

CHƯƠNG I LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

BÀI 1 ĐIỆN TRỞ

I - 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:

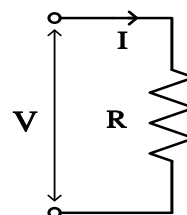
Trên một đoạn mạch dòng điện sẽ tỉ lệ thuận với điện áp và tỉ lệ nghịch với điện trở.

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

I: Ampe (A)

V: Vôn (V)

R: Ôm (Ω)



Hình 1-2

II- Phân loại điện trở:

1- Phân loại theo cấu tạo:

a) **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 dính 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.

b) **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.

c) **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.

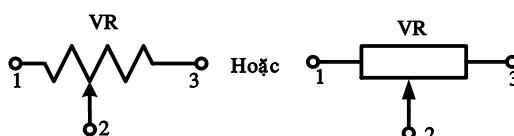
d) **Điện trở dây quấn:** Dùng các loại hợp kim để chế tạo các loại điện trở cần trị số nhỏ, chịu được dòng điện lớn công suất lớn điện trở dây quấn từ vài oát đến vài chục oát.

e) **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 $150^{\circ}C$.

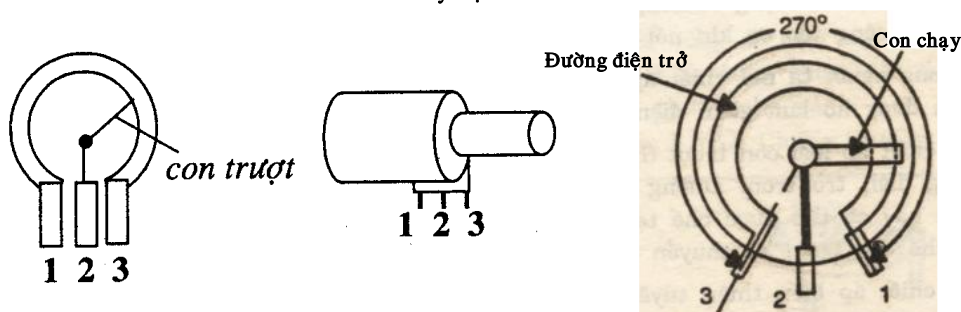
2- Phân loại theo công dụng:

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



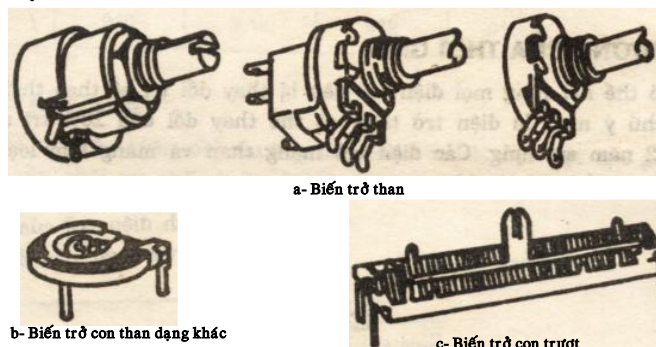
Hình 1 - 4: Cấu tạo bên trong của biến trở

- Các trị số điện thường dùng cho mỗi loại biến trở.
- + **Biến trở than:** 100Ω , 200Ω , 470Ω , $1K\Omega$, $2.2K\Omega$, $4.7K\Omega$, $10K\Omega$, $22K\Omega$, $47K\Omega$, $100K\Omega$, $220K\Omega$, $470K\Omega$, $2.2M\Omega$, $4.7M\Omega$...
- + **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 .
- + Loại logarit ký hiệu B.

Ví dụ: A 20KΩ

Ví dụ: B 20KΩ.

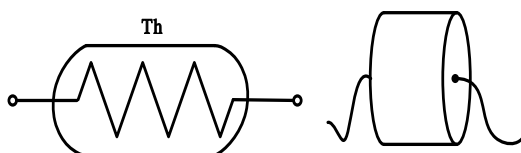


Hình 1 - 5: Hình dạng các loại biến trở

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°C.

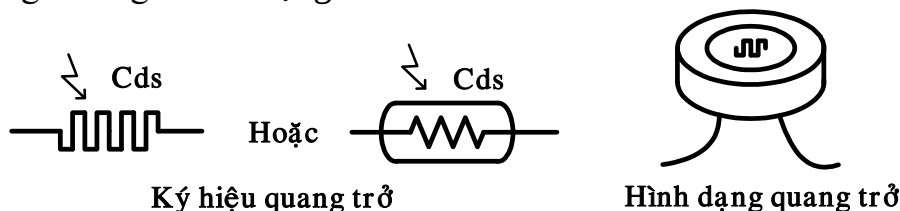
Nhiệt trở thường được ổn định nhiệt cho các tầng khuếch đại công suất hay làm linh kiện cảm biến trong các hệ thống tự động điều khiển theo nhiệt độ.

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 màng bán dẫn trên nền cách điện nối 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.



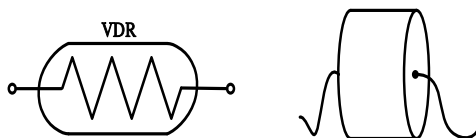
Hình 1-7

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...).

III 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 ôhm 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 tỏa 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 , $1K\Omega$, $2.7M\Omega$...

IV Xác định trị số điện trở:

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

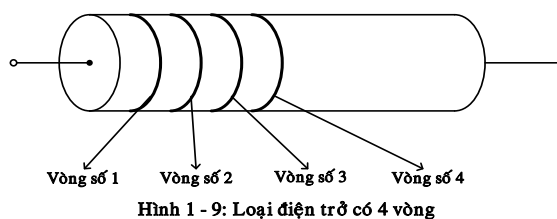
1. Cách xác định trực tiếp:

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:



Vòng 1: Ghi số thứ nhất.

Vòng 2: Ghi số thứ hai

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

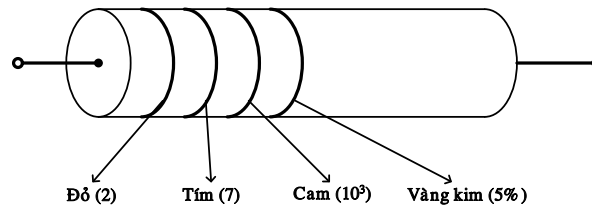
Vòng 4: Chỉ sai số

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

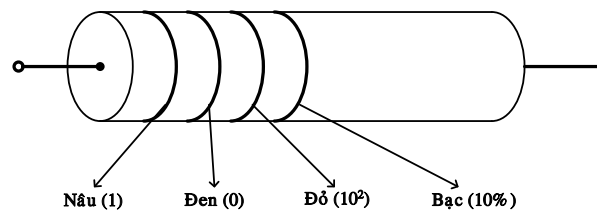
Màu	Vòng số 1 (số thứ nhất)	Vòng số 2 (số thứ hai)	Vòng số 3 (số '0' thêm vào)	Vòng số 4 (sai số)
Đen	Không có	0	$\times 10^0$	
Nâu	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Đỏ	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Cam	3	3	$\times 10^3$	

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 :

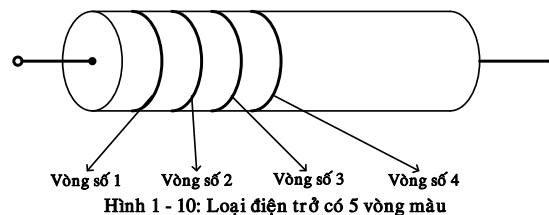


$$R = 27 \times 10^3 \pm 5\% = 27 \text{ K}\Omega \pm 5\%$$



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

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.

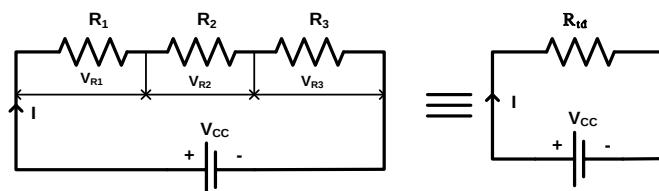
Nguyên tắc đọc như loại 4 vòng màu. Tuy nhiên điện trở này dùng vòng màu thứ ba chỉ số thứ ba, vòng thứ tư chỉ hệ số nhân và vòng thứ năm chỉ sai số.

Ví dụ :

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

V. 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:

$$I = I_D = I_R = 10\text{mA}$$

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

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

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

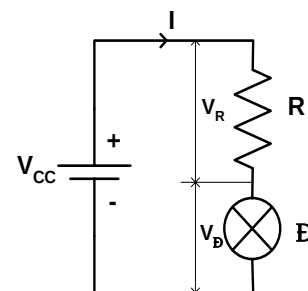
$$\Rightarrow R = \frac{28}{10 \cdot 10^{-3}} = 2.8\text{K}\Omega$$

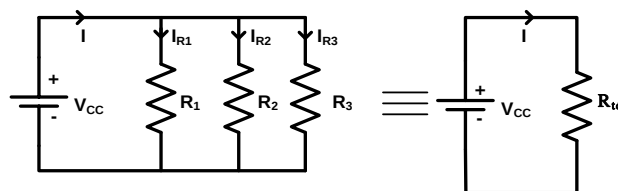
Thực tế không có điện trở $R = 2.8\text{K}\Omega$ chọn điện trở $R = 2.7\text{K}\Omega$.

Công suất điện trở :

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

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 :

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

VI Ứng dụng của điện trở :

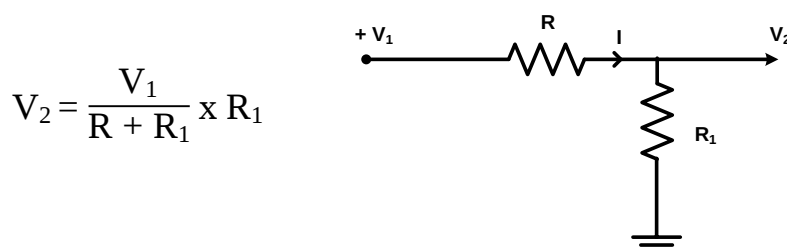
- Trong sinh hoạt: Điện trở được dùng để chế tạo các loại dụng cụ điện như : bàn ủi, bếp điện, bóng điện . . .

- 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?

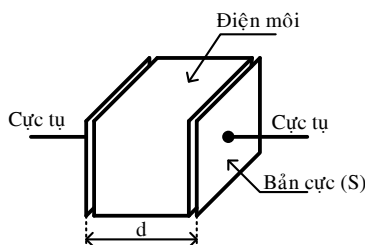
BÀI 2 TỤ ĐIỆN

I. 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

II. 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 $\varepsilon = 4 \div 5$

III. 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.

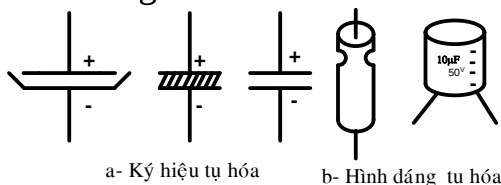
1. Tụ có phân cực tính

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 oxít 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 chập, bị rỉ, gọi là hiện tượng đánh thủng lớp điện môi có thể gây ra nổ tụ.

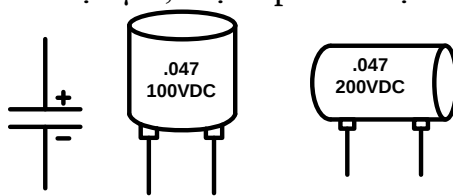
– Điện áp làm việc của tụ thường nhỏ hơn 500V.



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

b. Tụ màng mỏng

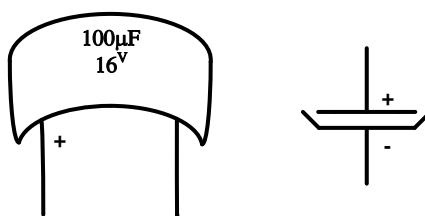
Là loại tụ có chất điện môi là các chất polyester (PE), polyetylen (PS), điện dung từ vài trăm PF đến vài chục μF , điện áp làm việc đến hàng ngàn volt.



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.

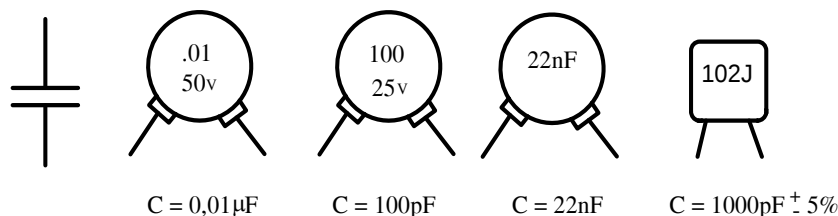


Hình 2 - 4: Ký hiệu, hình dáng tụ tang - tan

2. Tụ không phân cực tính

a. Tụ gốm (ceramic):

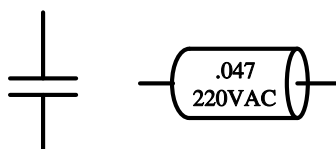
Điện dung từ 1PF đến $1\mu\text{F}$ là loại tụ không có cực tính, điện áp làm việc cao đến vài trăm volt.



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

b. Tụ giấy

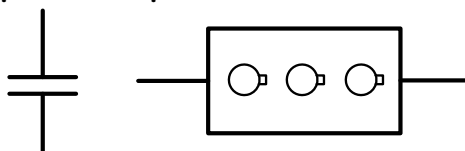
Là loại tụ không có cực tính gồm hai bản cực là các bản kim loại dài, ở giữa có lớp cách điện là giấy tẩm dầu và cuộn lại thành ống. Điện áp đánh thủng đến vài trăm volt.



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

IV. Các thông số của tụ điện:

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,

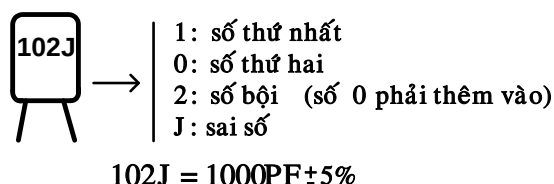
...

2. Điện dung của tụ điện:

Điện dung của tụ ký hiệu là C, đơn vị tính là F hay các ước số của F. Các tụ có điện dung lớn hơn $1\mu F$ 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 $1\mu F$) thường được ghi dưới dạng ký 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 μF 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 $\mu F \pm 5\% = 1000pF \pm 5\%$

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

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

❖ **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 nF - 22nF

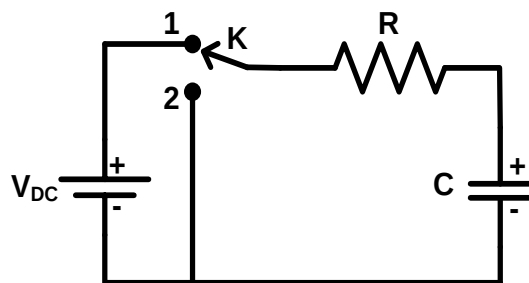
68pF – 680pF – 6,8nF – 68nF

V. 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:

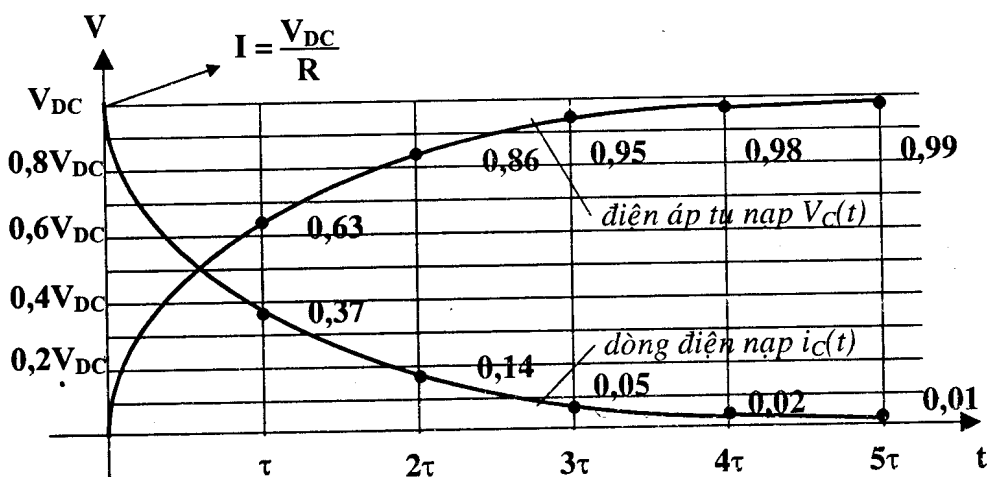
$$V_c(t) = V_{DC} (1 - e^{-t/\tau}) \text{ (V)}.$$

- 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:

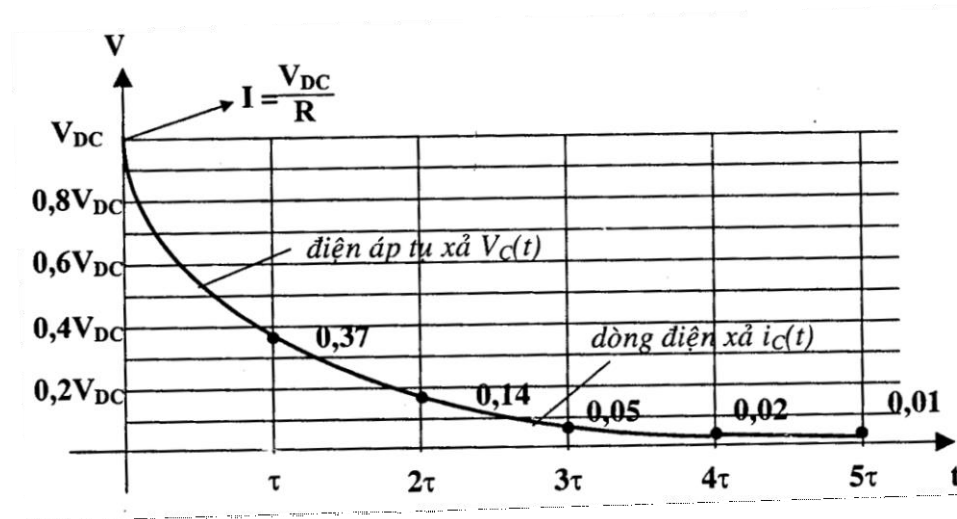
$$V_c(t) = V_{DC} e^{-t/\tau}$$

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 ôm (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:

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

$\left\{ \begin{array}{l} Q: \text{điện tích (culông)} \\ C: \text{điện dung (fara)} \\ V: \text{điện áp nạp trên tụ(vôn).} \end{array} \right.$

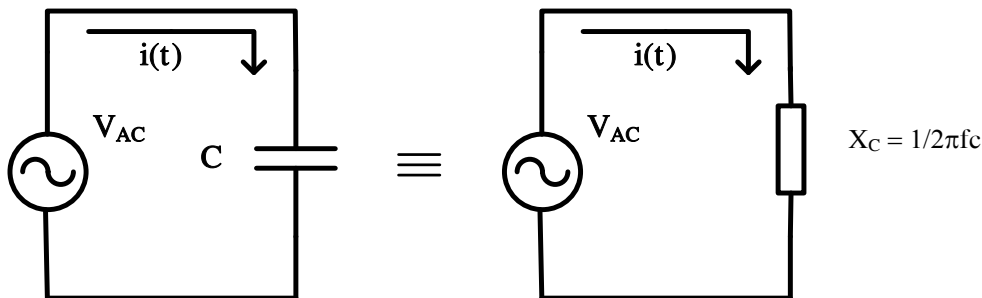
❖ Năng lượng tụ nạp và xả:

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

$\left\{ \begin{array}{l} W: \text{điện năng (Jun)} \\ C: \text{điện dung (fara)} \\ V: \text{điện áp trên tụ (vôn).} \end{array} \right.$

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:

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

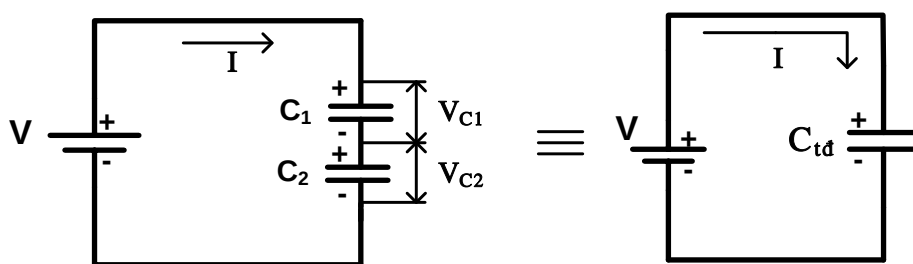
Như vậy, điện áp V_C trên tụ cũng là một trị số thay đổi theo dòng điện xoay chiều hình sin và chậm pha 1 góc 90° ($\pi/2$) so với dòng điện qua tụ.

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

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

VI. 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 $C_{tđ}$ là tụ điện tương đương của C_1, C_2 ghép nối tiếp, ta có:

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

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

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

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

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

$$V = V_1 + V_2 = 50 + 50 = 100\text{V}.$$

Ta thấy C_{td} 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.

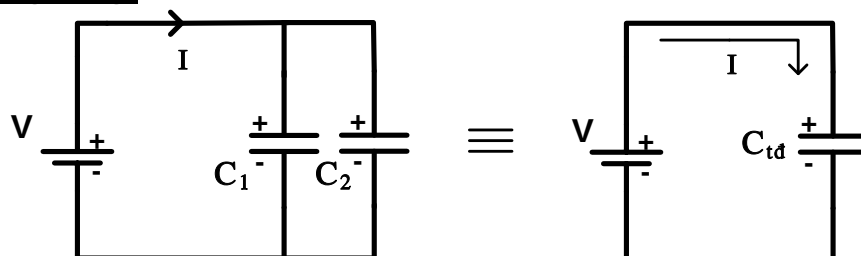
Nhưng ta thấy điện thế đặt trên các tụ nhỏ hơn nguồn cung cấp. Như vậy ta có thể dùng tụ có điện thế thấp ghép để được tụ tương đương hoạt động với điện thế cao.

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

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

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 C_{td} , và Q là điện tích nạp vào tụ C_{td} .

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

Điện tích nạp vào C_1 và C_2 bằng điện tích nạp vào C_{td} :

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

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

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.

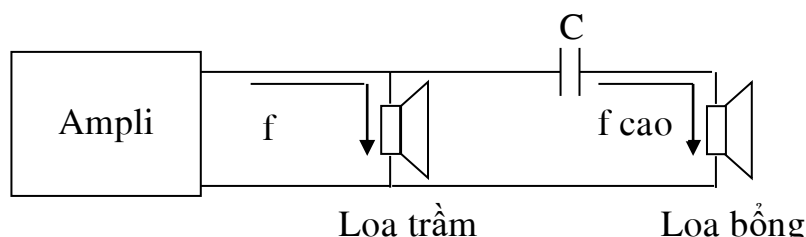
Ví dụ: ghép 2 tụ song song $C_1 = 100\mu F/50V$; $C_2 = 220\mu F/16V$.

