

BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 1

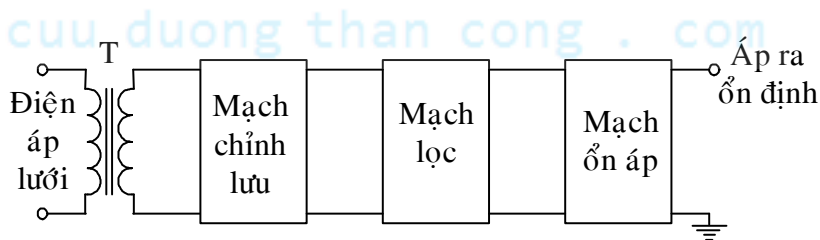
MẠCH NGUỒN MỘT CHIỀU

A. GIỚI THIỆU

Các thiết bị điện tử (TV, Radio, Máy vi tính ...) có thể hoạt động với điện áp lưới hoặc AC 110V-50/60Hz hoặc AC 220V-50/60Hz hoặc cả tầm AC từ 85V ÷ 270V 50/60Hz, tùy thuộc vào cấu trúc bộ nguồn của nó như thế nào.

Bộ nguồn là thành phần quan trọng hàng đầu trong các thiết bị điện tử, bởi bất cứ một linh kiện điện tử nào muốn hoạt động phải có nguồn nuôi một chiều (DC). Tuy nhiên không phải bộ nguồn nào cũng cung cấp điện áp và dòng điện ngõ ra DC. Bộ nguồn có ngõ vào là xoay chiều (AC) ngõ ra một chiều gọi là bộ biến đổi AC/DC, bộ nguồn có ngõ vào DC ngõ ra DC gọi là bộ biến đổi DC/AC ...

Để thuận lợi trong việc khảo sát các mạch điện tử cơ bản, bài thí nghiệm này trình bày bộ biến đổi AC/DC đơn giản nhất. Một bộ biến đổi AC/DC có cấu trúc cơ bản như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khối bộ nguồn DC cơ bản

B. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

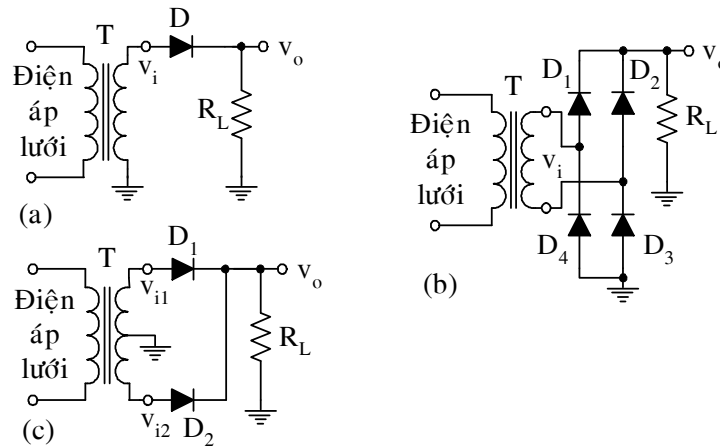
Giúp sinh viên khảo sát đo đạc các thông số của các khối mạch trong bộ nguồn DC tuyến tính bao gồm:

- Khối mạch chỉnh lưu.
- Khối mạch lọc.
- Khối mạch ổn áp.

C. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

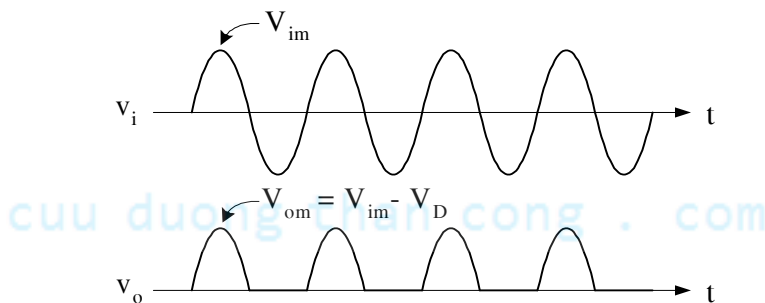
I. Khối mạch chỉnh lưu

Khối mạch chỉnh lưu có nhiệm vụ tạo tín hiệu DC ở ngõ ra từ tín hiệu vào AC. Sơ đồ nguyên lý của mạch chỉnh lưu như hình 2.



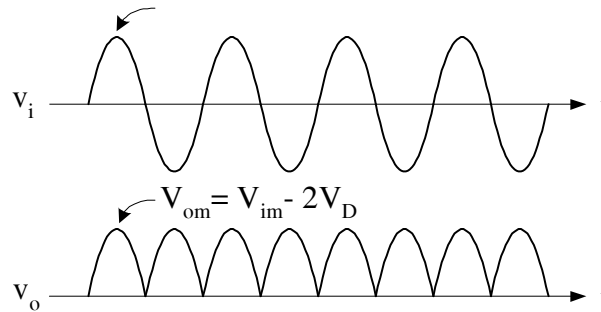
Hình 2. Mạch chỉnh lưu. (a) Mạch chỉnh lưu bán kỳ, (b) Mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu Diode, (c) Mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 Diode

Hình 2(a) là mạch chỉnh lưu bán kỳ, Diode D chỉ dẫn trong bán kỳ dương của điện áp vào v_i khi $v_i \geq V_D$ (V_D là điện áp ngưỡng của Diode, $V_D = 0.3V \div 0.5V$ với Diode loại Ge và $V_D = 0.6V \div 0.8V$ với Diode loại Si). Hình 3 biểu diễn dạng điện áp vào v_i và điện áp ra v_o của mạch chỉnh lưu bán kỳ. v_o tuần hoàn với chu kỳ bằng chu kỳ của v_i . Nếu điện áp lưới có tần số $f_L = 50\text{Hz}$ thì tần số của v_o $f_o = 50\text{Hz}$. v_o không có phần âm, tức là dòng điện chảy qua tải R_L chỉ theo một chiều theo chiều dẫn của D . Ta nói v_o là điện áp một chiều DC.



Hình 3. Dạng tín hiệu vào ra của mạch chỉnh lưu bán kỳ

Hình 2(b) là mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng bốn Diode D_1, D_2, D_3 và D_4 tạo thành cầu Diode chỉnh lưu. Dòng điện chỉ chảy qua R_L theo một chiều duy nhất trong cả hai bán chu kỳ âm và dương của v_i . Ở bán chu kỳ dương khi $v_i \geq 2V_D$, dòng điện chảy từ cực dương của v_i qua D_1, R_L xuống GND, từ GND qua D_3 về cực âm của v_i . Ở bán chu kỳ âm khi $v_i \leq -2V_D$, dòng điện chảy từ cực âm của v_i qua D_2, R_L xuống GND, từ GND qua D_4 về cực dương của v_i . Như vậy, dòng điện chỉ chảy theo chiều hướng từ R_L xuống GND. Dòng điện này tạo thành điện áp DC v_o ở ngõ ra. Hình 4 biểu diễn dạng v_i và v_o của mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu Diode. v_o tuần hoàn với chu kỳ bằng một nửa chu kỳ của v_i . Nếu điện áp lưới có tần số $f_L = 50\text{Hz}$ thì tần số của v_o là $f_o = 100\text{Hz}$.

