

**UBND HUYỆN CỬ CHI  
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ CỬ CHI**

**GIÁO TRÌNH  
MÔN HỌC/MÔ ĐUN: LINH KIỆN ĐIỆN TỬ  
NGHỀ: ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP  
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ**

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 48/QĐ-TCNCC ngày 04 tháng 10 năm  
2021 của Hiệu trưởng Trường Trung Cấp Nghề Cử Chi*

**Tp. Hồ Chí Minh, năm 2021**

## **TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN**

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo

Cuốn giáo trình này dùng cho học sinh hệ trung cấp và đã lưu hành nội bộ tại trường

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

## LỜI NÓI ĐẦU

Trong chương trình đào tạo của các trường trung cấp nghề, cao đẳng nghề Điện tử công nghiệp thực hành nghề giữ một vị trí rất quan trọng: rèn luyện tay nghề cho học sinh. Việc dạy thực hành đòi hỏi nhiều yếu tố: vật tư thiết bị đầy đủ đồng thời cần một giáo trình nội bộ, mang tính khoa học và đáp ứng với yêu cầu thực tế.

Nội dung của giáo trình “Linh kiện điện tử” đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung giảng dạy của các trường, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước,.

Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới và biên soạn theo quan điểm mở, nghĩa là, đề cập những nội dung cơ bản, cốt yếu để tùy theo tính chất của các ngành nghề đào tạo mà nhà trường tự điều chỉnh cho thích hợp và không trái với quy định của chương trình khung đào tạo cao đẳng nghề.

Tuy các tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn, nhưng giáo trình chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót, rất mong nhận được sự tham gia đóng góp ý kiến của các bạn đồng nghiệp và các chuyên gia kỹ thuật đầu ngành.

*Xin trân trọng cảm ơn!*

# Bài 1: Cơ sở điện học

## Mục tiêu:

- ✓ Có cơ sở kiến thức về điện học, nắm được các khái niệm cơ bản về điện học như điện tích, điện trường, dòng điện . . .
- ✓ Có kiến thức về dòng điện một chiều, xoay chiều từ đó làm cơ sở để học tiếp những phần khác.
- ✓ Nội dung của bài:

## 1. Nguồn gốc của dòng điện

### 1.1. Cấu tạo vật chất

Theo thuyết phân tử, các nhà khoa học cho rằng: phân tử chính là thành phần nhỏ nhất của vật chất.

Ví dụ: nước là do nhiều (vô số) phân tử nước kết hợp lại.

- ✓ Phân tử muối vẫn mang tính chất mặn của muối.
- ✓ Phân tử đường vẫn mang tính chất ngọt của đường.

Bản thân phân tử lại do những phân tử nhỏ hơn hợp thành. Theo thuyết nguyên tử thì nguyên tử là thành phần nhỏ nhất của vật chất còn mang tính chất đó.

Đơn chất (chất cơ bản) là vật chất chỉ do một chất tạo thành, nghĩa là không thể phân tích ra hai hay nhiều chất cơ bản.

Ví dụ: oxy, hydro, vàng, sắt...

Hợp chất là những vật chất có thể phân tích thành hai hay nhiều chất cơ bản.

Ví dụ: nước là hợp chất vì có thể phân tích thành hai chất cơ bản là khí hydro và khí oxy.

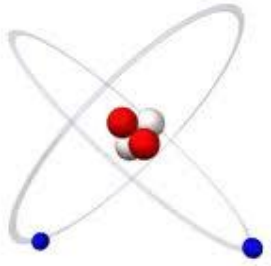
Năm 1897, W. Thomson khám phá ra electron và chứng minh nó có điện tích âm. Sau đó, N. Bohr (nhà vật lý người Đan Mạch) đã mô hình hóa mẫu hành tinh nguyên tử. Do đó mới phát minh ra thuyết điện tử.

Theo thuyết điện tử, tất cả các nguyên tử được cấu tạo bởi 3 loại “hạt” chính:

- ✓ Proton là hạt mang điện tích dương, các proton nằm trong nhân nguyên tử.
- ✓ Neutron là một hay nhiều hạt không mang điện tích. Các neutron nằm trong nhân nguyên tử.
- ✓ Electron (điện tử) là hạt mang điện tích âm và cũng là điện tích cơ bản. Các điện tử chuyển động xung quanh nhân.

Ví dụ: nguyên tử He





Hình 1.1. Cấu tạo nguyên tử He

Bình thường nguyên tử ở trạng thái trung hoà điện, nghĩa là số lượng proton bằng số lượng electron.

## 1.2. Điện tích

Điện là một thuộc tính của hạt, lượng mang tính chất điện gọi là điện tích.

Đơn vị đo điện tích được tính bằng coulomb (C).

Mỗi electron có điện tích:  $e = 1,6.10^{-19}C$ .

Các hạt mang điện tương tác nhau: các hạt trái dấu hút nhau, các hạt cùng dấu đẩy nhau.

Khi khảo sát các lực tương tác giữa những hạt tích điện năm 1785, nhà Vật lý người Pháp Coulomb đã phát hiện ra định luật sau.

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm  $q_1, q_2$  ở trạng thái đứng yên, cách nhau một khoảng  $r$  có:

- Phương là đường thẳng nối hai điện tích điểm.

- Độ lớn tỉ lệ thuận với tích  $q_1, q_2$  v tỉ lệ nghịch với  $r^2$

Độ lớn lực tương tác giữa hai điện tích điểm  $q_1, q_2$  ở trạng thái đứng yên, cách nhau một khoảng  $r$  được xác định theo định luật Coulomb:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

F: lực tương tác(N)

$q_1, q_2$  : điện tích (C)

r: khoảng cách (m)

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon \epsilon_0}$$

Nguyên tử trung hoà điện khi số lượng proton bằng số lượng electron

Một nguyên tử khi không cân bằng điện thì trở thành ion:

- ✓ Ion dương khi số lượng proton lớn hơn số lượng electron.
- ✓ Ion âm khi số lượng proton nhỏ hơn số lượng electron.

Ví dụ: Một điện tử thoát ly khỏi nguyên tử thì điện tử là ion âm còn nguyên tử còn lại là ion dương.

### 1.3. Điện trường

Năng lượng phân bố liên kết với điện tích cho chúng ta một hình ảnh về điện trường. Điện tích tỏa ra không gian quanh nó một trường ảnh hưởng gọi là điện trường.

Tính chất cơ bản của điện trường là khi có một điện tích đặt trong điện trường thì điện tích đó chịu tác dụng của lực điện.

Điện trường là dạng vật chất tồn tại xung quanh điện tích và tác dụng lên điện tích khác đặt trong nó.

Người ta biểu diễn điện trường bằng các đường sức, mật độ các đường sức dùng để chỉ cường độ điện trường.

$$E = \frac{F}{q}$$

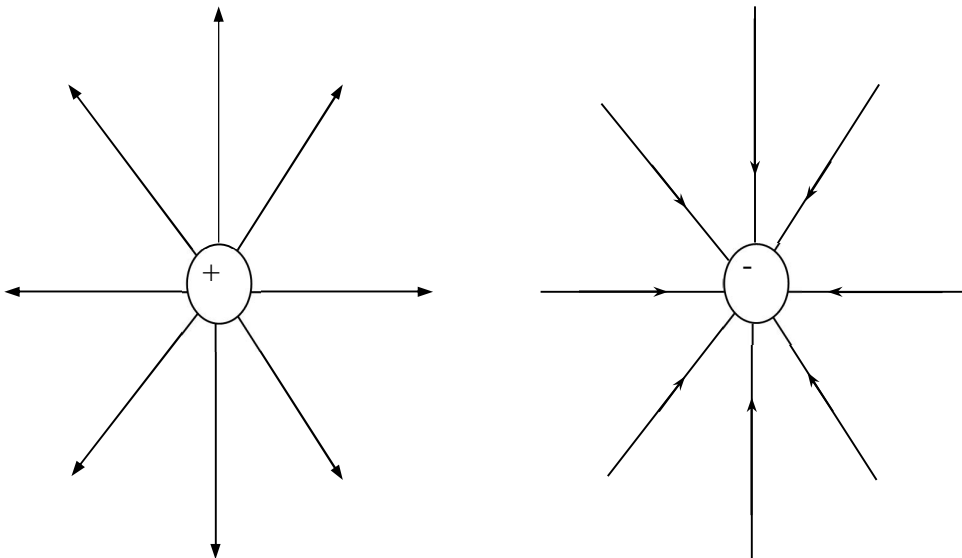
E: cường độ điện trường (V/m)

F: lực điện trường (N)

q: điện tích (C)

Vì điện tử mang điện tích âm ( $q = e$ ) nên lực tác động lên điện tử ngược chiều với điện trường hay nói cách khác, một điện tử tự do sẽ di chuyển ngược chiều với điện trường.

Chiều của đường sức đi từ điện tích dương đến điện tích âm.

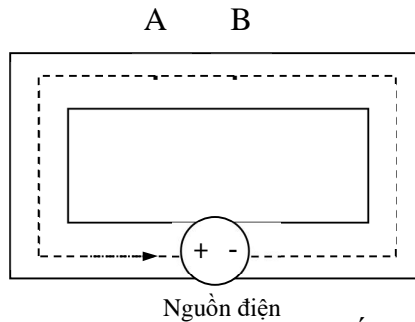


Hình 1.2. Biểu diễn chiều của đường sức

## 1.4. Điện thế - hiệu điện thế

Tương tự như nước chỉ chảy thành dòng từ nơi cao đến nơi thấp của trái đất nghĩa là giữa hai nơi có địa thế khác nhau, bằng thực nghiệm các nhà vật lý đã chứng tỏ rằng: các hạt mang điện tích chỉ chuyển động có hướng tạo thành dòng điện giữa hai điểm có điện thế khác nhau.

Ở mạch điện - điện lượng tại A có một thế năng điện, gọi tắt là điện thế tại A và tại B cũng có một điện thế tương ứng với vị trí B trong mạch.



Hình 1.3. Hiệu điện thế.

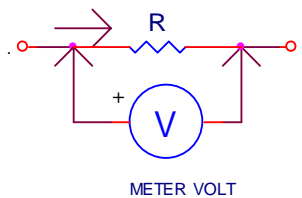
Để dịch chuyển điện lượng  $q$  từ vị trí A sang vị trí B tức để tạo dòng điện từ A sang B thì nguồn điện phải tạo ra một năng lượng là  $V_{AB}$

$V_{AB} = V_A - V_B = -V_{BA}$ , gọi là hiệu điện thế giữa A và B.

Điểm nối chung của mạch điện được chọn làm điểm gốc (điểm đất, điểm masse). Điểm này có điện thế bằng 0. Khi cho điểm A nối trực tiếp xuống masse thì điểm A có điện thế:  $V_A = 0$ .

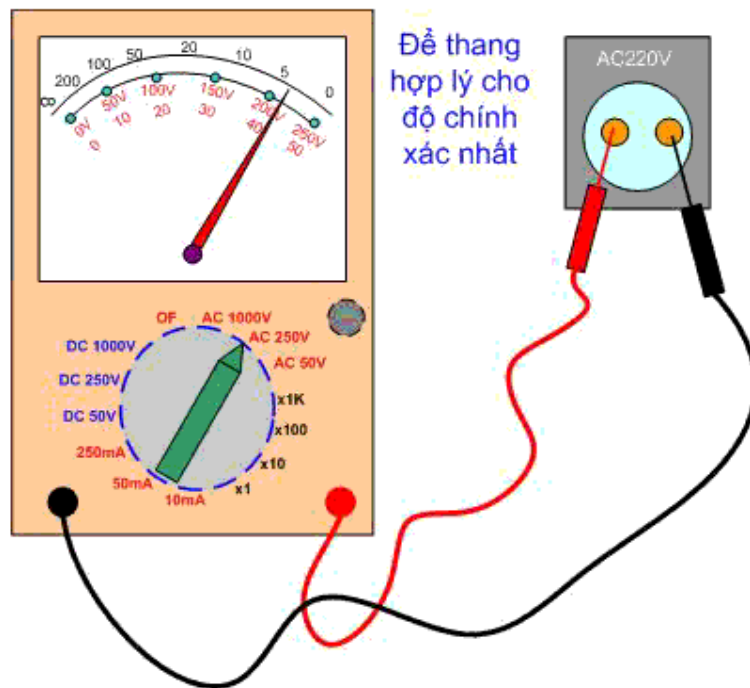
Ví dụ 1: cách đo hiệu điện thế:

- ✓ Quy cách đo V:
- ✓ Đo điện thế hiệu điện thế phải mắc Volt kế song song với điểm cần đo:



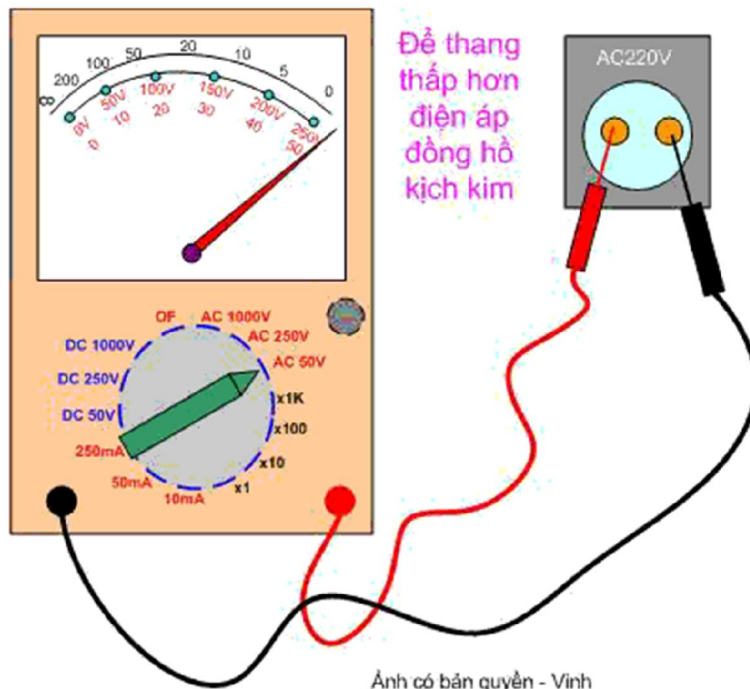
Hình cách đo hiệu điện thế.

- ✓ Đo điện thế xoay chiều: Tiến hành đo điện áp xoay chiều 220V.



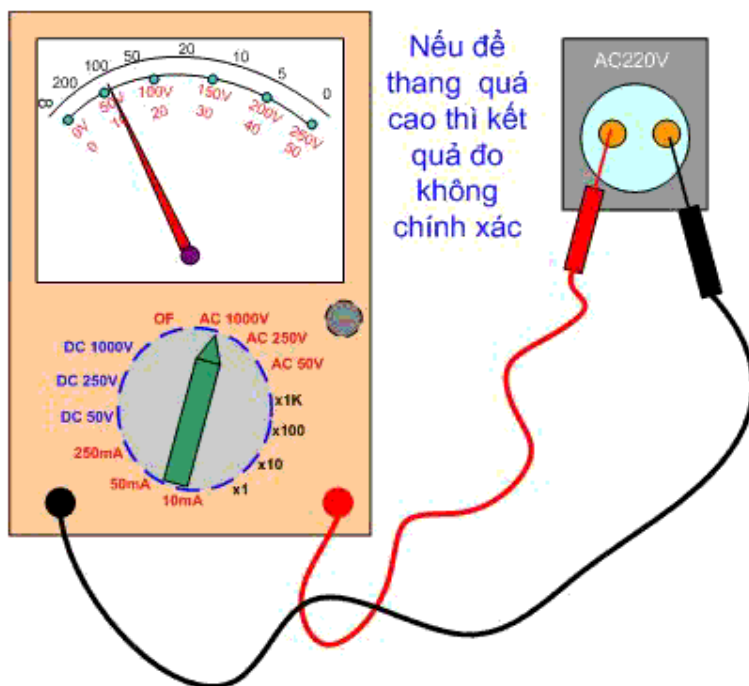
Hình 1.4 Đo điện áp xoay chiều với thang đo hợp lý.

Tiến hành chọn thang đo hợp lý là 250V. Sau đó cắm hai que đo vào điện thế 220V. Chú ý vì là điện xoay chiều nên ta không cần chú ý tới cực của que đo.