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

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 $16V < V_{cc} < 50V$ thì C_2 bị nổ.

VII. **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.



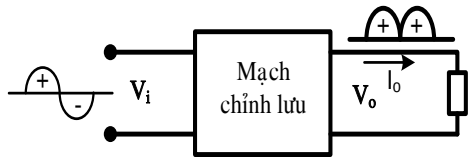
Các tụ có điện dung lớn dùng để tích trữ năng lượng điện ổn định điện áp cung cấp.

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.

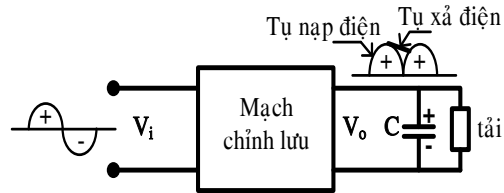
Tụ điện dùng làm mạch lọc trong mạch chỉnh lưu biến điện áp xoay chiều thành điện áp 1 chiều.

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.

BÀI 3 CUỘN CẢM – MÁY BIẾN ÁP

I. 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

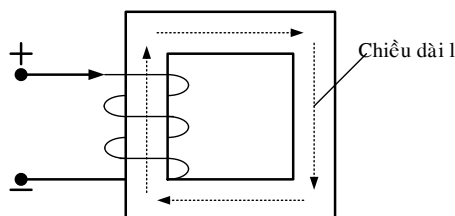
Cuộn dây lõi sắt lá dành cho các dòng điện xoay chiều tần số thấp, lõi sắt bụi cho tần số cao và lõi không khí cho tần số rất cao.

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). Tỉ số giữa từ trường khi có lõi và khi không có lõi là hệ số từ thẩm của vật liệu làm lõi (μ).

II. 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 qui tắc vặn 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 :

$$n I =$$

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

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

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.

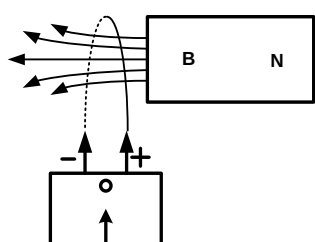
III. Tạo ra dòng điện bằng từ trường :

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.

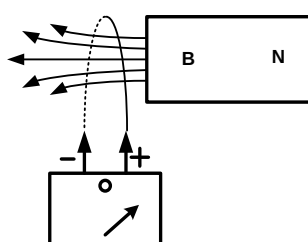
Cũng với thí nghiệm trên nhưng di chuyển cuộn dây lại gần nam châm rồi kéo cuộn dây ra xa như hình 3-3b,c thì trên điện kế cho thấy có dòng điện chạy qua cuộn dây gọi là dòng điện cảm ứng. Chiều của dòng điện cảm ứng khi đẩy cuộn dây lại gần ngược với chiều dòng điện cảm ứng khi kéo cuộn dây ra xa.

Khảo sát chiều dòng điện cho thấy:

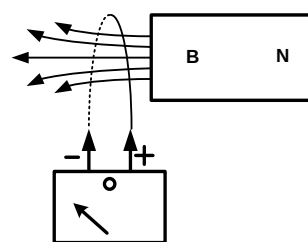
- Khi đẩy cuộn dây lại gần thì từ trường tăng lên và từ thông qua cuộn dây cũng tăng lên, dòng điện cảm ứng sẽ có chiều mà từ trường do nó tạo ra ngược chiều với chiều từ trường của nam châm. Như vậy: dòng điện cảm ứng tạo ra một từ thông chống lại từ thông của nam châm qua vòng dây đang tăng lên.



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 Lentz 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

hiếu n thĩn

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

IV. 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:

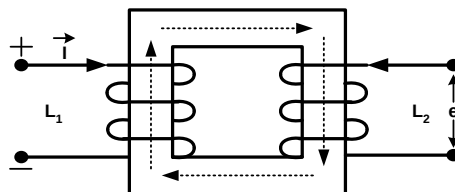
$$e = -M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

M: hệ số hồ cảm (H)

M là hệ số hỗ 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 $K=0$.



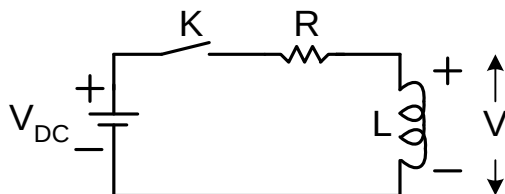
Hình 3-4: Hiện tượng hỗ cảm

V. 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:

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

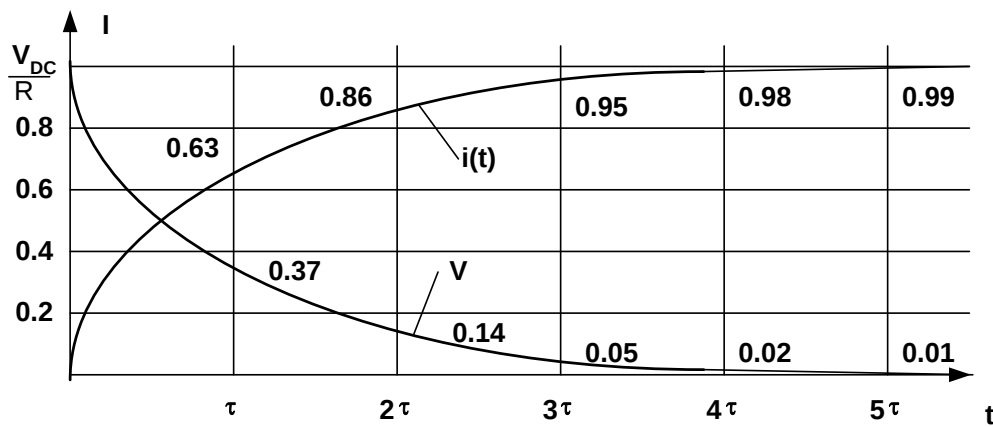


Hình 3.5

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 :

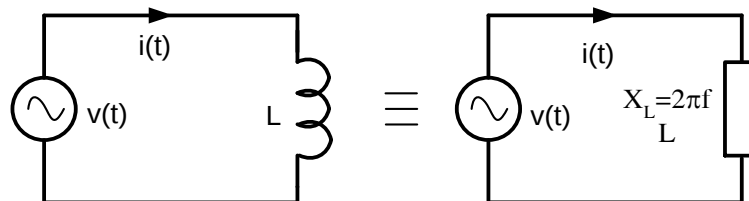
$$V(t) = V_{DC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

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

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:

$$V_L^{(t)} = \omega . L . I_m = 2 \pi f L I_m(V) \quad L: \text{Hệ số từ cảm (H)}$$

f : tần số (Hz)

X_L : cảm kháng

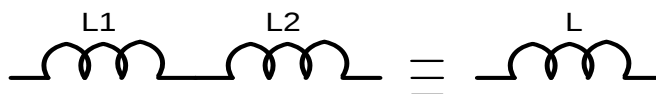
- Cảm kháng $X_L = \omega . L = 2 \pi f L (\Omega)$

VI. 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

$$L = L_1 + L_2$$

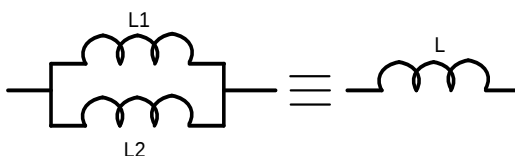


Hình 3-8: Cuộn dây mắc nối tiếp

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

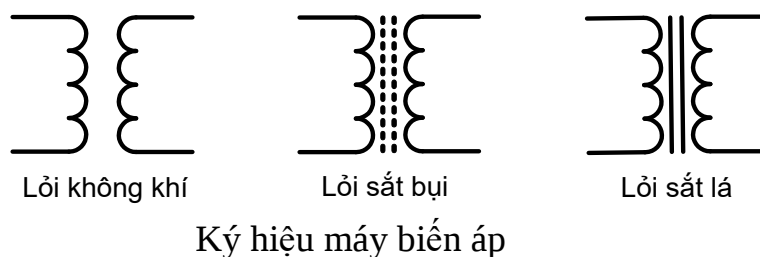
VII. MÁY BIẾN ÁP

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

1. Cấu tạo:

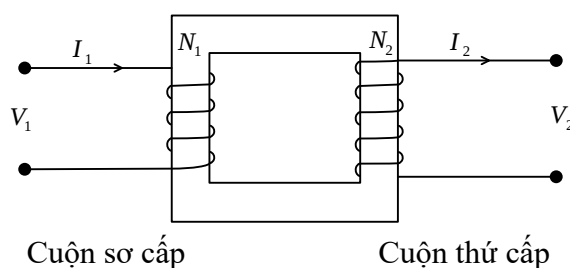
Biến áp gồm hai hay nhiều cuộn dây (dây đồng có tráng vecni cách điện) quấn chung trên cùng một lõi thép từ khép kín (gọi là mạch từ). Mạch từ gồm nhiều lá thép mỏng ghép chặt, cách điện nhau để hạn chế dòng điện xoáy (dòng Foucault) làm nóng mạch từ.

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.

IV. Ứng dụng khác :

1. Micrô điện động:

Micrô là loại thiết bị điện từ dùng để chuyển đổi chấn động âm thanh ra tín hiệu điện xoay chiều.

Về cấu tạo: Micrô gồm một màng rung gắn liền với một ống dây được đặt trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu.

Khi có chấn động âm thanh tác động vào màng rung của micrô thì cuộn dây sẽ dao động trong từ trường của nam châm. Lúc đó từ thông qua cuộn dây sẽ thay đổi và cuộn dây sẽ cảm ứng cho ra dòng điện xoay chiều. Dòng điện xoay chiều mà do âm thanh tạo ra còn gọi là dòng điện tín hiệu âm tần.

Dòng điện âm tần do micrô tạo ra có biên độ cao hay thấp tùy thuộc cường độ âm thanh tác động vào micrô lớn hay nhỏ, tần số của dòng điện âm tần cao hay thấp tùy thuộc vào âm điệu trầm hay bổng.

Các đặc tính của micrô:

- Dải tần làm việc: Từ 50 hz đến 15 Khz.
- Tổng trở: tổng trở thấp từ $200\Omega \div 600\Omega$, tổng trở cao từ $2K\Omega \div 20K\Omega$.

2. Loa điện động:

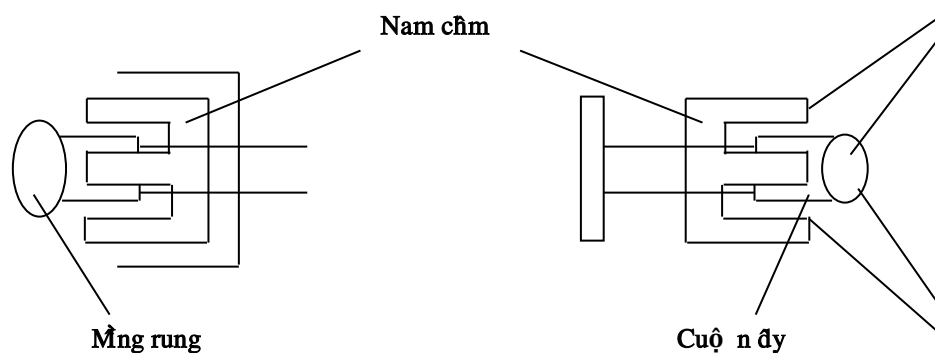
Loa là thiết bị điện từ dùng để đổi dòng điện tín hiệu xoay chiều ra chấn động âm thanh.

Về cấu tạo: loa gồm có một nam châm vĩnh cửu để tạo ra từ trường đều. Có một cuộn dây được đặt trong từ trường của nam châm và cuộn dây được gắn liền với màng loa.

Khi có dòng điện xoay chiều vào cuộn dây loa thì cuộn dây sẽ tạo ra từ trường tác động lên từ trường của nam châm vĩnh cửu sinh ra lực điện từ hút hay đẩy cuộn dây làm rung màn loa và tạo ra các chấn động âm thanh lan truyền trong không khí. Âm thanh do loa phát ra lớn hay nhỏ là do dòng điện xoay chiều vào cuộn dây mạnh hay yếu, âm điệu của loa trầm hay bổng là do dòng điện xoay chiều có tần số cao hay thấp.

Các đặc tính của loa:

- Tổng trở: Thường là 4Ω , 8Ω , 16Ω , 32Ω
- Công suất: từ vài trăm mW đến vài trăm W
- Dãy tần làm việc:
 - + Loa trầm: Có tần số từ 20Hz đến 1000Hz
 - + Loa bổng: Có tần số từ 3KHz đến 15KHz
 - + Loa trung bình: có tần số từ 200Hz đến 10KHz



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 II DIODE VÀ MẠCH CHỈNH LƯU

BÀI 4: CHẤT BÁN DẪN - DIODE

I. Tiếp giáp PN:

1- Chất bán dẫn thuần khiết:

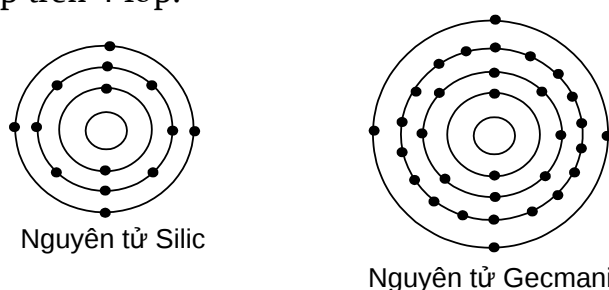
Theo tính chất dẫn điện, người ta chia vật liệu thành 3 nhóm:

- 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 Germanium (Ge) có điện trở suất là:

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

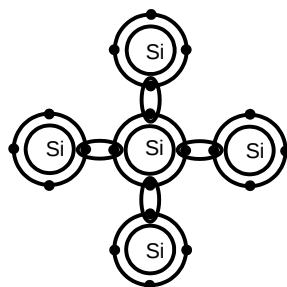
- Chất bán dẫn tinh khiết là một đơn chất, không pha trộn tạp chất, tinh thể bán dẫn được cấu tạo bởi sự liên kết cộng hóa trị giữa các nguyên tử cùng nguyên tố.

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.

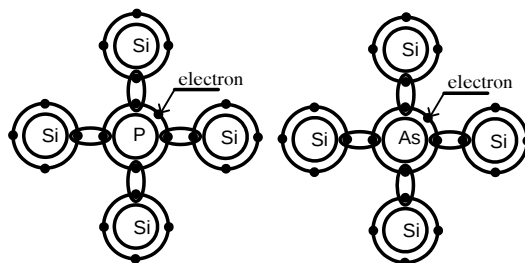
2 – Chất bán dẫn tạp:

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.

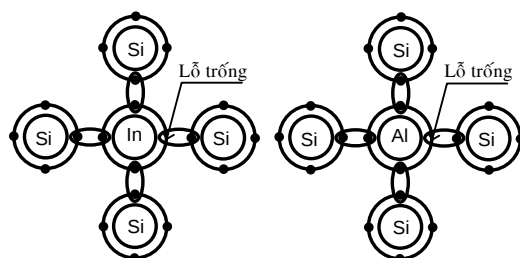


Hình 4- 3: Chất bán dẫn loại N

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

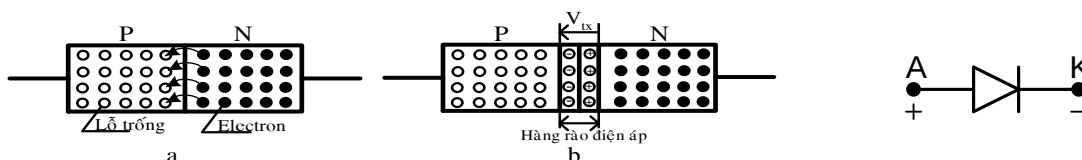
II. Cấu tạo – Nguyên lý – Đặc tính của diode:

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.

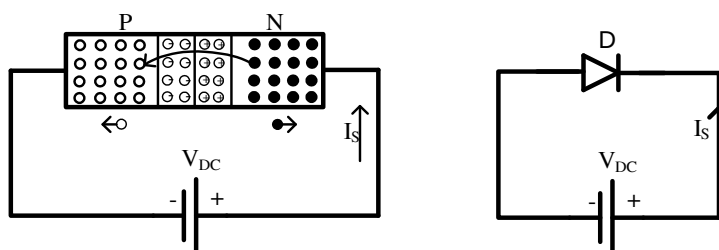


Hình 4 – 5 Cấu tạo và ký hiệu Diode.

2 – Nguyên lý làm việc:

a – Phân cực ngược:

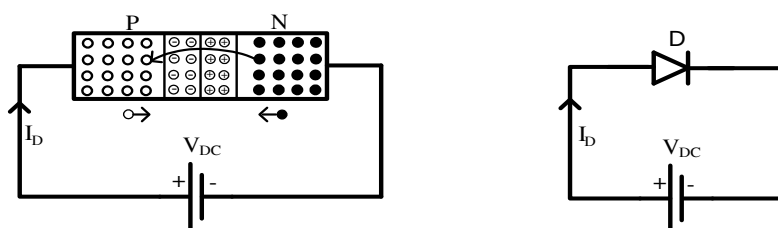
Đặt vào hai cực điốt một nguồn điện V_{DC} , nối cực âm của nguồn vào Anốt và cực dương của nguồn vào catốt của điốt. Khi đó điện tích âm của nguồn sẽ hút lỗ trống của vùng P và điện tích dương của nguồn sẽ hút electron của vùng N, tạo một sự ngăn cản không cho hai dòng hạt dẫn đa số này di chuyển qua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

b – Phân cực thuận:



Hình 4 – 7 Phân cực thuận Diode

Đặt vào hai cực điôt một nguồn điện V_{DC} , nối cực dương của nguồn vào Anôt A và cực âm của nguồn vào catôt K của điôt. 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 mỗi 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 điôt 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.

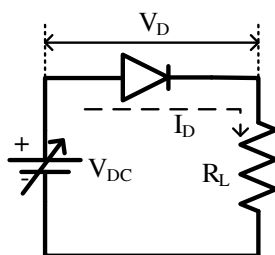
3 – **Đặc tính kỹ thuật (Vôn – Ampe) của diode:**

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.

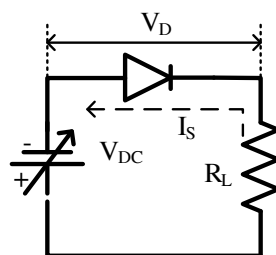
a – **Phân cực thuận:** (hình 4 – 8a)

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

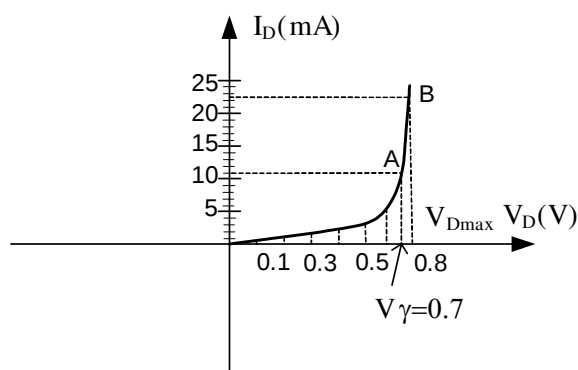
$$V_\gamma = 0,5V \div 0,6V; V_{Dmax} = 0,7V \rightarrow 0,8V \text{ (chất Si)}$$

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

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 $P = I_D.V_D$. 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)

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

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

- 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.

$$T_{LV} = 150^\circ C \text{ (Si)} \quad T_{LV} = 75^\circ C \text{ (Ge)}$$

Loại đặc biệt có thể đến $300^\circ C$

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

III. Các ứng dụng của diode:

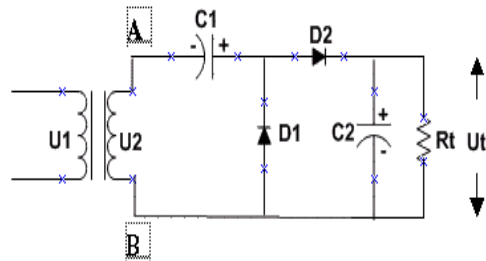
Theo đặc tính của diode thì có thể dẫn điện theo một chiều khi phân cực thuận nên diode được dùng trong mạch chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành dòng điện một

chiều. Đồng thời diode có nội trở thay đổi rất lớn, nếu phân cực thuận $R_D = 0\Omega$ (nối tắt); phân cực ngược $R_D \sim \infty\Omega$ (hở mạch).

Nên diode được dùng làm các công tắc điện tử điều khiển bằng điện áp dùng trong kỹ thuật điều khiển.

Câu hỏi ôn tập

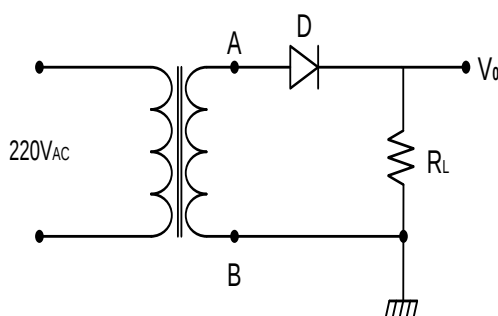
Phân tích mạch điện sau:



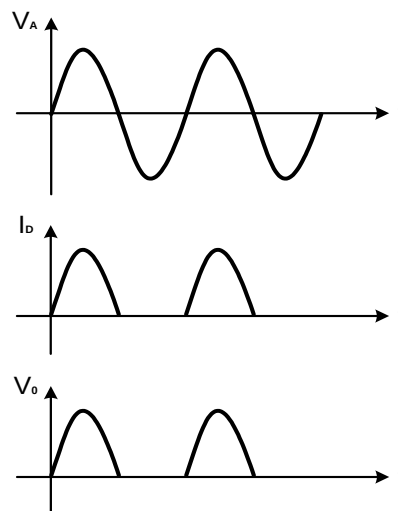
BÀI 5: CÁC MẠCH CHỈNH LƯU

I. Mạch 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 (Transformersuplly) nguồn giảm điện áp 220^V AC xuống trị số thích hợp V_2

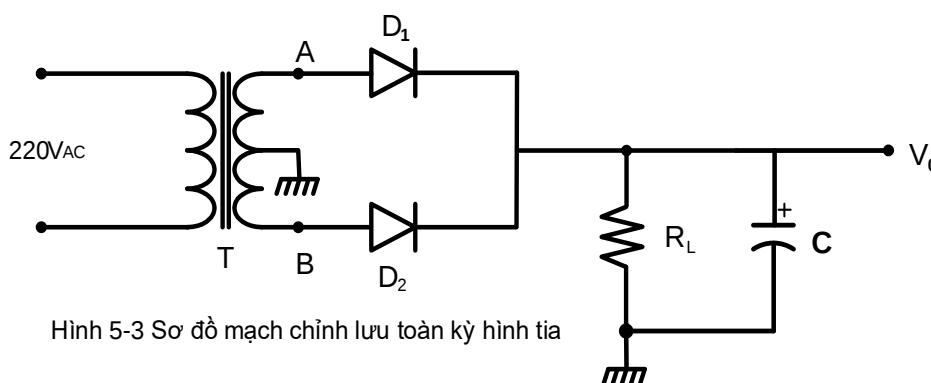
- Khi tại A có bán kỳ dương (+) thì diode D phân cực thuận nên dẫn điện, dòng điện I_D ($I_D = I_L$) qua R_L cũng biến thiên hình sin, là bán kỳ dương và cho ra điện áp trên tải cũng là bán kỳ dương gần bằng tại A.

