

Mục Lục Chương 2

2.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ DIODE.....	1
2.1.1. Cấu tạo.....	1
2.1.2. Đặc tuyến vôn - ampe của Diode:.....	1
2.1.3. So sánh diode Silicon và diode Germanium:	2
2.1.4. Các tham số của diode:.....	2
2.1.5. Các thông số giới hạn của diode:	8
2.2. CÁC LOẠI DIODE	9
2.2.1. Diode chỉnh lưu:.....	9
2.2.2. Diode cao tần	9
2.2.3. Diode zener:	9
2.2.4. Diode biến dung (varicap)	11
2.2.5. Diode tunnel (diode xuyên hầm).....	11
2.2.6. Diode Schottky:.....	12
2.2.7. Diode phát quang (LED- Light Emitting Diode):.....	13
2.3. GIẢI TÍCH MẠCH DIODE:.....	13
2.4. CÁC MẠCH ỨNG DỤNG CỦA DIODE.....	14
2.4.1. Các cấu hình diode mắc nối tiếp và song song:.....	14
2.4.2. Cổng and/or:.....	20
2.4.3. Mạch chỉnh lưu:	21
2.4.4. Mạch xén:	26
2.4.5. Mạch kẹp:	30
2.4.6. Mạch ổn áp:	31
2.4.7. Mạch nhân áp:	31
2.5. BÀI TẬP CHƯƠNG 2	34

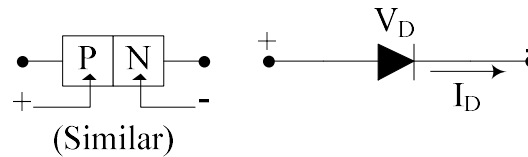
CHƯƠNG 2

DIODE VÀ MẠCH ỨNG DỤNG.

2.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ DIODE.

2.1.1. Cấu tạo

Diode là dụng cụ bán dẫn có cấu tạo từ một tiếp xúc pn và được kết nối với bên ngoài thông qua hai điện cực kim loại Anode và Cathod.



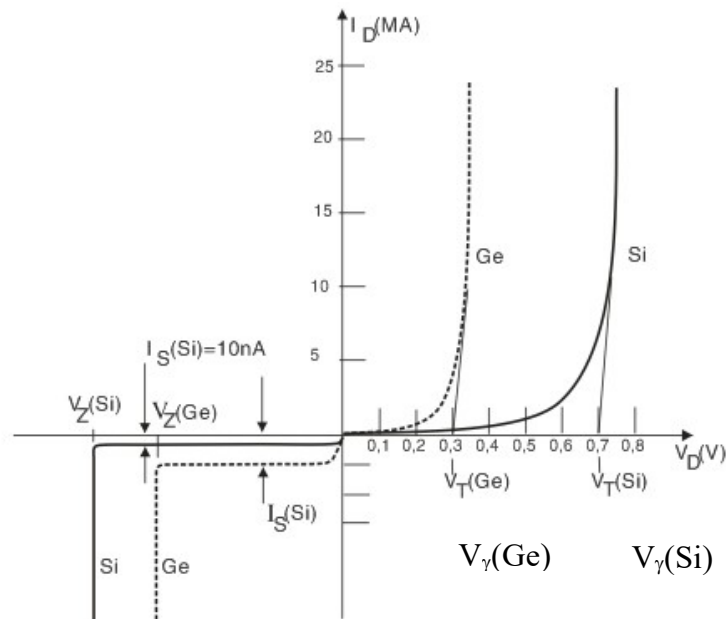
Hình 2.1. Cấu trúc và kí hiệu của diode chỉnh lưu

2.1.2. Đặc tuyến vôn - ampe của Diode:

Do cấu trúc của diode là chuyển tiếp pn, nên phương trình dòng điện qua diode chính là phương trình dòng điện chạy qua tiếp xúc pn:

$$I_D = I_S (e^{V_D/\eta V_T} - 1) \quad (2.1)$$

- ☐ I_S = dòng điện bão hòa.
- ☐ η : hệ số điều chỉnh phụ thuộc vào vật liệu. $1 \leq \eta \leq 2$
- ☐ V_T : là hiệu điện thế nhiệt $V_T = \frac{kT_k}{q}$
- ☐ T_k : nhiệt độ Kelvin $T_K = T_C + 273$
- ☐ q : điện tích của điện tử. $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- ☐ k : hằng số Boltzman. $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J}^0\text{K}$



Hình 2.2. Đặc tuyến Vôn – Ampe của diode Ge và Si.

2.1.3. So sánh diode Silicon và diode Germanium:

Diode Silicon có giá trị điện áp ngược cực đại (PIV), dòng điện và dãy điện áp hoạt động lớn hơn diode Germanium. Điện áp PIV đối với Silicon vào khoảng 1000V trong khi giá trị PIV lớn nhất của Germanium là 400V.

Silicon có thể sử dụng trong các ứng dụng mà nhiệt độ có thể lên đến 200°C trong khi nhiệt độ chịu đựng lớn nhất của Germanium là 100°C.

Tuy nhiên khuyết điểm của Silicon được xác định ở hình 2.2, trong đó điện áp phân cực thuận yêu cầu cao hơn so với Germanium để đạt đến vùng hoạt động.

Điện áp tại thời điểm bắt đầu dẫn được xem là điện áp ngưỡng (threshold) và kí hiệu là V_γ .

$$V_\gamma = 0.7V \text{ (Silicon); } V_\gamma = 0.3V \text{ (Germanium).}$$

Rõ ràng về điện áp ngưỡng thì diode Germanium lý tưởng hơn Silicon nhưng các đặc tính khác của Silicon so với Germanium vẫn quan trọng hơn nhiều chính vì thế loại Silicon thường được dùng nhiều.

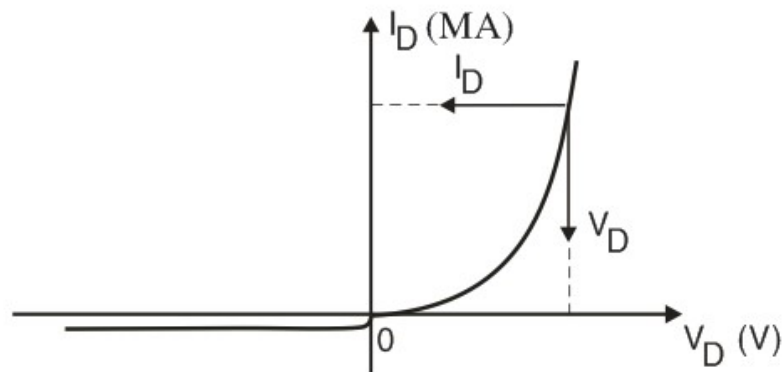
2.1.4. Các tham số của diode:

a. Điện trở tĩnh (hay điện trở R_D):

Điện trở tĩnh của diode tại điểm hoạt động có thể tính một cách đơn giản bằng cách tìm các mức điện áp V_D và dòng điện I_D tương ứng với điện áp nguồn cung cấp DC được trình bày trong hình 2.3 và áp dụng phương trình sau:

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} \quad (2.2)$$

Các mức điện trở tĩnh tại vị trí điểm uốn và phía dưới điểm uốn có giá trị lớn hơn điện trở DC từ điểm uốn trở lên. Các mức điện trở DC trong vùng phân cực nghịch có giá trị rất lớn.

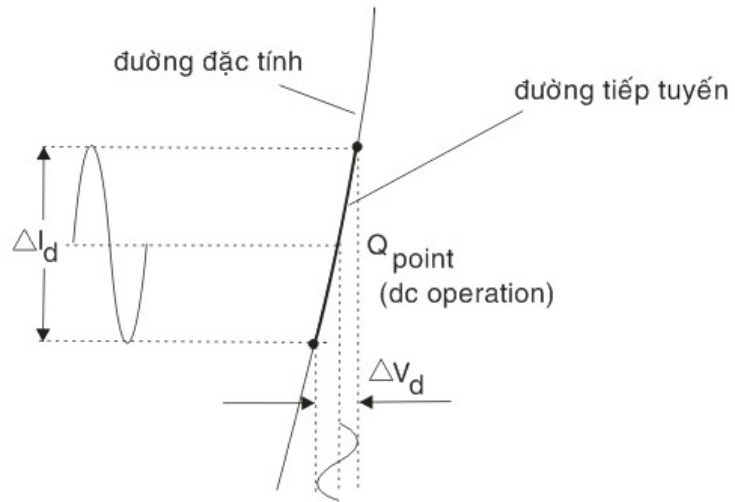


Hình 2.3. Xác định điện trở R_D của diode tại điểm làm việc.

b. Điện trở động (điện trở r_D):

Trong phương trình (2.2) điện trở DC của diode không phụ thuộc vào hình dạng đặc tính trong vùng xung quanh điểm tĩnh Q. Nếu xếp chồng một nguồn tín hiệu sin lên nguồn điện áp DC ở trên thì tín hiệu vào thay đổi sẽ làm điểm hoạt động thay đổi lên và xuống như hình 2.4.

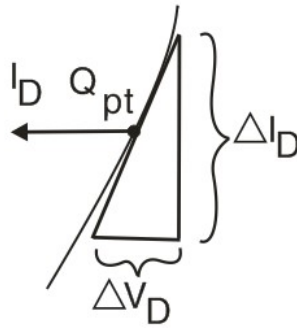
Nếu tín hiệu biến thiên đưa đến bằng 0, điểm hoạt động sẽ là điểm Q xuất hiện trên hình 2.4 được xác định bởi các mức điện áp DC. Điểm gán chữ Q được rút ra từ chữ *quiescent* có nghĩa là mức không thay đổi hay còn gọi là điểm tĩnh.



Hình 2.4. Dạng sóng trên diode khi có tín hiệu nhỏ AC.

Phương trình tính điện trở động của diode là:

$$r_D = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} \quad (2.3)$$



Hình 2.5. Xác định điện trở AC tại điểm Q.

Nếu vùng làm việc của diode được xem là tuyến tính thì điện trở động của diode trong phương trình (2.3) có thể được viết lại như sau:

$$r_D = \frac{dv_D}{di_D}$$

Từ phương trình (2.1) ta có:

$$I_D + I_S = I_S e^{V_D/\eta V_T}$$

$$\frac{I_D + I_S}{I_S} = e^{V_D/\eta V_T}$$

hay

$$V_D = \eta V_T \ln \frac{I_D + I_S}{I_S}$$

Vậy

$$r_D = \frac{dv_D}{di_D} = \frac{\eta V_T}{I_D + I_S} \quad (2.4)$$

Khi phân cực thuận thì dòng $I_D \gg I_S$ nên r_D có thể tính gần đúng như sau:

$$r_D \cong \frac{\eta V_T}{I_D} \quad (2.5)$$

Trường hợp $\eta = 1$ và xét tại nhiệt độ phòng $T_C = 25^\circ C$ thì $V_T = 26mV$:

$$r_D \cong \frac{26mV}{I_D} \quad (2.6)$$

Đến đây ta có thể tính điện trở AC mà không cần phải vẽ đường tiếp tuyến. Tuy nhiên, một điều quan trọng cần phải nhớ là phương trình (2.6) chỉ chính xác khi vùng hoạt động của diode có thể được xem là tuyến tính và giá trị của I_D nằm ở vùng thẳng đứng của đường cong.

Khi I_D nằm từ điểm uốn trở xuống thì giá trị $\eta = 2$ (Silicon) làm dòng I_D giảm xuống phân nửa và kết quả là điện trở r_D nhân thêm hệ số 2.

Tất cả các điện trở đã xác định là chưa tính đến điện trở của chính vật liệu bán dẫn và điện trở bởi các đầu nối giữa vật liệu bán dẫn và các dây dẫn kim loại bên ngoài. Các điện trở này được cộng lại và kí hiệu là r_B và được tính thêm vào điện trở AC, kết quả điện trở r_D' gồm có điện trở động r_D và điện trở r_B :

$$r_D' = \frac{26mV}{I_D} + r_B \quad (2.7)$$

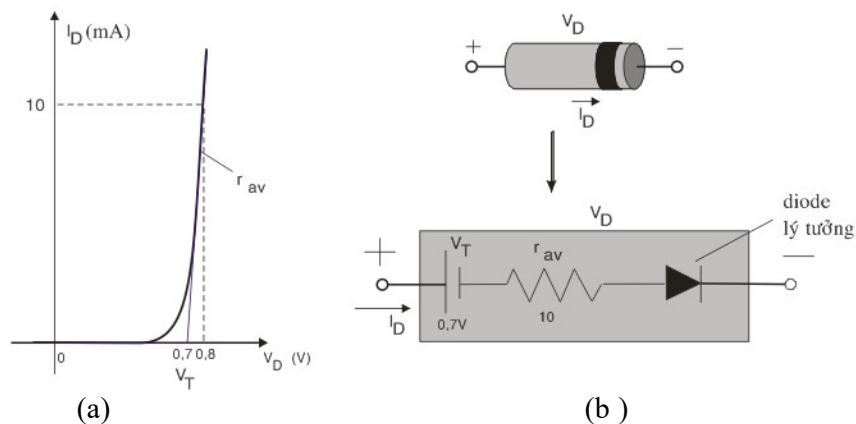
Điện trở r_B nằm trong khoảng từ $0,1\Omega$ đối với các linh kiện công suất lớn cho đến 2Ω đối với các linh kiện công suất thấp.

c. Mạch điện tương đương của diode:

Một mạch điện tương đương là tổ hợp các phần tử được lựa chọn một cách hợp lý để biểu diễn các đặc tính của một linh kiện thật, một hệ thống hoặc một vùng hoạt động đặc biệt một cách tốt nhất.

Mạch điện tương đương tuyến tính phân đoạn:

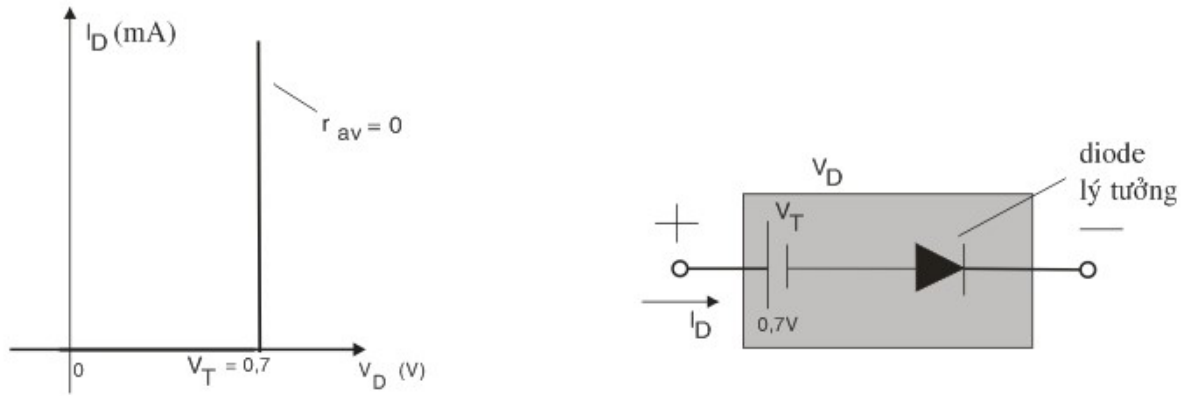
Một phương pháp để thành lập mạch điện tương đương cho diode bằng cách kẻ các đường thẳng gần giống như đường đặc tính như trong hình 2.6a. Mạch điện tương đương đó được gọi là mạch điện tương đương tuyến tính phân đoạn. Đối với phần độ dốc của đường cong tương đương thì điện trở AC trung bình chính là điện trở có trong mạch điện tương đương như hình 2.6b. Do diode silicon chỉ dẫn khi điện áp phân cực thuận V_D bằng $0,7V$ (như hình 2.6a), một nguồn pin V_T sẽ thay thế tương đương, kết quả ta có mạch điện tương đương như hình 2.6b.



Hình 2.6. a. Xác định mạch điện tương đương dùng các đường thẳng gần với đường đặc tính. b. Mạch điện tương đương của diode.

Mạch điện tương đương đơn giản:

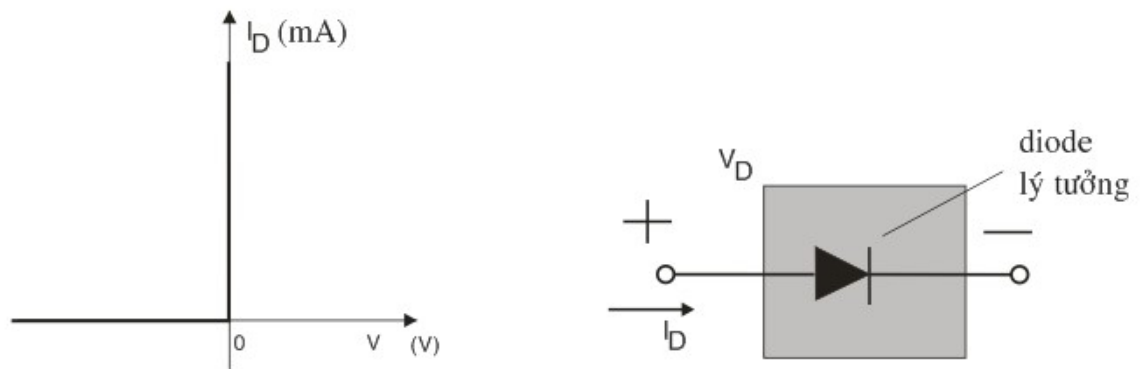
Trong hầu hết các ứng dụng, điện trở trung bình r_{av} khá nhỏ nên có thể bỏ qua khi so sánh với các phần tử khác trong mạch. Khi bỏ điện trở r_{av} khỏi mạch điện tương đương thì mạch điện và đường đặc tính có dạng như hình 2.7.



Hình 2.7. Mạch điện tương đương đơn giản của diode.

Mạch điện tương đương lý tưởng:

Sau khi bỏ qua giá trị điện trở trung bình r_{av} khỏi mạch điện tương đương, bây giờ ta thực hiện thêm 1 bước nữa là điện áp 0,7V có thể bỏ qua nếu so sánh với mức điện áp tín hiệu cung cấp khá lớn. Trong trường hợp này mạch điện tương đương chỉ còn lại là 1 diode lý tưởng và đặc tính của nó như hình 2.8.



