

CHƯƠNG 1 LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

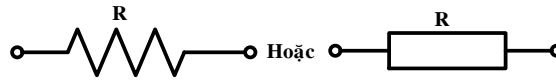
1.1 ĐIỆN TRỞ

1.1.1. Khái niệm

1. Định nghĩa

- Như ta đã biết các loại vật chất đều có khả năng dẫn điện, tuy nhiên khả năng dẫn điện của chúng khác nhau có những chất dẫn điện rất tốt như kim loại, dung dịch axit, bazơ... tuy nhiên cũng có những chất mà khả năng dẫn điện của nó kém như gốm, sứ, thủy tinh... khả năng dẫn điện của vật chất gọi là điện dẫn kí hiệu G.
- Như vậy đối với các vật chất có khả năng dẫn điện kém, người ta nói nó có khả năng cản trở dòng điện của vật chất người ta gọi là điện trở

Ký hiệu:



Hình 1 - 1: Ký hiệu điện trở

- Đơn vị tính bằng ôm (Ω)
- Các bội số của ôm là.
 - + $1 \text{ K}\Omega = 1000 \Omega = 10^3 \Omega$
 - + $1 \text{ M}\Omega = 1.000 \text{ K}\Omega = 10^3 \text{ K}\Omega = 1.000.000 \Omega = 10^6 \Omega$

2. Điện trở của dây dẫn

Một dây dẫn điện có trị số điện trở lớn hay nhỏ tùy thuộc vào vật liệu làm dây dẫn, điện trở tỉ lệ thuận với chiều dài và tỉ lệ nghịch với tiết diện dây dẫn.

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (\Omega) \quad \rho: \text{Điện trở suất } (\Omega\text{m hay } \Omega\text{mm}^2/\text{m})$$

l: chiều dài (m)

s: tiết diện (m^2) hay (mm^2)

R: Điện trở (Ω).

Chú ý: Trong thực tế để giảm điện trở của dây dẫn điện và để tránh tổn hao trên đường dây truyền tải, ta có thể tăng đường kính dây dẫn và chọn dây kim loại có điện trở suất nhỏ.

Ví dụ: Dây đồng, nhôm.

3. Định luật ôm

Định luật ôm là 1 định luật rất quan trọng nói lên quan hệ giữa 3 đại lượng điện áp, dòng điện và điện trở.

Định luật ôm:

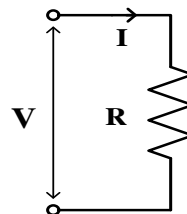
Trên một đoạn mạch dòng điện sẽ tỉ lệ thuận với điện áp và tỉ lệ nghịch với điện trở.

$$I = \frac{V}{R}$$

I: Ampe (A)

V: Vôn (V)

R: Ôm (Ω)



Hình 1-2

1.1.2. Phân loại điện trở

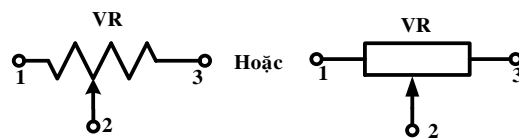
1. Phân loại theo cấu tạo

- Điện trở màng than:** Chiếm đa số trong các mạch điện tử, chất dẫn điện là chất bán dẫn trộn với chất phụ gia được phủ lên bề mặt xung quanh của ống đất sét nung cứng hình trụ. Sau đó kẽm chụp hai đầu trụ định mũ nối với dây kẽm dài để hàn vào mạch in khi lắp ráp. Cuối cùng, toàn khối trụ được sơn phủ cách điện và vẽ vòng màu biểu thị trị số của điện trở. Trị số điện trở từ vài Ω đến vài chục $M\Omega$, công suất từ 1.8 W $\rightarrow$ vài W.
- Điện trở màng kim loại:** Chế tạo từ hợp kim Niken-crom, có trị số ổn định hơn điện trở than, giá thành cao công suất thường từ 1/2W.
- Điện trở oxit kim loại:** Chế tạo từ oxit thiếc chịu được nhiệt độ cao và độ ẩm cao công suất nhỏ thường là 1/2W.
- Điện trở dây quấn:** Dùng các loại hợp kim để chế tạo các loại điện trở cần trị số nhỏ, chịu được dòng điện lớn công suất lớn điện trở dây quấn từ vài oát đến vài chục oát.
- Điện trở bán dẫn:** những con điện trở bán dẫn có trị số điện trở phụ thuộc vào một vài tác động vật lý. Nhiệt độ tối đa cho phép những con điện trở bán dẫn không vượt quá 150°C .

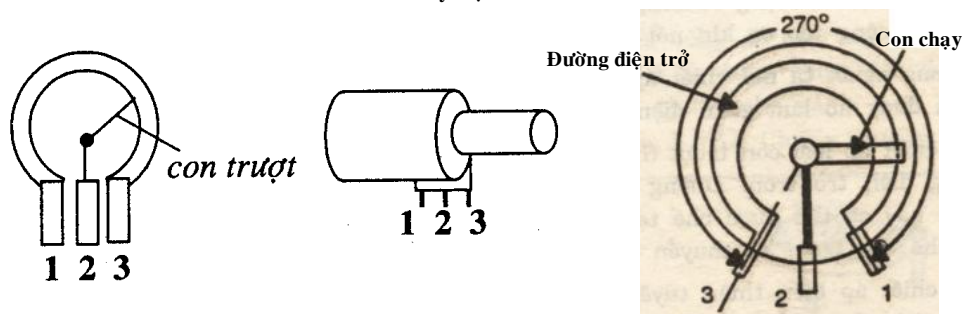
2. Phân loại theo công dụng:

a) **Biến trở:** (variable resistor, viết tắt VR)

- Biến trở còn được gọi là chiết áp.
- Cấu tạo gồm một điện trở màng than hay dây quấn có dạng 1 cung 270° có một trục xoay ở giữa nối với một con trượt làm bằng than (cho biến trở dây quấn) hay làm bằng kim loại (cho biến trở than), con trượt sẽ ép lên mặt điện trở để tạo kiểu nối tiếp xúc làm thay đổi trị số điện trở khi xoay.
- Biến trở có 3 đầu nối ra ngoài, hai đầu mút nối với phần tử điện trở và đầu giữa nối với con chạy.



Hình 1 - 3: Ký hiệu biến trở

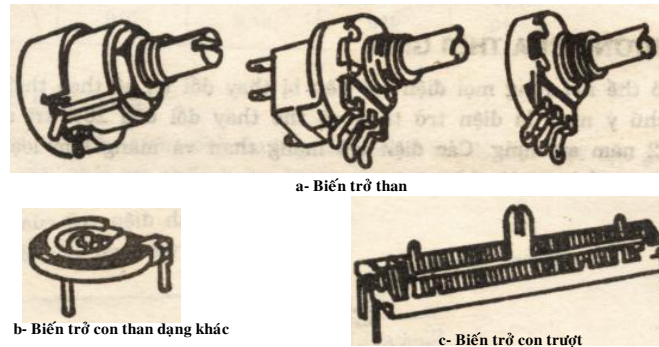


Hình 1 - 4: Cấu tạo bên trong của biến trở

- Các trị số điện thường dùng cho mỗi loại biến trở.

+ **Biến trở than:** 100 Ω , 200 Ω , 470 Ω , 1K Ω , 2.2K Ω , 4.7K Ω , 10K Ω , 22K Ω , 47K Ω , 100K Ω , 220K Ω , 470K Ω , 2.2M Ω , 4.7M Ω ...

- + **Biến trở dây quấn:** 10Ω , 22Ω , 47Ω , 100Ω , 220Ω , $470K\Omega$, $1K\Omega$, $22K\Omega$, $4.7M\Omega$...
- Biến trở dây quấn là một loại biến trở tuyến tính có trị số điện trở tỉ lệ với góc quay. Biến trở than có loại tuyến tính, có loại biến trở trị số thay đổi theo hàm logarit.
- + Loại tuyến tính ký hiệu A . **Ví dụ:** A $20K\Omega$
- + Loại logarit ký hiệu B. **Ví dụ:** B $20K\Omega$.

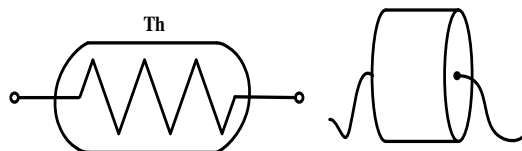


Hình 1 - 5: Hình dạng các loại biến trở

b- Nhiệt điện trở (Thermistor-Th)

Là loại điện trở có trị số thay đổi theo nhiệt độ có hai loại nhiệt điện trở.

- Nhiệt điện trở âm NTC (Negative Temperature Coefficient) Là loại nhiệt điện trở khi nhiệt độ tăng thì trị số điện trở giảm và ngược lại.
- Nhiệt điện trở dương PTC (Positive Temperature Coefficient) Là loại nhiệt điện trở khi nhiệt độ tăng thì trị số điện trở cũng tăng lên và ngược lại.



Hình 1 - 6: Ký hiệu và hình dáng nhiệt điện trở

Trị số của nhiệt điện trở ghi trên sơ đồ linh kiện là trị số đo được ở $25^{\circ}C$.

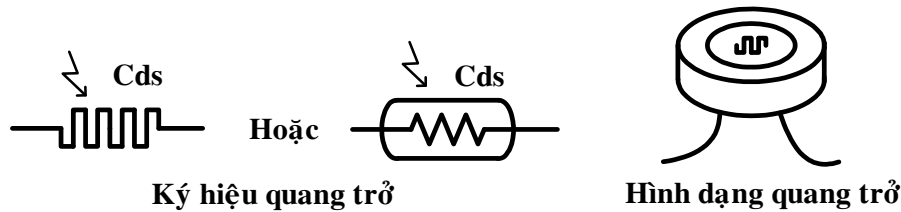
Nhiệt trở thường được ổn định nhiệt cho các tầng khuếch đại công suất hay làm linh kiện cảm biến trong các hệ thống tự động điều khiển theo nhiệt độ.

c- Điện trở quang (photoresistor)

Quang trở còn được gọi là điện trở tùy thuộc ánh sáng LDR (viết tắt bởi Light Dependent Resistor) có trị số thay đổi theo độ sáng chiếu vào quang trở. Khi bị che tối thì quang trở có điện trở rất lớn, khi được chiếu sáng thì điện trở giảm nhỏ.

Quang trở thường chế tạo từ chất sunfua cadmiat nên lấy ký hiệu **cds**, Selenid Cadmium ($CdSe$) sunfit chì (Pbs)...trong đó loại quang trở Cds có độ nhạy phổ gần như mắt người nên thông dụng nhất. Chất silicium nhạy nhất đối với tia hồng ngoại, chất germanium nhạy nhất đối với ánh sáng thấy được và tia tử ngoại.

Quang trở được chế tạo bằng một màn bán dẫn trên nền cách điện nổi ra hai đầu kim loại rồi đặt trên một vỏ nhựa, mặt trên có lớp thủy tinh trong suốt để nhận ánh sáng bên ngoài tác động vào.



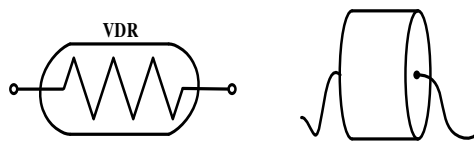
Hình 1-7

Quang trở có trị số điện trở thay đổi không tuyến tính theo độ sáng chiếu vào nó. Độ chiếu sáng càng mạnh thì điện trở có trị số càng nhỏ và ngược lại.

Điện trở khi bị che tối khoảng vài trăm $K\Omega$ đến vài $M\Omega$. Điện trở khi bị chiếu sáng khoảng vài trăm Ω đến vài $K\Omega$.

Quang trở có hai loại: loại sử dụng ánh sáng thường và loại sử dụng ánh sáng hồng ngoại.

d. Điện trở tùy áp (Voltage Dependent Resistor) viết tắt là VDR



Hình 1 - 8: Ký hiệu và hình dáng điện trở tùy áp

VDR là một biến trở có khả năng thay đổi vị trí tùy theo điện áp đặt vào 2 cực theo nguyên tắc mức ngưỡng. Khi điện áp giữa hai cực ở dưới trị số quy định thì VDR có trị số điện trở rất lớn (vài $M\Omega$ đến vài chục $M\Omega$) coi như hở mạch. Khi điện áp giữa hai cực tăng cao quá trị số quy định thì VDR có trị số điện trở rất nhỏ (vài Ω đến vài trăm Ω) coi như ngắn mạch.

VDR có hình dáng giống như một nhiệt trở nhưng nặng như kim loại.

VDR thường được mắc song song với các cuộn dây có hệ số tự cảm lớn để dập tắt các điện áp cảm ứng quá cao khi cuộn dây bị mất dòng điện đột ngột, tránh làm hư các linh kiện khác trong mạch. Ngoài ra VDR còn được dùng để bảo vệ chống sét (hộp chống sét điện thoại, chống sét trạm biến thế); chống quá áp ở nguồn vào (bộ nguồn máy tính, thiết bị điện tử...).

1.1.3 Các thông số kỹ thuật của điện trở

Khi sử dụng điện trở chỉ cần chú ý đến hai thông số đó là: Giá trị điện trở và công suất.

1. Giá trị điện trở:

- + Đơn vị tính bằng ôm có thể ghi trực tiếp trên thân điện trở hoặc ghi bằng ký hiệu các vòng màu.
- + Khi thay điện trở phải thay đúng bằng giá trị của điện trở đang sử dụng.

2. Công suất của điện trở:

Khi sản xuất điện trở có rất nhiều loại chịu đựng nhiệt độ khác nhau, tương ứng với giá trị công suất khác nhau. Do đó khi sử dụng phải chọn điện trở có công suất danh định lớn hơn 1.5 lần đến 2 lần công suất tỏa nhiệt, để tránh điện trở bị quá nóng có thể bị cháy.

Các điện trở có công suất lớn hơn 3W kích thước khá lớn nên có thể ghi rõ giá trị công suất danh định trên thân nó.

Các điện trở có công suất danh định nhỏ hơn 3W được phân biệt bằng kích thước (điện trở có kích thước nhỏ công suất nhỏ, điện trở lớn công suất lớn) hiện các loại thông dụng như: 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W...

3. Công suất toả nhiệt của điện trở (công suất tiêu tán).

Khi có dòng điện qua điện trở thì điện trở sinh ra một nhiệt lượng làm điện trở nóng lên gọi là công suất tiêu tán trên điện trở, được tính bằng công thức:

$$P_R = V_R I_R = R I_R^2$$

P_R : Công suất tiêu thụ trên điện trở đơn vị oát (W)

V_R : Điện áp trên hai đầu điện trở đơn vị vôn (V)

I_R : Cường độ dòng điện qua điện trở, đơn vị là ampe (A).

4. Các thông số điện trở trên

Người ta không thể chế tạo điện trở có đủ các trị số từ nhỏ nhất đến lớn nhất, mà chỉ chế tạo các điện trở có trị số theo tiêu chuẩn như sau:

10	12	15	18
22	27	33	36
39	47	51	56
68	75	82	91

Ví dụ có các điện trở:

- 1Ω, 2.7Ω, 10Ω, 27Ω, 100Ω, 270Ω, 1KΩ, 2.7MΩ...

1.1.4. Xác định trị số điện trở

Thông thường có ba cách ghi trị số điện trở chính:

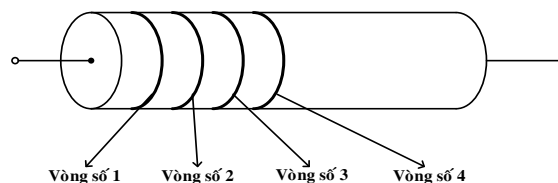
1. Cách xác định trực tiếp

Những điện trở có công suất lớn vài W trở lên thì trị số được ghi trực tiếp trên thân điện trở và công suất danh định.

2. Xác định trị số theo cách ghi dùng kí hiệu vòng màu

Với các điện trở công suất thấp kích thước rất nhỏ. Vì vậy không thể ghi trị số trực tiếp mà phải dùng kí hiệu vòng màu để qui ước(vòng màu theo quy ước của Hoa kỳ (Mỹ)). Vòng màu có các loại : 3 vòng , 4 vòng , 5 vòng.

a. Loại 4 vòng màu



Hình 1 - 9: Loại điện trở có 4 vòng

Vòng 1: Ghi số thứ nhất.

Vòng 2: Ghi số thứ hai

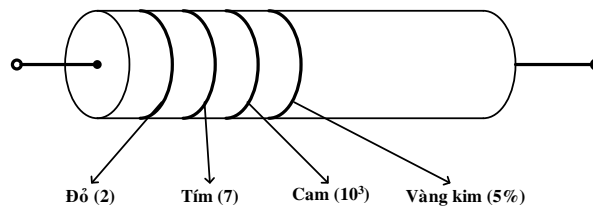
Vòng 3: Chỉ hệ số nhân (số 0 thêm vào).

Vòng 4: Chỉ sai số

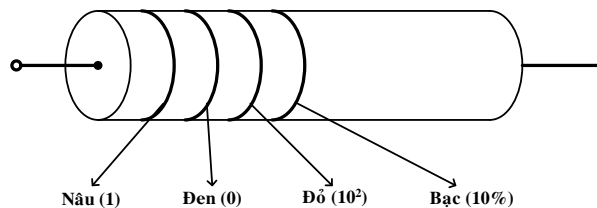
BẢNG QUI ƯỚC MÀU VÀ CÁCH ĐỌC GIÁ TRỊ ĐIỆN TRỞ THEO MÀU QUI ƯỚC

Màu	Vòng số 1 (số thứ nhất)	Vòng số 2 (số thứ hai)	Vòng số 3 (số '0' thêm vào)	Vòng số 4 (sai số)
Đen	Không có	0	$\times 10^0$	
Nâu	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Đỏ	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Cam	3	3	$\times 10^3$	
Vàng	4	4	$\times 10^4$	
Xanh lá	5	5	$\times 10^5$	
Xanh dương	6	6	$\times 10^6$	
Tím	7	7		
Xám	8	8		
Trắng	9	9		
Vàng kim			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
Bạc			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

Ví dụ :

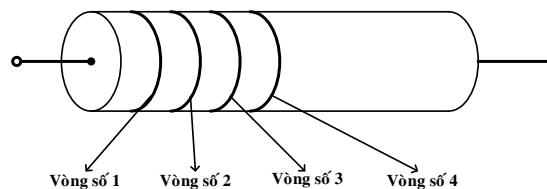


$$R = 27 \times 10^3 \pm 5\% = 27 \text{ K}\Omega \pm 5\%$$



$$R = 10 \times 10^2 \pm 10\% = 1 \text{ K}\Omega \pm 10\%$$

b. Loại có 5 vòng màu



Hình 1 - 10: Loại điện trở có 5 vòng màu

Vòng 1 : Ghi số thứ nhất.

Vòng 2 : Ghi số thứ hai.

Vòng 3 : Ghi số thứ ba.

Vòng 4 : Chỉ hệ số nhân (số 0 thêm vào).

Vòng 5 : Chỉ sai số.

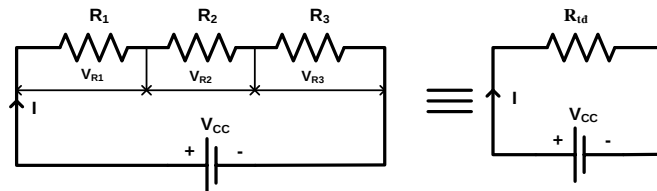
Nguyên tắc đọc như loại 4 vòng màu. Tuy nhiên điện trở này dùng vòng màu thứ ba chỉ số thứ ba, vòng thứ tư chỉ hệ số nhân và vòng thứ năm chỉ sai số.

Ví dụ :

Cam – Trắng – Tím – Đỏ – Nâu : $R = 397 \times 10^2 \pm 1\% = 39,7K\Omega \pm 1\%$

1.1.5. Phương pháp ghép điện trở

1. Ghép nối tiếp :



Hình 1 - 11 Ghép nối tiếp các điện trở

Trong mạch điện các điện trở ghép nối tiếp thì :

- Cường độ dòng điện đi qua các điện trở bằng nhau

$$I = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3}$$

I : dòng điện của nguồn cung cấp.

I_{R1} : dòng điện đi qua R_1

I_{R2} : dòng điện đi qua R_2

I_{R3} : dòng điện đi qua R_3

- Điện áp trên các điện trở phụ thuộc giá trị điện trở đó. Theo định luật Ôm ta có :

$$V_{R1} = I_{R1} R_1 = IR_1$$

$$V_{R2} = I_{R2} R_2 = IR_2$$

$$V_{R3} = I_{R3} R_3 = IR_3$$

- Tổng số điện áp trên các điện trở ghép nối tiếp bằng điện áp nguồn cung cấp :

$$V_{CC} = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

- Điện trở tương đương của nhiều điện trở ghép nối tiếp có trị số bằng tổng số các điện trở :

$$R_{td} = R_1 + R_2 + R_3$$

- Nếu trong mạch có nhiều điện trở mắc nối tiếp thì :

$$R_{td} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Ví dụ :

Có một bóng đèn 2V tiêu thụ dòng điện là 10mA. Tính R hạn dòng để đèn hoạt động với nguồn 30V.

- Ghép nối tiếp : Dòng điện qua đèn và điện trở bằng nhau:

$$I = I_D = I_R = 10mA$$

- Điện áp đặt trên đèn phải bằng 2V ($V_D = 2V$).

Điện trở phải giảm áp : $R = \frac{V_R}{I_R}$

$$V_R = V_{CC} - V_D = 30 - 2 = 28V$$

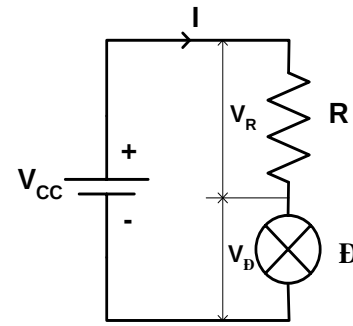
$$\Rightarrow R = \frac{28}{10 \cdot 10^{-3}} = 2.8K\Omega$$

Thực tế không có điện trở $R = 2.8 K\Omega$ chọn

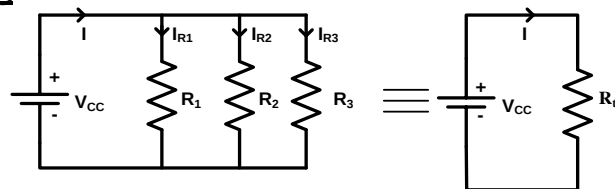
điện trở $R = 2.7K\Omega$.

Công suất điện trở :

$$P_R = R \cdot I_R^2 = 2.7 \cdot (10 \cdot 10^{-3})^2 = 27W$$



2. Ghép song song



Hình 1 - 12 Ghép song song các điện trở

Trong mạch điện các điện trở ghép song song thì :

-Điện áp đặt trên các điện trở ghép song song bằng nhau và bằng điện áp cung cấp:

$$V_{CC} = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3}$$

-Dòng điện qua các điện trở phụ thuộc vào giá trị điện trở của nhánh đó :

Theo định luật Ohm ta có :

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{V_{CC}}{R_1}$$

$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{V_{CC}}{R_2}$$

$$I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{V_{CC}}{R_3}$$

-Dòng điện cung cấp bằng tổng số dòng điện qua các điện trở :

$$I = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

-Điện trở tương đương toàn mạch :

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

-Nếu trong mạch điện có nhiều điện trở ghép song song thì :

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

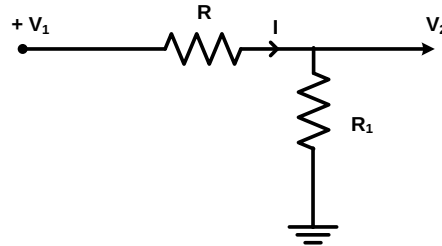
1.1.6. Ứng dụng của điện trở

- Trong sinh hoạt: Điện trở được dùng để chế tạo các loại dụng cụ điện như : bàn ủi, bếp điện, bóng điện . . .

- Trong công nghiệp: Điện trở được dùng để chế tạo các thiết bị sấy, giới hạn dòng điện khởi động động cơ . . .

- Trong điện tử : Điện trở được dùng giới hạn dòng điện hay tạo sụt áp
- + Giới hạn dòng điện các cực khiển của SCR, TRIAC, LED, . . .
- + Tạo sụt áp : Người ta thường dùng điện trở để tạo ra một sụt áp giữa 2 điểm của mạch điện hay gọi là định mức điện áp giữa 2 điểm khác nhau của mạch điện như hình vẽ:

$$V_2 = \frac{V_1}{R + R_1} \times R_1$$



Hình 1 - 13 Dùng điện trở tạo phân áp

Câu hỏi ôn tập

1. Cho biết các thông số đặc trưng của điện trở?
2. Cách chọn công suất điện trở?
3. Tính điện trở và công suất tương đương của mạch ghép nối tiếp có 4 điện trở cùng trị số là $1,5k\Omega/0,5W$?
4. Tính điện trở và công suất tương đương của mạch ghép song song 3 điện trở cùng trị số là $1,5\Omega/0,5W$?
5. Nếu có 1 bóng đèn 3V-10mA. Để mắc vào nguồn điện 12V ta phải làm gì? Giải thích?
6. Có 10 điện trở 100Ω và 10 điện trở $1k\Omega$ nhưng khi sửa chữa phải thay thế 2 điện trở 200Ω và điện trở 500Ω ta phải làm gì?

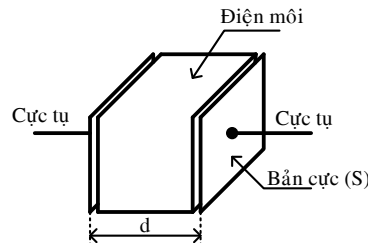
1.2 TỤ ĐIỆN

1.2.1. Cấu tạo

Tụ điện được cấu tạo gồm 2 tấm kim loại có diện tích S , đặt song song nhau, ở giữa là một cách điện gọi là điện môi. Chất điện môi có thể là không khí, gốm, sứ, sành hay chất hoá học ... và thường gọi tên tụ điện theo chất điện môi.

Ví dụ: Tụ điện giấy, tụ điện dầu, tụ điện gốm, tụ điện không khí ...

Hai tấm kim loại tạo thành hai bản cực, ở hai tấm kim loại cho ra hai điện cực gọi là cực tụ.



Hình 2 - 1: Cấu tạo của tụ điện

1.2.2. Điện dung của tụ điện

Tụ điện là một linh kiện có khả năng tích điện dưới dạng điện trường, khả năng tích điện của tụ gọi là điện dung của tụ.

Kí hiệu: C

Đơn vị: Fara (F)

Đơn vị Fara rất lớn trong thực tế ít dùng, chỉ dùng các ước số của Fara như:

- MicroFara (μF) $1\text{F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^9 \text{nF} = 10^{12} \text{pF}$
- PicoFara (pF) $1\mu\text{F} = 10^3 \text{nF} = 10^6 \text{pF}$
- NanoFara (nF) $1\text{nF} = 10^3 \text{pF}$

Điện dung C của tụ điện tùy thuộc cấu tạo và được xác định bởi công thức:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} \quad (\text{F})$$

C : Điện dung của tụ điện đơn vị (F).

ε : hằng số điện môi tùy thuộc chất cách điện.

S : Diện tích của bản cực (m^2).

d : Bề dày lớp điện môi (m).

