp
  int readA0 = analogRead(A0);
  setpoint = readA0 * 0.02346041; //=24/1023
  return setpoint;
}
```

- Đo giá trị từ chiết áp về chân A0 (kết quả read A0 sẽ được quy về thang đo analog mặc định của arduino từ 0->5V ứng với 0->1023)
- Chuyển giá trị đọc được từ A0 thành giá trị trên thang đo 0->24V.

### 3.5.4 Đọc điện áp phản hồi Vo

```
double read_Vo() {
  int readA1 = analogRead(A1);
  volt_Vo = readA1 * 0.02443792; // = (5/1023)*5
  return Volt_Vo;
}
```

- Đo giá trị từ chiết áp về chân A1 (kết quả readA1 sẽ được quy về thang đo analog mặc định của arduino từ 0->5V ứng với 0->1023)
- Chuyển giá trị đọc được từ A1 thành giá trị trên thang đo 0->25V. (do điện áp A1 đọc được từ 0-> 5V và điện áp tại A1 chỉ bằng 0.2 điện áp Vo).

### 3.5.5 Khâu PI

```
double pidCompute(double input, double setpoint, double
kp, double ki, double kd, double dt, double& integral,
double& previous_error) {
  double error = setpoint - input;
  integral += (error * dt);
  double derivative = (error - previous_error) / dt;
  double output = kp * error + ki * integral + kd *
derivative;
  previous_error = error;
}
```

```

    return output;
}

```

Do tín hiệu phản hồi  $V_o$  để điều chỉnh mạch Buck đưa tín hiệu về dạng điện áp:

$$\text{Output} = K_p \cdot e(t) + K_I \cdot \int e(t) dt + K_D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

### 3.5.6 Chương trình chính ( loop())

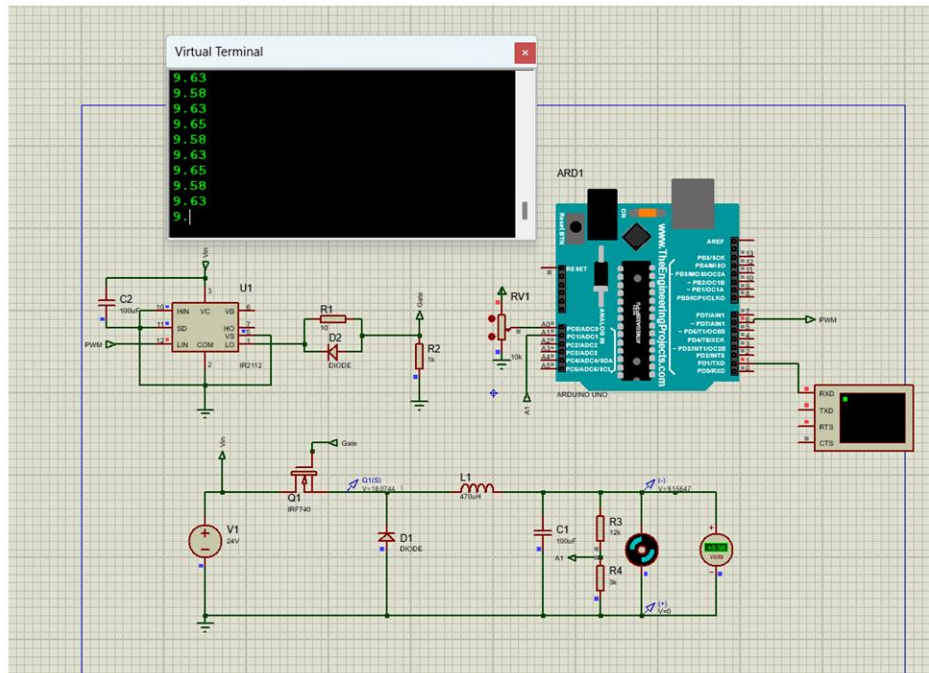
```

void loop() {
    setpoint = read_Setpoint();
    read_Vo();
    double output = pidCompute(volt_Vo, setpoint, kp, ki,
kd, dt, integral, previous_error)/0.09375;
    // = 24/256
    // Giới hạn đầu ra trong khoảng 0-255
    if (output > 255)
        output = 255;
    } else if (output < 0) {
        output = 0;
    }
    volt_out = output;
    OCR0A = volt_out;
    Serial.println(volt_Vo);
    delay(10); // Đợi 10ms trước khi cập nhật lại PID
}

```

- Liên tục đọc tín hiệu  $V_o$  và setpoint để đưa qua hàm PID điều khiển độ rộng xung phù hợp.
- Do thanh ghi OCR0A quyết định độ rộng xung có giá trị từ ( 0->255) nên kết quả sau hàm PID phải được hiệu chỉnh luôn nằm trong khoảng cho phép.
- Liên tục in ra  $V_o$ .

### 3.5.7 Kết quả mô phỏng



Hình 3.9 Kết quả mô phỏng trên Proteus

## KẾT LUẬN

Trong đồ án này, chúng em đã nghiên cứu và thực hiện việc sử dụng Arduino để điều khiển Buck Converter bằng xung PWM nhằm điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều. Đây là một ứng dụng thú vị và hữu ích trong lĩnh vực điện tử công suất, giúp tối ưu hóa hiệu suất hoạt động của động cơ và tiết kiệm năng lượng.

Trước tiên, chúng em đã tiến hành tìm hiểu về nguyên lý hoạt động của Buck Converter và các khái niệm cơ bản về xung PWM. Tiếp đó, chúng tôi đã thiết kế mạch điều khiển sử dụng Arduino, cấu hình các tham số như tần số xung PWM, chu kỳ xung, và độ rộng xung để điều chỉnh tốc độ động cơ.

Sau khi thực hiện thí nghiệm và thử nghiệm, kết quả đã cho thấy đồ án đạt được những thành tựu đáng kể. Arduino đã thể hiện khả năng kiểm soát tốt, đáng tin cậy và linh hoạt trong việc điều chỉnh tốc độ động cơ. Chúng em đã thu được kết quả ổn định với hiệu suất cao và hiệu quả năng lượng đáng kể, giúp giảm thiểu tổn thất điện năng và tăng tuổi thọ cho động cơ.

Đồ án cũng đã gặp một số thách thức, như cân nhắc về việc sử dụng các linh kiện chất lượng cao để đảm bảo sự ổn định và độ bền của hệ thống. Ngoài ra, việc nghiên cứu và cải tiến hơn nữa vẫn cần thiết để tối ưu hóa các tham số và khả năng điều khiển.

Tuy nhiên, đồ án đã đạt được mục tiêu chính là xây dựng một hệ thống điều khiển đơn giản, hiệu quả và có khả năng ứng dụng rộng rãi. Chúng em tin rằng nền tảng kiến thức từ đồ án này có thể được mở rộng và ứng dụng vào nhiều lĩnh vực công nghiệp khác nhau, từ tự động hóa, robot, đến các thiết bị điện tử tiêu dùng.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Nguyễn Doãn Phước, “Cơ sở lý thuyết điều khiển tuyến tính”, NXB Bách Khoa Hà Nội, 2016.
- [2] Nguyễn Thị Phương Hà, “Lý thuyết điều khiển tự động”, NXB ĐHQG TP Hồ Chí Minh, 2005.
- [3] Trần Trọng Minh, Vũ Hoàng Phương, slide “Bài giảng điện tử công suất”.