Hình 2.8. Diode lý tưởng và đặc tính của nó.

d. Điện dung của diode:

Các linh kiện điện tử rất nhạy với tần số rất cao. Hầu hết các ảnh hưởng của điện dung nối tiếp bị bỏ qua khi làm việc ở tần số thấp vì $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ có giá trị rất lớn (tương đương như hở mạch). Tuy nhiên không thể nào bỏ qua khi làm việc ở tần số cao. Vì giá trị X_C giảm nhỏ sẽ ngăn mạch các tín hiệu có tần số cao. Trong diode bán dẫn pn, có 2 ảnh hưởng của điện dung cần phải xem xét đó là điện dung chuyển tiếp và điện dung khuếch tán.

$$C_o = C_T + C_D$$

- ☐ C_T là điện dung chuyển tiếp (transistion)
- ☐ C_D là điện dung khuếch tán (diffusion)

Trong chuyển tiếp pn, vùng tiếp xúc mang tính chất như là chất cách điện giữa 2 lớp điện tích đối ngược nhau vì vậy nó tương đương một tụ điện có điện dung gọi là điện dung chuyển tiếp. Độ rộng vùng nghèo này tăng tỉ lệ với điện áp phân cực nghịch, vì vậy điện dung chuyển tiếp sẽ bị thay đổi tùy thuộc vào điện áp phân cực nghịch cung cấp.

$$C_T = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.8)$$

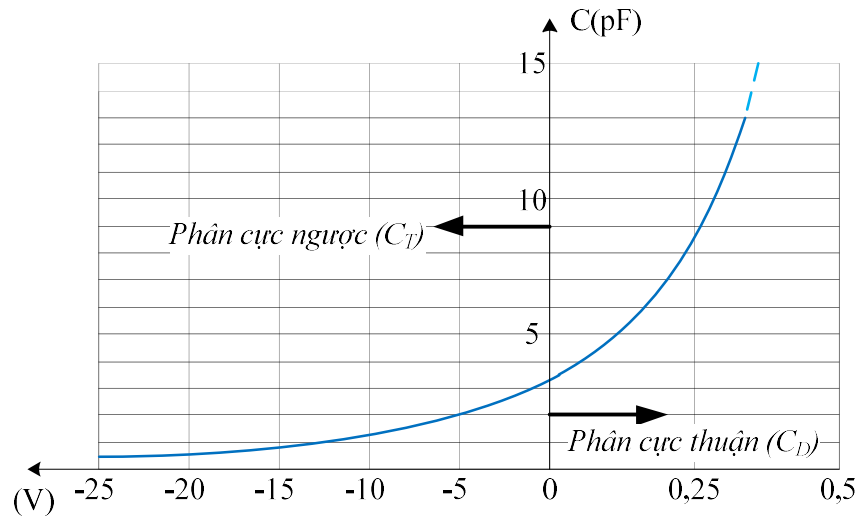
Trong đó

- ☐ ϵ là hằng số điện môi của chất cách điện giữa các bản cực
- ☐ A diện tích tiếp xúc của hai chất bán dẫn n và p
- ☐ d : bề dày của vùng tiếp xúc

Mặc dù các ảnh hưởng ở trên cũng xảy ra đối với vùng phân cực thuận nhưng nó đã bị che lấp bởi ảnh hưởng trực tiếp của tụ điện phụ thuộc vào tốc độ các điện tích được phun vào các vùng nằm ngoài vùng nghèo. Dòng điện tăng sẽ làm tăng điện dung khuếch tán. Tuy nhiên khi tăng dòng điện sẽ làm giảm điện trở và kết quả là thời hằng $\tau = RC$ – rất quan trọng trong các ứng dụng – trở nên thiếu.

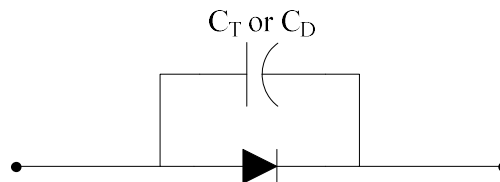
$$C_D = \frac{dQ}{dV} \quad (2.9)$$

Q : điện tích miền nền của diode.



Hình 2.9. Điện dung chuyển tiếp và khuếch tán tỉ lệ với điện áp phân cực.

Các ảnh hưởng vừa diễn tả ở trên được minh họa bằng 1 tụ điện mắc song song với 1 diode lý tưởng như hình 2.10. Trong các ứng dụng tần số từ trung bình trở xuống thì có thể bỏ qua ảnh hưởng của tụ.



Hình 2.10. Diode và điện dung của diode.

e. Thời gian khôi phục ngược:

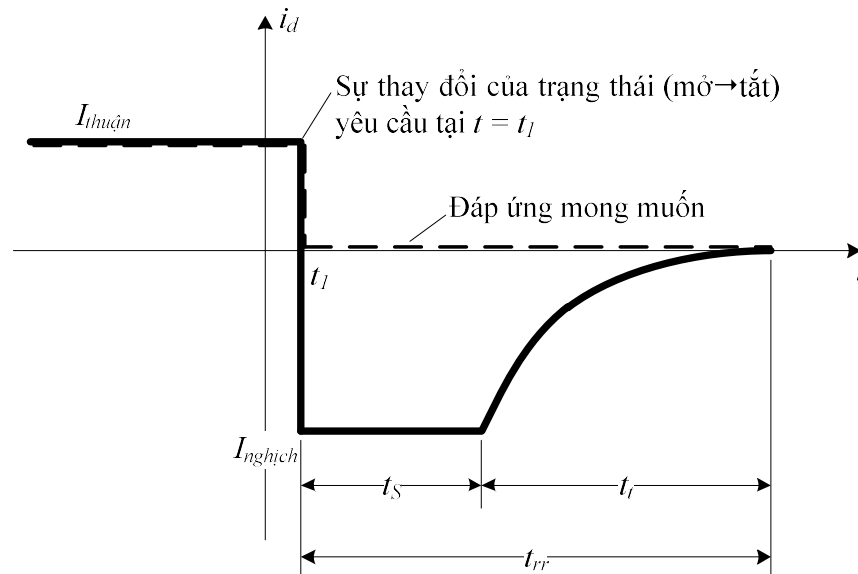
Một trong những thông số chưa xét đến là thời gian khôi phục ngược t_{rr} . Trong trạng thái phân cực thuận như đã trình bày ở trước có 1 số lượng lớn các hạt điện tử từ chất bán dẫn n khuếch tán sang chất bán dẫn loại p và một số lượng lớn các lỗ trống từ chất bán dẫn p khuếch tán sang chất bán dẫn n để thực hiện quá trình dẫn điện. Các điện tử trong chất bán dẫn loại p và lỗ trống trong chất bán dẫn n trở thành các hạt tải tiêu số trong mỗi chất bán dẫn và số lượng bây giờ rất lớn.

Nếu điện áp cung cấp đổi chiều làm diode chuyển sang trạng thái phân cực nghịch thì đối với diode lý tưởng sẽ chuyển từ trạng thái dẫn sang trạng thái ngưng dẫn tức thời.

Tuy nhiên, do một số lượng rất lớn các hạt tải tiểu số còn trong mỗi chất bán dẫn nên diode sẽ phân cực nghịch như hình 2.11 và thời gian lưu trữ t_s , là thời gian để các hạt tải tiểu số trở về trạng thái hạt tải đa số của chúng ở chất bán dẫn đối diện. Điều này có ý nghĩa là diode vẫn còn ở trạng thái ngắn mạch với dòng I_{reverse} được xác định bởi các thông số của mạch.

Khi thời gian t_s đã hết (các hạt tải đã về đúng trạng thái) dòng điện sẽ giảm về 0 ứng với trạng thái ngưng dẫn, khoảng thời gian chuyển trạng thái này được kí hiệu là t_t . Thời gian khôi phục ngược là tổng của 2 thông số thời gian: $t_{rr} = t_s + t_t$.

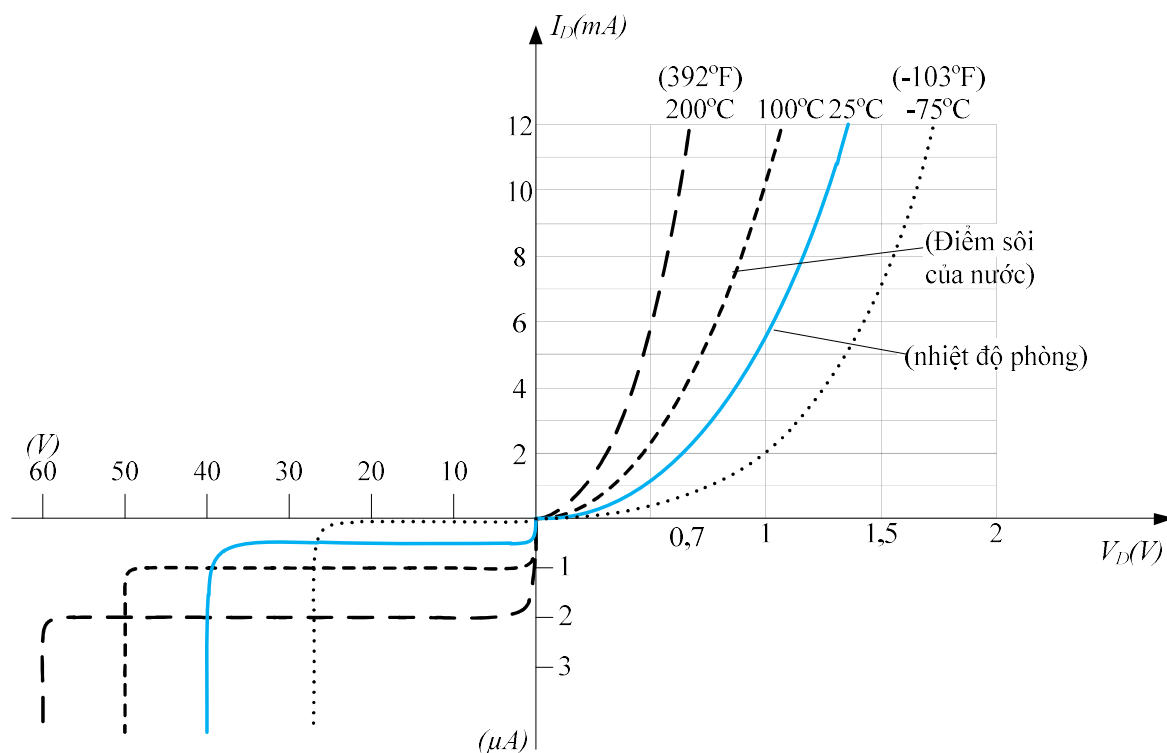
Vấn đề này trở nên quan trọng trong các ứng dụng chuyển mạch tốc độ cao. Hầu hết các diode chuyển mạch có thời hằng t_{rr} vào khoảng vài nano giây đến 1 μs .



Hình 2.11. Xác định thời gian khôi phục nghịch.

f. Ảnh hưởng nhiệt độ:

Nhiệt độ có thể làm ảnh hưởng đáng kể đến đặc tính của diode bán dẫn như hình 2.12. Qua các thí nghiệm người ta tìm được mối liên hệ như sau: “ Dòng điện bão hòa nghịch I_s sẽ tăng gấp đôi khi nhiệt độ tăng lên 10°C ”.



Hình 2.12. Các đặc tính khác nhau của diode khi nhiệt độ thay đổi.

Đối với diode Germanium với dòng I_S vào khoảng 1 hoặc 2 μA ở nhiệt độ 25°C và có thể đạt đến 100 μA tại nhiệt độ 100°C. Giá trị I_S của diode silicon thấp hơn so với germanium với cùng một công suất và các mức dòng điện được trình bày ở hình 2.1. Kết quả là ngay khi ở nhiệt độ cao các mức dòng điện I_S của diode silicon không bằng các mức dòng của diode germanium – đó chính là 1 nguyên nhân mà các linh kiện silicon được sử dụng trong các ứng dụng đòi hỏi dòng lớn.

2.1.5. Các thông số giới hạn của diode:

Bảng thông số của các linh kiện bán dẫn thường được cung cấp bởi nhà chế tạo. Hầu hết bảng thông số cung cấp các thông số giới hạn cho phép. Ngoài ra, còn có thêm các đặc tính đã kiểm tra thông qua hình ảnh, bảng biểu... Các thông số này bao gồm:

1. Điện áp phân cực thuận V_F tại dòng và nhiệt độ chỉ định.
2. Dòng phân cực thuận cực đại I_F tại nhiệt độ chỉ định.
3. Dòng bão hòa ngược I_R tại điện áp và nhiệt độ chỉ định.
4. Điện áp phân cực ngược đánh thủng PIV tại nhiệt độ chỉ định.
5. Mức công suất tiêu tán cực đại tại nhiệt độ đặc biệt
6. Điện dung của diode.
7. Thời gian khôi phục phân cực nghịch t_{rr} (reverse recover time)
8. Dãy nhiệt độ cho phép làm việc.

Tùy thuộc vào từng loại diode sử dụng, bảng dữ liệu có thể được cung cấp thêm các thông số khác như dãy tần số làm việc, mức nhiễu, thời gian chuyển mạch, các mức điện trở ngưỡng và các giá trị đỉnh.

Công suất cực đại được tính như sau:

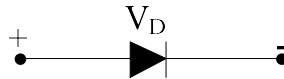
$$P_{D\max} = V_D I_D \quad (2.10)$$

Nếu chúng ta sử dụng mô hình đơn giản đối với các ứng dụng thì có thể thay thế $V_D = V_T = 0,7V$ đối với diode silicon.

2.2. CÁC LOẠI DIODE

2.2.1. Diode chỉnh lưu:

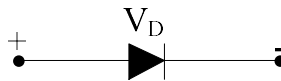
Cấu tạo là một chuyển tiếp pn, tiếp xúc mặt. Do vậy diode chỉnh lưu có khả năng chịu được dòng tải lớn. Ứng dụng trong các mạch chỉnh lưu.



Hình 2.13. kí hiệu của diode chỉnh lưu.

2.2.2. Diode cao tần

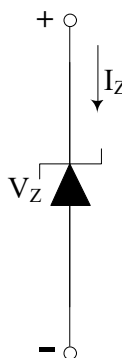
Cấu tạo là một chuyển tiếp pn, tiếp xúc điểm. Do vậy diode cao tần có điện dung tiếp xúc bé, hoạt động được ở tần số cao. Ứng dụng trong tách sóng cao tần.



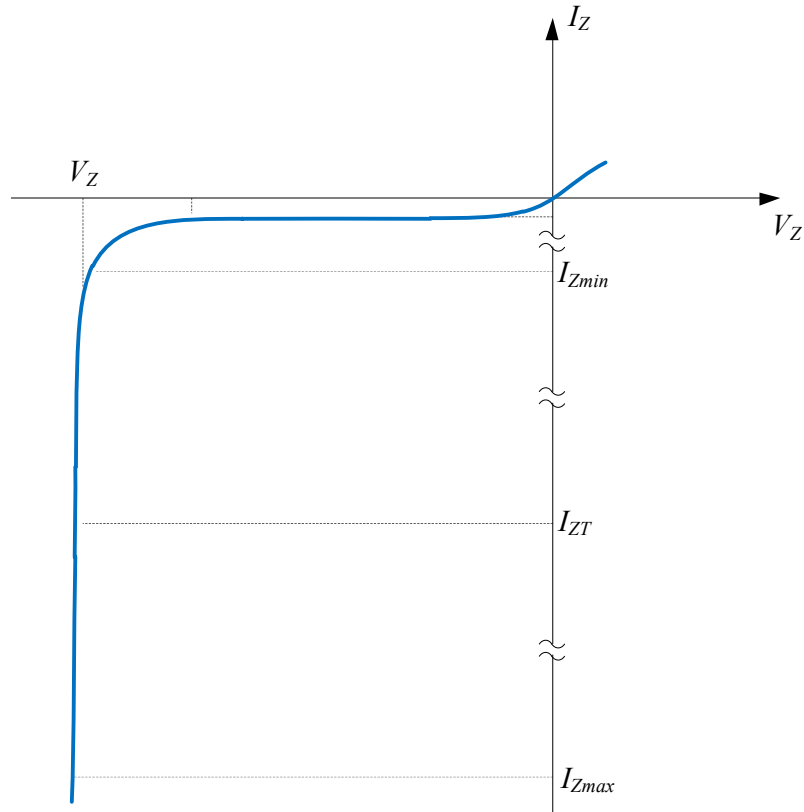
Hình 2.14. Kí hiệu của diode cao tần

2.2.3. Diode zener:

Cấu tạo là một chuyển tiếp pn, nhưng được chế tạo bằng vật liệu chịu nhiệt và tỏa nhiệt tốt, do đó nó chịu được dòng ngược lớn. Hoạt động chủ yếu ở vùng phân cực ngược. Ứng dụng trong các mạch ổn áp, tạo điện áp chuẩn. Vùng zener đã được đề cập ở phần trước một cách chi tiết có đường cong đặc tính rơi thẳng đứng tại V_Z . Vùng đặc tính zener được sử dụng trong thiết kế chế tạo ra diode Zener.



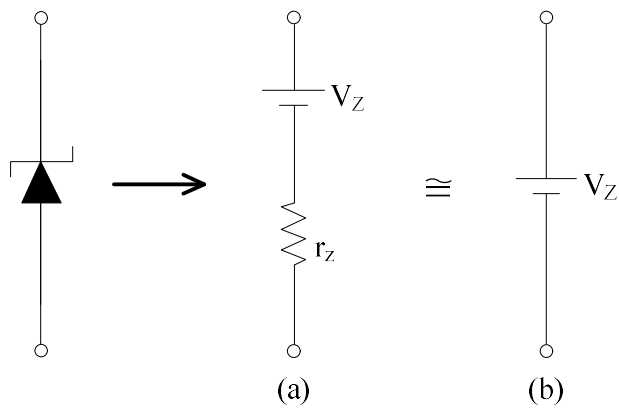
Hình 2.15. Kí hiệu của diode zener



Hình 2.16: Đặc tuyến của diode zener.

Vị trí của vùng zener có thể thay đổi được trong công nghệ chế tạo bằng cách thay đổi nồng độ tạp chất trong chất bán dẫn. Diode zener có thể chế tạo với các mức điện áp thay đổi từ 1,8V đến 200V với công suất tiêu tán từ $\frac{1}{4}$ W đến 50W. Do hoạt động ở nhiệt độ cao và khả năng chịu dòng lớn nên silicon là chất bán dẫn chủ yếu để chế tạo diode zener.

Mạch điện tương đương của diode zener trong vùng zener gồm 1 điện trở động nhỏ và một nguồn pin tương đương với điện áp zener như hình 2.16a. Tuy nhiên trong các ứng dụng chúng ta xem điện trở bên ngoài lớn hơn điện trở zener rất nhiều nên mạch điện tương đương đơn giản chỉ còn lại nguồn pin như hình 2.16b.



Hình 2.16. Mạch điện tương đương của diode zener.

Các thông số đặc trưng của diode zener:

- Điện áp V_Z .
- Điện trở tương đương (điện trở động) tại điểm làm việc.

$$r_D = \frac{dV_Z}{dI_Z} \quad (2.11)$$

- Điện trở tĩnh

$$R_D = \frac{V_Z}{I_Z} \quad (2.12)$$

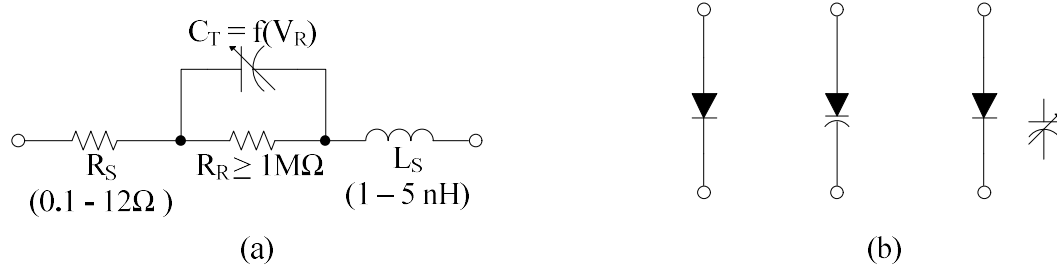
- Hệ số ổn định nhiệt

$$\theta_T = \frac{1}{V_Z} \frac{\Delta V_Z}{\Delta T} \Big|_{I_Z = \text{const}} \quad (2.13)$$

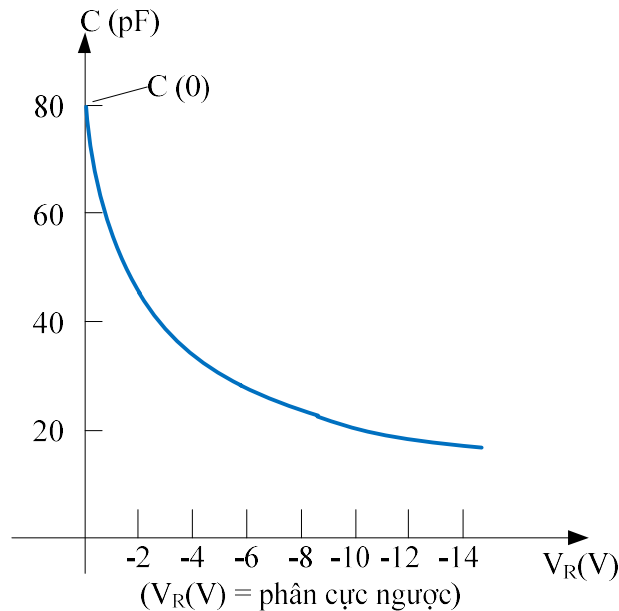
Trong đó ΔV_Z là sự thay đổi điện áp zener phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ. Chú ý hệ số nhiệt có thể là dương, âm và có thể bằng 0 đối với các mức zener khác nhau. Với giá trị dương cho biết điện áp V_Z trong vùng tăng theo nhiệt độ, trong khi giá trị âm V_Z sẽ giảm khi nhiệt độ tăng.