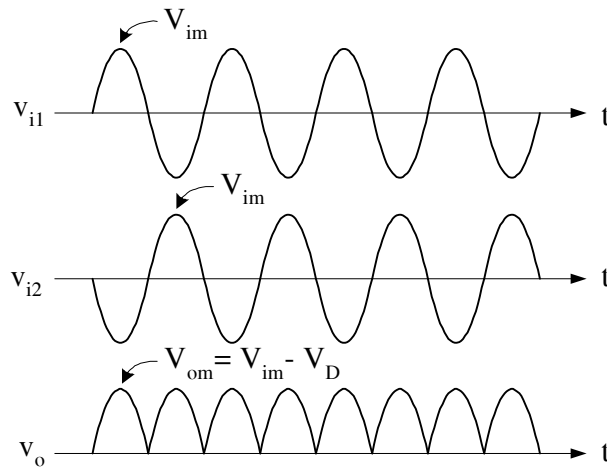


Hình 4. Dạng tín hiệu vào ra của mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu Diode

Hình 2(c) là mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng hai Diode D_1, D_2 nhờ hai nguồn v_{i1}, v_{i2} có biên độ bằng nhau nhưng ngược pha. D_1 dẫn ở bán chu kỳ dương của v_{i1} khi $v_{i1} \geq V_D$, tạo dòng điện chảy theo hướng từ R_L xuống GND. D_2 dẫn ở bán chu kỳ dương của v_{i2} khi $v_{i2} \geq V_D$, tạo dòng điện chảy theo hướng từ R_L xuống GND. Dòng điện DC này tạo ra điện áp DC V_o ở ngõ ra. Hình 5 biểu diễn dạng v_{i1}, v_{i2} và v_o của mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng hai Diode. Giống như mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu Diode, tần số f_o của v_o gấp hai lần tần số f_L của điện áp lưới.

Như vậy, bằng cách dùng các mạch chỉnh lưu bán kỳ hoặc toàn kỳ, ta tạo được điện áp ra DC từ điện áp vào AC. Tuy nhiên, điện áp ngõ ra v_o có độ nhấp nhô bởi trong nó còn mang các thành phần sóng hài có tần số là một số nguyên lần tần số f_o . Để đặc trưng cho độ nhấp nhô này, người ta đưa ra khái niệm hệ số gợn sóng r . Nó được định nghĩa như sau:

$$r = \frac{V_{OAC}}{V_{ODC}} \quad (1)$$



Hình 5. Dạng tín hiệu vào và ra của mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 Diode

Trong đó V_{OAC} là trị hiệu dụng của tất cả các sóng hài chứa trong V_O , V_{ODC} là trị trung bình của V_O . V_{OAC} được xác định thông qua trị hiệu dụng thực V_{OTRMS} của V_O và V_{ODC} từ biểu thức:

$$V_{OAC} = \sqrt{V_{OTRMS}^2 - V_{ODC}^2} \quad (2)$$

Với mạch chỉnh lưu bán kỳ:

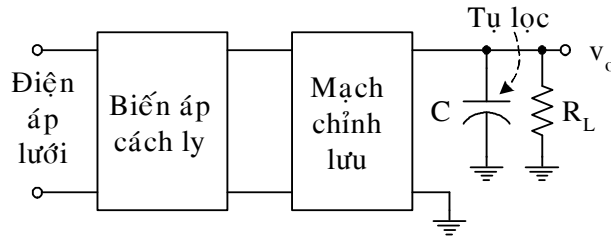
$$\begin{aligned} V_{ODC} &= \frac{V_{Om}}{\pi} \\ V_{TRMS} &= \frac{V_{Om}}{2} \\ r &= 1.21 \end{aligned} \quad (3)$$

Với mạch chỉnh lưu toàn kỳ:

$$\begin{aligned} V_{ODC} &= \frac{2V_{Om}}{\pi} \\ V_{TRMS} &= \frac{V_{Om}}{\sqrt{2}} \\ r &= 0.482 \end{aligned} \quad (4)$$

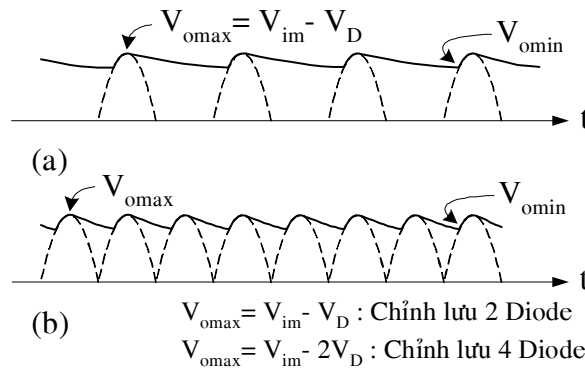
II. Khối mạch lọc

Điện áp sau khi được chỉnh lưu có độ nhấp nhô còn rất lớn và để giảm độ nhấp nhô, người ta dùng các mạch lọc thông thấp để loại bỏ các sóng hài chứa trong điện áp sau mạch chỉnh lưu. Một mạch lọc thông dụng nhất trong các bộ biến đổi AC/DC sẽ được giới thiệu ở đây là bộ lọc dùng tụ nối song song với tải R_L để nắn điện áp đã được chỉnh lưu trở nên phẳng hơn. Sơ đồ nguyên lý của mạch lọc được thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý mạch lọc nguồn DC

Hình 7(a) biểu diễn dạng sóng của điện áp ngõ ra v_o sau mạch lọc ứng với trường hợp chỉnh lưu bán kỳ. Hình 7(b) biểu diễn dạng sóng của v_o sau mạch lọc ứng trường hợp chỉnh lưu toàn kỳ. Trong cả hai giản đồ, điện áp V_{omax} bằng điện áp đỉnh của tín hiệu chỉnh lưu còn giá trị V_{omin} được quyết định bởi giá trị của tụ lọc C và tải R_L .



Hình 7. Dạng tín hiệu sau mạch lọc. (a) Mạch chỉnh lưu bán kỳ,

(b) Mạch chỉnh lưu toàn kỳ

Muốn giảm độ nhấp nhô cần phải lựa chọn giá trị C sao cho ứng với tải R_L biết trước, ngõ ra có V_{omin} càng lớn càng tốt. Giá trị tụ C càng lớn thì điện áp ngõ ra càng phẳng. Tuy nhiên, trên thực tế việc chọn các tụ lọc có giá

trị lớn không phải là giải pháp tốt. Thứ nhất, các nhà sản xuất linh kiện chỉ cung cấp các tụ lọc tới một giá trị nào đó thường là vài nghìn μF tùy thuộc vào điện áp chịu đựng của nó. Thứ hai, tụ lọc càng lớn, giá thành của nó càng cao, kích thước của nó càng lớn chiếm nhiều diện tích trên Board mạch, dẫn tới không kinh tế.

