

## BÀI TẬP LỚN SỐ 2 - MÔN ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

GV: Nguyễn Minh Triết – [trietnm@hcmute.edu.vn](mailto:trietnm@hcmute.edu.vn)

Sinh viên thực hiện: **Trần Ngọc Hiếu**

Mã số sinh viên: **20146127**

### Baremè chấm điểm

STT	Nội dung thực hiện	Điểm
1	YC1: Tóm tắt đầy đủ công thức tính toán mạch (chỉnh lưu bán kỳ và chỉnh lưu cầu), có dẫn chứng tài liệu.	1
2	YC1: Tính toán và chọn lựa linh kiện hợp lý (cả hai dạng mạch)	1
3	YC1: Vẽ sơ đồ nguyên lý. (cả hai dạng mạch)	1
4	YC1: Tính toán điện áp trung bình trên tải, dòng điện trung bình qua tải, dòng điện trung bình qua các diode theo công thức lý thuyết.	1
5	YC1: Lấy kết quả mô phỏng điện áp trung bình trên tải, dòng điện trung bình qua tải, dòng điện trung bình qua các diode.	1
6	YC1: Lập bảng so sánh và nhận xét kết quả mô phỏng và kết quả tính toán lý thuyết.	1
7	YC1: Đưa ra đồ thị mô phỏng điện áp trung bình trên tải, dòng điện trung bình qua tải, dòng điện trung bình qua các diode.	1
8	YC2: Vẽ mạch nguyên lý	1
9	YC2: Đưa ra các đồ thị mô phỏng	1
10	YC2: Vẽ mạch in	1
	Tổng điểm	10

*Điểm thưởng: Nếu sinh viên làm video giải thích cho thuyết minh được +2 điểm thưởng vào điểm bài tập! (video giải thích kèm hashtag #EPEE326729 và đăng lên trang cá nhân)*

### Nội dung nộp bài:

- Thuyết minh (file pdf)
- Các file mô phỏng (nếu có)

## ĐỀ BÀI

**Yêu cầu 1:** Thiết kế mạch chỉnh lưu một pha bán kỳ và chỉnh lưu cầu một pha với các yêu cầu sau đây:

Điện áp trung bình ngõ ra 8V, điện áp ripple tối đa 0.8V, tải điện trở có dòng tải tối đa 2A.

Điện áp đầu vào xoay chiều 220V(RMS) tần số 50Hz. Yêu cầu cho mỗi mạch:

1. Tóm tắt lý thuyết (công thức tính toán, thiết kế liên quan)
2. Vẽ sơ đồ nguyên lý, chọn lựa linh kiện (có trên thị trường)
3. Mô phỏng bằng phần mềm:
  - a. Lập bảng so sánh với giá trị tính toán lý thuyết (điện áp trung bình trên tải, dòng điện trung bình qua tải, dòng điện trung bình qua các diode)
  - b. Vẽ đồ thị điện áp tải, dòng điện tải, dòng điện qua diode. (trong phần mềm mô phỏng)

**Yêu cầu 2:** Ngõ ra mạch chỉnh lưu được đưa vào IC ổn áp tuyến tính LM7805 để tạo ra nguồn ổn áp 5V/1A:

1. Vẽ mạch nguyên lý.
2. Đưa ra các đồ thị mô phỏng và so sánh công suất qua các thiết bị giữa tính toán lý thuyết và mô phỏng.
3. Vẽ mạch in.

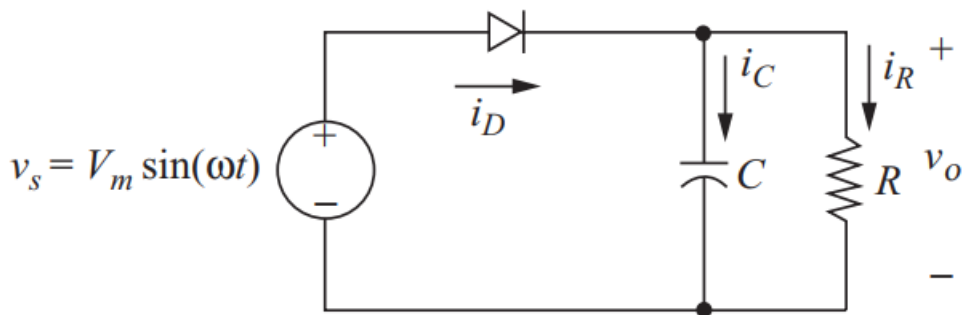
# BÀI LÀM

*Yêu cầu 1:*

## I. Mạch chỉnh lưu 1 pha bán kỳ (có dùng tụ lọc)

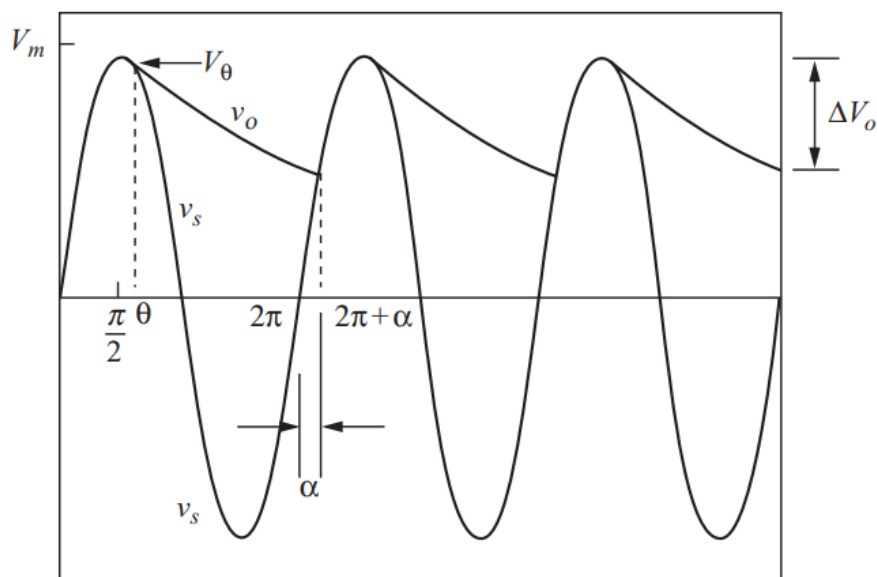
### 1. Tóm tắt lý thuyết

Theo trang 88, Chapter 3 “Half-Wave Rectifiers” sách Power Electronics của tác giả Daniel W. Hart, ta có sơ đồ nguyên lý như sau:



Hình 1.1. Sơ đồ nguyên lý Mạch chỉnh lưu 1 pha bán kì (có dùng tụ lọc)

- Đồ thị điện áp ngõ vào và ngõ ra của mạch chỉnh lưu bán kì một pha có dùng tụ lọc:



Hình 1.2. Đồ thị điện áp ngõ vào – ngõ ra của chỉnh lưu một pha bán kì tải R

Các thông số:

$V_s$ : Điện áp ngõ vào (VAC)

$V_o$ : Điện áp ngõ ra (VDC)

$\Delta V_o$ : Điện áp nhấp nhô

$V_{\max}$ : Điện áp ngõ vào cực đại

$V_\theta$ : Điện áp ngõ ra cực đại

$V_{\text{RMS}}$ : Điện áp hiệu dụng

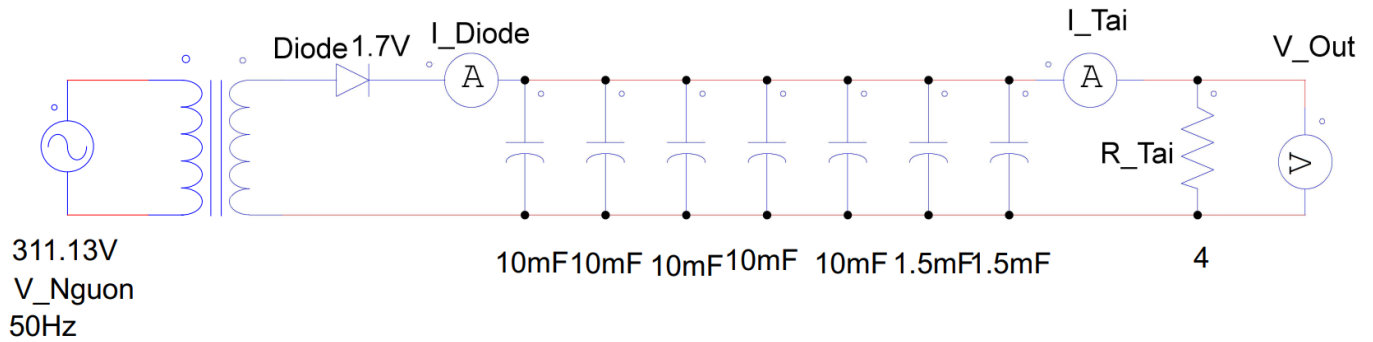
$I_{\text{SC}}$ : Dòng điện đỉnh không lặp

$I_{\text{peak}}$ : Dòng điện đỉnh lặp lại

- Các công thức tính toán liên quan:

STT	Thông số	Công thức
1	Điện áp nguồn cực đại	$V_{\max} = \sqrt{2} V_{\text{RMS}} - V_{\text{Diode}}$
2	Điện áp ngõ ra trung bình	$V_{\text{O(AV)}} \approx V_{\max} \left( 1 - \frac{1}{2fRC} \right)$
3	Điện áp nhấp nhô (ripple)	$V_r = \Delta V_o \approx \frac{V_{\max}}{fRC}$
4	Thời gian dẫn của Diode	$\Delta T = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2V_r}{V_{\max}}}$
5	Dòng điện đỉnh lặp lại	$I_{\text{peak}} = I_{\text{DC}} \frac{2T}{\Delta T}$
6	Dòng điện đỉnh không lặp	$I_{\text{SC}} = \omega C V_{\max}$
7	Giá trị tụ lọc C	$C = \frac{V_{\text{Out(max)}}}{fR V_r}$

## 2. Vẽ sơ đồ nguyên lý, chọn lựa linh kiện



**Hình 1.3.** Sơ đồ nguyên lý

Chọn hệ số an toàn là 0,6

Theo đề bài:  $I_R = 2(A) \rightarrow$  Ta chọn Diode có  $I_{D(AV)} \geq 2 / 0,6 = 3,3(A)$ .

$\rightarrow$  Chọn diode HER507 có

$$I_{D(AV)} = 5(A), I_{D(peak)} = 200(A), V_D = 1,7(V), V_{RRM} = 800V$$

Link: <https://www.thegioic.com/her507-diode-chinh-luu-5a-800v>

Ta có:  $R = \frac{V_{out}}{I_{R_{max}}} = \frac{8}{2} = 4(\Omega)$

$$V_{Out(max)} = \frac{V_r}{2} + V_{O(AV)} = \frac{0,8}{2} + 8 = 8,4 V$$

Giá trị tụ lọc:  $C = \frac{V_{Out(max)}}{fRV_r} = \frac{8,4}{50*4*0,8} = 0,0525 F = 52,5mF$

$\Rightarrow$  Chọn 5 tụ 10000uF (25V) và 2 tụ 1500uF(100V) mắc song song có tổng điện dung là 53mF.

$\Rightarrow$  Link mua hàng:

<https://www.thegioic.com/tu-hoa-10000uf-25v-18x35mm-xuyen-lo>

<https://www.thegioic.com/tu-hoa-1500uf-25v-10x20mm-xuyen-lo>

Tính tỉ số vòng dây sơ cấp và thứ cấp:

Ta có:  $V_{Out(max)} = \sqrt{2}V_{SRMS} - V_D = \sqrt{2}V_{S(RMS)} - 1,7 = 8,4 \Rightarrow \sqrt{2}V_{S(RMS)} = 10,1 V$

Từ đó suy ra tỉ số vòng dây cuộn giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp là:

$$N = \frac{\sqrt{2}V_{AC(RMS)}}{\sqrt{2}V_{S(RMS)}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 220}{10,1} = 30,8$$

→ Chọn số vòng dây cuộn sơ cấp là 308 vòng, cuộn thứ cấp là 10 vòng.