2.2.4. Diode biến dung (varicap)

Cấu tạo là chuyển tiếp pn, được chế tạo có điện dung thay đổi theo điện áp ngược đặt vào. Ứng dụng trong các mạch tự điều chỉnh tần số cộng hưởng...



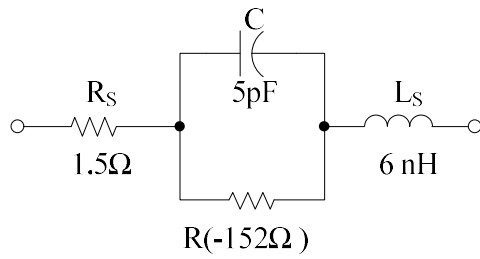
Hình 2.17. Diode biến dung a. Mạch điện tương đương; b. Kí hiệu.



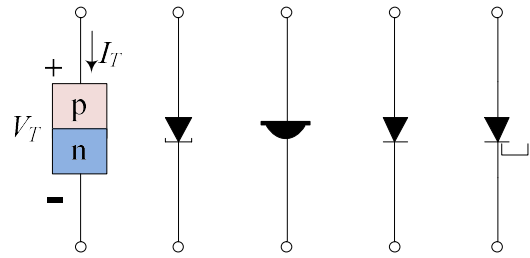
Hình 2.18. Đặc tuyến của diode biến dung.

2.2.5. Diode tunnel (diode xuyên hầm)

Cấu trúc cũng là chuyển tiếp pn, nhưng có nồng độ tạp chất rất cao. Ứng dụng trong các mạch tạo dao động siêu cao tần...



(a)

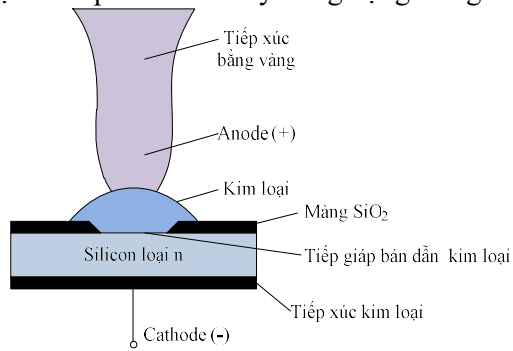


(b)

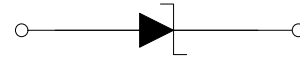
Hình 2.19. Diode tunnel a. Mạch điện tương đương; b. Kí hiệu.

2.2.6. Diode Schottky:

Cấu tạo là tiếp xúc Schottky. Ứng dụng trong các mạch yêu cầu tốc độ chuyển mạch nhanh.

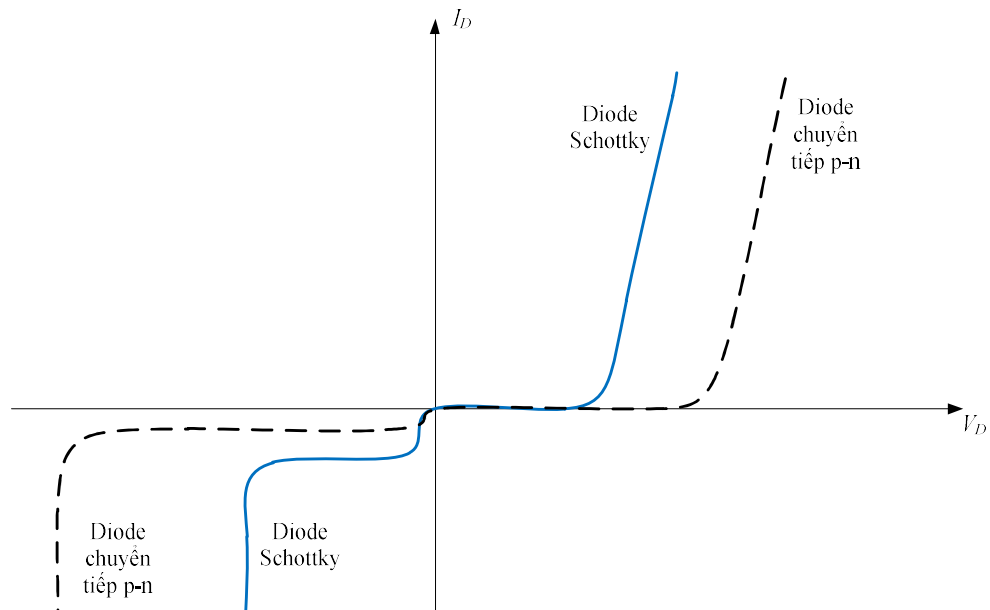


(a)



(b)

Hình 2.20: a. Cấu trúc; b. Kí hiệu của diode schottky

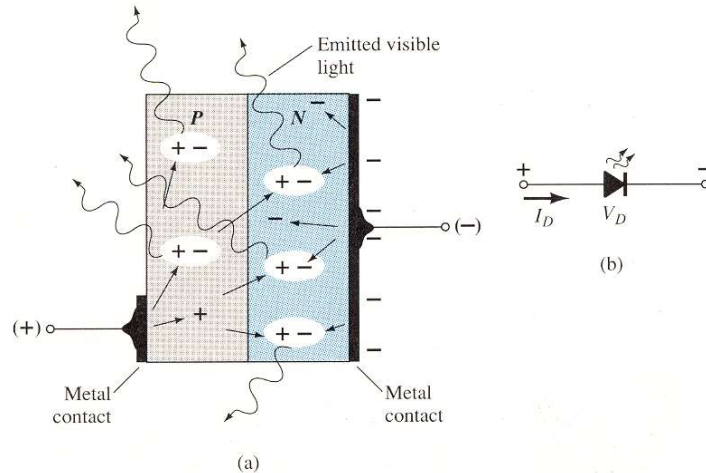


Hình 2.21: Đặc tuyến Vôn-ampe của diode schottky so sánh với diode chuyển tiếp pn.

2.2.7. Diode phát quang (LED- Light Emitting Diode):

Các bộ hiển thị trong máy tính số, trong đồng hồ số và trong một số thiết bị thường dùng led phát quang và LCD (liquid crystal display). Led phát quang là một diode phát ra ánh sáng khi nó được kích. Khi bất kỳ mối nối p-n phân cực thuận thì sẽ có sự tái hợp của lỗ trống và điện tử nằm trong cấu trúc và gần mối nối.

Sự tái hợp này đòi hỏi một năng lượng được chiếm hữu bởi các điện tử tự do phát ra sẽ chuyển sang 1 trạng thái khác. Trong tất cả các mối nối bán dẫn p-n, năng lượng này sẽ tạo ra nhiệt và một vài dạng hạt photons (hạt ánh sáng). Trong silicon và germanium càng tăng phần trăm sẽ tạo ra nhiệt và ánh sáng phát ra không đáng kể. Trong một số vật liệu khác chẳng hạn như gallium arsenide phosphide (GaAsP) hoặc gallium phosphide (GaP), số lượng hạt ánh sáng tạo ra vừa đủ để tạo ra một nguồn phát sáng có thể thấy được.



Hình 2.22: Led a. Cấu tạo; b. Kí hiệu.

Đặc tính của led:

Led có đặc tính đường cong gần giống như diode mối nối pn. Tuy nhiên điện áp phân cực thuận (V_F) cao hơn và điện áp phân cực nghịch (V_{BR}) thấp hơn. Các dãy điện áp làm việc thông thường của led như sau:

- Điện áp phân cực thuận: +1V đến +3V (typical).
- Điện áp phân cực ngược: -3V đến -10V (typical).

Dòng điện trung bình phân cực thuận thường là 10mA. Dòng điện phân cực thuận thấp nên phải thêm điện trở hạn dòng.

Điện trở hạn dòng R_S :

Trong các ứng dụng thực tế sử dụng led thường mắc thêm điện trở hạn dòng mắc nối tiếp. Điện trở phải được tính toán sao cho dòng cực đại qua led không được vượt quá dòng cho phép.

Giá trị của điện trở R_S được tính như sau:

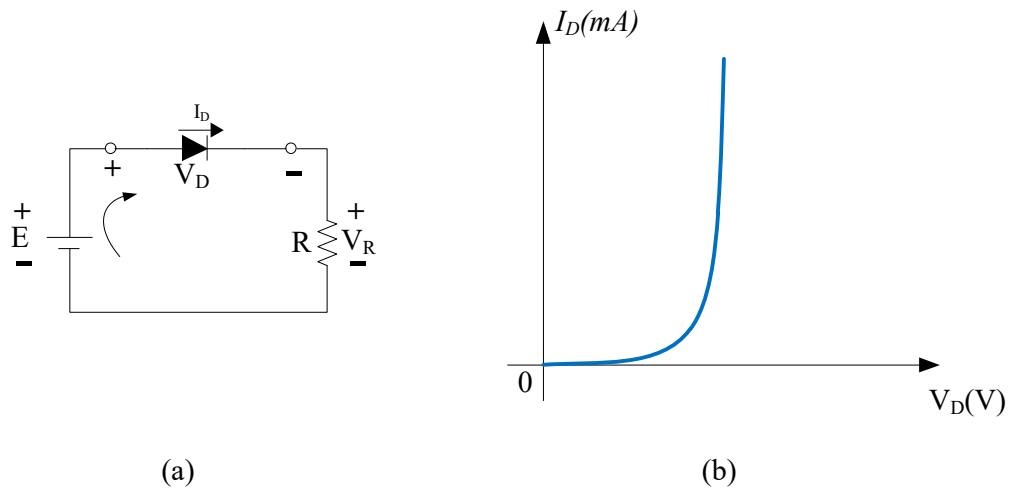
$$R_S = \frac{V_{out(max)} - V_F}{I_F} \quad (2.14)$$

Trong đó:

- $V_{out(pk)}$ = là điện áp đỉnh ngõ ra của mạch.
- V_F = là giá trị điện áp V_F nhỏ nhất của led.
- I_F = là dòng điện cho phép lớn nhất của led.

2.3. GIẢI TÍCH MẠCH DIODE:

Xét mạch điện hình 2.23a sử dụng một diode có đặc tính như hình 2.23b.



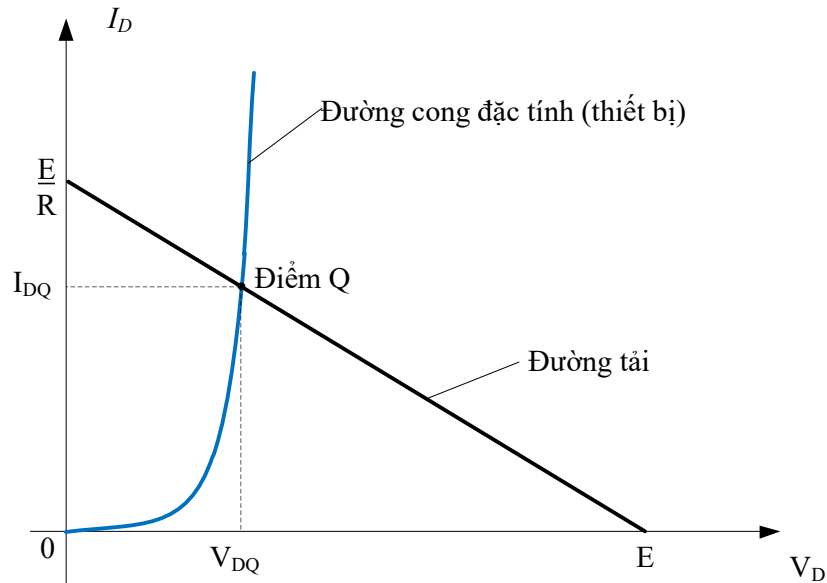
Hình 2.23.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho hình 2.23a, kết quả là:

$$E - V_D - V_R = 0 \quad (2.15)$$

Hay $E = V_D + V_R = V_D + RI_D$ hay $I_D = -\frac{V_D}{R} + \frac{E}{R}$

Từ phương trình 2.14 có thể vẽ được đồ thị của nó trên đường đặc tính của diode hình 2.24.



Hình 2.24. Đường tải DCLL của diode.

Điểm giao nhau của đường tải có phương trình 2.14 và đường cong đặc tính của diode được gọi là điểm tĩnh Q (V_{DQ} , I_{DQ}). Và đường tải có phương trình 2.24 chính là đường tải DCLL.

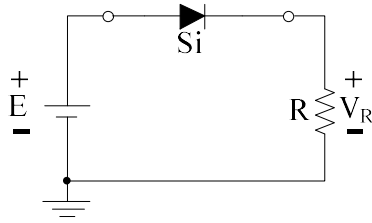
2.4. CÁC MẠCH ỨNG DỤNG CỦA DIODE

2.4.1. Các cấu hình diode mắc nối tiếp và song song:

a. Nối tiếp:

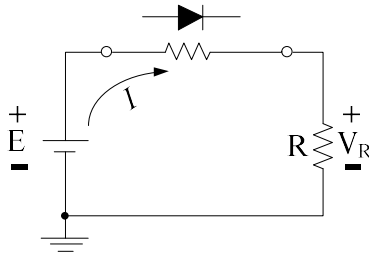
Trong phần này mạch tương đương được sử dụng để nghiên cứu các cấu hình mạch mắc nối tiếp các diode với tín hiệu vào DC.

Xét mạch điện như hình 2.25:



Hình 2.25: Cấu hình diode mắc nối tiếp.

Mạch điện nối tiếp trong hình 2.25, ta thay diode bằng một điện trở R như hình 2.26, khi đó chiều dòng điện chạy trong điện trở R cùng chiều với chiều dòng điện thuận của diode và $E > V_\gamma$ nên diode ở trạng thái dẫn. Mạch điện được vẽ lại như hình 2.27.



Hình 2.26. Xác định trạng thái của diode.

Khi đó điện áp trên điện trở R:

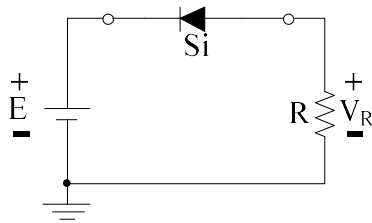
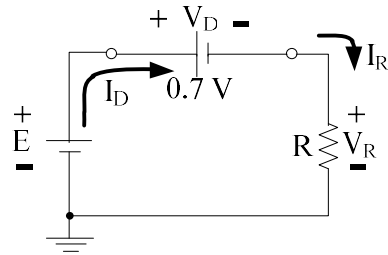
$$V_R = E - V_\gamma$$

Và dòng qua điện trở R là:

$$I_D = \frac{E - V_\gamma}{R}$$

Xét mạch điện như hình 2.28:

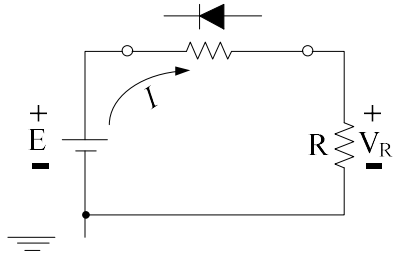
Hình 2.27. Thay thế mạch tương đương.



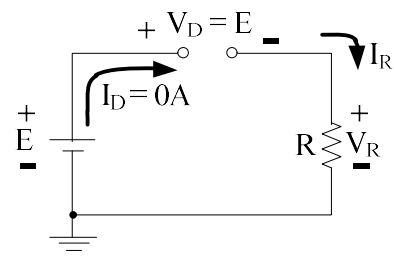
Hình 2.28

Trong hình 2.26 diode làm việc ở chế độ phân cực ngược. Thay thế diode bằng 1 điện trở như hình 2.27 và kết quả là chiều dòng điện ngược với chiều ký hiệu của diode nên diode ở trạng thái ngưng dẫn (OFF) và được thay thế bằng mạch tương đương như hình 2.28. Do hở mạch nên dòng bằng 0A và điện áp rơi trên điện trở R bằng:

$$V_R = I_R R = I_D R = 0V$$



Hình 2.29. Xác định trạng thái của diode.



Hình 2.30. Thay thế mạch tương đương.

Ví dụ 2.1: Hãy xác định V_o và I_D trong hình 2.31.

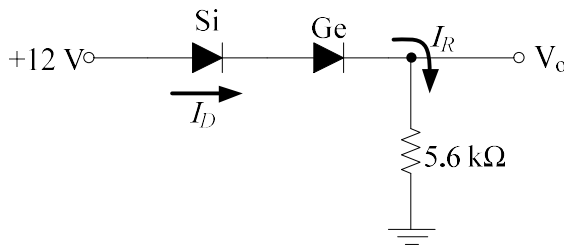
Giải:

Nguồn E tạo ra dòng cùng chiều với ký hiệu của cả 2 diode và mạch điện tương đương hình 2.32.

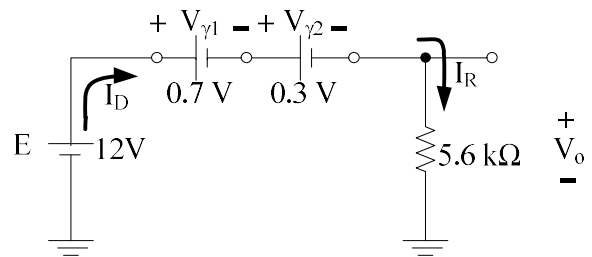
Kết quả dòng điện và điện áp là:

$$V_o = E - V_{\gamma_1} - V_{\gamma_2} = 12V - 0,7V - 0,3V = 11V$$

$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_o}{R} = \frac{11V}{5,6K\Omega} \cong 1,96mA$$

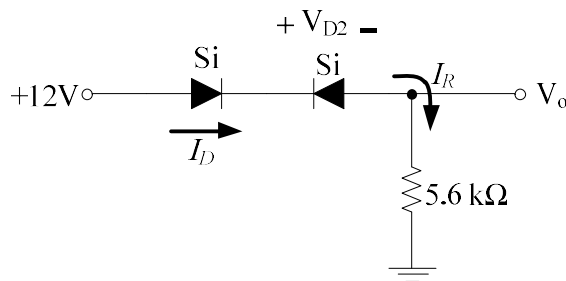


Hình 2.31. Mạch điện cho ví dụ 2.1.



Hình 2.32. Thay thế mạch tương đương.