Điều này bắt buộc phải lựa chọn giá trị của tụ lọc cho hợp lý xuất phát từ yêu cầu về tải R_L , về độ nhấp nhô. Thông thường các thiết kế thường lựa chọn $\Delta V \ll 2V_{\text{omax}}$ ($\Delta V = V_{\text{omax}} - V_{\text{omin}}$) và tụ C được tính từ biểu thức gần đúng sau:

$$C = \frac{V_{\text{omax}}}{\Delta V \cdot f_o \cdot R_L} \quad (5)$$

Với f_o là tần số của tín hiệu chỉnh lưu.

Các giá trị trung bình V_{ODC} , trị hiệu dụng V_{OAC} cũng được tính gần đúng theo các biểu thức sau:

$$V_{\text{ODC}} = \frac{V_{\text{omax}} + V_{\text{omin}}}{2} \quad (6)$$

$$V_{\text{OAC}} = \frac{\Delta V}{2\sqrt{3}} \quad (7)$$

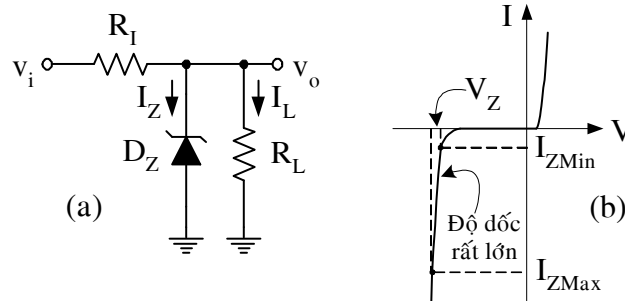
III. Khối mạch ổn áp

Khối mạch ổn áp là khối cuối cùng và quan trọng nhất trong mạch nguồn. Nhiệm vụ của khối mạch ổn áp là tạo một điện áp ra ổn định trước sự thay đổi của tải R_L và điện áp vào v_i . Lý do nào cần phải có mạch ổn áp. Trước hết điện áp lưới điện luôn có sự thay đổi phụ thuộc vào số lượng và công suất của các thiết bị điện – điện tử khác đang tiêu thụ điện từ lưới. Nếu chỉ dùng mạch lọc, khi điện áp lưới thay đổi, điện áp ngõ ra biến áp cách ly thay đổi dẫn tới V_{omax} thay đổi, tức điện áp DC ngõ ra thay đổi. Thứ hai tải R_L của một bộ nguồn thường là tải động (R_L không cố định). Nếu chỉ dùng mạch lọc, khi R_L thay đổi thì từ (5) ta có ΔV thay đổi dẫn tới V_{omin} thay đổi và V_{ODC} thay đổi theo. Điện áp nguồn DC cung cấp thay đổi kéo theo hoạt động của các mạch điện tử phía sau không tốt, thậm chí có thể không hoạt động.

Trong bài này sẽ giới thiệu một số mạch ổn áp tuyến tính cơ bản, mà trên cơ sở đó sinh viên có thể áp dụng để thiết kế các mạch nguồn đơn giản phục vụ cho việc chạy thử các mạch điện tử. Đồng thời phát triển thành các bộ nguồn có công suất lớn và chất lượng tốt hơn.

1. Mạch ổn áp dùng Diode Zener

Sơ đồ nguyên lý của mạch ổn áp dùng Diode Zener như trên hình 8(a)



Hình 8. (a) Mạch ổn áp dùng Zener. (b) Đặc tuyến của Zener

Việc thiết kế mạch ổn áp này dựa trên đặc tuyến Volt - Ampere của phần tử ổn áp Zener D_Z như trên hình 8(b), cùng với các điều kiện về tầm thay đổi của điện áp DC ngõ vào v_i cũng như tầm thay đổi của tải R_L . D_Z chỉ hoạt động ổn áp khi dòng phân cực ngược nằm trong tầm $I_{ZMin} \div I_{ZMax}$. Thiết kế mạch ổn áp dùng Diode Zener chính là chọn D_Z và xác định giá trị R_I sao cho thỏa mãn các điều kiện ổn áp với tải cũng như với điện áp vào. Dòng I_{ZMax} được cho bởi các nhà sản xuất thông qua công suất P_Z và điện áp ra V_Z . Các nhà sản xuất cung cấp Zener theo các mức công suất như sau: $P_Z = 1/4W, 1/2W, 1W, 10W$ và $50W \dots$ Dòng I_{ZMax} được tính như sau:

$$I_{ZMax} = \frac{P_Z}{V_Z} \quad (8)$$

I_{ZMin} được chọn bằng $0.1I_{ZMax}$ là thỏa mãn yêu cầu ổn áp của Zener.

a. Khảo sát trường hợp ổn áp đối với áp vào

Trường hợp chỉ có điện áp vào v_i thay đổi trong tầm $V_{IMin} \div V_{IMax}$ còn dòng tải I_L cố định. Để mạch hoạt động ổn áp thì khi $v_i = V_{IMin}$ dòng điện phân cực ngược của D_Z phải không nhỏ hơn I_{ZMin} và khi $v_i = V_{IMax}$, dòng điện

phân cực ngược của D_Z phải không lớn hơn I_{ZMax} . Lúc đó điều kiện của R_I là:

$$\frac{V_{IMax} - V_Z}{I_{ZMax} + I_L} \leq R_I \leq \frac{V_{IMin} - V_Z}{I_{ZMin} + I_L} \quad (9)$$

Biểu thức (9) có nghiệm khi :

$$\frac{V_{IMax} - V_Z}{I_{ZMax} + I_L} \leq \frac{V_{IMin} - V_Z}{I_{ZMin} + I_L} \quad (10)$$

Chọn $I_{ZMin} = 0.1I_{ZMax}$, (11) được viết lại như sau:

$$I_{ZMax} \geq \frac{V_{IMax} - V_{IMin}}{V_{IMin} - 0.1V_{IMax} - 0.9V_Z} \quad (12)$$

Vậy I_{ZMax} tối thiểu phải là:

$$(I_{ZMax})_{Min} = \frac{V_{IMax} - V_{IMin}}{V_{IMin} - 0.1V_{IMax} - 0.9V_Z} \quad (13)$$

Công suất tối thiểu của Zener:

$$(P_Z)_{Min} = V_Z (I_{ZMax})_{Min} \quad (14)$$

Chọn Zener có $P_Z \geq (P_Z)_{Min}$

Tìm I_{ZMax} , $I_{ZMin} = 0.1I_{ZMax}$ từ P_Z đã chọn, thế vào (9) để chọn R_I .