**Tính toán lại các giá trị:**

$$V_r = \frac{V_{\max}}{fRC} = \frac{8,4}{50 \cdot 4 \cdot 0,053} = 0,79 \text{ V}$$

$$\Delta T = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2V_r}{V_{\max}}} = \frac{1}{2\pi \cdot 50} \sqrt{\frac{2 \cdot 0,79}{8,4}} = 1,38 \text{ ms}$$

$$I_{\text{peak}} = I_{\text{DC}} \frac{2T}{\Delta T} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 20}{1,38} = 57,97 \text{ A} < I_{\text{D(peak)}} = 200 \text{ A}$$

$$I_{\text{SC}} = \omega C V_{\text{S(max)}} = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,053 \cdot 10,1 = 168,17 \text{ A} < I_{\text{D(peak)}} = 200 \text{ A}$$

$$I_{\text{R(AV)}} = \frac{V_{\text{Out(AV)}}}{R} = \frac{8}{4} = 2 \text{ A}$$

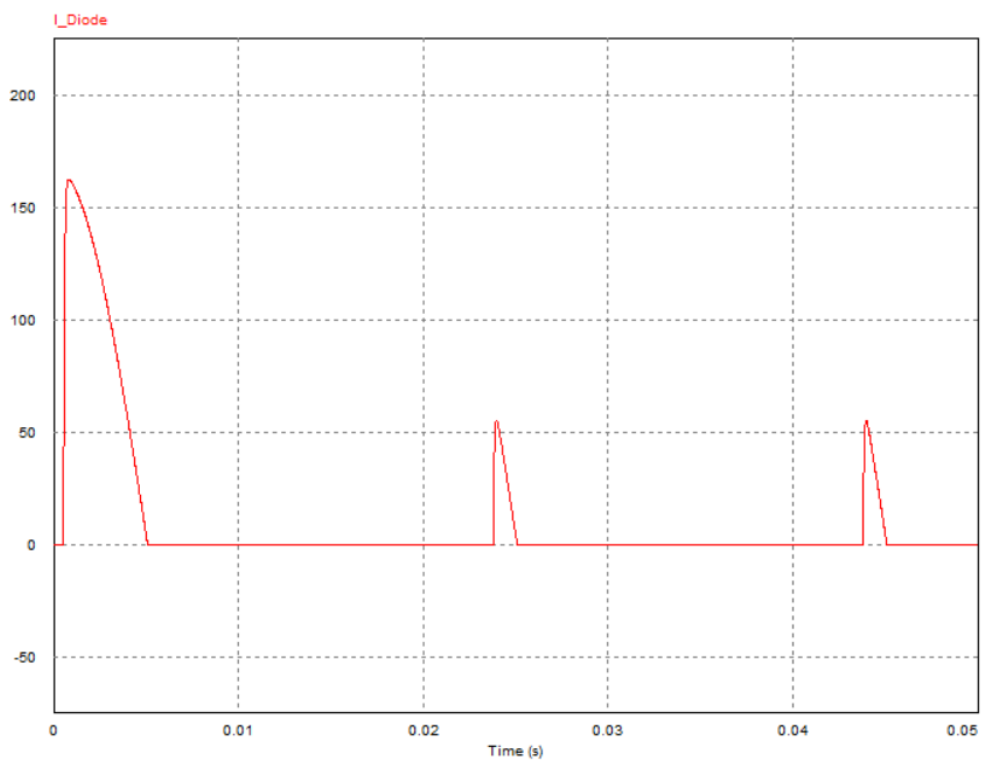
$$I_{\text{D(AV)}} = I_{\text{R(AV)}} = 2 \text{ A}$$

### 3. Mô phỏng bằng phần mềm

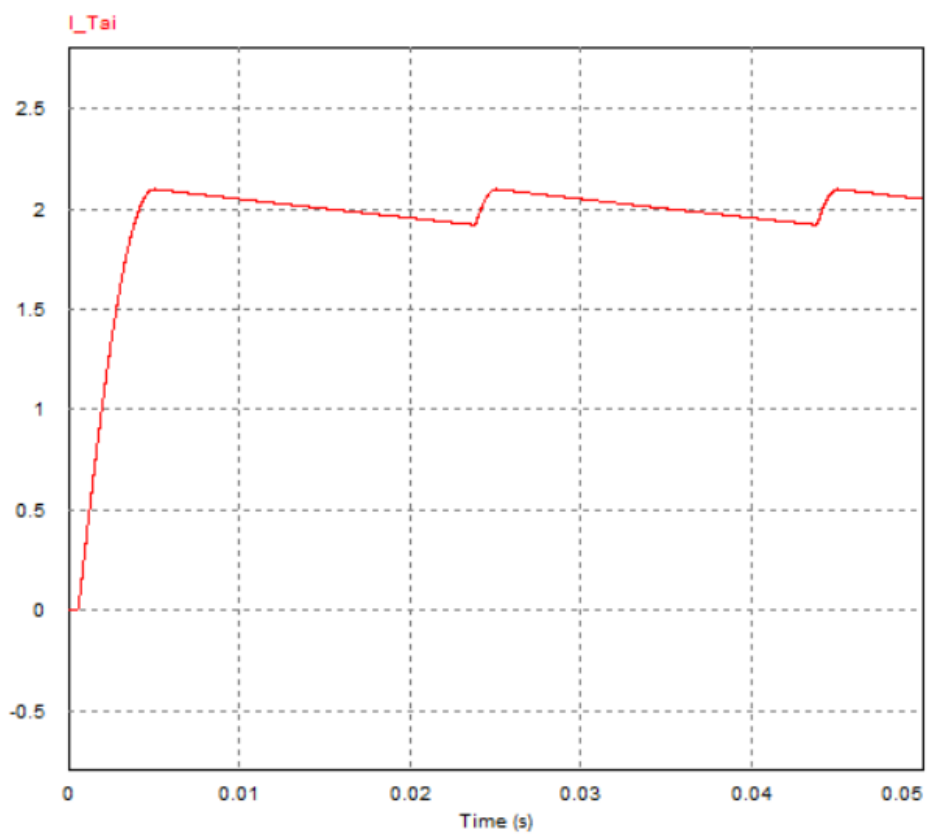
#### a. Lập bảng so sánh với giá trị tính toán lý thuyết

Thông số	Trị số mô phỏng	Tính toán lý thuyết
Điện áp trung bình qua tải	8,047V	$V_{\text{DC}} = 8 \text{ V}$
Dòng điện trung bình qua tải	2,01A	2A
Dòng điện trung bình qua Diode	1,95 A	2A
Dòng điện đỉnh lặp lại	65,746A	57,97A
Dòng điện đỉnh không lặp	165,9A	168,17A