Ảnh có bản quyền - Vinh

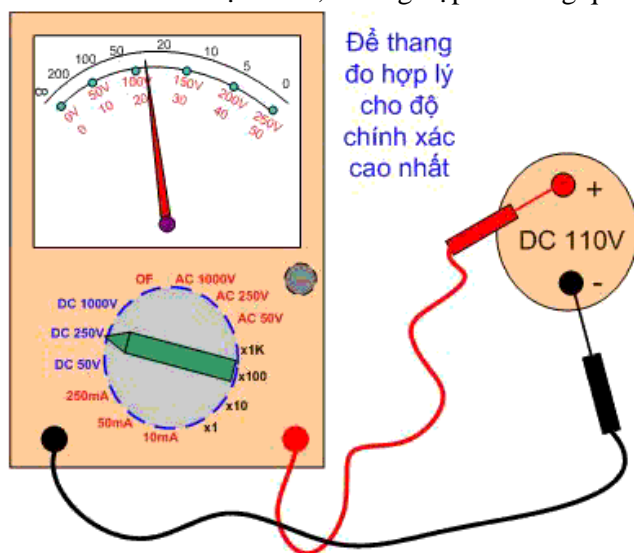
Hình 1.5 Đo điện áp xoay chiều với thang đo thấp hơn điện áp.



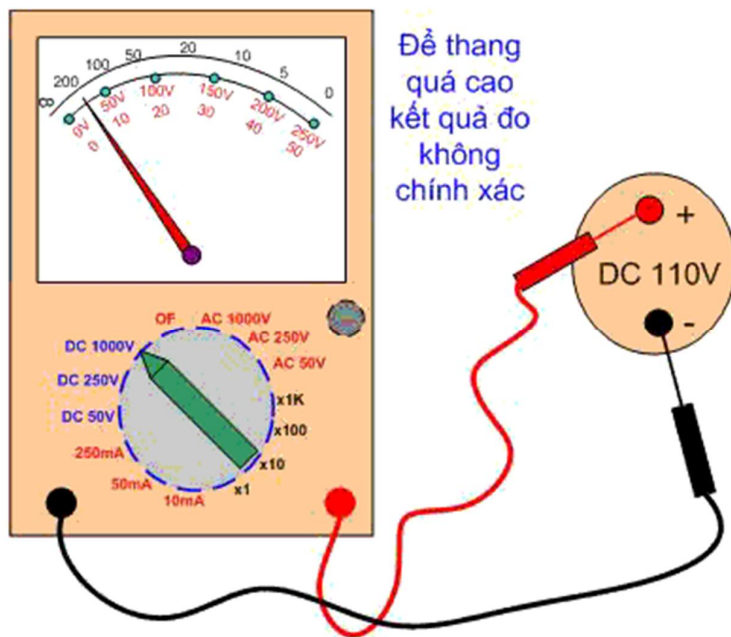
Hình 1.6 Đo điện áp xoay chiều với thang đo cao.

**Chú ý:** Tuyệt đối không để thang đo điện trở hay thang đo dòng điện khi đo vào điện áp xoay chiều => Nếu nhầm đồng hồ sẽ bị hỏng ngay lập tức !

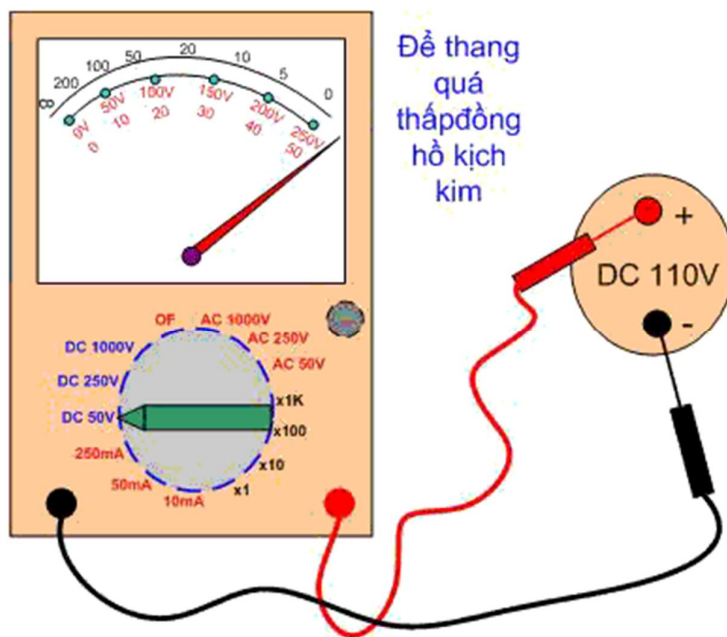
Ø Đo điện thế một chiều DC: Tiến hành đo điện thế một chiều DC 110V. Khi đo điện áp một chiều DC, ta nhớ chuyển thang đo về thang DC, khi đo ta đặt que đỏ vào cực dương (+) nguồn, que đen vào cực âm (-) nguồn, để thang đo cao hơn điện áp cần đo một nấc. Ví dụ nếu đo áp DC 110V ta để thang DC 250V, trường hợp để thang đo thấp hơn điện áp cần đo => kim báo kịch kim, trường hợp để thang quá cao => kim báo thiếu chính xác.



Hình 1.7 Đo hiệu điện thế DC với thang đo hợp lý.



Hình 1.8 Đo hiệu điện thế DC với thang đo quá cao.



Hình 1.9 Đo hiệu điện thế để thang đo đồng hồ quá thấp

### 1.5. Dòng điện

Dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện.

$$I = \frac{dq}{dt}$$

- ✓ I: cường độ dòng điện (A)
- ✓ dq: điện lượng (C)
- ✓ dt: khoảng thời gian ngắn (s)

Theo qui ước dòng điện có chiều từ dương sang âm. Đơn vị đo cường độ dòng điện: Ampere (A)

1mA (miliampere) =  $10^{-3}$ A

1 $\mu$ A (microampere) =  $10^{-6}$ A

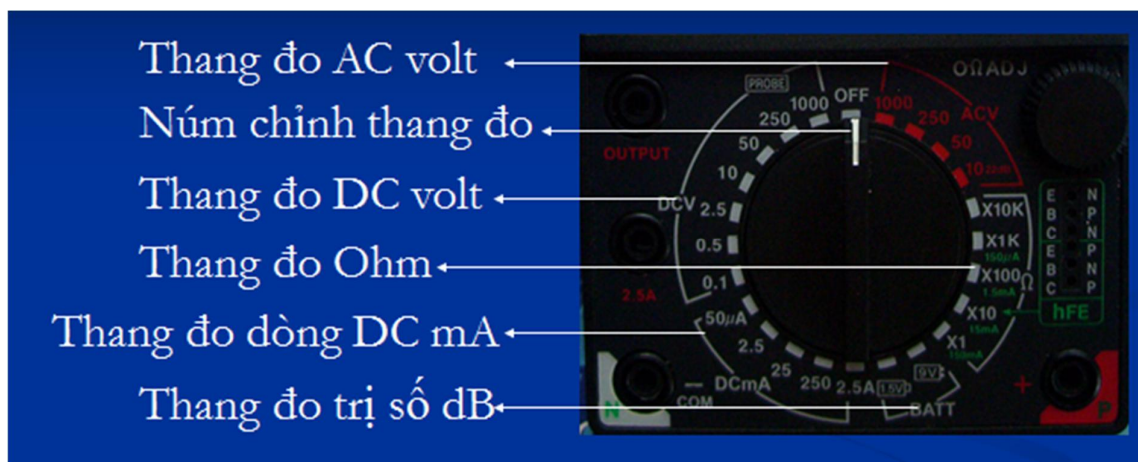
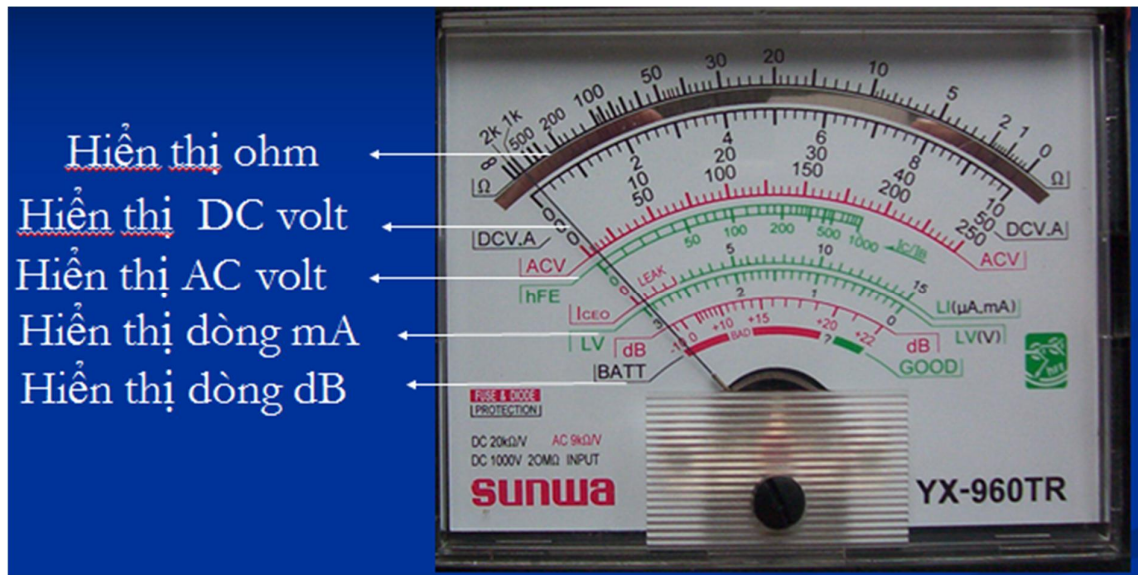
**Ví dụ:**

Để đo dòng điện bằng đồng hồ vạn năng, ta đo đồng hồ nối tiếp với tải tiêu thụ và chú ý là chỉ đo được dòng điện nhỏ hơn giá trị của thang đo cho phép, ta thực hiện theo các bước sau:

**Bước 1 :** Đặt đồng hồ vào thang đo dòng cao nhất .

**Bước 2:** Đặt que đồng hồ nối tiếp với tải, que đỏ về chiều dương, que đen về chiều âm .Nếu kim lên thấp quá thì giảm thang đo.

Nếu kim lên kịch kim thì tăng thang đo, nếu thang đo đã để thang cao nhất thì đồng hồ không đo được dòng điện này.

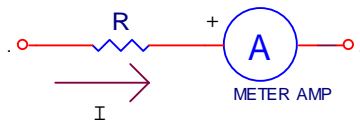


Hình 1.10 Các thang đo của đồng hồ VOM

Chỉ số kim báo sẽ cho ta biết giá trị dòng điện .

✓ Đo cường độ dòng điện ta mắc ampe kế nối tiếp với điểm cần đo.





Hình cách đi dòng điện.

## 1.6 Đo kết hợp dòng điện và hiệu điện thế.

### 1.6.1 Thiết bị sử dụng:

- ✓ Mô hình thực tập.
- ✓ Đồng hồ VOM.
- ✓ Đồng hồ DMM (Digital Multi Meter).
- ✓ Dao động ký (Osciloscope).
- ✓ Máy tạo tín hiệu (Signal Generator).

- Các linh kiện thụ động: Các loại điện trở than loại 1/4w, 1/2w, 1w Và điện trở công suất; Các loại tụ điện; Cuộn dây, relay 12VDC, 220VAC, loa loại 4Ω hoặc 8Ω.

### 1.6.2 Mục tiêu:

- ✓ Sử dụng thành thạo đồng hồ VOM.
- ✓ Sử dụng thành thạo đồng hồ DMM.
- ✓ Sử dụng thành thạo dao động ký (Osciloscope).
- ✓ Sử dụng thành thạo Máy tạo tín hiệu (Signal Generator).

### 1.6.3 Nội dung:

Các loại dụng cụ đo trong điện tử :

Có 4 thiết bị cơ bản:

Đồng hồ VOM có cấu tạo cơ-điện thường dùng dùng để đo 4 đại lượng điện:

- Điện thế một chiều (VDC)
- Điện thế xoay chiều (VAC)
- Điện trở (Ohm)
- Dòng điện một chiều (mADC).

Tuy VOM là thiết bị đo cổ điển nhưng vẫn rất thông dụng.

Đồng hồ DMM là đồng hồ đo hiển thị bằng số, có nhiều tính ưu điểm hơn đồng hồ VOM như tính đa năng, chính xác, dễ đọc kết quả, khả năng đo tự động, trở kháng ng vo lớn...

Dao động ký (còn gọi là dao động nghiệm hay máy hiện sóng) là thiết bị để thể hiện dạng sóng của tín hiệu, cho phép đo và xác định nhiều tính chất của tín hiệu như: dạng sóng, độ méo, tần số, biên độ đỉnh-đỉnh, tương quan pha ...

Máy tạo tín hiệu là thiết bị tạo ra tín hiệu dạng hình sin hay xung vuông chuẩn có tần số và biên độ thay đổi được.

Máy tạo tín hiệu kết hợp với dao động ký cho phép đánh giá nhiều yếu tố của mạch như độ lợi, độ méo, độ chậm trễ ...

Bốn thiết bị đo cơ bản ở trên được dùng trong ngành điện tử. Tuy nhiên thực hành điện tử cơ bản chỉ sử dụng VOM do đó trong giáo trình này chỉ đề cập đến đồng hồ VOM.



## Cấu tạo VOM:

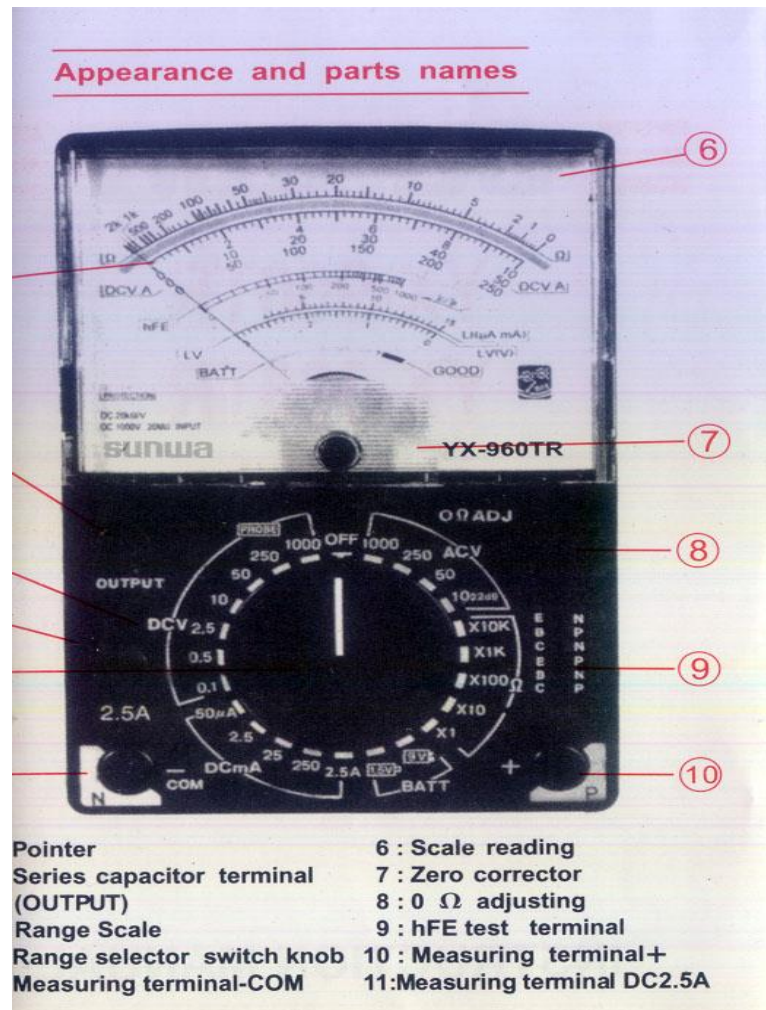
Ưu điểm:

- + Độ nhạy cao.
- + Tiêu thụ rất ít năng lượng của mạch điện được đo.
- + Chịu được quá tải.
- + Đo được nhiều thông số của mạch.