Ví dụ: Thiết kế mạch ổn áp dùng Zener nhận điện áp vào trong tầm 12V ÷ 17V, cung cấp điện áp ra ổn định 5.6V cho tải $R_L = 100\Omega$.

$$I_L = 56mA, V_{IMin} = 12V, V_{IMax} = 17V$$

$$(I_{ZMax})_{Min} = \frac{17 - 12}{12 - 0.1 \times 17 - 0.9 \times 5.6} \times 56 = 53.2mA$$

$$(P_Z)_{Min} = 5.6 \times 53.2 = 298mW = 0.298W$$

Chọn $P_Z = 0.5W$, suy ra: $I_{ZMax} = 89mA$, $I_{ZMin} = 8.9mA$

Từ (9), ta có:

$$\frac{17 - 5.6}{89 + 56} k\Omega \leq R_I \leq \frac{12 - 5.6}{8.9 + 56} k\Omega$$

$$\Leftrightarrow 78.6\Omega \leq R_I \leq 98.6\Omega$$

Chọn $R_I = 82\Omega$.

b. Khảo sát trường hợp ổn áp đối với tải R_L

Trường hợp chỉ có dòng tải thay đổi từ $I_{LMin} \div I_{LMax}$ còn điện áp vào V_I cố định. Để mạch hoạt động ổn áp thì khi $I_L = I_{LMin}$ thì dòng điện phân cực ngược của D_Z phải không lớn hơn I_{ZMax} và khi $I_L = I_{LMax}$, dòng điện phân cực ngược của D_Z phải không nhỏ hơn I_{ZMin} . Lúc đó điều kiện của R_I là:

$$\frac{V_I - V_Z}{I_{LMin} + I_{ZMax}} \leq R_I \leq \frac{V_I - V_Z}{I_{LMax} + I_{ZMin}} \quad (15)$$

Biểu thức (15) có nghiệm R_I khi:

$$\frac{V_I - V_Z}{I_{LMin} + I_{ZMax}} \leq \frac{V_I - V_Z}{I_{LMax} + I_{ZMin}} \quad (16)$$

Chọn $I_{ZMin} = 0.1I_{ZMax}$, (16) được viết lại như sau:

$$I_{ZMax} \geq \frac{I_{LMax} - I_{LMin}}{0.9} \quad (17)$$

Vậy I_{ZMax} tối thiểu phải là:

$$(I_{ZMax})_{Min} = \frac{I_{LMax} - I_{LMin}}{0.9} \quad (18)$$

Công suất tối thiểu của Zener:

$$(P_Z)_{Min} = V_Z (I_{ZMax})_{Min} \quad (19)$$

Chọn Zener có $P_Z \geq (P_Z)_{Min}$

Tìm I_{ZMax} , $I_{ZMin} = 0.1I_{ZMax}$ từ P_Z đã chọn, thế vào (15) để chọn R_I .

Ví dụ: Thiết kế mạch ổn áp dùng Zener có điện áp ngõ ra ổn định 7.2V khi mạch hoạt động với điện áp vào 15V, cung cấp dòng tải I_L trong tầm 10mA ÷ 100mA.

$$I_{LMax} = 100mA, I_{LMin} = 10mA.$$

$$V_I = 15V$$

$$(I_{ZMax})_{Min} = \frac{100 - 10}{0.9} = 100mA$$

$$(P_Z)_{Min} = 7.2 \times 100 = 720mW = 0.72W$$

Chọn $P_Z = 1W$, suy ra: $I_{ZMax} = 139mA$, $I_{ZMin} = 13.9mA$

Từ (15), ta có:

$$\frac{15 - 7.2}{10 + 139} \text{ k}\Omega \leq R_I \leq \frac{15 - 7.2}{100 + 13.9} \text{ k}\Omega$$

$$\Leftrightarrow 53.4\Omega \leq R_I \leq 68.5\Omega$$

Chọn $R_I = 56\Omega$.

c. Khảo sát trường hợp ổn áp đối với áp vào và tải R_L

Khảo sát trường hợp cả V_I và dòng tải đều thay đổi, V_I thay đổi trong tầm từ $V_{I\text{Min}} \div V_{I\text{Max}}$, dòng tải thay đổi từ $I_{L\text{Min}} \div I_{L\text{Max}}$, xét các trường hợp xấu nhất. Khi $V_I = V_{I\text{Min}}$ và $I_L = I_{L\text{Max}}$ thì dòng điện phân cực ngược của D_Z phải không nhỏ hơn $I_{Z\text{Min}}$. Khi $V_I = V_{I\text{Max}}$ và $I_L = I_{L\text{Min}}$ thì dòng điện phân cực ngược của D_Z phải không lớn hơn $I_{Z\text{Max}}$. Lúc đó điều kiện của R_I là:

$$\frac{V_{I\text{Max}} - V_Z}{I_{L\text{Min}} + I_{Z\text{Max}}} \leq R_I \leq \frac{V_{I\text{Min}} - V_Z}{I_{L\text{Max}} + I_{Z\text{Min}}} \quad (20)$$

Biểu thức (20) có nghiệm khi:

$$\frac{V_{I\text{Max}} - V_Z}{I_{L\text{Min}} + I_{Z\text{Max}}} \leq \frac{V_{I\text{Min}} - V_Z}{I_{L\text{Max}} + I_{Z\text{Min}}} \quad (21)$$

Chọn $I_{Z\text{Min}} = 0.1I_{Z\text{Max}}$, (21) được viết lại như sau:

$$I_{Z\text{Max}} \geq \frac{(V_{I\text{Max}} - V_Z)I_{L\text{Max}} - (V_{I\text{Min}} - V_Z)I_{L\text{Min}}}{V_{I\text{Min}} - 0.1V_{I\text{Max}} - 0.9V_Z}$$

Vậy $I_{Z\text{Max}}$ tối thiểu phải là:

$$(I_{Z\text{Max}})_{\text{Min}} = \frac{(V_{I\text{Max}} - V_Z)I_{L\text{Max}} - (V_{I\text{Min}} - V_Z)I_{L\text{Min}}}{V_{I\text{Min}} - 0.1V_{I\text{Max}} - 0.9V_Z}$$

Công suất tối thiểu của Zener:

$$(P_Z)_{\text{Min}} = V_Z (I_{Z\text{Max}})_{\text{Min}}$$

Chọn Zener có $P_Z \geq (P_Z)_{\text{Min}}$

Tìm $I_{Z\text{Max}}$, $I_{Z\text{Min}} = 0.1I_{Z\text{Max}}$ từ P_Z đã chọn, thế vào (20) để chọn R_I .