– Hằng số điện môi của một số chất cách điện thông dụng để làm tụ điện có trị số như sau :

- ✓ Không khí khô $\varepsilon = 1$
- ✓ Parafin $\varepsilon = 2$
- ✓ Ebonit $\varepsilon = 2,7 \div 2,9$
- ✓ Giấy tẩm dầu $\varepsilon = 5,5$
- ✓ Gốm (ceramic) $\varepsilon = 5,5$
- ✓ Mica $\varepsilon = 4 \div 5$

1.2.3. Phân loại và kí hiệu tụ điện

Tụ được chia làm 2 loại:

- Tụ có phân cực tính dương, âm (tụ hoá)
- Tụ không phân cực tính.

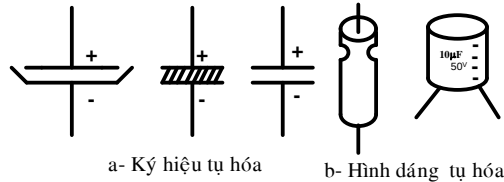
1. Tụ có phân cực tính

a. Tụ oxit hoá:

– Thường gọi là tụ hoá. Tụ hoá có điện dung lớn, là loại tụ có phân cực tính dương âm. Tụ được chế tạo với bản cực nhôm và bản cực dương có bề mặt hình thành lớp oxit nhôm và lớp bột khí có tính cách điện để làm chất điện môi, lớp oxit nhôm rất mỏng nên điện dung của tụ lớn.

– Khi sử dụng tụ hoá phải đặt đầu dương (+) của tụ vào đầu dương của nguồn, đặt đầu âm (-) của tụ vào đầu âm của nguồn. Nếu đặt sai cực tính sẽ xảy ra có hiện tượng phóng điện xuyên qua lớp điện môi làm tụ bị chạm, bị rỉ, gọi là hiện tượng đánh thủng lớp điện môi có thể gây ra nổ tụ.

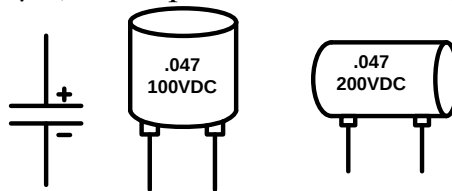
– Điện áp làm việc của thường nhỏ hơn 500V.



Hình 2 - 2: Ký hiệu và hình dáng tụ hóa

b. Tụ màng mỏng

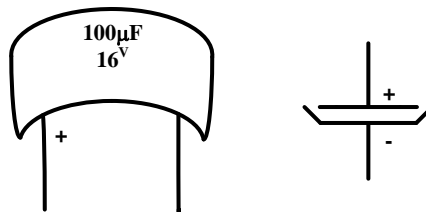
Là loại tụ có chất điện môi là các chất polyester (PE), polyetylen (PS), điện dung từ vài trăm PF đến vài chục μF , điện áp làm việc đến hàng ngàn volt.



Hình 2 - 3: Ký hiệu, hình dáng tụ màng mỏng

c. Tụ Tang-tan

Là loại tụ có phân cực tính, điện dung có thể rất cao từ $0,1\mu\text{F}$ đến $100\mu\text{F}$, nhưng kích thước nhỏ, điện áp làm việc thấp chỉ vài chục volt. Tụ Tang-tan thường có dạng viên.

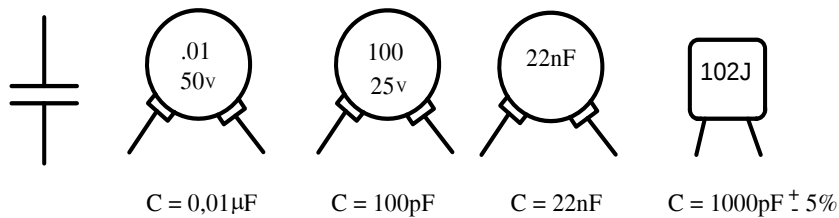


Hình 2 - 4: Ký hiệu, hình dáng tụ tang - tan

2. Tụ không phân cực tính

a. Tụ gốm (ceramic):

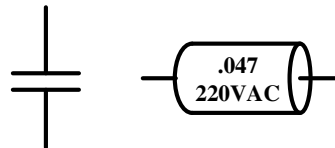
Điện dung từ 1PF đến 1 μ F là loại tụ không có cực tính, điện áp làm cao đến vài trăm volt.



Hình 2 - 5 Ký hiệu, hình dáng và cách đọc trị số tụ gốm

b. Tụ giấy

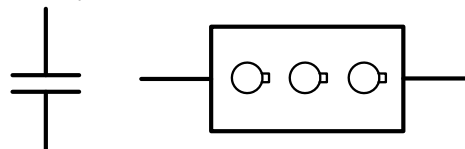
Là loại tụ không có cực tính gồm hai bản cực là các bản kim loại dai, ở giữa có lớp cách điện là giấy tẩm dầu và cuộn lại thành ống. Điện áp đánh thủng đến vài trăm volt.



Hình 2 - 6 Ký hiệu, hình dáng tụ giấy

c. Tụ mica

Là loại tụ không có cực tính, điện dung từ vài pF đến vài trăm nF, điện áp làm việc rất cao trên 1000V. Tụ mica đắt tiền hơn tụ gốm vì ít sai số, đáp tuyến cao tần tốt, độ bền cao. Trên tụ mica được sơn các chấm màu để chỉ trị số điện dung.



Hình 2 - 7 Ký hiệu, hình dáng tụ mica

1.2.4. Các thông số kỹ thuật

Khi sử dụng tụ điện trong thiết kế hoặc sửa chữa thay thế thì cần chú ý đến hai thông số quan trọng như: Điện dung C và điện áp làm việc wv (working – voltage)

1. Điện áp làm việc

– Mỗi tụ điện có điện áp làm việc khác nhau, do đó người ta quy định điện áp đặt lên hai bản cực của tụ lớn nhất để tránh điện thế quá lớn làm phóng điện qua điện môi.

– Khi sử dụng tuyệt đối không đặt tụ làm việc ở điện áp lớn hơn mức quy định ghi trên tụ. Thông thường điện áp đặt vào hai cực của tụ phải nhỏ hơn điện áp ghi trên thân tụ một cấp điện áp (chỉ bằng $\frac{1}{2} \rightarrow \frac{2}{3}$ điện áp trên tụ là an toàn nhất).

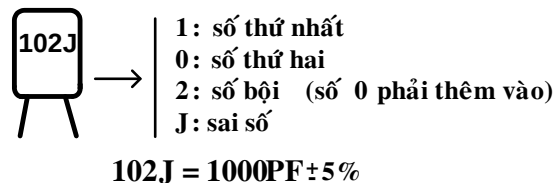
– Điện áp làm việc của tụ có các cấp sau: 16v, 25v, 50v, 63v, 85v, 100v, 160v, ...

2. Điện dung của tụ điện

Điện dung của tụ kí hiệu là C, đơn vị tính là F hay các ước số của F. Các tụ có điện dung lớn hơn $1\mu\text{F}$ có kích thước tương đối lớn, giá trị điện dung sẽ được ghi trực tiếp trên thân tụ. Đối với các tụ có điện dung nhỏ (nhỏ hơn $1\mu\text{F}$) thường được ghi dưới dạng kí hiệu.

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐIỆN DUNG CỦA TỤ ĐIỆN:

a) Cách ghi đọc theo đơn vị là PF:



Hình 2- 8: Đọc trị số điện dung theo chữ số

– Người ta dùng 3 chữ số. Trong đó 2 chữ số ở đầu là ghi 2 số thứ nhất và số thứ hai, chỉ số thứ ba là lượng số “0” phải thêm vào, đơn vị là P (Picrophara). Cuối cùng là 1 chữ cái để chỉ sai số được quy định như sau:

$J = \pm 5\%$; $K = \pm 10\%$; $M = \pm 20\%$; $Z = \pm 20\% - 80\%$; $D = \pm 5pF$; $C = \pm 25pF$

Ví dụ: $153J = 15.000pF \pm 5\%$

$222K = 2200pF \pm 10\%$

❖ **Chú ý:** Đối với các tụ vài trăm PF thì người ta ghi trực tiếp:

Ví dụ: $100J = 100pF \pm 5\%$ hoặc $101J$

$560K = 560pF \pm 10\%$ hoặc $561K$

b) Cách ghi đọc theo đơn vị μF :

– Các tụ dạng này đều có trị số nhỏ hơn $1\mu\text{F}$ các tụ được ghi dưới dạng thập phân. Những số 0 được ghi ở trước phía dấu phẩy được thay thế bằng dấu chấm.

– Phía sau các chữ số là các chữ cái dùng để chỉ sai số (tương tự như phần cách đọc theo đơn vị PF).

Ví dụ: Tụ được ghi:

$.001J$ có giá trị là $0,001\mu\text{F} \pm 5\% = 1000pF \pm 5\%$

$.047K$ có giá trị là $0,047\mu\text{F} \pm 10\% = 47.000pF \pm 10\%$

$.1M$ có giá trị là $0,1\mu\text{F} \pm 20\% = 100.000pF \pm 20\%$

❖ **Chú ý:** các tụ điện trên nếu không có ghi điện áp, thì có điện áp lớn nhất là 50V. Nếu các tụ nào có điện thế sử dụng lớn hơn 50V thì sẽ được ghi rõ trên thân tụ.

c) Các trị số điện dung tiêu chuẩn:

Tương tự như điện trở, người ta chỉ chế tạo các tụ điện có các trị số điện dung theo tiêu chuẩn với các số thứ nhất và số thứ hai như sau:

10 – 12 – 15 – 18 – 22 – 27 – 33 – 39 – 47 – 56 – 68 – 75 – 82

Ví dụ: các tụ điện: $10pF$ - $100 pF$ - $1nF$ - $10nF$...

$2,2 pF$ - $22 p$

$$F - 2,2 \text{ nF} - 22\text{nF}$$

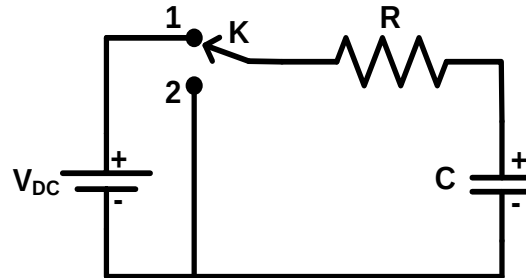
$$68\text{pF} - 680\text{pF} - 6,8\text{nF} - 68\text{nF}$$

1.2.5. Đặc tính của tụ điện:

1. Đối với nguồn điện 1 chiều:

a) Tụ nạp điện:

Sơ đồ mạch điện như sau:



Hình 2 - 9: Mạch điện nạp và xả điện của tụ điện

Khi công tắc K ở vị trí 1 thì tụ bắt đầu nạp điện từ điện áp là 0V tăng dần đến mức điện áp V_{DC} theo hàm số mũ đối với thời gian t .

Điện áp trên 2 đầu tụ được tính theo công thức:

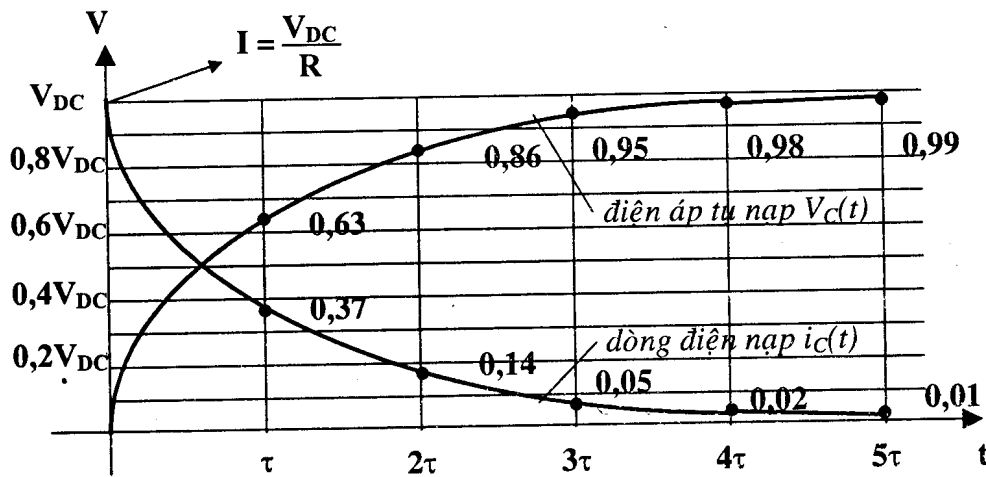
$$V_c(t) = V_{DC} (1 - e^{-t/\tau}) \text{ (V)}.$$

t : thời gian nạp tụ, đơn vị là giây (s)
 e : 2,71828
 τ : gọi là hằng số thời gian nạp điện của tụ, R đơn vị là ôm (Ω) và C đơn vị là fara (F).

sau một thời gian $t = \tau = RC$ thì tụ nạp được điện áp $V(c) = 0,63 V_{DC}$ và sau một thời gian $t = 5\tau$ tụ nạp được điện áp $V_c = 0,99 V_{DC}$ coi như tụ nạp đầy.

Trong khi điện áp tụ nạp được tăng dần thì dòng điện tụ nạp lại giảm dần từ trị số cực đại ban đầu là $i_c = \frac{V_{DC}}{R}$ xuống trị số cuối cùng là 0A (hình 2 -11).

Dòng điện nạp tức thời của tụ được tính theo công thức: $i_c(t) = \frac{V_{DC}}{R} e^{-t/\tau}$.



Hình 2 - 10: Đặc tính nạp của tụ điện

b) Tụ xả điện:

Sau khi tụ nạp đầy, điện áp nạp được trên tụ là $V_c \approx V_{DC}$, bật công tắc K sang vị trí 2 (hình 2 - 10) tụ xả điện qua điện trở R, điện áp rơi trên tụ từ trị số V_{DC} sẽ giảm dần đến 0V theo hàm số mũ đối với thời gian t.

Điện áp trên 2 đầu tụ khi xả được tính theo công thức:

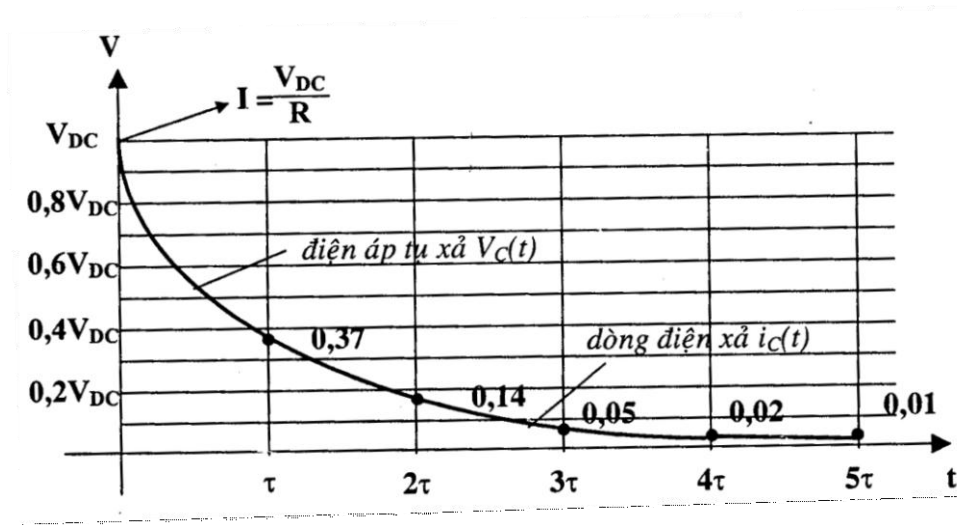
$$V_c(t) = V_{DC} e^{-t/\tau}$$

t : thời gian nạp tụ, đơn vị là giây (s)
 e : 2,71828
 $\tau = RC$: gọi là hằng số thời gian nạp điện của tụ, R đơn vị là ôhm (Ω) và C : điện dung, đơn vị là fara (F).

Sau một thời gian $t = \tau$ điện áp trên tụ chỉ còn 0,37 V_{DC} tức là đã xả hết 0,63 điện áp ban đầu là V_{DC} . Sau một thời gian $t = 5\tau$ thì điện áp trên tụ chỉ còn 0,1 V_{DC} coi như tụ xả hết (hình 12).

Khi xả điện, dòng điện xả cũng giảm dần theo hàm số mũ theo trị số cực đại ban đầu là $I_c = \frac{V_{DC}}{R}$ xuống trị số cuối cùng là 0A. dòng điện xả của tụ điện:

$$i_c(t) = \frac{V_{DC}}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$



Hình 2 -11: Đặc tính xả của tụ điện

❖ Điện tích tụ nạp:

Nếu nối tụ điện vào nguồn điện 1 chiều với thời gian đủ dài thì tụ sẽ nạp đầy. Điện tích tụ nạp được tính theo công thức:

$$Q = C \cdot V (C) .$$

{
Q: điện tích (culông)
C: điện dung (fara)
V: điện áp nạp trên tụ(vôn).

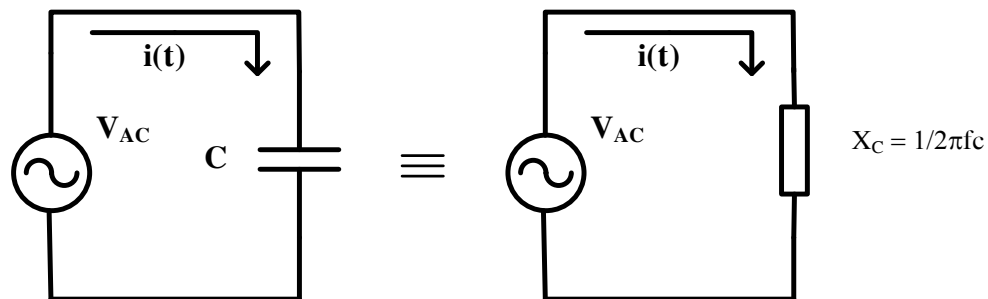
❖ Năng lượng tụ nạp và xả:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 (J)$$

{
W: điện năng (Jun)
C: điện dung (fara)
V: điện áp trên tụ (vôn).

2. Đối với nguồn điện xoay chiều:

Xét mạch điện như hình 2 -13:



Hình 2 - 12

Nối tụ điện vào nguồn điện xoay chiều hình sin thì trị số tức thời của dòng điện qua tụ là:

$$i(t) = I_m \sin \omega t \text{ (A)}$$

– Điện áp đặt trên tụ:

$$V_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(t).dt = \frac{1}{C} \int_0^t I_m \sin \omega t .dt$$

Lấy tích phân ta được:

$$V_C(t) = \frac{1}{\omega C} I_m (-\cos \omega t) = \frac{1}{C\omega} I_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$

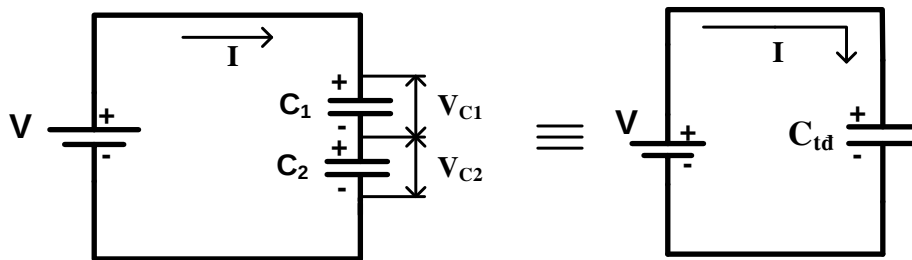
Như vậy, điện áp V_C trên tụ cũng là một trị số thay đổi theo dòng điện xoay chiều hình sin và chậm pha 1 góc 90° ($\pi/2$) so với dòng điện qua tụ.

$$\text{Giá trị điện áp cực đại } V_{cm} = \frac{I_m}{C\omega} = \frac{I_m}{2\pi fC} \text{ (V)} \quad (\omega = 2\pi f).$$

$$\text{Dung kháng } X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi fC} \text{ (}\Omega\text{)}.$$

1.2.6. Các phương pháp ghép tụ điện:

1) Ghép nối tiếp:



Hình 2 - 13: Ghép nối tiếp tụ điện

Các tụ ghép nối tiếp có cùng dòng điện nạp I nên điện tích của các tụ ghép nối tiếp bằng nhau.

$$Q = Q_1 = Q_2 = I.t$$

Điện tích nạp được vào tụ tính theo công thức .

$$Q_1 = Q = C_1 V_1 ; Q_2 = Q = C_2 V_2$$

$$\rightarrow V_1 = \frac{Q}{C_1} ; V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

Gọi C_{td} là tụ điện tương đương của C_1, C_2 ghép nối tiếp, ta có:

$$Q = C_{td}. V \rightarrow V = \frac{Q}{C_{td}}$$

$$\text{Mà } V = V_1 + V_2 \rightarrow \frac{Q}{C_{td}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

$$\rightarrow \frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Ví dụ: $C_1 = 1000\mu\text{F}/50\text{V}$, $C_2 = 1000\mu\text{F}/50\text{V}$. Tính C_{td}

$$\text{Ta có: } \frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \rightarrow C_{td} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1000 \cdot 1000}{1000 + 1000} = 500\mu F.$$

$$V = V_1 + V_2 = 50 + 50 = 100V.$$

Ta thấy Ctd có điện dung nhỏ hơn. Nhưng điện áp làm việc thì cao hơn.

➤ Công dụng cách ghép tụ nối tiếp:

Với cách ghép nối tiếp điện dung tương đương của nguồn nhỏ hơn điện dung của tụ nhỏ nhất trong mạch, có nghĩa là ghép nối tiếp không có lợi về điện dung và điện lượng.

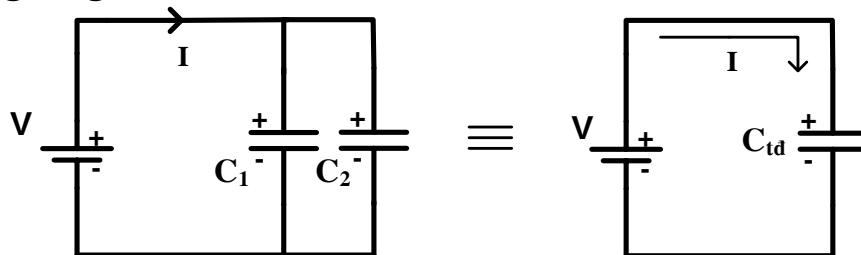
Nhưng ta thấy điện thế đặt trên các tụ nhỏ hơn nguồn cung cấp. Như vậy ta có thể dùng tụ có điện thế thấp ghép để được tụ tương đương hoạt động với điện thế cao.

Ví dụ: có hai tụ $C_1 = 100\mu F/50V$; $C_2 = 100\mu F/50V$ khi ghép nối tiếp và ghép vào nguồn 80V thì:

$$Q_1 = Q_2 \text{ và } C_1 = C_2 \rightarrow V_{c_1} = V_{c_2} = \frac{1}{2}V_{cc} = 40V$$

Vậy các tụ hoạt động bình thường. Như vậy khi chọn tụ mắc nối tiếp ta nên chọn các tụ có điện dung bằng nhau để điện áp trên tụ làm việc bằng nhau, lúc đó tụ chỉ hoạt động với điện áp $\frac{1}{2}V_{cc}$. Nếu chọn 2 tụ có điện dung chênh lệch nhau bao nhiêu lần thì điện thế trên 2 tụ chênh lệch bấy nhiêu lần.

2) Ghép song song:



Hình 2 - 14: Ghép song song tụ điện

Điện tích nạp tụ:

$$Q_1 = C_1 \cdot V; Q_2 = C_2 \cdot V$$

Gọi điện dung tương đương của các tụ ghép song song là Ctd, và Q là điện tích nạp vào tụ Ctd.

$$Q = C_{td} \cdot V$$

Điện tích nạp vào C_1 và C_2 bằng điện tích nạp vào Ctd:

$$Q = Q_1 + Q_2 \rightarrow C_{td} V = C_1 V + C_2 V$$

$$\rightarrow C_{td} = C_1 + C_2$$

Ta nhận thấy các đầu tụ nối chung nên điện áp trên các tụ bằng nhau và điện áp nguồn:

$$V = V_{c_1} = V_{c_2}$$

➤ Công dụng cách ghép tụ song song:

Khi cần tụ có điện dung lớn ta chỉ cần ghép các tụ có trị số điện dung nhỏ song song với nhau.

$$C_{td} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Chú ý: khi ghép song song các tụ điện phải có mức điện áp danh định lớn hơn nguồn cấp. Nói cách khác điện áp danh định của tụ tương đương chính bằng điện áp làm việc danh định nhỏ nhất của các tụ được ghép. Do đó khi ghép tụ song song nên chọn các tụ điện có điện áp làm việc danh định bằng nhau.

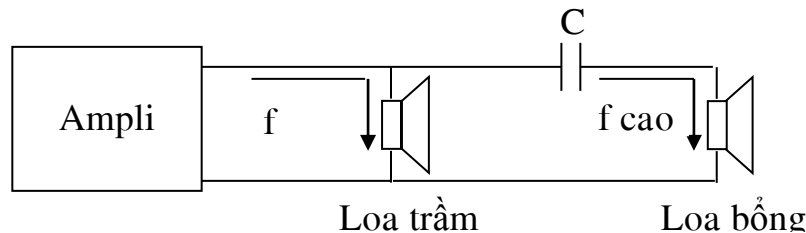
Ví dụ: ghép 2 tụ song song $C_1 = 100\mu\text{F}/50\text{V}$; $C_2 = 220\mu\text{F}/16\text{V}$.

$$\rightarrow C_{td} = C_1 + C_2 = 100 + 220 = 320\mu\text{F}$$

Điện áp làm việc tối đa là 16V. nếu sử dụng nguồn dưới 16V thì C_1 và C_2 làm việc tốt. Nếu sử dụng nguồn $16\text{V} < V_{cc} < 50\text{V}$ thì C_2 bị nổ.

1.2.7. Các ứng dụng của tụ điện:

- Đối với dòng điện xoay chiều, dung kháng tụ điện: $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$
- Ta nhận thấy: Khi tần số càng cao thì dung kháng X_C càng nhỏ nên dòng điện qua dễ dàng. Đối với tín hiệu âm thanh, âm thanh bổng thuộc loại tần số cao nên tín hiệu âm thanh bổng sẽ được qua tụ C để đưa vào loa bổng còn âm thanh trầm có tần số thấp sẽ bị chặn lại. Do đó tín hiệu âm trầm chỉ đưa vào loa trầm.



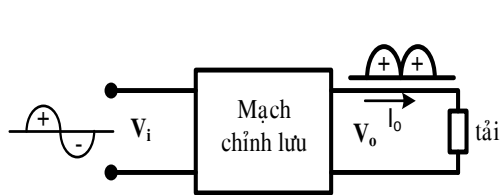
Các tụ có điện dung lớn dùng để tích trữ năng lượng điện ổn định điện áp cung cấp.

Trong điện công nghiệp tụ dùng để nâng cao hệ số công suất $\cos\phi$, và trong động cơ điện 1 pha tụ mắc nối tiếp với cuộn đề tạo ở sự lệch pha để đề động cơ.