Ví dụ 2.2: Hãy xác định I_D , V_{D2} và V_o trong hình 2.33.



Hình 2.33. Mạch điện cho ví dụ 2.2.

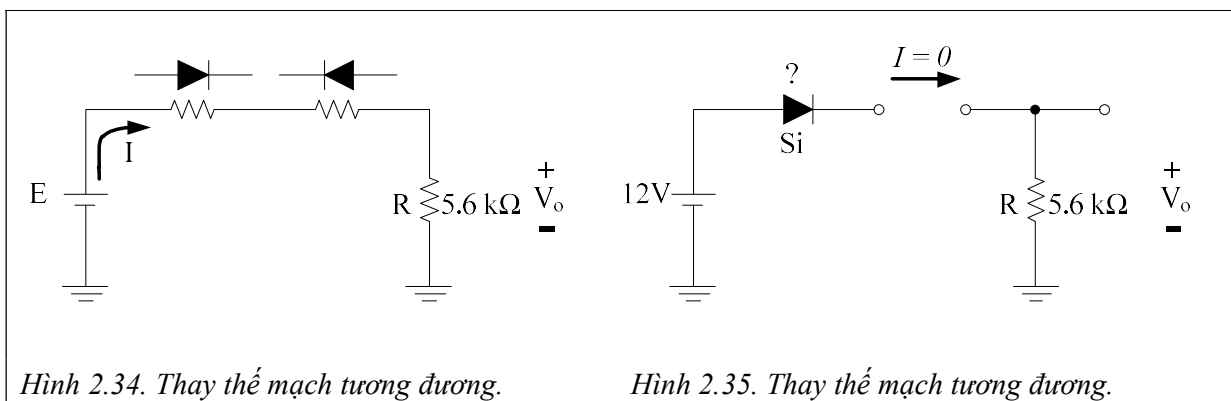
Giải:

Thay diode bằng các điện trở và xác định chiều dòng điện I_D kết quả mạch tương đương như hình 2.34. Chỉ có diode Si cùng chiều dòng điện còn diode Germanium thì ngược chiều xem như hở mạch dẫn đến dòng $I_D = 0A$ và mạch tương đương như hình 2.35.

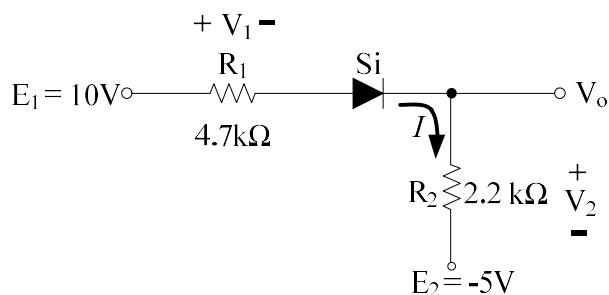
Kết quả:

$$V_o = I_R R = I_D R = 0V$$

$$V_{D_2} = V_{open} = E = 12V$$



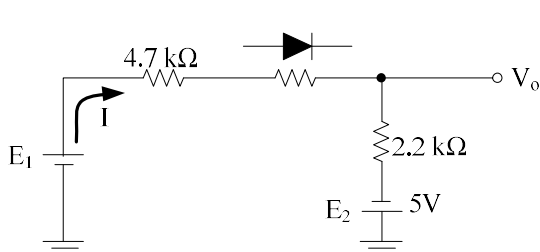
Ví dụ 2.3: Hãy xác định I , V_1 , V_2 và V_o trong hình 2.36.



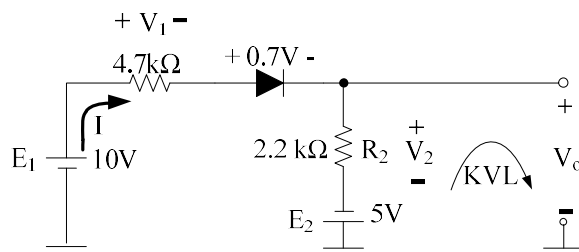
Hình 2.36. Mạch điện cho ví dụ 2.3

Giải:

Thay thế diode bằng điện trở và chiều dòng điện được xác định như hình 2.37. Diode ở trạng thái dẫn và mạch tương đương như hình 2.38 với điện áp rơi trên diode $V_D = 0,7V$.



Hình 2.37. Thay thế mạch tương đương.



Hình 2.38. Thay thế mạch tương đương

Dòng điện I :

$$I = \frac{E_1 + E_2 - V_D}{R_1 + R_2} = \frac{10V + 5V - 0,7}{4,7k\Omega + 2,2k\Omega} = \frac{14,3V}{6,9k\Omega} = 2,07mA$$

Điện áp V_1 :

$$V_1 = IR_1 = 2,07mA \times 4,7k\Omega = 9,73V$$

Điện áp V_2 :

$$V_2 = IR_2 = 2,07mA \times 2,2k\Omega = 4,55V$$

Áp dụng định luật Kirchhoff điện áp để tính điện áp ra V_o :

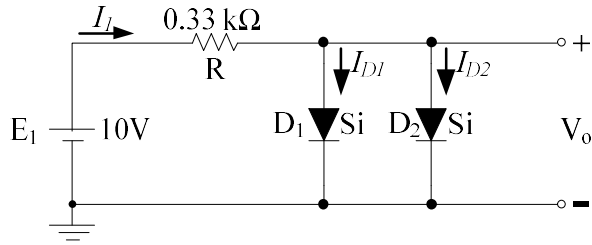
$$-E_2 + V_2 - V_o = 0$$

Hay: $V_o = V_2 - E_2 = 4,55V - 5V = -0,45V$

Dấu trừ – trong kết quả chứng tỏ V_o có cực tính ngược với hình 2.38 đã vẽ.

b. Cấu hình song song

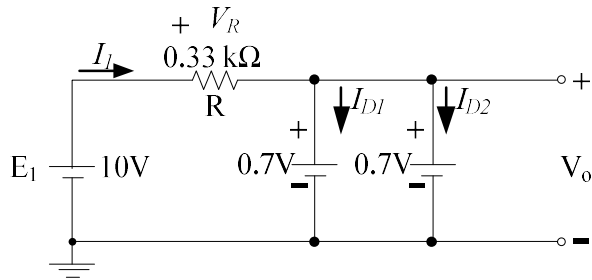
Ví dụ 2.4: Hãy xác định V_o , I_1 , I_{D1} và I_{D2} trong hình 2.39.



Hình 2.39. Mạch điện cho ví dụ 2.4

Giải:

Thay thế diode bằng điện trở và chiều dòng điện được xác định cùng chiều với ký hiệu của mỗi diode như hình 2.40.



Hình 2.40. Mạch điện tương đương.

Dòng điện I_1

$$I_1 = \frac{V_R}{R} = \frac{E - V_D}{R} = \frac{10V - 0,7V}{0,33k\Omega} = 28,18mA$$

Hai diode cùng đặc tính nên dòng qua mỗi diode:

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_1}{2} = \frac{28,18mA}{2} = 14,9mA$$

Nếu sử dụng 1 diode có khả năng chịu dòng là 20mA thì không thể sử dụng trong mạch điện này khi đó phải sử dụng 2 diode mắc song song để chia dòng.

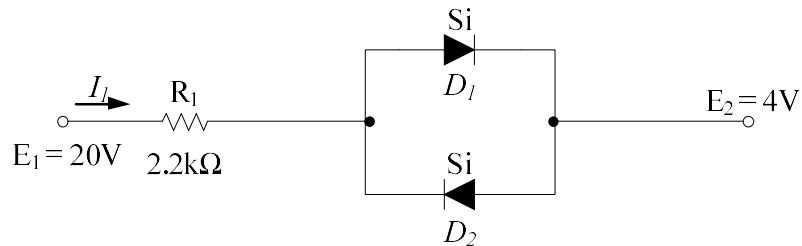
Ví dụ 2.5: Hãy xác định I trong hình 2.41.

Giải:

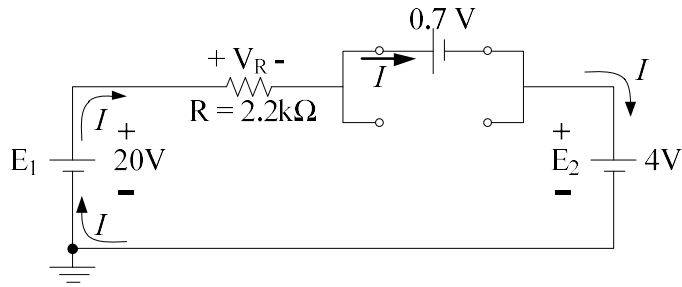
Diode D_1 phân cực thuận, diode D_2 phân cực ngược, mạch điện được vẽ lại như hình 2.40.

Dòng điện I :

$$I = \frac{E_1 - E_2 - V_D}{R} = \frac{20V - 4V - 0,7V}{2,2K\Omega} \approx 6,95mA$$

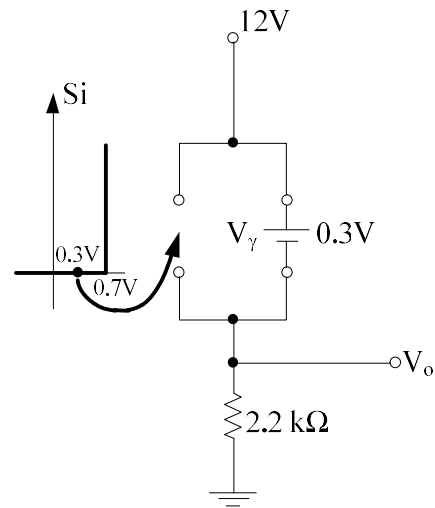
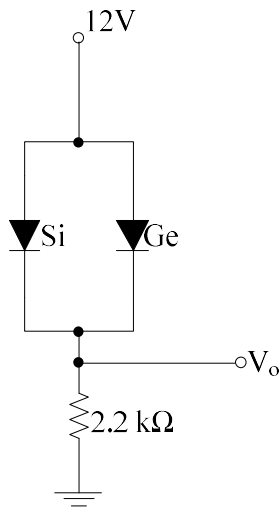


Hình 2.41. Mạch điện cho ví dụ 2.5



Hình 2.42. Mạch điện tương đương cho ví dụ 2.5

Ví dụ 2.6: Hãy xác định điện áp V_O của mạch điện trong hình 2.43.



Hình 2.43. Mạch điện cho ví dụ 2.6

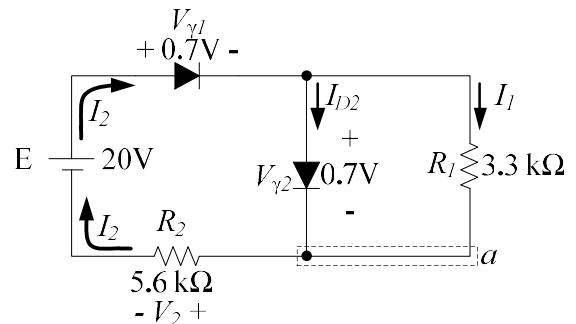
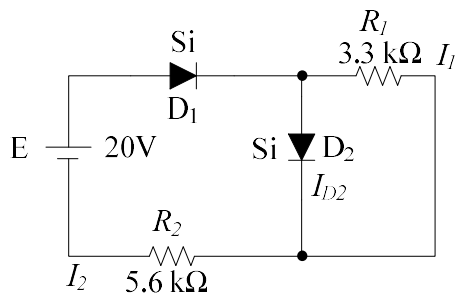
Hình 2.44. Mạch điện cho ví dụ 2.6

Giải:

Cả 2 diode đều phân cực thuận và đều dẫn nhưng điện áp ngưỡng rơi trên diode D2 (Germanium) bằng 0,3V, điện áp này cũng chính là điện áp đặt lên diode D1 nên diode D1 sẽ ngưng dẫn vì điện áp ngưỡng của diode (Si) bằng 0,7V. Mạch điện được vẽ lại như hình 2.44.

Điện áp ra V_O : $V_O = 12V - 0,3V = 11,7V$

Ví dụ 2.7: Hãy xác định I_1 , I_2 và I_{D2} của mạch điện trong hình 2.45.



Hình 2.45. Mạch điện cho ví dụ 2.7

Hình 2.46. Mạch điện cho ví dụ 2.7

Giải:

Chiều dòng điện do điện áp E tạo ra cùng chiều với kí hiệu của các diode nên các diode dẫn, sơ đồ mạch xác định như hình 2.46.

Xác định dòng điện I_1 :

$$I_1 = \frac{V_{T1}}{R_1} = \frac{0,7V}{3,3k\Omega} = 0,212mA$$

Áp dụng định luật điện áp Kirchhoff xác định được:

$$-V_2 + E - V_{\gamma 1} - V_{\gamma 2} = 0$$

Hay

$$V_2 = E - V_{\gamma 1} - V_{\gamma 2} = 20V - 0,7V - 0,7V = 18,6V$$

Dòng điện I_2 được xác định:

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{18,6V}{5,6k\Omega} = 3,32mA$$

Dòng điện I_{D2} được xác định:

$$I_{D2} = I_2 - I_1 = 3,32mA - 0,212mA = 3.108mA$$

2.4.2. Cổng and/or:

Mạch điện sẽ được phân tích trong ví dụ 2.8 là một cổng OR có mức logic dương. Mức logic này được trình bày trong hình 2.47: điện áp 10V được gán cho mức logic “1” và 0V được gán cho mức logic “0”. Cổng OR như đã trình bày với mức điện áp ra ở mức 1 khi 1 hoặc 2 ngõ vào ở mức 1. Ngõ ra sẽ ở mức 0 khi cả 2 ngõ vào ở mức 0.

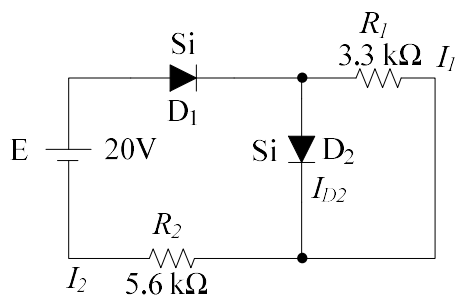
Ví dụ 2.8: Hãy xác định điện áp V_o của mạch điện trong hình 2.47.

Giải:

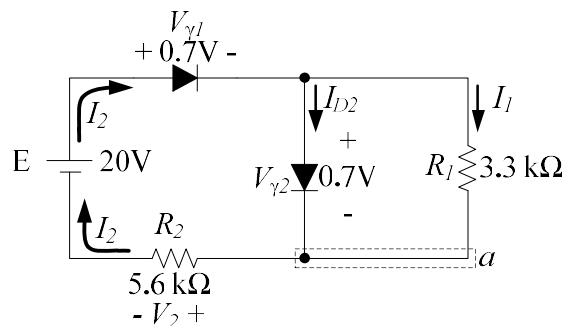
Trong mạch điện hình 2.47: điện áp ngõ vào 1 bằng 10V, điện áp ngõ vào 2 bằng 0V xem như nối mass, mạch điện được vẽ lại như hình 2.48. Trong hình 2.48: D1 dẫn, D2 ngưng dẫn xem như hở mạch và mạch điện được tương đương như hình 2.49.

Điện áp ra V_o được xác định như sau:

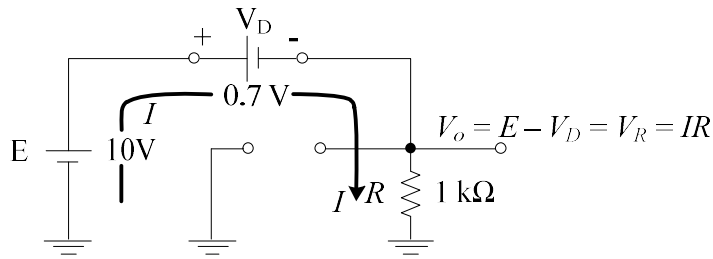
$$V_o = IR = E - V_D = 10V - 0,7V = 9,3V$$



Hình 2.47. Mạch điện cho ví dụ 2.8

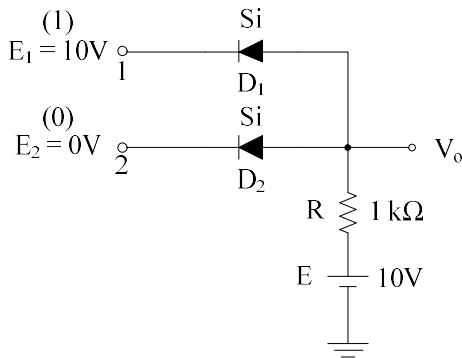


Hình 2.48. Mạch điện cho ví dụ 2.8

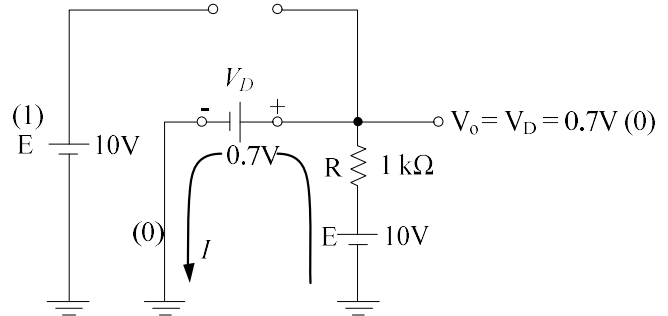


Hình 2.49. Mạch điện cho ví dụ 2.8

Ví dụ 2.9: Hãy xác định điện áp V_o của mạch điện cổng AND trong hình 2.50.



Hình 2.50. Mạch điện cho ví dụ 2.9



Hình 2.51. Mạch điện cho ví dụ 2.9

Giải:

Với điện áp ngõ vào $E_1 = 10V$ làm cho D_1 không dẫn (phân cực ngược) xem như hở mạch, điện áp ngõ vào $E_2 = 0V$ làm cho D_2 dẫn và điện áp rơi trên D_2 bằng $0,7V$. Mạch điện tương đương như hình 2.49.