Ví dụ: Thiết kế mạch ổn áp dùng Zener có ngõ ra ổn định 5.6V khi V_I thay đổi trong tầm 12V ÷ 17V, dòng tải I_L trong tầm 10mA ÷ 50mA.

$$V_{I\text{Min}} = 12\text{V}, V_{I\text{Max}} = 17\text{V}, I_{L\text{Min}} = 10\text{mA}, I_{L\text{Max}} = 50\text{mA}.$$

$$(I_{ZMax})_{Min} = \frac{(17 - 5.6) \times 50 - (12 - 5.6) \times 10}{12 - 0.1 \times 17 - 0.9 \times 5.6} = 96.2mA$$

$$(P_Z)_{Min} = 5.6 \times 96.2 = 538.7mW = 0.5387W$$

Chọn $P_Z = 1W$, suy ra $I_{ZMax} = 178mA$, $I_{ZMin} = 17.8mA$.

Từ (20), có:

$$\frac{17 - 5.6}{10 + 178} k\Omega \leq R_I \leq \frac{12 - 5.6}{50 + 17.8} k\Omega$$

$$\Leftrightarrow 60.6\Omega \leq R_I \leq 94.4\Omega. \text{ Chọn } R_I = 82\Omega.$$

d. Một vài chú ý

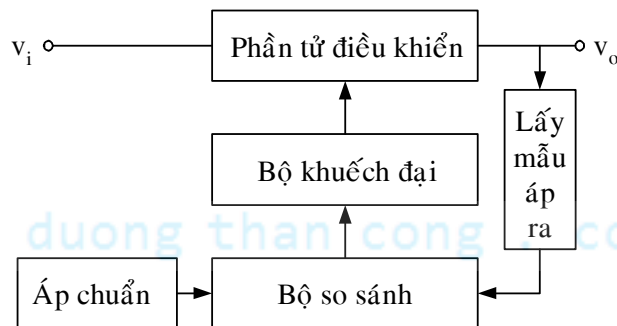
Khi thiết kế giá trị V_Z chỉ là điện áp danh định, trên thực tế tuy độ dốc của đặc tuyến Zener là rất lớn nhưng không phải vô cùng, do vậy điện áp ra không bằng V_Z trong cả tầm từ I_{ZMin} đến I_{ZMax} mà sẽ bằng $V_Z \pm \Delta V$. Người ta đưa ra hệ số ổn áp $VR\%$ như sau:

$$VR\% = \frac{|V_o - V_Z|}{V_Z} \times 100\%$$

Giá trị R_I chọn được từ các thiết kế ở trên không làm cho Zener hoạt động hết tầm từ I_{ZMin} đến I_{ZMax} mà chỉ là một khoảng trong đoạn này. Do vậy tầm của áp vào V_I hay tải R_L có thể rộng hơn so với yêu cầu thiết kế.

2. Mạch ổn áp có hồi tiếp

Các mạch ổn áp đơn giản dùng Zener nói chung cho độ ổn áp không cao cũng như công suất ra không lớn. Để đạt được độ ổn áp cao hơn, công suất ngõ ra lớn hơn người ta dùng các mạch ổn áp có hồi tiếp. Sơ đồ khối mạch ổn áp có hồi tiếp như hình 9.



Hình 9. Sơ đồ khối mạch ổn áp có hồi tiếp

Nguyên lý hoạt động của mạch : Một phần điện áp ra được lấy mẫu hồi tiếp về bộ so sánh để so sánh với điện áp chuẩn. Kết quả so sánh được khuếch đại lên và đưa tới phần tử điều khiển. Phần tử điều khiển thay đổi tham số làm cho áp ra thay đổi tiệm cận dần tới giá trị áp chuẩn mong muốn.

a. Mạch ổn áp có hồi tiếp dùng BJT

Sơ đồ mạch ổn áp có hồi tiếp đơn giản dùng BJT như hình 10.

Trên hình 10, BJT Q_1 là phần tử điều khiển vừa làm nhiệm vụ khuếch đại công suất. BJT Q_3 vừa là phần tử khuếch đại vừa là phần tử so sánh.

R_5 và D_{Z2} tạo áp chuẩn:

$$V_{REF} = V_{BE3} + V_{Z2} \approx V_{Z2} + 0.7V$$

R_1 , R_2 , Q_2 và D_{Z1} tạo nguồn dòng không đổi:

$$I_{C2} = \frac{V_{Z1} - V_{BE2}}{R_1} \approx \frac{V_{Z1} - 0.7}{R_1}$$

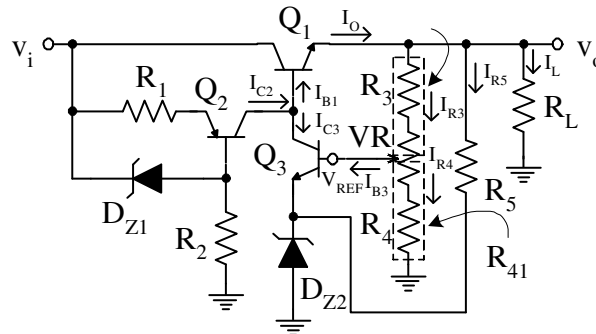
R_3 , R_4 và VR đóng vai trò mạch lấy mẫu điện áp ra:

$$V_{REF} = \frac{R_{41}}{R_{41} + R_{31}} V_o$$

Hay :

$$V_o = \left(1 + \frac{R_{31}}{R_{41}} \right) V_{REF}$$

V_{REF} không đổi, suy ra tỷ số của R_{31} và R_{41} quyết định giá trị áp ra.



Hình 10. Sơ đồ mạch ổn áp có hồi tiếp dùng BJT

- **Điều kiện của áp vào V_i**

Điện áp vào phải đủ lớn để phân cực cho khối tạo nguồn dòng thì mạch mới có thể hoạt động. Để có được áp ra V_O như mong muốn thì V_i phải lớn hơn so với V_O . Như vậy giá trị áp ra mong muốn và điều kiện phân cực của khối tạo nguồn dòng quyết định ngưỡng dưới của áp vào V_i .

Ngưỡng trên của áp vào phụ thuộc vào công suất của D_{Z1} và điện áp V_{CE} cực đại của BJT Q_1 . Nếu áp vào quá lớn làm dòng qua D_{Z1} tăng lên, điện áp đặt lên cực C và E của Q_1 cũng tăng lên, tới một giá trị nào đó sẽ làm hỏng D_{Z1} và Q_1 .

- **Điều kiện đối với tải R_L**

$$I_O = \beta_1 I_{B1}, I_{B1} = I_{C2} - I_{C3}, I_{C2} = \text{const}$$

$$I_O = I_L + I_{R5} + I_{R3}$$

$$I_{R4} = \frac{V_{REF}}{R_{41}} = \text{const}$$

$$I_{R5} = \text{const}$$

$$I_{R3} = I_{B3} + I_{R4}$$

Do đó khi R_L giảm thì I_L tăng, làm cho I_{R3} giảm, dẫn tới I_{B3} giảm, I_{C3} giảm, I_{B1} tăng, I_O tăng bù lại khoảng tăng của I_L .