Cấu tạo gồm 4 phần chính:

- ✓ Khối chỉ thị: dùng để xác định giá trị đo được: kim chỉ thị và các vạch đọc khác độ.
- ✓ Khối lựa chọn thang đo: dùng để lựa chọn thông số và thang đo gồm chuyển mạch lựa chọn và panel chỉ dẫn lựa chọn.
- ✓ Bộ phận hiệu chỉnh: dùng để hiệu chỉnh.
- ✓ Khối các đầu vào và ra:

Vd: VOM hiệu SUNWA model VX-360TR rất phổ thông hiện nay, mạch điện như hình:



Hình 1.11 Hình dạng bên ngoài của đồng hồ VOM

Vít chỉnh cho kim chỉ số 0(mA, Volt),  $\Omega$  (ohm)

Núm chọn thang đo.

Lỗ cắm que đo (+), lỗ cắm que đo (-) –COM Output (nối tiếp với tụ điện).

Núm chỉnh 0  $\Omega$  (0  $\Omega$  Adj).

Pano của máy, kim chỉ số.

Vít mở máy, nắp sau.

Các thang đo:

Để chọn đúng thang đo cho 1 thông số cần đo phải thực hiện các bước sau.

✓ Trước khi tiến hành đo phải xác định các thông số cần đo là gì?

Ù Đo điện áp 1 chiều: chọn DCV

Ù Đo điện áp xoay chiều chọn ACV

Ù Đo cường độ dòng điện: DCmA

Ù Đo chỉ số điện trở:  $\Omega$

· Sau đó xác định khoảng giá trị: để chọn thang đo. Trị số thang đo chính là trị số có thể đo được lớn nhất.

**Đo điện trở (đo nguội hay còn gọi là khi không cấp điện áp)**

+ Vặn núm chọn thang đo vào một trong các vị trí x1, x10, x1k, x10k ...

+ Chập hai đầu que đo lại nếu kim chỉ thị nhảy lên chỉnh 0 $\Omega$  Adj (chỉnh 0) để kim chỉ đúng số 0 (phía phải).

+ Trước khi chắm hai que đo vào 2 điểm đo, phải bảo đảm giữa 2 điểm này không có điện thế.

+ Chắm 2 que đo vào hai điểm điện trở và đọc trị số trên mặt chia, sau đó nhân với thang đo để kết quả.

**Đo VDC, VAC, ADC (đo nóng hay đo khi đã cấp điện áp):**

· Đặt VOM đúng chức năng cần đo.

· Cần xác định giá trị cần đo có biên độ lớn nhất là bao nhiêu để từ đó đặt thang đo cao gần nhất.

Vd: Tiên đoán điện thế tối đa là 12V ta nên chọn thang đo an toàn là 25V. Trong trường hợp không tiên đoán được ta để thang đo cao nhất rồi khi đo ta lần lượt hạ thang đo xuống một cách phù hợp.

Lưu ý: khi đo VDC và ADC phải chú ý đến cực tính dấu + bao giờ cũng nối với điểm có điện thế cao hơn.

· Cách đọc giá trị (GT) đo:

**GT đo = (GT thang đo/GT vạch đọc)\* GT kim chỉ số**

Vd: chọn thang đo 1000, đọc theo vạch 10, giá trị kim chỉ số là 2,2.

Ồ  $V = (1000/10) \times 2,2 = 220V.$

· Đặc tính kỹ thuật độ nhạy của VOM 10K $\Omega$ /VDC thì điều này có ý nghĩa là ở thang đo 1VDC điện trở nội là 10k, ở thang đo 10VDC điện trở nội là 100k $\Omega$ . Điện trở nội / VDC càng lớn đo điện thế càng chính xác.

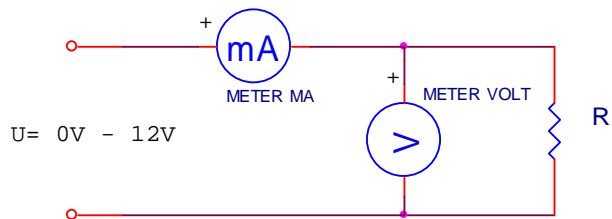
**Nhắc lại** một số định luật: Ohm, Jun-Lenơ.

-Nếu chưa rõ nơi nào có điện thế thấp cao ta vặn thang đo cao nhất (vd 1000VDC) rồi đo nhanh, nếu quan sát thấy kim giạt ngược, đảo que đo lại.

-Thường ta đo điện thế ở các nơi trong mạch so với đất (ground, mass) trong trường hợp này nên kẹp que nối đến lỗ cắm (-) vào đất (mass) của mạch cần đo.

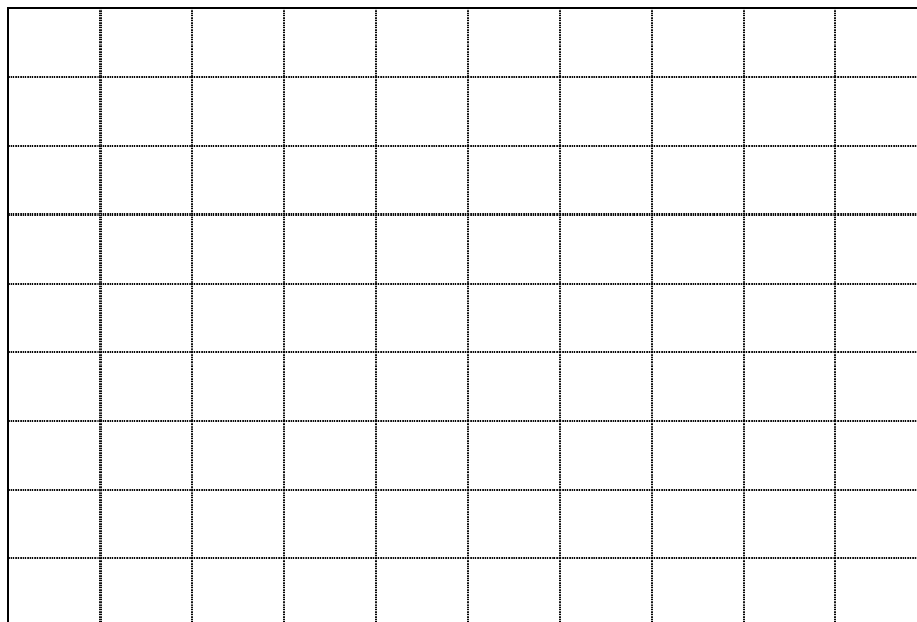
**Thực hành :**

Đo điện áp và dòng điện



U(V)		0	2	4	6	8	10	12
I(mA)	100Ω							
	150Ω							
	330Ω							
R=U/I								

Vẽ đồ thị:



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

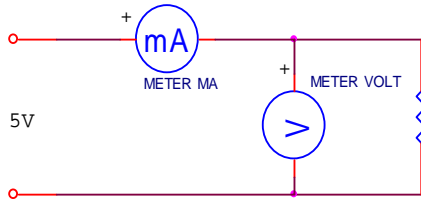
Ồ Nhận xét:

-----

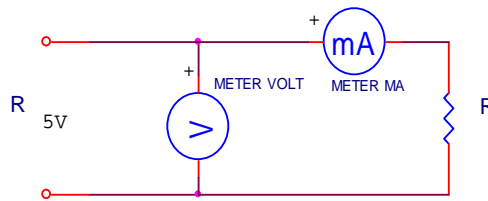
-----

-----

Đo điện áp và dòng điện cùng một lúc trong mạch đối với tải có điện trở cao sử dụng mạch V-A, đối với tải có điện trở nhỏ sử dụng mạch A-V.



a) Cách mắc A-V.



b) Cách mắc V-A

R()	I(mA)	U(V)	R(Tính toán)
20			
10K			

Ồ Nhận xét:

-----

-----

-----

## 2. Dòng điện một chiều (direct current)

Khi dòng điện và điện thế phân bố trong một hệ mạch không thay đổi theo thời gian thì mạch được xem như ở trạng thái tĩnh hay trạng thái DC.

### 2.1. Định nghĩa

Dòng điện một chiều là dòng điện có chiều và giá trị cường độ dòng điện không đổi theo thời gian.

### 2.2. Cường độ dòng điện

Cường độ dòng điện đo bằng lượng điện tích của các điện tử tự do chuyển động có hướng qua thiết diện dây dẫn trong một đơn vị thời gian.

$$I = \frac{dq}{dt}$$

- ✓ I: cường độ dòng điện (A)
- ✓ dq: điện lượng (C)
- ✓ dt: khoảng thời gian ngắn (s)

Dòng điện không đổi:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Q là tổng các điện tích đi qua thiết diện dây dẫn trong khoảng thời gian t.

### **2.3. Chiều của dòng điện**

Dòng điện trong mạch có chiều chuyển động từ nơi có điện thế cao sang nơi có điện thế thấp. Chiều của dòng điện ngược với chiều chuyển động của điện tử.

### **2.4. Nguồn điện một chiều**

Các loại nguồn một chiều:

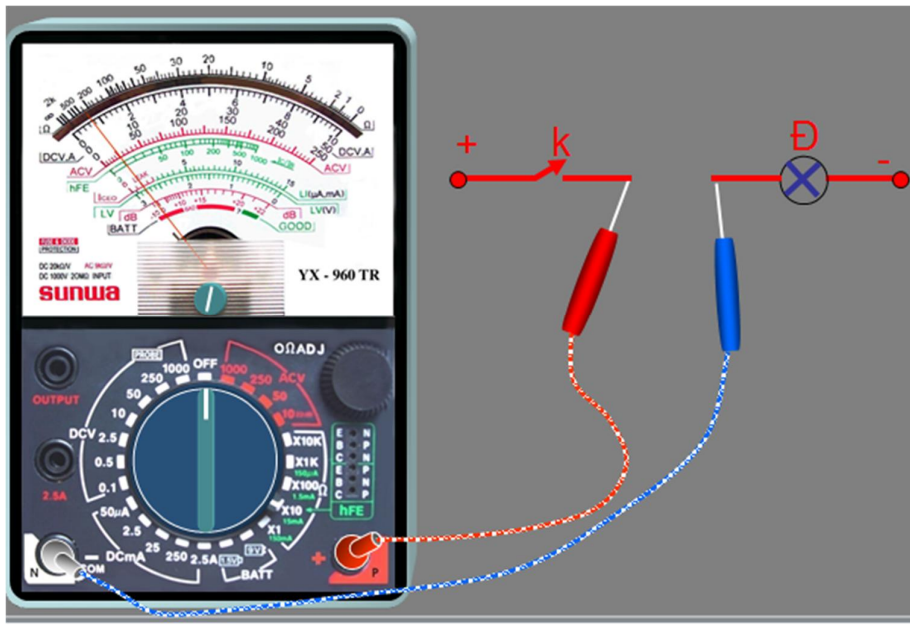
- Pin, acquy.
- Pin mặt trời.
- Máy phát điện một chiều.
- Bộ nguồn điện tử công suất.

Khi sử dụng nguồn một chiều, cần biết hai thông số quan trọng của nguồn và điện áp làm việc và điện lượng.

### **2.5. Cách mắc Nguồn điện một chiều**

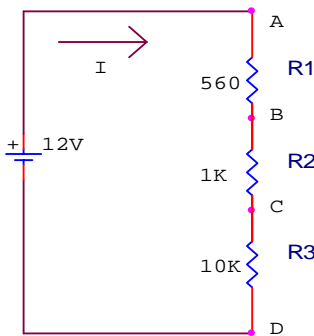
- Mắc nối tiếp.
- Mắc song song.
- Mắc hỗn hợp.

**Thực hành :**



Đo các điện thế:

Mạch nối tiếp:



$$U_{R1} = U_{AB} =$$

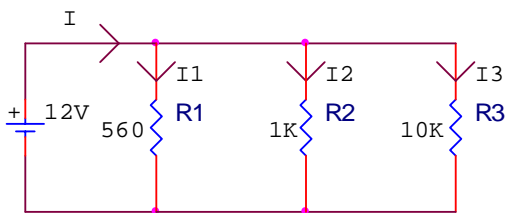
$$U_{R2} = U_{BC} =$$

$$U_{R3} = U_{CD} =$$

Kiểm nghiệm lại công thức (1.1):

$$U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_{AD} = \tag{1.1}$$

Mạch song song:



Đo các giá trị  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  và  $I$  theo hình trên.

Kiểm nghiệm lại công thức (1.2):

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \tag{1.2}$$

Ồ Nhận xét:

-----

-----

---

---

## 2.6 Giới thiệu về đồng hồ số DIGITAL

Đồng hồ số Digital có một số ưu điểm so với đồng hồ cơ khí, đó là độ chính xác cao hơn, trở kháng của đồng hồ cao hơn do đó không gây sụt áp khi đo vào dòng điện yếu, đo được tần số điện xoay chiều, tuy nhiên đồng hồ này có một số nhược điểm là chạy bằng mạch điện tử lên hay hỏng, khó nhìn kết quả trong trường hợp cần đo nhanh, không đo được độ phóng nạp của tụ.



Hình 1.12 Đồng hồ vạn năng số Digital

**Hướng dẫn sử dụng :**

### 2.6.1 Đo điện áp một chiều ( hoặc xoay chiều )



### Hình 1.13 Đặt đồng hồ vào thang đo điện áp DC hoặc AC

Đề que đo đồng hồ vào lỗ cắm ” VΩ mA” que đen vào lỗ cắm “COM”

- Bấm nút DC/AC để chọn thang đo là DC nếu đo áp một chiều hoặc AC nếu đo áp xoay chiều.
- Xoay chuyển mạch về vị trí “V” hãy để thang đo cao nhất nếu chưa biết rõ điện áp, nếu giá trị báo dạng thập phân thì ta giảm thang đo sau.
- Đặt thang đo vào điện áp cần đo và đọc giá trị trên màn hình LCD của đồng hồ.
- Nếu đặt ngược que đo (với điện một chiều) đồng hồ sẽ báo giá trị âm (-)

#### 2.6.2 Đo dòng điện DC (AC)

- Chuyển que đo đồng hồ về thang mA nếu đo dòng nhỏ, hoặc 20A nếu đo dòng lớn.
- Xoay chuyển mạch về vị trí “A”
- Bấm nút DC/AC để chọn đo dòng một chiều DC hay xoay chiều AC
- Đặt que đo nối tiếp với mạch cần đo
- Đọc giá trị hiển thị trên màn hình.

#### 2.6.3 Đo điện trở

- Trả lại vị trí dây cắm như khi đo điện áp .
- Xoay chuyển mạch về vị trí đo ” Ω “, nếu chưa biết giá trị điện trở thì chọn thang đo cao nhất , nếu kết quả là số thập phân thì ta giảm xuống.
- Đặt que đo vào hai đầu điện trở.
- Đọc giá trị trên màn hình.
- Chức năng đo điện trở còn có thể đo sự thông mạch, giả sử đo một đoạn dây dẫn bằng thang đo trở, nếu thông mạch thì đồng hồ phát ra tiếng kêu

#### 2.6.4 Đo tần số

- Xoay chuyển mạch về vị trí “FREQ” hoặc ” Hz”
- Để thang đo như khi đo điện áp .
- Đặt que đo vào các điểm cần đo
- Đọc trị số trên màn hình.

#### 2.6.5 Đo Logic

- Đo Logic là đo vào các mạch số ( Digital) hoặc đo các chân lên của vi xử lý, đo Logic thực chất là đo trạng thái có điện – Ký hiệu “1” hay không có điện “0”, cách đo như sau:
- Xoay chuyển mạch về vị trí “LOGIC”



- Đặt que đỏ vào vị trí cần đo que đen vào mass
- Màn hình chỉ “▲” là báo mức logic ở mức cao, chỉ “▼” là báo logic ở mức thấp

### 2.6.6 Đo các chức năng khác

- Đồng hồ vạn năng số Digital còn một số chức năng đo khác như Đo đi ốt, Đo tụ điện, Đo Transistor nhưng nếu ta đo các linh kiện trên, ta lên dùng đồng hồ cơ khí sẽ cho kết quả tốt hơn và đo nhanh hơn

## 3. Dòng điện xoay chiều (alternative current)

Khi dòng điện và điện thế phân bố trong một hệ mạch thay đổi theo thời gian thì mạch được xem như ở trạng thái động hay trạng thái AC.

### 3.1. Định nghĩa

Dòng điện xoay chiều hình sine là dòng điện có chiều và giá trị cường độ dòng điện biến đổi theo thời gian một cách tuần hoàn với qui luật hình sine.

### 3.2. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện xoay chiều hình sine

Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện xoay chiều hình sine gồm có: giá trị đỉnh, giá trị trung bình, giá trị hiệu dụng, giá trị tức thời, chu kỳ, tần số, tần số góc, góc pha, pha ban đầu.