- 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 $I_D = I_L = 0$.

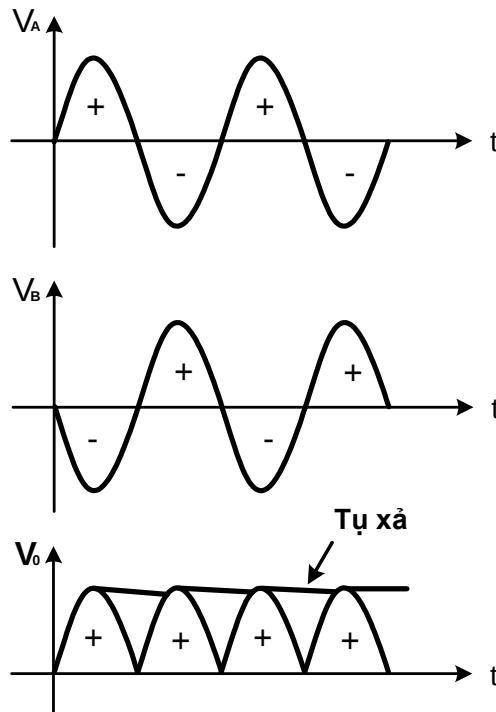
Như vậy: Dòng điện qua tải I_L và điện áp trên tải V_L chỉ còn lại có bán kỳ dương, do đó mạch điện được gọi là mạch chỉnh lưu điện bán kỳ (nửa chu kỳ).

II. Mạch 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: Biên áp nguồn

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

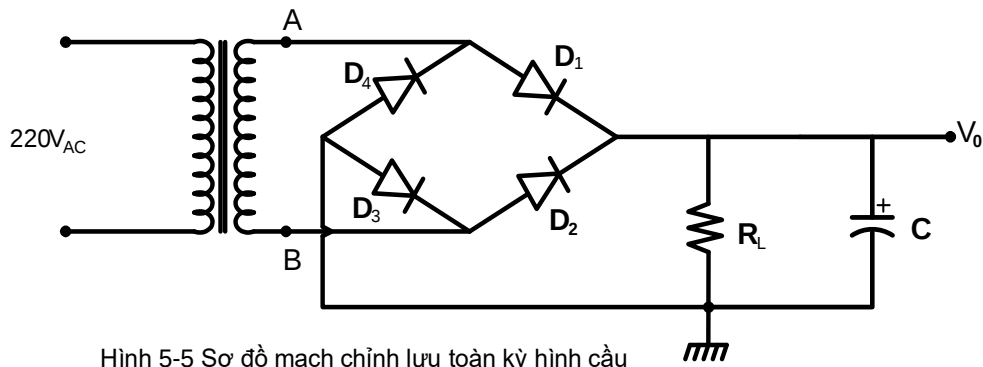
D_1, D_2 : Diode

R_L : Điện trở tải.

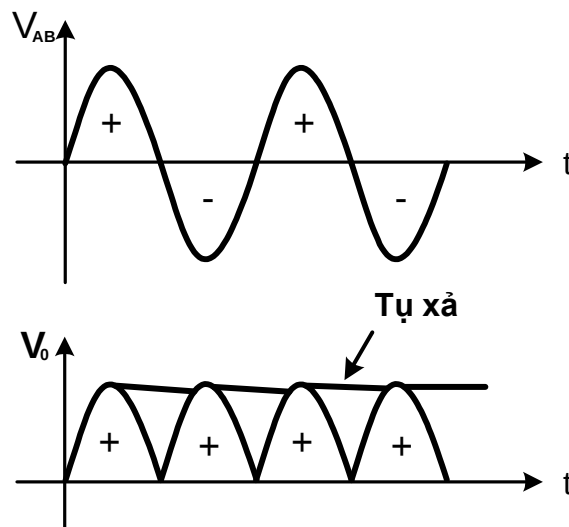
- Khi tại A có bán kỳ dương thì diode D_1 phân cực thuận nên dẫn điện và cho ra dòng điện trên tải $I_L = I_{D_1}$ tăng theo bán kỳ dương và điện áp đặt trên tải là V_L . Lúc đó tại B có điện áp âm hơn A, diode D_2 được phân cực ngược nên ngưng dẫn.
- Khi tại A có bán kỳ âm, diode D_1 được phân cực ngược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

$D_1 \rightarrow D_4$: Diode.

V_L : Điện áp tải.

V_2 : Điện áp cuộn thứ cấp MBA.

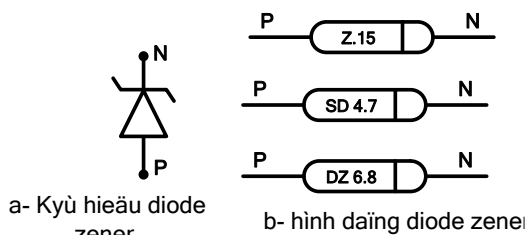
- Khi tại A có bán kỳ dương thì diode D_1 và D_3 phân cực thuận nên dẫn điện, cho ra dòng điện chạy từ $A - D_1 - R_L - D_3$ về B, điện áp đặt trên tải là V_L . Lúc đó tại B có điện áp âm thì D_2 và D_4 phân cực ngược nên ngưng dẫn.
- Tương tự ở bán kỳ âm tại A có điện thế âm và B có điện áp dương do 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.

BÀI 6: CÁC LOẠI DIODE KHÁC

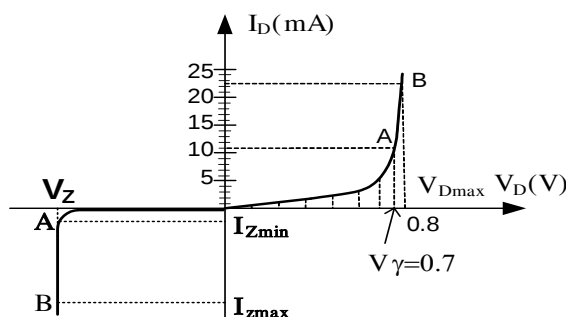
1 – Diode zener:

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.



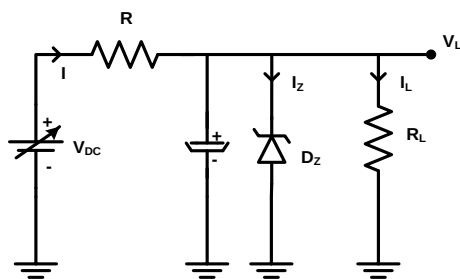
Hình 6-1: Ký hiệu và hình dạng diode zener

- 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

$$P_R = 2.P = 2.R.I_L^2$$

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

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

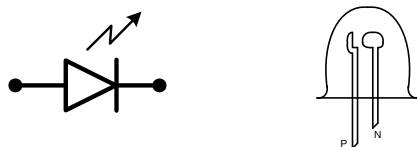
Mạch điện trên có nhược điểm là khi tải có dòng điện lớn thì diode zener cũng phải có công suất lớn. Điều này khó thực hiện được trong thực tế.

2- 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 $V_{led} = 1,4V \div 1,8V$

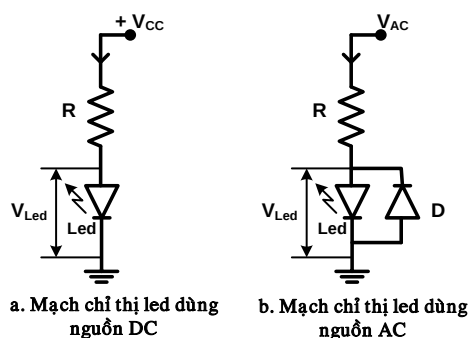
+ Led vàng có $V_{led} = 2V \div 2,5V$

+ 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:

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

V_{cc} : Điện áp nguồn

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

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

3 – Diode biến dung (varicap):

Diode biến dung là loại linh kiện bán dẫn hai cực, trong đó mỗi nối PN được chế tạo sao cho điện dung của nó thay đổi nhiều theo điện áp ngược đặt vào. Chúng thường được dùng nhiều trong các mạch tạo sóng điều tần, mạch dao động, điều chỉnh tần số cộng hưởng...

Điện dung ký sinh được tính theo công thức sau:

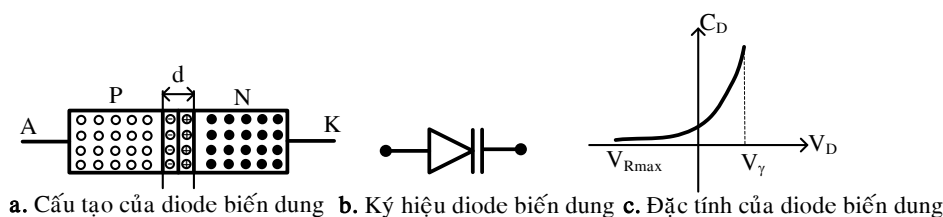
$$C_D = \epsilon \frac{S}{d}$$

ϵ : là hằng số điện môi.

S : Diện tích bản cực (mỗi nối).

d : bề dày lớp điện môi (khoảng cách hàng rào sẽ thay đổi theo điện áp phân

- Khi diode được phân cực thuận thì lỗ trống và e^- được đẩy gần nhau nên điện dung tăng.
- Khi diode phân cực ngược thì lỗ trống và e^- bị kéo ra xa nên điện dung giảm, vì bề dày diode tăng lên nên C_D giảm.
- Diode biến dung được sử dụng như một tụ điện biến đổi, bằng cách thay đổi điện áp phân cực đặt vào diode.

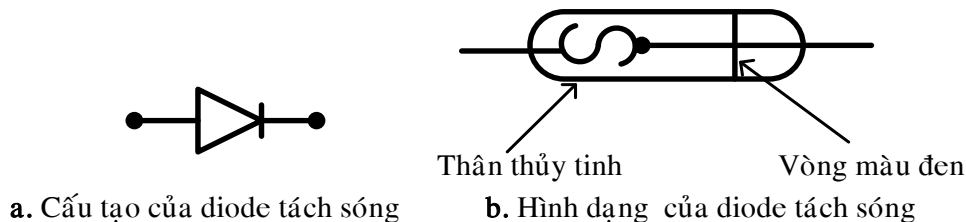


Hình 6 - 6

4 – Diode tách sóng (Diode cao tần):

Là loại diode làm việc với dòng điện xoay chiều có tần số cao (đến hàng trăm MHz), có dòng điện chịu đựng nhỏ ($I_{Dmax} =$ vài chục mA) và điện áp ngược cực đại thấp ($V_{Rmax} =$ vài chục vôn). Để làm việc ở tần số cao diode tách sóng phải có điện dung ký sinh thật nhỏ nên mỗi nối P – N có diện tích tiếp giáp rất nhỏ. Diode tách sóng thường là loại Ge.

Diode tách sóng ký hiệu như diode thường, nhưng vỏ cách điện bên ngoài thường là thủy tinh trong suốt.

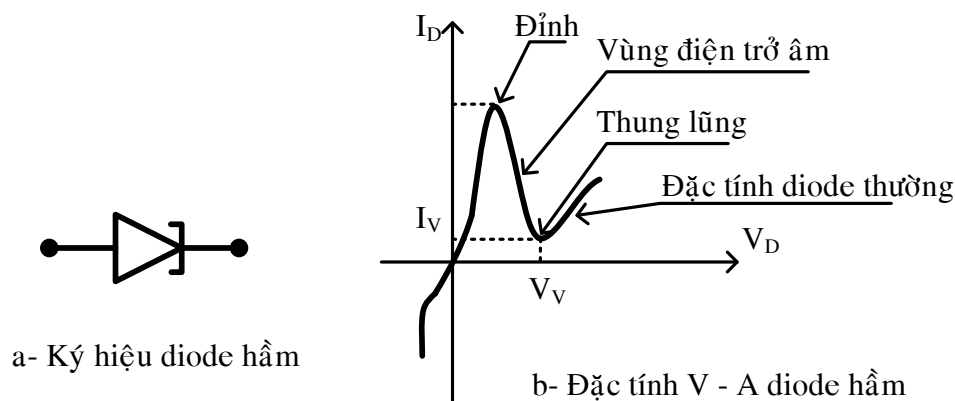


Hình 6 - 7

5 – Diode hầm (diode Tunnel):

Có cấu tạo giống như diode thường, nhưng nồng độ tạp chất thường cao hơn rất nhiều.

Đặc tính V – A (hình 6 - 8b) khác với diode thường khi phân cực thuận cũng như khi phân cực ngược. Khi phân cực ngược dòng điện tăng rất nhanh theo điện áp. Khi phân cực thuận ở điện áp thấp dòng điện tăng rất nhanh theo điện áp, nhưng khi tiến đến đỉnh, dòng điện lại tự động giảm trong khi điện áp tăng. Sự biến thiên nghịch này đến thung lũng thì chấm dứt, sau đó dòng điện tăng theo điện áp như diode thường.

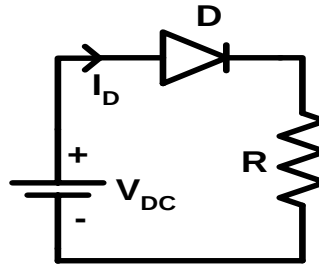


Hình 6 - 8: Ký hiệu và đặc tính V - A diode hầm

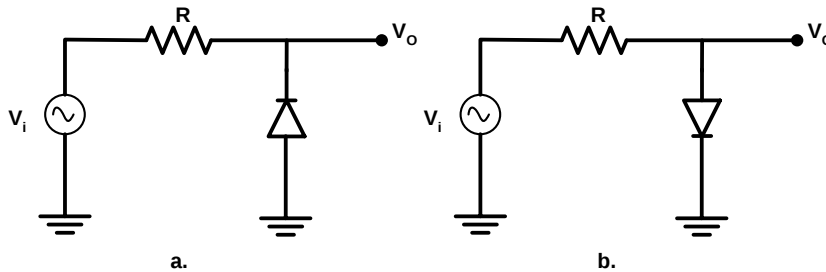
- Vùng giữa đỉnh và thung lũng là vùng điện trở âm (dòng điện giảm, điện áp tăng). Diode hầm được dùng vì có vùng điện trở âm này, vùng điện trở âm xảy ra khi điện áp thay đổi từ 50mV ÷ 300mV về mặt vật lý bán dẫn thì mật độ tạp chất cao khiến vùng nghèo (vùng tiếp giáp) của mỗi nối P-N quá hẹp nên hạt tải dẫn điện có thể xuyên qua mỗi nối bởi một hiện tượng có lượng tử “chui hầm” cả 2 trường hợp phân cực thuận và ngược vì vậy có tên là diode hầm.

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 6-4). Biết $V_{DC} = 15V$, $V_Z = 7,5V$, $I_Z = 25mA$, $I_L = 50mA$?
7. Xét mạch điện như hình (4 - 23a). 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:



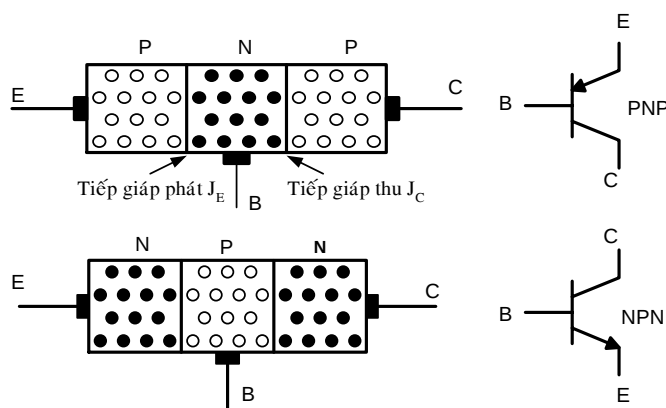
CHƯƠNG III TRANSISTOR

BÀI 7: TRANSISTOR LƯƠNG CỰC (BJT)

I. 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.

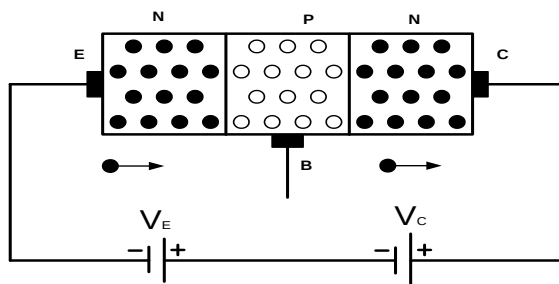
Về mặt cấu trúc có thể coi transistor như hai diode mắc ngược nhau như hình 7-2. (Điều này không có nghĩa là cứ mắc hai diode như hình 7-2 là có thể tạo thành một transistor. Bởi vì khi đó không có tác dụng tương hỗ lẫn nhau giữa hai lớp bán dẫn P-N. Hiệu ứng transistor chỉ xảy ra khi khoảng cách giữa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

II. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA TRANSISTOR:

1 – Xét Transistor Loại NPN:

a. Thí nghiệm 1 : (hình 7-2)

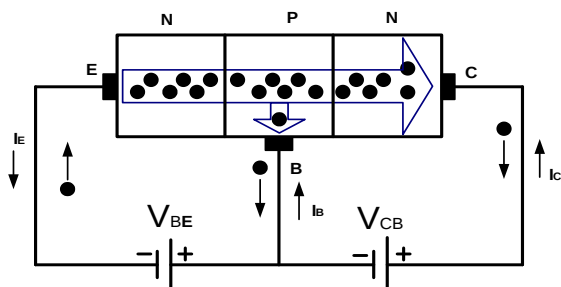


Hình 7-2

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 $V_B < V_C$

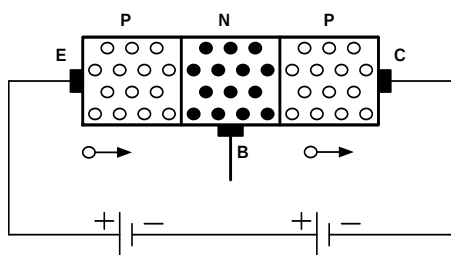
Trường hợp này hai vùng bán dẫn P và N của cực B và E giống như một diode (gọi là diode BE) được phân cực thuận nên dẫn điện, electron từ vùng bán dẫn N của cực E sẽ sang vùng bán dẫn P của cực B để tái hợp với lỗ trống . Khi đó vùng bán dẫn P của cực B nhận thêm electron nên có điện tích âm. Cực B nối 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

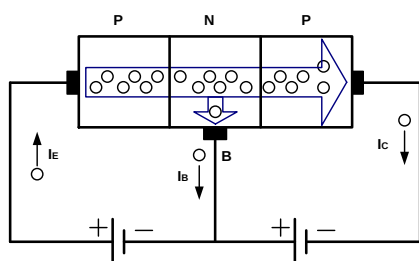


Hình 7-4

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)



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.

$$\text{Ta có : } I_E = I_B + I_C$$

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 trống xuất phát từ E.

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

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 dòng điện I_B tới dòng điện I_C người ta định nghĩa hệ số khuếch đại của dòng điện B của transistor

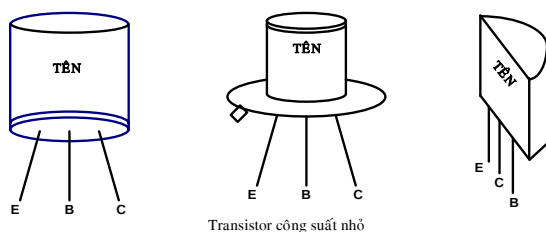
$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \beta = \text{vài chục} \rightarrow \text{vài trăm}$$

Từ các biểu thức trên ta suy ra

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

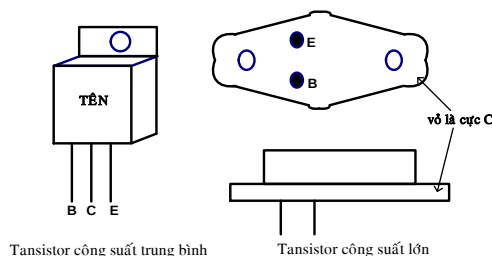
Do $\beta \gg 1$ nên trong tính toán gần đúng ta có thể lấy $I_E \approx \beta I_B$ hay $I_E \approx I_C$

III. Hình dạng – Cách gọi tên transistor



Transistor công suất nhỏ

Hình 7 - 6: Hình dạng thực tế transistor



Transistor công suất trung bình

Transistor công suất lớn

3. 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

ví dụ: B 564

C & D là loại transistor NPN

ví dụ : 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

Ví Dụ :

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

4.Các thông số kỹ thuật quan trọng của transistor :

a. Độ khuếch đại dòng điện β :

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \text{ thay đổi theo dòng } I_C \text{ và đạt đến } \beta_{\max}$$

β còn được gọi là h_{fe}

Trong sách tra cứu transistor thường ghi $\beta_{\max}$ hoặc được ghi từ mức thấp nhất đến mức cao nhất.

V í d ụ : $\beta = 80 \div 200$ lần

b. Điện áp đánh thủng (Breakdown voltage (BV)

Là điện áp ngược đặt vào các cặp cực của transistor vaø gây hô hỏng cho transistor .Có 3 giá trị :

V_{CEO} Điện áp đánh thủng giữa C – E khi B hở

V_{CBO} Điện áp đánh thủng giữa C – B khi E hở

V_{BBO} Điện áp đánh thủng giữa E – B khi C hở

c. Dòng điện $I_{C\max}$ và $I_{B\max}$

Là dòng điện cực đại của cực thu và cực nền mà transistor chưa bị đánh thủng.

d. Công suất giới hạn P_{Dmax} (Dissolution)

P_{Dmax} : Là công suất cực đại tiêu tán trên transistor nếu lớn hơn công suất này transistor sẽ bị hư.

e. Thời gian đóng cắt của transistor :

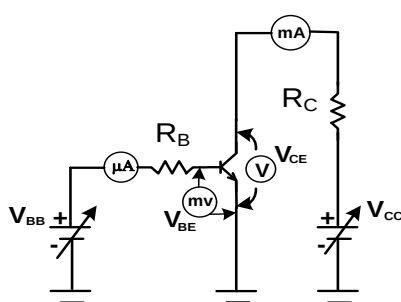
+ t_{ON} : thời gian cần thiết để chuyển transistor từ trạng thái khóa đến trạng thái mở bão hòa.