Khi R_L tăng thì I_L giảm, làm I_{R3} tăng, dẫn tới I_{B3} tăng, I_{C3} tăng, I_{B1} giảm, I_O giảm bù lại khoảng giảm của I_L .

Dòng ra cực tiểu đối với mạch ổn áp này là $I_L = 0$, dòng ra cực đại xấp xỉ $\beta_1 I_{C2}$.

Người ta định nghĩa hệ số ổn áp như sau:

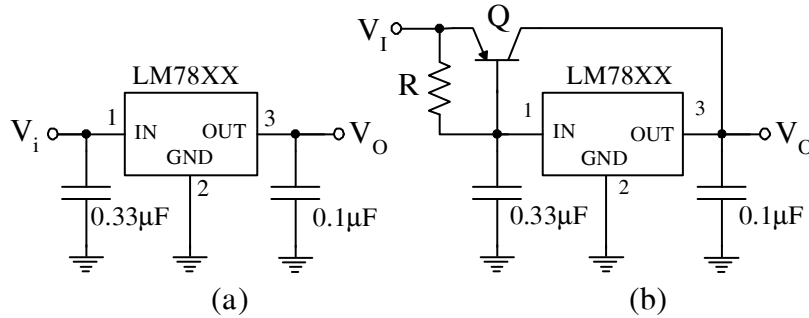
$$VR\% = \frac{|V_O - V_{NL}|}{V_{NL}} \times 100\%$$

Trong đó $VR\%$ là hệ số ổn áp, V_{NL} là áp ra khi không tải ($I_L = 0$). V_O là áp ra khi có tải R_L .

c. Mạch ổn áp dùng vi mạch

Các vi mạch ổn áp là các mạch ổn áp có hồi tiếp được tích hợp thành một vi mạch gọi là vi mạch ổn áp. Vi mạch ổn áp thông dụng trên thị trường là

các mạch ổn áp LM78XX, LM79XX, LM317 ... Vì mạch ổn áp LM78XX cho điện áp ra dương, XX là số Volt ngõ ra, ví dụ LM7809 cho điện áp ổn áp ra 9V. Vì mạch ổn áp LM79XX cho điện áp ra âm với giá trị là XX. Vì mạch ổn áp LM317 cho điện áp ra dương có thể điều chỉnh được. Dòng ra đối với họ 78XX và 79XX tối đa khoảng 1A, dòng ra tối đa của LM317 vào khoảng 1.5A.

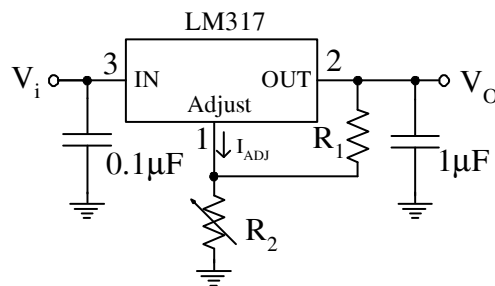


Hình 11. Mạch ổn áp dùng IC 7805. (a) Thông thường. (b) Tăng dòng ra

Mạch ứng dụng thông thường của LM78XX như hình 11(a). Hình 11(b) là sơ đồ mạch ổn áp dùng LM78XX có thêm Transistor công suất để tăng dòng ngõ ra. Trong đó V_i là điện áp sau bộ chỉnh lưu và bộ lọc.

Mạch ứng dụng thông thường của LM317 như hình 12. Trong đó:

$$V_o \approx 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$



Hình 12. Mạch ổn áp dùng IC LM317

D. YÊU CẦU TRƯỚC KHI THÍ NGHIỆM

Chú ý: Sinh viên phải thực hiện phần này trên giấy để giáo viên hướng dẫn kiểm tra trước khi vào thí nghiệm. Không thực hiện phần này, sinh viên sẽ không được vào làm thí nghiệm. Khi chọn giá trị điện trở và tụ điện, sinh

viên cần lựa chọn giá trị trên thực tế gần với tính toán nhất theo bảng cho ở phần phụ lục.

I. Mạch chỉnh lưu và mạch lọc

1. Với mạch chỉnh lưu bán kỳ áp vào 12V hiệu dụng, $f_L = 50\text{Hz}$, $V_D = 0.7\text{V}$, hãy xác định V_{im} , V_{om} , V_{ODC} , V_{OAC} , điện áp thuận cực đại trên Diode (V_D), điện áp ngược cực đại trên Diode (V_{Dr}), hệ số gợn sóng r , tần số cơ bản của áp ra (f_o). Ghi các giá trị này vào bảng 1.

2. Với mạch chỉnh lưu bán kỳ áp vào 12V hiệu dụng, $f_L = 50\text{Hz}$, $V_D = 0.7\text{V}$, có mạch lọc, tụ lọc C , tải $R_L = \infty$, hãy xác định V_{om} , V_{ODC} , V_{OAC} , V_D , V_{Dr} , r , f_o . Ghi các giá trị vào bảng 2.

3. Với mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 Diode, áp vào 12V hiệu dụng, $f_L = 50\text{Hz}$, $V_D = 0.7\text{V}$, hãy xác định V_{im} , V_{om} , V_{ODC} , V_{OAC} , V_D , V_{Dr} , r , f_o . Ghi các giá trị này vào bảng 3.

4. Với mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 Diode, áp vào 12V hiệu dụng, $f_L = 50\text{Hz}$, có mạch lọc, tụ lọc C , $R_L = \infty$, $V_D = 0.7\text{V}$, hãy xác định V_{om} , V_{ODC} , V_{OAC} , V_D , V_{Dr} , r , f_o . Ghi các giá trị vào bảng 4.

II. Mạch ổn áp

1. Cho D_Z có $V_Z = 5.1\text{V}$, hãy tìm R_I để mạch nhận điện áp vào $8\text{V} \div 12\text{V}$ và cấp điện áp ra ổn định 5.1V cho tải 220Ω .

2. Cho D_Z có $V_Z = 5.1\text{V}$, hãy tìm R_I để mạch nhận điện áp vào 12V và cung cấp điện áp ra ổn định 5.1V cho tải $10\text{mA} \div 50\text{mA}$.

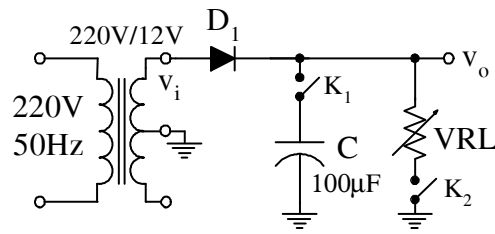
3. Cho D_Z có $V_Z = 5.1\text{V}$, hãy tìm R_I để mạch nhận điện áp vào $9\text{V} \div 12\text{V}$ cung cấp điện áp ra ổn định cho dòng tải $10\text{mA} \div 25\text{mA}$.

E. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

I. Mạch chỉnh lưu và mạch lọc

1. Mạch chỉnh lưu bán kỳ

Thực hiện mạch trên sơ đồ nguyên lý hình 13.