Điện áp ra V_o được xác định bằng điện áp diode D_2 :

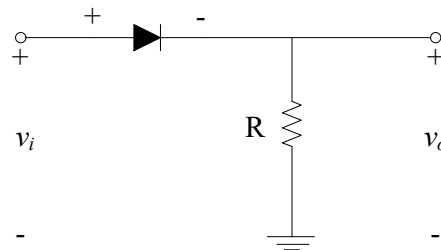
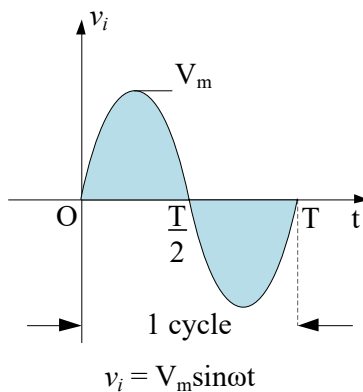
$$V_o = V_D = 0,7V$$

Dòng điện I được xác định:

$$I = \frac{E - V_D}{R} = \frac{10V - 0,7V}{1k\Omega} = 9,3mA$$

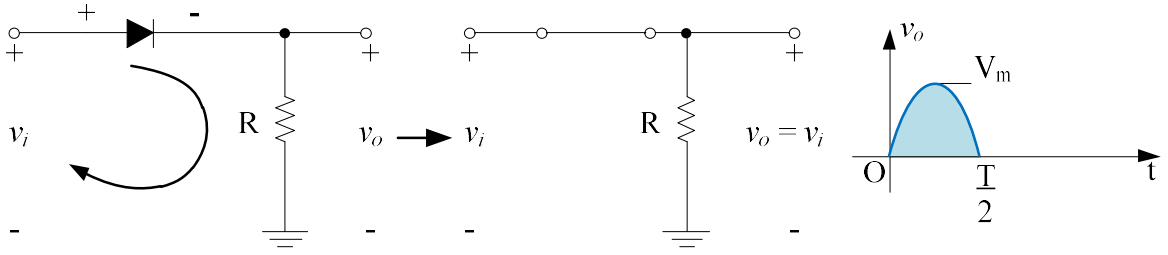
2.4.3. Mạch chỉnh lưu:

a. Mạch chỉnh lưu bán kì:



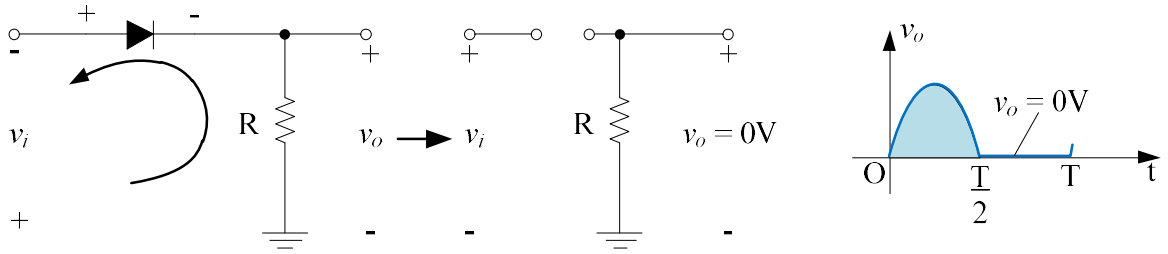
Hình 2.52. Mạch chỉnh lưu bán kỳ.

Trong khoảng thời gian $[0, T/2]$, tín hiệu vào v_i dương nên diode D dẫn xem như ngắn mạch và mạch điện tương đương (dùng mô hình tương đương lý tưởng) như hình 2.53.



Hình 2.53. Khoảng thời gian dẫn của diode $[0, T/2]$.

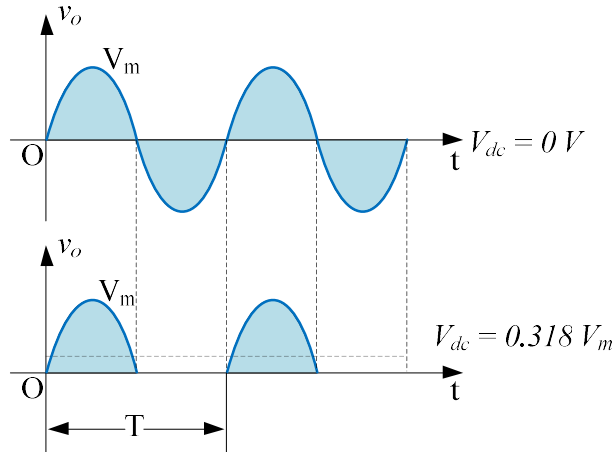
Trong khoảng thời gian $[T/2, T]$, tín hiệu vào v_i âm nên diode D ngưng dẫn xem như hở mạch và mạch điện tương đương như hình 2.54.



Hình 2.54. Khoảng thời gian ngưng dẫn của diode $[T/2, T]$.

Dạng sóng tín hiệu v_i và v_o được vẽ trong một chu kỳ có dạng như hình 2.55. Tín hiệu v_o chỉ có giá trị dương và giá trị trung bình của điện áp được tính như sau:

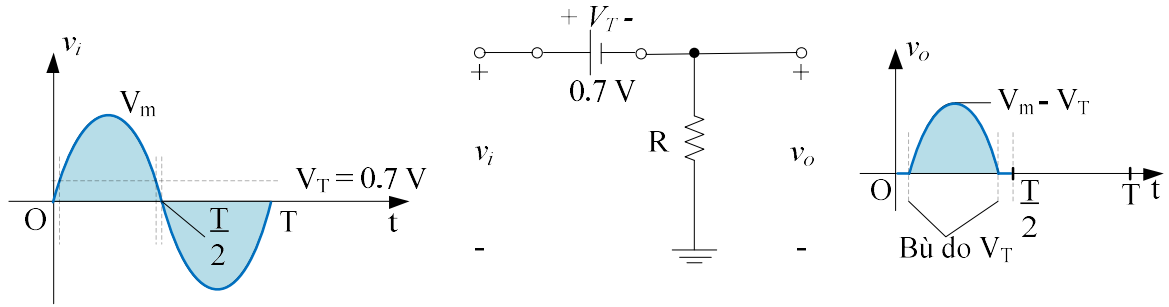
$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T V_m \sin \frac{2\pi}{T} dt = -\frac{1}{T} \times \frac{T}{2\pi} V_m \left[\cos \left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{2} \right) - \cos \frac{2\pi}{T} \times 0 \right] = \frac{V_m}{\pi} = 0,318 V_m \quad (2.16)$$



Hình 2.55. Dạng sóng tín hiệu trong mạch chỉnh lưu bán kỳ.

Ảnh hưởng điện áp ngưỡng $V_T = 0,7V$ của diode Si đến dạng sóng tín hiệu được trình bày ở hình 2.56 ở vùng phân cực thuận. Trong hình vẽ cho thấy khi tín hiệu vào nhỏ hơn $0,7V$ thì diode

vẫn chưa dẫn, điện áp ra v_o vẫn bằng 0V, khi điện áp vào v_i lớn hơn 0,7V diode dẫn và điện áp ra $v_o = v_i - 0,7V$.



Hình 2.56: Ảnh hưởng của V_T

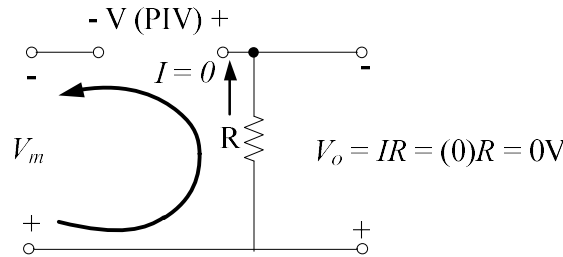
Khi đó điện áp trung bình DC được tính như sau:

$$V_{DC} = 0,318(V_m - V_T) \quad (2.17)$$

Điện áp phân cực ngược PIV:

Giá trị điện áp PIV của diode là một thông số quan trọng trong thiết kế các hệ thống chỉnh lưu. Điện áp phân cực ngược diode khi sử dụng không được vượt quá điện áp PIV cho phép của diode. Điện áp PIV yêu cầu đối với mạch chỉnh lưu bán kỳ có thể xác định từ hình 2.57, áp dụng định luật Kirchhoff ta tính được điện áp PIV của diode phải lớn hơn giá trị điện áp cung cấp.

$$PIV \geq V_m \quad (2.18)$$

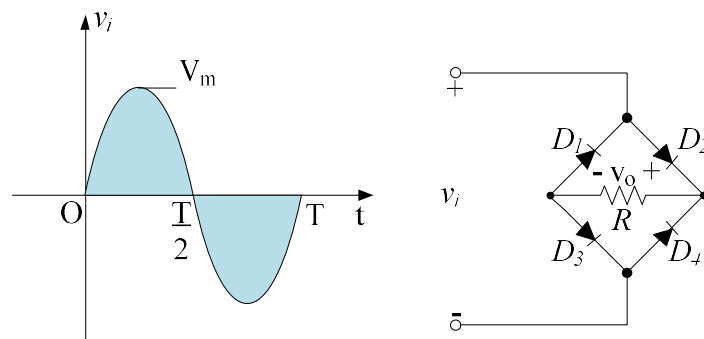


Hình 2.57. Xác định điện áp PIV.

b. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ:

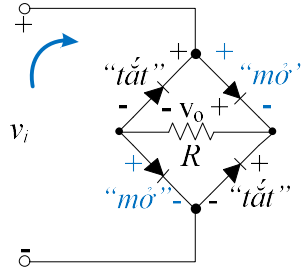
i. Mạch cầu:

Mạch điện chỉnh lưu này có dạng như hình 2.58 sử dụng 4 diode kết nối theo cấu hình cầu.



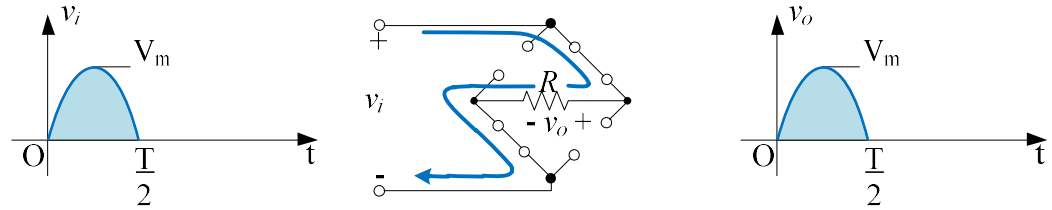
Hình 2.58. Mạch chỉnh lưu cầu.

Trong khoảng thời gian $[0, T/2]$, tín hiệu vào có giá trị dương làm diode D_2, D_3 dẫn (xem như ngắn mạch) còn diode D_1, D_4 ngưng dẫn (xem như hở mạch) như hình 2.60.



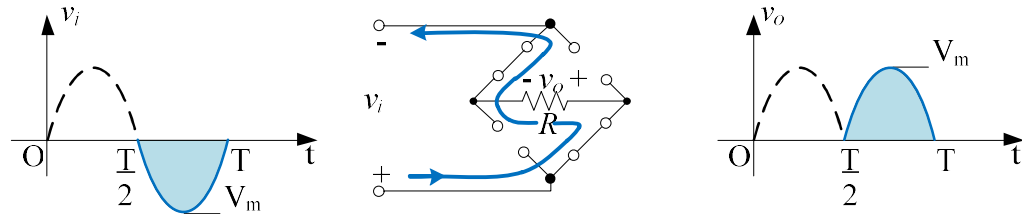
Hình 2.59. Mạch cầu ở trạng thái $[0, T/2]$.

Khi đó sơ đồ mạch tương đương và dạng sóng vào ra như hình 2.61. Nếu xem diode là lý tưởng thì điện áp ra $v_o = v_i$.



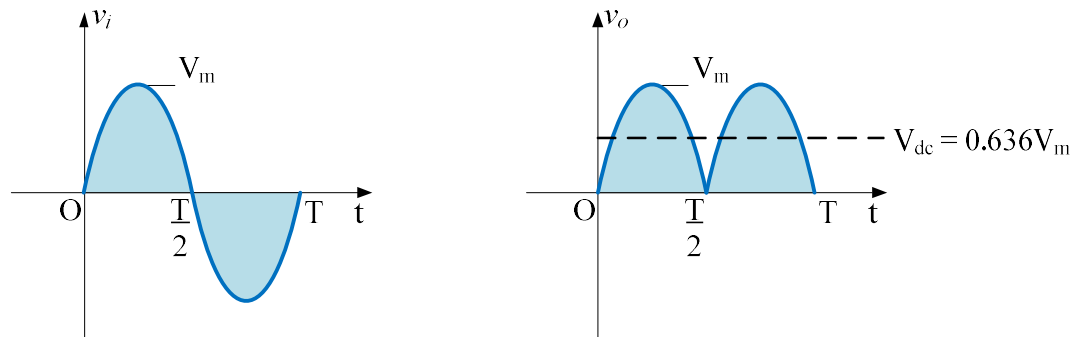
Hình 2.60. Mạch tương đương và dạng sóng vào ra của mạch chỉnh lưu cầu ở bán kỳ dương.

Trong khoảng thời gian $[T/2, T]$, tín hiệu vào có cực tính âm làm cho diode D_2, D_3 ngưng dẫn (xem như hở mạch) còn diode D_1, D_4 dẫn (xem như ngắn mạch). Khi đó sơ đồ mạch tương đương và dạng sóng vào ra như hình 2.61.



Hình 2.61. Mạch tương đương và dạng sóng vào ra của mạch chỉnh lưu cầu ở bán kỳ âm.

Vậy dạng sóng vào ra đối với một chu kỳ tín hiệu vào như hình 2.62.



Hình 2.62. Dạng sóng vào và ra trong một chu kỳ của mạch chỉnh lưu cầu.

Do dạng sóng mạch chỉnh lưu toàn kỳ gấp đôi bán kỳ nên giá trị điện áp trung bình được tính là:

$$V_{dc} = 2 \times (0,318 \times V_m) = 0,636V_m \quad (2.19)$$

Nếu sử dụng diode Si với $V_T = 0,7V$ thì tại mỗi bán kì có hai diode dẫn, áp dụng định luật Kirchhoff ta có:

$$v_i - V_\gamma - v_o - V_\gamma = 0 \quad (2.20)$$

Hay

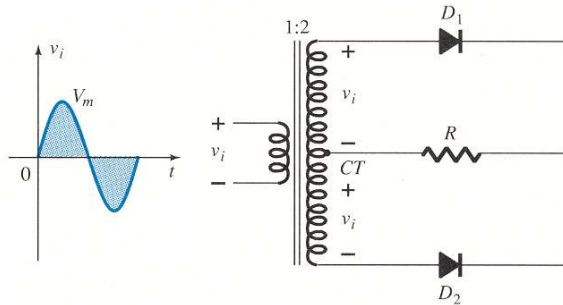
$$v_o = v_i - 2V_\gamma$$

$$V_{dc} = 2 \times (0,318 \times (V_m - 2V_\gamma)) = 0,636(V_m - 2V_\gamma) \quad (2.21)$$

Điện áp phân cực ngược PIV:

Điện áp phân cực ngược của mỗi diode: **PIV $\geq V_m$**

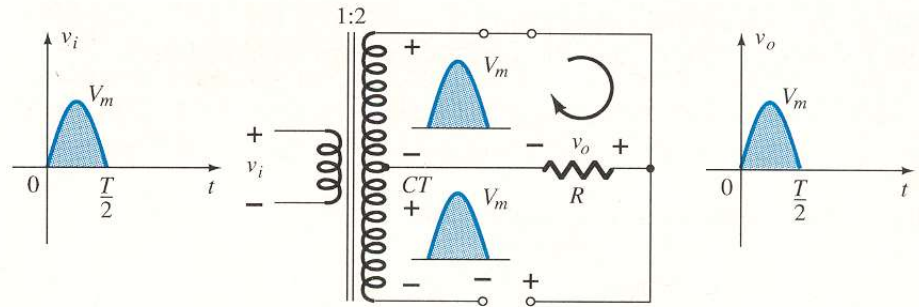
ii. Dùng biến áp đôi:



Hình 2.64: Mạch chỉnh lưu dùng biến áp đôi.

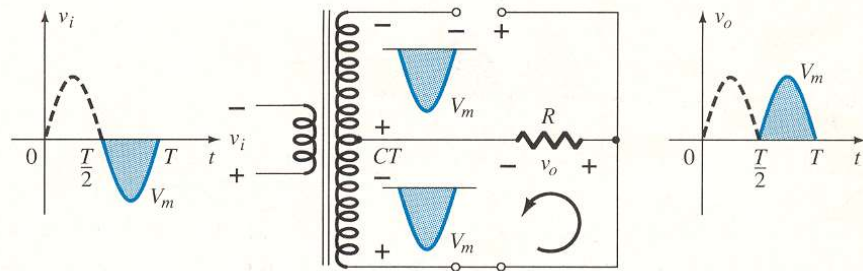
Một mạch chỉnh lưu toàn kỳ như hình 2.64 chỉ sử dụng 2 diode nhưng phải sử dụng biến áp đôi.

Khi v_i dương thì diode D_1 dẫn và D_2 ngưng dẫn như hình 2.65.



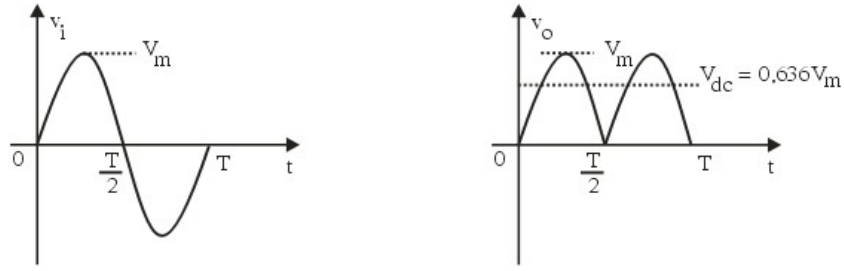
Hình 2.65. Dạng sóng vào ra và mạch tương đương ứng với bán kỳ dương của v_i .

Khi v_i âm thì diode D_1 ngưng dẫn và D_2 dẫn như hình 2.66.



Hình 2.66. Dạng sóng tín hiệu vào ra và sơ đồ mạch tương đương ở bán kỳ âm của v_i

Vậy điện áp ngõ ra gồm cả hai bán kỳ của điện áp ngõ vào, trong đó bán kỳ âm được chỉnh lưu thành điện áp dương ở ngõ ra



Hình 2.67: Dạng sóng vào ra của mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng biến áp đôi.

Điện áp ngõ ra: $V_{dc} = 2 \times (0,318 \times V_m) = 0,636V_m$ (2.22)

Nếu sử dụng diode Si với $V_T = 0,7V$ thì tại mỗi bán kỳ có một diode dẫn, áp dụng định luật Kirchhoff ta có: $v_i - V_T - v_o = 0$ (2.23)

Vậy nếu sử dụng diode Si với $V_T = 0,7V$:

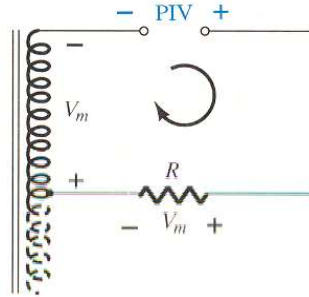
$$V_{dc} = 2 \times (0,318 \times (V_m - V_T)) = 0,636(V_m - V_T) \quad (2.24)$$

Điện áp phân cực ngược PIV:

Điện áp phân cực ngược của mỗi diode có thể được xác định theo hình 2.68. Áp dụng định luật Kirchhoff ta có:

$$PIV = V_{BA} + V_R = V_m + V_m = 2V_m \quad (2.25)$$

Diode sử dụng khi chọn phải có $PIV \geq 2V_m$.



Hình 2.68. Sơ đồ mạch tương đương ở bán kỳ âm của V_i .

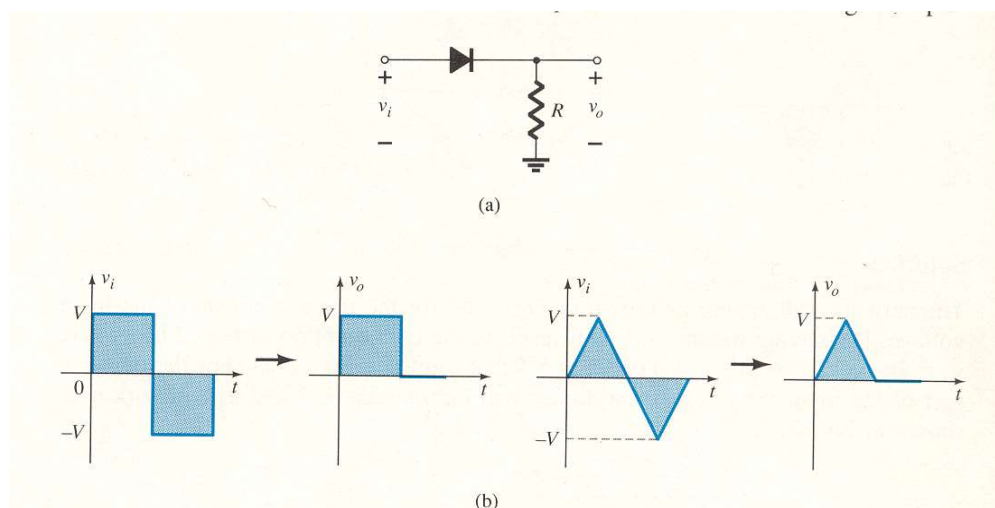
2.4.4. Mạch xén:

Mạch xén là mạch cắt bỏ một phần của tín hiệu ngõ vào mà không làm méo dạng phần tín hiệu còn lại. Mạch chỉnh lưu bán kỳ đã khảo sát là một dạng mạch đơn giản nhất của mạch xén vì chỉ sử dụng 1 diode và 1 điện trở.