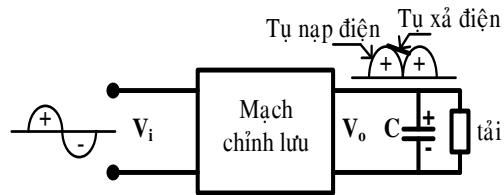
Tụ điện dùng làm mạch lọc trong mạch chỉnh lưu biến điện áp xoay chiều thành điện áp 1 chiều.

Khi điện áp xoay chiều qua chỉnh lưu biến thành điện 1 chiều nhưng có dạng dợn sóng (hình 2 -16a), sẽ ảnh hưởng đến tải một chiều. Nếu tụ C đặt song song với tải ở ngõ ra thì tụ sẽ nạp điện, khi điện áp tăng lên và xả điện khi điện áp giảm xuống làm cho dòng điện được liên tục giảm bớt được mức dợn sóng (hình 2 -16b).

Dùng tụ liên lạc thành phần AC giữa các tầng khuếch đại ngăn thành phần DC có giá trị khác nhau tránh bị ảnh hưởng điện áp phân cực của các tầng khuếch đại.



Hình 2 - 15a: Không có tụ C



Hình 2 - 15b: Khi có tụ C

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

- 1) Cho biết các thông số kỹ thuật của tụ điện.
- 2) Vẽ đường biểu diễn điện áp trên tụ theo thời gian khi tụ nạp và xả điện.

Ap dụng: cho $V_{DC} = 12V$, $C = 10\mu F$, $R = 1K\Omega$.

- Tính hằng số thời gian nạp điện của tụ.
- Tính điện áp và dòng điện của tụ khi $t = \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$ cho cả hai trường hợp nạp và xả tụ.

1.3 CUỘN CẢM – MÁY BIẾN ÁP

1.3.1. Cấu tạo và ký hiệu

Cuộn dây là một loại dây dẫn điện có bọc bên ngoài lớp sơn cách điện- khác với dây dẫn điện thông thường- thường được gọi là dây điện từ quấn nhiều vòng liên tiếp nhau trên một lõi sắt.

Lõi của cuộn dây có thể là một cái ống rỗng (lõi không khí) sắt bụi hay sắt lá. Tùy loại, cuộn dây có các ký hiệu như sau



Hình 3 – 1: Ký hiệu của cuộn dây

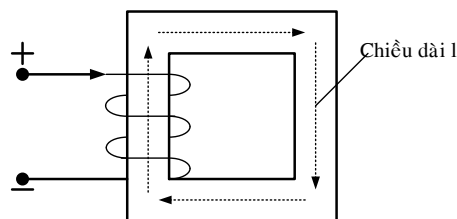
Cuộn dây lõi sắt lá dành cho các dòng điện xoay chiều tần số thấp, lõi sắt bụi cho tần số cao và lõi không khí cho tần số rất cao.

Khi cuộn dây có lõi từ thì cường độ từ trường lớn hơn rất nhiều so với cuộn dây không có lõi (lõi không khí). Tỷ số giữa từ trường khi có lõi và khi không có lõi là hệ số từ thẩm của vật liệu làm lõi (μ).

1.3.2 Tạo ra từ trường bằng dòng điện.

Làm thí nghiệm như hình 3-2 với cuộn dây có n vòng quấn trên một lõi từ khép kín bằng sắt lá.

Khi cho dòng điện một chiều vào cuộn dây, dòng điện sẽ tạo ra một từ trường đều trong lõi từ có chiều xác định theo quy tắc vắn nút chai.



Hình 3-2

Lõi từ có chiều dài trung bình là l , cường độ từ trường sinh ra trong lõi từ H thì :

$$n I = H l$$

n : Số vòng dây quấn
 I : Cường độ dòng điện
 H : Cường độ từ trường

I: Chiều dài trung bình lõi từ
H .l : Gọi là từ áp

Cường độ từ trường H tỉ lệ với cường độ dòng điện I.

Do lõi từ có hệ số từ thẩm tương đối nên cường độ từ cảm B được tính là :

$$B = \mu .H = \frac{\mu .n.I}{l}$$

Trong công thức trên μ, n, l là hằng số nên B và H chỉ thay đổi theo I. Nếu I thì H và B là từ trường đều, nếu I thì H và B có cường độ từ trường thay đổi và chiều của từ trường cũng thay đổi theo chiều của dòng điện AC.

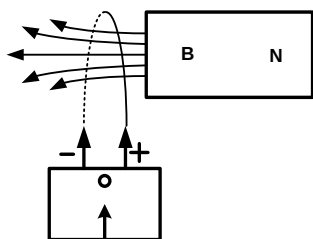
1.3.3.Tạo ra dòng điện bằng từ trường

Làm thí nghiệm như hình 3-3a với một cuộn dây đặt nằm yên trong từ trường của thanh nam châm. Dùng một điện kế để đo dòng điện chạy qua cuộn dây. Người ta thấy không có dòng điện chạy qua vòng dây. Như vậy, khi cuộn dây nằm trong một từ trường có cường độ không đổi thì cuộn dây không phát sinh ra dòng điện.

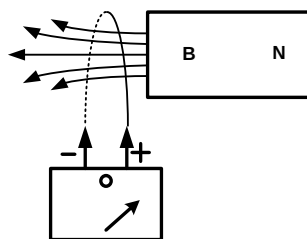
Cũng với thí nghiệm trên nhưng di chuyển cuộn dây lại gần nam châm rồi kéo cuộn dây ra xa như hình 3-3b,c thì trên điện kế cho thấy có dòng điện chạy qua cuộn dây gọi là dòng điện cảm ứng. Chiều của dòng điện cảm ứng khi đẩy cuộn dây lại gần ngược với chiều dòng điện cảm ứng khi kéo cuộn dây ra xa.

Khảo sát chiều dòng điện cho thấy:

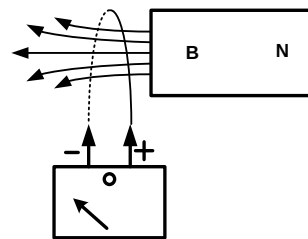
- Khi đẩy cuộn dây lại gần thì từ trường tăng lên và từ thông qua cuộn dây cũng tăng lên, dòng điện cảm ứng sẽ có chiều mà từ trường do nó tạo ra ngược chiều với chiều từ trường của nam châm. Như vậy: dòng điện cảm ứng tạo ra một từ thông chống lại từ thông của nam châm qua vòng dây đang tăng lên.



Hình 3.3a : cuộn dây đứng yên



Hình 3.3b : đẩy cuộn dây lại gần



Hình 3.3c : kéo cuộn dây ra xa

- Khi kéo cuộn dây ra xa thì từ trường giảm xuống và từ thông cũng giảm xuống, dòng điện cảm ứng có chiều mà từ trường do nó tạo ra cùng chiều với chiều từ trường của nam châm. Như vậy: dòng điện cảm ứng tạo ra một từ thông chống lại từ thông của nam châm qua vòng dây đang giảm xuống.
- Định luật Lenz phát biểu : Chiều dòng điện cảm ứng luôn luôn có khuynh hướng chống lại sự thay đổi từ thông qua mạch bởi từ trường bên ngoài.
- Sức điện động cảm ứng - còn gọi là điện áp cảm ứng- được tính theo công thức:

$$E = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

n: Số vòng dây
 $\Delta \phi$: Lượng từ thông
 biến thiên

Hiện tượng vật lý qua thí nghiệm trên gọi là hiện tượng cảm ứng điện từ

1.3.4. Hệ số tự cảm.

Khi cho dòng điện I qua cuộn dây n vòng sẽ tạo ra từ thông ϕ . Để tính quan hệ giữa dòng điện I và từ thông ϕ người ta tạo ra công thức.

$$L = \frac{\Delta \phi}{\Delta I}$$

L được gọi là hệ số tự cảm của cuộn dây, đơn vị là Henry, ký hiệu là H.
 Ta có :

$$e = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \quad \text{và} \quad L = n \frac{\Delta \phi}{\Delta I}$$

Suy ra :

$$\frac{e}{L} = -n \frac{\Delta \phi}{n \frac{\Delta \phi}{\Delta I}} = -\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$e = -L \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

Hệ số tự cảm L có trị số tùy thuộc cấu tạo cuộn dây và được tính theo công thức :

- Cuộn dây không có lõi:

$$L = 4 \pi \frac{n^2}{l} \cdot S \cdot 10^{-7}$$

-Cuộn dây có lõi :

$$L = \mu_r \cdot 4\pi \frac{n^2}{l} \cdot S \cdot 10^{-7}$$

L : Hệ số tự cảm (H)

l: Chiều dài (m)

S : Tiết diện (m²)

n: Số vòng dây

μ_r : Hệ số từ thẩm

1. Năng lượng nạp vào cuộn dây :

Dòng điện chạy qua cuộn dây tạo ra một năng lượng trữ dưới dạng từ trường. Năng lượng trữ được tính theo công thức.

$$W = \frac{1}{2} L I^2$$

W : Năng lượng (J)

Lưu ý : Năng lượng dự trữ vào cuộn dây tỉ lệ với bình phương của dòng điện trong khi năng lượng trữ vào tụ tỉ lệ thuận với bình phương điện áp.

2. Hiện tượng hồ cảm:

Khi có hai cuộn dây quấn chung trên một lõi hay hai cuộn dây đặt gần nhau thì dòng điện biến thiên ở cuộn dây này sẽ làm phát sinh điện áp hồ cảm ở hai cuộn kia. Điện áp hồ cảm được tính theo công thức:

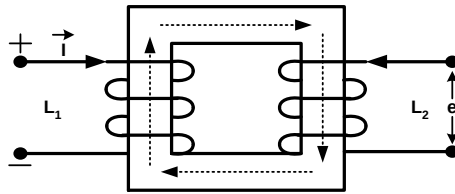
$$e = - M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

M: hệ số hồ cảm (H)

M là hệ số hồ cảm nói lên sự quan hệ về từ của hai cuộn dây, M tùy thuộc vào cách quấn và vị trí của hai cuộn dây và được tính theo công thức:

$$M = K \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad (K \approx 0 \div 1)$$

Trong đó, K là một hệ số tùy thuộc cách ghép. Nếu hai cuộn dây quấn chung một lõi thì $K=1$, nếu hai cuộn dây ở xa nhau và không ảnh hưởng nhau về từ trường thì $K=0$.



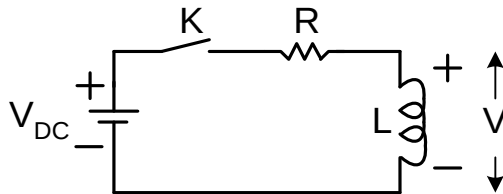
Hình 3-4: Hiện tượng hồ cảm

1.3.5. Đặc tính của cuộn dây.

1.Đặc tính của cuộn dây với nguồn DC

Tạo mạch thí nghiệm như hình 3-5. Khi đóng công tắc K thì cuộn dây chống lại dòng điện do nguồn V_{DC} cung cấp bằng cách tạo ra điện áp cảm ứng bằng điện áp nguồn V_{DC} nhưng ngược dấu nên dòng điện bằng 0. Sau đó dòng điện qua cuộn dây tăng lên theo hàm số mũ:

$$I(t) = \frac{V_{DC}}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

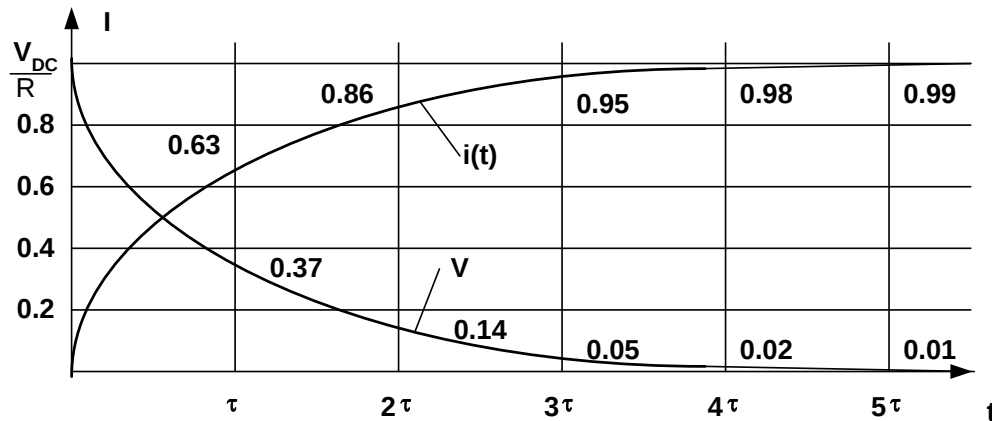


Hình 3.5

Trong đó $\tau = \frac{L}{R}$ gọi là hằng số thời gian nạp điện của cuộn dây, đơn vị tính của τ là giây.

Theo đường biểu diễn hình 3–6 thì sau thời gian là 1τ thì dòng điện tăng lên $0,63 \frac{V_{DC}}{R}$ của dòng điện cực đại và sau thời gian là 5τ thì dòng điện tăng đến $0,99 \frac{V_{DC}}{R}$ coi như đạt trị số cực đại.

Ngược lại với dòng điện, điện áp trên cuộn dây lúc đầu bằng nguồn V_{DC} và sau đó điện áp giảm dần theo hàm số mũ.



Hình 3-6

Biểu thức tính điện áp trên cuộn dây là :

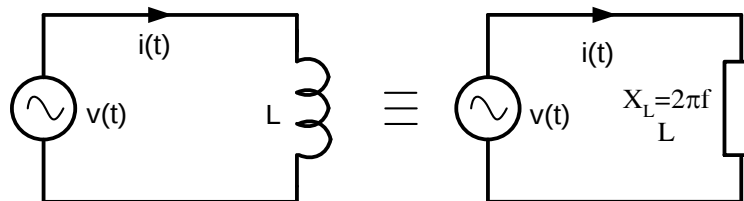
$$V(t) = V_{DC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Sau khi đóng K thời gian là τ thì dòng điện giảm xuống còn 0,37V thì điện áp gần bằng 0.

Nhận xét: đặc tính nạp của cuộn dây có $i(t)$ và $v(t)$ ngược với đặc tính nạp của tụ điện (xem lại bài 2)

2 . Đặc tính của cuộn dây đối với dòng điện xoay chiều.

Xét mạch như hình(3-7)



Hình 3-7

Nối cuộn dây vào dòng điện xoay chiều hình sin thì trị số tức thời của dòng điện qua cuộn dây là :

$$i(t) = I_m \sin \omega t$$

- Điện áp đặt trên cuộn dây:

$$V_L(t) = -e = -L \frac{di}{dt} = \frac{d(I_m \sin \omega t)}{dt}$$

- Lấy đạo hàm ta được

$$V_L^{(t)} = \omega.L.I_m.\cos\omega t = \omega.L.I_m.\sin(\omega t + 90^\circ)$$

Như vậy, điện áp $V_L^{(t)}$ trên cuộn dây cũng là một đại lượng thay đổi theo định điện xoay chiều hình sin và nhanh pha một góc $90^\circ (\frac{\pi}{2})$ so với định điện qua cuộn dây.

- Giá trị điện áp cực đại:

$$V_L^{(t)} = \omega.L.I_m = 2\pi f L I_m(V)$$

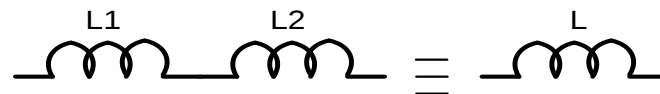
L: Hệ số từ cảm (H)
f: tần số (Hz)
 X_L : cảm kháng

- Cảm kháng $X_L = \omega.L = 2\pi f L (\Omega)$

1.3.6. Cách ghép các cuộn dây

1 - Ghép nối tiếp

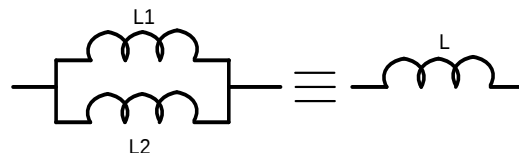
Hai cuộn dây L_1, L_2 ghép nối tiếp có hệ số tự cảm tương đương là L tính như điện trở nối tiếp

$$L = L_1 + L_2$$


Hình 3-8: Cuộn dây mắc nối tiếp

2- Ghép song song

Hai cuộn dây L_1, L_2 ghép song song có hệ số tự cảm tương đương là L tính như điện trở mắc song song:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$


Hình 3-9: Cuộn cảm ghép song song

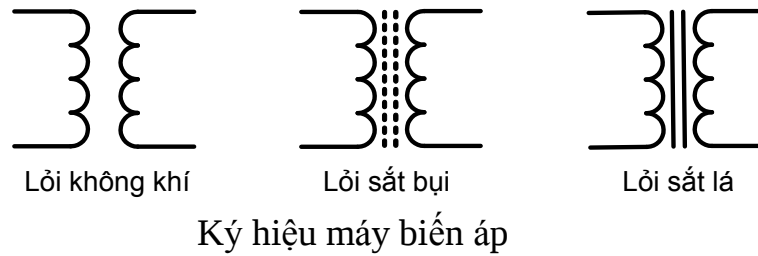
1.3.7. MÁY BIẾN ÁP

Máy biến áp là thiết bị dùng để tăng hoặc giảm điện áp xoay chiều nhưng vẫn giữ nguyên tần số.

1. Cấu tạo

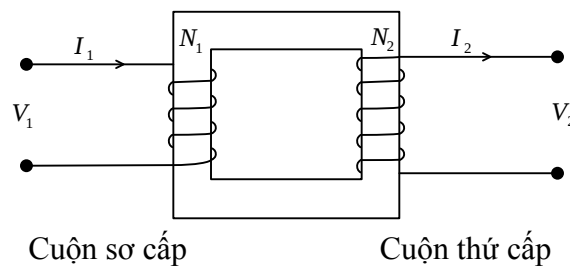
Biến áp gồm hai hay nhiều cuộn dây (dây đồng có tráng vecni cách điện) quấn chung trên cùng một lõi thép từ khép kín (gọi là mạch từ). Mạch từ gồm nhiều lá thép mỏng ghép chặt, cách điện nhau để hạn chế dòng điện xoáy (dòng Foucault) làm nóng mạch từ.

Cuộn dây nhận dòng điện xoay chiều vào gọi là cuộn sơ cấp L_1 , cuộn dây lấy dòng điện xoay chiều cảm ứng ra gọi là cuộn thứ cấp L_2 .



2. Nguyên lý

Khi cho điện xoay chiều có điện áp V_1 , dòng điện I_1 vào cuộn sơ cấp, sẽ tạo ra từ trường biến thiên chạy trong mạch từ và móc vòng sang cuộn dây thứ cấp, cuộn dây thứ cấp nhận được từ trường biến thiên, làm từ thông qua cuộn dây thay đổi, cuộn dây thứ cấp sẽ cảm ứng ra điện áp xoay chiều V_2 . Nếu cuộn thứ cấp có tải thì có dòng điện xoay chiều I_2 chạy trong mạch.



3. Các hệ thức của biến áp

a. Hệ thức điện áp:

$$\text{Điện áp ở cuộn sơ cấp: } V_1 = e_1 = - N_1 \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$\text{Điện áp ở cuộn thứ cấp: } V_2 = e_2 = - N_2 \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

N_1, N_2 : Số vòng dây của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

Do từ thông ở cuộn sơ cấp và thứ cấp bằng nhau, nên ta có tỉ lệ:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

b. Hệ thức dòng điện

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

c. Hệ thức công suất

Công suất của nguồn cung cấp vào cuộn sơ cấp:

$$P_1 = V_1 \cdot I_1$$

Công suất của nguồn cung cấp vào cuộn thứ cấp:

$$P_2 = V_2 \cdot I_2$$

Giả sử tổn hao trên mạch từ và trên hai cuộn sơ cấp và thứ cấp là không đáng kể. Khi đó:

$$P_1 = P_2 \Leftrightarrow V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$$

Suy ra:
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

d. Hệ thức tổng trở

Z_1 được gọi là tổng trở ở thứ cấp quy đổi về sơ cấp.

Z_2 là tổng trở ra ở thứ cấp.

Ta có tỉ lệ:
$$\sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

4. Các loại máy biến áp

a. Biến áp cộng hưởng : là loại biến áp cao tần, có lõi không khí hoặc Ferit. Các biến áp này có tụ mắc song song ở sơ cấp hoặc thứ cấp tạo ra mạch cộng hưởng, dùng trong các mạch bắt sóng cao tần. Tần số cộng hưởng thay đổi bằng cách điều chỉnh lõi hoặc dùng tụ xoay(CV).

b. Biến áp âm tần : làm việc tốt trong dải tần số âm thanh (20Hz – 20KHz), không gây méo tín hiệu, để ngăn cách DC trong các tầng khuếch đại tín hiệu âm tần,...

c. Biến áp xung : có yêu cầu về dây thông tần rộng, hoạt động tốt ở tần số cao lẫn tần số thấp. Lõi từ có độ từ thẩm cao. Điện dung ký sinh giữa các cuộn dây nhỏ,...

d. Biến áp nguồn : hoạt động ở tần số điện công nghiệp(50Hz/ 60Hz), có công suất lớn, cấp nguồn cho tải dân dụng, tải công nghiệp.

Câu hỏi và bài tập

- 1- Vẽ đường biểu diễn dòng điện và điện áp của cuộn dây theo thời gian khi nạp và xả điện?
- 2- So sánh đặc tính của cuộn dây và tụ điện?
- 3- Ứng dụng của cuộn cảm?

CHƯƠNG 2 DIODE

2.1 CHẤT BÁN DẪN - DIODE

2.1.1. Chất bán dẫn.

1. Chất bán dẫn thuần khiết

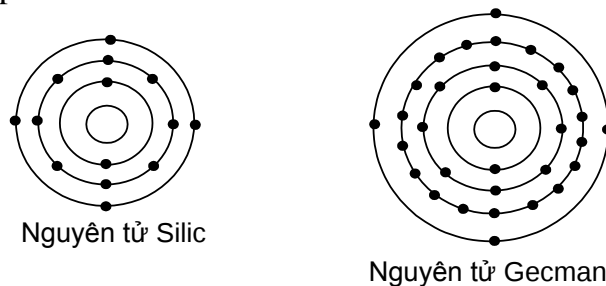
Theo tính chất dẫn điện, người ta chia vật liệu thành 3 nhóm:

- Vật liệu cách điện (có điện trở suất lớn) điển hình là chất điện môi.
- Vật liệu dẫn điện (có điện trở suất nhỏ) điển hình là kim loại.
- Vật liệu bán dẫn điện (có điện trở suất trung bình) điển hình là các nguyên tố thuộc nhóm 4 bảng tuần hoàn MenDeleev như Silicium (Si) và Gecmanium (Ge) có điện trở suất là:

$$\rho_{Si} = 10^{14} \Omega \text{ mm}^2/\text{m} ; \rho_{Ge} = 8,9.10^{12} \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

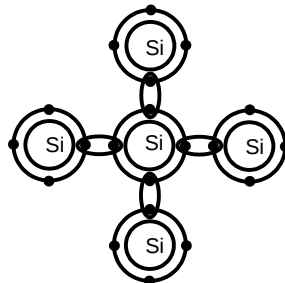
- Chất bán dẫn tinh khiết là một đơn chất, không pha trộn tạp chất, tinh thể bán dẫn được cấu tạo bởi sự liên kết cộng hóa trị giữa các nguyên tử cùng nguyên tố.

Xét cấu tạo nguyên tử của chất Si và Ge. Chất Si có 14 electron bao quanh nhân và các electron (e^-) này xếp trên 3 lớp. Chất Ge có 32 e^- bao quanh nhân và các e^- này xếp trên 4 lớp.



Hình 4-1

Hai chất Si và Ge có đặc điểm chung là số e^- trên lớp ngoài cùng bằng nhau là 4 e^- (hóa trị 4). 4 e^- của mỗi nguyên tử sẽ nối với 4 e^- của nguyên tử xung quanh tạo thành 4 mối nối làm cho các e^- khó tách rời khỏi nguyên tử để trở thành e^- tự do. Như vậy chất bán dẫn tinh khiết có điện trở rất lớn nên khả năng dẫn điện kém



Hình 4 – 2 chất bán dẫn tinh khiết.

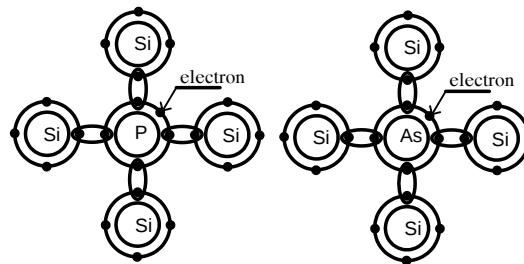
2. Chất bán dẫn tạp

Nếu pha vào chất bán dẫn tinh khiết một lượng chất khác để tạo thành chất bán dẫn tạp có độ dẫn điện tốt hơn.

a. Chất bán dẫn loại N: (Negative: âm)

Nếu pha vào chất bán dẫn Si tinh khiết một lượng rất lớn các chất có cấu tạo nguyên tử với 5 electron ở lớp ngoài cùng (hóa trị 5) như chất Acsenic hay Photpho. Các nguyên tử của chất Photpho có 5 electron thì bốn electron sẽ liên kết với bốn electron của bốn nguyên tử Si khác nhau, còn lại một electron thừa ra không liên kết với các electron của chất bán dẫn sẽ trở thành electron tự do.

Như vậy, khi pha thêm một nguyên tử Photpho ta sẽ có được một electron tự do, pha thêm càng nhiều nguyên tử Photpho thì sẽ có càng nhiều electron tự do. Electron mang điện tích âm. Chất bán dẫn có nhiều electron tự do được gọi là chất bán dẫn loại N. Electron là hạt dẫn đa số, còn lỗ trống là hạt dẫn thiểu số. Sự dẫn điện của bán dẫn loại N do dòng electron quyết định.

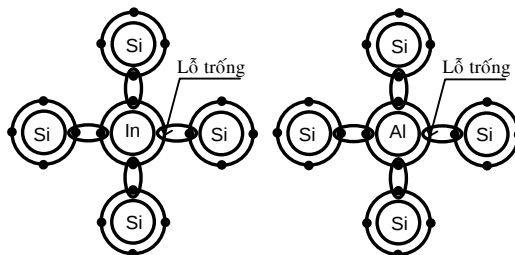


Hình 4- 3: Chất bán dẫn loại N

b. Chất bán dẫn loại P (Positive: dương)

Nếu pha vào chất bán dẫn Si tinh khiết một lượng các chất có cấu tạo nguyên tử với ba electron ở lớp ngoài cùng (hóa trị 3) như chất Indium hay Bo. Các nguyên tử của chất Indium có ba electron nên khi liên kết với bốn electron của bốn nguyên tử Si khác nhau sẽ có một mối nối thiếu một electron, chỗ thiếu electron này gọi là lỗ trống. Lỗ trống của mối nối thiếu electron sẽ dễ dàng nhận một electron tự do. Lỗ trống được xem như mang điện tích dương.

Như vậy, khi pha thêm một nguyên tử chất Indium sẽ có một lỗ trống, pha thêm càng nhiều nguyên tử chất Indium thì càng có nhiều lỗ trống. Chất bán dẫn có nhiều lỗ trống gọi là chất bán dẫn loại P. Lỗ trống là hạt dẫn đa số, còn electron là hạt dẫn thiểu số. Sự dẫn điện của bán dẫn P do dòng các lỗ trống quyết định.