+ t_{OFF} : thời gian cần thiết để chuyển transistor từ trạng thái mở bão hòa sang trạng thái khóa.

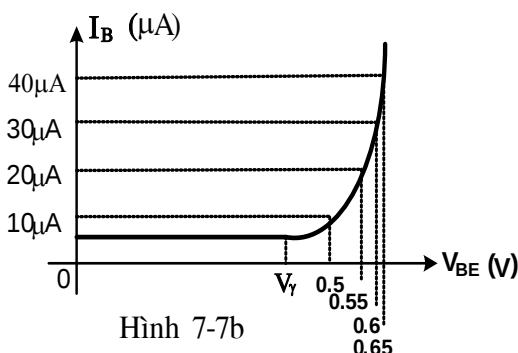
IV. Đặc tính kỹ thuật của Transistor :

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

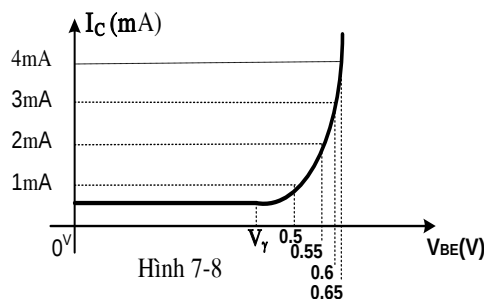
b -Đặc tính truyền dẫn: I_C/V_{BE}

- 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 :

$$\begin{aligned} V_{BE} &\approx 0,5 \text{ V} ; I_C \approx 1 \text{ mA} \\ V_{BE} &\approx 0,55 \text{ V} ; I_C \approx 2 \text{ mA} \\ V_{BE} &\approx 0,6 \text{ V} ; I_C \approx 3 \text{ mA} \\ V_{BE} &\approx 0,65 \text{ V} ; I_C \approx 4 \text{ mA} \end{aligned}$$



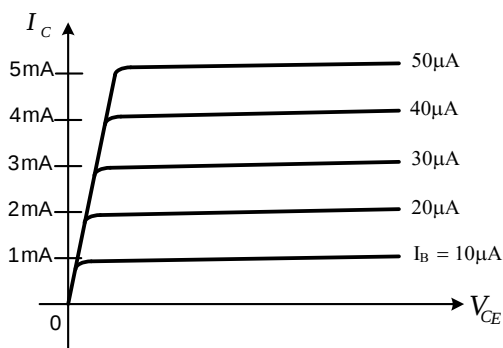
Hình 7-8 là đặc tính chỉ quan hệ giữa dòng điện I_C và điện áp V_{BE}

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 ($V_B < V_T$) 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 .

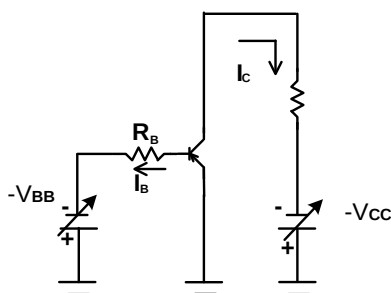
Khi tăng V_{CE} từ $0V$ lên thì dòng điện I_C tăng nhanh và sau khi đạt trị số $I_C = \beta I_B$ thì I_C gần như không đổi mặc dù V_{CE} tiếp tục tăng cao.



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.

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 ?

Bài 8 PHÂN CỰC TRANSISTOR

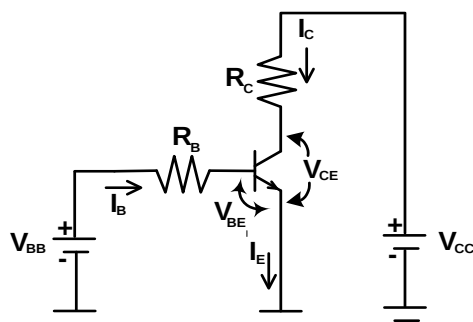
I. Đại cương :

Để một transistor lưỡng cực hoạt động ta phải phân cực cho nó, nghĩa là đưa một điện áp và dòng điện một chiều cho từng chân một cách thích hợp. Việc chọn điện áp nguồn và điện trở ở các chân transistor gọi là phân cực cho transistor và sẽ thiết lập chế độ một chiều cho transistor.

II. Phân cực bằng hai nguồn riêng

1. Trường hợp không có R_E :

a_ Xét mạch phân cực cho transistor như hình 8-1



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:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{V_B - 0.7}{R_B} (A)$$

(Chọn $V_{BE} = 0.7 V$).

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

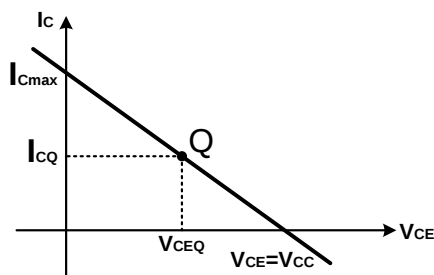
* **Cách vẽ đường tải tĩnh:** từ phương trình đường tải tĩnh

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

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

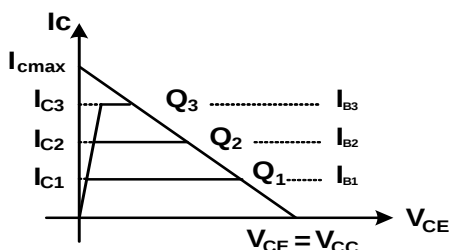
Đường thẳng nối hai điểm $V_{CE} = V_{CC}$ và $I_{Cmax} = \frac{V_{CC}}{R_C}$ gọi là đường tải tĩnh

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(0.5 V_{CC} , 0.5 I_{Cmax}).

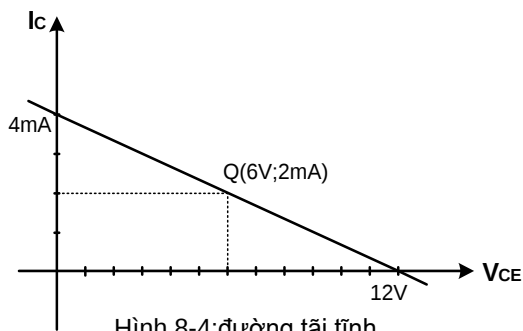
b- Áp dụng cho $V_{BB} = 3V$, $V_{CC} = 12V$, $R_C = 3K\Omega$, $R_B = 110K\Omega$, $\beta = 100$

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

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

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

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



Hình 8-4: đường tải tĩnh

Đường tải tĩnh:

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

Cho $V_{CE} = 0$

$$\Rightarrow I_{Cmax} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{3} = 4mA$$

2 .Trường hợp có R_E

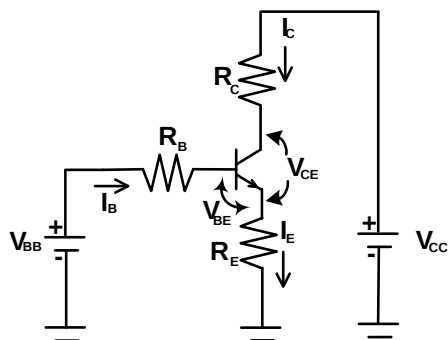
Xét mạch điện hình 8-5 có thêm điện trở R_E ở cực E và dòng điện I_E đi qua ($I_E \approx I_C = \beta I_B$) sẽ tạo ra điện áp V_E nên dòng điện ở ngõ vào I_B được tính theo công thức.

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

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

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

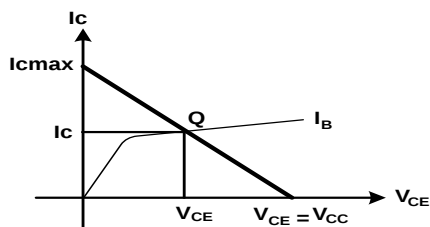
$$\text{Suy ra } V_{CC} = I_C (R_C + R_E) + V_{CE}$$

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

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

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

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



Hình 8-6

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

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.

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

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

Điện áp các chân transistor.

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

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

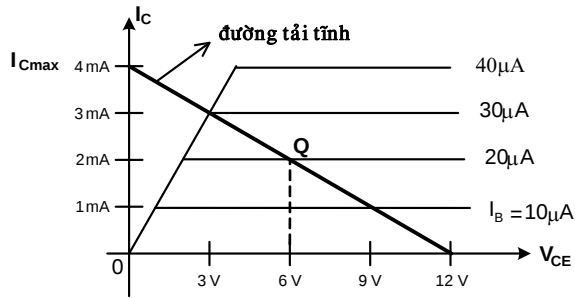
$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 12 - 2\text{mA} * 2.5K\Omega = 7V$$

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

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

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

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



Điểm làm việc Q có tọa độ:

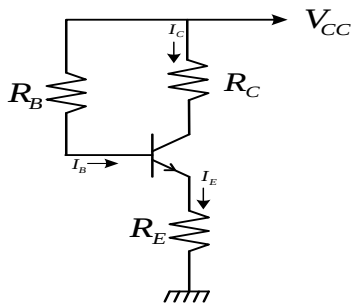
$$Q (V_{CE}, I_C) \rightarrow Q (6V , 2mA).$$

Hình 8-7: đường tải tĩnh

II. 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. $V_E = I_E R_E$

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

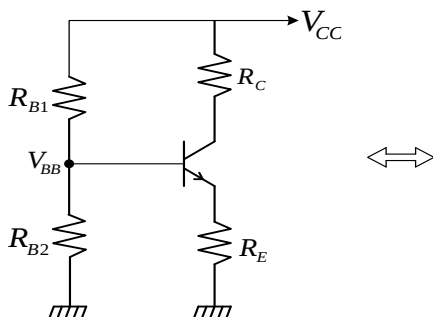
$$V_B = V_{BE} + V_E$$

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

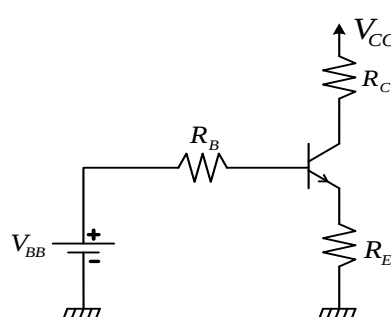
Phương trình đường tải tĩnh: $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$

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:

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

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.

IV. Ảnh hưởng của nhiệt độ đối với các thông số của transistor:

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} :

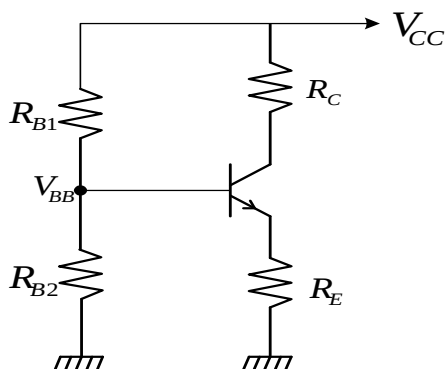
Điện áp phân cực V_{BE} khoảng 0.6 V đến 0.7V cho transistor Si và khoảng 0.1V đến 0.3V cho transistor Ge. Khi nhiệt độ tăng , V_{BE} bị giảm. Thông thường, khi nhiệt độ tăng 1°C thì V_{BE} giảm khoảng 2.4mV.

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

V. 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:

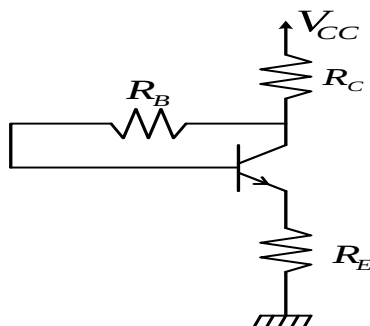


Hình 8-9a

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:

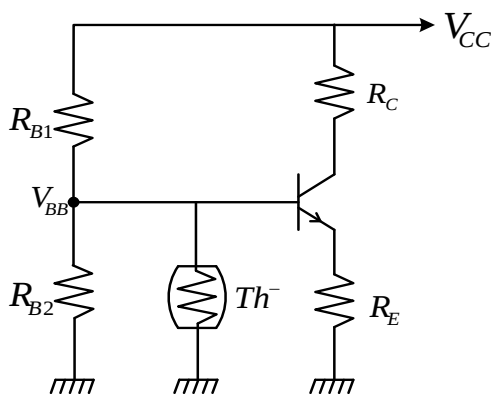


Hình 8-10

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 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

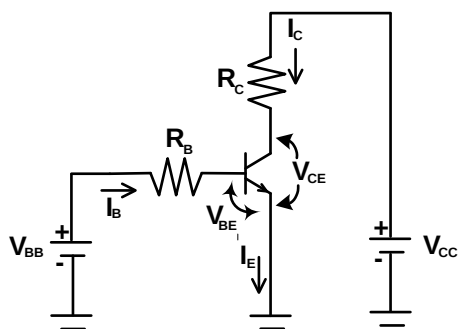
Mạch điện hình 8-12 có điện trở nhiệt Th ghép song song điện trở R_{B2} là loại điện trở nhiệt có hệ số nhiệt âm. Điện trở này được đặt gần vào vỏ của transistor nên khi nhiệt độ transistor tăng lên thì điện trở nhiệt bị nóng và giảm trị số điện trở làm giảm thấp điện áp phân cực V_B . Lúc đó dòng điện I_B giảm xuống kéo I_C giảm theo. Trong mạch này điện trở R_E vẫn có tác dụng ổn định nhiệt.

VI. Ba trạng thái làm việc của transistor

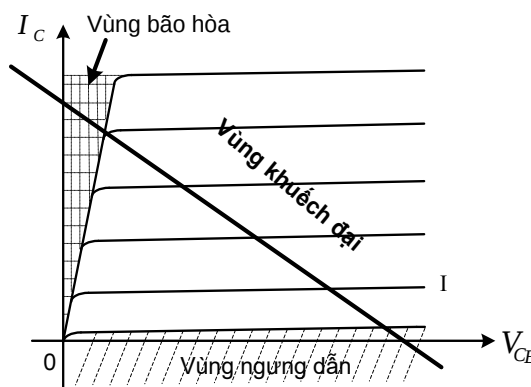
Tùy theo mức phân cực mà transistor có thể làm việc ở một trong ba trạng thái đó là: Ngưng dẫn, dẫn khuếch đại tuyến tính và dẫn bão hoà.

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_{BE} giảm (xem đồ thị hình 7-26)

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 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: $V_{CC} = 10V$, $R_C = 4.7 K\Omega$, $R_B = 250 K\Omega$, $R_E = 1.2 K\Omega$.

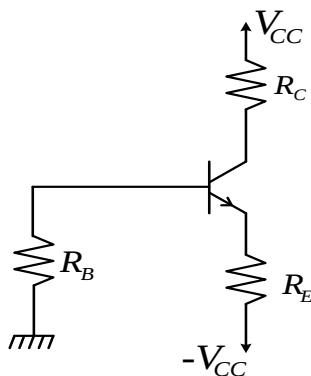
4) Cho mạch điện như hình 8-13 có : Có $+V_{CC} = 10V$, $-V_{CC} = -10V$, $R_B = 1 K\Omega$, $R_C = 1 K\Omega$, $R_E = 2.2 K\Omega$, $\beta = 200$, $V_{BE} = 0.7V$

- Tính dòng điện, điện áp trên các chân transistor?
- Vẽ đường tải tĩnh và điểm làm việc Q?

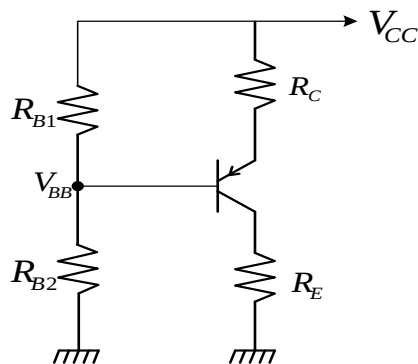
5) Cho mạch điện như hình 8-14:

Có $V_{CC} = 20V$, $R_{B1} = 4.7 K\Omega$, $R_{B2} = 3 K\Omega$, $R_E = 390 K\Omega$, $R_C = 1.5 K\Omega$, $V_{BE} = -0.7V$.

- Tính dòng điện, điện áp trên các chân transistor?.
- Vẽ đường tải tĩnh và điểm làm việc Q?

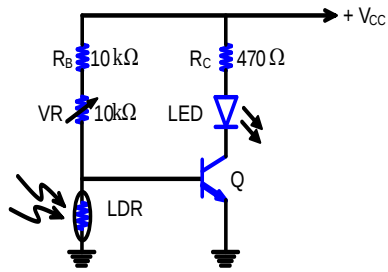


Hình 8-13

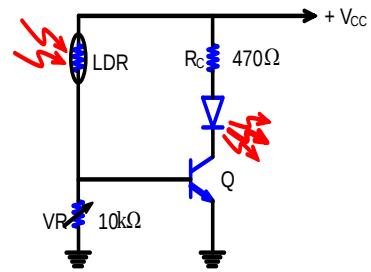


Hình 8-14

6. Cho biết ảnh hưởng của nhiệt độ đối với các thông số của transistor?
7. Hãy giải thích nguyên lý mạch ổn định bằng điện trở R_E và bằng điện trở R_B hồi tiếp?
8. Tính dòng điện và điện áp ở các chân của transistor (hình 8-9a) trong mạch có các điện trở như sau: $R_C = 4.7 K\Omega$, $R_E = 0.2 K\Omega$, $R_{B1} = K\Omega$, $R_{B2} = 22 K\Omega$, và nguồn $V_{CC} = +9V$?
9. Phân tích ba trạng thái của transistor?
10. Nêu nhiệm vụ linh kiện và nguyên lý hoạt động của mạch sau:

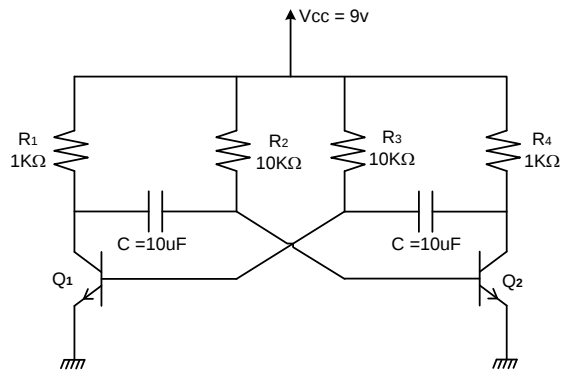


Hình 8-15a



Hình 8-15b

11. 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 .



Bài 9 CÁC MẠCH KHUẾCH ĐẠI CỦA TRANSISTOR

I. Các khái niệm cơ bản

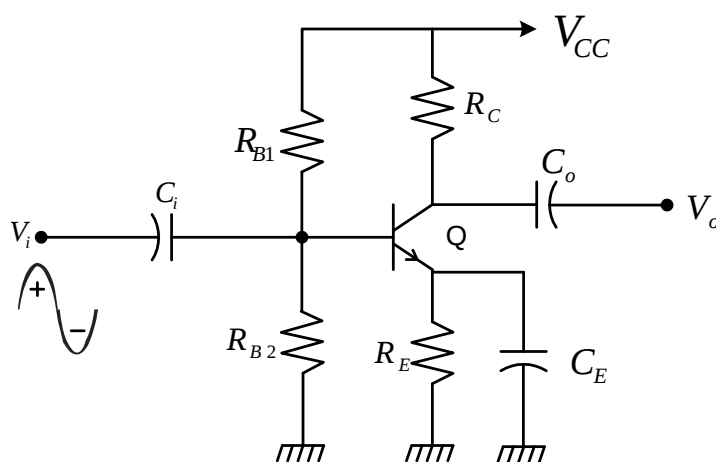
1. Khuếch đại là gì

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 níp, 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} .

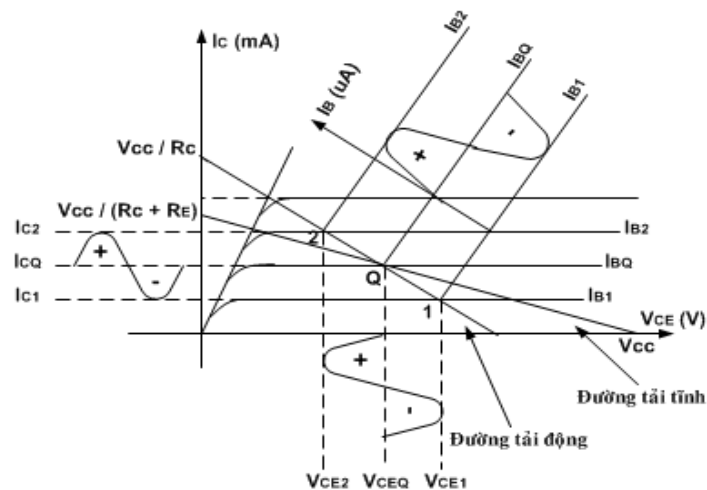
Khi có tín hiệu xoay chiều đưa đến, các tụ điện C_{in} , C_{out} và C_E xem như bị nối tắt đối với tín hiệu xoay chiều.