Ví dụ:

§ Dòng điện xoay chiều:  $i = 14,14\sin 100\pi t$  (A) có:

- Giá trị đỉnh là 14,14A.
- Giá trị hiệu dụng 10A.
- Chu kỳ 1 0,02s.
- Tần số 1 50Hz.
- Tần số góc 100πrad/s.
- Góc pha 1 100π rad.
- Pha ban đầu bằng 0.

§ Điện áp xoay chiều:  $u = 311,1\sin 100\pi t$  (v) có:

- Giá trị đỉnh là 311,1v.
- Giá trị hiệu dụng 220v.
- Chu kỳ 1 0,02s.
- Tần số 1 50Hz.
- Tần số góc 100πrad/s.
- Góc pha 1 100π rad.
- Pha ban đầu bằng 0.

Như vậy, điện áp xoay chiều  $u$  và dòng điện xoay chiều  $i$  cùng pha, dao động cùng tần số, cùng chu kỳ.

Dòng điện xoay chiều  $i = I_0 \sin 100\pi t$  (A) chạy qua đoạn mạch chỉ có thuần điện trở  $R$  thì hiệu điện thế giữa hai đầu điện trở là:

$$u = U_0 \sin 100\pi t \text{ (v)}$$

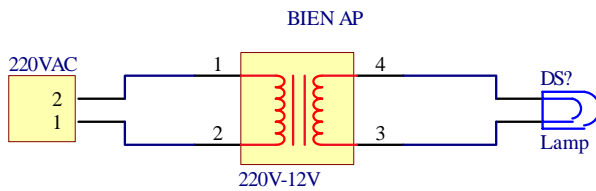
Dòng điện xoay chiều  $i = I_0 \sin 100\pi t$  (A) chạy qua đoạn mạch chỉ có tụ  $C$  thì hiệu điện thế giữa hai đầu tụ là:

$$u = U_0 \sin(100\pi t - \pi/2) \text{ (v)}$$

Dòng điện xoay chiều  $i = I_0 \sin 100\pi t$  (A) chạy qua đoạn mạch chỉ có cuộn cảm  $L$  thì hiệu điện thế giữa hai đầu cuộn cảm  $L$  là:

$$u = U_0 \sin(100\pi t + \pi/2) \text{ (v)}$$

**thực hành :**



Tìm các đại lượng của dòng điện xoay chiều ?

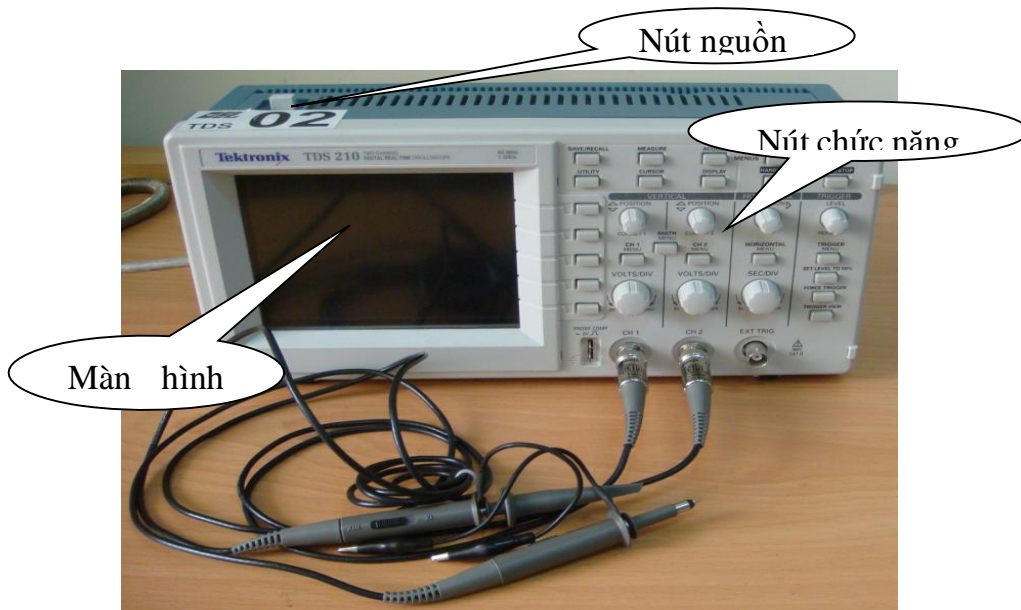
**3.3 Giới thiệu Dao động ký**

**3.3.1 Giới thiệu:**

Dao động ký là một loại thiết bị điện tử được sử dụng để quan sát mức điện thế của các tín hiệu điện, thường được hiển thị lên trên đồ thị 2 chiều. Trục ngang biểu thị thời gian và trục đứng có thể biểu diễn mức điện thế của tín hiệu hoặc độ chênh lệch điện thế của tín hiệu với tín hiệu khác.

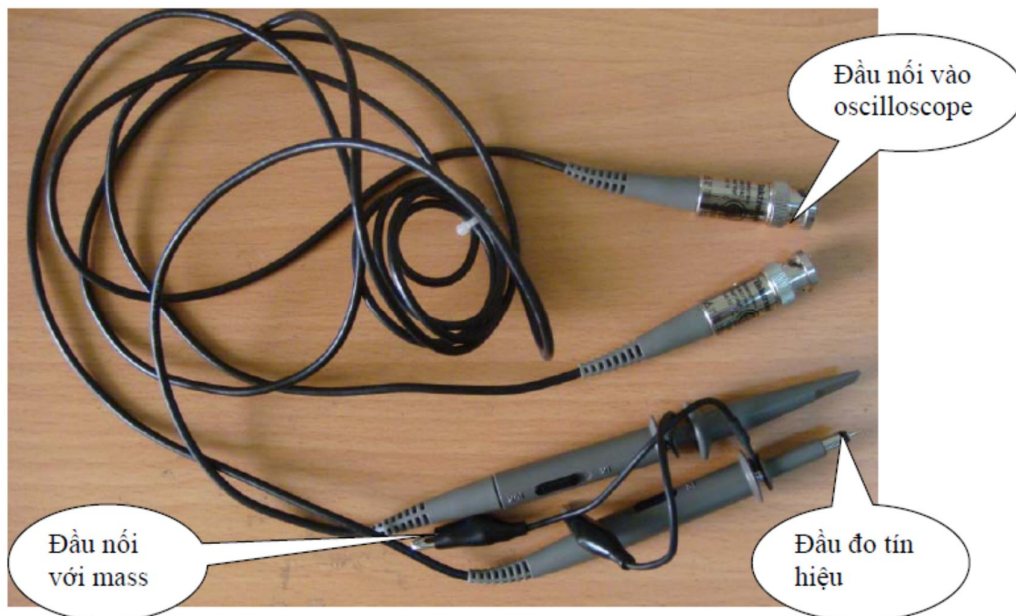
**3.3.2 Hướng dẫn sử dụng máy đo giao động ký:**

Hình 3.1 là hình chụp một oscilloscope, bao gồm Nút nguồn, Màn hình và Các nút chức năng.



Hình 1.14: Máy dao động ký.

Đối với oscilloscope này ta có 2 đầu đo tín hiệu tương ứng với 2 kênh input, hình 3.2. Mỗi đầu đo gồm có một kẹp dùng để nối mass, đầu còn lại tham khảo nối mass này để đo tín hiệu hiển thị ra màn hình LCD.

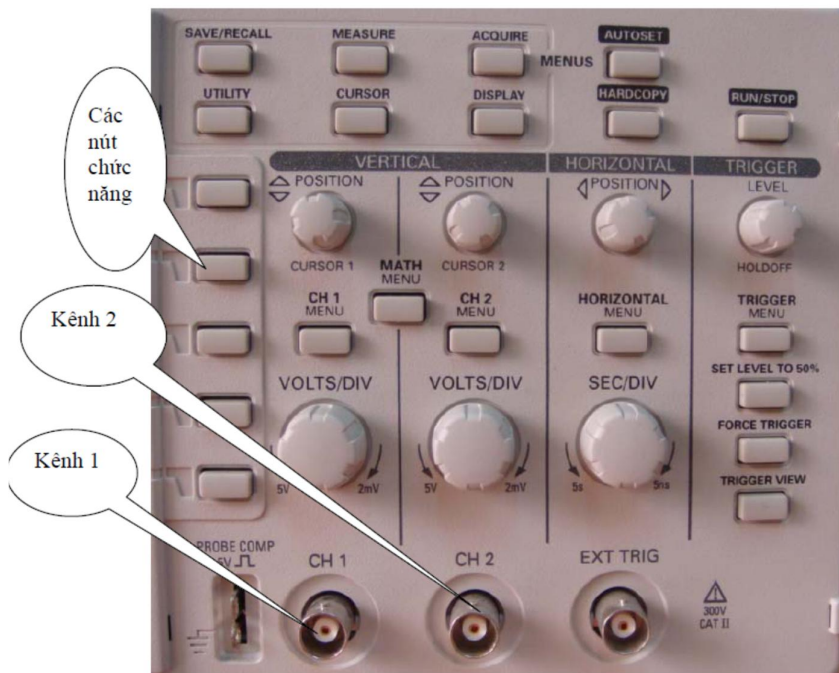


Hình 1.15 Đầu đo tín hiệu của oscilloscope.

Khởi động OSC và đo thử:

- Cắm dây nguồn và bật nút Power ở phía trên của OSC.
- Chờ cho đến khi màn hình hiện thông báo quá trình self test thành công và nhấn nút SAVE/RECALL ở mặt trước bên tay phải của OSC.

- Chú ý menu Setup đang được chọn và nhấn nút bên cạnh menu “Recall Factory”. Osc sẽ quay trở lại các thông số ban đầu của nhà sản xuất. Sau này, bất kì khi nào không hiểu Osc đang hiển thị cái gì, ta có thể lặp lại các bước trên để thiết lập lại các thông số mặc định cho Osc.



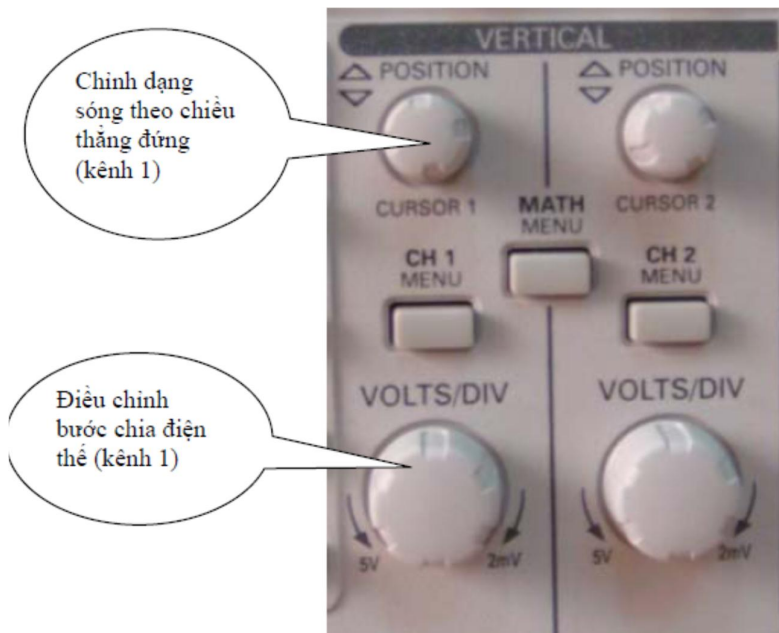
Hình 1.16 Các nút chức năng của oscilloscope.

Đo test thử:

- Nối đầu dò của kênh 1 vào probe comp phía trên, đất của kênh 1 vào ground ngay phía dưới, xem hình 3.3 ở góc dưới bên trái.
- Nhấn nút AUTOSET ở góc phía trên bên phải. Lúc này Osc sẽ tự động chỉnh chiều ngang, dọc, và tự động điều khiển trigger và hiển thị ra màn hình LCD dạng sóng vuông mẫu.
- Nếu muốn hiển thị hai kênh cùng lúc, nhấn CH 2 MENU để cho phép hiển thị kênh 2 và nhấn AUTOSET lại.
- Ở bước này, ta chỉ xem xét kênh 1 và các nút điều chỉnh cho kênh 1, kênh 2 cũng điều chỉnh tương tự.

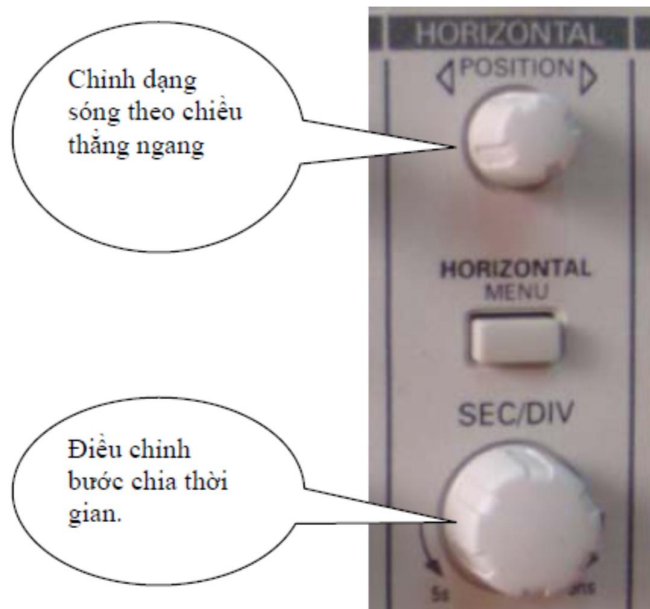
Điều chỉnh kênh 1:

- Điều chỉnh vị trí hiển thị theo chiều đứng (Hình 3.4): xoay nút Cursor1 bên menu VERTICAL. Ở đây ta xoay Cursor 1 sao cho dạng sóng nằm ngay chính giữa màn hình.



Hình 1.17 Các nút điều khiển hiển thị theo chiều đứng.

- Điều chỉnh vị trí hiển thị theo chiều ngang (Hình 3.5): xoay nút ở menu HORIZONTAL để điều chỉnh vị trí của dạng sóng hiển thị. Ở đây ta xoay cho dạng sóng nằm chính giữa màn hình.



Hình 1.18 Các nút điều khiển hiển thị theo chiều ngang.

- Điều chỉnh bước chia điện thế: nút VOLTS/DIV cho phép điều chỉnh bước chia điện thế. Xoay về bên phải sẽ làm tăng độ nhạy (làm giảm độ lớn hiệu điện thế giữa hai bước chia).
- Điều chỉnh bước chia thời gian: nút SEC/DIV điều khiển bước chia thời gian. Xoay nút về bên phải sẽ làm giảm khoảng thời gian giữa hai bước chia.



*Hình 1.19 Các nút chức năng khác.*

Xem dạng sóng ở một thời điểm nào đó:

- Đôi khi ta muốn quan sát dạng sóng hiển thị tại một thời điểm nào đó, điều này được thực hiện bằng cách sử dụng nút Run/Stops nằm ở góc trên bên phải (Hình 3.6).

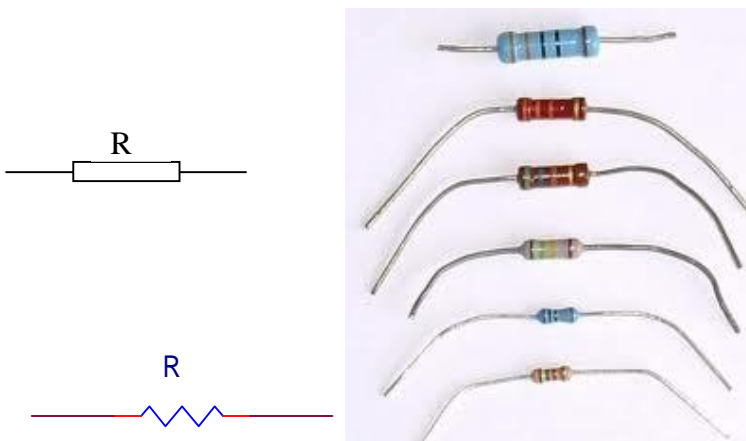
## Bài 2: Vật liệu linh kiện thụ động

### 1. Điện trở (resistor)

#### 1.1. Khái niệm

Điện trở là một linh kiện có tính cản trở dòng điện và làm một số chức năng khác tùy vào vị trí của điện trở trong mạch điện.