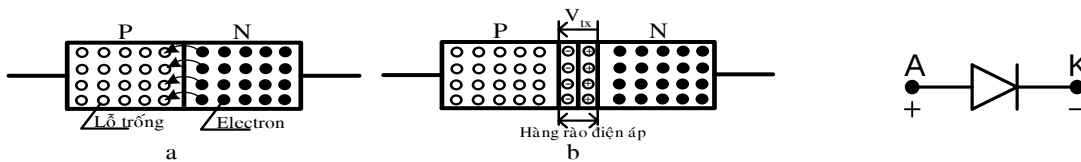
Hình 4 - 4: Chất bán dẫn loại P

2.1.2. Diode.

1. Cấu tạo và ký hiệu Diode.

Khi ghép hai tinh thể bán dẫn được pha tạp chất để tạo thành vùng bán dẫn loại N (pha photpho) và vùng bán dẫn loại P (pha Indium) thì giữa hai tinh thể bán dẫn hình thành một tiếp giáp P – N. Ở tiếp giáp P-N có sự nhạy cảm đối với tác động của điện, quang, nhiệt.

Trong vùng bán dẫn loại P có nhiều lỗ trống, trong vùng bán dẫn loại N có nhiều electron tự do, nên tại mặt tiếp giáp có hiện tượng khuếch tán hạt dẫn, electron từ vùng N di chuyển qua vùng P, còn lỗ trống di chuyển từ P qua N. Điều này tạo ra một hàng rào điện thế (hay một điện trường tiếp giáp) có tác dụng ngăn cản dòng khuếch tán hạt dẫn cho đến khi hàng rào điện thế đủ lớn thì sự khuếch tán này dừng lại. Đó cũng là cấu tạo của một diode bán dẫn.

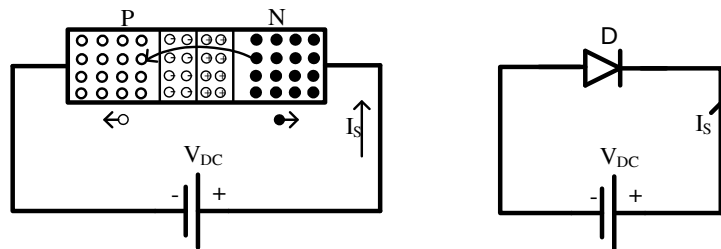


Hình 4 – 5 Cấu tạo và ký hiệu Diode.

2. Nguyên lý làm việc

a Phân cực ngược

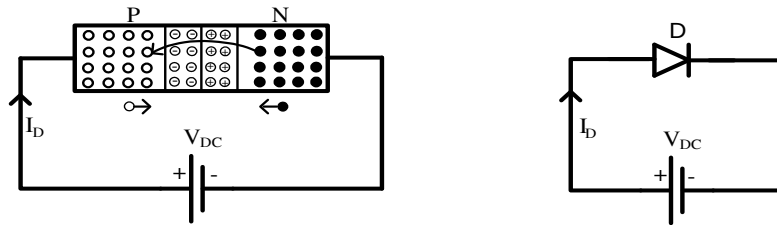
Đặt vào hai cực diode một nguồn điện V_{DC} , nối cực âm của nguồn vào Anôt và cực dương của nguồn vào catôt của diode. Khi đó điện tích âm của nguồn sẽ hút lỗ trống của vùng P và điện tích dương của nguồn sẽ hút electron của vùng N, tạo một sự ngăn cản không cho hai dòng hạt dẫn đa số này di chuyển qua mặt tiếp giáp nên xem như diode không dẫn điện khi bị phân cực ngược. Lúc này điện trở của diode rất lớn gọi là điện trở ngược.



Hình 4 – 6 Phân cực ngược Diode.

Tuy nhiên trong trường hợp này vẫn có một dòng điện rất nhỏ đi qua mặt tiếp giáp gọi là dòng điện rỉ có trị số khoảng vài nA. Hiện tượng này được giải thích là do trong bán dẫn P cũng có một số ít electron và trong bán dẫn N cũng có một số ít lỗ trống gọi là hạt tải thiểu số. Những hạt tải thiểu số này sẽ sinh ra hiện tượng tái hợp và tạo thành dòng điện rỉ có chiều từ N sang P. Dòng điện rỉ còn gọi là dòng bão hòa nghịch I_S (Saturate: bão hòa). Do dòng điện rỉ có trị số rất nhỏ nên trong nhiều trường hợp người ta coi như diode không dẫn điện khi được phân cực ngược.

b Phân cực thuận



Hình 4 – 7 Phân cực thuận Diode

Đặt vào hai cực diode một nguồn điện V_{DC} , nối cực dương của nguồn vào Anôt A và cực âm của nguồn vào catôt K của diode. Lúc đó cực dương của nguồn sẽ đẩy lỗ trống trong vùng P và cực âm của nguồn sẽ đẩy electron trong vùng N làm cho electron và lỗ trống lại gần tiếp giáp hơn và khi lực đẩy tĩnh điện đủ lớn, tức là điện áp phân cực đủ lớn thì electron từ N sẽ sang mối nối qua P và tái hợp với lỗ trống, tạo thành dòng điện khá lớn. Dòng điện này gọi là dòng điện thuận có chiều từ P sang N, lúc này điện trở của diode rất nhỏ gọi là điện trở thuận. Như vậy đã có một dòng e^- chạy liên tục từ cực âm của nguồn qua diode từ N sang P về cực dương của nguồn, nói cách khác, có dòng điện đi qua diode từ P sang N.

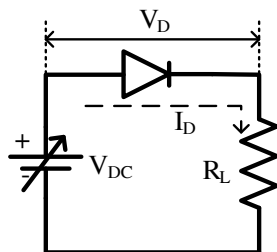
3. Đặc tính kỹ thuật của diode.

Người ta đấu dây diode vào mạch điện (như hình 4 – 8). Thay đổi nguồn V_{DC} ; đo dòng điện I_D qua diode và điện áp V_D ở 2 đầu diode.

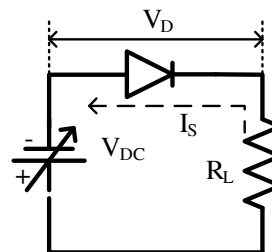
a Phân cực thuận (hình 4 – 8a)

Tăng dần điện áp V_{DC} từ 0V lên và khi điện áp trên diode đạt trị số điện áp $V_D = V_\gamma$ thì mức có dòng điện qua diode. Điện áp V_γ gọi là điện áp thêm hay điện áp ngưỡng và có trị số tùy thuộc chất bán dẫn.

Thực nghiệm cho biết:



Hình 4-8a



Hình 4-8b

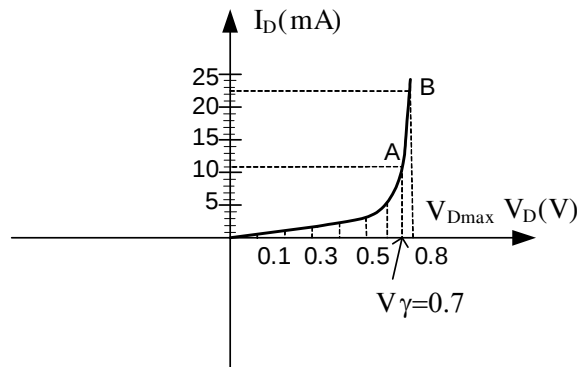
$$V_\gamma = 0,5V \div 0,6V; V_{Dmax} = 0,7V \rightarrow 0,8V \text{ (chất Si)}$$

$$V_\gamma = 0,2V \div 0,3V; V_{Dmax} = 0,4V \rightarrow 0,5V \text{ (chất Ge)}$$

Thông thường người ta chọn $V_\gamma = 0,7V$ (chất Si) $V_\gamma = 0,4V$ (chất Ge)

Trong thực tế khi $V_D < 0,5V$ (Si) hay $V_D < 0,2V$ (Ge) vẫn có dòng điện rất nhỏ qua diode.

Đặc tuyến V-A khi diode phân cực thuận được vẽ như hình 4-9. Ta thấy dòng điện qua diode có thể có giá trị rất lớn nhưng điện áp rơi trên diode thì hầu như không thay đổi. Như vậy đặc tính thuận của diode đặc trưng bởi tính chất là điện trở tương đương nhỏ.



Hình 4-9 đặc tính V/A của Diode

b Phân cực ngược: (Hình 4-8b)

Khi phân cực ngược diode (hình 4-8b). Rồi tăng dần điện áp V_{DC} từ 0V lên theo trị số âm thì chỉ có dòng điện I_S có trị số rất nhỏ đi qua diode, coi như diode bị khoá. Nếu tăng V_{DC} tăng cao thì dòng điện qua diode tăng lên rất lớn sẽ làm hư diode.

Như vậy khả năng cản trở dòng điện của diode theo chiều ngược đã bị phá vỡ. Quá trình này không có tính đảo ngược, nghĩa là nếu ta giảm điện áp thì dòng điện cũng không giảm. Đây là hiện tượng diode bị đánh thủng.

Điện áp đủ để tạo dòng điện ngược lớn qua diode phải lớn hơn trị số V_{Rmax} (Reverse: ngược). V_{Rmax} còn gọi là điện áp đánh thủng khi sử dụng diode phải đặc biệt chú ý đến trị số này.

Ngoài ra diode còn một thông số kỹ thuật quan trọng khác đó là dòng điện thuận cực đại I_{Fmax} (Forward: thuận). Khi dẫn điện, diode bị đốt nóng bởi công thức $P = I_D \cdot V_D$. Nếu lớn hơn trị số I_{Fmax} thì diode bị hư do bị quá nhiệt.

4. Các thông số kỹ thuật của diode

Khi sử dụng diode ta cần lưu ý đến các thông số sau:

- Dòng điện thuận lớn nhất (I_{Fmax}):

Là dòng điện có thể chạy qua diode trong thời gian dài khi diode phân cực thuận, mà không làm thay đổi đặc tính của nó hiện nay $I_{Fmax} =$ vài chục $\rightarrow$ vài trăm ampe.

- Điện áp ngược định mức (V_{Rmax}):

Là giá trị điện áp ngược cho phép đặt lên diode, mà không gây sự đánh thủng diode.

Điện áp ngược định mức thường bằng 0,5 $\rightarrow$ 0,6 điện áp đánh thủng.

$V_{Rmax} =$ vài chục $\rightarrow$ cả ngàn vôn tùy loại

- Sụt áp thuận: Là điện áp rơi trên diode khi diode dẫn điện (phân cực thuận)

$$V_D = 0,6^V \rightarrow 0,8^V \text{ (Si)}$$

$$V_D = 0,3^V \rightarrow 0,5^V \text{ (Ge)}$$

- Dòng điện ngược lớn nhất (I_{Rmax})

Là giá trị dòng điện lớn nhất qua diode khi diode phân cực ngược.

$I_{Rmax} =$ vài chục $\mu A \rightarrow$ vài mA

- Nhiệt độ làm việc cho phép:

Là nhiệt độ phát ra cho phép của diode, mà diode không bị hư.

$$T_{LV} = 150^\circ C \text{ (Si)}$$

$$T_{LV} = 75^\circ C \text{ (Ge)}$$

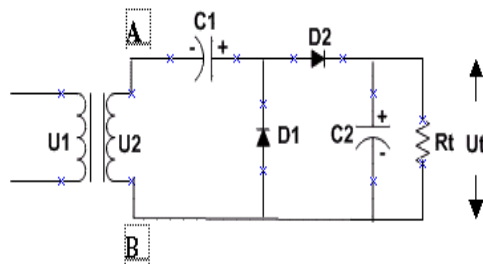
Loại đặc biệt có thể đến 300°C

Bảng thông số các diode thông dụng

Mã số	Chất	I_{Fmax} (I_{Dmax})	I_{Rmax} (I_S)	V_{Rmax}
1N 4001	Si	1A	5 nA	50 ^V
1N 4007	Si	1A	vài nA	1000 ^V
1N 5408	Si	5A	vài nA	400 ^V

Câu hỏi ôn tập

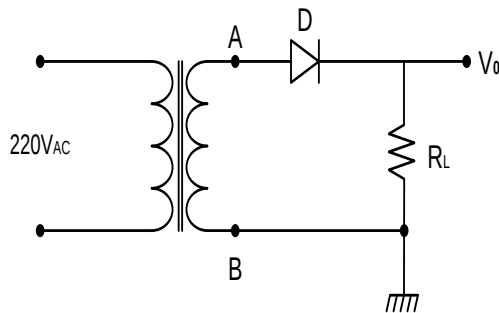
Phân tích mạch điện sau:



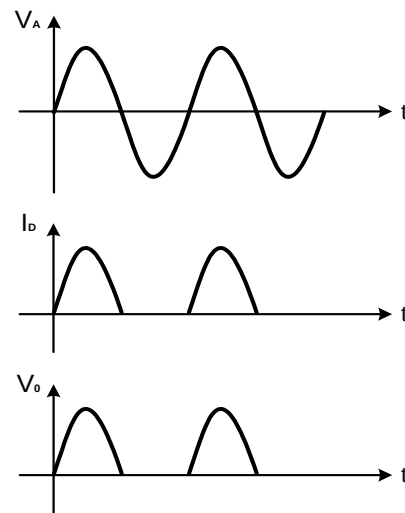
2.2. CÁC MẠCH CHỈNH LƯU.

2.2.1. Chỉnh lưu bán kỳ

1. Sơ đồ nguyên lý



Hình 5-1: sơ đồ mạch chỉnh lưu bán kỳ



Hình 5-2 Giải đồ thời gian của mạch chỉnh lưu bán kỳ

2. Nguyên lý làm việc

- T_1 : Biến áp (Transformersupply) nguồn giảm điện áp 220V AC xuống trị số thích hợp V_2

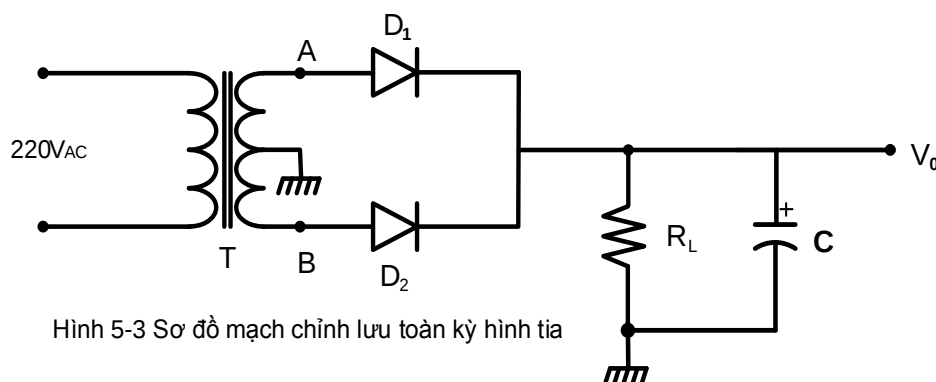
- Khi tại A có bán kỳ dương (+) thì diode D phân cực thuận nên dẫn điện, dòng điện I_D ($I_D = I_L$) qua R_L cũng biến thiên hình sin, là bán kỳ dương và cho ra điện áp trên tải cũng là bán kỳ dương gần bằng tại A.

- Khi điểm A có bán kỳ âm thì diode D phân cực ngược nên không dẫn điện, lúc đó không có dòng qua diode nên $I_D = I_L = 0$.

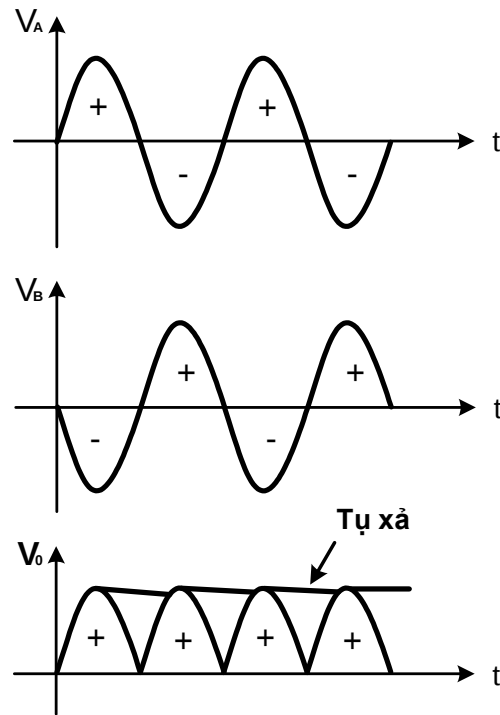
Như vậy: Dòng điện qua tải I_L và điện áp trên tải V_L chỉ còn lại có bán kỳ dương, do đó mạch điện được gọi là mạch chỉnh lưu điện bán kỳ (nửa chu kỳ).

2.2.2. Chỉnh lưu toàn kỳ

1. Chỉnh lưu hình tia:



Hình 5-3 Sơ đồ mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình tia



Hình 5-4 Dạng sóng mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình tia

V_1 : Điện áp nguồn ;

T: Biến áp nguồn

$V_{21} = V_{22} = V_2$: Điện áp thứ cấp

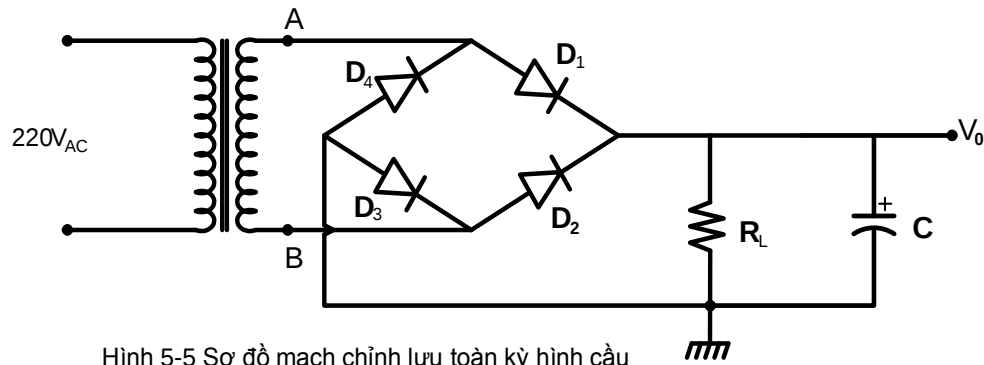
D_1, D_2 : Diode

R_L : Điện trở tải.

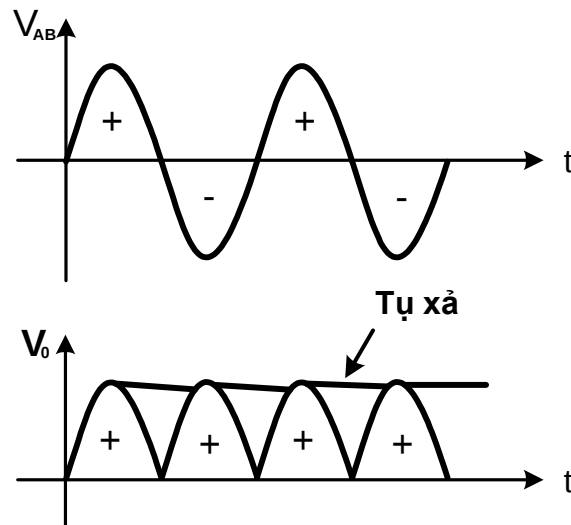
- Khi tại A có bán kỳ dương thì diode D_1 phân cực thuận nên dẫn điện và cho ra dòng điện trên tải $I_L = I_{D_1}$ tăng theo bán kỳ dương và điện áp đặt trên tải là V_L . Lúc đó tại B có điện áp âm hơn A, diode D_2 được phân cực ngược nên ngưng dẫn.
- Khi tại A có bán kỳ âm, diode D_1 được phân cực ngược nên ngưng dẫn. Lúc đó tại B có bán kỳ dương thì diode D_2 phân cực thuận nên dẫn điện, cho ra dòng điện trên tải $I_L = I_{D_2}$ tăng theo bán kỳ dương và điện áp đặt trên tải là V_L .

★ Tụ C đặt song song với tải ở ngõ ra. Tụ sẽ nạp điện, khi điện áp tăng lên và xả điện khi điện áp giảm xuống làm cho dòng điện được liên tục giảm bớt được mức dợn sóng

2. Chỉnh lưu hình cầu



Hình 5-5 Sơ đồ mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình cầu



Hình 5-6 Dạng sóng mạch chỉnh lưu toàn kỳ hình cầu.

T : Biến áp.

$D_1 \rightarrow D_4$: Diode.

V_L : Điện áp tải.

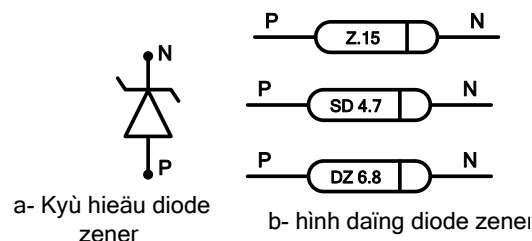
V_2 : Điện áp cuộn thứ cấp MBA.

- Khi tại A có bán kỳ dương thì diode D_1 và D_3 phân cực thuận nên dẫn điện, cho ra dòng điện chạy từ $A - D_1 - R_L - D_3$ về B, điện áp đặt trên tải là V_L . Lúc đó tại B có điện áp âm thì D_2 và D_4 phân cực ngược nên ngưng dẫn.
 - Tương tự ở bán kỳ âm tại A có điện thế âm và B có điện thế dương do đó D_1 và D_3 phân cực ngược nên ngưng dẫn; D_2 và D_4 phân cực thuận nên dẫn điện, cho dòng điện chạy từ $B - D_2 - R_L - D_4$ về A. Điện áp đặt lên tải là V_L .
- ★ Tụ C đặt song song với tải ở ngõ ra. Có tác dụng làm cho dòng điện qua tải được liên tục và giảm bớt được độ dợn sóng.

2.3 CÁC LOẠI DIODE KHÁC

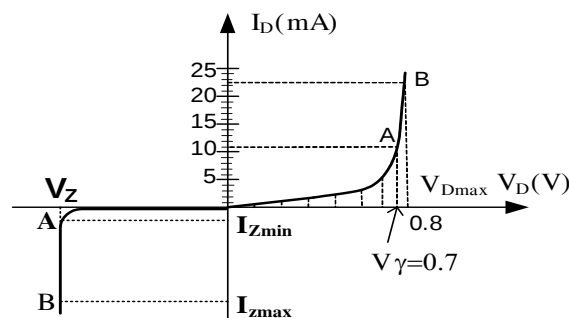
2.3.1. Diode zener

Từ đường đặc tính ngược $V - A$ của diode bán dẫn ta thấy khi điện áp ngược tăng quá trị số cho phép thì tiếp giáp P – N sẽ bị đánh thủng đó chính là hiệu ứng zener, lợi dụng hiệu ứng này người ta chế tạo ra loại diode mà khi xảy ra hiệu ứng đánh thủng tiếp giáp, điện áp hầu như không đổi hay còn gọi là có tính ổn định điện áp, đó chính là loại diode ổn áp hay còn gọi là diode zener. Vì nó làm việc dựa trên hiệu ứng zener, trong các diode thông thường hiệu ứng đánh thủng điện áp sẽ làm hư diode. Nhưng đối với loại diode ổn áp do chế tạo đặc biệt có nồng độ tạp chất cao hơn và tiết diện tiếp xúc lớn hơn diode thường, thường dùng là loại Si, do đó khi làm việc ở mạch ngoài phải có điện trở hạn chế dòng điện, không cho dòng điện tăng quá trị số cho phép nên diode ổn áp luôn luôn làm ở chế độ đánh thủng nhưng không bị hư.



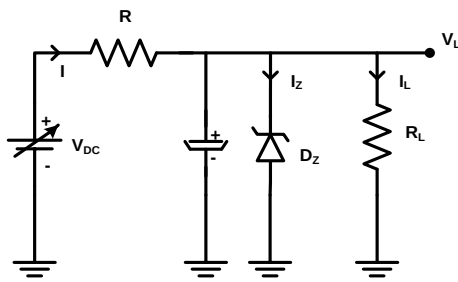
Hình 6-1: Ký hiệu và hình dáng diode zener

- Trạng thái phân cực thuận : Diode zener có đặc tính $V - A$ như diode thường.
- Trạng thái phân cực ngược : Nếu điện áp ngược đạt trị số ổn áp thì diode sẽ hoạt động và giữ điện áp ở mức cần ổn áp định là V_Z đó là đoạn AB trên hình (6 – 3) giá trị điện áp ổn định được ghi trên thân diode zener như: 3^V ; $3,9^V$; 4^V ; 5^V ; $5,2^V$; $5,5^V$; $5,6^V$; $6,2^V$; $6,8^V$; 7^V ; $7,5^V$; 9^V ...



Hình 6-2 đặc tính V/A của Diode Zener

Diode zener được dùng làm linh kiện ổn áp trong các mạch có điện áp nguồn thay đổi. Xét mạch ổn áp dùng diode zener như hình 6-3.



Hình 6-3

Ta có $V_L = V_Z = \text{hằng số}$

Vậy $I = I_Z + I_L$

-Điện trở R:

$$R = \frac{V_{DC} - V_L}{I_Z + I_L} = \frac{V_{DC} - V_Z}{I_Z + I_L}$$

Thông thường chọn $V_{DC} = V_{DC \max}$ (điện áp lớn nhất của nguồn không ổn)

-Điều kiện để mạch hoạt động tốt

$$V_{DC} = (1,5 \rightarrow 2)V_Z$$

-Điện trở R được chọn có công suất là

$$P_R = 2 \cdot P = 2 \cdot R \cdot I_L^2$$

* Diode zener được chọn phải có các thông số kỹ thuật sau

$$V_Z = V_L \quad \& \quad I_{Z \max} = 4 \cdot I_L$$

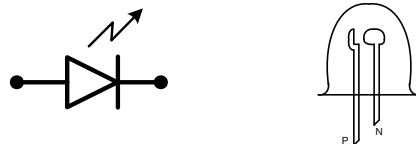
Mạch điện trên có nhược điểm là khi tải có dòng điện lớn thì diode zener cũng phải có công suất lớn. Điều này khó thực hiện được trong thực tế.

2.3.2. Diode phát quang

Diode phát quang được gọi tắt là led (Light Emitting Diode) thông thường dòng điện đi qua vật dẫn sẽ sinh ra năng lượng dưới dạng nhiệt. Ở một số chất bán dẫn đặc biệt như (G_A , A_S) khi có dòng điện đi qua thì có hiện tượng bức xạ quang (phát ra ánh sáng). Tùy theo chất bán dẫn mà ánh sáng phát ra có màu khác nhau. Dựa vào tính chất này người ta chế tạo ra các loại led có màu khác nhau.

Led thường có điện áp phân cực thuận cao hơn diode thường.

$V_{led} = 1,5V \div 3V$, nhưng điện áp phân cực ngược thường không cao ($3V \div 15V$).