Có 2 loại mạch xén nối tiếp và song song. Mạch xén nối tiếp là diode trong mạch mắc nối tiếp với tải, còn mạch xén song song thì diode mắc song song với tải.

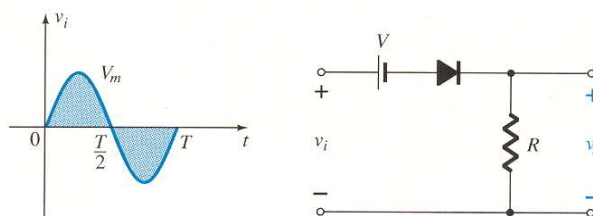
a. Mạch xén nối tiếp:

Hình 2.69 trình bày một mạch xén đơn giản sử dụng 1 diode và 1 điện trở R. Tín hiệu vào là sóng vuông và sóng tam giác và tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu âm.



Hình 2.69. Mạch xén nối tiếp đơn giản.

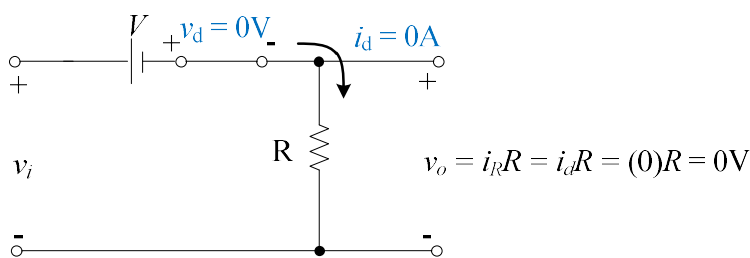
Xét mạch xén như trên nhưng có thêm một nguồn điện áp DC với tín hiệu sin ở ngõ vào như hình 2.70.



Hình 2.70. Mạch xén nối tiếp.

Để phân tích hoạt động của mạch ta xem diode là lý tưởng và tiến hành các bước như sau:

Bước 1: Xác định điện áp cung cấp làm thay đổi trạng thái của diode – là trạng thái tương ứng với dòng $i_d = 0$ và điện áp $v_d = 0$ như mạch hình 2.71.



Hình 2.71.

Kết quả tìm được:

$$v_i = V$$

Khi điện áp vào v_i lớn hơn V thì diode ở trạng thái dẫn – xem như ngắn mạch, khi v_i nhỏ hơn điện áp V thì diode ở trạng thái ngưng dẫn – xem như hở mạch.

Bước 2: Xác định điện áp ra:

Khi diode ngưng dẫn – xem như hở mạch – dòng điện $i_d = 0$ và kết quả điện áp ra:

$$v_o = i_R R = i_d R = (0)R = 0V$$

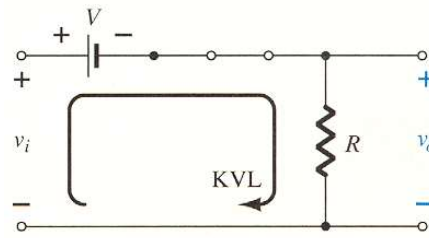
Khi diode dẫn – xem như ngắn mạch – mạch tương đương như hình 2.72 – điện áp rơi trên diode là V – áp dụng định luật Kirchhoff để xác định điện áp ra:

$$v_i - V - v_o = 0$$

Hay

$$v_o = v_i - V$$

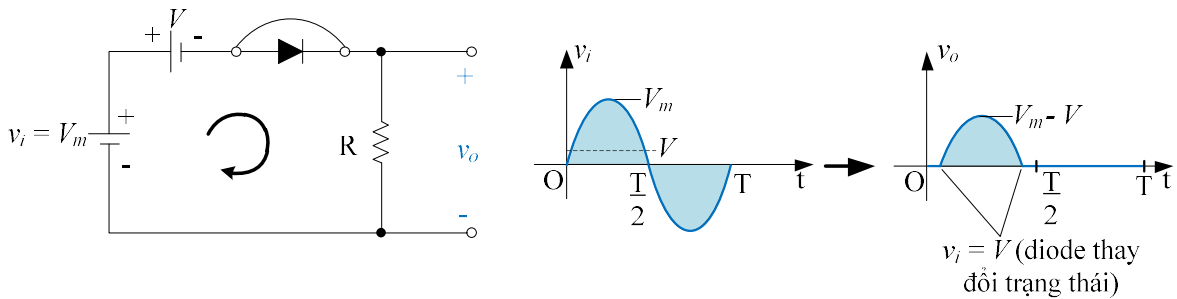
(2.26)



Hình 2.72. Mạch tương đương của diode.

Bước 3: Vẽ dạng sóng tín hiệu ra:

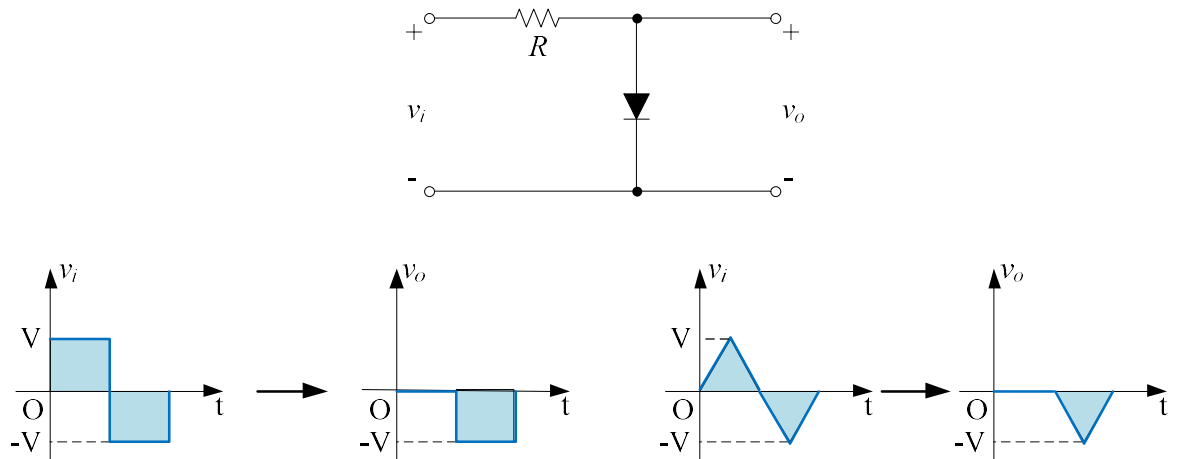
Dựa vào kết quả của bước 2 để vẽ dạng sóng tín hiệu ra – kết quả được dạng sóng tín hiệu ở hình 2.73.



Hình 2.73.

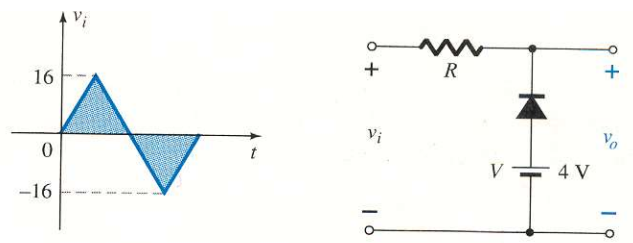
b. Mạch xén song song:

Hình 2.74 trình bày một mạch xén song song đơn giản sử dụng 1 diode và 1 điện trở R. Tín hiệu vào là sóng vuông và sóng tam giác và tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu dương.



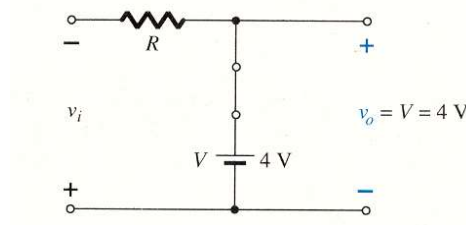
Hình 2.74: Mạch xén song song đơn giản.

Xét mạch xén như trên nhưng có thêm một nguồn điện áp DC với tín hiệu xung tam giác ở ngõ vào như hình 2.75. Để phân tích hoạt động của mạch ta xem diode là lý tưởng và tiến hành các bước giống như trên.



Hình 2.75. Mạch xen song song có thêm nguồn DC.

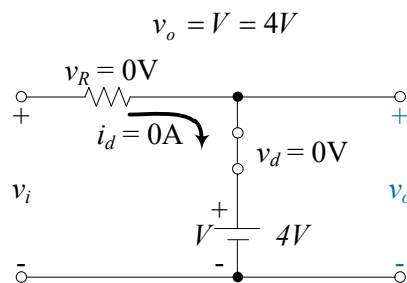
Bước 1: Cho dòng $i_d = 0$ và $v_d = 0$ như hình 2.76 – áp dụng định luật Kirchhoff tìm được giá trị điện áp vào làm thay đổi trạng thái dẫn của diode là $v_i = V = 4V$.



Hình 2.76.

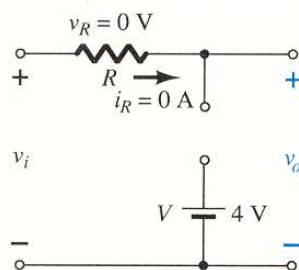
Bước 2: Xác định điện áp ra

Khi diode dẫn – xem như ngắn mạch – mạch tương đương như hình 2.77 – kết quả điện áp ra:



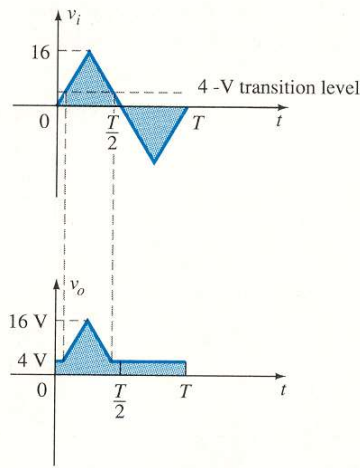
Hình 2.77

Khi diode ngưng dẫn – xem như hở mạch – mạch tương đương như hình 2.78 – kết quả điện áp ra: $v_o = v_i$



Hình 2.78.

Bước 3: Vẽ dạng sóng tín hiệu ra như hình 2.79.

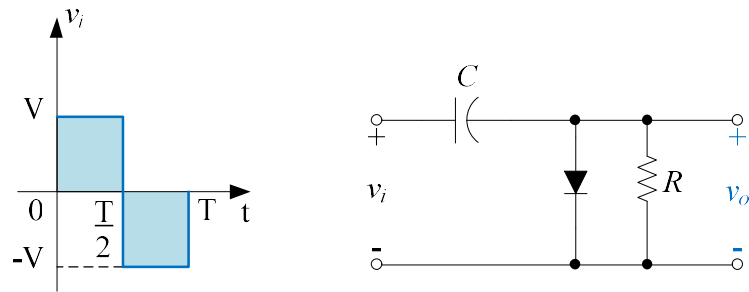


Hình 2.79.

2.4.5. Mạch kẹp:

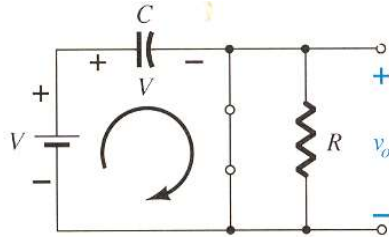
Mạch kẹp là mạch dời tín hiệu đến một mức điện áp DC khác. Một mạch kẹp phải có một tụ điện, một diode, một điện trở và còn có thể thêm một nguồn điện áp DC. Giá trị của R và C phải được lựa chọn sao cho thời hằng $\tau = RC$ đủ lớn để đảm bảo rằng điện áp rơi trên tụ điện C xả không đáng kể trong khoảng thời gian diode ngưng dẫn. Trong khi phân tích mạch ta có thể xem tụ được nạp đầy và xả hết lượng điện tích sau khoảng thời gian 5τ .

Mạch điện hình 2.80 là một mạch kẹp mức 0V (xem diode là lý tưởng).



Hình 2.80. Mạch kẹp.

Trong khoảng thời gian từ $[0, T/2]$, tín hiệu vào dương – mạch tương đương như hình 2.81, diode ở trạng thái dẫn xem như ngắn mạch điện trở R – dẫn đến thời hằng τ có giá trị rất nhỏ và tụ C sẽ nạp đầy điện áp V một cách nhanh chóng còn điện áp ra bằng 0V.



Hình 2.81. Mạch tương đương ở bán kỳ dương của tín hiệu.

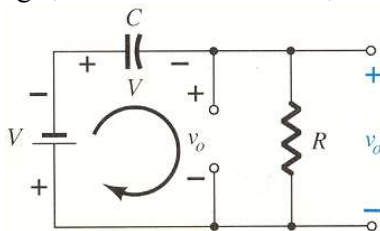
Trong khoảng thời gian từ $[T/2, T]$, tín hiệu vào âm – mạch tương đương như hình 2.82, diode phân cực ngược – xem như hở mạch – thời hằng $\tau = RC$ có giá trị rất lớn – áp dụng định luật Kirchhoff để tìm điện áp ra:

$$-V - V - v_o = 0$$

$$v_o = -2V$$

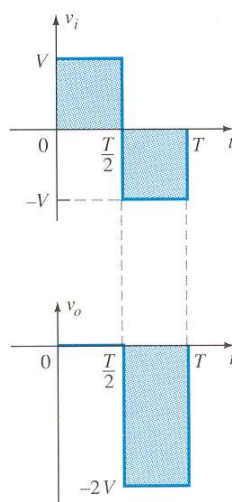
Hay

Chú ý dấu trừ trong kết quả ngược với dấu trừ đã xác định trong mạch.



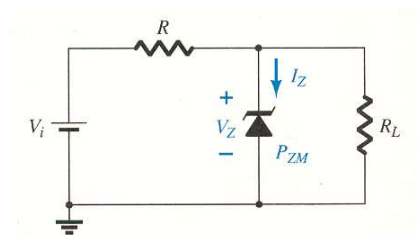
Hình 2.82: Mạch tương đương ở bán kỳ âm của tín hiệu

Kết quả dạng sóng vào và ra như hình 2.83.



Hình 2.83

2.4.6. Mạch ổn áp:



Hình 2.84. Mạch ổn áp dùng diode zener

Lưu ý: để mạch hoạt động ổn áp thì dòng qua diode zener phải thỏa:

$$I_{Z \min} \leq I_Z \leq I_{Z \max}$$

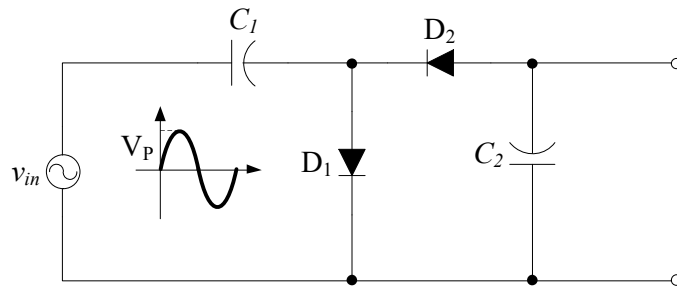
Dòng I_Z phụ thuộc vào các thông số: V_i , R , R_L

Trường hợp 1: biết R_L , V_i , chọn diode zener có $V_Z = V_{RL}$. Tính được I_{RL} , chọn I_Z để tính R .

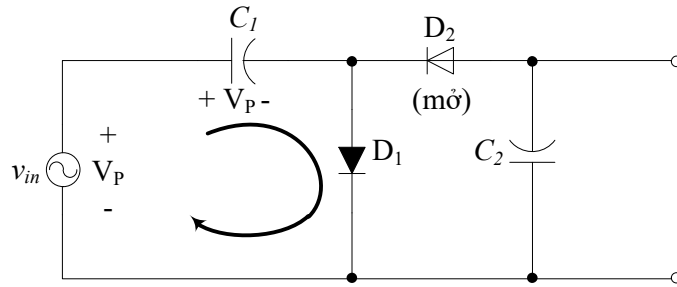
Trường hợp 2: không biết R_L , biết V_i , chọn dòng cung cấp cho tải $I_{RL} = 100\text{mA}$, biết V_{RL} . Chọn diode zener có $V_Z = V_{RL}$ và dòng I_Z vào khoảng $120\text{mA} < I_{Z \max}$ khi gắn tải với dòng cực đại $I_{RL} = 100\text{mA}$ thì dòng $I_Z = 20\text{mA} > I_{Z \min}$.

2.4.7. Mạch nhân áp:

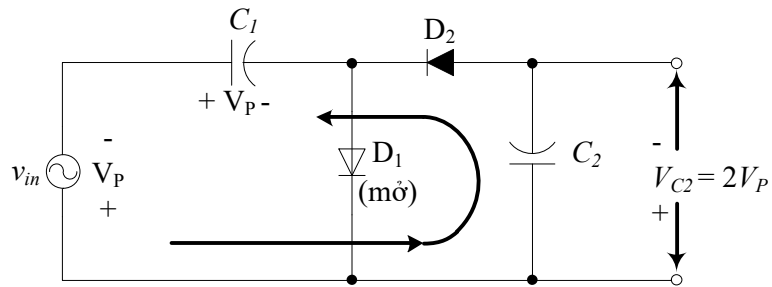
a. Mạch nhân áp bán kỳ:



(a) Mạch nhân áp bán kỳ



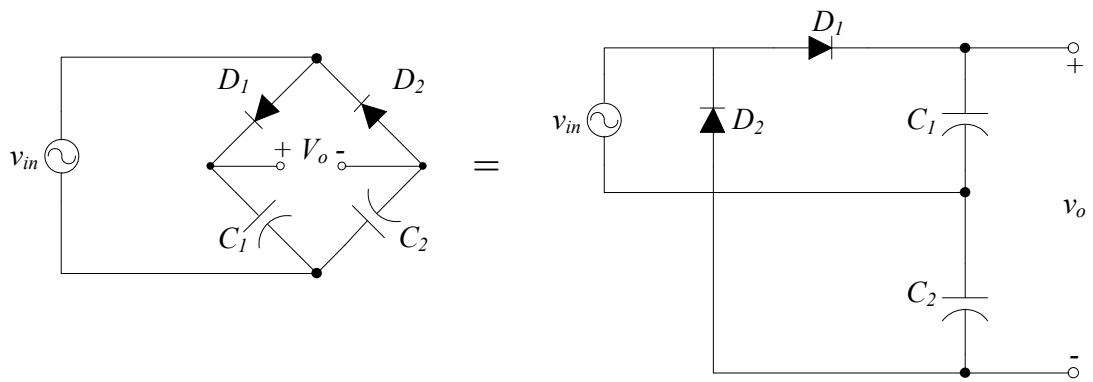
(b) C_1 nạp đến V_P trong suốt nửa chu kỳ dương của v_{in} .



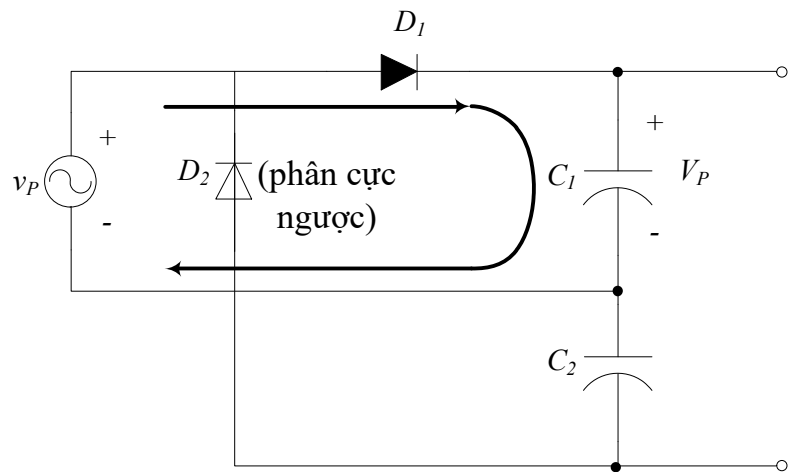
(c) C_2 nạp đến $2V_P$ trong suốt nửa chu kỳ âm của v_{in} .

Hình 2.85. Mạch nhân áp bán kỳ.

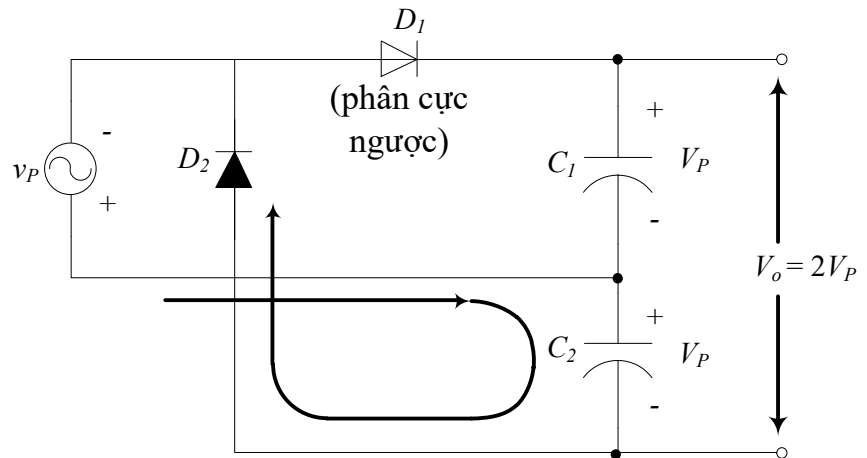
b. Mạch nhân áp toàn kỳ:



(a) Mạch nhân áp toàn kỳ



(b) C_1 nạp đến V_P trong suốt nửa chu kỳ dương của v_{in} .

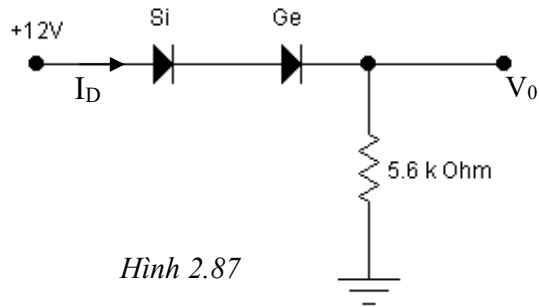


(b) C_2 nạp đến V_P trong suốt nửa chu kỳ âm của v_{in} .

Hình 2.86. Mạch nhân áp toàn kỳ.

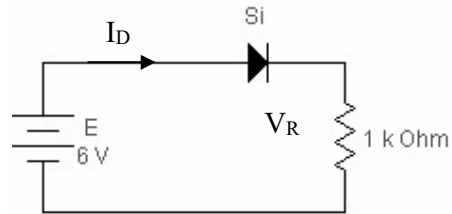
2.5. BÀI TẬP CHƯƠNG 2

Bài 1: Xác định V_0 , và I_D trong mạch điện hình 2.87.



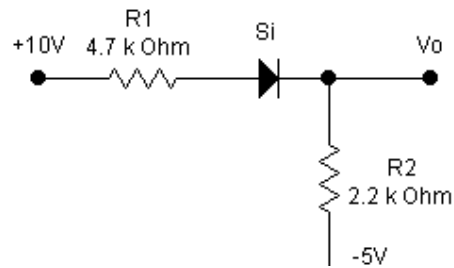
Hình 2.87

Bài 2: Xác định V_D (điện áp trên diode), V_R và I_D trong mạch điện hình 2.88.



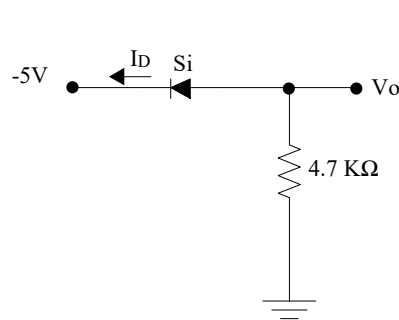
Hình 2.88

Bài 3: Xác định I_D , V_{R1} , V_{R2} và V_0 trong mạch hình 2.89.

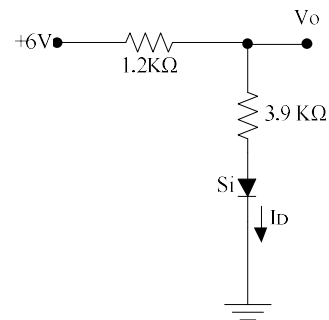


Hình 2.89

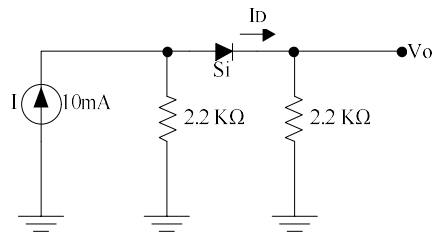
Bài 4: Xác định V_0 và I_D trong các hình 2.90, 2.91, 2.92 và 2.93.



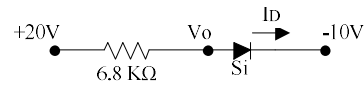
Hình 2.90



Hình 2.91

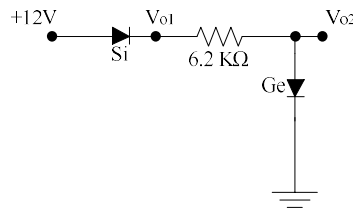


Hình 2.92

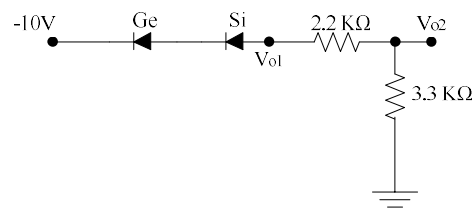


Hình 2.93

Bài 5: Xác định V_{o1} và V_{o2} trong các hình 2.94 và 2.95.

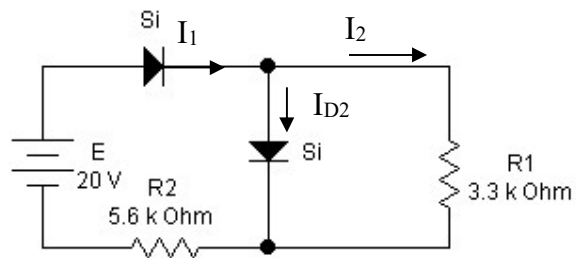


Hình 2.94



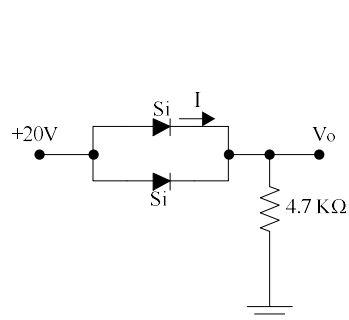
Hình 2.95

Bài 6: Xác định I_1 , I_2 , I_{D2} trong mạch hình 2.96.

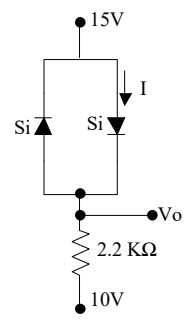


Hình 2.96

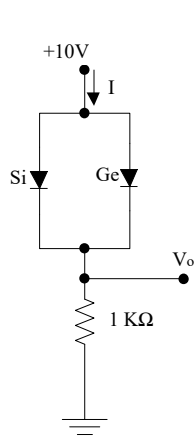
Bài 7: Xác định V_o và I trong các hình 2.97, 2.98, 2.99 và 2.100.



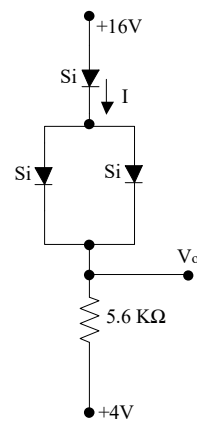
Hình 2.97



Hình 2.98

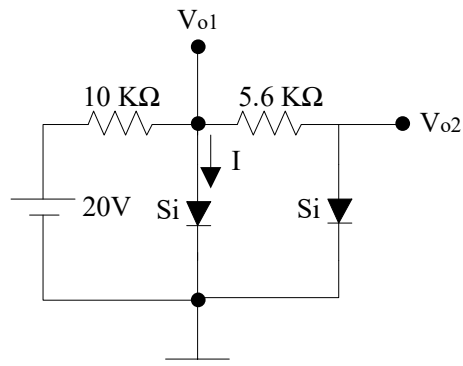


Hình 2.99



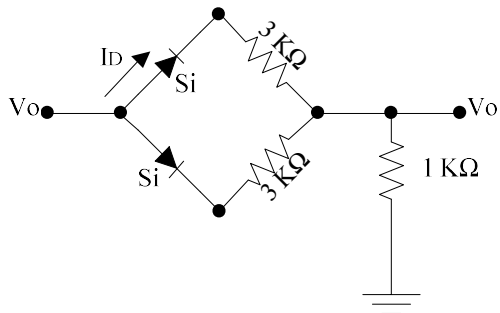
Hình 2.100

Bài 8: Xác định V_{o1} , V_{o2} và I trong mạch hình 2.101.



Hình 2.101

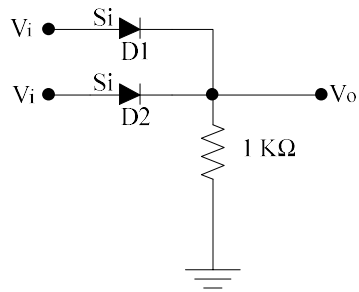
Bài 9: Xác định V_o và I_D trong mạch hình 2.102.



Hình 2.102

Bài 10: Xác định V_o trong mạch hình 2.103 với cả 2 nguồn V_i đều 0V.

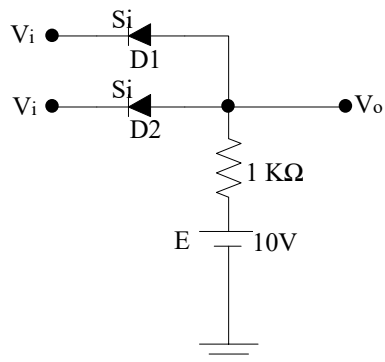
Bài 11: Xác định V_o trong mạch hình 2.103 với cả 2 nguồn V_i đều 10V.



Hình 2.103

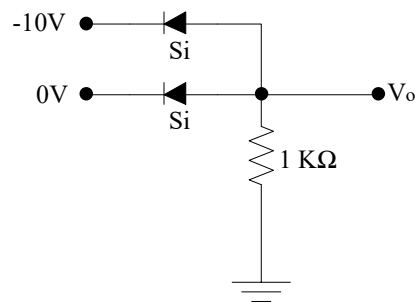
Bài 12: Xác định V_o trong mạch hình 2.104 với cả 2 nguồn V_o đều 0V .

Bài 13: Xác định V_o trong mạch hình 2.104 với cả 2 nguồn V_o đều 10V .



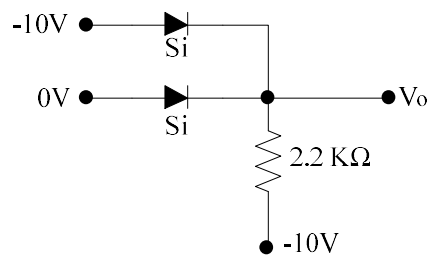
Hình 2.104

Bài 14: Xác định V_o cho cổng OR mức logic âm hình 2.105.



Hình 2.105

Bài 15: Xác định V_o cho cổng AND mức logic âm hình 2.106.

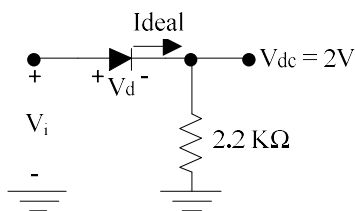


Hình 2.106

Bài 16: Một diode có dòng điện bão hòa ngược $I_S = 2,5 \cdot 10^{-14}$ (A).

- Hãy tính dòng điện thuận chạy qua Diode khi $V_D = 0,5$ (V).
- Hãy xác định giá trị điện áp phân cực thuận V_D để dòng qua diode là 10mA.

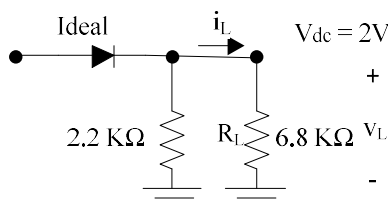
Bài 17: Cho biết dạng sóng V_i , V_d , i_d với ngõ vào là dạng sóng sin có tần số 60Hz (Hình 2.107).



Hình 2.107

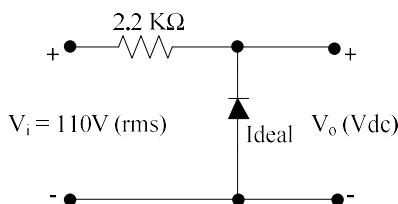
Bài 18: Lập lại bài 16 với silicon diode, ngõ vào là dạng sóng sin có tần số 60Hz.

Bài 19: Cho biết dạng sóng của V_L và i_L , ngõ vào là dạng sóng sin có tần số 60Hz (Hình 2.108).



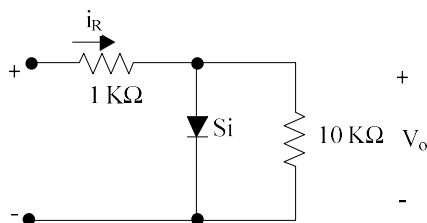
Hình 2.108

Bài 20: Cho biết dạng sóng của V_o và xác định V_{dc} khi ngõ vào là dạng sóng sin có tần số 60Hz (Hình 2.109).



Hình 2.109

Bài 21: Cho biết dạng sóng của V_o và i_R khi ngõ vào là dạng sóng sin có tần số 60Hz (Hình 2.110).

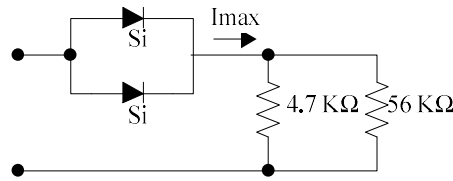


Hình 2.110

Bài 22: Cho mạch điện như Hình 2.111:

- Cho $P_{max} = 14mW$ cho mỗi diode, hãy xác định giá trị dòng điện lớn nhất của mỗi diode.
- Xác định I_{max} để $V_{Lmax} = 160V$.
- Xác định giá trị dòng điện qua mỗi diode với $V_m = 160V$.

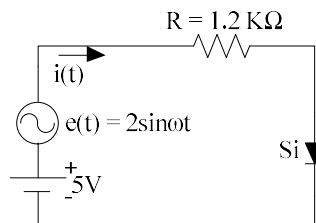
- d. Nếu chỉ một diode hoạt động hãy cho biết giá trị dòng điện qua diode và so sánh với giá trị max.



Hình 2.111

Bài 23: Cho mạch điện như Hình 2.112:

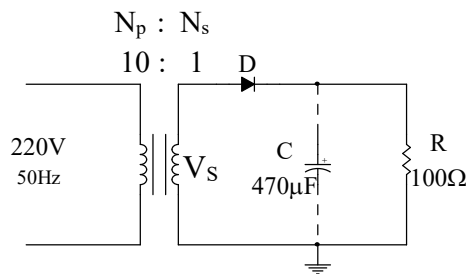
- Cho V_γ của Diode Si là 0.65V, tính điện trở động r_D của Diode.
- Viết biểu thức dòng điện chạy trong mạch $i(t)$.
- Vẽ dạng sóng dòng điện $i(t)$.



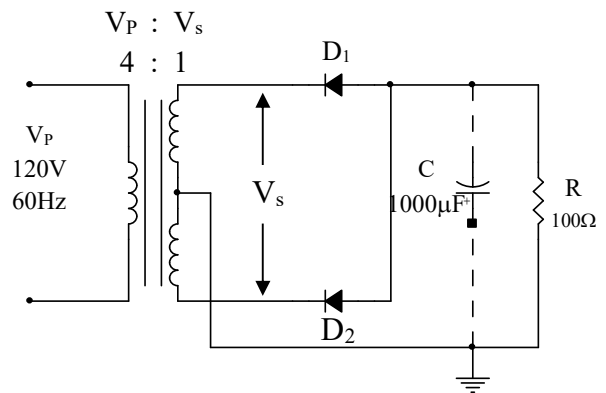
Hình 2.112

Bài 24: Cho mạch điện chỉnh lưu như hình 2.113.

- Khi cho tải điện trở $R = 100\Omega$ (chưa có C)
 - Hãy tính các tham số của mạch: điện áp hiệu dụng V_S , điện áp đỉnh V_{Smax} , điện áp một chiều V_R và dòng một chiều I_R ?
 - Tính dòng qua diode, điện áp ngược đặt lên diode và tần số sóng trên R?
- Khi mắc tụ $C = 470\mu F$ song song với R (xem đường đứt nét)
 - Hãy tính lại các tham số ở câu trên, nhận xét kết quả thu được. Khi chọn $C = 1000\mu F$, $R = 200\Omega$ có thay đổi gì trong các tham số đã tính ở câu b, giải thích sự thay đổi này?



Hình 2.113



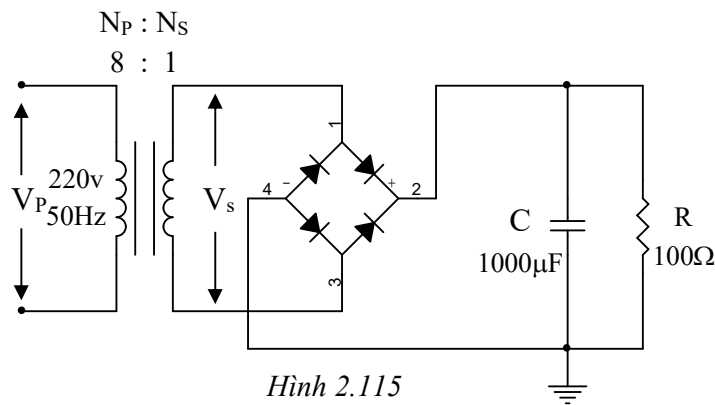
Hình 2.114

Bài 25: Cho mạch điện chỉnh lưu hình 2.114. ($K = 2$: Số pha)

- Khi tải $R = 100\Omega$ (chưa có C) hãy tính các tham số dòng điện và điện áp như bài 6.
- Cho thêm tụ $C = 1000\mu F$ vào mạch. Hãy xác định lại các tham số đã tính ở câu a.