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



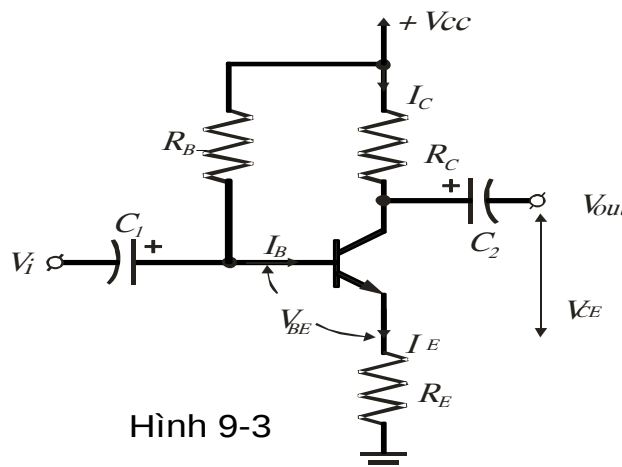
Hình 9-2

II. 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

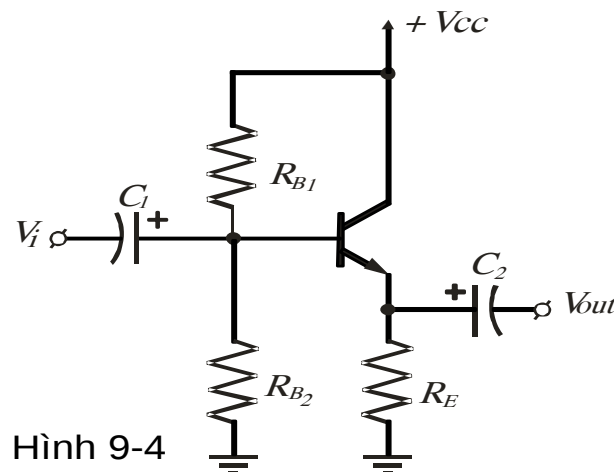
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{ce}}{V_{be}} = -\beta \cdot \frac{R_c}{r_i}$$

(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 C1, C2 : 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

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

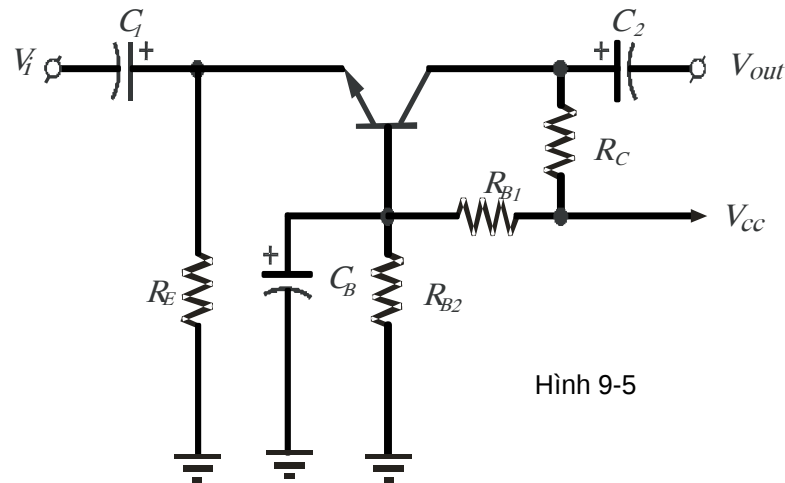
+ Độ khuếch đại điện áp: Xấp xỉ bằng 1

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

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) $A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{cb}}{V_{eb}}$

III. Các chế độ công tác của Transistor

Trong giáo trình “Linh kiện điện tử” chúng ta đã kịp khảo sát 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 bán 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 C: transistor được phân cực cho điểm Q nằm trong vùng ngưng dẫn.

Phân tích trên đặc tuyến ngõ I_B/V_{BE} của transistor thì mạch khuếch đại chế độ C có điểm hoạt động tĩnh Q nằm sâu trong vùng ngưng dẫn và có $V_{BE} \leq 0V$. Khi transistor nhận được tín hiệu xoay chiều ở cực B, nếu tín hiệu xoay chiều có điện áp đỉnh $V_P < V_\gamma$ thì transistor cũng chưa dẫn điện được nên không có tín hiệu ra, nếu tín hiệu xoay chiều có điện áp có điện áp đỉnh $V_P > V_\gamma$ thì chỉ có một phần tín hiệu được khuếch đại.

Tương tự khi xét trên đặc tuyến ngõ ra I_C/V_{CE} , chỉ có một phần của bán kỳ dương được khuếch đại và tín hiệu ra bị đảo pha là một phần bán kỳ âm.

Các đặc điểm của mạch khuếch đại hạng C là:

- Khi không có tín hiệu thì transistor không dẫn ($I_B = 0, I_C = 0$)
- Transistor chỉ khuếch đại được một phần của bán kỳ nên tín hiệu ra bị biến dạng rất lớn.
- Mạch khuếch đại hạng C dùng trong mạch cắt bỏ phần dưới của các tín hiệu (mạch cắt gốc) hay trong các mạch dao động, mạch nhân tần số.

4. **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 V_γ 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.

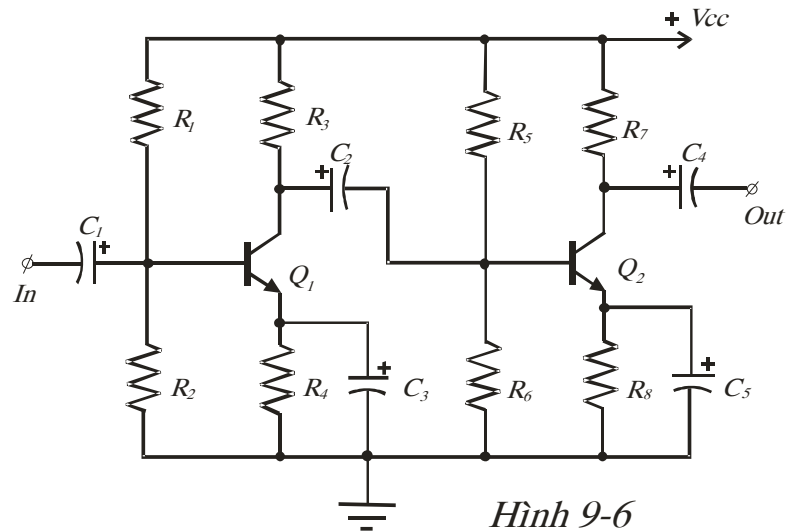
IV. Ghép các tầng khuếch đại

1. Bài toán phối hợp trở kháng :

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:

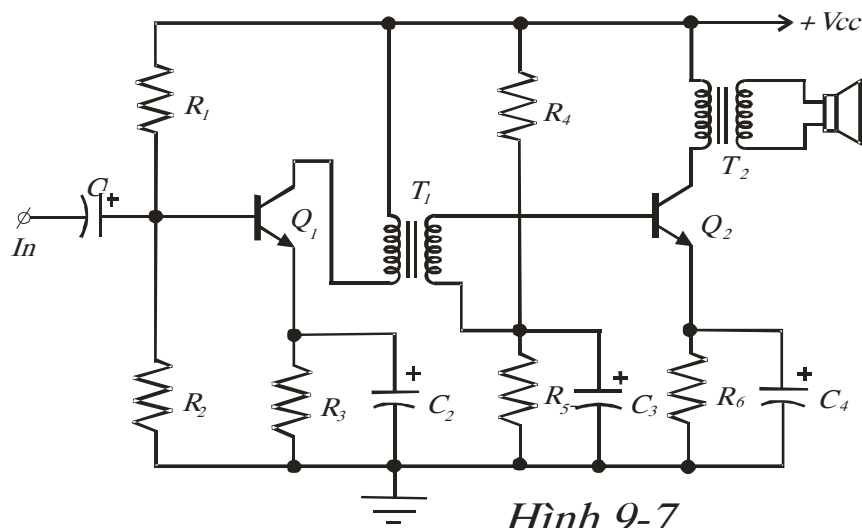
- Ghép các tầng bằng tụ điện liên lạc
- Ghép các tầng bằng biến áp
- Ghép các tầng bằng cách nối trực tiếp

2. Ghép các tầng bằng tụ điện liên lạc



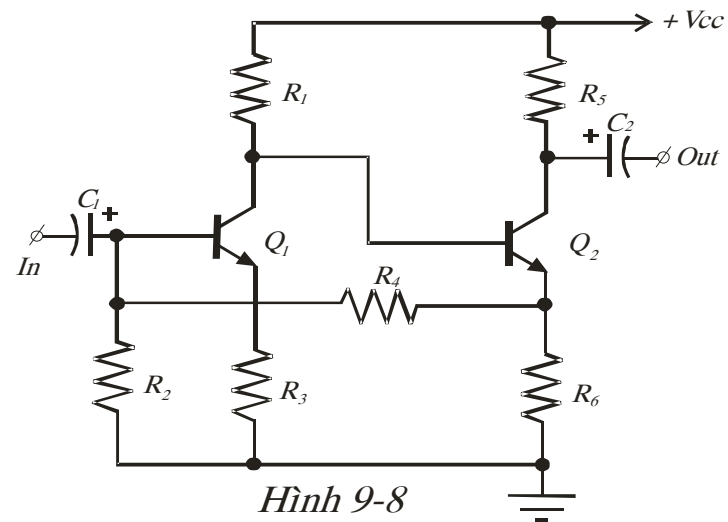
Hình 9-6

- C2 : tụ ghép giữa 2 tầng KĐ. Được chọn tương đối lớn (vài μF) để sụt áp tín hiệu nhỏ.
 - R3 : được chọn khoảng vài $\text{K}\Omega$ 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.
3. Ghép các tầng bằng biến áp



Hình 9-7

- 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.
4. Ghép các tầng 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.

BÀI 10 TRANSISTOR TRƯỜNG ỨNG FET.

I. ĐẠI CƯƠNG:

Transistor trường ứng được viết tắt là FET (Field Effect Transistor) là loại Transisto có tổng trở vào rất lớn, khác với loại Transistor lưỡng nối BJT (bipolar Junction Transistor) loại NPN hay PNP có tổng trở vào tương đối nhỏ ở cách ráp thông thường kiểu E chung.

FET có hai loại là JFET và MOSFET trong đó MOSFET lại chia ra hai loại nữa là MOSFET liên tục và MOSFET gián đoạn. Khi nói FET là ý chỉ loại JFET.

II. TRANSISTOR JFET (JUNCTION FET).

1. Cấu tạo:

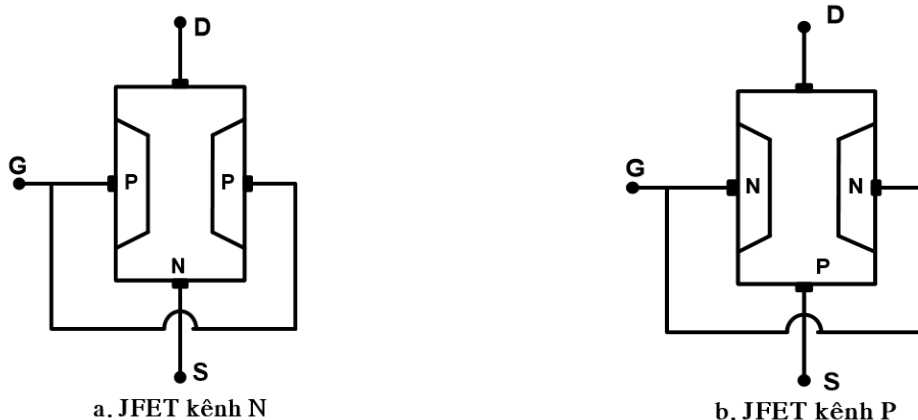
JFET được gọi là FET nối và thường gọi là FET.

JFET có hai loại là JFET kênh N và JFET kênh P.

- Cực tháo D (Drain).
- Cực nguồn S (Source).
- Cực cổng (Gate).

JFET kênh N có cấu tạo (hình 10.1a) gồm có thanh dẫn loại N, hai đầu nối với hai dây ra gọi là cực tháo D và cực nguồn S. Hai bên thanh bán dẫn loại N là hai vùng bán dẫn loại P tạo thành mối nối PN như Diode, hai vùng này nối dính nhau gọi là cực cửa G.

JFET kênh P có cấu tạo như hình 8.1b tương tự nhưng chất bán dẫn ngược lại với JFET kênh N.



Hình 10.1

JFET kênh N và kênh P có kí hiệu như hình 10.2 và được phân biệt bằng chiều mũi tên ở cực G.



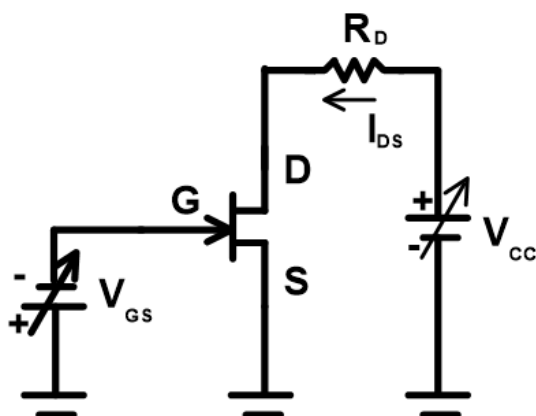
Hình 10.2

2. Đặc tính:

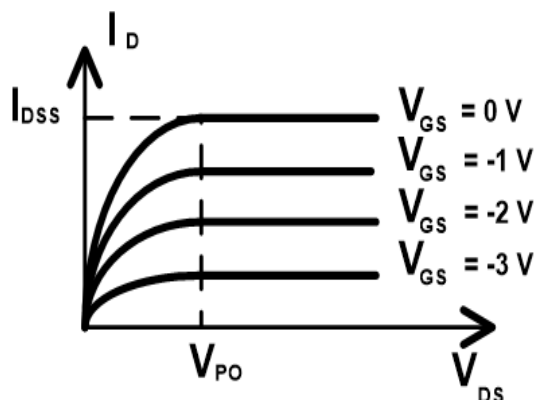
Xét mạch thí nghiệm JFET kênh N như sơ đồ hình 10.3, cực D nối vào cực dương nguồn V_{CC} cực S nối vào cực âm nguồn V_{CC} .

a) Khi cực G hở: ($V_{GS} = 0V$).

Lúc này dòng điện sẽ đi qua kênh theo chiều từ cực dương của nguồn vào cực D và ra ở cực S để trở về nguồn âm của V_{CC} . Lúc đó kênh có tác dụng như một điện trở.



Hình 10.3



Hình 10.4

Khi tăng nguồn V_{CC} để tăng điện áp V_{DS} từ $0V$ lên thì dòng điện I_D tăng lên nhanh nhưng sau đó đến một điện áp giới hạn thì dòng điện I_D không tăng được nữa gọi là dòng điện bão hoà I_{DSS} (saturation). Điện áp V_{DS} có I_{DSS} gọi là điện áp nghẽn V_{PO} (Punch-off).

b) Khi cực G có điện áp âm: ($V_{GS} < 0V$)

Khi cực G có điện áp âm nối vào chất bán dẫn P, trong kênh N có dòng điện qua nên có điện áp dương ở giữa chất bán dẫn N sẽ làm mối nối PN bị phân cực ngược làm electron từ chất bán dẫn của kênh N bị đẩy và thu hẹp tiết diện kênh nên điện trở kênh dẫn điện tăng lên, dòng I_D giảm xuống.

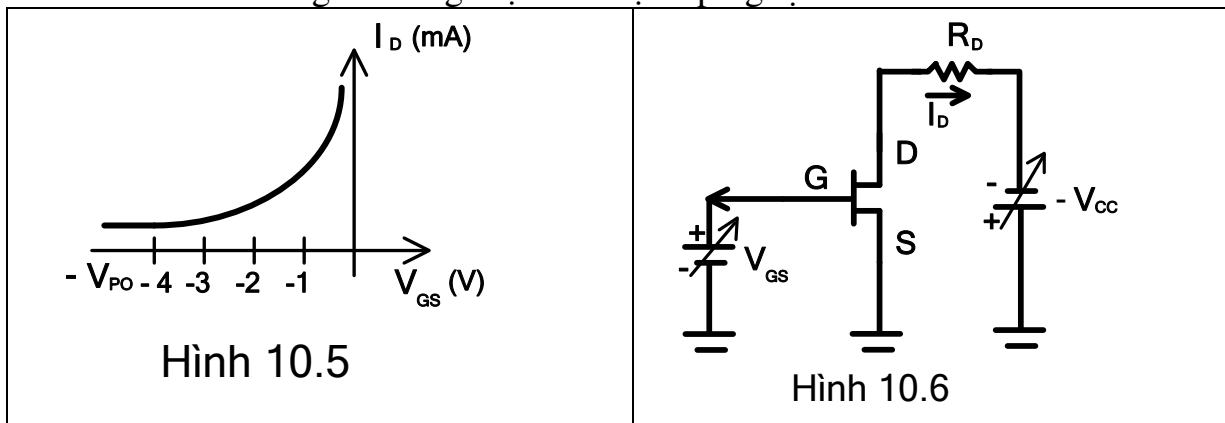
Khi tăng điện áp âm ở cực G thì mức phân cực nghịch càng lớn làm dòng I_D càng giảm nhỏ và đến một trị số giới hạn thì dòng điện I_D gần như không còn. Điện áp này ở cực G gọi là điện áp nghẽn $-V_{PO}$.

Hình 10.4 là đặc tuyến ngõ ra của JFET kênh N để chỉ sự thay đổi của I_D theo V_{DS} ứng với từng điện áp V_{GS} ở cực G (gọi là họ đặc tuyến I_D/V_{DS}).

Hình 10.5 là đặc tuyến truyền vận của JFET kênh N để chỉ sự thay đổi dòng điện ra I_D theo điện áp vào V_{GS} với một trị số V_{DS} nhất định.

JFET kênh P có mạch thí nghiệm như hình 10.6 với nguồn $-V_{DC}$ cung cấp cho V_{DS} , điện áp cung cấp cho cực G bây giờ là điện áp dương ($V_G > V_S$).

JFET kênh P cũng có đặc tuyến ngõ ra và đặc tuyến truyền vận giống như JFET kênh N nhưng có dòng điện và điện áp ngược dấu.



3. Phân cực cho JFET:

Cách phân cực đơn giản và thông dụng nhất cho JFET là phân cực tự động như hình 10.7.

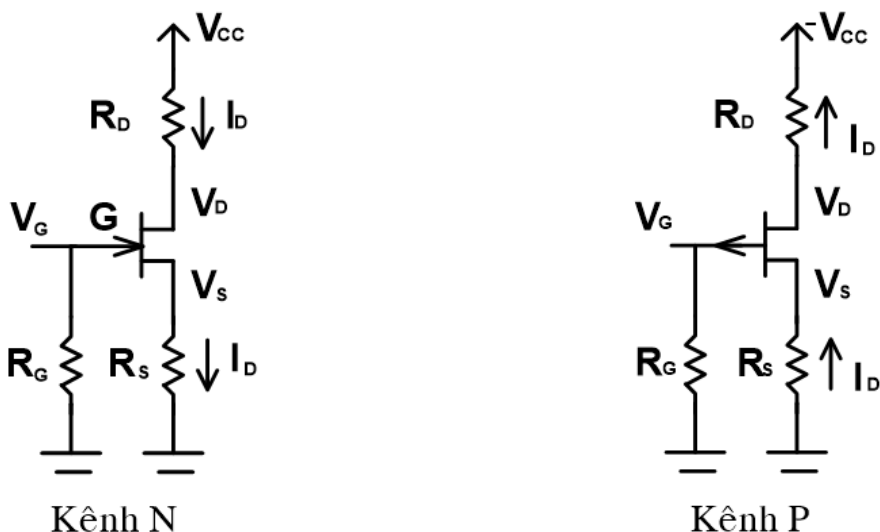
Xét mạch JFET kênh N ta có:

$$V_D = V_{CC} - I_D \cdot R_D$$

$$V_S = I_D \cdot R_S$$

$$V_{DS} = V_{CC} - I_D (R_D + R_S)$$

Ở cực G được phân cực ngược mối nối PN nên không có dòng điện I_G ($I_G = 0$) nên $V_G = 0$.



Hình 10.7

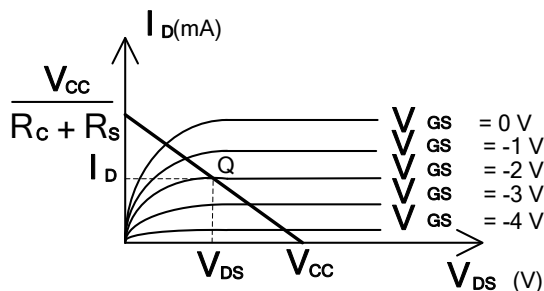
Điện trở R_G có trị số rất lớn khoảng $1M\Omega$ đến $10M\Omega$.

Điện áp phân cực ngõ vào là:

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0V - I_D \cdot R_S = - I_D \cdot R_S$$

Phương trình đường tải tĩnh là:

$$I_D = \frac{V_{CC} - V_{DS}}{R_D - R_S}$$



Hình 10.8

Cách xác định đường tải tĩnh cho mạch dùng JFET tương tự như transistor lưỡng nối và được vẽ như hình 10.8.

III. TRANSISTOR MOSFET:

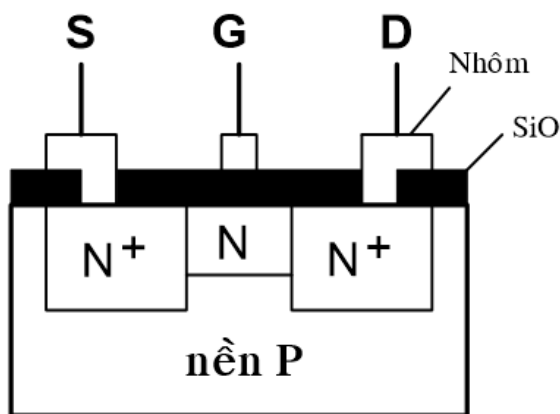
Transistor MOSFET (do chữ Metal Oxide Semiconductor FET) chia ra hai loại là MOSFET liên tục và MOSFET gián đoạn. Mỗi loại kênh liên tục hay gián đoạn đều có phân loại theo chất bán dẫn là kênh N hay kênh P. Ở đây ta chỉ xét các loại MOSFET kênh N và suy ra cấu tạo ngược lại cho kênh P.

1. Cấu tạo của MOSFET kênh liên tục:

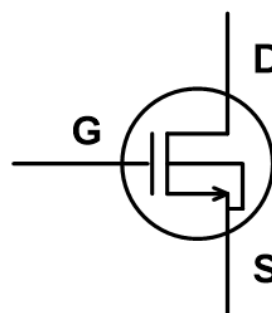
Kênh dẫn điện là hai vùng bán dẫn loại N pha nồng độ cao (N^+) được nối liền nhau bằng vùng bán dẫn loại N pha nồng độ thấp (N) được khếch tán trên một nền là chất bán dẫn loại P phía trên kênh dẫn điện có phủ lớp oxit cách điện SiO_2 .

Hai dây dẫn xuyên qua lớp cách điện nối vào hai vùng bán dẫn N^+ gọi là cực S và D. Cực G có tiếp xúc kim loại bên ngoài lớp oxit nhưng vẫn cách điện với kênh N. Thường cực S được nối chung với nền P.

Hình 10.9 cho thấy cấu tạo và kí hiệu của MOSFET liên tục kênh N.