Hình 6-4: Ký hiệu và hình dạng diode phát quang (led)

- Điện áp phân cực thuận của các led có màu sắc khác nhau như sau:

+ Led đỏ có $V_{led} = 1,4V \div 1,8V$

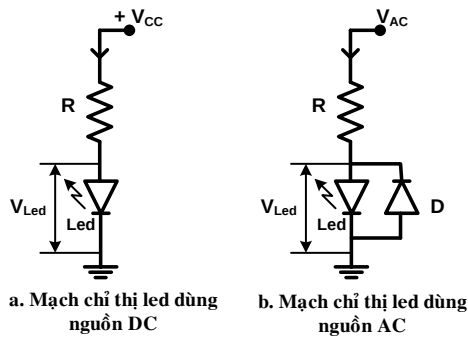
+ Led vàng có $V_{led} = 2V \div 2,5V$

+ Led xanh lá có $V_{led} = 2V \div 2,8V$

- Dòng điện qua led: $I_{led} = 1 \div 20 \text{ mA}$ (thông thường chọn $I_{led} = 10 \text{ mA}$).

- Led được ứng dụng rất rộng trong các mạch báo hiệu, chỉ thị trạng thái của mạch như báo nguồn, trạng thái thuận hay ngược...

- Khi led sáng, điện áp ngang qua led có tính ghim áp, điện áp ngang qua led phụ thuộc màu sắc, do đó khi dùng led trong mạch chỉ thị phải mắc điện trở R hạn dòng như hình 6-6.



Hình 6 - 5

Điện trở hạn dòng của led tính theo công thức:

$$R = \frac{V_{cc} - V_{led}}{I_{led}} \quad (\Omega)$$

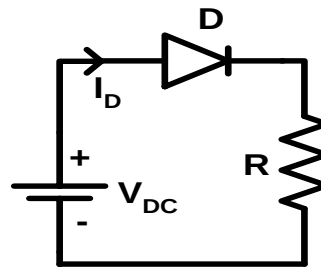
V_{cc} : Điện áp nguồn

V_{led} : Điện áp đặt trên led (theo màu)

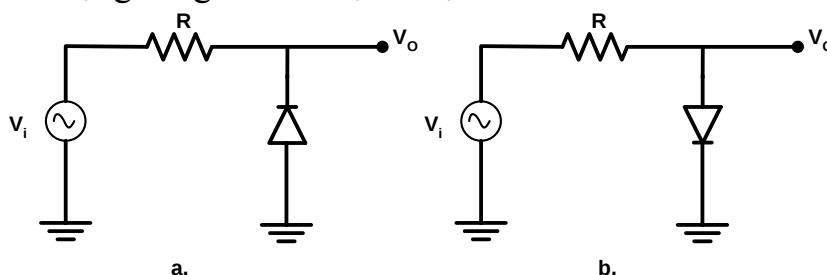
I_{led} : Dòng điện qua led (chọn $I_{led} = 10$)

Câu hỏi và bài tập chương II

1. Phân biệt chất bán dẫn loại P và N?
2. Phân tích nguyên lý làm việc của diode?
3. Các thông số kỹ thuật đặc trưng của diode?
4. Phân tích các mô hình gần đúng của diode?
5. Giải thích nguyên lý làm việc các mạch điện chỉnh lưu?
6. Tính điện trở hạn dòng cho mạch điện ổn áp dùng diode zener (mạch điện như hình 6-3). Biết $V_{DC} = 15V$, $V_Z = 7,5V$, $I_Z = 25mA$, $I_L = 50mA$?
7. Xét mạch điện như hình (6.5a). Tính R, biết $V_{CC} = 12V$, $V_{led} = 1,8V$, $I_{led} = 10mA$?
8. Xét mạch điện như hình vẽ? Biết $V_{DC} = 12V$, $I_D = 11,3mA$. Tính điện áp đặt lên R và trị số điện trở R?



9. Vẽ dạng sóng ra của mạch điện sau:



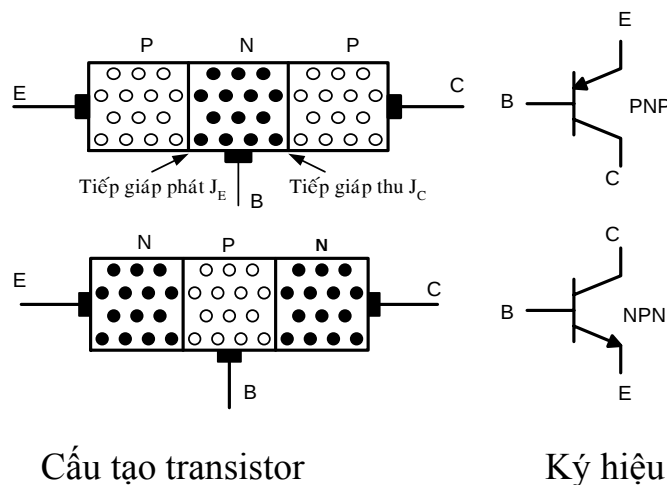
CHƯƠNG 3 TRANSISTOR

3.1. TRANSISTOR LƯƠNG CỰC (BJT)

3.1.1. Cấu Tạo – Ký Hiệu

Transistor là từ ghép của hai từ Transfer – resistor được dịch là “điện chuyển” nhưng không thông dụng.

Transistor là linh kiện bán dẫn có cấu tạo gồm ba lớp bán dẫn loại P và N xen kẽ nhau, tùy theo trình tự sắp xếp các lớp P và N mà ta có hai loại transistor PNP và NPN như hình 7-1. Các lớp bán dẫn được đựng trong vỏ kín bằng Plastic hoặc kim loại, chỉ có ba sợi kim loại dẫn ra ngoài gọi là 3 cực của transistor.



Cấu tạo transistor

Ký hiệu transistor

Hình 7-1: Cấu tạo và ký hiệu của transistor

Lớp bán dẫn thứ nhất của transistor có nồng độ tạp chất lớn nhất, điện cực nối với lớp bán dẫn này gọi là cực phát E (Emitter). Lớp bán dẫn thứ hai (lớp giữa) có nồng độ tạp chất nhỏ nhất, độ dày của nó cỡ μm , điện cực nối với lớp bán dẫn này gọi là cực nền B (Base). Lớp bán dẫn còn lại có nồng độ tạp chất trung bình và điện cực tương ứng là cực thu C (collector). Tiếp giáp P-N giữa cực E và cực B gọi là tiếp giáp thu (J_E), tiếp giáp P-N giữa cực B và C là tiếp giáp thu (J_C).

Về ký hiệu transistor cần chú ý mũi tên đặt ở giữa cực E và B có chiều từ bán dẫn P sang bán dẫn N. Cực E và C tuy có cùng chất bán dẫn nhưng do kích thước và nồng độ tạp chất khác nhau nên không thể hoán đổi cho nhau.

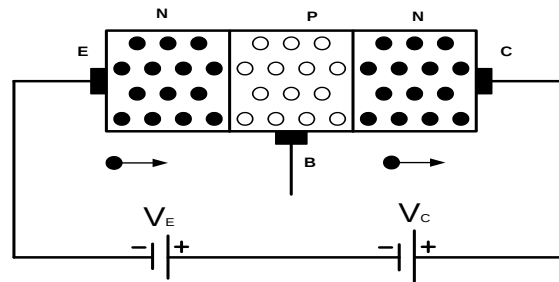
Về mặt cấu trúc có thể coi transistor như hai diode mắc ngược nhau như hình 7-2. (Điều này không có nghĩa là cứ mắc hai diode như hình 7-2 là có thể tạo thành một transistor. Bởi vì khi đó không có tác dụng tương hỗ lẫn nhau giữa hai lớp bán dẫn P-N. Hiệu ứng transistor chỉ xảy ra khi khoảng cách giữa hai lớp bán dẫn nhỏ hơn nhiều so với độ dài khuếch tán của hạt dẫn).

Để phân biệt với các loại transistor khác, loại transistor PNP và NPN còn được gọi là transistor lưỡng cực viết tắt là BJT (Bipolar Junction Transistor).

3.1.2. Nguyên lý làm việc của transistor

1. Xét Transistor Loại NPN

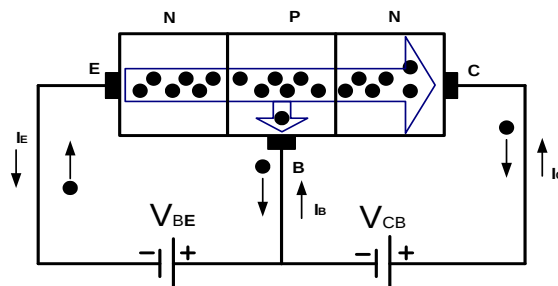
a. Thí nghiệm 1 : (hình 7-2)



Hình 7-2

Cực E nối vào cực âm, cực C nối vào cực dương của nguồn DC, cực B để hở. Trường hợp này điện tử trong vùng bán dẫn N của cực E và C, do tác dụng của lực tĩnh điện sẽ bị di chuyển từ cực E về cực C. Do cực B để hở nên electron từ vùng bán dẫn N của cực E sẽ không thể sang vùng bán dẫn P của cực nền B nên không có hiện tượng tái hợp giữa các electron và lỗ trống do đó không có dòng điện đi qua transistor.

b. Thí nghiệm 2 (Hình 7-3)



Hình 7-3

Mạch thí nghiệm như mạch thí nghiệm 1 nhưng nối cực B vào một điện áp dương sao cho: $V_B > V_E$ và $V_B < V_C$

Trường hợp này hai vùng bán dẫn P và N của cực B và E giống như một diode (gọi là diode BE) được phân cực thuận nên dẫn điện, electron từ vùng bán dẫn N của cực E sẽ sang vùng bán dẫn P của cực B để tái hợp với lỗ trống . Khi đó vùng bán dẫn P của cực B nhận thêm electron nên có điện tích âm. Cực B nối vào điện áp dương của nguồn nên sẽ hút một số electron trong cùng bán dẫn P xuống tạo thành dòng điện I_B . Cực C nối vào điện áp dương cao hơn nên hút hầu hết electron trong vùng bán dẫn P sang vùng bán dẫn N của cực C tạo thành dòng điện I_C . Cực E nối vào nguồn có điện áp âm nên khi vùng bán dẫn N bị mất electron sẽ bị hút electron từ nguồn âm lên thế chỗ tạo thành dòng điện I_E .

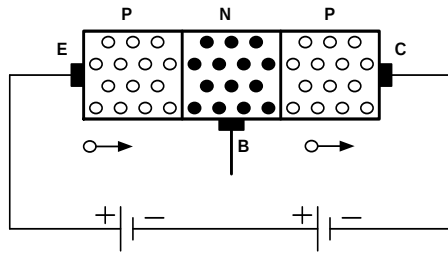
Hình mũi tên trong transistor chỉ chiều dòng electron di chuyển, dòng điện qui ước chạy ngược chiều dòng electron nên dòng điện I_B và I_C đi từ nguồn vào transistor,

dòng điện I_E đi từ trong transistor ra. Số lượng electron bị hút từ cực E đều chạy sang cực B và cực C nên dòng điện I_B và I_C đều chạy sang cực E ta có $I_E = I_B + I_C$.

Như vậy để transistor PNP làm việc, người ta phải đưa điện áp một chiều tới các cực của nó, gọi là phân cực cho transistor. Đối với chế độ khuếch đại thì J_E phân cực thuận (diode BE phân cực thuận) và J_C phân cực ngược (diode BC phân cực ngược).

2. Xét transistor loại PNP

a. Thí nghiệm 3 (Hình 7-4)

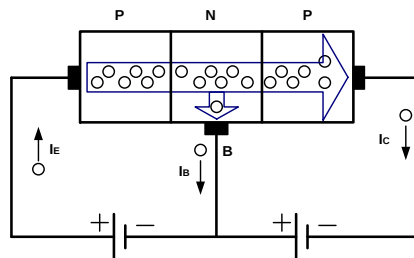


Đối với transistor loại PNP thì điện áp nối vào các chân ngược với transistor NPN. Hạt tải di chuyển trong transistor NPN là electron xuất phát từ cực E trong khi loại transistor PNP thì hạt tải di chuyển là lỗ xuất phát từ E.

Theo hình 7-4, transistor PNP có cực E nối vào cực dương, cực C nối vào cực âm của nguồn DC, cực B để hở.

Trường hợp này lỗ trống trong cùng bán dẫn P của cực E và C, do tác dụng của lực tĩnh điện, sẽ bị di chuyển theo hướng từ cực E về cực C. Do cực B để hở nên lỗ trống từ vùng bán dẫn P của cực E sẽ không thể sang vùng bán dẫn N của cực B nên không có hiện tượng tái hợp giữa lỗ trống và electron, do đó không có dòng điện qua transistor.

b. Thí nghiệm 4 (Hình 7-5)



Mạch thí nghiệm giống như thí nghiệm 3 nhưng nối cực B vào điện áp âm sao cho: $V_B < V_E$ và $V_B > V_C$ (Hình 7-5)

Trường hợp này hai vùng bán P và N của cực E và B giống như diode (gọi là diode BE) được phân cực thuận nên dẫn điện, lỗ trống từ vùng bán dẫn P của cực E sẽ sang vùng bán dẫn N của cực B để tái hợp electron. Khi vùng bán dẫn N của cực B có thêm lỗ trống nên có điện tích dương. Cực B nối vào điện áp âm của nguồn nên sẽ hút một số lỗ trống trong vùng bán dẫn N xuống tạo thành dòng điện I_B . Cực C nối vào điện áp âm cao hơn nên hút hầu hết lỗ trống trong vùng bán dẫn N sang vùng bán dẫn P của cực C tạo thành dòng điện I_C . Cực E nối vào nguồn điện áp dương nên khi vùng

bán dẫn P bị mất lỗ trống sẽ hút lỗ trống từ nguồn từ nguồn dương lên thế chỗ tạo thành dòng I_E .

Hình mũi tên trong transistor chỉ chiều lỗ trống di chuyển, dòng lỗ trống chạy ngược chiều dòng electron nên dòng có lỗ trống cùng chiều với dòng điện qui ước, dòng điện I_B và I_C từ trong transistor đi ra, dòng điện I_E từ ngoài vào transistor.

Số lượng lỗ trống bị hút từ cực E đều chạy qua cực B và cực C nên dòng điện I_B và I_C đều chạy từ cực E qua.

Ta có : $I_E = I_B + I_C$

Như vậy để transistor PNP làm việc, người ta phải đưa điện áp một chiều tới các cực của nó, gọi là phân cực cho transistor. Đối với chế độ khuếch đại J_E phân cực thuận (diode BE phân cực thuận) và J_C phân cực ngược (diode phân cực ngược).

Vậy để một transistor có thể hoạt động với chế độ khuếch đại tín hiệu thì:

- *Phân cực thuận cho tiếp giáp J_E (NPN $V_B > V_E$; PNP $V_B < V_E$)*
- *Phân cực ngược cho tiếp giáp J_C (NPN $V_B < V_C$; PNP $V_B > V_C$)*

Để đánh giá mức hao hụt dòng khuếch tán trong vùng Base người ta định nghĩa hệ số truyền đạt dòng điện α của transistor.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

hệ số α xác định chất lượng của transistor và có giá trị càng gần 1 với các transistor loại tốt.

Để đánh giá tác dụng điều khiển của dòng điện của của dòng điện I_B tới dòng điện I_C người ta định nghĩa hệ số khuếch đại của dòng điện B của transistor

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \beta = \text{vài chục} \rightarrow \text{vài trăm}$$

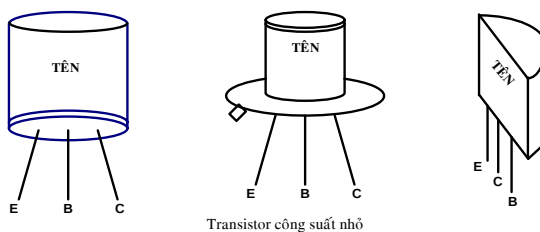
Từ các biểu thức trên ta suy ra

$$I_E = I_B (1+\beta) \quad \text{và} \quad \alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$

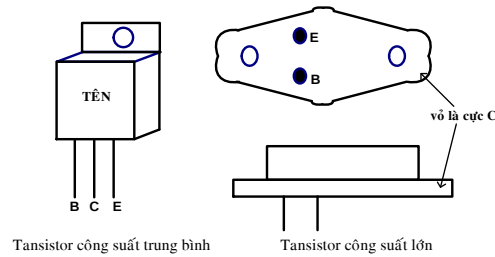
Do $\beta \gg 1$ nên trong tính toán gần đúng ta có thể lấy $I_E \approx \beta I_B$ hay $I_E \approx I_C$

3.1.3. Hình dạng, cách gọi tên.

1. Hình dạng



Hình 7 - 6: Hình dạng thực tế transistor



2. Cách gọi tên của transistor :

a. Transistor Hoa Kỳ hoặc của hãng national

Hai chữ 2N đi đầu chỉ transistor BJT ; các số tiếp theo là mã số để truy cứu

V í d ụ: 2N73A, 2N279A, 2N553, 2N1131,(PNP)

2N696, 2N697, 2N1724, 2N3055, 2N3053,(NPN)

Muốn biết loại chất cấu tạo, thông số kỹ thuật chúng ta dựa vào mã số để tra cứu sách....

b. Transistor Nhật

Đi đầu là hai chữ 2S, theo sau là hai chữ A,B,C,D chỉ đặc điểm và công dụng, các số tiếp theo là mã số để tra cứu

Ví dụ : 2S A1015: 2S chỉ transistor BJT ; A: loại PNP ; 1015 mã số

2S C1815 : 2S chỉ transistor BJT ; C : loại NPN; 1815 mã số

Thông thường trên mặt BJT không ghi 2S mà chỉ ghi A,B,C,D và mã số để tra cứu.

A & B là loại transistor PNP

v í d ụ: B 564

C & D là loại transistor NPN

v í d ụ : C945

c. Transistor Trung Quốc

Số 3 đi đầu ,theo sau có hai chữ :

+ Chữ thứ nhất cho biết loại bán dẫn

A :PNP/Ge ; B : NPN/Ge ; C :PNP/Si ; D :NPN/Si

+ Chữ thứ hai chỉ công dụng và đặc điểm

V : Bán dẫn

P : âm tần công suất lớn > 1w

Z : Nắn điện

G : Cao tần công suất nhỏ < 1w

S : Tunnel

A : Cao tần công suất lớn >1w

U : Quang điện

A : Cao tần công suất lớn >1w

X : Âm tần công suất nhỏ <1w

T : Thyristor(SCR)

Sau cùng là một số chỉ thứ tự sản phẩm cùng loại

V í D ụ :

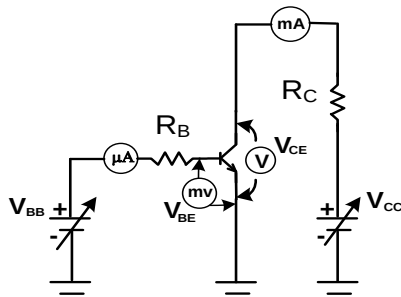
3AG11 là transistor PNP,cao tần, song suất nhỏ, sản phẩm thứ 11

3AX31B là transistor PNP, âm tần, công suất nhỏ sản xuất lần thứ 31 có cải tiến

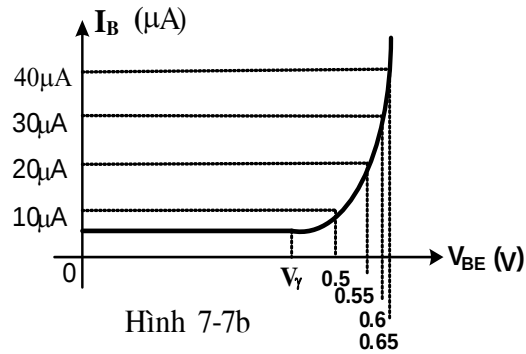
3.1.4. Đặc tính kỹ thuật

1. Xét transistor loại NPN

a. Đặc tính ngõ vào: I_B/V_{BE}



Hình 7-7a



Hình 7-7b

- Xét mạch điện như hình 7-7a với điện áp V_{BB} có thể điều chỉnh được. Đặc tính ngõ vào là mối quan hệ giữa I_B và V_{BE} khi điện áp đầu vào V_{CE} không đổi, để xây dựng được các đặc tính trước hết phải điều chỉnh V_{CE} đến mức cố định (ở đây ta chọn $V_{CE} = 2V$, khi áp V_{CE} lớn hơn $2V$ thì đặc tính thay đổi không đáng kể). Sau đó thay đổi V_{BB} để thay đổi V_{BE} và ứng mỗi giá trị V_{BE} ta có chỉ số của dòng I_B

Ví dụ :

$V_{BE} \approx 0,5V$	$I_B \approx 10 \mu A$
$V_{BE} \approx 0,55V$	$I_B \approx 20 \mu A$
$V_{BE} \approx 0,6V$	$I_B \approx 30 \mu A$
$V_{BE} \approx 0,65V$	$I_B \approx 40 \mu A$

Đặc tính ngõ vào I_B/V_{BE} có dạng giống như đặc tính của diode. Sau khi V_{BE} tăng đến trị số điện áp thêm V_γ , thì bắt đầu có dòng I_B và dòng I_B tăng theo hàm số mũ như dòng của diode

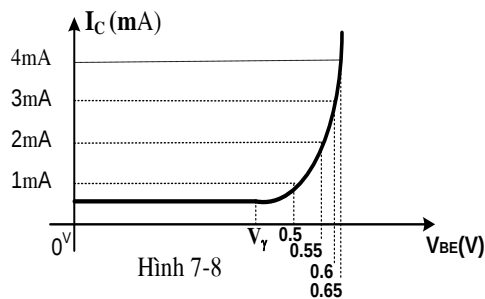
b. Đặc tính truyền dẫn: I_C/V_{BE}

- Xét mạch điện như hình 7-7a nhưng lại xét dòng I_C theo điện áp V_{BE}

Đặc tính I_C/V_{BE} có dạng giống như đặc tính I_B/V_{BE} nhưng dòng điện I_C có trị số lớn hơn nhiều lần

Ở mỗi điện áp V_{BE} thì I_C có giá trị khác nhau ví dụ :

$V_{BE} \approx 0,5 V$	$I_C \approx 1 mA$
$V_{BE} \approx 0,55 V$	$I_C \approx 2 mA$
$V_{BE} \approx 0,6 V$	$I_C \approx 3 mA$
$V_{BE} \approx 0,65 V$	$I_C \approx 4 mA$



Hình 7-8

Hình 7-8 là đặc tính chỉ quan hệ giữa dòng điện I_C và điện áp V_{BE}

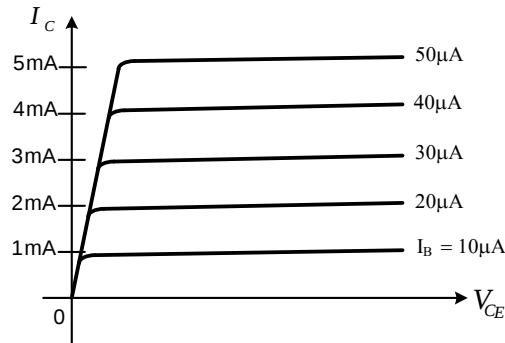
c. Đặc tính ngõ ra: I_C/V_{CE}

- Xét mạch điện như hình 7-7a nhưng thay đổi điện áp V_{CE} bằng cách điều chỉnh nguồn V_{CC}

Nếu cực B không có điện áp phân cực đủ lớn ($V_B < V_\gamma$) thì dòng $I_B = 0$, $I_C = 0$ do đó, đầu tiên phải tạo điện áp phân cực V_{BE} , để tạo dòng điện I_B ; giữ nguyên dòng điện I_B sau đó tăng điện áp V_{CE} , để đo dòng điện I_C .

Khi tăng V_{CE} từ 0^V lên thì dòng điện I_C tăng nhanh và sau khi đạt trị số $I_C = \beta I_B$ thì I_C gần như không đổi mặc dù V_{CE} tiếp tục tăng cao.

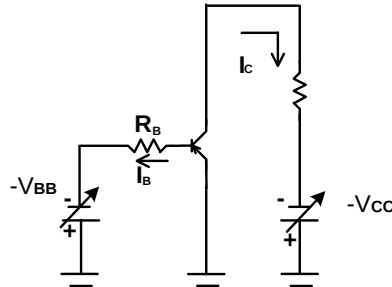
Muốn dòng I_C tăng cao hơn thì phải tăng phân cực ở cực B để có dòng điện I_B tăng cao hơn, khi đó dòng I_C sẽ tăng theo V_{BE} trên đường đặc tính cao hơn.



Hình 7-9: Đặc tính ngõ ra

2. Xét transistor PNP :

Theo nguyên lý làm việc của transistor PNP được phân cực với các điện áp ngược với transistor NPN, đồng thời transistor NPN thông thường làm bằng chất Si, trong khi transistor PNP thông thường làm bằng chất Ge.



Hình 7-10

Mạch điện như hình 7-10 là mạch điện thí nghiệm đặc tính kỹ thuật của transistor PNP với nguồn điện áp âm phân cực cho cực B và cực C

Transistor PNP cũng có các đặc tính ngõ vào, đặc tính truyền dẫn, đặc tính ngõ ra như transistor NPN nhưng giá trị dòng điện và điện áp ngược lại với loại NPN.

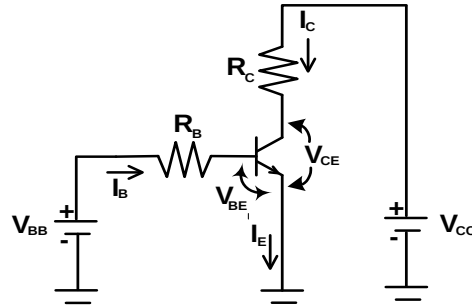
Câu hỏi

- 1- phân tích cấu tạo và nguyên lý làm việc của transistor PNP và NPN ?
- 2- Nêu ý nghĩa thông số kỹ thuật của transistor ?
- 3- Vẽ đường đặc tính kỹ thuật của transistor loại NPN và PNP ?

3.2 PHÂN CỰC TRANSISTOR

3.2.1. Phân cực bằng hai nguồn riêng

1. Trường hợp không có R_E



Hình 8-1: phân cực bằng 2 nguồn riêng

Ở ngõ vào nguồn V_{BB} cung cấp dòng điện I_B cho cực B qua điện trở R_B

Ta có:
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{V_B - 0.7}{R_B} (A) \quad (\text{Chọn } V_{BE} = 0.7 \text{ V})$$

Dòng điện chân c là: $I_C = \beta \cdot I_B$

Ở ngõ ra dòng điện I_C được cung cấp cho nguồn V_{CC} và dòng điện I_C qua điện trở R_C tạo giảm áp một lượng $I_C \cdot R_C$.

Ta có điện áp giữa chân C và E của transistor: $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$. (V)

Từ công thức trên ta nhận xét khi tăng dòng I_C luôn làm giảm V_{CE} và ngược lại I_C giảm sẽ làm tăng V_{CE}

Trên transistor có dòng điện I_C qua và chịu điện áp V_{CE} nên tiêu hao một công suất là: $P = V_{CE} \cdot I_C$

Từ các trị số dòng điện và điện áp trên ta có thể xác định điểm làm việc của transistor trên đặc tính ngõ ra.