#### 1.2. Ký hiệu - đơn vị



Hình 2.1. Ký hiệu điện trở

Đơn vị : Ohm (W)

1 kW =  $10^3$ W

1MW =  $10^3$ kW

#### 1.3. Điện trở dây dẫn

##### 1.3.1 Khái niệm

✓ Điện trở của dây dẫn là đại lượng đặc trưng cho tính cản trở dòng điện của dây dẫn.

Ký hiệu: R; đơn vị: W(Ohm)

✓ Điện dẫn là đại lượng đặc trưng cho tính dẫn điện của dây dẫn.  
Điện dẫn là nghịch đảo của điện trở.

Ký hiệu: G ; đơn vị: S (siemens)

$$G = \frac{1}{R}$$

### 1.3.2 Thí nghiệm

✓ Sự phụ thuộc của điện trở vào chiều dài của dây dẫn:

Lấy một dây dẫn cùng bản chất, cùng tiết diện thẳng S nhưng có chiều dài l khác nhau. Xác định điện trở của các dây dẫn đó.

Thí nghiệm cho thấy khi chiều dài l tăng (giảm) 2, 3... lần thì điện trở của dây dẫn cũng tăng giảm 2, 3... lần.

✓ Sự phụ thuộc của điện trở vào tiết diện của dây dẫn:

Lấy những dây dẫn cùng bản chất, cùng chiều dài l nhưng có tiết diện thẳng S khác nhau. Xác định điện trở của các dây dẫn đó.

Thí nghiệm cho thấy khi tiết diện S tăng (giảm) 2, 3... lần thì điện trở dây dẫn cũng giảm tăng 2, 3... lần

✓ Sự phụ thuộc của điện trở vào bản chất của dây dẫn :

Lấy những dây dẫn có cùng chiều dài l, tiết diện thẳng S nhưng làm bằng những chất khác nhau, ta thấy điện trở của những dây dẫn đó khác nhau.

### 1.3.3 Kết luận

Từ những thực nghiệm trên ta rút ra kết luận: ở một nhiệt độ nhất định, điện trở của một dây dẫn tùy thuộc vào chất của dây, tỉ lệ thuận với chiều dài của dây và tỉ lệ nghịch với tiết diện của dây.

$$R = r \frac{l}{S}$$

R: Điện trở của dây dẫn (W)

l : Chiều dài của dây dẫn (m)

S: Tiết diện của dây dẫn (m<sup>2</sup>)

r : Điện trở suất (Wm)

✓ **Điện trở suất:**

Số đo điện trở của dây dẫn làm bằng một chất nào đó và có chiều dài 1m, tiết diện thẳng 1m<sup>2</sup> được gọi là điện trở suất của chất đó.

Với những chất khác nhau thì điện trở suất của nó cũng khác nhau. Điện trở suất r biến đổi theo nhiệt độ và sự biến đổi này được xác định theo công thức sau:

$$r = r_0 (1 + at)$$

r<sub>0</sub>: điện trở suất đo ở 0°C.

a: hệ số nhiệt độ

t: nhiệt độ (°C)

Bảng 2.1 đưa ra trị số trung bình của điện trở suất của một số chất dẫn điện thường gặp:



Bạc	0,016.10 <sup>6</sup>	Kẽm	0,06.10 <sup>6</sup>
Đồng	0,017.10 <sup>6</sup>	Thép	0,1. 10 <sup>6</sup>
Nhôm	0,026.10 <sup>6</sup>	Photpho	0,11.10 <sup>6</sup>
Vonfarm	0,055.10 <sup>6</sup>	Chì	0,21.10 <sup>6</sup>

Bảng 2.1. Điện trở suất của một số chất dẫn điện thường gặp

## 1.4. Định luật Ohm

### 1.4.1 Định luật Ohm đoạn mạch thuần trở

Nhà vật lý người Đức, Ohm đã thiết lập bằng thực nghiệm định luật sau: cường độ dòng điện trong dây dẫn tỉ lệ thuận với hiệu điện thế giữa hai đầu dây dẫn và tỉ lệ nghịch với điện trở của dây dẫn.

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

I: Cường độ dòng điện (A)

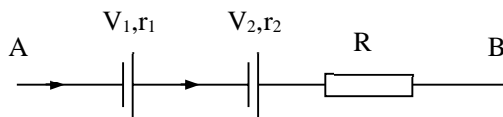
U: Hiệu điện thế giữa hai đầu dây (V)

R: Điện trở (Ω)

**Thực hành :** Dựa vào định luật ohm tìm I tương đương của mạch?



### 1.4.2. Định luật Ohm tổng quát đối với đoạn mạch



Dòng điện chạy trong đoạn mạch được tính bởi công thức:

$$I = \frac{j_A - j_B + \sum V}{R_r}$$

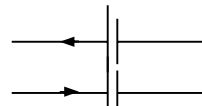
$j_A$ : điện thế tại A.

$j_B$ : điện thế tại B.

$R_T$ : điện trở của đoạn mạch AB.

$$R_T = R + r_1 + r_2$$

Quy ước nguồn điện tùy theo chiều dòng điện:



Nguồn phát (cấp điện), qui ước  $V > 0$

Nguồn thu (tiêu thụ điện), qui ước  $V < 0$

### 1.4.3. Định luật Ohm tổng quát cho mạch kín

Dòng điện chạy trong một mạch kín được tính bởi công thức:

$$I = \frac{\mathring{a} V}{R_t}$$

I: Cường độ dòng điện chạy trong mạch kín.

$\mathring{a} V$ : Tổng điện thế có trong mạch kín.

$R_t$ : Điện trở của toàn mạch.

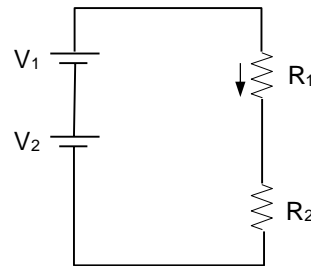
Thực ra, với đoạn mạch AB (hình trên) nếu hai đầu A, B của đoạn mạch trùng nhau, ta có một mạch kín. Khi đó  $j_A = j_B$  và công thức tính dòng điện trở thành:

$$I = \frac{\mathring{a} V}{R_t} = \frac{V_1 + V_2}{R + r_1 + r_2}$$

**Ví dụ khác:**

Ta có:

$$I = \frac{\mathring{a} V}{R_t} = \frac{V_1 + V_2}{R_1 + R_2}$$

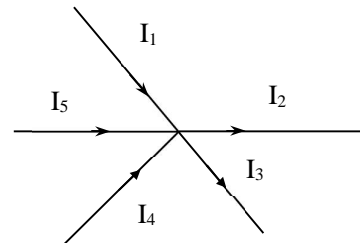


### 1.5. Định luật Kirchhoff thứ nhất (định luật nút)

Một nút điện là chỗ nối các nhánh điện và phải có ít nhất ba nhánh điện trở lên.

$$\mathring{a} I_{\text{vào}} = \mathring{a} I_{\text{ra}}$$

$$I_1 + I_4 + I_5 = I_2 + I_3$$



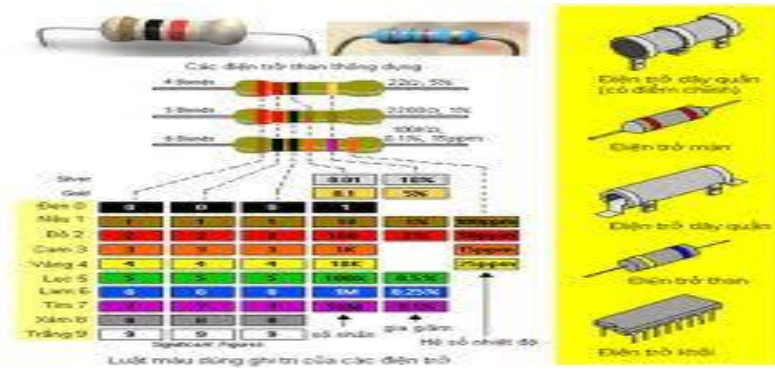
Hình 2.2. Tại nút điện có 5 nhánh điện.

## 1.6. Phân loại

Điện trở có thể phân loại dựa vào cấu tạo hay dựa vào mục đích sử dụng mà nó có nhiều loại khác nhau.

### 1.6.1 Về cấu tạo

#### ✓ Điện trở than (carbon)



Hình 2.3 hình dạng điện trở than

Người ta trộn bột than và bột đất sét theo một tỉ lệ nhất định để cho ra những trị số khác nhau. Sau đó người ta ép lại và cho vào một ống bằng Bakelite. Kim loại ép sắt ở hai đầu và hai dây ra được hàn vào kim loại, bọc kim loại bên ngoài để giữ cấu trúc bên trong đồng thời chống cơ sát và ẩm. Ngoài cùng người ta sơn các vòng màu để cho biết trị số điện trở. Loại điện trở này dễ chế tạo, độ tin cậy khá tốt, do đó rẽ tiền và rất thông dụng.

#### ✓ Điện trở dây quấn (Wire –round)



Hình 2.4 hình dạng điện trở dây quấn

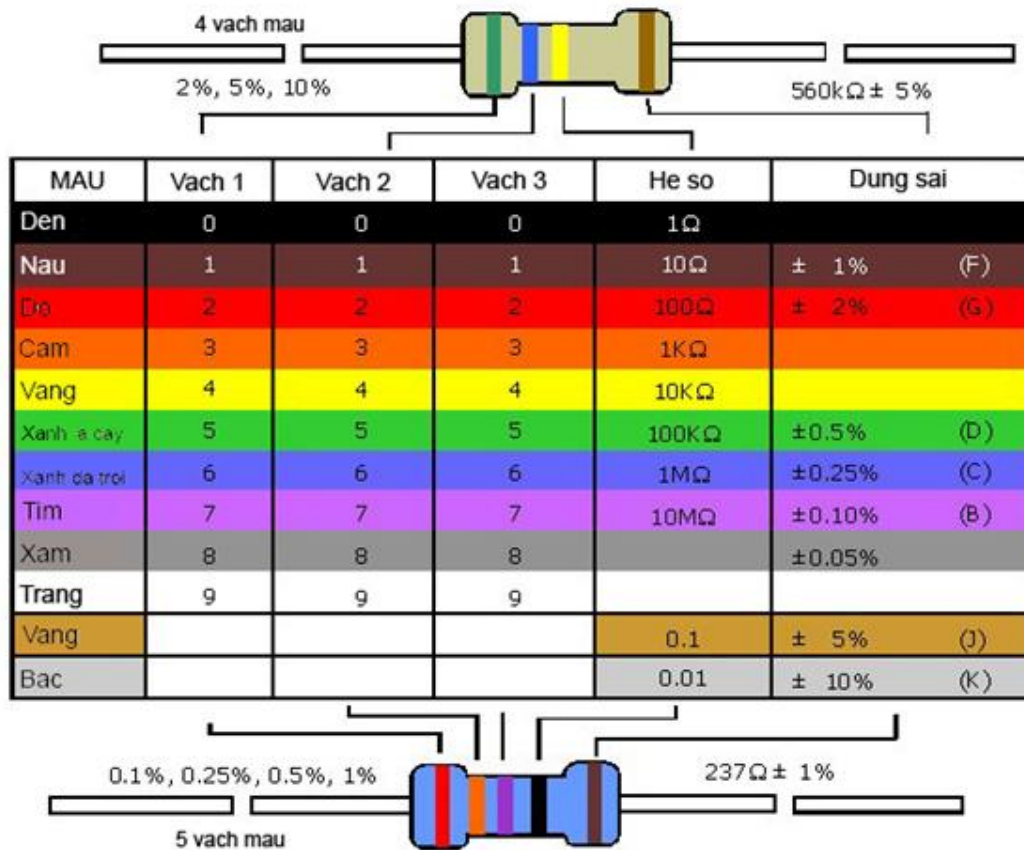
Làm bằng hợp kim NiCr quấn trên một lõi cách điện amiăng, đất nung, sành, sứ. Bên ngoài được phủ bởi lớp nhựa cứng và một lớp sơn cách điện. Để giảm tối thiểu hệ số tự cảm L của dây quấn, người ta quấn 1/2 số vòng theo chiều thuận và 1/2 số vòng theo chiều nghịch.

### 1.6.2 Về mục đích sử dụng

✓ Điện trở cố định là loại điện trở có trị số cố định không thay đổi được. Loại này cịn được chia ra và có tên gọi khc:

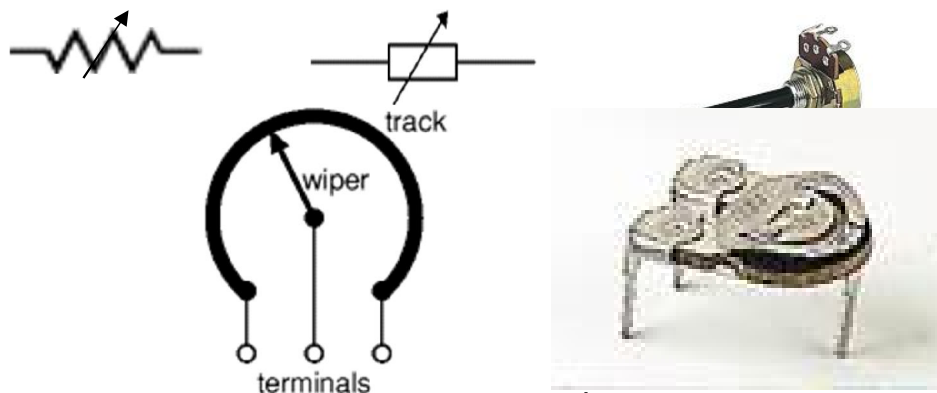
Ù Điện trở chính xác.

Ù Điện trở bán chính xác.



Hình 2.5 Vạch màu của điện trở

- Ù Điện trở đa dụng.
- Ù Điện trở công suất.
- Ù Điện trở có trị số thay đổi được:
- ✓ **Biến trở:** là loại điện trở có trị số thay đổi được (Variable Resistor)

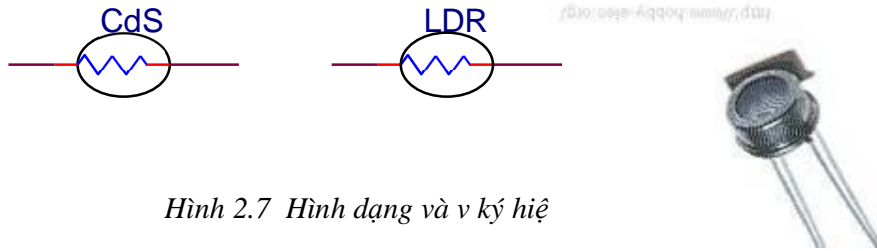


Hình 2.6. Hình dạng và ký hiệu của biến trở

- ✓ **Nhiệt điện trở:** là loại điện trở mà trị số của nó thay đổi theo nhiệt độ (thermistor).
- Ù Nhiệt trở dương ( PTC = Positive Temperature Coefficient)
- Ù Nhiệt trở m ( NTC = Negative Temperature Coefficient)

✓ **VDR** (Voltage Dependent Resistor) là loại điện trở mà trị số của nó phụ thuộc điện áp đặt vào nó. Thường thì VDR có trị số điện trở giảm khi điện áp tăng.

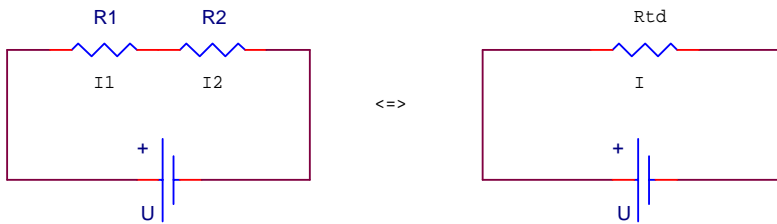
✓ **Điện trở quang**: (Photoresistor) / điện trở tùy thuộc ánh sáng (LDR = Light Dependent Resistor) là loại điện trở mà trị số của nó phụ thuộc vào ánh sáng chiếu vào nó.