Cấu tạo



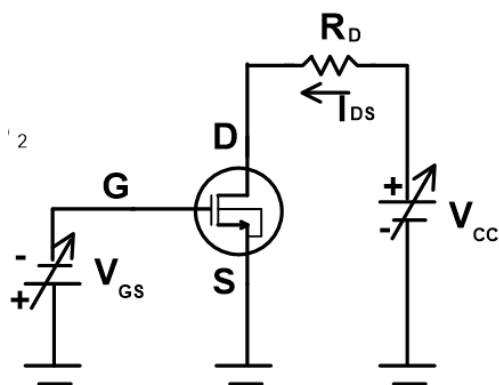
Ký hiệu

Hình 10.9

2. Đặc tính của MOSFET liên tục:

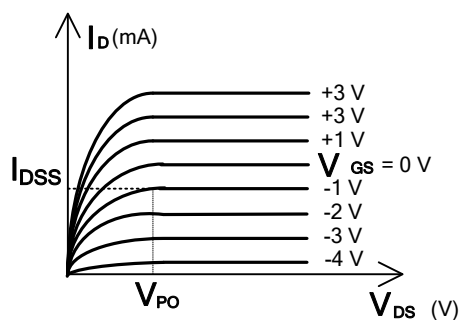
Xét mạch thí nghiệm như hình 10.10a

a) Khi $V_{GS} = 0V$:

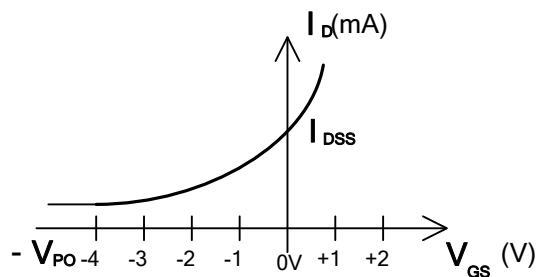


Hình 10.10a

Trường hợp này kênh dẫn điện có tác dụng như một điện trở, khi tăng điện áp V_{DS} thì dòng điện I_D tăng lên đến một trị số giới hạn là I_{DSS} (dòng I_{DS} bão hoà). Điện áp V_{DS} ở trị số I_{DSS} cũng gọi là điện áp nghẽn V_{P0} giống như JFET.



Hình 10.10b



Hình 10.10c

b) Khi $V_{GS} < 0V$:

Trường hợp này cực G có điện áp âm nên đẩy electron từ kênh N vào vùng nền P làm thu hẹp tiết diện kênh dẫn điện N và dòng điện I_D bị giảm xuống do điện trở kênh dẫn điện tăng lên.

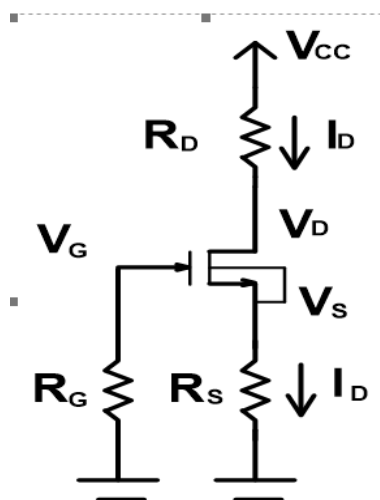
Khi tăng điện áp âm ở cực G thì dòng điện I_D càng nhỏ và đến một trị số giới hạn dòng điện I_D gần như không còn. Điện áp này ở cực G còn gọi là điện áp nghẽn $-V_{P0}$.

b) Khi $V_{GS} > 0V$:

Trường hợp phân cực cho cực G có điện áp dương thì electron thiếu số ở vùng nền P bị hút vào nền N nên làm tăng tiết diện kênh, điện trở kênh bị giảm xuống và dòng điện I_D tăng cao hơn trị số bão hoà I_{DSS} .

Trong trường hợp này I_D lớn dễ làm hư MOSFET nên ít được sử dụng. Hình 10.10 là đặc tuyến ngõ ra I_D/V_{DS} và đặc tuyến truyền dẫn I_D/V_{GS} của MOSFET liên tục kênh N.

3. Phân cực cho MOSFET liên tục :



Hình 10.11

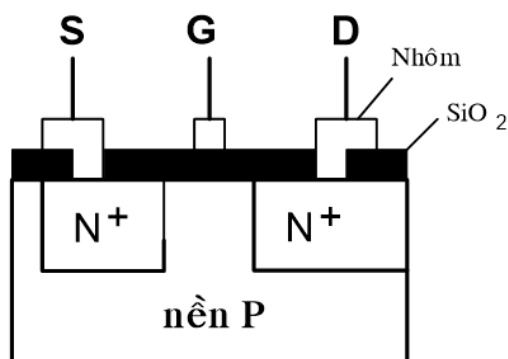
Hình 10.11 là mạch phân cực cho MOSFET liên tục. Do MOSFET liên tục thường sử dụng ở trường hợp $V_{GS} < 0V$ nên cách phân cực giống như mạch JFET.

Cách tính các trị số điện áp V_D , V_S , V_{DS} , V_{GS} , và dòng điện I_D cũng như cách xác định đường tải tĩnh giống như mạch JFET.

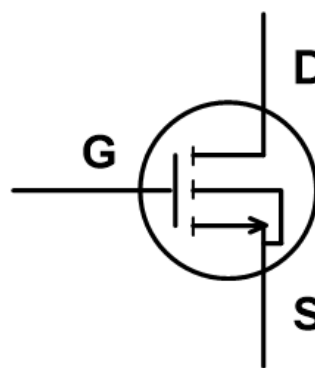
4. Cấu tạo của MOSFET kênh gián đoạn:

Trong MOSFET gián đoạn thì hai vùng bán dẫn loại N pha nồng độ cao (N^+) không dính liền nhau gọi là kênh gián đoạn. Mặt trên kênh dẫn điện cũng phủ một lớp oxit cách điện SiO_2 . Hai dây dẫn xuyên qua lớp cách điện nối vào vùng bán dẫn N^+ gọi là cực S và cực D. Cực G có tiếp xúc kim loại bên ngoài lớp oxit và cách điện đối với cực D và cực S. Cực S nối với nền P.

Cấu tạo và kí hiệu MOSFET gián đoạn được vẽ như hình 10.12a và hình 10.12b.

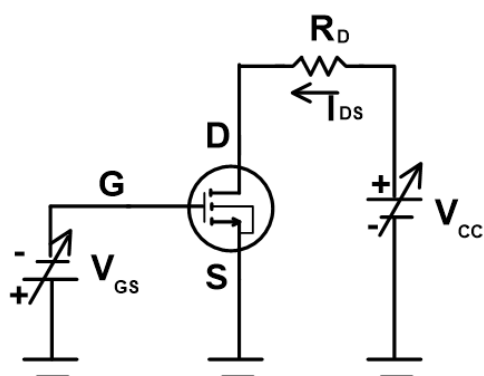


Hình 10.12a



Hình 10.12b

5. Đặc tính của MOSFET gián đoạn:



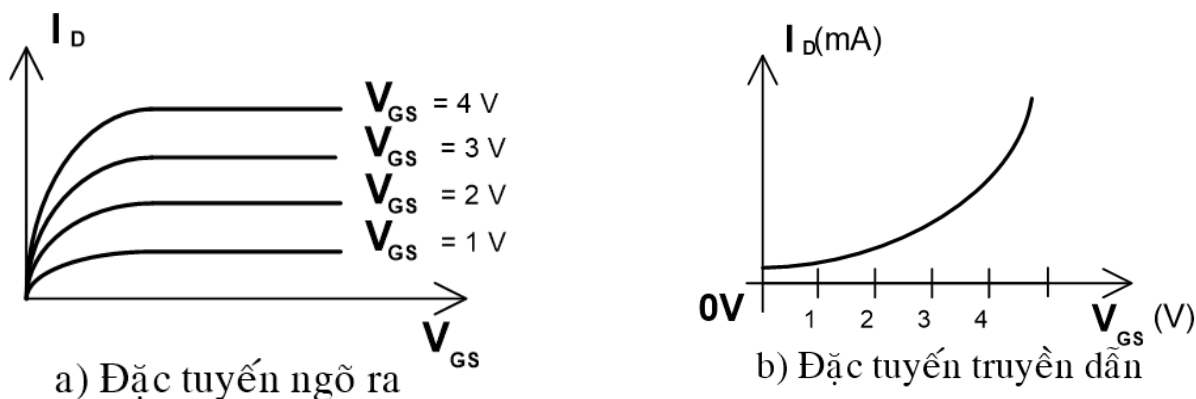
Hình 10.13

Xét mạch thí nghiệm như hình 10.13. do cấu tạo kênh bị gián đoạn nên bình thường không có dòng điện qua kênh, $I_D = 0$ và điện trở giữa D và S rất lớn.

Khi phân cực cho cực G có $V_{GS} = 0$ thì điện tích dương ở cực G sẽ hút electron của phần nền P về phía giữa của hai vùng bán dẫn N^+ và khi lực hút đủ lớn thì số electron bị hút nhiều hơn đủ để nối liền hai vùng bán dẫn N^+ và kênh được liên tục. Khi đó có dòng điện I_D đi từ D sang S. Điện áp phân cực cho cực G càng tăng thì dòng điện I_D càng lớn.

Hình 10.14 là đặc tuyến ngõ ra I_D/V_{DS} và đặc tuyến truyền dẫn I_D/V_{GS} của MOSFET gián đoạn kênh N.

Như đặc tuyến truyền dẫn cho thấy, khi $V_{GS} > V_\gamma$ thì có dòng điện qua transisto. Điện áp V_γ cũng được gọi là điện áp thêm (giống như điện áp thêm V_γ của transisto lưỡng nối) và trị số khoảng 1v.



Hình 10.14

6. Phân cực cho MOSFET gián đoạn:

Hình 10.15 là mạch phân cực cho MOSFET gián đoạn. Để cung cấp điện áp dương cho cực G thường dùng cầu phân áp $R_{G1} - R_{G2}$ (tương đương cầu phân áp $R_{B1} - R_{B2}$ của transisto lưỡng nối). Đối với MOSFET, cực G cách điện so với kênh và nền P không có dòng điện I_G đi từ cực G vào MOSFET.

Xét mạch phân cực ta có:

$$V_D = V_{CC} - I_D \cdot R_D$$

$$V_S = I_D \cdot R_S$$

$$V_{DS} = V_{CC} - I_D (R_D + R_S)$$

$$V_G = V_{CC} \cdot \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

Phương trình đường tải tĩnh là:

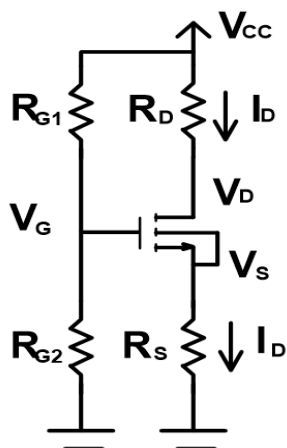
$$I_D = \frac{V_{CC} - V_{DS}}{R_D + R_S}$$

Cách xác định đường tải tĩnh cho MOSFET gián đoạn tương tự như transisto lưỡng nối.

IV. CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT :

Transisto trường ứng có tổng trở vào rất lớn giống đặc tính đèn điện tử ba cực do cực G cách điện đối với kênh dẫn điện. Do đó, các thông số kỹ thuật của FET cũng giống như các thông số của đèn điện tử ba cực.

1. Độ truyền dẫn:



Hình 10.15

Độ truyền dẫn của FET là tỷ số giữa mức biến thiên của dòng điện I_D và mức biến thiên của điện áp V_{GS} khi có V_{DS} không đổi.

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} = \frac{i_D}{v_{gs}} \text{ (mA/V)}.$$

2. Độ khuếch đại điện áp:

Độ khuếch đại điện áp của FET là tỷ số giữa mức biến thiên điện áp ngõ ra V_{DS} và mức biến thiên điện áp ngõ vào V_{GS} khi có I_D không đổi.

$$\mu = -\frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}} = \frac{v_{ds}}{v_{gs}}$$

3. Tổng trở ngõ ra:

Tổng trở ra của FET là tỷ số giữa điện áp ngõ ra v_{ds} và dòng điện cực tháo I_d :

$$r_0 = -\frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} = \frac{v_{ds}}{i_d} \text{ (kilôm)}.$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

- 1) Phân biệt cách phân cực cho hai loại JFET MOSFET liên tục và MOSFET gián đoạn?
- 2) Cho biết các thông số kỹ thuật của FET ?
- 3) So sánh mạch tương đương của FET và transisto lưỡng nối và cho biết đặc tính khác nhau giữa hai loại transito này?
- 4) Vẽ hình và nêu phương pháp kiểm tra MOSFET ?

CHƯƠNG IV THYRISTOR

BÀI 11: SILICON TROLLED RECTIFIER (SCR)

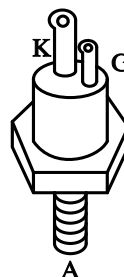
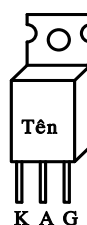
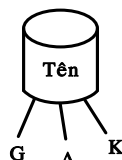
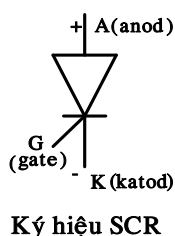
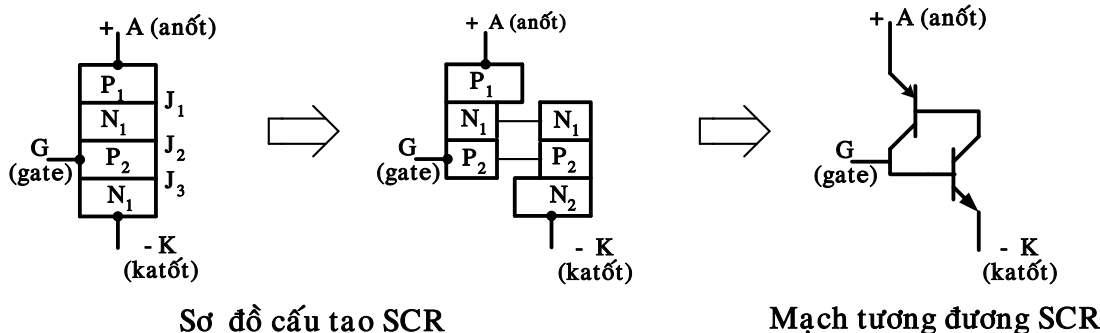
I.Cấu tạo – Ký hiệu – Hình dạng

- 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

II- Nguyên lý làm việc và đặc tuyến của SCR :

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 J_1 và J_3 được phân cực thuận (có điện trở nhỏ) còn J_2 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 J_2 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.

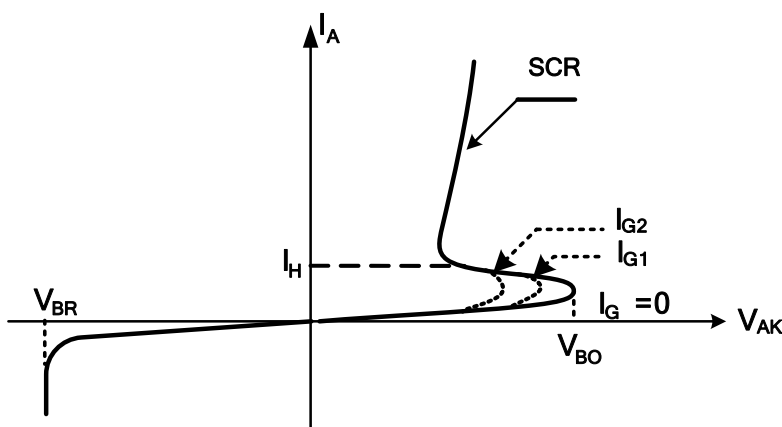
- **Trường hợp $V_G > 0$:** có dòng I_G chạy vào cực khiển SCR kích thích cho SCR mở dễ dàng hơn nghĩa là điện áp mở được giảm nhỏ hơn V_{BO} . Với dòng I_G càng lớn thì điện áp mở càng giảm nhỏ. Khi $I_G = I_{GT}$ (I_{Gmax}) thì SCR mở dễ dàng với điện áp mở khoảng vài vôn. Đây là cách kích mở SCR trong 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 (Vđt) thì SCR cũng bị đánh thủng (giống Điốt) dòng ngược qua SCR tăng vọt làm SCR hư.

+ **Ghi chú:** Có thể dựa vào sơ đồ tương đương để giải thích hoạt động của SCR.

+ **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)



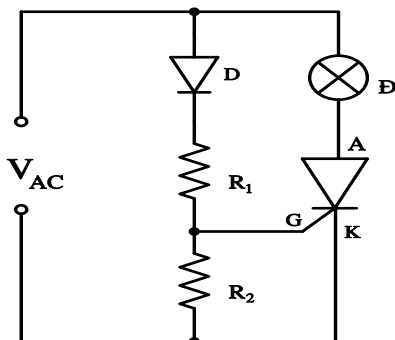
Hình 10- 2 : Đặc tuyến của SCR

* 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.

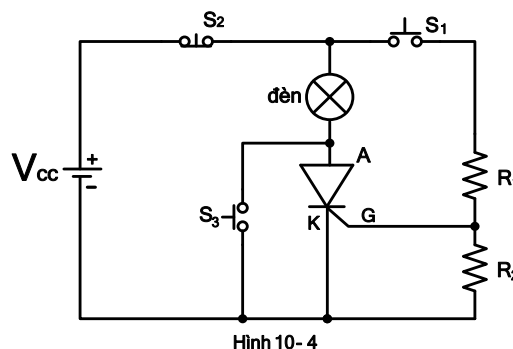


Hình 10- 3

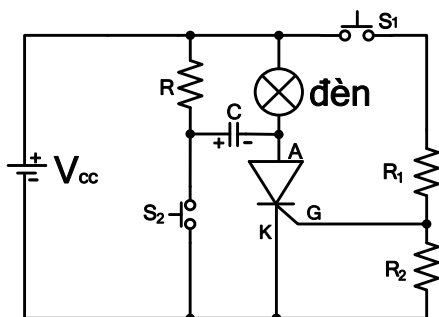
-**Hình 10 - 3** : Trình bày một mạch điện dùng SCR như một khoá đóng ngắt . SCR dẫn điện ở nửa chu kỳ dương của nguồn V_{AC} và nó tự khoá vào cuối nửa chu kỳ này khi $V_{AC} = 0$

-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.

III. Các thông số kỹ thuật của SCR:

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 $100v \div 1000v$ (tùy SCR)

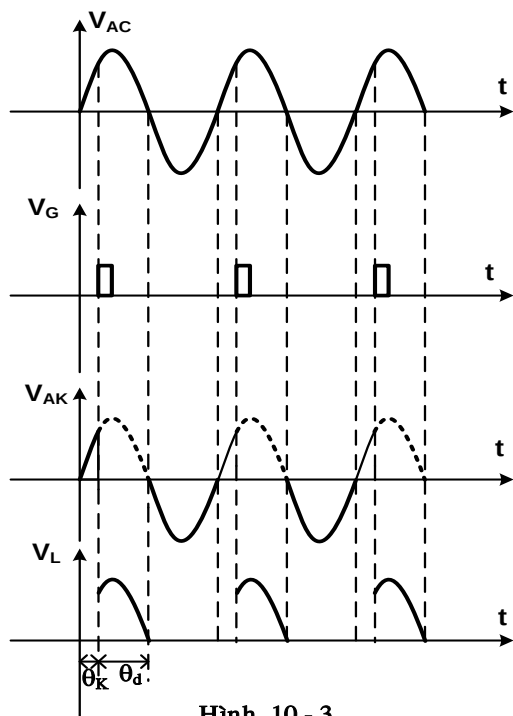
3. Dòng điện kích cực tiểu I_{Gmin} là dòng nhỏ nhất đủ để điều khiển SCR dẫn điện. SCR có công suất càng lớn thì I_G càng lớn.

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

IV. Nguyên lý điều khiển pha bằng SCR:



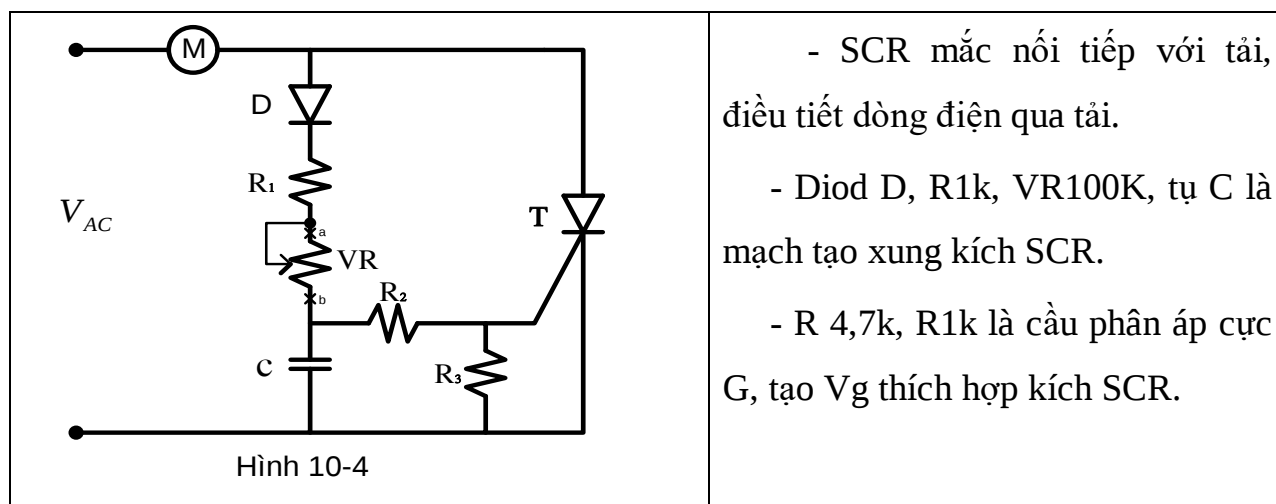
Hình 10 - 3

- 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).

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

a. Nhiệm vụ linh kiện :



b. 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 dần, qua cầu phân áp R4,7k-R1k đặt điện áp Vg vào cực G của SCR. Khi Vg đạt đến điện áp kích mở SCR (từ vài vôn đến vài chục vôn tùy loại) thì tụ C xả điện qua R4,7k 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.