Ta có: $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$ là phương trình đường tải tĩnh

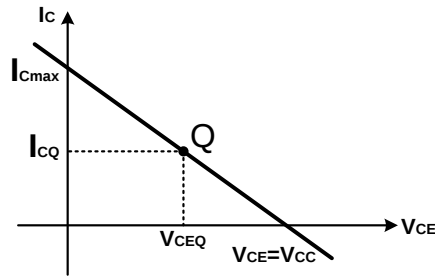
*** Cách vẽ đường tải tĩnh:** từ phương trình đường tải tĩnh

- Cho $I_C = 0$ suy ra $V_{CE} = V_{CC}$

- Cho $V_{CE} = 0$ suy ra $I_C = I_{C_{\max}} = \frac{V_{CC}}{R_C}$

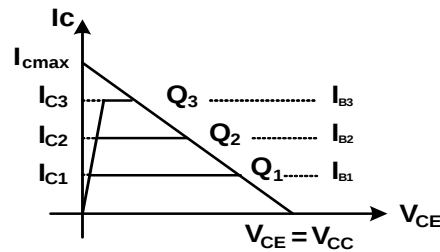
Đường thẳng nối hai điểm $V_{CE} = V_{CC}$ và $I_{C_{\max}} = \frac{V_{CC}}{R_C}$ gọi là đường tải tĩnh

Điểm làm việc của transistor là điểm có tọa độ $Q(V_{CEQ}, I_{CQ})$ nằm trên đường tải tĩnh hình 8-2.



Hình 8-2: đường tải tĩnh của Transistor

Ta có $I_C = \beta I_B$ nên khi thay đổi I_B sẽ làm thay đổi dòng điện I_C và điểm làm việc Q sẽ thay đổi trên đường tải tĩnh (Hình 8-3). Muốn thay đổi I_B có thể thay đổi V_B hoặc R_B .



Hình 8-3: Q thay đổi theo I_B

Để đảm bảo chế độ khuếch đại tốt nhất, người ta thường chọn các giá trị điểm làm việc ở khoảng giữa đường tải tĩnh $Q(0.5V_{CC}, 0.5I_{Cmax})$.

Áp dụng : Cho $V_{BB} = 3V$, $V_{CC} = 12V$, $R_C = 3K\Omega$, $R_B = 120K\Omega$, $\beta = 100$

Ta có:
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{3 - 0.7}{120} = 20\mu A$$

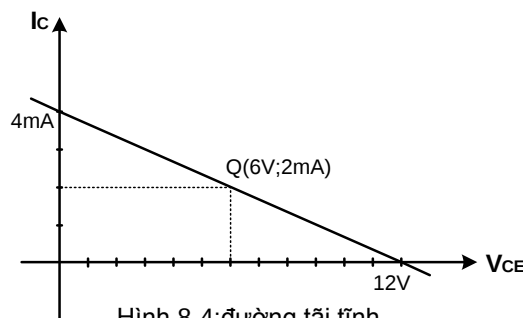
Suy ra $I_C = \beta I_B = 100 \cdot 20 = 2mA$.

$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 12 - (2mA \cdot 3K\Omega) = 6V$

Công suất tiêu tán: $P = V_{CE} I_C = 6 \cdot 2 = 12mW$.

Đường tải tĩnh: Cho $I_C = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{CC} = 12V$

Cho $V_{CE} = 0 \rightarrow I_{Cmax} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{3} = 4mA$



Hình 8-4: đường tải tĩnh

2. Trường hợp có R_E

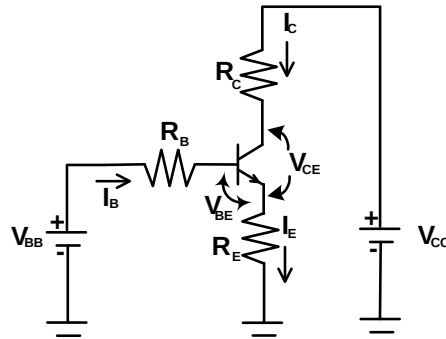
Xét mạch điện hình 8-5 có thêm điện trở R_E ở cực E và dòng điện I_E đi qua ($I_E \approx I_C = \beta I_B$) sẽ tạo ra điện áp V_E nên dòng điện ở ngõ vào I_B được tính theo công thức.

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

Thay $I_E \approx \beta I_B$ vào công trên ta có:

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + \beta I_B R_E$$

$$\rightarrow V_{BB} = I_B (R_B + \beta R_E) + V_{BE} \rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E}$$



Hình 8-5: có thêm R_E

Ta có thể tính điện áp từng chân transistor:

$$V_E = I_E R_E$$

$$V_B = V_{BE} + V_E$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

Xét mạch ngõ ra để tìm phương trình đường tải tĩnh

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \quad (\text{với } I_E \approx I_C)$$

$$\text{Suy ra } V_{CC} = I_C (R_C + R_E) + V_{CE}$$

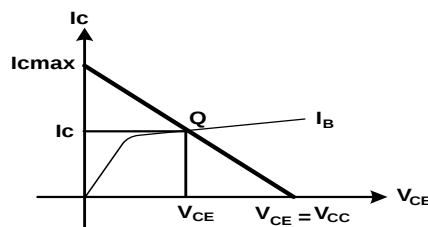
$$\text{Phương trình đường tải tĩnh là: } I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$$

$$\text{Nếu } I_C = 0 \text{ thì } V_{CE} = V_{CC}$$

$$\text{Nếu } V_{CE} = 0^V \text{ thì } I_C = I_{C_{\max}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

Nối liền hai điểm $V_{CE} = V_{CC}$ và $I_{C_{\max}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$ ta có đường tải tĩnh.

Điểm làm việc Q của transistor là điểm nằm trên đường tải tĩnh và có tọa độ $Q(V_{CE}, I_C)$



Hình 8-6

Ví dụ: Cho mạch điện như hình 8-5, Biết $V_{BB} = 3V$, $V_{CC} = 12V$, $R_B = 70K\Omega$, $R_C = 2.5 K\Omega$, $R_E = 0.5 K\Omega$, $\beta = 100$. Tính I_B , I_C , I_E . Điện áp các chân của transistor và vẽ đường tải tĩnh của transistor.

Ta có:
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E} = \frac{3 - 0.7}{70 + (100 * 0.5)} = 20 \mu A$$

Suy ra $I_C \approx I_E = \beta I_B = 100 * 20 = 2 \text{ mA}$

Điện áp các chân transistor.

$$V_E = I_E R_E = 2 \text{ mA} * 0.5 K\Omega = 1V$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 1 + 0.7 = 1.7V$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 12 - 2 \text{ mA} * 2.5 K\Omega = 7V$$

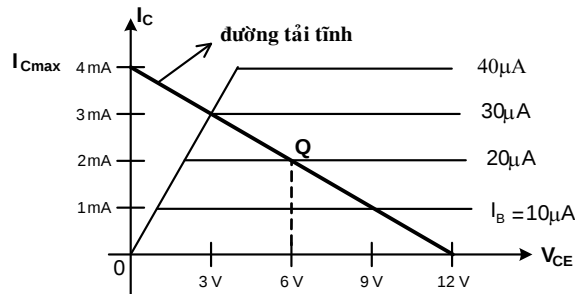
$$V_{CE} = V_C - V_E = 7 - 1 = 6V$$

Phương trình đường tải tĩnh:
$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$$

Cho $I_C = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{CC} = 12V$

Cho $V_{CE} = 0 \rightarrow I_{C \max} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{12}{2.5 + 0.5} = 4 \text{ mA}$

Điểm làm việc Q có tọa độ: $Q (V_{CE}, I_C) \rightarrow Q (6V, 2 \text{ mA})$.

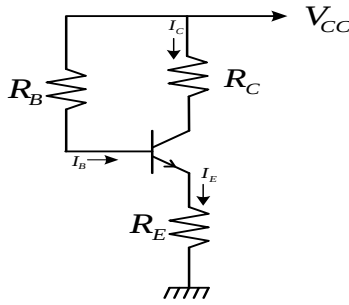


Hình 8-7: đường tải tĩnh

3.2.2. Phân cực bằng nguồn điện chung

1. Phân cực cho cực B bằng điện trở R_B

Trong mạch điện chỉ dùng nguồn V_{CC} phân cực cho các chân của transistor. Cực B được phân cực bằng nguồn V_{CC} qua điện trở R_B giảm áp nên dòng điện ngõ vào được tính theo công thức.



Hình 8-8: phân cực bằng R_B

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

$$\rightarrow V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + \beta I_B R_E \quad (I_E \approx \beta I_B)$$

$$\rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E}$$

Dòng điện cực thu và cực phát: $I_E \approx I_C = \beta I_B$.

Tính điện áp các chân. $V_E = I_E R_E$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

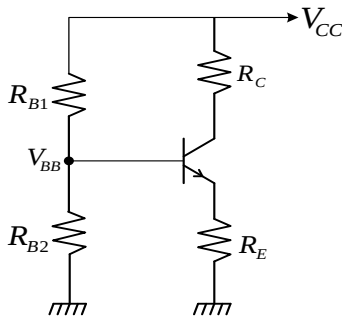
$$V_B = V_{BE} + V_E$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

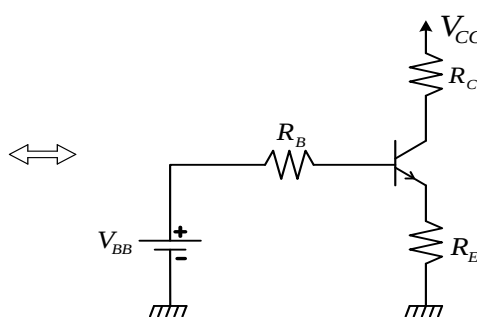
Phương trình đường tải tĩnh: $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$

Xác định đường tải tĩnh và điểm làm việc Q tương tự như trường hợp phân cực 2 nguồn điện R_E

2. Phân cực cho chân B bằng cầu phân áp



Hình 8-9a



Hình 8-9b

Xét mạch điện như hình 8-9a cực B được phân cực bằng nguồn V_{CC} giảm áp qua cầu phân áp $R_{B1} - R_{B2}$

Ở ngõ vào có 3 dòng điện là I_{RB1} từ nguồn V_{CC} đi qua điện trở R_{B1} và phân thành hai dòng điện: I_{RB2} đi qua điện trở R_{B2} xuống mass, I_B vào transistor.

Để tách phân cực cho transistor trong mạch này ta dùng định lý Thevenin để đổi nguồn điện ngõ ra từ V_{CC} và cầu phân áp $R_{B1} - R_{B2}$ thành nguồn V_{BB} và điện R_B như mạch điện hình 8-9b. Giả thiết $I_{RB1}, I_{RB2} \gg I_B$ ($I_{RB1} \approx I_{RB2}$). theo định lý Thevenin ta có:

$$V_{BB} = V_{CC} * \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$R_{BB} = \frac{R_{B1} * R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

Sau khi đổi nguồn ngõ vào thành mạch điện hình 8-9b, cách tính dòng điện và điện áp trên các chân transistor tương tự như trường hợp phân cực bằng hai nguồn riêng.

3.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến các thông số.

Hầu hết các thông số transistor đều bị thay đổi theo nhiệt độ, trong đó có 3 thông số chịu ảnh hưởng lớn nhất là dòng điện rỉ I_{CBO} , độ khuếch đại β , điện áp phân cực V_{BE} .

1. Ảnh hưởng đối với I_{CBO} :

Dòng điện rỉ I_{CBO} là dòng các hạt tải thiểu số, khi nhiệt độ đang tăng thì dòng điện I_{CBO} sẽ tăng theo hàm mũ. Thường đối với transistor gecmanium, nhiệt độ tăng 12°C thì dòng I_{CBO} tăng gấp đôi, đối với transistor silicon, nhiệt độ tăng 8°C thì dòng I_{CBO} tăng gấp đôi. Tuy độ tăng dòng rỉ I_{CBO} của silicon lớn hơn gecmanium nhưng dòng rỉ ở nhiệt độ xác định của silicon lại rất nhỏ so với dòng rỉ gecmanium. Do đó, đối với transistor gecmanium yếu tố nhiệt độ ảnh hưởng lên dòng rỉ quan trọng hơn loại transistor silic.

2. Ảnh hưởng đối với độ khuếch đại β

Như đã biết độ khuếch đại β thay đổi theo dòng điện I_C . Khi nhiệt độ tăng làm dòng điện I_C tăng và β tăng theo.

3. Ảnh hưởng đối với phân cực V_{BE}

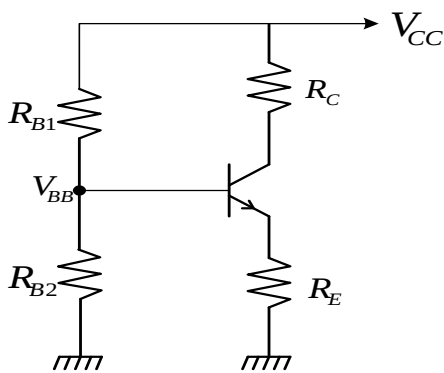
Điện áp phân cực V_{BE} khoảng 0.6 V đến 0.7V cho transistor Si và khoảng 0.1V đến 0.3V cho transistor Ge. Khi nhiệt độ tăng, V_{BE} bị giảm. Thông thường, khi nhiệt độ tăng 1°C thì V_{BE} giảm khoảng 2.4mV.

Trong 3 thông số trên dòng điện rỉ I_{CBO} có ảnh hưởng quan trọng nhất.

3.2.4. Các biện pháp ổn định nhiệt

Để tránh các ảnh hưởng của nhiệt độ lên các thông số của transistor có thể làm sai điểm làm việc tĩnh Q người ta dùng các biện pháp phân cực cho transistor như sau:

1. Dùng điện trở R_E để ổn định nhiệt

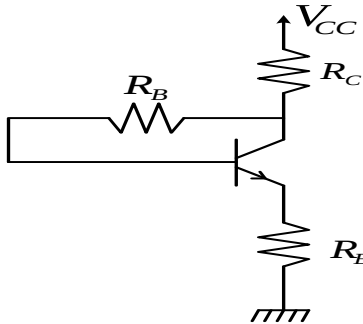


Hình 8-9a

Theo mạch điện hình 8-10, khi nhiệt độ tăng thì dòng điện I_C tăng lên làm dòng điện I_E tăng theo. Khi I_E tăng sẽ làm V_E tăng ($V_E = I_E R_E$) trong khi điện áp phân cực V_B gần như không thay đổi nhờ cầu phân áp. Lúc đó điện áp V_{BE} sẽ giảm xuống ($V_{BE} = V_B - V_E$) làm cho dòng điện I_B giảm xuống theo đặc tính ngõ vào I_B/V_{BE} .

Dòng điện I_B giảm kéo theo I_C giảm xuống và nhiệt độ transistor sẽ được ổn định.

2. Dùng điện trở R_B hồi tiếp từ cực C



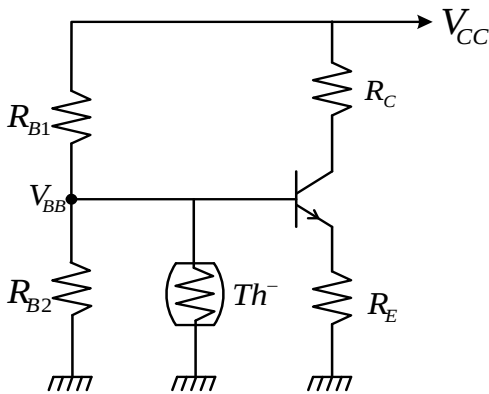
Hình 8-10

Theo mạch điện hình 8-10 điện áp phân cực V_B được lấy từ cực C giảm áp qua điện trở R_B . Trong mạch này dòng điện ngõ vào I_B được tính theo

$$\text{công thức: } I_B = \frac{V_C - V_{BE}}{R_B + \beta R_E}$$

Khi nhiệt độ tăng làm I_C tăng và V_C bị giảm (vì $V_C = V_{CC} - I_C R_C$). Theo công thức trên khi V_C giảm sẽ làm cho I_B bị giảm xuống kéo theo I_C giảm xuống, nhiệt độ transistor ổn định. Trong mạch này điện trở R_E vẫn có tác dụng ổn định nhiệt.

3. Dùng cầu phân áp có điện trở nhiệt



Hình 8-11

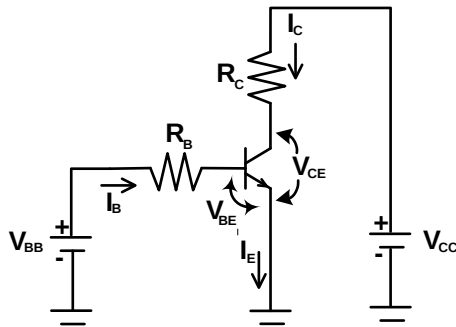
Mạch điện hình 8-11 có điện trở nhiệt Th ghép song song điện trở R_{B2} là loại điện trở nhiệt có hệ số nhiệt âm. Điện trở này được đặt gần vào vỏ của transistor nên khi nhiệt độ transistor tăng lên thì điện trở nhiệt bị nóng và giảm trị số điện trở làm giảm thấp điện áp phân cực V_B . Lúc đó dòng điện I_B giảm xuống kéo I_C giảm theo. Trong mạch này điện trở R_E vẫn có tác dụng ổn định nhiệt.

3.2.5. Ba trạng thái làm việc của transistor

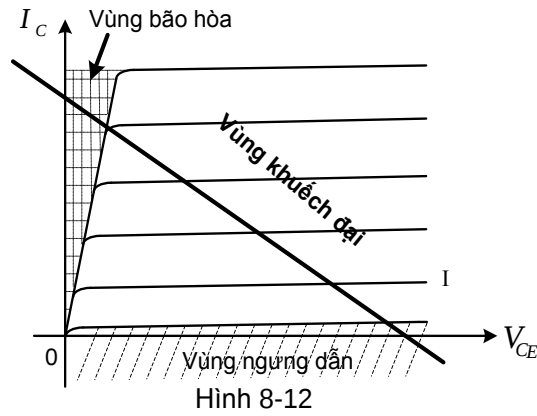
Tùy theo mức phân cực mà transistor có thể làm việc ở một trong ba trạng thái đó là: Ngưng dẫn, dẫn khuếch đại tuyến tính và dẫn bão hoà.

1. Trạng thái ngưng dẫn

Xét mạch điện như hình 8-1



Hình 8-1: phân cực bằng 2 nguồn riêng



Hình 8-12

Nếu điều chỉnh điện áp V_{BB} để điện áp phân cực cho transistor có điện áp $V_{BE} < V_{\gamma}$ ($V_{BE} = 0V \rightarrow 0.5V$ đối với transistor Si; $V_{BE} = 0V \rightarrow 0.2V$ đối với transistor Ge) thì transistor ngưng dẫn, nên $I_B = 0 \rightarrow I_C = 0$ và $V_{CE} = V_{CC}$. Lúc đó chỉ có dòng điện rỉ qua transistor rất nhỏ không đáng kể, muốn đảm bảo sự ngưng dẫn tốt điện áp $V_{BE} \leq 0$.

2.Trạng thái khuếch đại

Nếu điều chỉnh điện áp V_{BB} để điện áp phân cực cho transistor có $V_{BE} = 0.55V \rightarrow 0.7V$ (Si) và $V_{BE} = 0.25V \rightarrow 0.4V$ (Ge) thì transistor dẫn điện, nếu I_B tăng thì dòng điện I_C cũng tăng theo qua hệ số khuếch đại β ($I_C = \beta I_B$). Lúc đó điểm làm việc của transistor sẽ nằm trên đường tải tĩnh và khi I_B và I_C tăng thì V_{CE} giảm (xem đồ thị hình 8-7)

3.Trạng thái bão hoà

Nếu phân cực cho transistor có $V_{BE} \geq 0.8V$ (Si) và $V_{BE} \geq 0.5V$ (Ge) thì transistor sẽ dẫn điện rất mạnh gọi là dẫn bão hoà. Lúc đó I_B tăng cao làm I_C tăng cao đến mức gần bằng $\frac{V_{CC}}{R_C}$ và điện áp V_{CE} giảm còn rất nhỏ ($V_{CE} \leq 0.2V$) gọi là điện áp V_{CESAT}

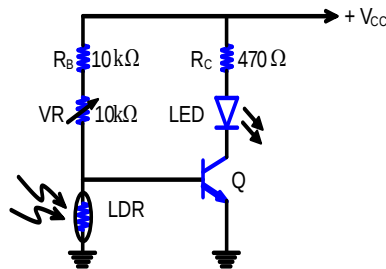
(Saturation) hay V_{CE} bão hoà, nếu I_B tăng thì I_C không tăng vì $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$ và lúc này $I_C \leq \beta I_B$.

Câu hỏi và bài tập:

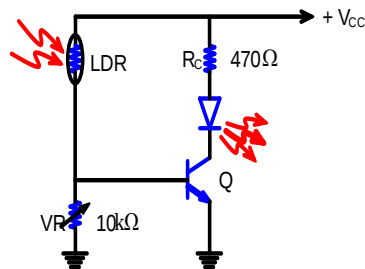
1. Cho biết ảnh hưởng của nhiệt độ đối với các thông số transistor?
2. Hãy giải thích nguyên lý mạch ổn định nhiệt bằng R_E , R_B hồi tiếp và điện trở nhiệt?
3. Tính toán dòng điện và điện áp trên các chân của transistor? Vẽ đường tải tĩnh và điểm làm việc Q?
 - a. Mạch điện như hình 8-1: $V_{BB} = 5V$, $V_{CC} = 15V$, $R_B = 56 K\Omega$, $R_C = 1 K\Omega$, $\beta = 100$
 - b. Mạch điện như hình 8-5 : $V_{BB} = 5V$, $V_{CC} = 15V$, $\beta = 100$, $R_B = 219 K\Omega$, $R_C = 3.5 K\Omega$, $R_E = 0.25 K\Omega$,

- c. Mạch điện như hình 8-8: $V_{CC} = 12V$, $R_B = 520K$, $R_E = 0.5 K\Omega$, $R_C = 2.5 K\Omega$, $\beta = 100$.
- d. Mạch điện như 8-9a: $V_{CC} = 12V$, $R_{B1} = 50 K\Omega$, $R_{B2} = 10 K\Omega$, $R_C = 2.5 K\Omega$, $R_E = 0.5 K\Omega$, $\beta = 100$
- e. Mạch điện như hình 8-10: $V_{CC} = 10V$, $R_C = 4.7 K\Omega$, $R_B = 250 K\Omega$, $R_E = 1.2 K\Omega$.

4. Cho biết ảnh hưởng của nhiệt độ đối với các thông số của transistor?
5. Hãy giải thích nguyên lý mạch ổn định bằng điện trở R_E và bằng điện trở R_B hồi tiếp?
6. Tính dòng điện và điện áp ở các chân của transistor (hình 8-9a) trong mạch có các điện trở như sau: $R_C = 4.7 K\Omega$, $R_E = 0.22 K\Omega$, $R_{B1} = 82K\Omega$, $R_{B2} = 22 K\Omega$, và nguồn $V_{CC} = 12V$?
7. Phân tích ba trạng thái của transistor?
8. Nêu nhiệm vụ linh kiện và nguyên lý hoạt động của mạch sau:

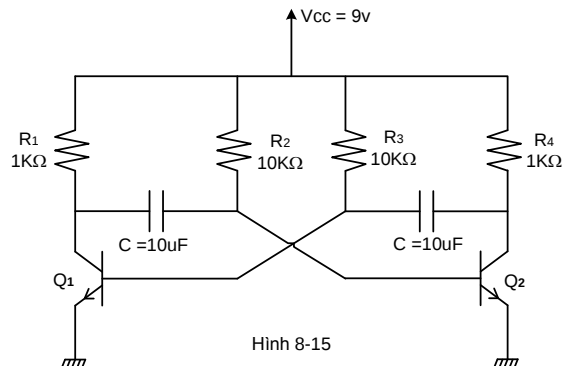


Hình 8-13



Hình 8-14

9. Cho sơ đồ mạch hình 8.15. Nêu nhiệm vụ linh kiện, nguyên lý hoạt động và vẽ dạng sóng trên tụ C_1 , C_2 , cực C_1 , C_2 , B_1 , B_2 của transistor Q_1 , Q_2 .



Hình 8-15

3.3 CÁC MẠCH KHUẾCH ĐẠI CỦA TRANSISTOR

3.3.1. Các khái niệm cơ bản

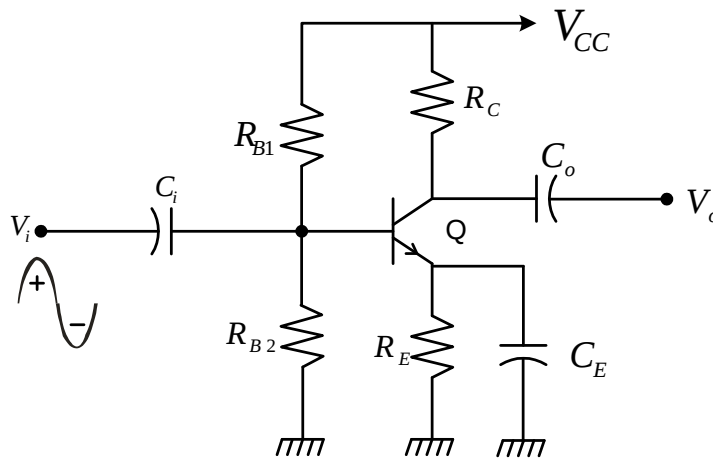
1. Khuếch đại là gì

Trong kỹ thuật từ “khuếch đại” được định nghĩa là “dùng một năng lượng nhỏ để điều khiển một năng lượng lớn khác lớn hơn gấp nhiều lần. Năng lượng thứ hai – lớn – gọi là năng lượng bị điều khiển”.

Trong lĩnh vực điện tử nhiều linh kiện có tính năng khuếch đại như: transistor lưỡng nối, transistor trường ứng ... vì các linh kiện trên nhận năng lượng ở ngõ vào rất nhỏ nhưng có thể điều khiển được năng lượng ở ngõ ra lớn hơn gấp nhiều lần.

Ví dụ Transistor nhận dòng điện ở ngõ vào là I_B có trị số rất nhỏ nhưng có thể điều khiển dòng điện ở ngõ ra là I_C có trị số lớn hơn I_B hàng trăm lần.

2. Trạng thái động của transistor



Hình 9-1

Khi có tín hiệu đưa đến ngõ vào của transistor và xuất hiện một tín hiệu có biên độ lớn hơn ở ngõ ra, thì ta gọi đó là trạng thái động.

Vì tín hiệu ở ngõ vào V_{IN} xếp chồng lên điện áp phân cực V_{BE} đã có sẵn ở trạng thái tĩnh làm cho transistor hoạt động theo quy luật của tín hiệu vào V_{IN} dẫn đến tín hiệu thu được ở ngõ ra cũng sẽ thay đổi theo quy luật của tín hiệu vào V_{IN} .

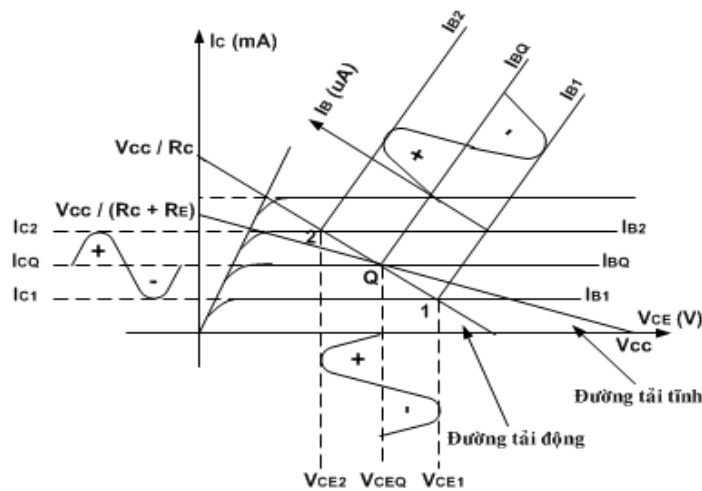
Khi có tín hiệu xoay chiều đưa đến, các tụ điện C_{in} , C_{out} và C_E xem như bị nối tắt đối với tín hiệu xoay chiều.