Hình 13. Sơ đồ thí nghiệm mạch chỉnh lưu bán kỳ

a. Khi K_1 hở, K_2 đóng, biến trở VRL chỉnh về cực đại

i) Dùng dao động ký để ở DC quan sát và vẽ lại dạng sóng của tín hiệu v_i , v_o và điện áp trên Diode trên cùng một hệ trục tọa độ theo thời gian. Xác định V_{im} , V_{om} , V_D , V_{Dr} . Ghi các giá trị vào bảng 1.

ii) Dùng máy đo Fluke 45, nhấn phím V_{DC} để đo V_{ODC} , nhấn đồng thời hai phím V_{DC} và V_{AC} để đo V_{OTRMS} , nhấn phím FREQ để đo f_o . Tính V_{OAC} , r , ghi các giá trị vào bảng 1.

Bảng 1. Bảng các thông số của mạch chỉnh lưu bán kỳ

Đại lượng	V_{im}	V_{om}	V_D	V_{Dr}	V_{ODC}	V_{OTRMS}	V_{OAC}	r	f_o
Tính toán									
Đo đạc									

b. Khi K_1 đóng, K_2 hở

i) Dùng dao động ký để ở DC quan sát và vẽ lại dạng sóng của v_i , v_o , điện áp trên Diode trên cùng một hệ trục tọa độ theo thời gian. Xác định V_{im} , V_{om} , V_D , V_{Dr} . Ghi các giá trị vào bảng 2.

ii) Dùng máy đo Fluke 45 nhấn phím V_{DC} để đo V_{ODC} , nhấn đồng thời hai phím V_{DC} và V_{AC} để đo V_{OTRMS} , nhấn phím FREQ để đo f_o , tính V_{OAC} , r . Ghi các giá trị vào bảng 2.

Bảng 2 . Bảng thông số của mạch chỉnh lưu bán kỳ có mạch lọc, không tải

Đại lượng	V_{im}	V_{om}	V_D	V_{Dr}	V_{ODC}	V_{OTRMS}	V_{OAC}	r	f_o
Tính toán									
Đo đạc									

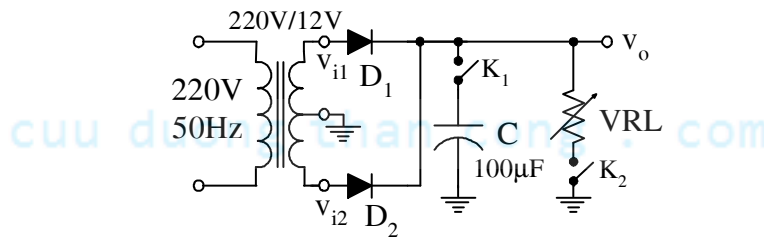
c. Khi K_1 và K_2 đều đóng

i) Dùng dao động ký để ở DC quan sát đồng thời tín hiệu v_i và v_o . Điều chỉnh biến trở VRL, nhận xét và giải thích về sự thay đổi của v_i và v_o .

ii) Điều chỉnh biến trở VRL để $V_{omin} = 8V$, cách ly biến trở VRL ra khỏi mạch, dùng máy đo Fluke 45 nhấn phím Ω để đo giá trị của VRL. Giá trị này sẽ dùng để so sánh với mạch chỉnh lưu toàn kỳ.

2. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ

Thực hiện mạch trên sơ đồ nguyên lý hình 14

**Hình 14. Sơ đồ thí nghiệm mạch chỉnh lưu toàn kỳ****a. Khi K_1 hở, K_2 đóng, biến trở VRL chỉnh về cực đại**

i) Dùng dao động ký để ở DC quan sát và vẽ lại dạng sóng của v_{i1} , v_{i2} , v_o , điện áp trên D_1 , D_2 trên cùng một hệ trục theo thời gian. Xác định V_{im} , V_{om} , V_{D1} , V_{D2} , V_{Dr1} , V_{Dr2} . Ghi các giá trị vào bảng 3.

ii) Dùng máy đo Fluke 45, nhấn phím V_{DC} để đo V_{ODC} , nhấn đồng thời hai phím V_{DC} và V_{AC} để đo V_{OTRMS} , nhấn phím FREQ để đo f_o . Tính V_{OAC} , r , ghi các giá trị vào bảng 3.

Bảng 3. Bảng thông số của mạch chỉnh lưu toàn kỳ

Đại lượng	V_{im}	V_{om}	V_{D1}	V_{Dr1}	V_{D2}	V_{Dr2}	V_{ODC}	V_{OTRMS}	V_{OAC}	r	f_o
Tính toán											
Đo đạc											

b. Khi K_1 đóng, K_2 hở

i) Dùng dao động ký để ở DC quan sát và vẽ lại dạng sóng của v_i , v_o , điện áp trên D_1 , D_2 trên cùng một hệ trục theo thời gian. Xác định V_{im} , V_{om} , V_{D1} , V_{D2} , V_{Dr1} , V_{Dr2} . Ghi các giá trị vào bảng 4.

ii) Dùng máy đo Fluke 45, nhấn phím V_{DC} để đo V_{ODC} , nhấn đồng thời hai phím V_{DC} và V_{AC} để đo V_{OTRMS} , nhấn phím FREQ để đo f_o . Tính V_{OAC} , r , ghi các giá trị vào bảng 4.

c. Khi K_1 và K_2 đều đóng

i) Dùng dao động ký để ở DC quan sát đồng thời tín hiệu v_{i1} và v_o . Điều chỉnh biến trở VRL, nhận xét và giải thích về sự thay đổi của v_{i1} và v_o .

ii) Điều chỉnh biến trở VRL để $V_{omin} = 8V$, cách ly biến trở VRL ra khỏi mạch, dùng máy đo Fluke 45 nhấn phím Ω để đo giá trị của VRL. Giá trị này sẽ dùng để so sánh với mạch chỉnh lưu bán kỳ.