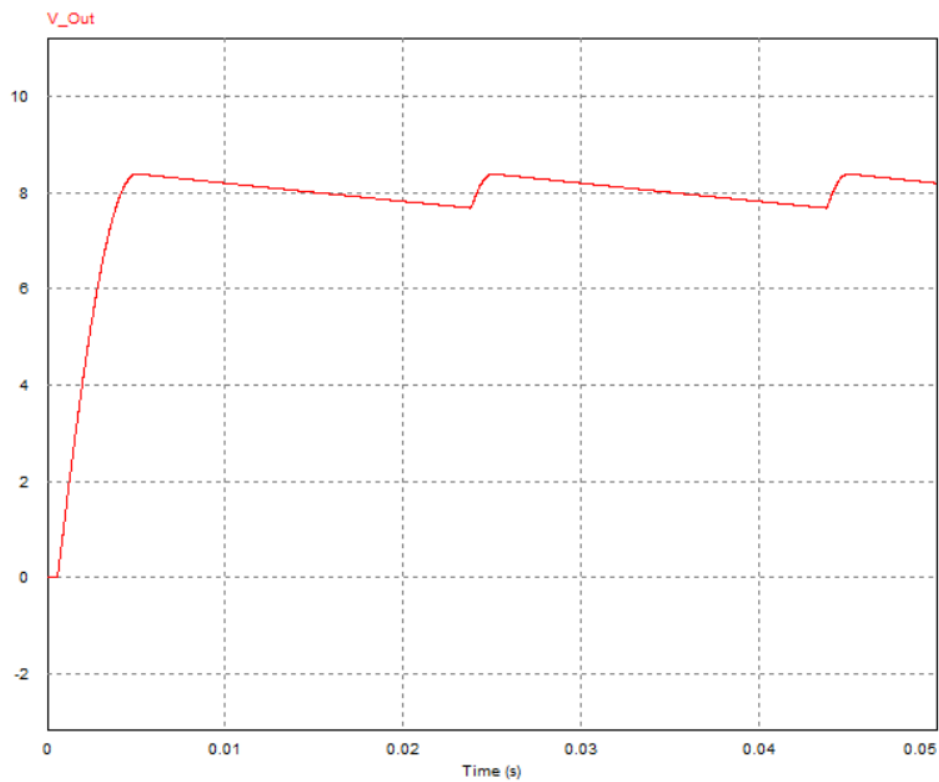
#### b. Vẽ đồ thị điện áp tải, dòng điện tải, dòng điện qua diode



**Hình 1. 4.** Đồ thị dòng điện qua Diode



**Hình 1.5.** Đồ thị dòng điện qua tải



**Hình 1.6.** Đồ thị điện áp qua tải

*Nhận xét:*

Từ bảng so sánh các giá trị tính toán và mô phỏng có thể thấy rằng hầu như các giá trị mô phỏng chỉ lệch khá nhỏ so với tính toán. Riêng dòng  $I_{SC}$  có thể là do trong mô phỏng đã mô phỏng thêm phần điện trở của diode nên giá trị tính toán liên quan đến diode bị lệch so với tính toán. Tuy vậy, về tổng thể, chúng không ảnh hưởng lớn đến output của mạch.

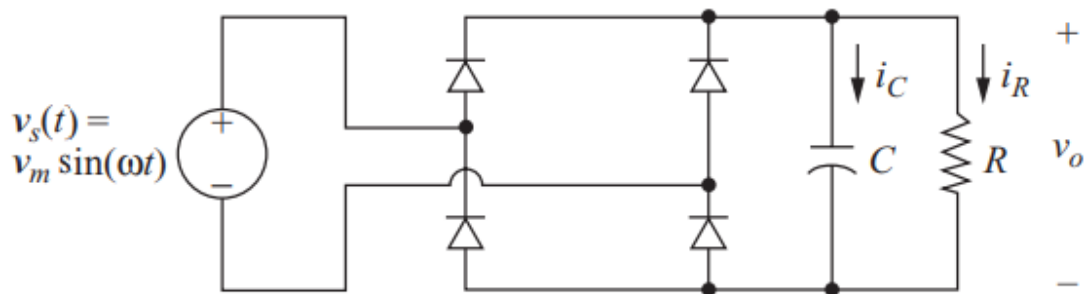


## II. Mạch chỉnh lưu cầu một pha có tụ lọc C

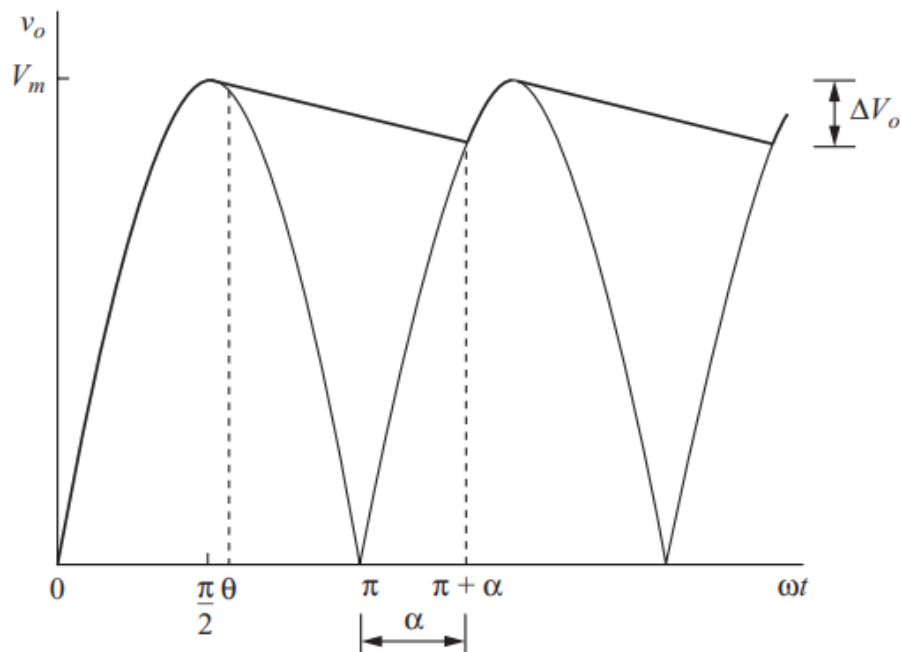
### 1. Tóm tắt lý thuyết

Theo trang 123, Chapter 4 “Full-Wave Rectifiers” sách Power Electronics của tác giả Daniel W. Hart, ta có sơ đồ nguyên lý như sau:

- Sơ đồ nguyên lý:



**Hình 1.7.** Sơ đồ nguyên lý mạch chỉnh lưu cầu một pha có tụ lọc C



**Hình 1.8.** Đồ thị điện áp ngõ vào và ngõ ra của mạch chỉnh lưu cầu 1 pha

Các thông số:

$V_s$ : Điện áp ngõ vào (VAC)

$V_o$ : Điện áp ngõ ra (VDC)