Ứng với bán kỳ dương của tín hiệu vào V_{IN} thì V_B tăng $\rightarrow I_B$ tăng $\rightarrow I_C$ tăng theo và điện áp V_{CE} giảm xuống. Lúc này điểm làm việc Q sẽ dịch lên điểm số 2.

Ứng với bán kỳ âm của tín hiệu vào V_{IN} thì V_B giảm $\rightarrow I_B$ giảm $\rightarrow I_C$ giảm theo và điện áp V_{CE} tăng lên. Lúc này điểm làm việc Q sẽ dịch xuống điểm số 1.

Phương trình đường tải động: $i_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$

Đồ thị đường tải động cũng đi qua điểm làm việc tĩnh Q



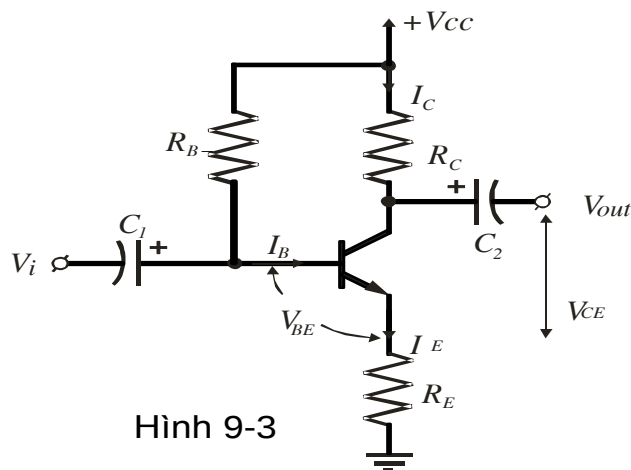
Hình 9-2

3.3.2. Ba cách mắc cơ bản của mạch khuếch đại.

Mạch khuếch đại dùng transistor có thể ráp một trong ba cách ráp căn bản là kiểu E chung, B chung hay là C chung.

1. Mạch khuếch đại dùng transistor mắc kiểu E chung

Tín hiệu được đưa vào ở cực B và E (V_{BE}), tín hiệu được lấy ra ở cực C và E (V_{CE}). Như vậy cực E được dùng chung.



Hình 9-3

- Chức năng của các linh kiện trong mạch.

+Tụ C1, C2: là tụ liên lạc, dùng để truyền dẫn tín hiệu vào và ra mạch khuếch đại đồng thời ngăn cách điện áp một chiều (DC) giữa các tầng.

+ R_B, R_C : Các điện trở phân cực cho các cực của transistor.

+ R_E : Điện trở ổn định nhiệt.

+ C_E : Tụ phân dòng, chống hồi tiếp âm tín hiệu.

- Đặc điểm:

+ Tín hiệu vào và tín hiệu ra đảo pha nhau.

+ Tổng trở ngõ vào: R_i khá nhỏ, $R_i < 2k\Omega$

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{V_{be}}{i_b}$$

+ Tổng trở ngõ ra: R_O khá lớn, vài chục $k\Omega$

$$R_O = \frac{V_O}{i_O} = \frac{V_{ce}}{i_c}$$

+ Độ khuếch đại dòng điện: $A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{i_c}{i_b} = \beta$ lớn

+ Độ khuếch đại điện áp: Rất lớn

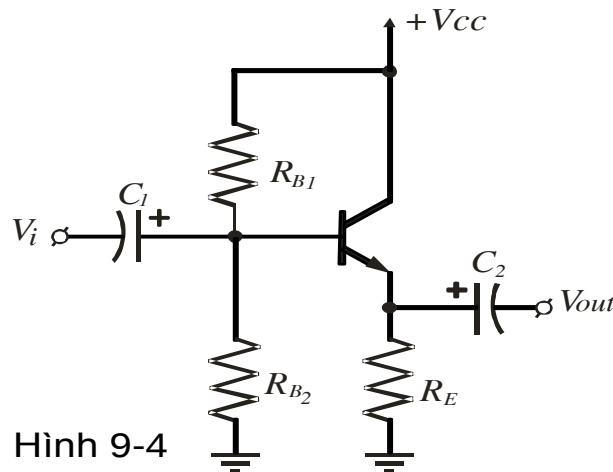
$$A_v = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_{ce}}{V_{be}} = -\beta \cdot \frac{R_C}{r_i}$$

(dấu trừ chỉ sự đảo pha của tín hiệu ra)

2. Mạch khuếch đại dùng transistor mắc kiểu C chung

Tín hiệu được đưa vào ở cực B và C, tín hiệu được lấy ra ở cực E và C. Cực C được dùng chung.

- Tụ C_1, C_2 : tụ liên lạc.
- R_{B1}, R_{B2} : cặp điện trở phân cực chân B.
- R_E : điện trở tải



Hình 9-4

- Đặc điểm:

+ Tín hiệu vào và ra đồng pha nhau.

+ Tổng trở ngõ vào: R_i lớn $R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{V_b}{i_b}$

+ Tổng trở ngõ ra: R_O khá nhỏ (từ vài ohm đến vài trăm ohm)

$$R_O = \frac{V_O}{i_O} = \frac{V_e}{i_e}$$

+ Độ khuếch đại dòng điện: Lớn

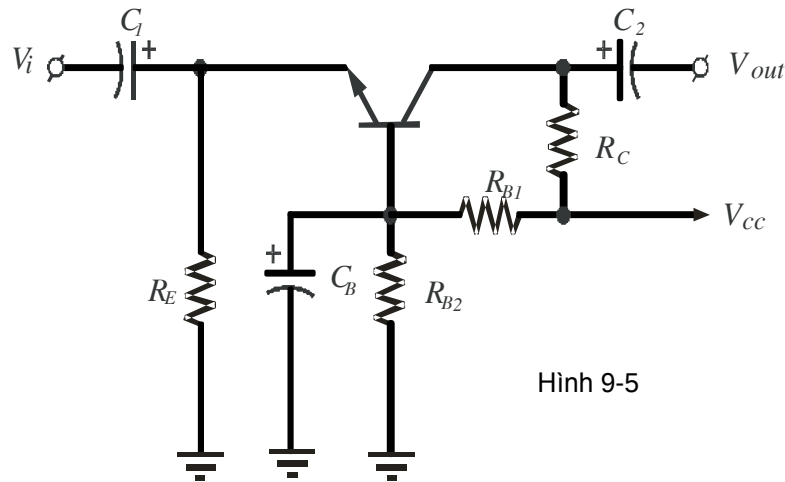
$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{i_e}{i_b} = \frac{I_c + I_b}{I_b} = \beta + 1$$

+ Độ khuếch đại điện áp: Xấp xỉ bằng 1

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_e}{V_b} \approx 1$$

3. Mạch khuếch đại dùng transistor mắc kiểu B chung

Tín hiệu được đưa vào ở E và B, tín hiệu được lấy ra ở C và B.
Cực B được dùng chung.



Hình 9-5

- Đặc điểm:

+ Tín hiệu vào và ra đồng pha nhau.

+ Tổng trở ngõ vào: R_i rất nhỏ, $R_i = \frac{V_i}{i_i} = \frac{V_{eb}}{i_e}$

+ Tổng trở ngõ ra: R_o rất lớn, $R_o = \frac{V_o}{i_o} = \frac{V_{cb}}{i_c}$

+ Độ khuếch đại dòng điện: $A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{i_c}{i_e} \approx 1$

+ Độ khuếch đại điện áp: Lớn (vài trăm) $A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{cb}}{V_{eb}}$

3.3.3. Các chế độ công tác của Transistor

Chúng ta đã phân tích ba trạng thái hoạt động của transistor là: Trạng thái ngưng dẫn, trạng thái khuếch đại và trạng thái bão hòa.

Khi tính toán các điện trở phân cực cho transistor có nghĩa là chọn điểm hoạt động tĩnh Q cho transistor đó. Khi có tín hiệu xoay chiều tác động ở ngõ vào thì điểm Q sẽ bị dời chỗ và làm thay đổi các thông số khác của mạch. Dựa vào điểm hoạt động tĩnh Q người ta chia mạch khuếch đại ra các hạng khuếch đại là: chế độ A, chế độ B, chế độ C và chế độ AB.

1. Chế độ A.

Transistor được phân cực cho điểm hoạt động tĩnh Q ở giữa vùng khuếch đại.

có $V_{BE} \approx 0,6V \rightarrow 0,7V$. Khi transistor nhận được tín hiệu xoay chiều ở cực B thì dòng điện I_B sẽ bị thay đổi theo tín hiệu xoay chiều này.

Phân tích đặc tính ngõ ra I_C/V_{CE} của transistor, mạch khuếch đại chế độ A có điểm hoạt động tĩnh Q ở giữa đường tải và $V_{CE} \approx \frac{1}{2} V_{CC}$. Khi dòng điện I_B bị thay đổi theo tín hiệu xoay chiều sẽ làm cho dòng điện I_C bị thay đổi và kéo theo điện áp V_{CE} cũng bị thay đổi.

Các đặc điểm của mạch khuếch đại hạng A là:

- Khuếch đại trung thực tín hiệu xoay chiều (khuếch đại được cả hai bán kỳ của tín hiệu xoay chiều hình sin).
- Dùng cho các mạch khuếch đại tín hiệu có biên độ nhỏ.

2. Chế độ B

Transistor được phân cực cho điểm hoạt động tĩnh Q ở trong vùng ngưng dẫn.

$V_{BE} = 0V \rightarrow 0,3V$ nên $I_B = 0$ và $I_C = 0$. Khi transistor nhận được tín hiệu xoay chiều ở cực B thì chỉ có một bán kỳ được khuếch đại vì làm phân cực thuận mỗi nối BE và I_B tăng lên, còn một bán kỳ làm giảm phân cực mỗi nối BE xuống vùng ngưng dẫn nên không được khuếch đại.

Phân tích đặc tuyến ngõ I_C/V_{CE} thì mạch khuếch đại chế độ B có điểm hoạt động tĩnh Q nằm trên đường biên giữa vùng khuếch đại và vùng ngưng dẫn, $V_{CE} \approx V_{CC}$. Khi dòng điện I_B tăng lên theo tín hiệu xoay chiều thì dòng điện I_C cũng tăng lên và làm cho điện áp V_{CE} giảm xuống. Ở ngõ ra cũng chỉ có một bán kỳ được khuếch đại

Các đặc điểm của mạch khuếch đại hạng B là:

- Khi không có tín hiệu thì transistor không dẫn ($I_B = 0, I_C = 0$)
- Mỗi transistor chỉ khuếch đại được một ab1n kỳ nên muốn có đủ nguyên chu kỳ phải dùng hai transistor để khuếch đại luân phiên cho hai bán kỳ.
- Dùng cho các mạch khuếch đại tín hiệu có biên độ lớn.
- Hiệu suất cao do công suất điện tiêu thụ nhỏ.
- Tín hiệu ra bị biến dạng xuyên trục (crossover distortion).

3. Chế độ AB.

Là một hạng trung gian giữa chế độ A và chế độ B transistor sẽ được phân cực cho điểm Q ở giữa Q_A và Q_B .

Trên đặc tuyến ngõ vào I_B/V_{BE} thì mạch khuếch đại chế độ AB có điểm hoạt động tĩnh Q ở giữa chế độ A và chế độ B ngay điểm thiết đoạn và có $V_{BE} = 0,4 \rightarrow 0,5V$. Khi transistor nhận được tín hiệu xoay chiều ở cực B thì bán kỳ dương được rơi vào vùng gần như tuyến tính nên được khuếch đại mạnh, bán kỳ âm được rơi vào vùng dưới Vγ nên transistor không dẫn và không có tín hiệu ra.

Trên đặc tuyến ngõ ra I_C/V_{CE} điểm hoạt động tĩnh Q nằm ở vùng gần ngưng dẫn nên $V_{CE} \approx \frac{2}{3} V_{CC}$. Ở điểm hoạt động tĩnh này chỉ có bán kỳ dương của tín hiệu được khuếch đại vì làm dòng điện I_C tăng lên. Tín hiệu ra bị đảo pha so với tín hiệu ngõ vào nên chỉ có bán kỳ âm của tín hiệu ở ngõ ra.

Các đặc điểm của mạch khuếch đại hạng AB là:

- Khi không có tín hiệu thì các dòng điện I_B , I_C có trị số rất nhỏ so với chế độ A.
- Mỗi transistor chỉ khuếch đại được một bán kỳ (bán kỳ âm rơi vào vùng ngưng dẫn nên biên độ ra bằng 0)
- Dùng cho các mạch khuếch đại tín hiệu có biên độ lớn
- Hiệu suất cao do công suất điện tiêu thụ nhỏ
- Tín hiệu ra không bị biến dạng xuyên trục như chế độ B.

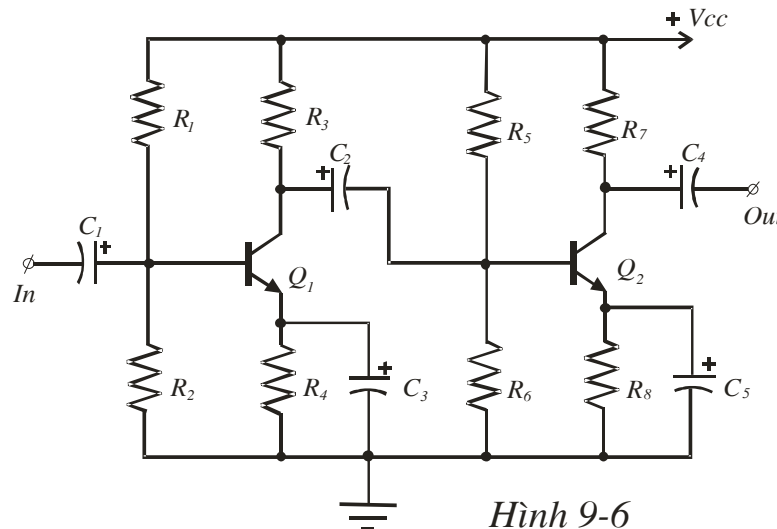
3.3.4. Ghép các tầng khuếch đại

Phối hợp trở kháng giữa các tầng khuếch đại hay giữa ngõ ra của mạch khuếch đại và tải là tính toán sao cho trở kháng vào tầng sau bằng trở kháng ra tầng trước để cho công suất truyền đạt là lớn nhất. Có 3 cách ghép cơ bản:

- Ghép các tầng bằng tụ điện liên lạc
- Ghép các tầng biến áp
- Ghép các tầng cách nối trực tiếp

3.3.5. Ứng dụng.

1. Ghép các tầng bằng tụ điện liên lạc.

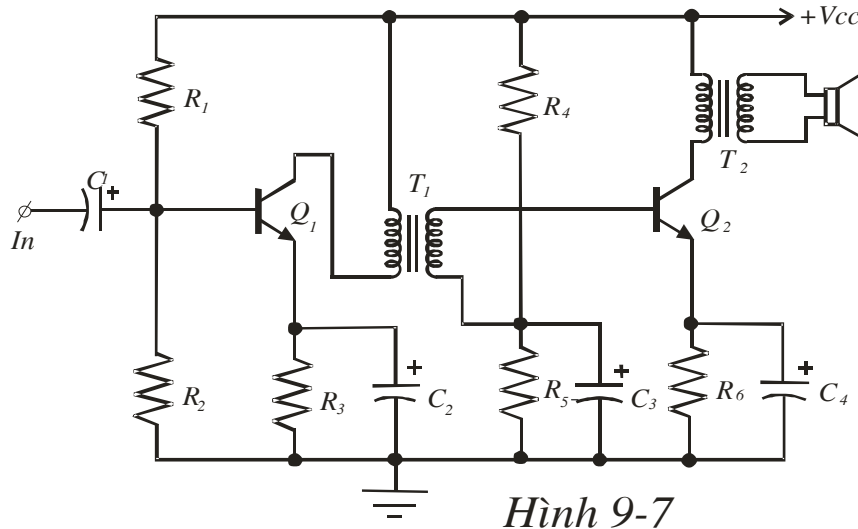


Hình 9-6

- C_2 : tụ ghép giữa 2 tầng KĐ. Được chọn tương đối lớn (vài μF) để sụt áp tín hiệu nhỏ.
- R_3 : được chọn khoảng vài $K\Omega$ trở xuống.

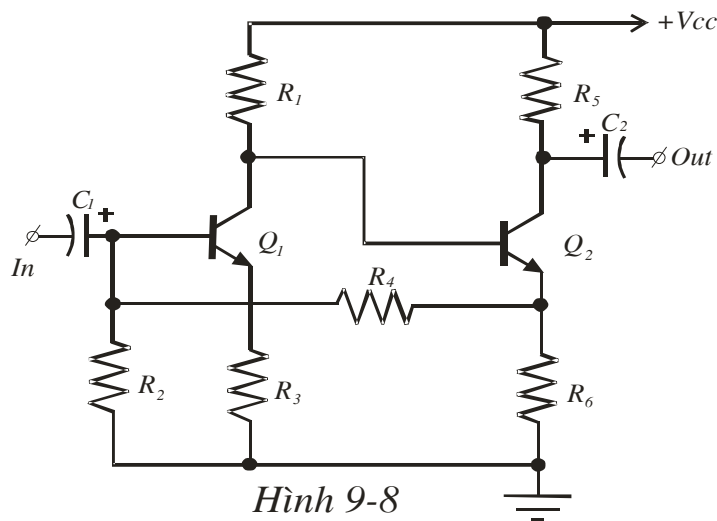
- Ưu điểm : đơn giản, dễ thực hiện.
- Nhược điểm : Chưa phối hợp tốt giữa trở kháng ngõ ra của tầng trước với tổng trở vào của tầng sau.

2. Ghép các tầng bằng biến áp



- Ưu điểm : Có sự phối hợp tốt trở kháng nên công suất truyền đạt lớn, hiệu suất cao.
- Nhược điểm : cồng kềnh, nặng nề, lắp ráp phức tạp, và gây méo tần số do cuộn dây MBA.

3. Ghép các tầng bằng cách nối trực tiếp



- Ưu điểm : đơn giản, không gây méo tần số, làm việc ổn định
- Nhược điểm : Không phối hợp được trở kháng.

CHƯƠNG 4 THYRISTOR

4.1 SCR

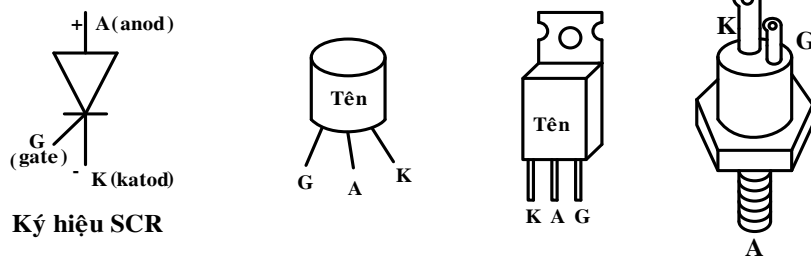
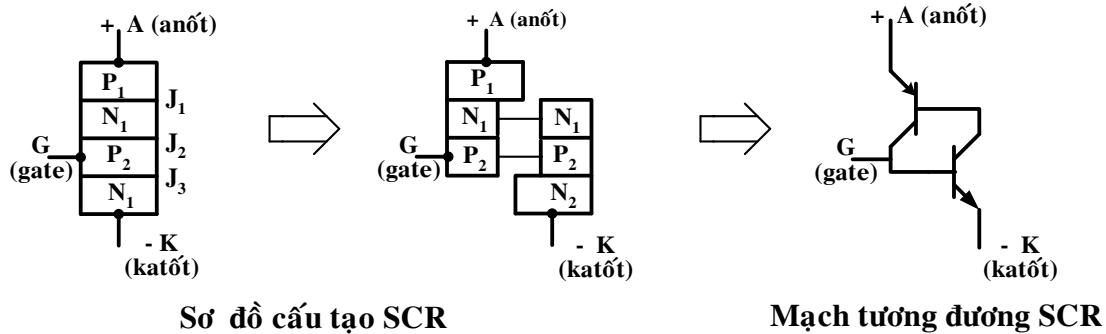
4.1.1. Cấu tạo , ký hiệu, hình dạng.

- SCR (Silicon controlled Rectifier) là bộ nắn điện được điều khiển làm bằng chất Silicium .

-SCR gồm bốn lớp bán dẫn P và N ghép liên kết và xen kẽ nhau , giữa các lớp này là các mặt tiếp giáp P-N được ký hiệu là J_1, J_2, J_3 .

-SCR gồm ba cực nối ra ngoài : Lớp P_1 là anốt (dương cực) , lớp N_2 là katốt (âm cực), lớp P_2 là cực khiển G (gate) .

-Dựa vào cấu trúc của SCR người ta phân tích và vẽ được sơ đồ tương đương của SCR là gồm 2 transistor PNP và NPN ghép nối nhau như hình vẽ .



Hình dạng SCR thông dụng

Hình 10- 1 : Cấu tạo, hình dạng, ký hiệu SCR

4.1.2. Nguyên lý làm việc và đặc tuyến

1. Phân cực thuận

SCR có khả năng giữ ở trạng thái ngắt không những khi đặt điện áp ngược mà ngay cả khi đặt điện áp thuận lên nó. Đó là nhờ sự phối hợp phân cực giữa 3 mặt tiếp giáp J_1, J_2, J_3 của SCR.

* Khi đặt điện áp thuận lên SCR (Anốt nối với dương nguồn, còn catốt nối với âm nguồn)

- Trường hợp cực khiển G để hở

Ta thấy J1 và J3 được phân cực thuận (có điện trở nhỏ) còn J2 phân cực ngược (có điện trở lớn) nên lúc này SCR chỉ có 1 dòng điện rất nhỏ chạy qua SCR (xem như SCR chưa dẫn)

- Tăng dần điện áp thuận V_{AK} đạt đến giá trị điện áp mở V_{BO} thì J2 được xuyên thủng điện, điện trở giảm đột ngột nên dòng điện qua SCR tăng vọt lên trong khi điện áp trên SCR (V_{AK}) sụt giảm còn rất nhỏ (khoảng 1 vôn) lúc này SCR đã dẫn điện. Cách mở này cần 1 điện áp mở V_{BO} khá cao nên trong thực tế không dùng.

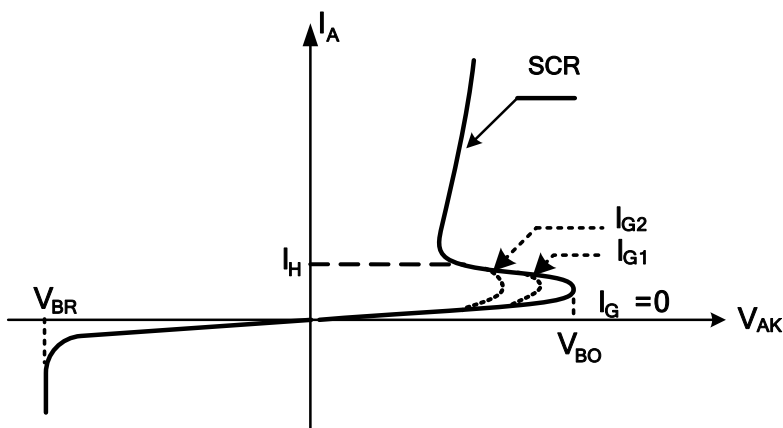
- Trường hợp $V_G > 0$

Có dòng I_G chạy vào cực khiến SCR kích thích cho SCR mở dễ dàng hơn nghĩa là điện áp mở được giảm nhỏ hơn V_{BO} . Với dòng I_G càng lớn thì điện áp mở càng giảm nhỏ. Khi $I_G = I_{GT}$ (I_{Gmax}) thì SCR mở dễ dàng với điện áp mở khoảng vài vôn. Đây là cách kích mở SCR trong thực tế.

2. Phân cực ngược

* Khi đặt điện áp ngược lên SCR (Anôt nối với âm nguồn, còn catôt với dương nguồn, cực khiển để hở). Ta thấy tiếp giáp J2 được phân cực thuận (có điện trở nhỏ) còn J1 và J3 phân cực ngược nên có điện trở rất lớn làm cho SCR không thể dẫn điện (thực tế có 1 dòng rò rất nhỏ qua SCR). Khi điện áp ngược tăng đến 1 giá trị đủ lớn (V_{BR}) thì SCR cũng bị đánh thủng (giống Điốt) dòng ngược qua SCR tăng vọt làm SCR hư.

* Kết luận: SCR chỉ dẫn điện theo 1 chiều từ anôt sang catôt khi có dòng kích thích I_G thích hợp với V_{AK} thuận và không dẫn điện theo chiều ngược lại (khi phân cực ngược)



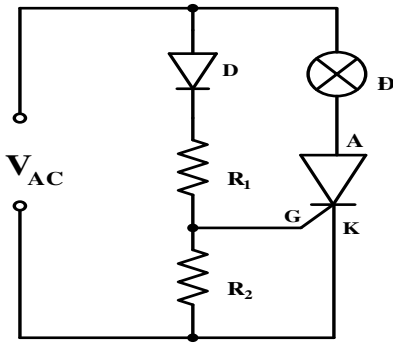
Hình 10- 2: Đặc tuyến của SCR

* Các phương pháp ngắt SCR :

Khi SCR đã mở, ta có thể ngắt SCR bằng 2 cách sau:

a. Ngắt SCR bằng cách giảm dòng I_A xuống đến giá trị duy trì I_{dt} (vài chục mA). Phương pháp này được hình thành tự nhiên khi ta nối SCR vào mạng điện xoay chiều.

b. Ngắt SCR bằng điện áp ngược đủ lớn.

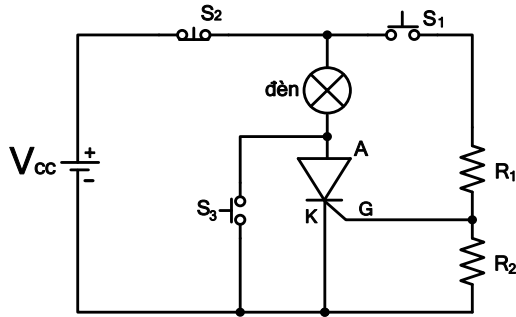


Hình 10- 3

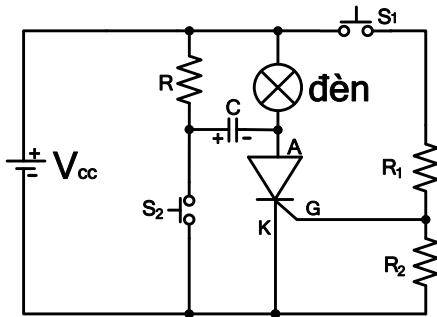
-Hình 10 - 3 : Trình bày một mạch điện dùng SCR như một khoá đóng ngắt . SCR dẫn điện ở nửa chu kỳ dương của nguồn V_{AC} và nó tự khoá vào cuối nửa chu kỳ này khi $V_{AC} = 0$

-Hình 10 - 4 : Trình bày mạch điện khoá SCR bằng phương pháp cho $I_A = 0$ hoặc $V_{AK} = 0$.