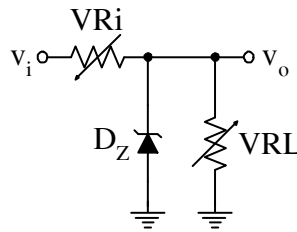
Bảng 4. Bảng thông số của mạch chỉnh lưu toàn kỳ có lọc, không tải

Đại lượng	V_{im}	V_{om}	V_{D1}	V_{Dr1}	V_{D2}	V_{Dr2}	V_{ODC}	V_{OTRMS}	V_{OAC}	r	f_o
Tính toán											
Đo đạc											

II. MẠCH ỔN ÁP

1. Mạch ổn áp dùng Diode Zener

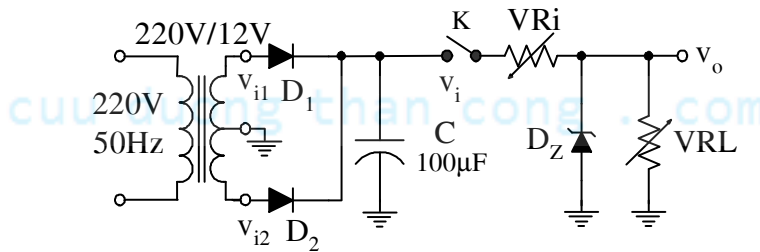
Thực hiện mạch trên sơ đồ hình 15



Hình 15. Sơ đồ mạch thí nghiệm ổn áp dùng Zener

a. Khảo sát trường hợp tải R_L cố định v_i thay đổi

i) Điều chỉnh biến trở VR_i và VRL bằng với R_i và R_L cho và tìm được ở phần yêu cầu trước khi vào thí nghiệm. Dùng bộ nguồn AX322 cấp điện áp DC vào ngõ vào v_i , dùng máy đo Fluke 45 đo v_o , lập đo v_o , $VR\%$ khi v_i thay đổi trong tầm 1,16.



Hình 16. Mạch ổn áp dùng Zener với tín hiệu lấy từ khối mạch lọc

ii) Thực hiện mạch trên hình 16, giữ nguyên biến trở VR_i và VRL , dùng dao động ký để ở DC quan sát v_i khi K hở và K đóng. Nhận xét và giải thích sự thay đổi. Khi K đóng, dùng dao động ký quan sát đồng thời tín hiệu v_i và v_o , dùng máy đo Fluke 45 xác định hệ số gợn sóng của v_i (r_i) và v_o (r_o), nhận xét và giải thích kết quả thu được.

b. Khảo sát trường hợp v_i cố định, R_L thay đổi

Điều chỉnh biến trở VR_i bằng với R_i ở phần yêu cầu trước khi vào thí nghiệm. Dùng bộ nguồn AX322 cấp điện áp vào 12V DC cho mạch. Dùng

máy đo Fluke 45 đo và lập bảng 5. Chú ý chỉnh biến trở VRL để thay đổi dòng tải I_L .

Bảng 5. Bảng đo các thông số mạch ổn áp dùng Zener khi I_L thay đổi

$I_L(\text{mA})$	6	8	10	20	30	40	50	52	54
$V_O(\text{V})$									
$VR(\%)$									

Bảng 6. Bảng đo thông số mạch ổn áp dùng Zener khi V_i và I_L thay đổi

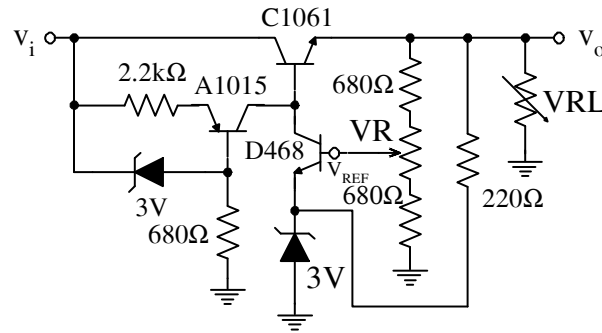
$V_i(\text{V})$	$I_L(\text{mA})$								
	8	10	12	15	18	20	22	25	27
8									
9									
10									
11									
12									
13									
$V_O(\text{V})$									

c. Khảo sát trường hợp V_i và R_L đều thay đổi

Điều chỉnh biến trở VR_i bằng với R_i ở phần yêu cầu trước khi vào thí nghiệm. Dùng bộ nguồn AX322 để cấp áp vào DC cho mạch, nối biến trở VRL làm tải. Dùng máy đo Fluke 45 đo V_O và lập bảng 6.

2. Mạch ổn áp có hồi tiếp dùng BJT

Thực hiện mạch trên sơ đồ hình 17.



Hình 17. Sơ đồ thí nghiệm mạch ổn áp có hồi tiếp dùng BJT

- Dùng bộ nguồn AX322 cung cấp áp vào DC cho mạch. Hở tải VRL, chỉnh áp vào 10V, chỉnh VR để áp ra 5V. Giữ nguyên biến trở trong suốt quá trình thí nghiệm.
- Nối biến trở VRL làm tải, dùng máy đo Fluke 45 đo V_o , lập bảng 7.
- Thực hiện mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng hai Diode và tụ lọc $100\mu\text{F}$ như phần trước khóa K của hình 16 để cấp áp vào v_i cho mạch hình 17, điều chỉnh $VRL = 220\Omega$. Dùng dao động ký quan sát dạng sóng của tín hiệu v_i , v_o . Dùng máy đo Fluke 45 xác định hệ số gợn sóng của tín hiệu v_i và v_o . Nhận xét về tính ổn định của áp ra, so sánh với mạch ổn áp dùng Zener.

Bảng 7. Bảng đo thông số của mạch ổn áp có hồi tiếp dùng BJT

$V_i(\text{V})$	$I_L(\text{mA})$								
	0	20	40	60	80	100	120	140	160
6									
8									
10									
12									

14									
16									
18									
20									
V _O (V)									

3. Mạch ổn áp dùng IC

i) Thực hiện mạch trên hình 11(a), dùng hộp biến trở nối vào ngõ ra của mạch. Điều chỉnh hộp biến trở bằng 220Ω, dùng mạch chỉnh lưu toàn kỳ có lọc như hình 16 (phía trước khóa K) để cấp tín hiệu vào V_i cho mạch. Dùng dao động ký quan sát tín hiệu vào và ra, dùng máy đo Fluke 45 để xác định hệ số gợn sóng của tín hiệu vào và ra. So sánh với mạch ổn áp dùng Zener và mạch ổn áp có hồi tiếp dùng BJT.

ii) Thực hiện mạch trên hình 12, dùng hộp biến trở nối vào ngõ ra của mạch. Điều chỉnh hộp biến trở bằng 220Ω, dùng mạch chỉnh lưu toàn kỳ có lọc như hình 16 (phía trước khóa K) để cấp tín hiệu vào V_i cho mạch. Điều chỉnh biến trở VR để có điện áp 5V ở ngõ ra. Dùng dao động ký quan sát tín hiệu vào và ra, dùng máy đo Fluke 45 để xác định hệ số gợn sóng của tín hiệu vào và ra. So sánh với mạch ổn áp dùng Zener và mạch ổn áp có hồi tiếp dùng BJT.

F. BÁO CÁO THÍ NGHIỆM

Trong bài báo cáo thí nghiệm sinh viên cần trình bày tối thiểu các vấn đề sau:

1. Các mạch thí nghiệm.
2. Các số liệu thiết kế.
3. Các số liệu chạy mạch thực tế.
4. Các nhận xét, giải thích và so sánh.

G. GIÁ TRỊ ĐIỆN TRỞ 3 VẠCH MÀU

Hai vạch màu đầu tiên có trên thị trường cho điện trở 3 vạch màu sai số 20% là : 10, 12, 15, 18, 20, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82.

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com