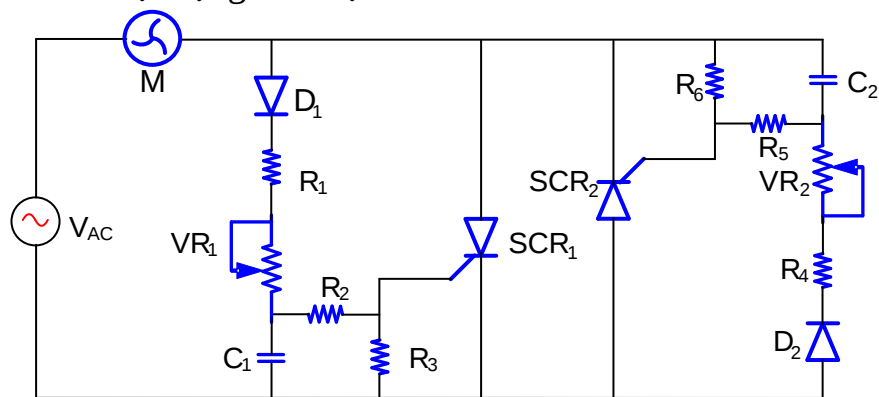
Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách vặn biến trở VR, khi làm tăng trị số VR thì tụ C nạp chậm hơn, tạo xung kích SCR trễ hơn, SCR dẫn yếu hơn, điện áp

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:

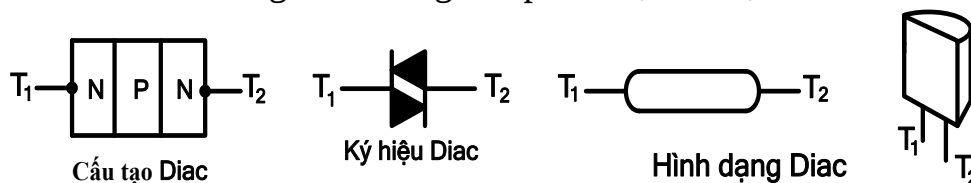


BÀI 12 DIAC

I- Cấu tạo – ký hiệu – hình dáng :

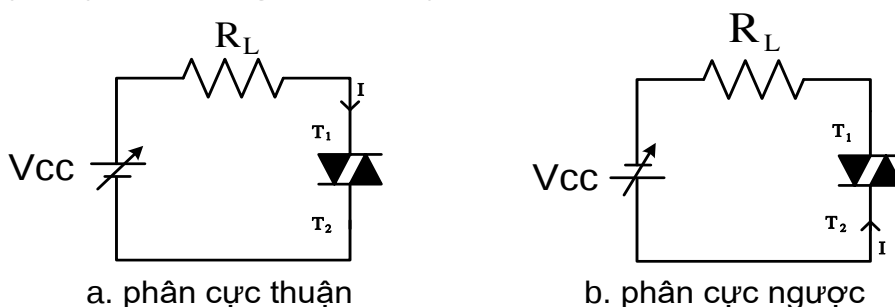
- Diac được viết tắt bởi diode AC Semiconductor Switch (công tắc bán dẫn xoay chiều 2 cực)

- 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

II- Nguyên lý hoạt động và đặc tuyến của Diac



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 .

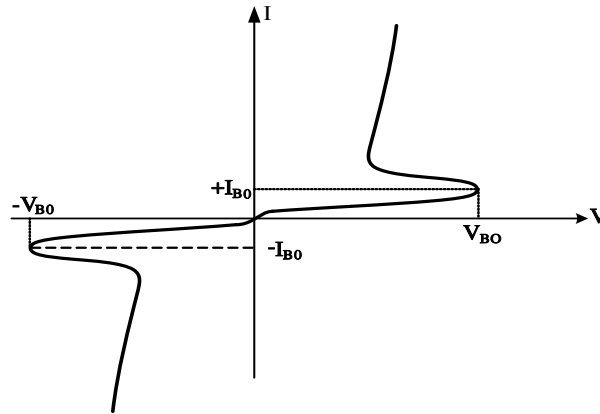
- Dòng điện qua Diac ở điểm V_{BO} là dòng điện ngấp I_{BO} (dòng điện mở) .

- 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 $20^V \rightarrow 40^V$.

- Dòng điện I_{BO} có trị số từ vài chục $\mu A \rightarrow$ vài trăm μA .



Hình 11 - 3 : Đặc tính của Diac

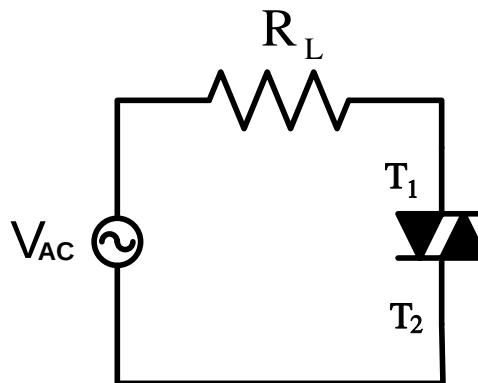
IV-Ứng dụng :

-Do tính chất của Diac có thể dẫn điện theo cả hai chiều nên Diac được dùng để kích công Triac điều khiển dòng điện xoay chiều .

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.

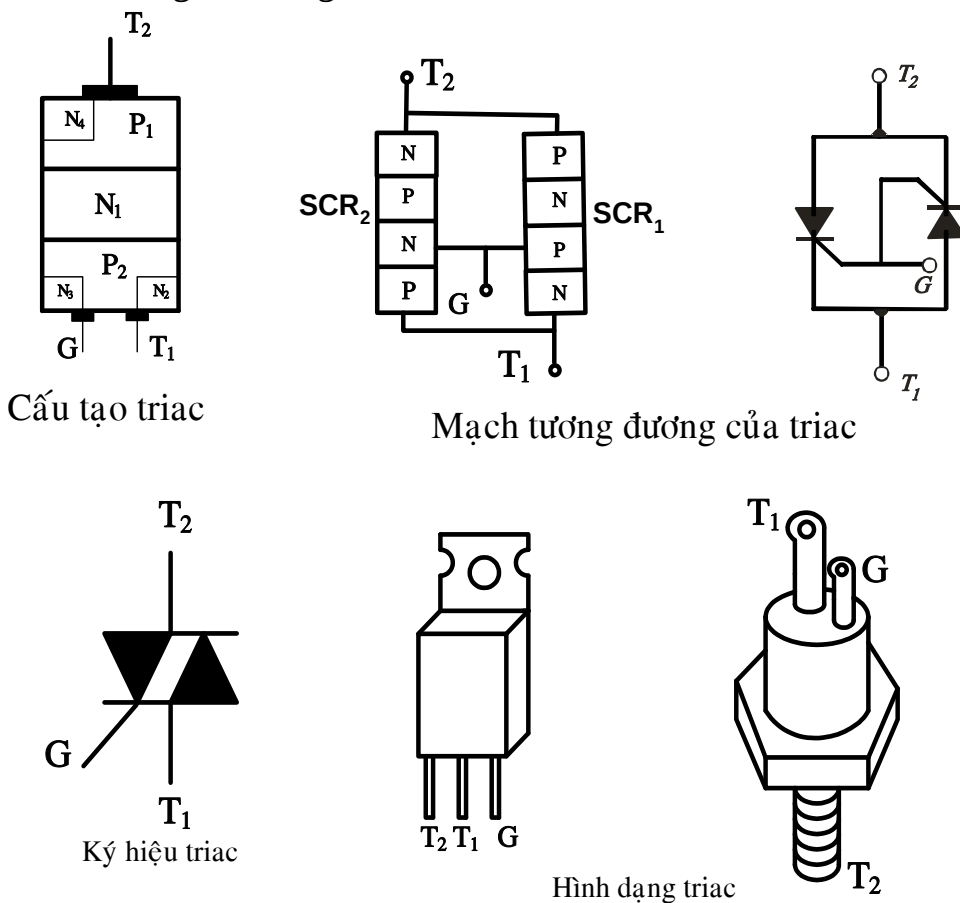


Hình 11- 4

BÀI 13 TRIAC

I – 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.

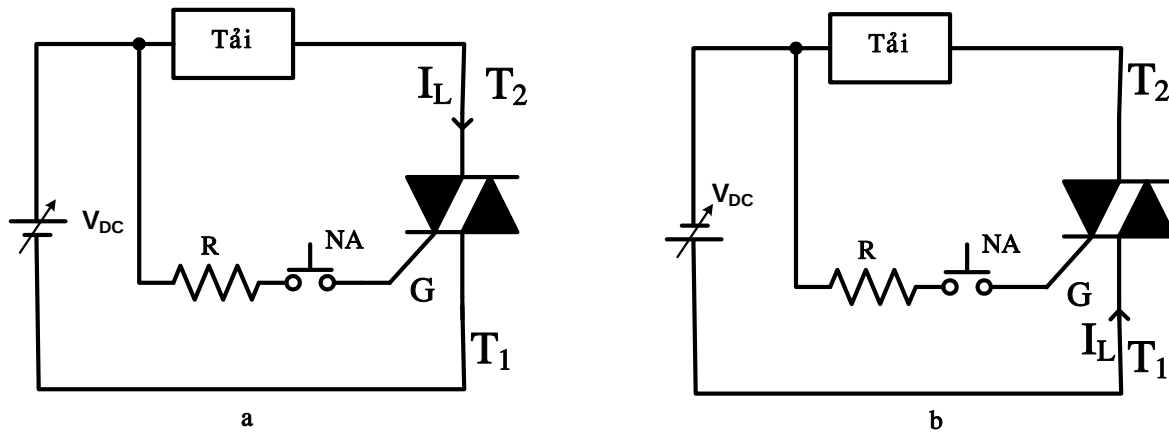


Hình 12- 1: Cấu tạo- Mạch tương đương - Ký hiệu - Hình dạng Triac

II – Nguyên lý-Đặc tính của triac:

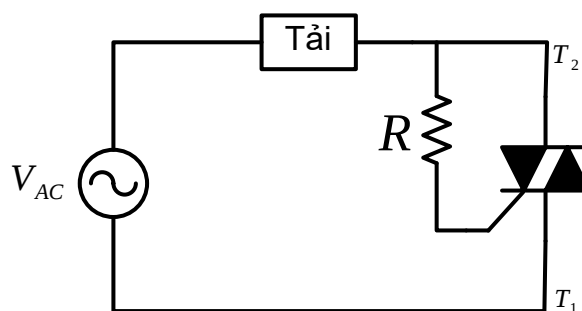
1) Nguyên lý:

- 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).



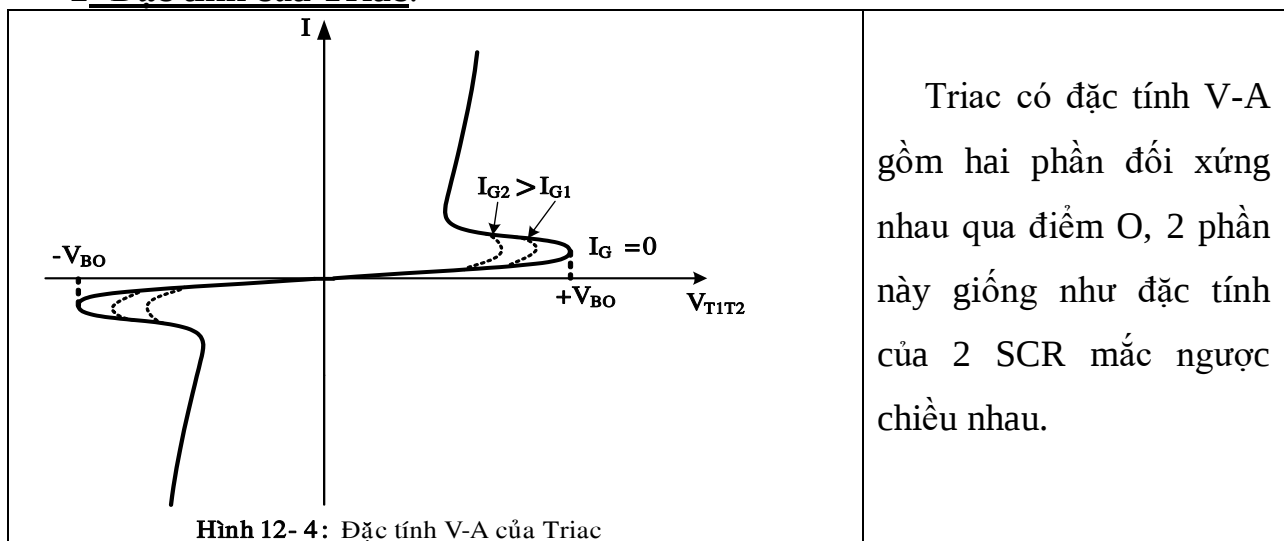
Hình 12-2: Kịch dẫn Triac ở nguồn DC

c- 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: Kịch dẫn Triac bằng nguồn AC

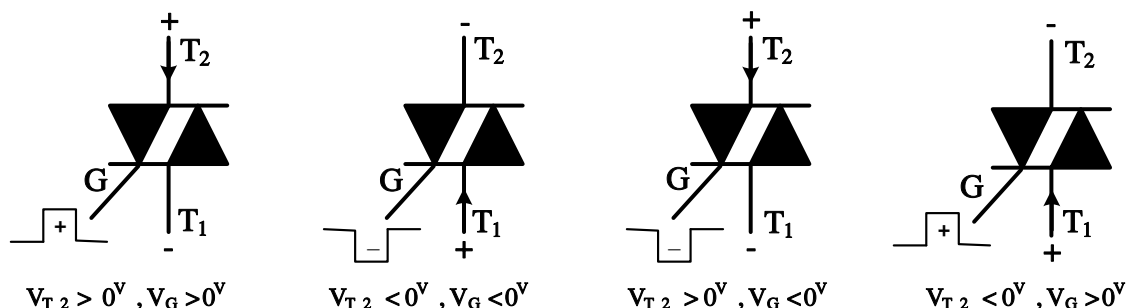
2- Đặc tính của Triac:



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

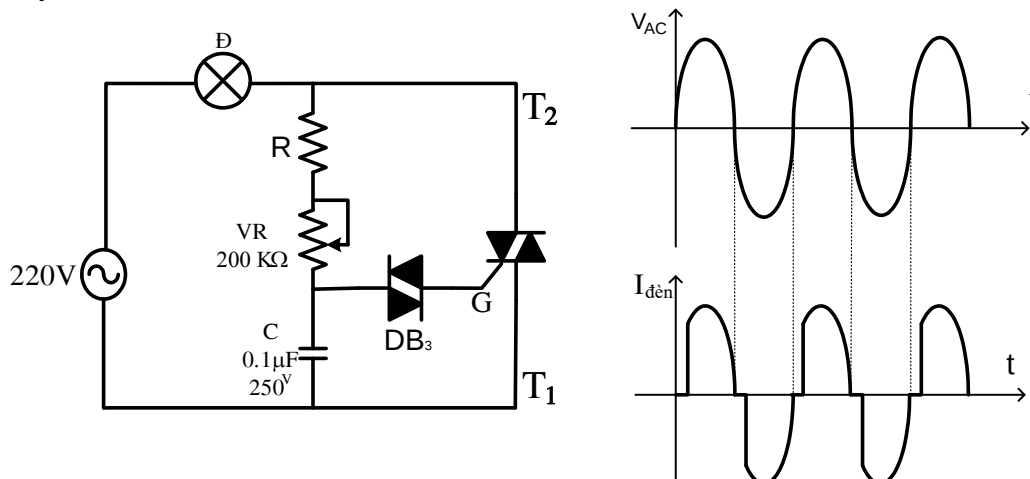
Trong đó cách kích (a) và (b) gọi là kích thuận vì chỉ cần một dòng kích nhỏ cũng mở được triac dễ dàng. Triac được dùng trong mạng điện xoay chiều để điều khiển công suất tải cụ thể là khi nguồn có bán kỳ dương, cực G được kích xung dương; khi nguồn có bán kỳ âm, cực G được kích xung âm. Đây cũng là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

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

III- Ứng dụng của Triac:

1. 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

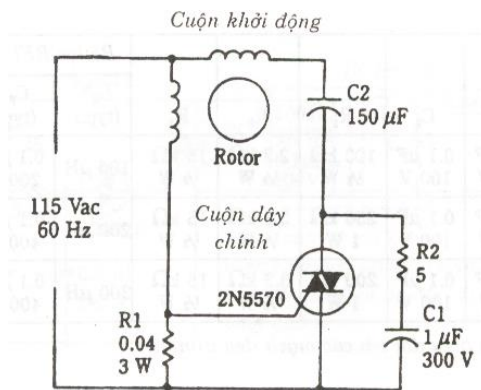
- Ở bán kỳ âm tiếp theo tụ nạp điện theo chiều ngược lại và cho đến điện thế $-V_{BO}$ diac lại dẫn cho dòng điện đi qua từ cực G của Triac làm triac dẫn ngay và tiếp tục dẫn cho đến hết bán kỳ .

- 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.

2. Mạch điện dùng Triac thay công tắc ly tâm trong động cơ một pha:

Nguyên lý hoạt động của mạch điện: Khi cấp điện cho động cơ, dòng điện khởi động cao và điện áp rơi tạo ra trên R_1 đủ để kích triac, cấp điện cho cuộn dây

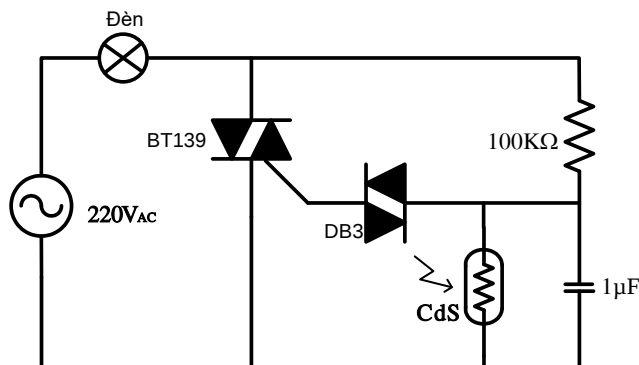
khởi động. Khi động cơ đạt gần tốc độ định mức, dòng điện qua R_1 giảm, điện áp rơi trên R_1 không còn đủ để kích dẫn triac, do đó cuộn dây khởi động bị cắt điện. Nếu điện trở R_1 quá cao, mạch khởi động sẽ không được cắt điện khi động cơ chạy bình thường, nên cả động cơ và triac bị quá nhiệt.



Hình 12 - 7: Mạch điện dùng Triac thay công tắc ly tâm trong động cơ một pha

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:



BÀI 14 CÁC LINH KIỆN ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT KHÁC

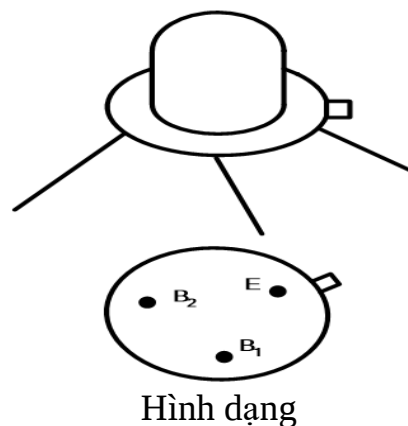
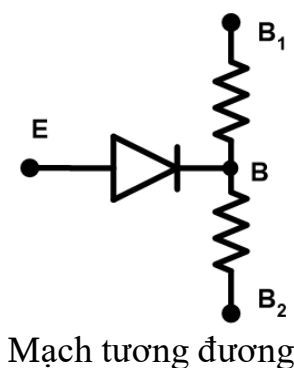
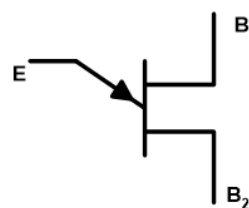
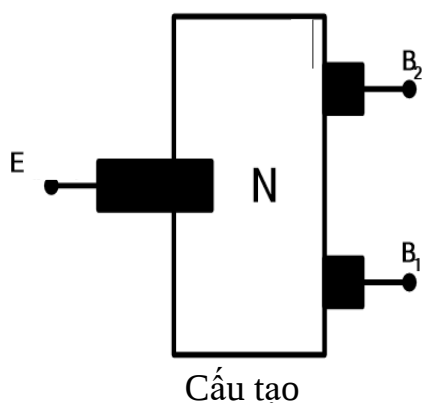
I. Uni Junction Transistor (UJT).

1. Cấu tạo- Ký hiệu - Hình dạng :

UJT là chữ viết tắt Uni-Junction- Transistor, nghĩa là Transistor một mối nối (một tiếp giáp), hay còn gọi là transisistor đơn nối.

Transistor đơn nối gồm một nền là thanh bán dẫn loại N có mật độ điện tử tự do nhỏ. Hai cực kim loại nối vào hai đầu của thanh bán dẫn N gọi là cực nền (gốc) B_1 và B_2 . Một dây nhôm nhỏ có đường kính nhỏ hơn 0,1mm được khuếch tán vào thanh bán dẫn N tạo thành một vùng chất P có mật

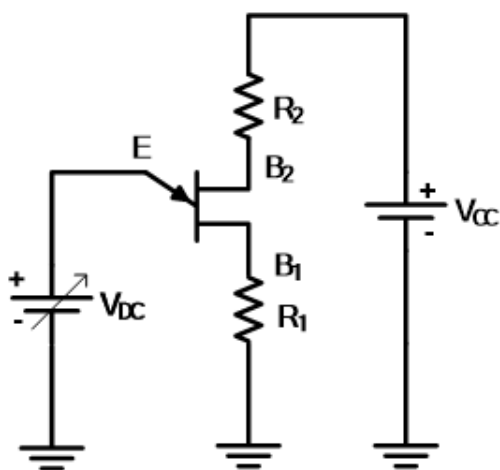
độ rất cao, tạo thành một mối nối P- N giữa dây nhôm và thanh bán dẫn, dây nhôm được nối ra ngoài tạo thành cực phát E của UJT.



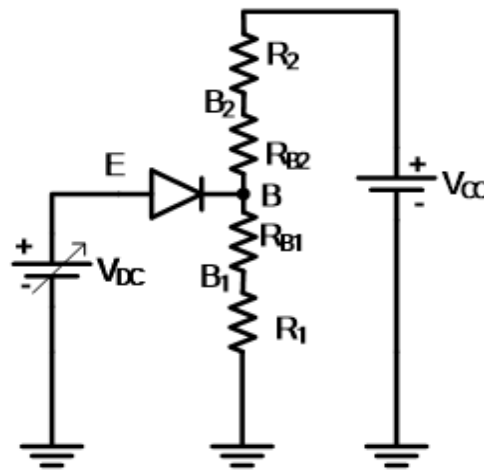
Hình 13.2

Xem bán dẫn N gồm 2 điện trở R_{B1} và R_{B2} nối tiếp từ cực B_1 đến cực B_2 , gọi là điện trở liên nền R_{BB} ($R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$). Còn tiếp giáp P -N biểu thị bằng một diode nối từ cực E vào thanh bán dẫn ở điểm B.