Mở SCR ấn $S_1 \rightarrow$ đèn sáng , khoá SCR ấn S_2 hoặc S_3 .



Hình 10- 4



Hình 10- 5

-Hình 10 - 5 : Trình bày mạch điện khoá SCR bằng phương pháp đặt điện áp ngược lên hai cực A và K .

-Mở SCR ấn $S_1 \rightarrow$ đèn sáng và tụ điện C nạp điện có cực tính như hình vẽ . Khoá SCR ấn S_2 điện áp trên tụ sẽ đặt ngược lên hai cực A và K .

4.1.3. Các thông số kỹ thuật.

1. Dòng thuận cực đại I_{Amax} có thể tính theo công thức

$$I_A = \frac{V_{CC} - 0,7}{R_{tai}} \quad (0,7v \text{ là sụt áp thuận trên SCR})$$

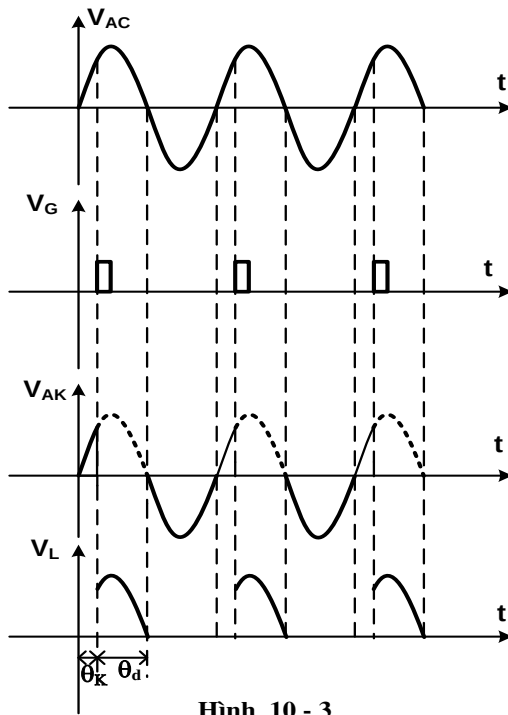
2. Điện áp ngược cực đại (V_{BR}) là điện áp ngược cho phép đặt vào A và K mà không gây đánh thủng SCR. V_{BR} thông thường từ 100v ÷ 1000v (tùy SCR)
3. Dòng điện kích cực tiểu I_{Gmin} là dòng nhỏ nhất đủ để điều khiển SCR dẫn điện. SCR có công suất càng lớn thì I_G càng lớn. Thông thường I_{Gmin} từ 1mA đến vài chục mA.

4. Thời gian mở SCR là thời gian cần hay là độ rộng của xung kích SCR có thể chuyển trạng thái từ ngắt sang dẫn. Thời gian mở khoảng vài μS

5. Thời gian tắt SCR : SCR sẽ tự duy trì trạng thái dẫn sau khi được kích mở. Muốn SCR chuyển từ dẫn sang ngưng dẫn thì phải cho $I_G = 0$ và

$V_{AK} = 0$. Tuy nhiên $V_{AK} = 0$ phải có thời gian đủ dài để SCR chuyển hẳn sang trạng thái ngưng. Thời gian tắt SCR thường khoảng vài chục μS

4.1.4. Nguyên lý điều khiển pha.



Hình 10 - 3

- θ_K : góc kích SCR
- θ_d : góc dẫn của SCR
- $\theta_K + \theta_d = 180^\circ$
- Nếu θ_K nhỏ $\rightarrow$ là kích sớm, nên SCR dẫn sớm. Dòng điện qua SCR lớn, cũng chính là dòng qua tải lớn, điện áp trên tải cao $\rightarrow$ nên tải có công suất lớn.

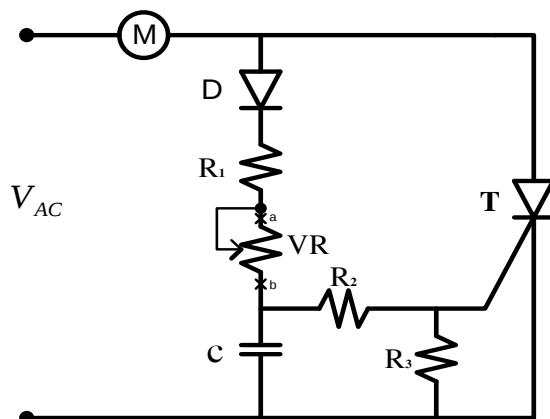
- Nếu θ_K lớn $\rightarrow$ là kích trễ, làm SCR dẫn trễ. Dòng điện qua SCR nhỏ, cũng chính là dòng qua tải nhỏ, điện áp trên tải thấp $\rightarrow$ nên tải có công suất giảm xuống.

Đây là nguyên tắc điều khiển công suất của tải dùng SCR (tải DC).

4.1.5. Mạch ứng dụng: Mạch điều khiển tốc độ động cơ DC

1. Nhiệm vụ linh kiện :

- SCR mắc nối tiếp với tải, điều tiết dòng điện qua tải.
- Diod D, R1k, VR100K, tụ C là mạch tạo xung kích SCR.
- R 4,7k, R1k là cầu phân áp cực G, tạo V_g thích hợp kích SCR.



Hình 10-4

2. Hoạt động

Khi cấp điện cho mạch, xét bán kỳ dương của nguồn, SCR phân cực thuận, đồng thời diod D dẫn điện, tạo dòng nạp cho tụ C qua R1k, VR100k. Điện áp trên tụ tăng

dẫn, qua cầu phân áp $R_4, 7k-R_{1k}$ đặt điện áp V_g vào cực G của SCR. Khi V_g đạt đến điện áp kích mở SCR (từ vài vôn đến vài chục vôn tùy loại) thì tụ C xả điện qua $R_4, 7k$ tạo xung kích SCR dẫn; có dòng điện lớn chạy qua tải, qua SCR về nguồn, động cơ quay.

Ở bán kỳ âm, SCR phân cực ngược nên không dẫn đồng thời diod cũng không dẫn, không có xung kích. Mạch không hoạt động.

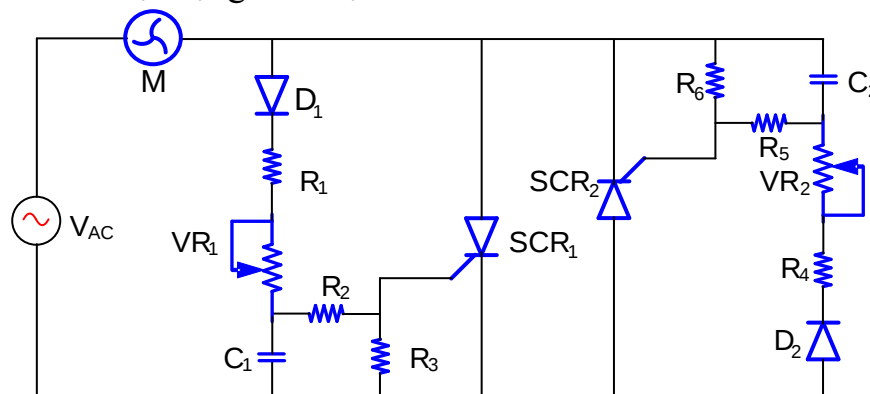
Vậy điện áp và dòng qua động cơ là điện một chiều có điều khiển.

Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách vặn biến trở VR, khi làm tăng trị số VR thì tụ C nạp chậm hơn, tạo xung kích SCR trễ hơn, SCR dẫn yếu hơn, điện áp trên tải thấp, dòng qua tải nhỏ hơn nên động cơ quay chậm lại. Muốn cho động cơ quay nhanh, ta chỉnh giảm VR giảm, quá trình tác động ngược lại.

Tải có thể là động cơ vạn năng hoặc bóng đèn tròn.

CÂU HỎI ÔN TẬP

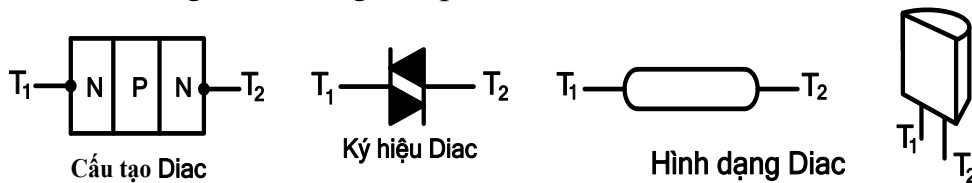
- 1/ Ký hiệu và cấu tạo của SCR?
- 2/ Phân tích nguyên lý làm việc của SCR ?
- 3/ Các thông số kỹ thuật của SCR ?
- 4/ So sánh SCR với diode ?
- 5/ Ứng dụng của SCR?
- 6/ Phân tích hoạt động của mạch sau:



4.2 DIAC

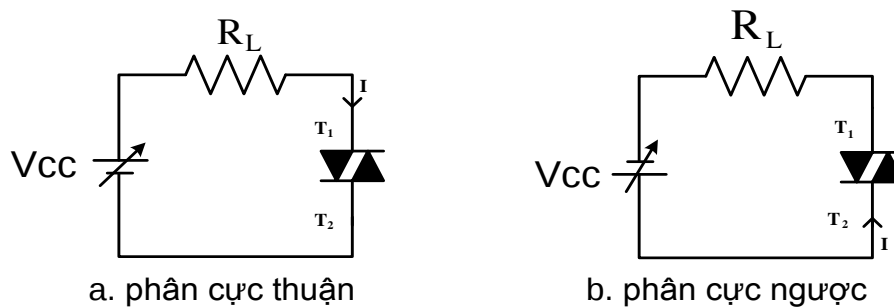
4.2.1. Cấu tạo , ký hiệu , hình dáng.

- Diac được viết tắt bởi diode AC Semiconductor Switch (công tắc bán dẫn xoay chiều 2 cực)
- Diac có cấu tạo gồm ba lớp bán dẫn loại P và N ghép xen kẽ nối tiếp nhau như một transistor, nhưng chỉ có hai cực ở hai lớp ngoài gọi là T_1 và T_2 , không có cực gốc . Do có tính đối xứng nên không cần phân biệt hai cực T_1 và T_2 .



Hình 11- 1: Cấu tạo - ký hiệu - hình dạng

4.2.2. Nguyên lý hoạt động và đặc tuyến.



Hình 11- 2

- Xét mạch thí nghiệm như hình 11 -2a, nguồn V_{CC} có thể chỉnh được từ thấp lên cao .

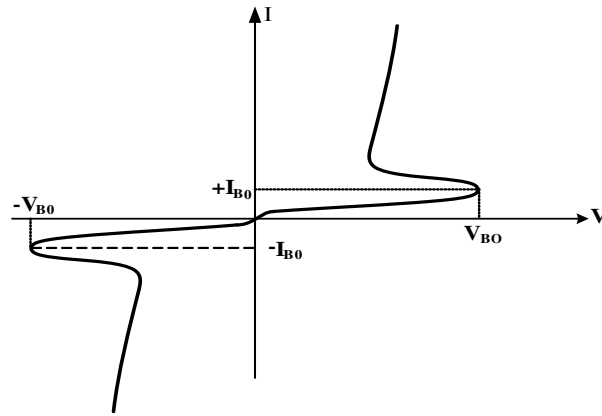
+ Khi V_{CC} có trị số thấp ($V_{CC} < V_{BO}$) thì dòng điện qua Diac có trị số rất nhỏ gọi là dòng rỉ có thể coi như bằng không .

+ Khi tăng V_{CC} lên trị số đủ lớn là V_{BO} ($V_{CC} = V_{BO}$) thì điện thế trên Diac bị giảm xuống và dòng điện tăng lên nhanh .

- V_{BO} gọi là điện áp ngấp (Breakover) hay điện áp mở .
- Dòng điện qua Diac ở điểm V_{BO} là dòng điện ngấp I_{BO} (dòng điện mở) .
- Khi thay đổi chiều điện áp V_{CC} như hình 11 - 2b thì cũng cho kết quả tương tự như trên nhưng dòng điện và điện áp đổi dấu .

* **Kết luận** : Diac có thể dẫn điện theo cả hai chiều khi điện áp đặt vào hai cực $T_1 - T_2$ đủ lớn , gọi là điện áp mở Diac .

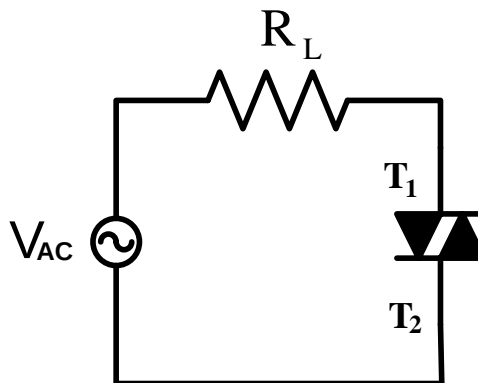
- Điện áp V_{BO} có trị số trong khoảng từ $20V \rightarrow 40V$.
- Dòng điện I_{BO} có trị số từ vài chục $\mu A \rightarrow$ vài trăm μA .



Hình 11 - 3 : Đặc tính của Diac

Câu hỏi và bài tập :

- 1- Cho biết cấu tạo của Diac?
- 2- Phân biệt nguyên lý , đặc tính của Diac và diode zener ?
- 3- Cho mạch điện như hình vẽ 11 – 2a. Vẽ đồ thị điện áp trên điện trở R_L và Diac khi $V_{CC} < V_{BO}$, $V_{CC} \geq V_{BO}$.
- 4- Cho mạch điện như hình vẽ 11 - 4. Vẽ đồ thị điện áp trên điện trở R_L và Diac?
 V_{AC} là điện áp xoay chiều hình sin.

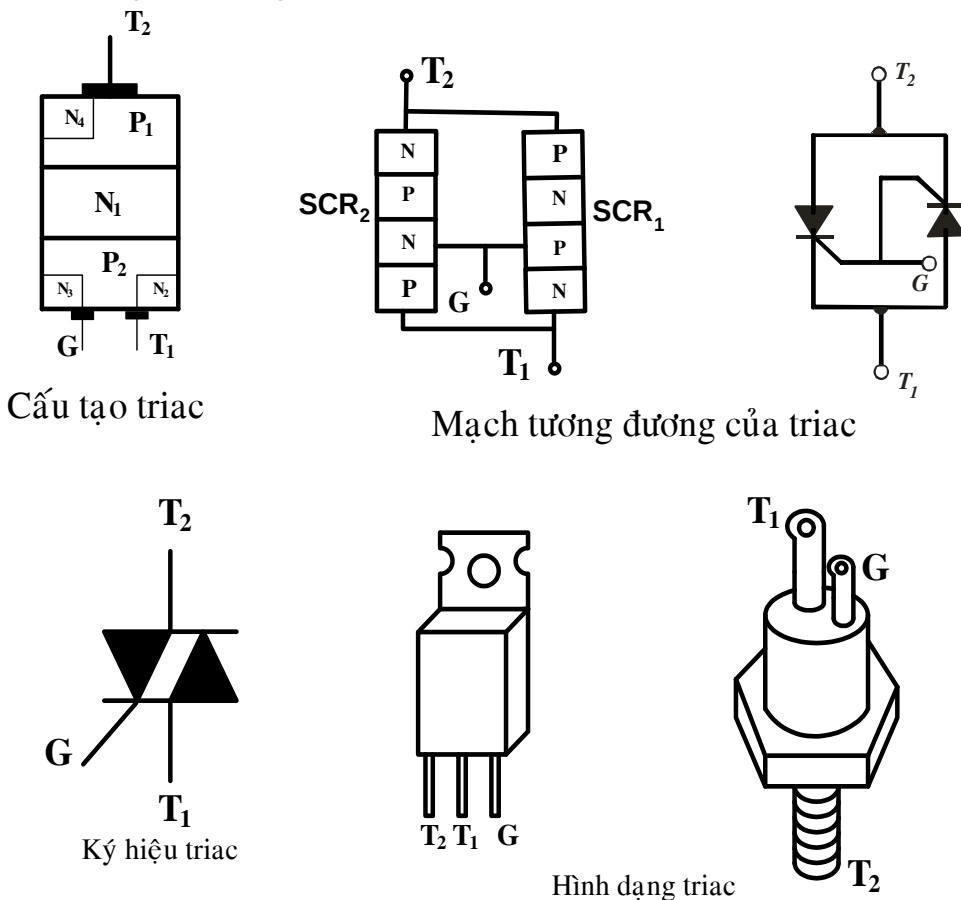


Hình 11- 4

4.3 TRIAC

4.3.1 Cấu tạo, ký hiệu, hình dạng.

- Triac được viết tắt bởi Triode AC semiconductor SWITCH (công tắc bán dẫn xoay chiều 3 cực).
- Triac là một thanh bán dẫn gồm 6 lớp bán dẫn loại P và N ghép xen kẽ nhau như hình 12 - 1, và được nối ra 3 chân 2 chân đầu và chân cuối gọi là T_1 - T_2 chân còn lại là cực cổng G (cửa).
- Triac có thể xem như là 2 SCR ghép song song và ngược chiều nhau và có chung cực cổng G.



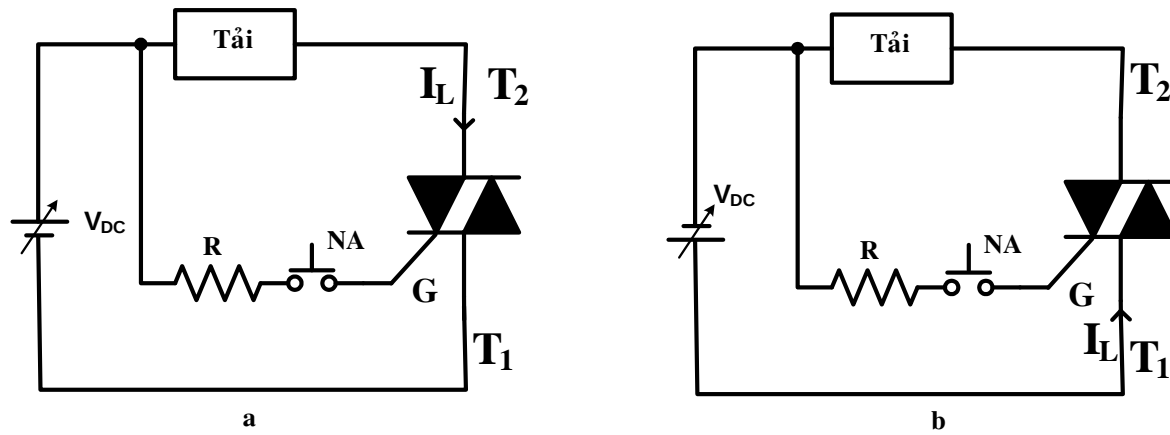
Hình 12- 1: Cấu tạo-Mạch tương đương- Ký hiệu - Hình dạng Triac

4.3.2. Nguyên lý làm việc và đặc tuyến.

1. Nguyên lý

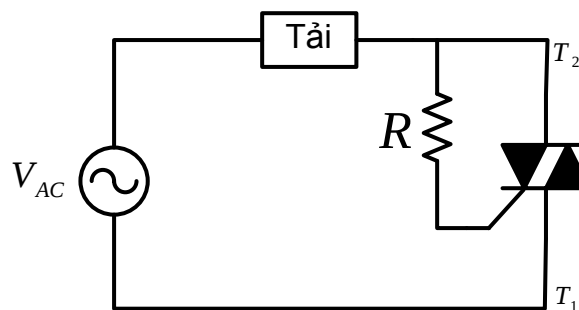
Khi cực T_2 có điện thế dương, cực T_1 có điện thế âm và cực G được kích xung dương thì triac dẫn điện theo chiều từ T_2 qua T_1 (Hình 12 - 2a)

Khi cực T_2 có điện thế âm, cực T_1 có điện thế dương và cực G được kích xung âm thì triac dẫn điện theo chiều từ T_1 qua T_2 (Hình 12 -2b).



Hình 12-2: Kích dẫn Triac ở nguồn DC

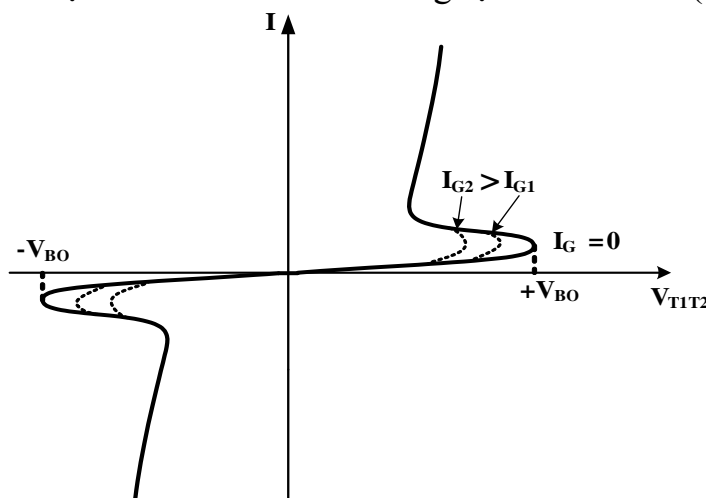
Khi triac được dùng trong mạch điện xoay chiều công nghiệp thì nguồn có bán kỳ dương, cực G được kích xung dương khi nguồn có bán kỳ âm, cực G được kích xung âm. Triac cho dòng điện qua được hai chiều và khi đã dẫn điện thì điện áp trên hai cực (T_2-T_1) rất nhỏ nên được coi như công tắc bán dẫn dùng trong mạch điện xoay chiều (Hình 12 - 3).



Hình 12 - 3: kích dẫn Triac bằng nguồn AC

2. Đặc tuyến của Triac

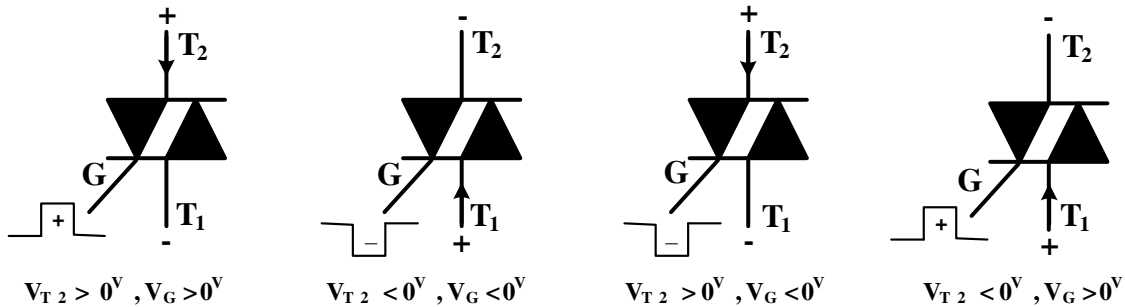
Triac có đặc tính V-A gồm hai phần đối xứng nhau qua điểm O, 2 phần này giống như đặc tính của 2 SCR mắc ngược chiều nhau (Hình 12 - 4)



Hình 12- 4: Đặc tính V-A của Triac

3. Các cách kích Triac.

- $T_2(+)$, $T_1(-)$, cực G được kích xung dương: Dòng điện chạy từ $T_2 \rightarrow T_1$ (a)
- $T_2(-)$, $T_1(+)$ cực G được kích xung âm: Dòng điện chạy từ $T_1 \rightarrow T_2$ (b)
- $T_2(+)$, $T_1(-)$ cực G được kích xung âm: Dòng điện chạy từ $T_2 \rightarrow T_1$ (c)
- $T_2(-)$, $T_1(+)$ cực G được kích xung dương: Dòng điện chạy từ $T_1 \rightarrow T_2$ (d)



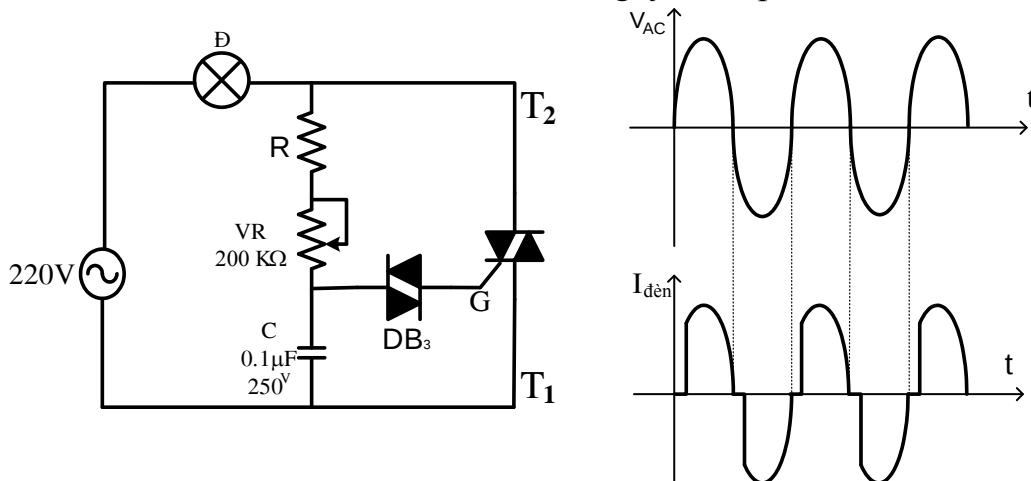
Hình 12- 5: Các cách kích Triac dẫn điện

Trong đó cách kích (a) và (b) gọi là kích thuận vì chỉ cần một dòng kích nhỏ cũng mở được triac dễ dàng. Triac được dùng trong mạng điện xoay chiều để điều khiển công suất tải cụ thể là khi nguồn có bán kỳ dương, cực G được kích xung dương; khi nguồn có bán kỳ âm, cực G được kích xung âm. Đây cũng là nguyên tắc kích đồng bộ.

Triac thường được dùng để điều khiển công suất tải xoay chiều.

4.3.3. Mạch ứng dụng: Điều chỉnh độ sáng đèn

Ở bán kỳ dương khi điện thế xoay chiều tăng điện thế của tụ cũng tăng nhưng chậm hơn. Khi điện thế tụ bằng điện thế V_{BO} ($V_{BO} \approx 20V$) của Diac thì Diac dẫn có dòng điện đi vào cực G của Triac làm Triac dẫn ngay và tiếp tục dẫn cho đến hết bán kỳ.



Hình 12- 6: Mạch điều chỉnh độ sáng đèn dùng Diac và Triac

- Ở bán kỳ âm tiếp theo tụ nạp điện theo chiều ngược lại và cho đến điện thế $-V_{BO}$ diac lại dẫn cho dòng điện đi qua từ cực G của Triac làm triac dẫn ngay và tiếp tục dẫn cho đến hết bán kỳ.
- Như vậy triac dẫn trong thời gian xấp xỉ nhau ở bán kỳ dương và âm. Bằng cách thay đổi điện trở VR thì sẽ thay đổi thời hằng RC ta có thể thay đổi góc dẫn của Triac ở cả hai bán kỳ và công suất trung bình cấp cho đèn cũng thay đổi.

Câu hỏi và bài tập

1. Nêu cấu tạo, nguyên lý làm việc và đặc tính của triac?
2. Các phương pháp kích dẫn triac?
3. Ứng dụng của triac?
4. Phân tích nguyên lý hoạt động của mạch sau:

