

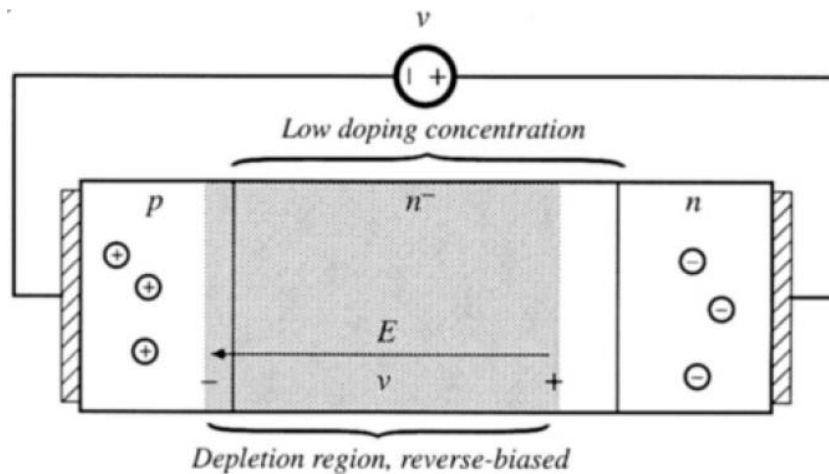
1. Cấu tạo, kí hiệu và phân loại:

Diode có kí hiệu và hình dáng như (Hình 2.1). Hai đầu gọi là Anode và Katod. Chiều phân cực thuận kí hiệu là F và chiều phân cực ngược kí hiệu là R.



Hình 2.1 - Kí hiệu và hình dáng Diode

Diode cấu tạo gồm 2 lớp bán dẫn P và N nối với nhau. Do có sự chênh lệch mật độ¹ điện tử giữa 2 lớp, tại vùng tiếp giáp P-N (depletion region) có sự dịch chuyển điện tử (electron) từ vùng N (mật độ điện tử lớn) sang vùng P (mật độ lỗ trống lớn). Sự dịch chuyển này làm cho vùng N tích điện dương (do mất electron) và vùng P tích điện âm, và do đó hình thành nên một hiệu điện thế tiếp giáp. Sự dịch chuyển điện tử do chênh lệch mật độ càng lớn thì điện thế tiếp giáp càng lớn và đến một lúc nào đó tạo ra sự cân bằng động: số lượng điện tử dịch chuyển từ N sang P (do chênh lệch mật độ) bằng với số lượng điện tử dịch chuyển từ P sang N (do điện thế tiếp giáp).



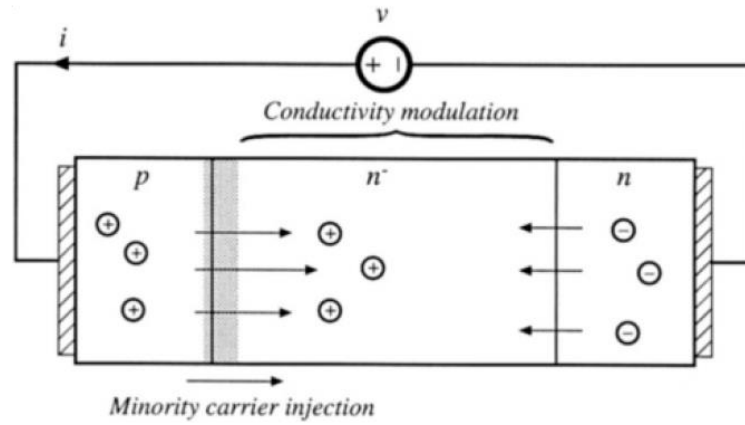
Hình 2.2 - Mối nối P-N phân cực ngược

Khi đặt điện áp âm vào cực P và dương vào cực N⁽²⁾: (Hình 2.2) Điện thế đặt vào cùng chiều với điện thế tiếp giáp, vùng tiếp giáp được mở rộng ra. Khi áp ngoài chưa đủ lớn, sẽ không có dòng điện qua diode. Khi áp ngoài đủ lớn³, có dòng điện qua diode nhưng đồng thời cũng đánh thủng diode.