2. Nguyên lý hoạt động và đặc tuyến của UJT:



Sơ đồ phân cực UJT



Sơ đồ mạch tương đương

Hình 13.3

Xét mạch điện gồm 2 nguồn điện

- 1 nguồn V_{CC} đặt vào 2 cực gốc B_2 và B_1
- 1 nguồn V_{DC} đặt vào cực phát E và cực gốc B_1

Khảo sát các trường hợp sau :

- **Trường hợp 1:** Khi $V_{CC} > 0$ và $V_{DC} = 0 \Rightarrow V_E = 0$ lúc này có một dòng điện I_B chạy từ B_2 đến B_1

Ta có : $R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$

Điểm B thường gần cực B_2 hơn B_1 nên $R_{B1} \gg R_{B2}$. Mỗi UJT có tỉ số điện trở khác nhau gọi là η (hệ số ngắt) và :

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{BB}} = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} = 0,5 \div 0,8$$

Ta có :
$$I_{BB} = \frac{V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2} + R_1 + R_2} = \frac{V_{CC}}{R_{BB} + R_1 + R_2} = \frac{V_{CC}}{R_{BB}}$$

(vì $R_1, R_2 \ll R_{BB}$). R_{BB} có trị số khoảng $4K\Omega - 12K\Omega$

Do đó dòng I_{BB} có trị số khoảng vài Miliampe

Điện áp tại điểm B là :
$$V_B = V_{CC} \cdot \frac{R_{B1}}{R_{BB}} = \eta \cdot V_{CC}$$

$V_B > V_E$ ($V_E = 0$) nên diode EB bị phân cực ngược có một dòng rỉ (dòng ngược) đi từ B qua E xuống Mass, dòng điện này rất nhỏ (ứng với giá trị I_{EO} trên đặc tuyến)

- **Trường hợp 2** Khi tăng dần điện áp V_{DC} nghĩa là tăng dần điện áp V_E từ 0^V lên thì dòng rỉ giảm dần và khi $V_E = V_B$ thì dòng điện rỉ bằng 0 ($I_E = 0$)

- **Trường hợp 3:** Nếu tiếp tục tăng V_{DC} nghĩa là tiếp tục tăng V_E (để $V_E > V_B$) lên một mức bằng điện áp ngưỡng (V_γ) của diode EB để đạt điện áp đỉnh $V_p = V_B + V_\gamma$ thì diode EB phân cực thuận nên dẫn điện và dòng điện I_E tăng cao.

Giải thích điều này là do diode EB dẫn mạnh tức là có một dòng lỗ trống rất lớn để từ cực phát E sang cực B_1 làm cho vùng này tràn ngập hạt dẫn khiến cho điện trở R_{B1} bị sụt giảm đột ngột kéo theo sự suy giảm điện áp V_B và V_E nên dòng I_E tăng cao. Khi dòng điện chạy từ E tới B_1 càng lớn thì R_{B1} càng nhỏ ($R_{B1} \text{ min} = 100\Omega$).

Trong khoảng này điện áp V_E bị giảm trong khi dòng điện I_E lại tăng, nên người ta gọi đây là vùng điện trở âm.

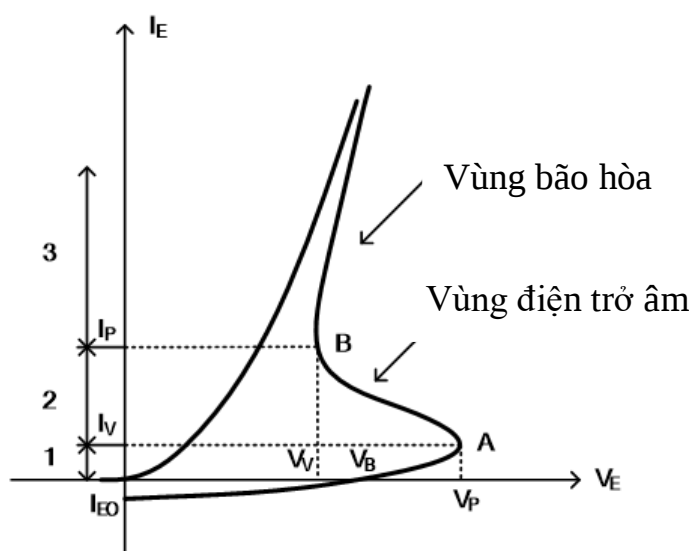
Khi R_{B1} giảm thì $R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$ cũng bị giảm làm dòng điện I_{BB} tăng lên gần 2 lần trị số ban đầu, vì bây giờ điện trở liên liên R_{BB} chủ yếu R_{B2} và dòng

điện I_{BB} có trị số gần đúng là :
$$I_{BB} \approx \frac{V_{CC}}{R_{B2}}$$

Dòng điện I_E tiếp tục tăng và điện áp V_E giảm đến một trị số thấp nhất gọi là điện áp thung lũng V_v (valley) Thì dòng điện I_E và V_E sẽ tăng lên như đường đặc tính của một diode thông thường. Vùng này gọi là vùng bão hòa.

Ta có thể chia đặc tuyến thành 3 vùng như hình vẽ :

- Vùng 1 : Là vùng ngắt
- Vùng 2 : Là vùng hoạt động hay điện trở âm
- Vùng 3 : Là vùng bão hòa



Hình 13.4: đặc tính V-I của UJT

Chính nhờ đặc tuyến có điện trở âm (đoạn AB) mà UJT có nhiều ứng dụng đặc biệt như để tạo sóng phát xung kích làm mạch trễ ..

3. Các thông số kỹ thuật của UJT :

a. Điện trở liên nền R_{BB}

Là trị số điện trở giữa hai cực nền B_1 và B_2 khi cực E để hở :

$$R_{BB} = R_{B1} + R_{B2} = 4 \text{ K}\Omega \rightarrow 12 \text{ K}\Omega \text{ (thông thường)}$$

b. Hệ số ngắt (hệ số nội tại) η

Theo định nghĩa $\eta = \frac{R_{B1}}{R_{BB}}$ thông thường $\eta = 0,5 \rightarrow 0,8$

Từ giá trị của η ta có thể tính được điện áp điểm B giữa 2 điện trở R_{B1} và R_{B2} theo công thức :

$$V_B = V_{CC} \frac{R_{B1}}{R_{BB}} = \eta V_{CC}$$

c. Điện áp đỉnh V_P

Điện áp đỉnh V_P là điện áp tối thiểu để phân cực thuận diode EB khi 2 cực nền B_1 và B_2 nối vào nguồn V_{CC}

d. Dòng điện đỉnh I_P

Dòng điện đỉnh I_P ứng với điện áp đỉnh V_P , dòng điện I_P thường có trị số nhỏ khoảng vài chục microampe

e. Điện áp thung lũng V_V

Là điện áp thấp nhất tại cực phát E và khi UJT dẫn (diode EB phân cực thuận) điện áp V_V có trị số khoảng vài vôn.

f. Dòng điện thung lũng I_V

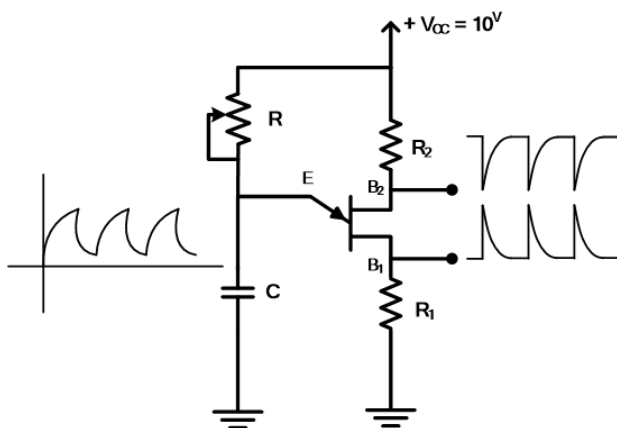
Là dòng điện qua UJT ứng với điện áp tại E là điện áp thung lũng V_V . dòng điện I_V thường có trị số rất lớn so với dòng điện đỉnh I_P (I_V khoảng vài miliampe trở lên)

g. Công suất tiêu tán P_{Dmax}

Là công suất nhiệt lớn nhất mà UJT có thể chịu được khi dòng điện đi qua, lớn hơn trị số ngày UJT sẽ bị hư.

4. Ứng dụng của UJT:

Mạch hình 13 .5 là sơ đồ mạch tích thoát cơ bản trong đó điện trở $R_1 - R_2$ để nhận tín hiệu xung ra (R_2 còn có tác dụng ổn định nhiệt cho điện áp đỉnh V_P), tụ C và điện trở R là mạch nạp để tạo điện áp tăng dần cho cực E. Khi thay đổi trị số điện trở R là thay đổi thời gian nạp xả của tụ.



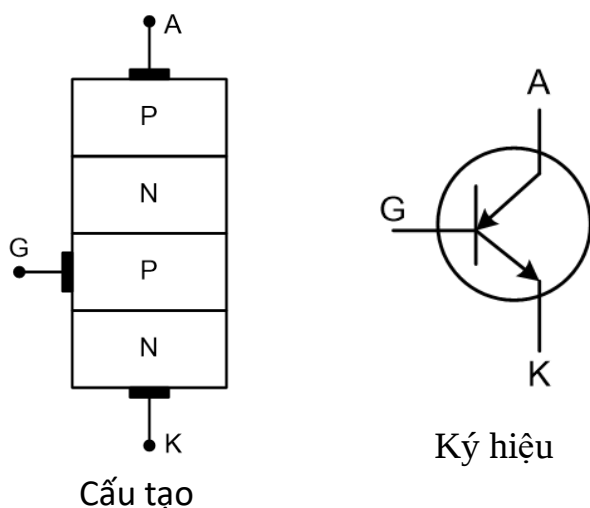
Hình 13.5: sơ đồ nguyên lý

Khi cấp điện cho mạch, thì UJT chưa dẫn vì điện áp V_E còn thấp, lúc này tụ C được nạp điện quang biến trở R, điện áp tại chân E tăng dần cho đến khi đạt tới giá trị điện áp đỉnh V_P thì UJT dẫn, tụ C phóng điện qua UJT (R_{B1}) và qua R_1 xuống mass. Dòng phóng này tạo ra ở chân B_1 một xung điện áp. Điện áp trên tụ giảm dần, dòng phóng giảm dần. Khi điện áp trên tụ V_C ($V_C = V_E$) giảm đến giá trị V_V thì UJT ngưng dẫn. Kết thúc một chu kỳ. Tụ C lại nạp điện bắt đầu cho một chu kỳ xung kế tiếp.

II. GTO

GTO được viết tắt bởi **Gate Turn-off Thyristor** (tạm dịch thyristor có thể tắt được bởi cực cổng).

1. Cấu tạo – ký hiệu



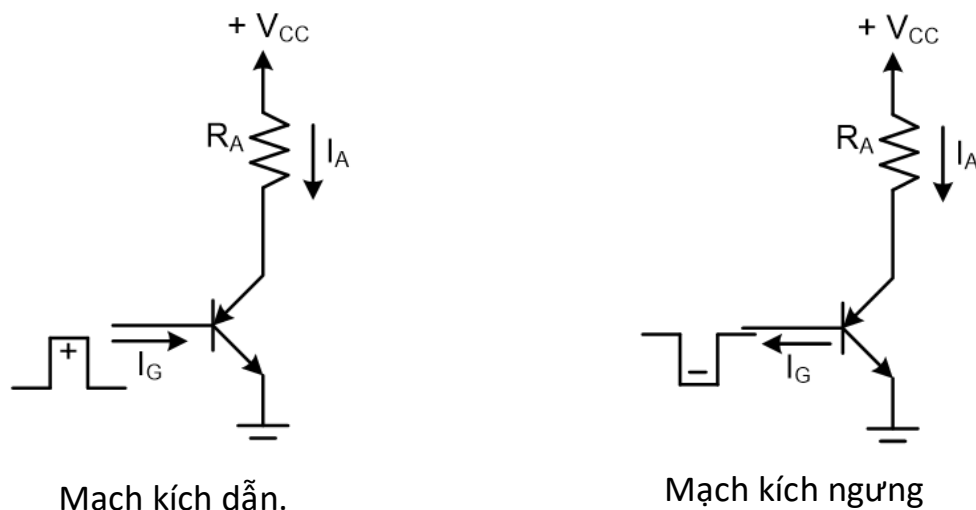
Hình 13.6

GTO có cấu tạo tương đương như thyristor cũng có bốn lớp bán dẫn xếp xen kẽ và nối ba chân là anốt, catốt và gate. Điều khác nhau giữa GTO và SCR là GTO được chế tạo với transistor trong mạch tương đương có độ khuếch đại β khá nhỏ.

2. Nguyên lý

GTO có cấu tạo với hai transistor có độ khuếch đại β khá nhỏ nên khi muốn kích thích cho GTO ngưng dẫn ta có thể tạo một điện áp phân cực nghịch giữa cổng và catốt để kéo dòng I_{C2} từ cực cổng ra để làm ngưng T_1 , kéo T_2 ngưng theo.

Nguyên tắc này chỉ áp dụng được cho GTO mà không áp dụng được cho SCR vì SCR được chế tạo với hai transistor β rất lớn nên dòng I_C kích dẫn SCR có giá trị rất nhỏ sẽ cho ra dòng I_A lớn. Khi muốn ngưng SCR thì phải có dòng I_G kích ngưng khá lớn mới làm ngưng được SCR. Điều này khó thực hiện trong các mạch điều khiển.



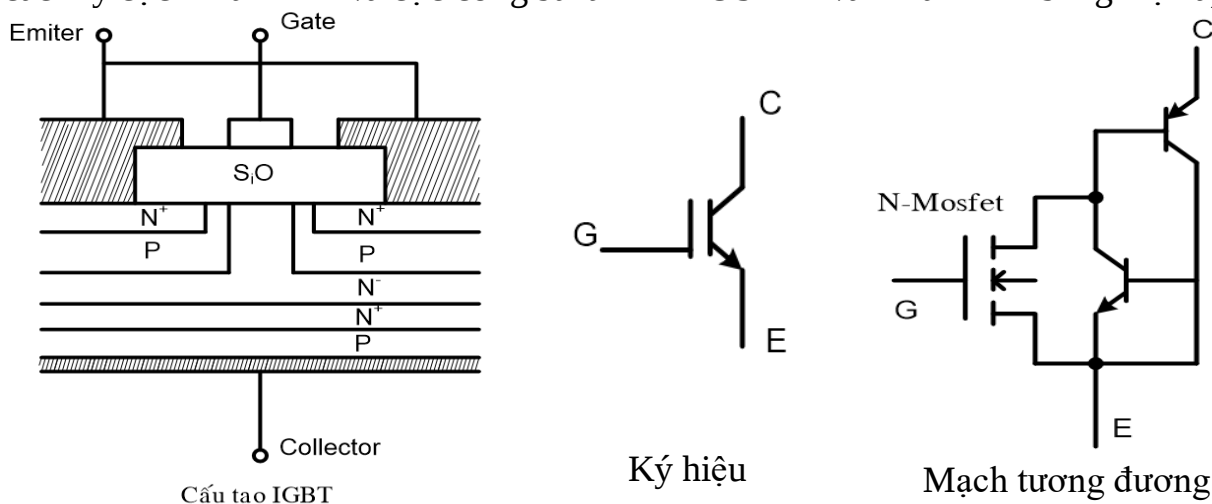
Hình 13.7

Đối với GTO để thực hiện được nguyên lý kích ngưng như trên người ta chỉ chế tạo các loại GTO công suất trung bình để có dòng I_A và I_G không lớn lắm. Do đó β nhỏ nên dòng kích I_G của GTO lớn hơn nhiều lần so với các SCR cùng công suất. GTO có một thông số quan trọng là tỉ số giữa dòng điện I_A về dòng kích ngưng ở cực cổng $I_{G\ OFF}$ gọi là độ lớn dòng tắt thường khoảng 10 lần.

III. Isulate Gate Bopalar Transistor (IGBT)

1. Cấu tạo - Ký hiệu- Mạch tương đương :

IGBT có đặc tính tốt hơn so với các linh kiện khác do IGBT là mạch Darlington của BJT và MOSFET, vì vậy nó có điện trở khi dẫn nhỏ như BJT, cách ly cực điều khiển và cực công suất như MOSFET và điều khiển bằng điện áp.



Hình 13.8

2. Nguyên lý làm việc:

Lớp p cực Collector của IGBT kết hợp với lớp n vùng khuếch tán tạo tiếp xúc p-n, khi dẫn. Để đơn giản ta giả thiết cực Emitter là điện thế mát

(ground potential).

Khi điện thế cực C âm, lớp tiếp xúc p-n khuếch tán phân cực ngược, ngăn không cho dòng điện tải chạy trong linh kiện – linh kiện ở trạng thái ngắt.

Khi cực G có điện áp mát (ground potential) mà điện áp dương trên cực C, tiếp xúc p-n khuếch tán cũng phân cực ngược, làm cho dòng điện tải không chạy trong linh kiện – linh kiện ở trạng thái chưa dẫn.

Khi cực G mang điện thế dương lớn hơn điện áp đóng V_{Th} , kênh n được hình thành cho phép điện tử dịch chuyển vào vùng n-khuếch tán. Lớp tiếp xúc p-n khuếch tán phân cực thuận và điện tích lỗ hổng dịch chuyển vào vùng khuếch tán. Trong vùng này điện tử kết hợp với điện tích lỗ hổng thiết lập khoảng trung hòa, các điện tích lỗ hổng còn lại kết nối với cực E, tạo dòng điện giữa hai cực E-C.

- IGBT là transistor công suất hiện đại, chế tạo trên công nghệ VLSI, cho nên kích thước gọn nhẹ. Nó có khả năng chịu được điện áp và dòng điện lớn cũng như tạo nên độ sụt áp vừa phải khi dẫn điện.

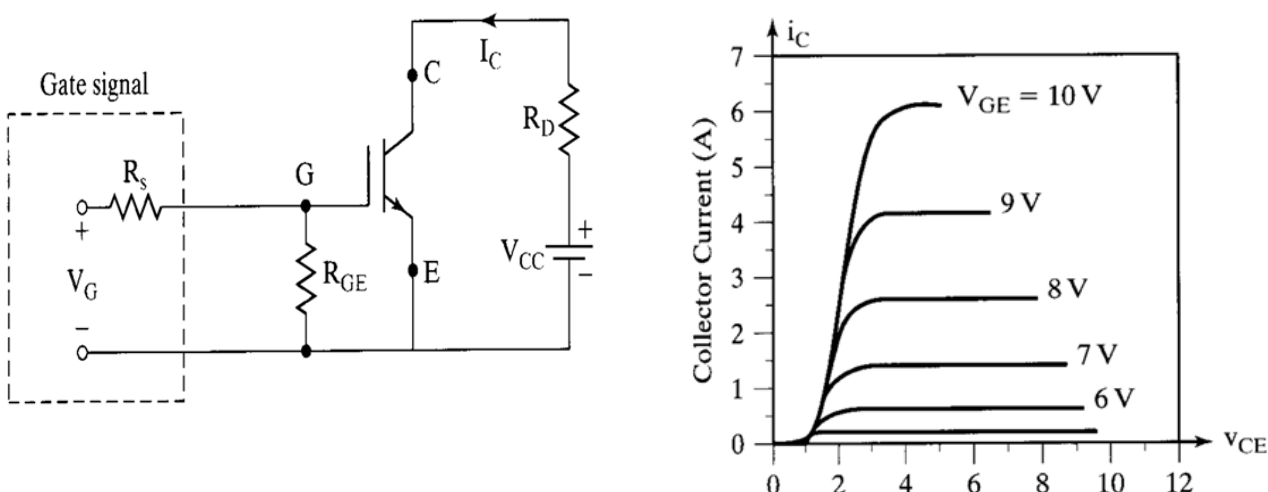
- IGBT có cấu trúc gồm bốn lớp p-n-p-n. IGBT có cấu tạo gồm 3 cổng Gate (G), Collector (C), Emitter (E). Mạch điều khiển nối vào cổng GE, mạch công suất được nối giữa cổng C-E.

- IGBT được thực hiện từ sự kết hợp giữa IGBT đầu vào với cổng Gate cách ly và transistor dạng n-p-n đầu ra, nhờ đó mà IGBT tập hợp được những đặc tính của cả IGBT và IGBT. Cổng Gate của IGBT giống như cổng Gate của MOSFET, còn cực Collector và Emitter giống như BJT.

- Việc kích dẫn IGBT được thực hiện bằng xung điện áp đưa vào cổng kích G. Khi tác dụng lên cổng G điện thế dương so với Emitter để kích đóng IGBT, các hạt mang điện loại n được kéo vào kênh p gần cổng G làm giàu điện tích mạch cổng p của transistor n-p-n và làm cho IGBT dẫn điện. Để ngắt IGBT ta ngắt điện áp cấp cho cổng GE.

3. Đặc tính Volt-Amper

- Đặc tính V-A của IGBT có dạng tương tự như đặc tính V-A của MOSFET.



Hình 13.9: Sơ đồ mạch và đặc tính ngõ ra

Đặc tính V-I của IGBT được phân làm 3 vùng:

- **Cutoff mode - Vùng nghịch:** $V_{GE} < V_{Th}$ đặc tính ra với thông số $I_D = 0$. Nằm trong vùng này. IGBT ở chế độ ngắt. Trong đó V_{Th} là điện áp đóng của MOSFET

- **Triode mode or Linear Active - Vùng tích cực:** $V_{CE} < V_{GE} - V_{Th}$; $V_{GE} > V_{Th}$ là vùng mà IGBT dẫn, dòng điện chạy từ cổng Drain đến cổng Source. Dòng I_C tỷ lệ với điện áp V_{CE} . Dòng điện I_C lớn và điện áp C-E nhỏ, IGBT hoạt động như khóa đóng ngắt.

- **Saturation - Vùng bão hòa:** $V_{CE} > V_{GE} - V_{Th}$; $V_{GE} > V_{Th}$ Dòng điện I_C hầu như không đổi khi điện áp V_{CE} tăng và IGBT hoạt động như một khâu khuếch đại.

IGBT trong ĐTCS chỉ sử dụng hai trạng thái **Triode mode và Cutoff mode**

- Để ngắt IGBT, cực G được nối tắt với cổng E làm cho dòng điện trong transistor p-n-p ngưng. Dòng I_C đột ngột giảm nguyên nhân là vì kênh điện tử bị gỡ bỏ, đồng thời hạt điện tích dương dư thừa trong vùng n-khuếch tán bị suy giảm vì kết hợp lại với điện tử.

4. Các thông số cơ bản IGBT.

- IGBT kết hợp những ưu điểm của MOSFET và BJT.

- Ưu điểm của IGBT là khả năng đóng ngắt nhanh, làm nó được sử dụng trong các bộ biến đổi điều chế độ rộng xung tần số cao. IGBT hiện chiếm vị trí quan trọng trong công nghiệp với hoạt động trong phạm vi công suất đến 10MW hoặc cao hơn nữa.

- Công nghệ chế tạo IGBT phát triển tăng nhanh công suất của IGBT đã giúp nó thay thế dần GTO trong một số ứng dụng công suất lớn.

- So với thyristor, thời gian đáp ứng đóng và ngắt IGBT rất nhanh, khoảng một vài μs và khả năng chịu tải đạt đến mức điện áp vài ngàn Volt (6kV) và dòng điện vài ngàn Amper.

- Khả năng đóng cắt nhanh đến 100kHz

- Áp định mức đến 6.3 kV

- Dòng định mức đến 2,4 kA

- Điện trở linh kiện khi dẫn đến 50m Ω .

- Ứng dụng cho bộ biến đổi có công suất lớn đến 10MW

- Có khả năng chịu áp ngược cao.

- Sụt áp thấp 2-3V với áp định mức 1000V.