$\Delta V_o$ : Điện áp nhấp nhô

$V_{\max}$ : Điện áp ngõ vào cực đại

$V_o$ : Điện áp ngõ ra cực đại

$V_{\text{RMS}}$ : Điện áp hiệu dụng

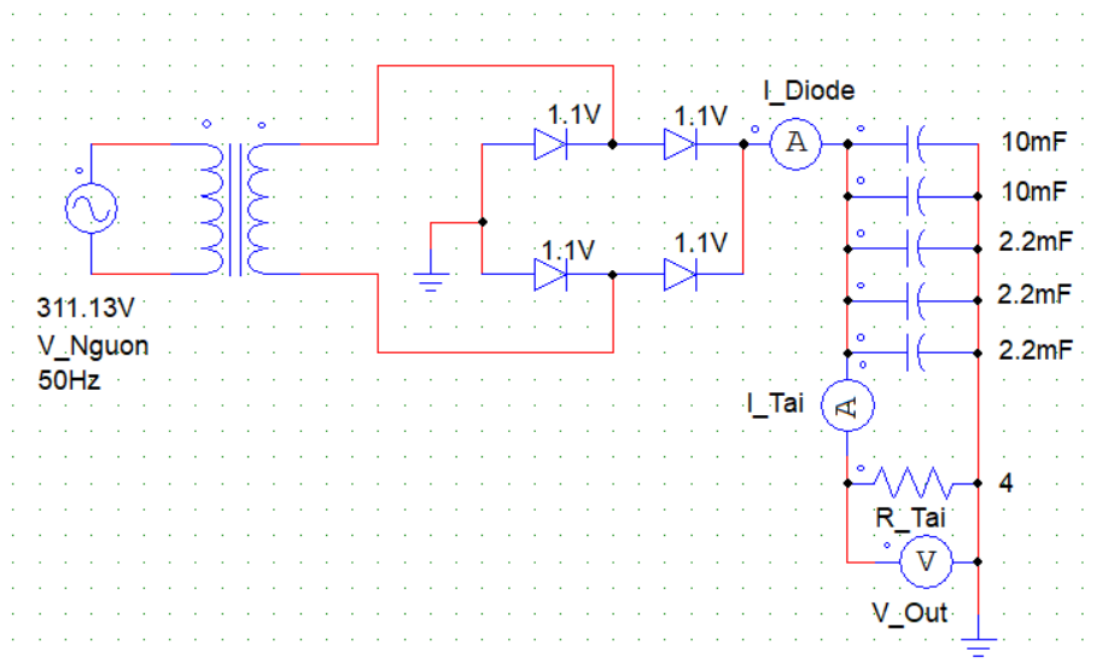
$I_{\text{SC}}$ : Dòng điện đỉnh không lặp

$I_{\text{peak}}$ : Dòng điện đỉnh không lặp

Các công thức liên quan:

STT	Thông số	Công thức
1	Điện áp nguồn cực đại	$V_{\max} = \sqrt{2} V_{\text{RMS}} - 2V_{\text{Diode}}$
2	Điện áp ngõ ra trung bình	$V_{\text{O(AV)}} \approx V_{\max} \left( 1 - \frac{1}{4fRC} \right)$
3	Điện áp nhấp nhô (ripple)	$V_r = \Delta V_o \approx \frac{V_{\max}}{2fRC}$
4	Thời gian dẫn của Diode	$\Delta T = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{V_r}{V_{\max}}}$
5	Dòng điện đỉnh lặp lại	$I_{\text{peak}} = I_{\text{DC}} \frac{T}{\Delta T}$
6	Dòng điện đỉnh không lặp	$I_{\text{SC}} = \omega C V_{\max}$
7	Giá trị tụ lọc C	$C = \frac{V_{\text{Out(max)}}}{f R V_r}$

## 2. Vẽ sơ đồ nguyên lý, lựa chọn linh kiện



**Hình 1.9.** Sơ đồ nguyên lí

**Chọn hệ số an toàn là 0.6**

Theo đề bài:  $I_{R_{\max}} = 2(A) \rightarrow$  Ta chọn Diode có  $I_D \geq 2 / 0,6 = 3,3(A)$

$\rightarrow$  Chọn diode HER503 có

$$I_{D(AV)} = 5(A), I_{D(peak)} = 200(A), V_D = 1,1(V), V_{RRM} = 200(V)$$

Link: <https://www.thegioic.com/her503-diode-chinh-luu-5a-200v>

Ta có:

$$R = \frac{V_{out}}{I_{R_{\max}}} = \frac{8}{2} = 4(\Omega)$$

$$V_{Out(max)} = \frac{V_r}{2} + V_{O(AV)} = \frac{0,8}{2} + 8 = 8,4 V$$

$$\text{Giá trị tụ lọc: } C = \frac{V_{Out(max)}}{2fRV_r} = \frac{8,4}{2.50.4.0,8} = 0,02625 F = 26,25mF$$

$\Rightarrow$  Chọn 2 tụ 10000uF (25V) và 3 tụ 2200uF(25V) mắc song song có tổng điện dung là 26,6mF.

$\Rightarrow$  Link mua hàng:

<https://www.thegioic.com/tu-hoa-10000uf-25v-18x35mm-xuyen-lo>

<https://www.thegioic.com/tu-hoa-2200uf-25v-13x21mm-xuyen-lo>

Tính tỉ số vòng dây sơ cấp và thứ cấp:

Ta có:  $V_{\text{Out(max)}} = \sqrt{2}V_{\text{SRMS}} - 2V_D = \sqrt{2}V_{\text{S(RMS)}} - 1,1.2 = 8,4 \Rightarrow \sqrt{2}V_{\text{S(RMS)}} = 10,6 \text{ V}$

Từ đó suy ra tỉ số vòng dây cuộn giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp là:

$$N = \frac{\sqrt{2}V_{\text{AC(RMS)}}}{\sqrt{2}V_{\text{S(RMS)}}} = \frac{\sqrt{2}.220}{10,6} = 29,35$$

→ Chọn số vòng dây cuộn sơ cấp là 2935 vòng, cuộn thứ cấp là 100 vòng.

#### Tính toán lại các giá trị:

$$V_r = \frac{V_{\text{max}}}{2fRC} = \frac{8,4}{2.50.4.0,0266} = 0,789 \text{ V}$$

$$\Delta T = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{V_r}{V_{\text{max}}}} = \frac{1}{2\pi.50} \sqrt{\frac{0,789}{8,4}} = 0,976 \text{ ms}$$

$$I_{\text{peak}} = I_{\text{DC}} \frac{T}{\Delta T} = 2. \frac{20}{0,976} = 40,98 \text{ A} < I_{\text{D(peak)}} = 200 \text{ A}$$

$$I_{\text{SC}} = \omega CV_{\text{S(max)}} = 2\pi.50.0,0266.10,6 = 88,6 \text{ A} < I_{\text{D(peak)}} = 200 \text{ A}$$

$$I_{\text{R(AV)}} = \frac{V_{\text{Out(AV)}}}{R} = \frac{8}{4} = 2 \text{ A}$$

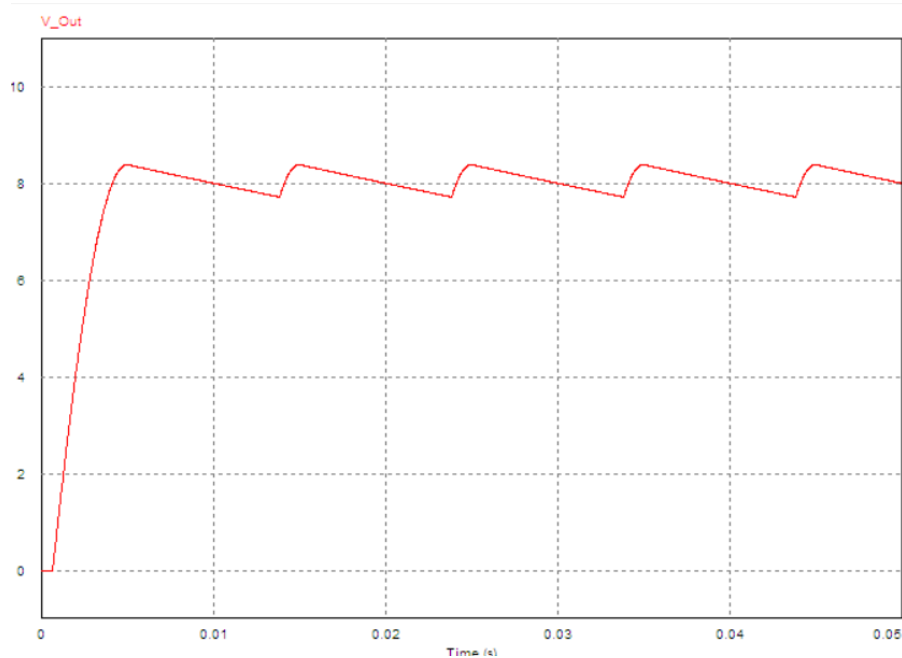
$$I_{\text{D(AV)}} = I_{\text{R(AV)}} = 2 \text{ A}$$

### 3. Mô phỏng bằng phần mềm

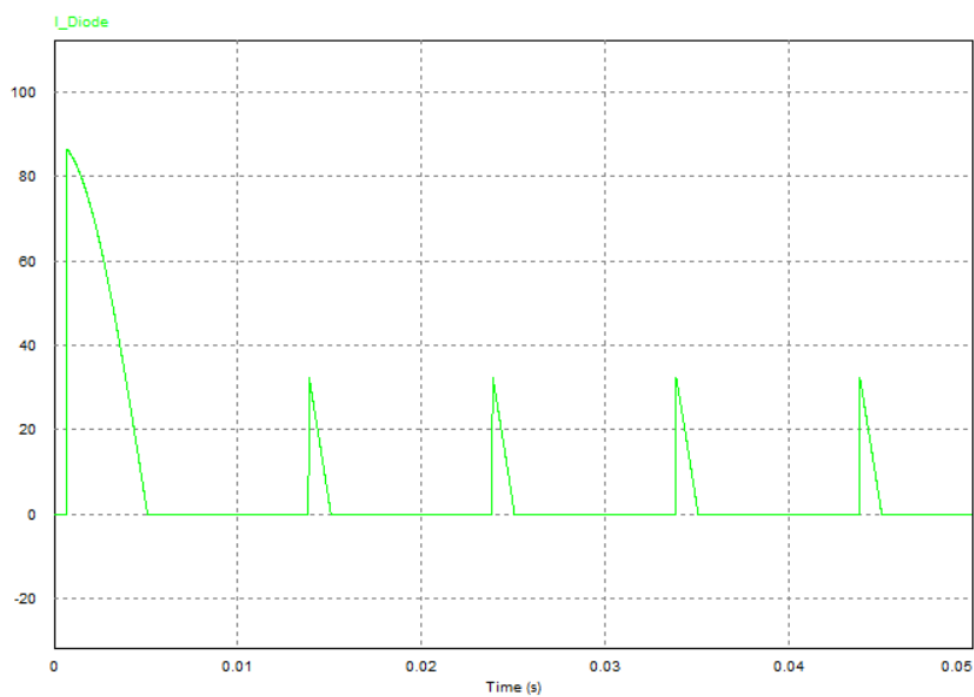
#### a. Lập bảng so sánh với giá trị tính toán lý thuyết

Thông số	Trị số mô phỏng	Tính toán lý thuyết
Điện áp trung bình qua tải	8,076V	$V_{\text{DC}} = 8 \text{ V}$
Dòng điện trung bình qua tải	2,019A	2A
Dòng điện trung bình qua Diode	2,013A	2A
Dòng điện đỉnh lặp lại	32,19A	40,98A
Dòng điện đỉnh không lặp	86,48A	88,6A

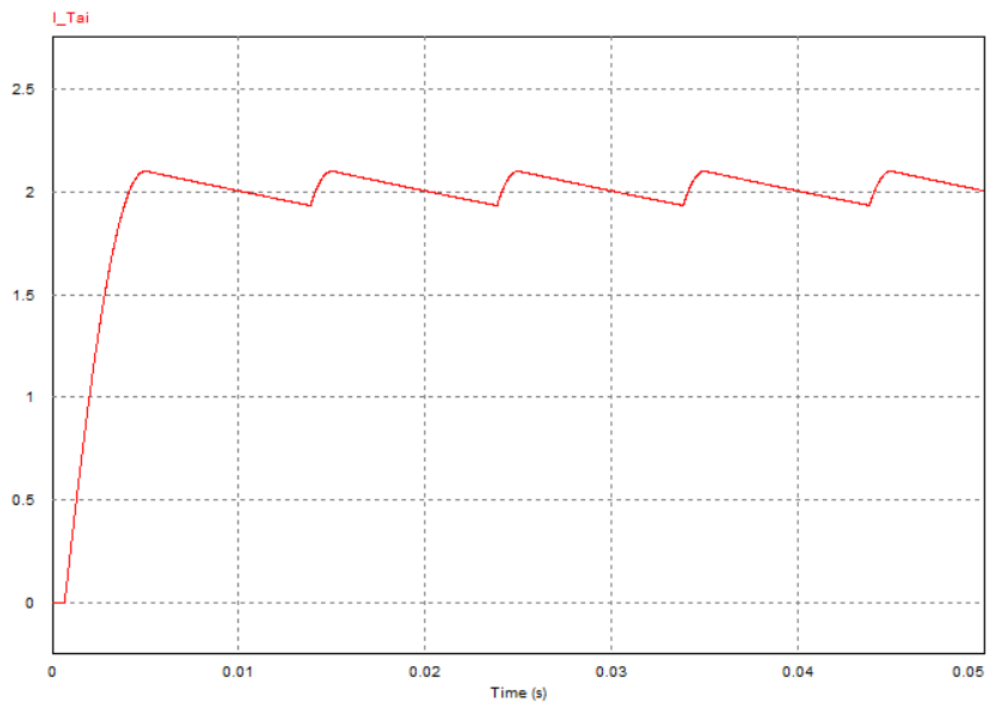
**b. Vẽ đồ thị điện áp tải, dòng điện tải, dòng điện qua diode**



**Hình 1.10.** Đồ thị điện áp qua tải mạch chỉnh lưu cầu



**Hình 1.11.** Đồ thị dòng điện qua Diode mạch chỉnh lưu cầu



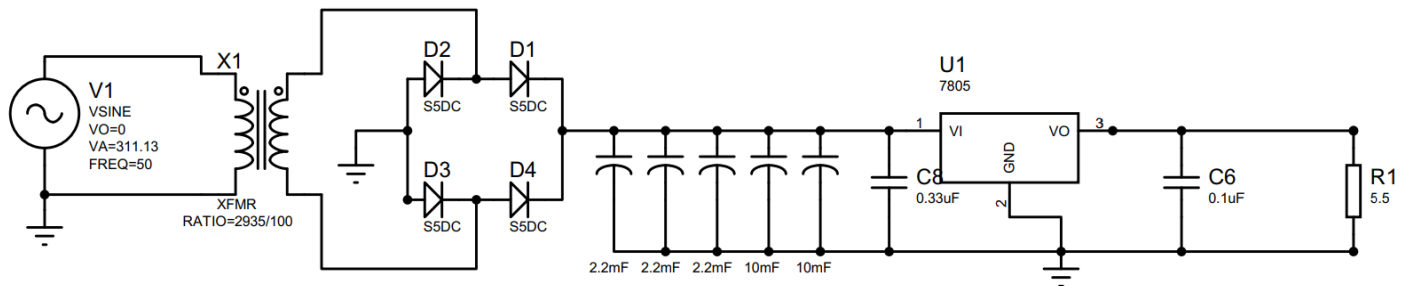
**Hình 1. 12.** Đồ thị dòng điện qua tải mạch chỉnh lưu cầu

*Nhận xét:*

Từ bảng so sánh các giá trị tính toán và mô phỏng có thể thấy rằng hầu như các giá trị mô phỏng chỉ lệch khá nhỏ so với tính toán. Riêng dòng  $I_{SC}$  và  $I_{peak}$  có thể là do trong mô phỏng đã mô phỏng thêm phần điện trở của diode nên giá trị tính toán liên quan đến diode bị lệch so với tính toán. Tuy vậy, về tổng thể, chúng không ảnh hưởng lớn đến output của mạch.

## Yêu cầu 2:

### 1. Vẽ mạch nguyên lí



**Hình 2.1.** Sơ đồ nguyên lý mạch nguồn 5V/1A sử dụng IC7805

Các linh kiện của mạch chỉnh lưu cầu chọn giống như yêu cầu số 1. Ngoài ra còn có thêm IC LM7805, 1 tụ 0,1uF và 1 tụ 0,3uF.

Link các linh kiện mua thêm:

<https://www.thegioiic.com/tu-nhom-smd-0-1uf-50v-4x5-4mm>

<https://www.thegioiic.com/tu-nhom-smd-0-33uf-50v-4x5-4mm>

<https://www.thegioiic.com/lm7805ct-cn-ic-on-ap-5v-1a>

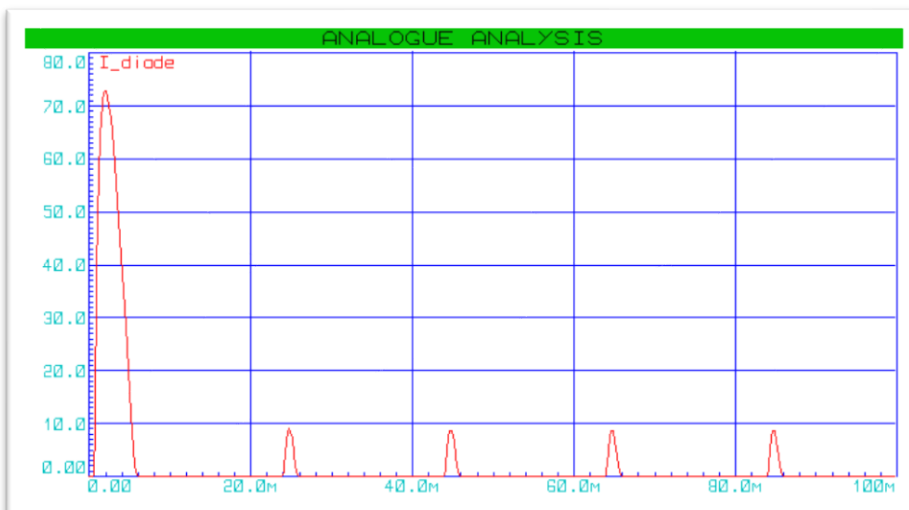
Vì trong mô phỏng Proteus không có linh kiện diode HER503 nên ta sẽ chọn 1 diode tương đương để mô phỏng. Ta thấy diode S5DC có các thông số khá tương đương như bảng sau:

Các thông số	S5DC	HER503
$I_{FSM}$	125A	200A
$V_{RMS}$	200V	200V
$I_{F(AV)}$	5A	5A
$V_F$	1,15V	1,1V