¹ Điện tử sẽ dịch chuyển từ nơi có mật độ cao sang nơi có mật độ thấp hơn.

² Gọi là phân cực ngược.

³ Với diode chỉnh lưu điện áp này thường phải rất lớn vài trăm volt đến vài nghìn volt



Hình 2.3 - Mối nối P-N phân cực thuận

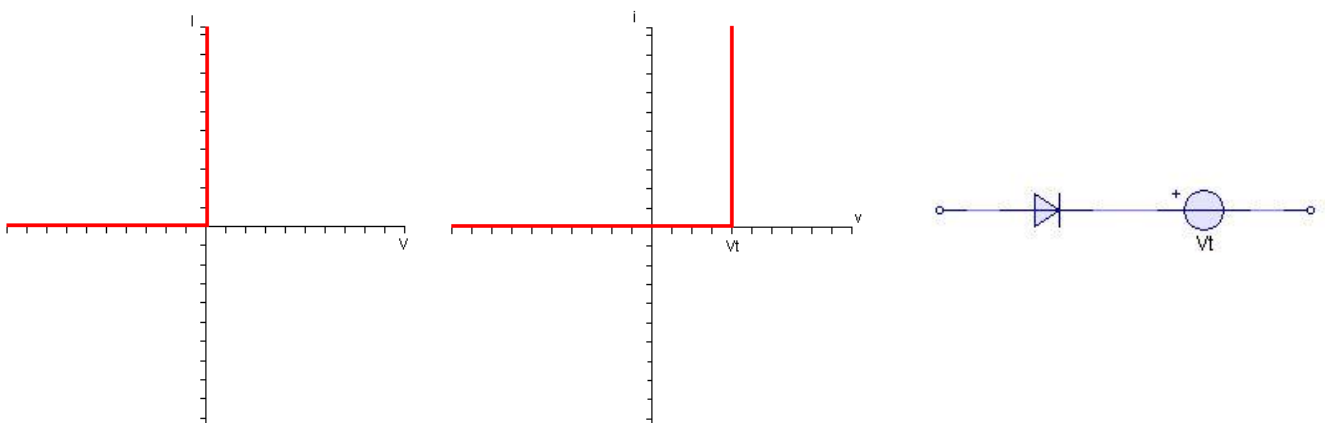
Khi đặt điện áp dương vào cực P và điện áp âm vào cực N: (Hình 2.3) Vùng chuyển tiếp thu hẹp lại. Nếu áp ngoài lớn hơn điện áp chuyển tiếp, sẽ có dòng điện qua diode. Lúc này diode được gọi là phân cực thuận.

Dựa vào ứng dụng của Diode, người ta chia Diode thành các loại sau:

- **Line frequency Diode:** Loại Diode này thường được dùng trong các ứng dụng chỉnh lưu. Chúng có thông số về điện áp ($\sim 5\text{kV}$) và dòng điện ($\sim 5\text{kA}$) hoạt động cao nhất trong các loại diode, đặc tính chịu quá dòng, quá áp rất tốt (giá trị gai khoảng gấp 6 lần giá trị trung bình). Bù lại chúng có các đặc tính phục hồi ngược lớn (Q_{rr} và t_{rr}).
- **Fast recovery diodes:** Loại Diode này có đặc tính phục hồi ngược bé ($\sim 1\text{ us}$). Chúng có thể đạt công suất cao và thường được dùng trong các ứng dụng đóng ngắt nhanh như mạch DC-DC, chỉnh lưu.
- **Schottky rectifiers:** Là loại diode chỉnh lưu nhanh nhất, không bị hiện tượng phục hồi ngược, điện áp phân cực thuận thấp (0.2V). Tuy nhiên chúng chỉ có thể đạt điện áp chịu đựng hàng trăm volts. Chúng thường được sử dụng trong các ứng dụng đo lường.

2. Đặc tính hoạt động:

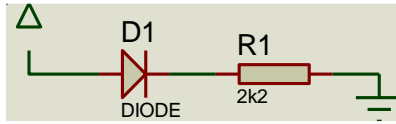
2.1. Đặc tính lý tưởng - Diode là một khóa điện tử:



Hình 2.4 - Mô hình diode lý tưởng

Đặc tính lý tưởng Diode là một khóa điện tử. Khóa hở khi phân cực ngược, khóa đóng khi phân cực thuận. Khi đóng (nối mạch), có rơi áp qua diode. Với diode Si, rơi áp khoảng 0.7V ; với diode Ge, rơi áp khoảng 0.2V .

Ví dụ: Tính dòng điện và công suất chạy qua diode trong mạch điện sau:



2.2. Đặc tính thực tế:

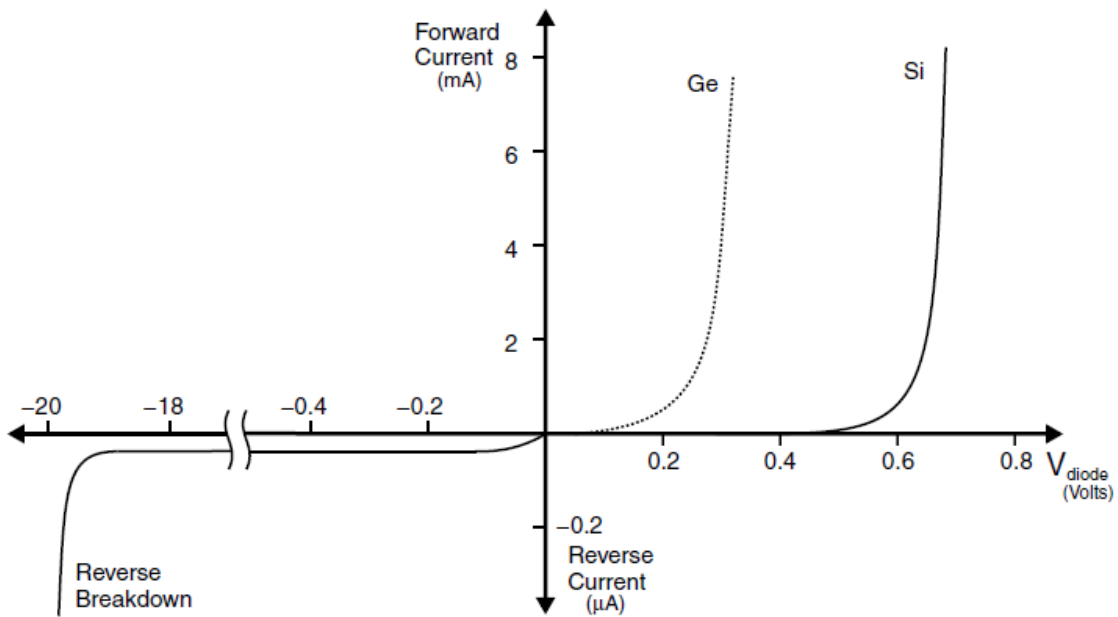
- Khi phân cực thuận: Điện áp phân cực thuận càng lớn thì rơi áp càng lớn (do ảnh hưởng của điện trở dẫn R_{ON}). Quan hệ dòng và áp lúc này gần như tuyến tính:

$$V_{AK} = V_J + R_{ON} \cdot I_F$$

- Khi phân cực ngược:

Luôn có dòng rò (leakage current) rất nhỏ đi qua diode. Dòng rò này không phụ thuộc vào áp ngược nhưng rất nhạy cảm với nhiệt độ mỗi nối P-N

Khi áp phân cực ngược đủ lớn V_{BR} thì diode bị đánh thủng, lúc này dòng ngược tăng nhanh gây hỏng Diode



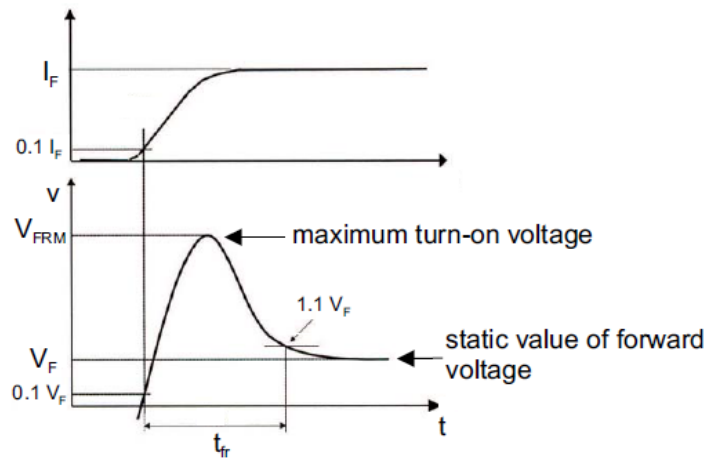
Hình 2.5 - Đặc tính thực tế của Diode

2.3. Đặc tính đóng ngắt: (Switching Characteristics of Power Diodes)

Diode cần một khoảng thời gian để chuyển từ trạng thái ngừng dẫn (OFF) sang trạng thái dẫn (ON) và ngược lại. Cần chú ý đến ảnh hưởng của khoảng thời gian chuyển tiếp này vì:

- Hiện tượng quá dòng, quá áp lúc mới đóng ngắt diode có thể gây hỏng hoặc kích dẫn không mong muốn các linh kiện khác.
- Dòng và áp qua diode thay đổi lúc đóng ngắt làm tăng công suất tiêu tán trên diode. Tần số đóng ngắt diode càng cao càng gây tiêu tốn công suất nhiều.

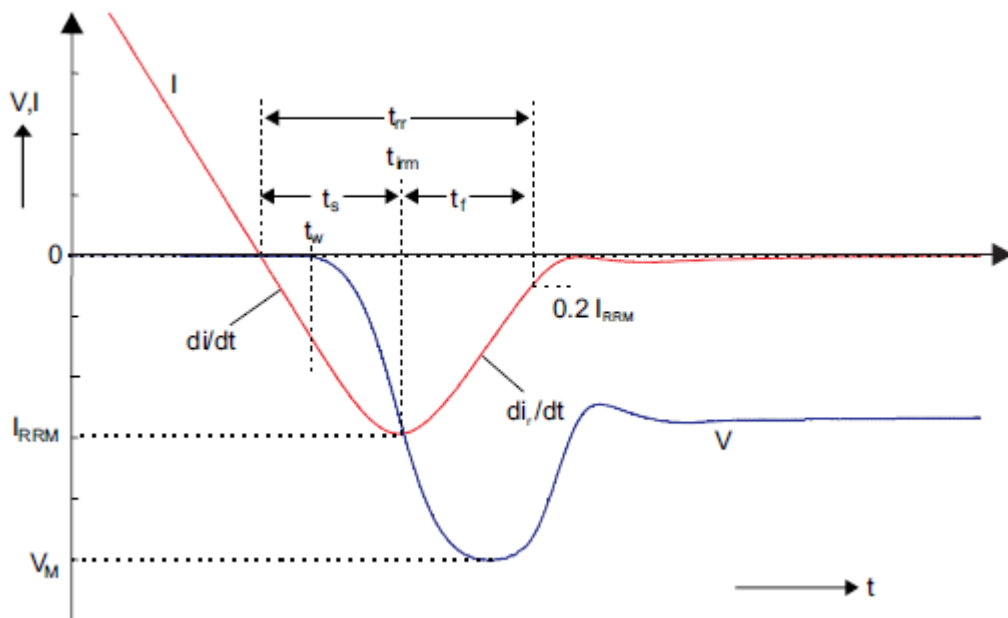
Đặc tính đóng (ON) theo thời gian t của Diode được cho trong hình bên dưới.



Hình 2.6 – Đặc tính đóng (ON) của Diode

Điện áp phục hồi thuận V_{FR} (forward recovery voltage) thường lớn hơn điện áp phân cực thuận V_F nhiều lần (có thể gây kích dẫn hoặc hư hỏng các thiết bị khác). Giá trị V_{FR} khoảng 10-30V, và thời gian phục hồi thuận t_{FR} khoảng 10 μ s.

Đặc tính ngắt (OFF) theo thời gian t của Diode được cho trong hình bên dưới.



Hình 2.7 – Đặc tính mở (OFF) của Diode [1]

Khi ngừng dẫn, điện tích¹ trên Diode được xả điện, làm Diode dẫn điện ngược trong một khoảng thời gian ngắn ngay sau khi mở (OFF).

Vậy để đảm bảo không bị ảnh hưởng bởi các xung điện áp và dòng điện gây ra do đặc tính đóng và mở của Diode như trên, trong ứng dụng đóng ngắt diode, người ta phải “chờ” cho các xung này mất đi rồi mới thay đổi trạng thái đóng ngắt của Diode. Chính điều này làm giới hạn tần số đóng ngắt tối đa của Diode

Một số lưu ý:

Khi cho Diode ngừng dẫn, dòng diode không ngừng giảm tại 0 mà bị dẫn ngược với dòng I_{RR} (peak reverse recovery current). Trong một số mạch dòng này có thể chạy qua tải hoặc kích dẫn các thiết bị đóng ngắt khác.

¹ Điện tích tại mỗi nối P-N của Diode. Điện tích này cũng gây ra sự rơi áp qua Diode khi phân cực thuận

Tại cuối thời gian đóng, nếu thời gian dẫn ngược quá nhanh (giá trị S nhỏ) thì V_{RR} lớn có thể gây hỏng linh kiện.

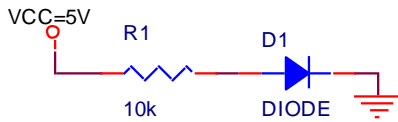
Thời gian dẫn ngược t_{rr} ảnh hưởng đến công suất tiêu tán trên diode. Đặc biệt khi tần số đóng ngắt càng lớn thì công suất tiêu tán càng lớn.

2.4. Phân tích mạch Diode:

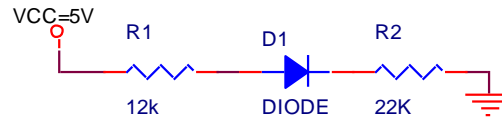
Việc phân tích mạch diode dựa vào đặc tính của diode: Khóa điện tử với điện áp mở khóa V_k

Trong các ví dụ sau, cho $V_f = 0.7V$, tính I_F ?

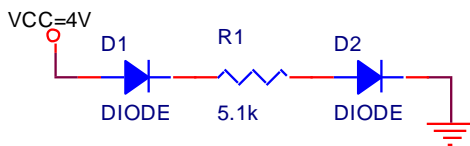
a)



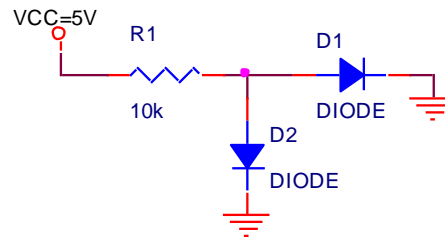
b)



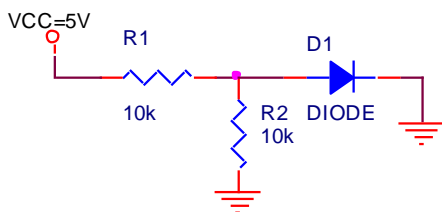
c)



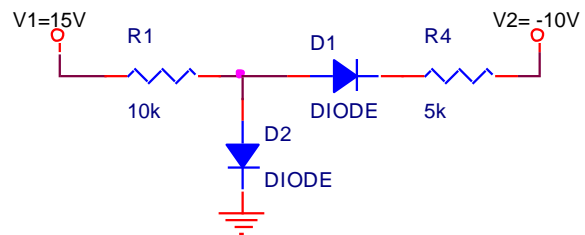
d)



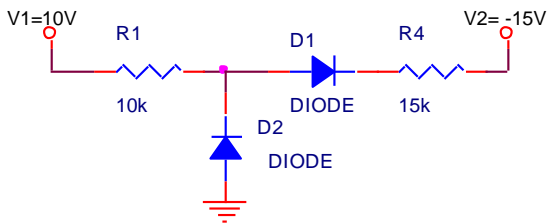
e)



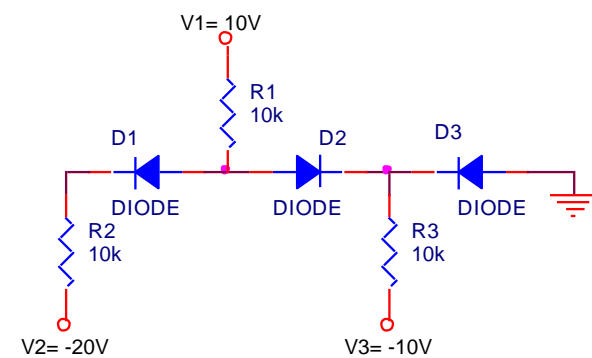
f)



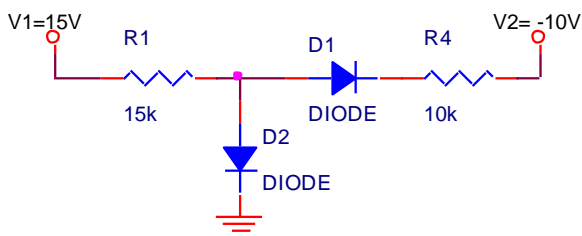
g)



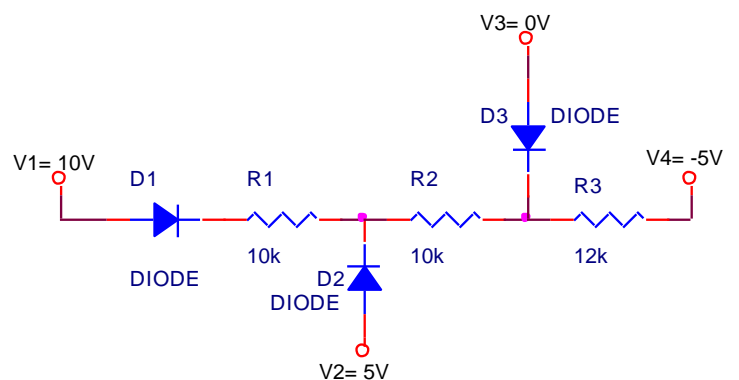
h)



i)



j)



Bài giải gợi ý: Xét mạch i. Giả sử Diode D1 và D2 cùng dẫn. Rơi áp qua D1, D2 là 0.7V. Ta có:

$$\text{Dòng điện qua R1 là } I_{R1} = \frac{V1 - 0.7}{R1} = \frac{15 - 0.7}{15k} = 0.953mA$$

$$\text{Dòng điện qua R2 là } I_{R2} = \frac{0.7 - V2}{R4} = \frac{0.7 - (-10)}{10k} = 1.07mA$$

Dòng điện qua D2 là $I_{D2} = I_{R1} - I_{R2} = 0.953 - 1.07 = -0.117mA$. Như vậy giả thiết không hợp lý

$$\text{Giải thiết D1 dẫn và D2 không dẫn. Dòng qua D1 là } I_{D1} = \frac{V1 - 0.7 - V2}{R1 + R4} = \frac{15 - 0.7 - (-10)}{25k} = 0.972mA$$

Rơi áp qua R1 là $V_{D2} = V1 - I_{R1}R1 = 15 - 15k \cdot 0.972 = 0.42V$. Điện áp qua D2 là $0.42V < 0.7$ nên D2 không dẫn, điều này phù hợp với giả thiết. Vậy kết luận $I_{D1} = 0.972mA$; $I_{D2} = 0mA$

2.5. Các thông số quan trọng của Diode:

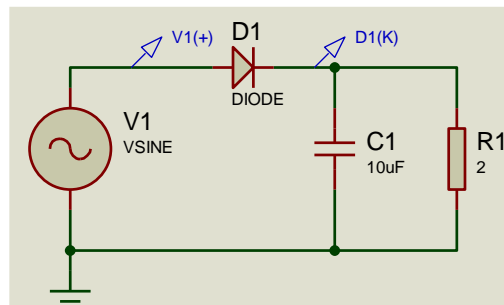
- Điện áp phân cực thuận - **Forward Voltage Drop**, V_f

Khi được phân cực thuận vượt quá 0.7V với diode Silicon và 0.3 với diode Germanium. Diode bắt đầu cho dòng điện đi qua nó. Trong tình trạng phân cực thuận: Rơi áp V_f gần như không đổi. Dòng điện qua diode phụ thuộc vào quan hệ áp - tải bên ngoài.

- Dòng rò: **Leakage current** - Dòng điện nhỏ chạy qua diode khi phân cực nghịch.
- **DC Blocking Voltage (VRDC)**: Là điện áp một chiều phân cực ngược Diode không làm hỏng diode
- **RMS Reverse Voltage (VRMS)**: Là giá trị hiệu dụng của điện áp xoay chiều đặt vào diode mà không gây hư hỏng diode do đánh thủng phân cực ngược.
- **Peak Repetitive Reverse Voltage (VRRM)**: Là điện áp ngược đặt vào diode chịu đựng trong ngắn hạn có lặp lại theo chu kỳ (thường là nửa chu kỳ dòng điện, ví dụ 10ms).

Bài tập tính toán và mô phỏng:

01. Phân tích các mạch trong phần 2.4 (bài giảng chương 2) và tính toán dòng điện, công suất qua mỗi Diode. Giả sử rơi áp qua Diode khi phân cực thuận là 0.7V
02. Sử dụng công cụ (proteus, matlab,...) mô phỏng mạch như hình bên dưới (dòng điện hình sin tần số 50Hz, áp hiệu dụng 23V) trong **hai** trường hợp có tải R và không có tải R.



(a) Đưa ra các đồ thị (tất cả 6 đồ thị)

- Điện áp nguồn
- Điện áp V_{AK} qua diode
- Điện áp qua tải

(b) Từ các đồ thị cho biết giá trị V_{RRM} của Diode là bao nhiêu ? (trong hai trường hợp)

Bài tập đọc tài liệu:

- [1] Fast Recovery Epitaxial Diodes for use in High Frequency Rectification - Philips Semiconductors (10 trang)
- [2] Rectifier Diode Specifications and Ratings - ON semiconductor (13 trang)
- [3] Basic Diode Functions in Power Electronics - ON semiconductor (17 trang)
- [4] Datasheet Ratings for Diodes – Semikron (8 trang)
- [5] Lecture notes on Snubber Circuits - William P.Robbins (Mạch RC snubber là gì và tại sao cần mạch này? Qui trình thiết kế mạch RC Snubber cho Diode? Ví dụ cụ thể ?)
- [6] Designing an RC Snubber - CORNELL DUBILIER (3 trang)

Lưu ý: tải tài liệu tại web khoa: <http://ic.ute.edu.vn>