Hình 2.7 Hình dạng và ký hiệu

## 1.7. Cách mắc điện trở

### 1.7.1 Mắc nối tiếp



Hình 2.8 Điện trở mắc nối tiếp

$I_1$ : Cường độ dòng điện chạy qua  $R_1$

$I_2$ : Cường độ dòng điện chạy qua  $R_2$

$U_1$ : Hiệu điện thế giữa hai đầu  $R_1$

$U_2$ : Hiệu điện thế giữa hai đầu  $R_2$

Ta có:  $I_1 = I_2 = I$

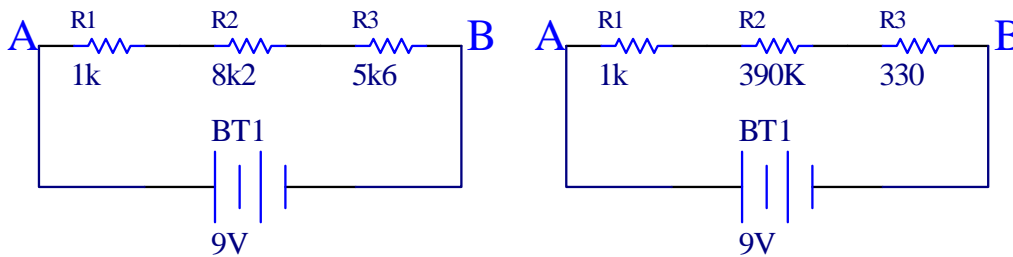
$$U = U_1 + U_2$$

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

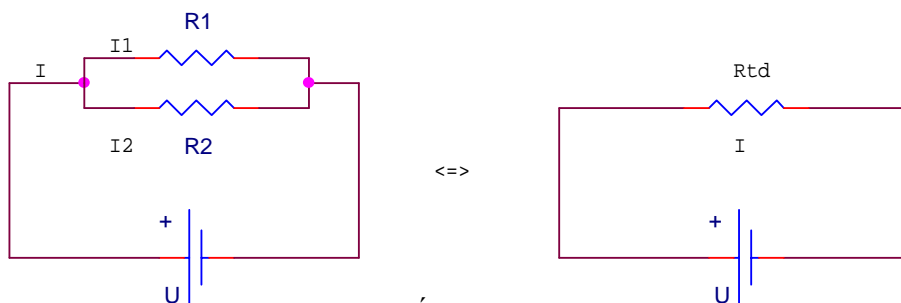
Nếu có nhiều điện trở ghép nối tiếp thì

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

**Ví dụ** : Tính giá trị điện trở của đoạn AB của các mạch điện sau:



## 1.7.2 Mắc song song



Hình 2.9 Điện trở mắc song song

$I_1$ : Cường độ dòng điện chạy qua  $R_1$

$I_2$ : Cường độ dòng điện chạy qua  $R_2$

$U_1$ : Hiệu điện thế giữa hai đầu  $R_1$

$U_2$ : Hiệu điện thế giữa hai đầu  $R_2$

Ta có:  $U_1 = U_2 = U$

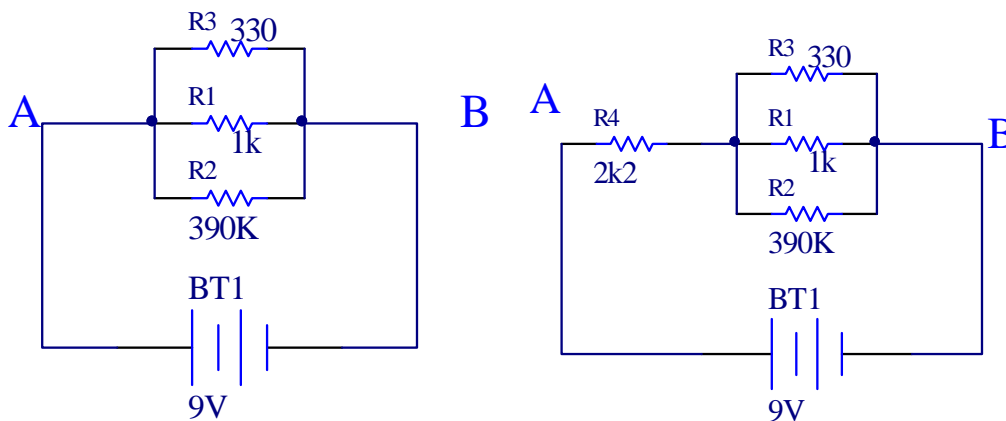
$$I = I_1 + I_2$$

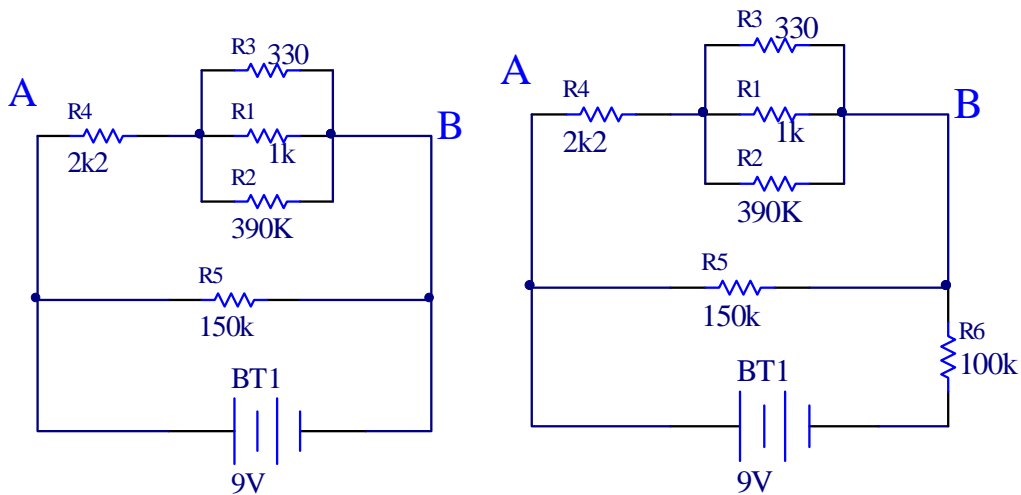
$$\frac{1}{R_{\text{tn}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ hay } R_{\text{td}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Nếu có nhiều điện trở mắc song song với nhau thì:

$$\frac{1}{R_{\text{tn}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

**Thực hành** : Tính điện trở tương đương các đoạn mạch điện sau:

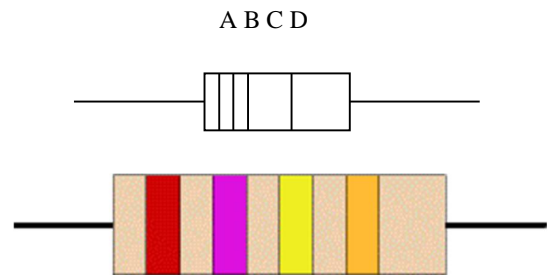




## 1.8. Cách đọc trị số điện trở

### 1.8.1 Đọc trị số điện trở theo qui ước vòng màu:

- ✓ **Điện trở 4 vòng màu**
- Vòng A, B chỉ trị số tương ứng với màu.
  - Vòng C chỉ hệ số nhân.
  - Vòng D chỉ sai số.



Hình 2.10 Điện trở 4 vng màu

Màu	Vòng A, B	Vòng C	Vòng D
Đen	0	$x10^0 = x1$	-----
Nâu	1	$x10^1 = x10$	$\pm 1\%$
Đỏ	2	$x10^2 = x100$	$\pm 2\%$
Cam	3	$x10^3 = x1000$	$\pm 3\%$
Vàng	4	$x10^4 = x10000$	-----
Lục	5	$x10^5 = x100000$	-----
Lam	6	$x10^6 = x1000000$	-----
Tím	7	$x10^7 = x10000000$	-----
Xám	8	$x10^8 = x100000000$	-----
Trắng	9	$x10^9 = x1000000000$	-----

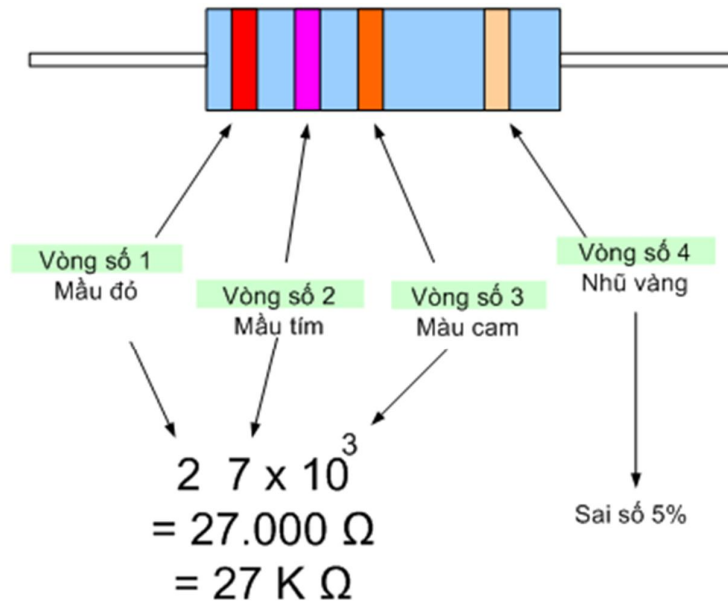
Vàng nhũ	-----	$\times 10^{-1} = \times 0,1$	$\pm 5\%$
Bạc	-----	$\times 10^{-2} = \times 0,01$	$\pm 10\%$
Màu thân điện trở	-----	-----	$\pm 20\%$

Bảng 2.2. Bảng qui ước vịnh mu.

Ví dụ: Đỏ – tím – đỏ – bạc =  $2,7k \pm 10\%$

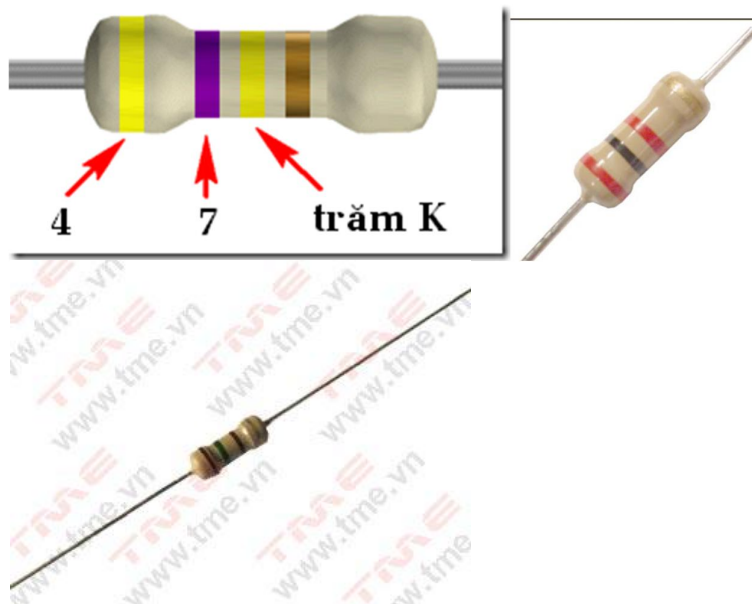
Đỏ – tím – đỏ –vng nhũ =  $2,7k \pm 5\%$

Đỏ – đỏ – đỏ – vàng nhũ =  $2,2k \pm 5\%$



Cách đọc điện trở 4 vòng màu

**Thực hành** : đọc giá trị điện trở sau:





✓ **Điện trở 3 vòng màu:**

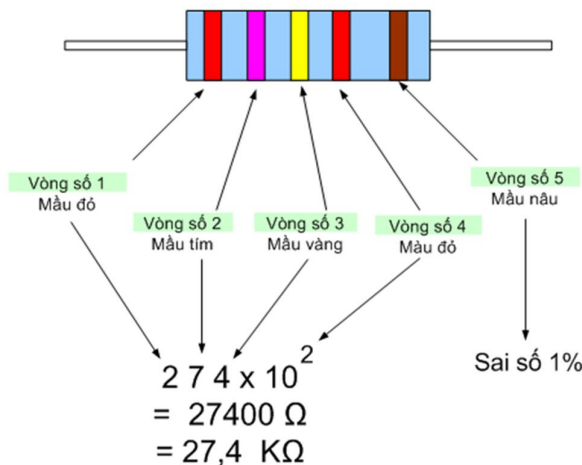
Lần lượt được ký hiệu A, B, C. Ý nghĩa của các vòng màu tương tự loại điện trở 4 vòng màu: vòng A, B chỉ trị số tương ứng với màu. Vòng C chỉ hệ số nhân. Sai số xem như màu của thân điện trở.

Ví dụ: Đỏ – tím – đỏ =  $2,7k \pm 20\%$

✓ **Điện trở 5 vòng màu:**

Loại điện trở 5 vòng màu được ký hiệu là vòng A, B, C, D, E: 3 vòng A, B, C chỉ trị số tương ứng với màu, vòng D chỉ hệ số nhân, vòng E chỉ sai số.

**Trị số = (vòng 1)(vòng 2)(vòng 3) x 10<sup>(mũ vòng 4)</sup>**



Ví dụ: Nâu – đen – đen – đen – nâu =  $100W \pm 1\%$

✓ **Đọc trị số điện trở theo qui ước chấm màu**

Trên thân điện trở, một đầu điện trở có màu B khác với màu của thân điện trở (A), giữa thân có chấm màu (C). Ý nghĩa các màu và cách đọc trị số điện trở như trên.

Ví dụ: một điện trở có thân màu xanh lá cây, một đầu màu đỏ, giữa thân có chấm vàng: 520 KW.

**1.8.2 Điện trở có ghi số trên thân**

Đối với điện trở có ghi số trên thân thì hai số đầu là số có ý nghĩa, số thứ ba chỉ số nhân.

Ví dụ: Trên thân điện trở có ghi 103 thì trị số điện trở là 10KW.

Ngoài ra trên thân điện trở có ghi con số và chữ thì con số chỉ trị số điện trở, chữ chỉ bội số: R= x1; K= x10<sup>3</sup>; M= x10<sup>6</sup>.

Ví dụ: 5R = 5W.







4K7 = 4,7KW.

Về lý thuyết, linh kiện điện trở có thể có giá trị bất kỳ từ thấp nhất đến cao nhất. Trong thực tế, các linh kiện điện trở có khoảng điện trở từ 0,1W đến 100MW.

Các giá trị tiêu chuẩn: 1.0; 1.2; 1.5; 1.8; 2.2; 2.7; 3.3; 3.9; 4.3; 4.7; 5.1; 5.6; 6.8; 7.5; 8.2; 9.1. Các linh kiện điện trở thường được chế tạo với giá trị là các giá trị tiêu chuẩn nhân với bội số của 10.

Ví dụ: điện trở: 10W; 100W; 1,5KW; 2,7KW; 5,6KW...

## SMD Resistors Cheat Sheet

 <p><b>223</b> = <math>22 \times 10^3</math> = 22,000 Ohm = 22K Ohm</p> <p>Three-Digit Resistor</p>	 <p><b>8202</b> = <math>820 \times 10^2</math> Ohm = 82,000 Ohm = 82 KOhm</p> <p>Four-Digit Resistor</p>
 <p><b>4R7</b> = 4.7 Ohm</p> <p>Resistor With Radix Point</p>	 <p><b>0R22</b> = 0.22 Ohm</p> <p>Resistor With Radix Point</p>
 <p><b>0</b> = 0 Ohm</p> <p>Zero-Ohm Resistor</p>	 <p><b>000</b> = 0 Ohm</p> <p>Precision Zero-Ohm Resistor</p>



### 1.9. Công suất của điện trở

Công suất của điện trở là trị số chỉ công suất tiêu tán tối đa của nó. Công suất chịu đựng này do nhà sản xuất cho biết dưới dạng ghi sẵn trên thân hoặc kích thước của điện trở. Kích thước điện trở lớn thì công suất của nó lớn. Công suất của điện trở thay đổi theo kích thước với trị số gần đúng như sau:

Công suất	Chiều dài	Đường kính
2W	1,6cm	10mm
1W	1,2cm	6mm
0,5W	1cm	4mm
0.25W	0,7cm	3mm

Bảng 2.3. Công suất tiêu tán thay đổi theo kích thước

suất của điện

Nên chọn công suất chịu đựng lớn hơn hay bằng 2 lần công suất tính toán.

Ta có công suất tiêu tán của điện trở:

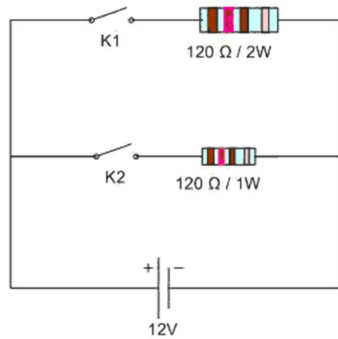
$$P = U \cdot I = U^2 / R = I^2 \cdot R$$

Theo công thức trên ta thấy, công suất tiêu thụ của điện trở phụ thuộc vào dòng điện đi qua điện trở hoặc phụ thuộc vào điện áp trên hai đầu điện trở.