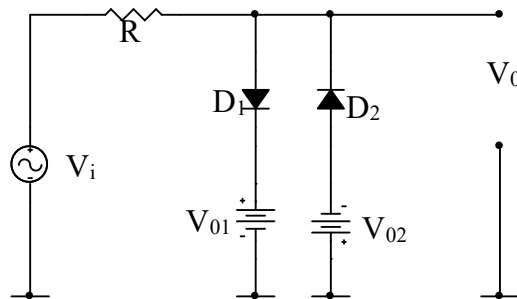
Bài 26: Cho mạch chỉnh lưu cầu toàn sóng hình 2.115. ($K = 2$).

- Tính các tham số của mạch khi $R = 100\Omega$ (chưa có tụ C): điện áp, dòng điện (hiệu dụng, đỉnh) trên thứ cấp V_s , I_s , I_{smax} .
 - Điện áp, dòng điện một chiều trên tải V_R , I_R
 - Dòng điện qua mỗi diode, điện áp ngược trên mỗi diode và tần số điện áp đập mạch trên tải.
- Mắc thêm tụ $C = 1000\mu F$, hãy xác định lại các tham số đã tính ở câu a. Nhận xét kết quả thu được.



Hình 2.115

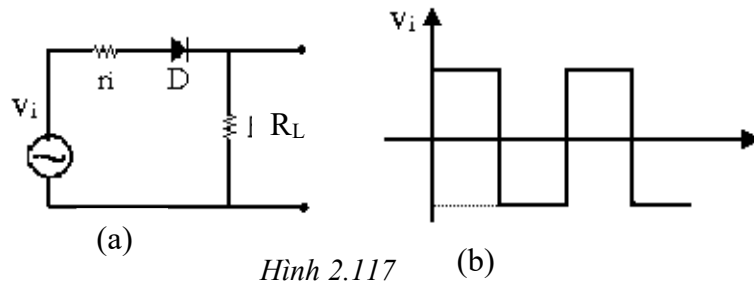
Bài 27: Cho mạch như hình 2.116.



Hình 2.116

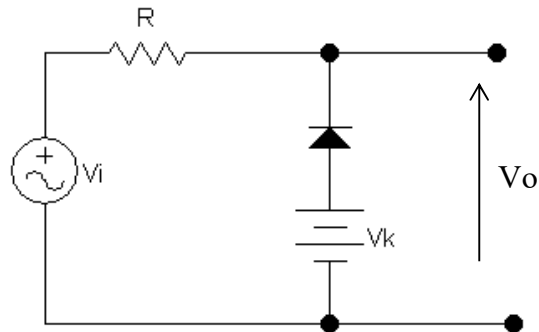
- Hãy xác định dạng đặc tuyến truyền đạt điện áp V_0 theo V_i của mạch.
- Vẽ dạng $V_0(t)$ khi $V_i(t)$ có dạng hình sin có biên độ đỉnh – đỉnh (Peak – Peak) là 30 Vpp. Biết $V_{01} = 2,5V$; $V_{02} = 7,5V$; $R = 1k\Omega$.

Bài 28: Tìm và vẽ điện áp V_L của mạch điện hình 2.117(a), như là một hàm số biến đổi theo thời gian t với ngõ vào V_i như hình 2.117(b).



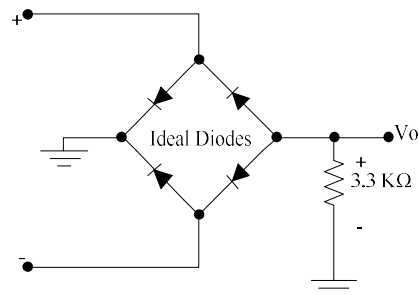
Hình 2.117

Bài 29: Cho mạch điện hình 2.118. Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o biết $V_k = 2V$, $V_i = 10\sin 314t$ [V].



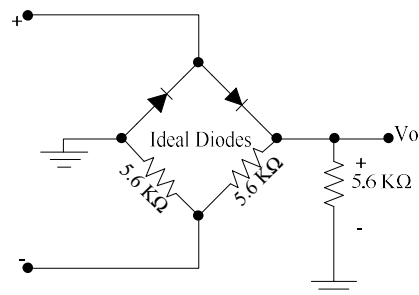
Hình 2.118

Bài 30: Xác định ngõ ra V_o của mạch hình 2.119.



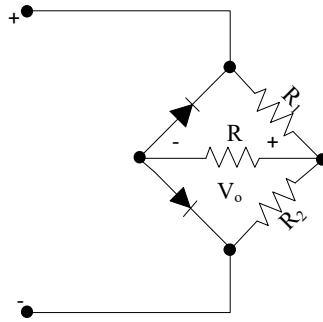
Hình 2.119

Bài 31: Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o của mạch và xác định giá trị điện áp DC với ngõ vào dạng sin có $V_{ip} = 30V$ (Hình 2.114).



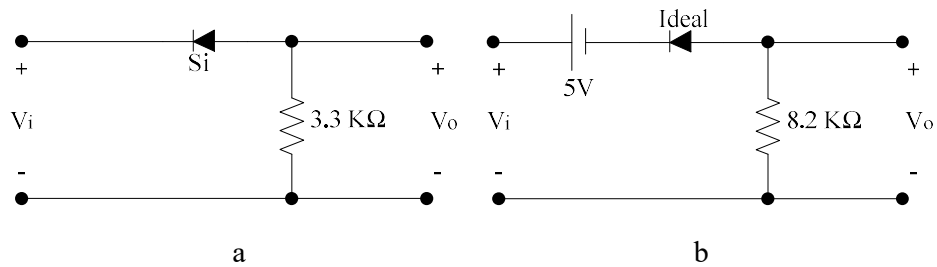
Hình 2.120

Bài 32: Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o của mạch và xác định giá trị điện áp DC. Với ngõ vào dạng sin có $V_{ip} = 10V$, $R_1 = R_2 = 3.3k\Omega$, $R = 8.2k\Omega$ (Hình 2.121).



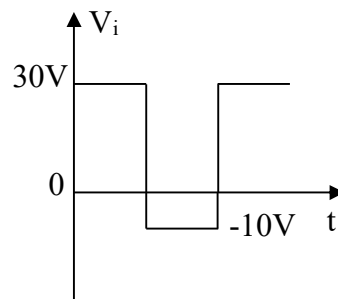
Hình 2.121

Bài 33: Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o của các mạch Hình 2.122(a) và (b) với ngõ vào là dạng sóng sin có $V_p = 20V$.

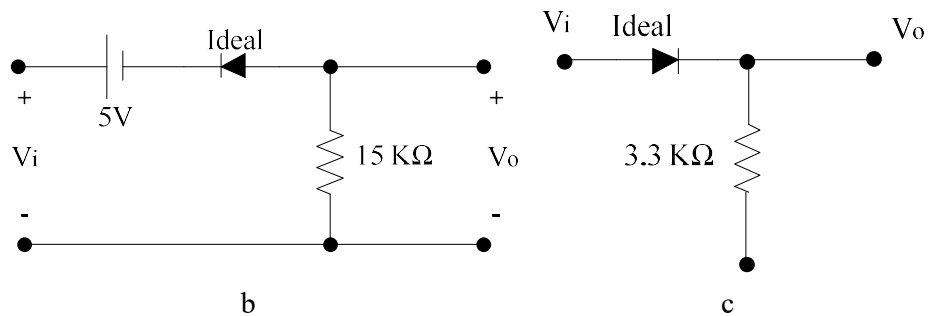


Hình 2.122

Bài 34: Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o của mạch Hình 2.123 (b) và (c), với ngõ vào có dạng như Hình 2.123 (a).

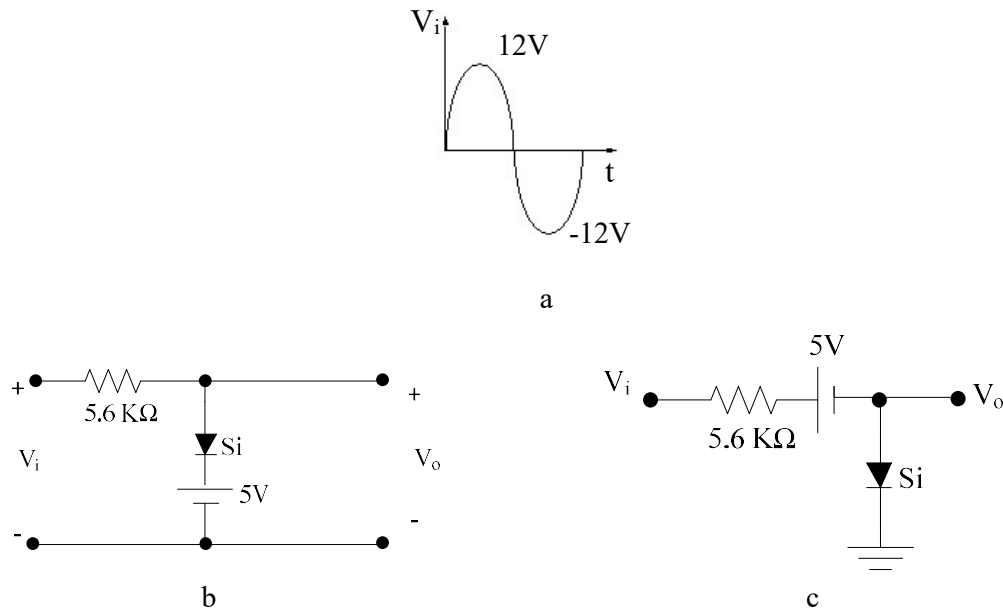


a



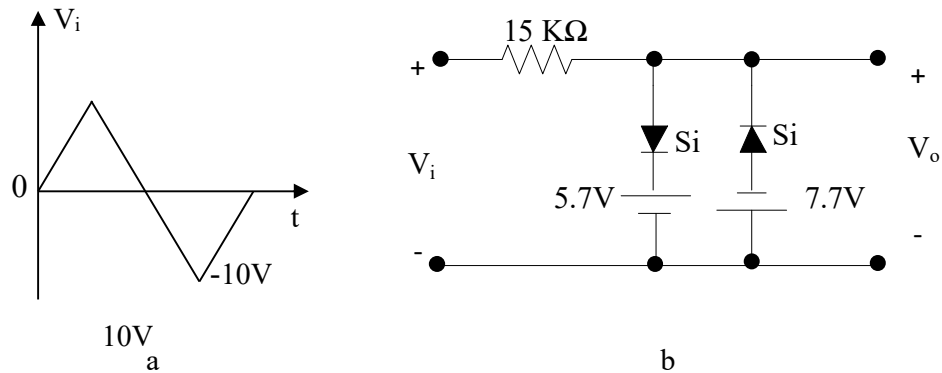
Hình 2.123

Bài 35: Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o của mạch hình 2.124(b) và (c), với ngõ vào có dạng như Hình 2.124(a).



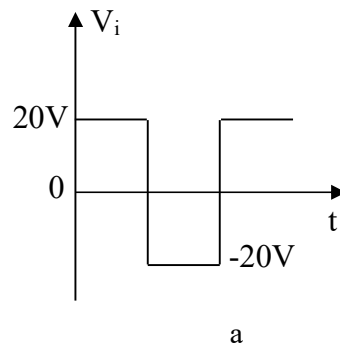
Hình 2.124

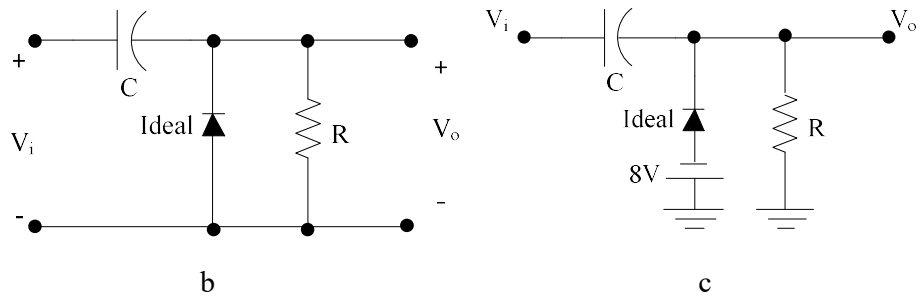
Bài 36: Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o của mạch Hình 2.125(b), với ngõ vào có dạng như Hình 2.125(a).



Hình 2.125

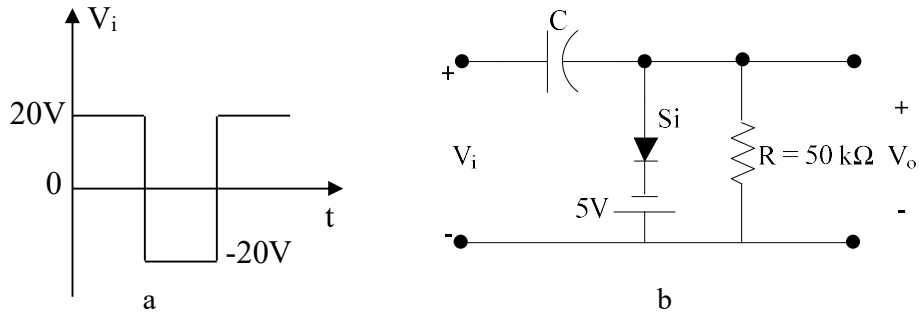
Bài 37: Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o và xác định giá trị điện áp DC của mạch Hình 2.126(b) và (c), với ngõ vào có dạng như hình 2.126(a).





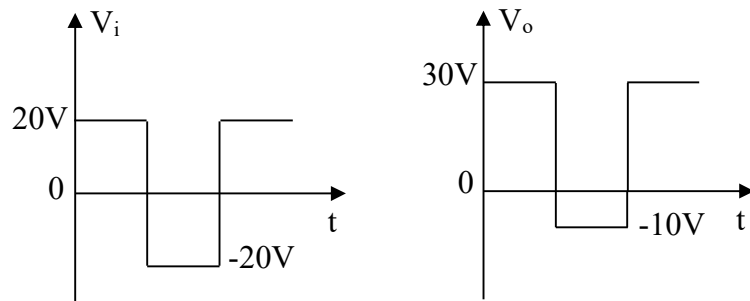
Hình 2.126

Bài 38: Vẽ dạng sóng ngõ ra V_o của mạch Hình 2.127(b) với $f = 1\text{kHz}$ và ngõ vào có dạng như Hình 2.127(a).



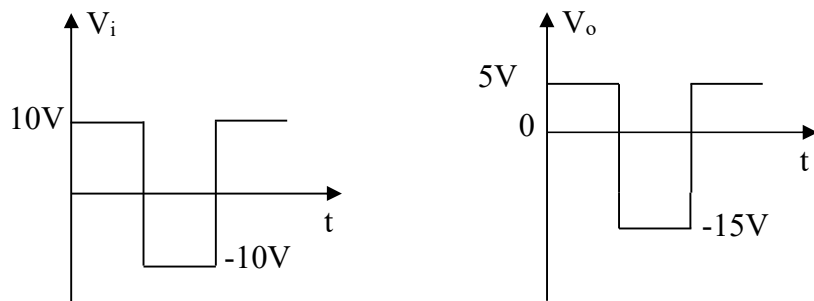
Hình 2.127

Bài 39: Cho diode lý tưởng hãy thiết kế mạch với dạng sóng ngõ vào và ngõ ra như Hình 2.128.



Hình 2.128

Bài 40: Cho diode silicon, hãy thiết kế mạch với dạng sóng ngõ vào và ngõ ra như Hình 2.129.

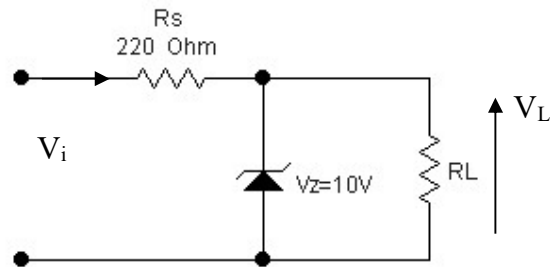


Hình 2.129

Bài 41: Cho mạch điện hình 2.130.

- a. Xác định V_L , I_L , I_Z và I_{RS} nếu $R_L = 300\ \Omega$.

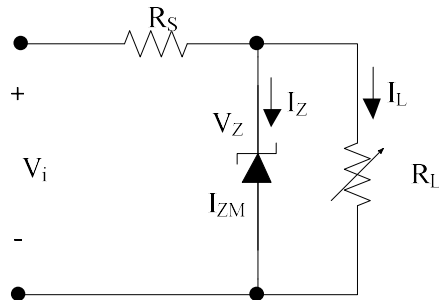
- b. Xác định giá trị của R_L sao cho diode zener hoạt động không quá công suất ($P_{Zmax} = 400mW$).
- c. Xác định giá trị tối thiểu của R_L để zener có thể hoạt động được ($I_{Zmin} = 1mA$).



Hình 2.130

Bài 42: Cho mạch như Hình 2.131, với $V_i = 20V$, $V_Z = 10V$, $R_S = 2.2k$.

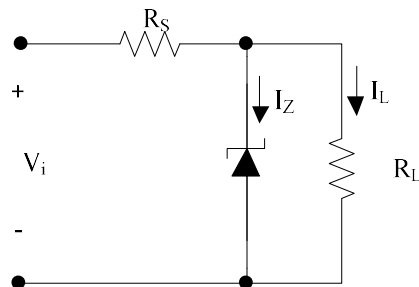
- a. Xác định R_L và I_L để $V_{RL} = 10V$.
- b. Xác định công suất cực đại với $I_{ZM} = 32mA$.



Hình 2.131

Bài 43: Cho mạch như Hình 2.132, với $V_Z = 10V$, $R_S = 110\Omega$, $V_i = 50V$.

- a. Hãy xác định V_L , I_L , I_R với $R_L = 180\Omega$.
- b. Xác định giá trị của R_L để có được công suất cực đại $P_{Zmax} = 400mW$.
- c. Xác định giá trị nhỏ nhất của R_L để zener diode có thể hoạt động được.

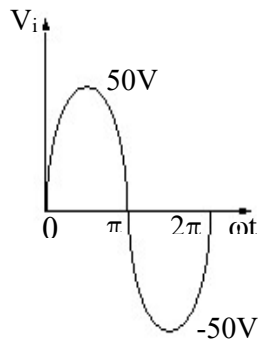


Hình 2.132

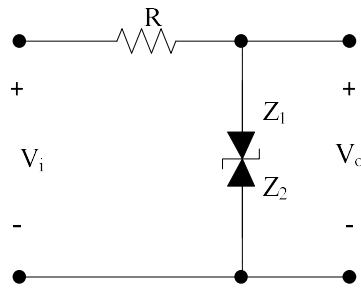
Bài 44: Cũng với mạch như Hình 2.132, với $R_L = 1k\Omega$, $P_{ZM} = 300mW$, $R = 100\Omega$. Hãy xác định giá trị của V_i sao cho $V_L = 9V$ và zener diode hoạt động không quá công suất.

Bài 45: Hãy thiết kế mạch có ngõ vào V_i thay đổi từ 30 đến 50V, sao cho ngõ ra có điện áp không đổi $V_o = 20V$. Từ đó hãy xác định giá trị thích hợp R_s và dòng điện I_{ZM} max.

Bài 46: Cho biết dạng sóng ngõ ra của mạch điện Hình 2.133(b), với dạng sóng ngõ vào như Hình 2.113(a) và $R = 2k\Omega$, $V_{Z1} = V_{Z2} = 10V$.



a



b

Hình 2.133