### 2. Đưa ra các đồ thị mô phỏng và so sánh công suất



**Hình 2.2.** Điện áp ngõ ra IC LM7805



**Hình 2.2.** Dòng điện qua Diode



**Hình 2.4.** Dòng điện ngõ ra IC LM7805



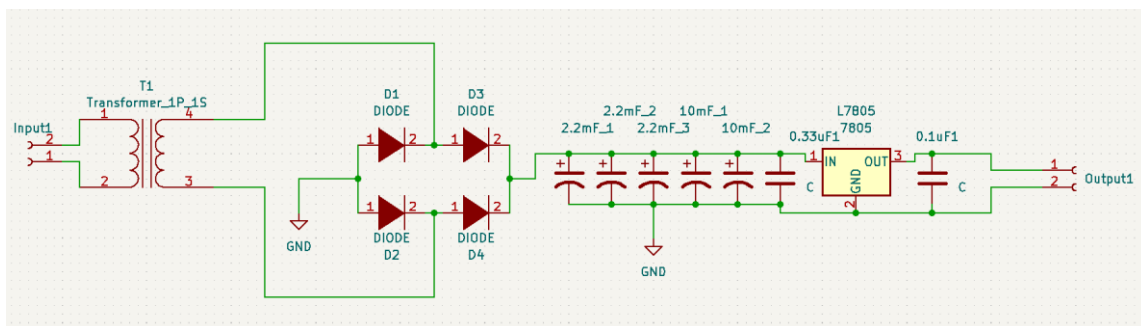
## So sánh công suất

Thông số	Trị số mô phỏng	Giá trị tính toán
Công suất qua tải	$P_L = I_R U = 0,89.4,91 = 4,37 \text{ W}$	$P_L = I_R U = 1.5 = 5 \text{ W}$

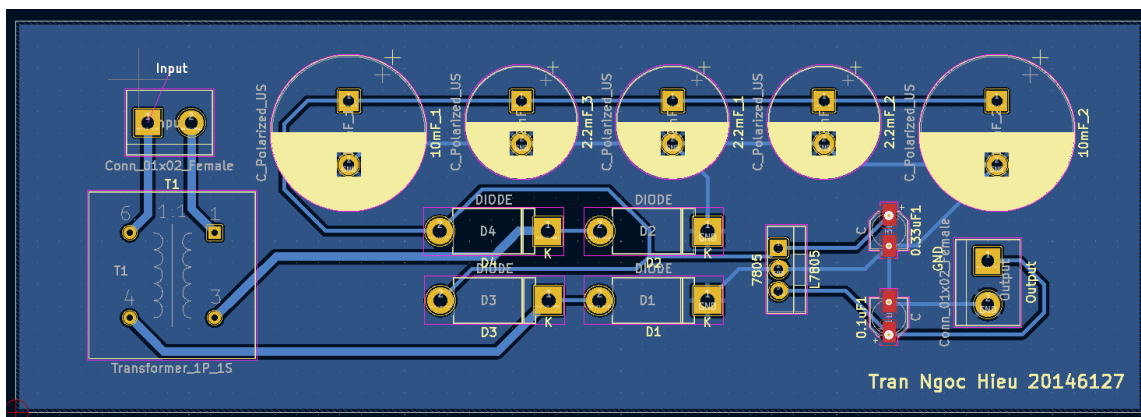
### Nhận xét:

Kết quả mô phỏng và kết quả thực tế có sự sai lệch nhỏ vì các thông số tính toán đều là giá trị lí tưởng và chưa kể đến tác động của nhiệt độ, hao phí trên đường dây,...Ta thấy rằng công suất qua tải mô phỏng nhỏ hơn so với tính toán là khá hợp lí vì trong phần mềm mô phỏng có thể đã tính tới các hao phí này.

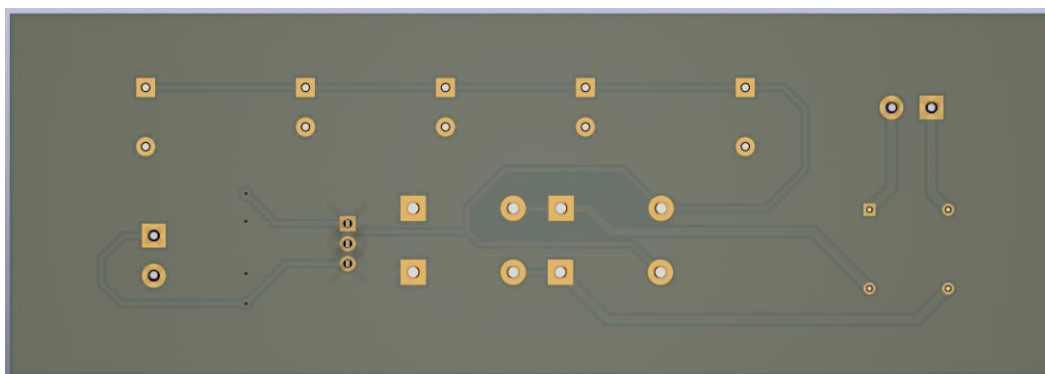
### Vẽ mạch in



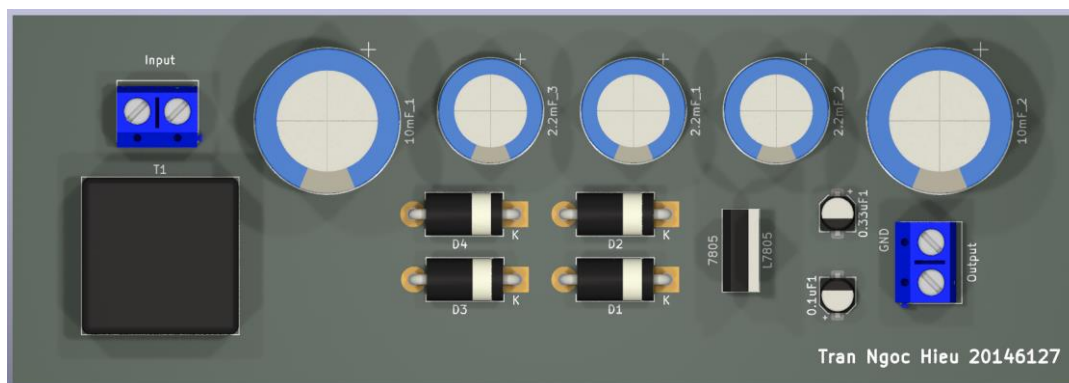
Hình 3.1. Mạch nguyên lí vẽ trên KiCad



Hình 3.2. Thiết kế mạch in trên KiCad



**Hình 3.3.** Mặt dưới mạch in



**Hình 3.4.** Mặt trên mạch in