Công suất tiêu thụ của điện trở là hoàn toàn tính được trước khi lắp điện trở vào mạch.

Nếu đem một điện trở có công suất danh định nhỏ hơn công suất nó sẽ tiêu thụ thì điện trở sẽ bị cháy.

**Bài tập :** Xác định công suất tiêu tan khi K1 hoặc K2 đóng ? Nhận xét kết quả ?



Ở sơ đồ trên cho ta thấy : Nguồn Vcc là 12V, các điện trở đều có trị số là 120Ω nhưng có công suất khác nhau, khi các công tắc K1 và K2 đóng, các điện trở đều tiêu thụ một công suất là :

$$P = U^2 / R = (12 \times 12) / 120 = 1,2W$$

Khi K1 đóng, do điện trở có công suất lớn hơn công suất tiêu thụ , nên điện trở không cháy.

Khi K2 đóng, điện trở có công suất nhỏ hơn công suất tiêu thụ , nên điện trở bị cháy .

## **Bài 2 :**

Chọn giá trị điện trở hợp lý ?

Chúng ta biết rằng LED điện áp thuận thường là khoảng 3V.

Ngoài ra dòng tiêu thụ của LED là khoảng 10mA (dòng càng lớn thì LED càng sáng nhưng chú ý không được lớn hơn 20mA).

Với những nguồn lớn hơn 3V thì chúng ta phải mắc thêm trở để hạn dòng.

Vậy chúng ta tính điện trở R1 này như thế nào?

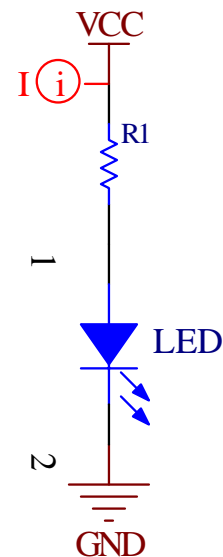
$$\text{Ta có } U = V_{led} \times n + I \times R1$$

trong đó ta lấy  $V_{led}$  tạm bằng 3V, với I là dòng điện thường đi qua LED là 10mA, và n là số LED cần mắc nối tiếp.

giả sử với nguồn Vcc là 12V thì ta có:

Vậy  $I = (12-3)/0.01 = 900 \text{ Ohm}$  , chọn loại 1Kohm là ổn ,lúc đó tính lại I là 0.009 A = 9mA , công suất điện trở  $P = (U - V_{led}) \times I = 9 \times 9m = 81mW = 0.081W$  , chọn loại điện trở 1/4W (0.25W) là được.

Vậy R loại 1K Ohm , 1/4W



Nếu với 3 LED mắc nối tiếp, thay  $n = 3$ , bạn có  $R = 300 \text{ Ohm}$ , công suất là  $3 \times 10 \text{ m} = 0.03 \text{ W}$ , vẫn chọn loại điện trở  $1/4 \text{ W}$ .

Vẫn sơ đồ trên nhưng muốn mắc 3 LED song song, thì dòng qua 3 LED phải là  $30 \text{ mA}$ , lúc đó  $R = 9/30 \text{ mA} = 300 \Omega$ , công suất cho điện trở  $P = 30 \text{ m} \times 9 = 270 \text{ mW}$ , bạn nên chọn điện trở công suất  $1/2 \text{ W}$ .

### 1.10 Đo điện trở

✓ Đo điện trở:

Hư hỏng thường gặp:

Tình trạng điện trở đo không lên  $\infty$  điện trở bị đứt.

Điện trở cháy (bị sẫm màu khó phân biệt các vòng màu và có mùi khét) là do làm việc quá công suất quy định.

Tăng trị số: bột than bị biến chất làm tăng.

Giảm trị số: điện trở dây quấn bị chạm.

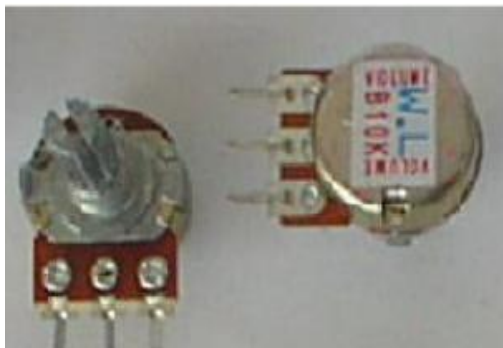
✓ Biến trở:

Ký hiệu:



Hình 2.11 ký hiệu biến trở

Hình dạng thực tế:



Hình 2.12 hình dạng biến trở thực tế

Cách đo và kiểm tra:

-Hư hỏng thực tế: than đứt, bản, rỗ.

-Đo thử: vạn thang đo

-Đo cặp chân (1-3 hay 2 chân ngoài) đối chiếu với giá trị ghi trên thân biến trở xem có đúng không?

-Đo tiếp chân (1-2 hay chân ngoài và chân giữa) dùng tay chỉnh thử xem kim đồng hồ thay đổi là tốt.

-Biến trở thay đổi giá trị chậm là loại biến trở tinh chỉnh.

-Biến trở thay đổi giá trị nhanh là loại biến trở volume.

Nhận dạng, đo và đọc các điện trở:

Điện trở	Vòng mu	Trị số tương ứng với vòng màu	Giá trị đo bằng VOM
R1			
R2			
R3			
R4			
R5			
R6			
R7			
R8			
R9			
R10			

Nhận xét:

-----  
-----  
-----  
-----  
-----

✓ Thực hành đọc và lấy các điện trở theo yêu cầu.

✓ Đo biến trở: đo 2 chấu bìa, giữa chấu bìa với hai chấu ngoài. Khi xoay trục chú ý chiều tăng giảm.

Nhận dạng, đo kiểm tra tụ, đọc trị số tụ:

Tụ điện	Đọc giá trị ghi trên tụ	Thang đo	Hiện tượng	Nhận xét
C1				
C2				
C3				
C4				

Ồ Nhận xét:

-----

-----

-----

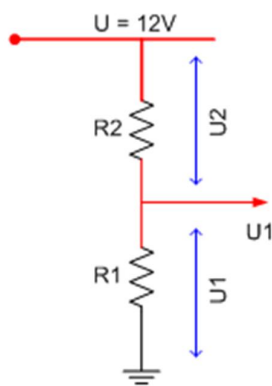
-----

-----

### 1.11 Ứng dụng

Điện trở có mặt ở mọi nơi trong thiết bị điện tử và như vậy điện trở là linh kiện quan trọng không thể thiếu được, trong mạch điện, điện trở có những tác dụng sau:

- ✓ **Không chế dòng điện qua tải cho phù hợp.**
- ✓ **Mắc điện trở thành cầu phân áp để có được một điện áp theo ý muốn từ một điện áp cho trước.**



Điện trở có nhiều ứng dụng trong lĩnh vực điện và điện tử:

- ✓ Tỏa nhiệt: bếp điện, bàn ủi.
- ✓ Thắp sáng: bóng đèn dây tóc.

- ✓ Hạn dòng
- ✓ Giảm áp...

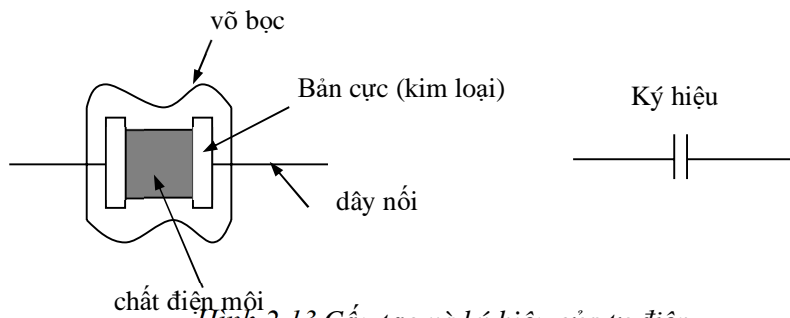
## 2. Tụ điện (capacitor)

### 2.1. Cấu tạo - ký hiệu:

Tụ điện là 1 linh kiện có tính tích trữ năng lượng điện.

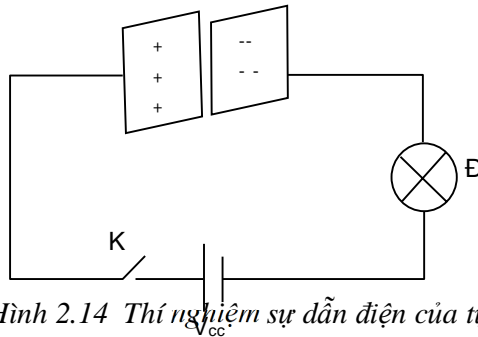
Tụ điện được cấu tạo gồm hai bản cực 1 hai bản phẳng bằng chất dẫn điện (kim loại) đặt song song với nhau. Ở giữa là chất điện môi cách điện.

Người ta thường dùng giấy, gốm, mica, giấy tẩm hoá chất làm chất điện môi và tụ điện cũng được phân loại theo tên gọi của các chất điện môi này như Tụ giấy, Tụ gốm, Tụ hoá.



Hình 2.13 Cấu tạo và ký hiệu của tụ điện

### 2.2. Sự dẫn điện của tụ



Hình 2.14 Thí nghiệm sự dẫn điện của tụ

Xét mạch điện như hình vẽ, khi đóng khóa K ta thấy đèn sáng lên rồi tắt. Khi mới vừa đóng K tức thời điện tử từ cực âm của nguồn điện đến bản cực bên phải, đồng thời điện tử từ bản cực bên trái đến cực dương nguồn. Như vậy sự di chuyển điện tử trên tạo ra dòng điện qua đèn làm đèn sáng. Sau đó xảy ra sự cân bằng điện tử giữa nguồn và tụ điện, nghĩa là không có sự di chuyển điện tử làm đèn tắt, lúc này hiệu điện thế giữa hai đầu bản cực tụ điện bằng điện thế nguồn. Nếu nguồn là xoay chiều, cực tính của nguồn biến thiên liên tục làm đèn sáng liên tục.

### 2.3. Điện dung – đơn vị

Để đặc trưng khả năng tích điện của tụ dùng đại lượng gọi là điện dung C.

Điện dung tỉ lệ thuận với tiết diện của bản tụ, tỉ lệ nghịch với khoảng cách giữa 2 bản tụ (bề dày của lớp điện môi) và phụ thuộc vào chất điện môi.

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

$\varepsilon$  : hằng số điện môi tùy thuộc chất điện môi.

S : tiết diện bản cực ( $m^2$ )

d : bề dày lớp điện môi (m)

C : điện dung có đơn vị Farad (F)

Thường dùng các ước số của Farad:

Microfarad :  $1\mu F = 10^{-6}F$

Nanofarad :  $1nF = 10^{-9}F$

Picofarad :  $1pF = 10^{-12}F$

Femtofarad :  $1fF = 10^{-15}F$

Hằng số điện môi của một số chất cách điện thường dùng để làm tụ điện có trị số như sau:

- Không khí khô  $\varepsilon = 1$
- Giấy tẩm dầu  $\varepsilon = 3,6$
- Gốm (ceramic)  $\varepsilon = 5,5$
- Mica  $\varepsilon = 4, 5$

Điện dung có thể đo bằng tỉ số điện tích của tụ điện trên hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện.

$$C = \frac{Q}{U}$$

C : điện dung của tụ (F)

Q : điện tích (C)

U : hiệu điện thế giữa 2 bản tụ (V)

#### 2.4. Năng lượng trữ ở tụ điện là:

$$W = \frac{1}{2} CU^2$$

W : năng lượng (J)

C : điện dung (F)

U : hiệu điện thế giữa 2 bản tụ (V)

#### 2.5. Điện thế làm việc (working Volt = WV)

Đối với mỗi tụ điện, chỉ có thể đặt vào nó một điện áp lớn nhất nào đó, tùy theo kết cấu của lớp điện môi. Nếu điện áp đặt vào quá lớn điện môi sẽ bị đánh thủng và trở nên dẫn điện, làm tụ điện bị hỏng không dùng được nữa.

Điện thế làm việc WV chính là điện thế lớn nhất cho phép áp vào 2 đầu tụ mà tụ chịu đựng được. Thường điện thế này có ghi trên tụ.

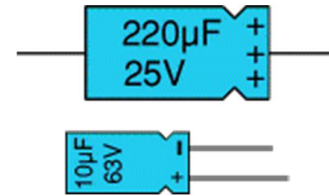
Như vậy tụ điện có 2 chỉ tiêu kỹ thuật chính: điện dung và điện thế làm việc.



Thông thường thì ta thường chọn tụ có giá trị điện thế làm việc lớn hơn nhiều so với điện áp thực đặt vào.

Ví dụ: Tụ có:  $C = 220\mu\text{F}, \text{WV} = 25\text{v}$

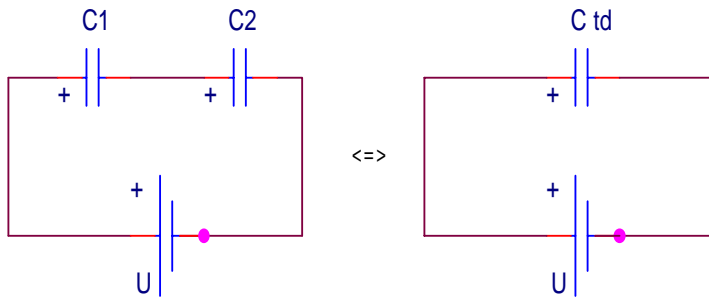
$C = 10\mu\text{F}, \text{WV} = 63\text{v}$



Hình 2.15. Hình dạng của tụ hồ

## 2.6. Cách mắc tụ điện

### 2.6.1 Mắc nối tiếp



Hình 2.16. Các tụ điện mắc nối tiếp

Điện tích nạp được vào tụ được tính theo công thức:

$$Q = Q_1 = Q_2 = C_1 U_1 = C_2 U_2 \quad \text{P} \quad U_1 = \frac{Q}{C_1} ; \quad U_2 = \frac{Q}{C_2}$$

Mặt khác:  $Q = C_{\text{tn}} \cdot U \quad \text{P} \quad U = \frac{Q}{C_{\text{tn}}}$

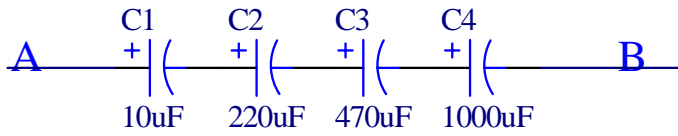
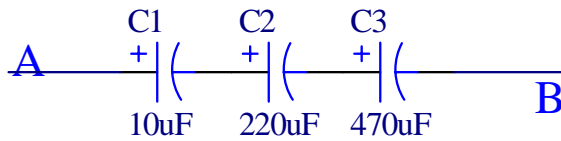
mà :  $U = U_1 + U_2$

$$\text{P} \quad \frac{1}{C_{\text{tn}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Nếu có nhiều tụ ghép nối tiếp thì:

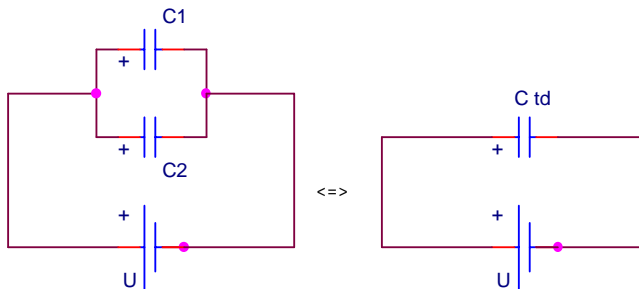
$$\frac{1}{C_{\text{td}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

**Thực hành :** Tính giá trị điện dung tương đương của các mạch sau:



### 2.6.2 Mắc song song

Xem mạch như hình vẽ sau:



Hình 2.17. Các tụ điện mắc song song

Điện tích nạp vào tụ  $C_1$ :  $Q_1 = C_1 U$

Điện tích nạp vào tụ  $C_2$ :  $Q_2 = C_2 \cdot U$

Điện tích nạp vào tụ  $C_{td}$ :  $Q = C_{td} \cdot U$

Điện tích nạp vào tụ  $C_1, C_2$  bằng điện tích nạp vào tụ  $C_{td}$  nên:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$\hat{U} \quad C_{td} \cdot U = C_1 U + C_2 U = (C_1 + C_2) U$$

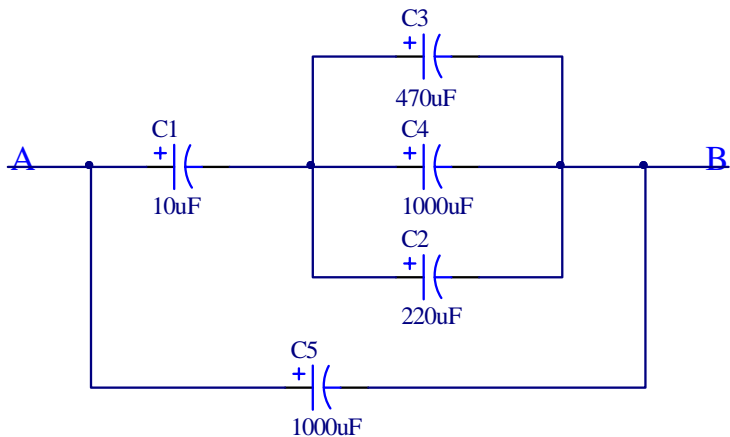
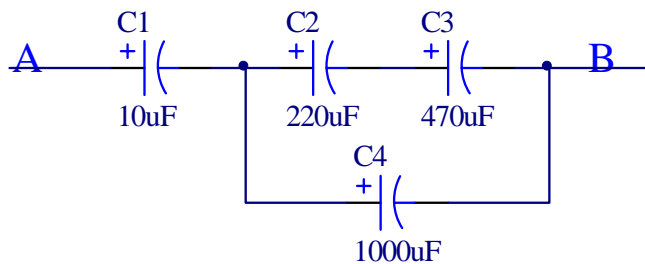
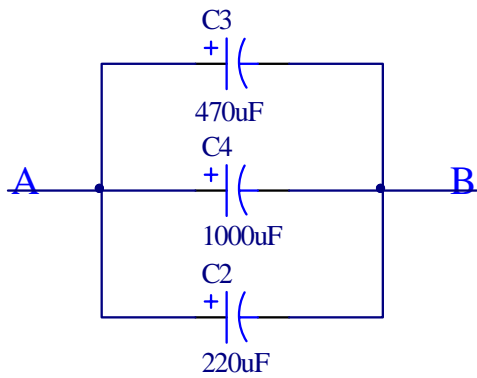
$$\mathbf{P} \quad C_{td} = C_1 + C_2$$

$$U = U_1 = U_2$$

Nếu có nhiều tụ ghép song song thì:

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

**Thực hành:** Tính điện dung tương đương của các mạch điện sau :



## 2.7. Phân loại

Tụ điện được chia làm 2 loại chính:

- Tụ điện có phân cực tính dương và âm (tụ có cực) (polar)
- Tụ không phân cực tính (tụ không cực) (nopolar)

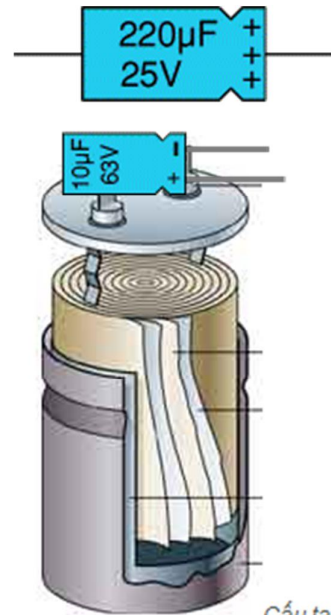
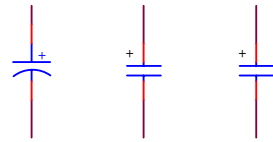
Các loại tụ giấy ,tụ gốm ,tụ mica không phân biệt cực âm dương nên khi lắp vào mạch không cần chú ý đến cực tính, thường có điện dung nhỏ từ 0,47  $\mu\text{F}$  trở xuống và thường được sử dụng trong các mạch điện có tần số cao.

Thông thường trên thực tế, người ta phân loại tụ và đặt tên cho tụ tùy theo chất điện môi như sau:

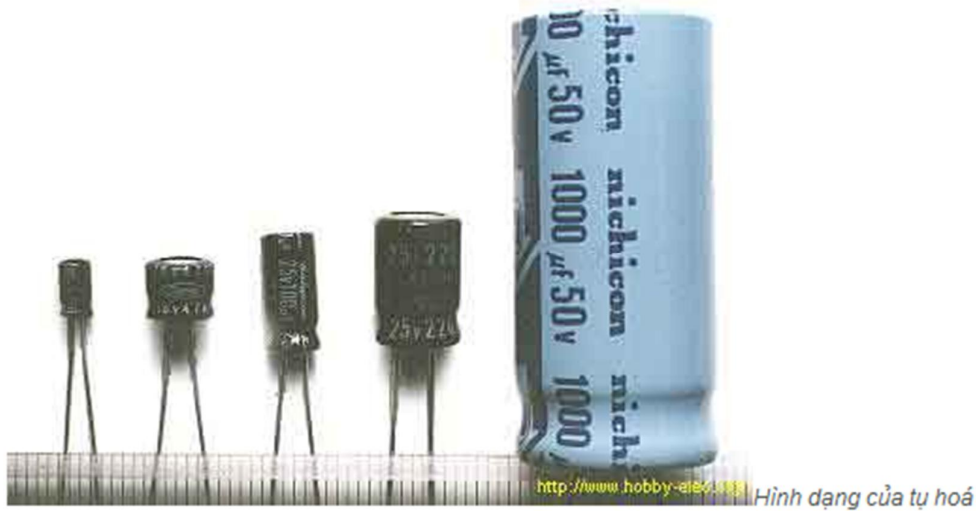
### 2.7.1 Tụ hóa

Là loại tụ có phân cực tính dương và âm. Tụ hoá có bản cực là những lá nhôm, điện môi là lớp oxyt nhôm rất mỏng được tạo bằng phương pháp điện phân. Điện dung của tụ hóa khá lớn.

Khi sử dụng phải ráp đúng cực tính dương và âm, điện thế làm việc thường nhỏ hơn 500V.



Cấu tạo tụ hoá

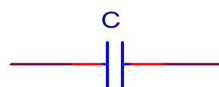


Hình dạng của tụ hoá

Hình 2.18. Hình dạng và ký hiệu của tụ hóa

### 2.7.2 Tụ giấy

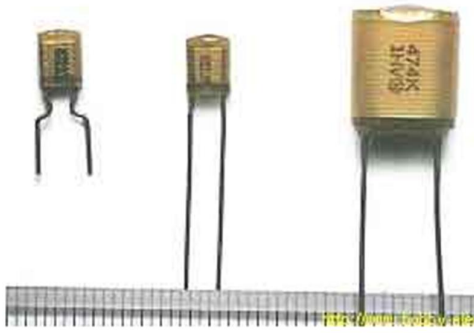
Là loại tụ không có cực tính. Tụ giấy có hai bản cực là các lá nhôm hoặc thiếc, ở giữa có lớp cách điện là giấy tẩm dầu và cuộn lại thành ống.



Ký hiệu



Hình dáng

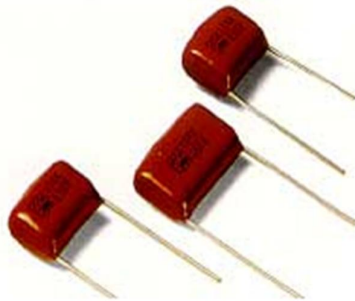
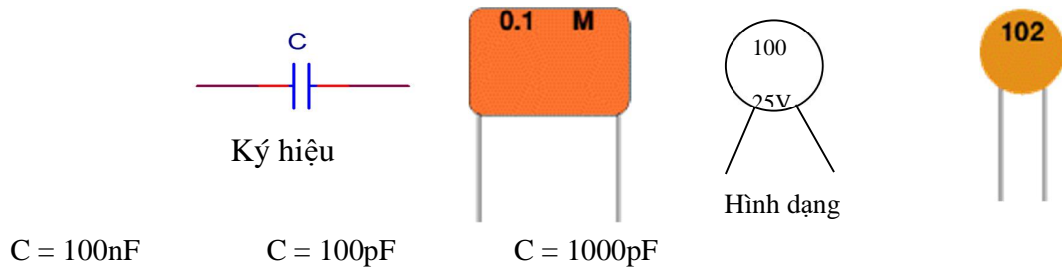


Tụ gồm ghi trị số bằng ký hiệu.

Hình 2.19. Hình dạng và ký hiệu của tụ giấy

### 2.7.3 Tụ gốm: (ceramic)

Là loại tụ không phân cực tính. Tụ gốm được chế tạo gồm chất điện môi là gốm, thường có dạng tròn dẹt, bề mặt được tráng bạc để làm bản tụ.



Hình dạng của tụ gốm.

Hình 2.20. Hình dạng và ký hiệu của tụ gốm

### 2.7.4 Tụ mica

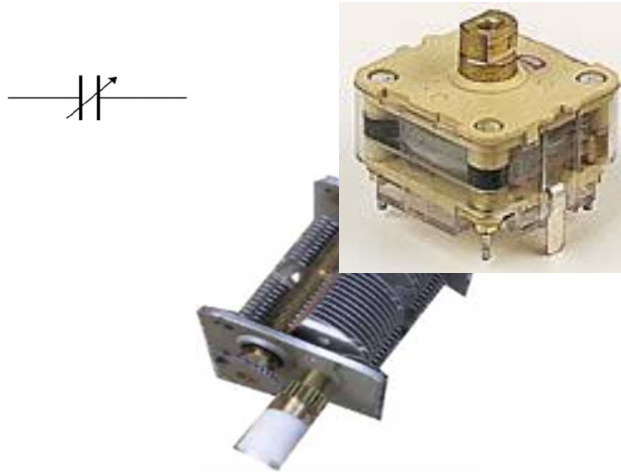
Là loại tụ không phân cực tính. Tụ mica: được chế tạo gồm nhiều miếng mica mỏng, được tráng bạc đặt chồng lên nhau. Sau đó được bao phủ bởi lớp chống ẩm bằng sáp hoặc nhựa cứng. Thường thì tụ mica có dạng hình khối chữ nhật.



Hình 2.20. Hình dạng và ký hiệu của tụ mica

### 2.7.5 Tụ biến đổi

Là loại tụ mà trị số điện dung có thể thay đổi theo yêu cầu sử dụng.



Tụ xoay sử dụng trong Radio

Hình 2.21. Hình dạng và ký hiệu của tụ biến dung

### 2.8. Cách xác định giá trị của tụ điện

Các loại tụ hóa: cực tính được ghi bằng dấu + hoặc dấu -. Đơn vị điện dung là micrôfarad ( $\mu\text{F}$ , MF, mFD) và điện áp làm việc đơn vị là volt (VDC) thường được ghi trực tiếp bằng chữ số.

Tụ ghi 2 chữ số ví dụ: 47/630 thì số đầu là điện dung, đơn vị pF, số thứ hai là trị số điện áp làm việc, đơn vị volt.

Trường hợp ghi 123K thì 2 số đầu là số có nghĩa, số thứ ba là số nhân, chữ viết chỉ sai số. (J = 5%, K = 10%, M = 20%)

$$123\text{K} = 12000\text{pF} \pm 10\%$$

Cụ thể :

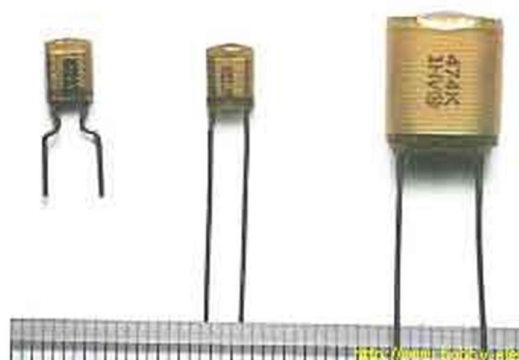
✓ **Tụ hoá:** Giá trị điện dung của tụ hoá được ghi trực tiếp trên thân tụ. Tụ hoá là tụ có phân cực (-), (+) và luôn luôn có hình trụ.



Tụ hoá ghi điện dung là 185  $\mu\text{F}$  / 320 V

Hình 2.22 hình dạng thực tế tụ hóa

✓ **Tụ giấy, tụ gốm:** Tụ giấy và tụ gốm có trị số ghi bằng ký hiệu



Tụ gồm ghi trị số bằng ký hiệu.

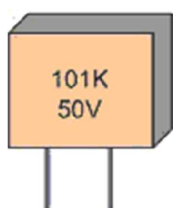
Hình 2.23 hình dạng thực tế tụ giấy

**Cách đọc:** Lấy hai chữ số đầu nhân với  $10^{(\text{Mũ số thứ 3})}$

Ví dụ tụ gồm ghi là 474K nghĩa là có giá trị  $= 47 \times 10^4 = 470000\text{p}$  (Lấy đơn vị là picô Fara)  $= 470 \text{ n Fara} = 0,47 \mu\text{F}$ .

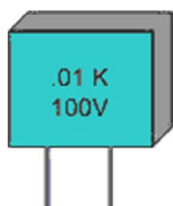
Chữ K hoặc J ở cuối là chỉ sai số 5% hay 10% của tụ điện.

✓ **Một số trị số khác của tụ điện.**



$$C = 10 \times 10^1 \text{ pF} \\ = 100 \text{ pF}$$

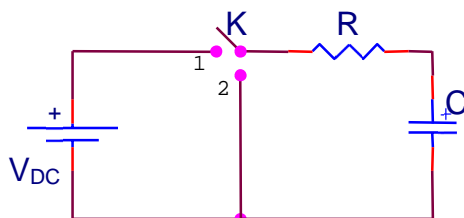
$$U_{\text{max}} = 50\text{V}$$



$$C = 0,01 \mu\text{F} \\ = 10 \text{ nF}$$

$$U_{\text{max}} = 100\text{V}$$

## 2.9. Hiện tượng nạp - xả của tụ



Hình 2.24. Mạch thí nghiệm sự nạp - xả của tụ

Bật khóa K sang vị trí số 1 thì tụ bắt đầu nạp điện từ điện thế là 0V tăng dần đến điện thế  $V_{\text{DC}}$  theo hàm số mũ đối với thời gian.

Điện thế tức thời trên hai đầu tụ được tính theo công thức:

$$v_c(t) = V_{DC} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

t : thời gian tụ nạp (s)

$$e = 2,71828$$

$$\tau = R.C$$

$\tau$  : được gọi là thời hằng nạp điện của tụ (s)

R: điện trở (W)

C: điện dung (F)

Ngược lại, dòng điện I nạp giảm theo hàm số mũ từ vị trí cực đại ban đầu  $I = \frac{V_{DC}}{R}$  về 0 theo biểu thức sau:

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

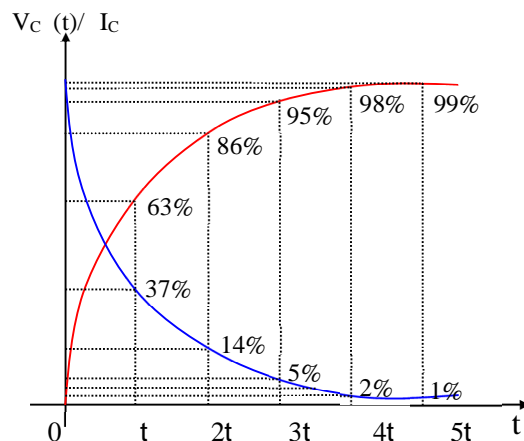
Theo lý thuyết, thời gian để tụ nạp đầy là vô hạn ( $V_c = V_{DC}$ ). Trên thực tế, sau thời gian 5 $\tau$  tụ đã nạp được 99%  $V_{DC}$ , lúc đó người ta xem như tụ đã nạp đầy.

Khi tụ đã nạp đầy, ta bật K qua vị trí số 2, tụ C xả điện qua R, hiệu điện thế giảm từ  $V_{DC}$  về 0 theo hàm số mũ đối với thời gian:

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

t: thời gian tụ xả;  $\tau = R.C$  (s)

Để ý tốc độ nạp –xả nhanh trong thời gian lúc đầu từ 0 đến  $\tau$ , sau đó giảm lại trong hời gian sau.

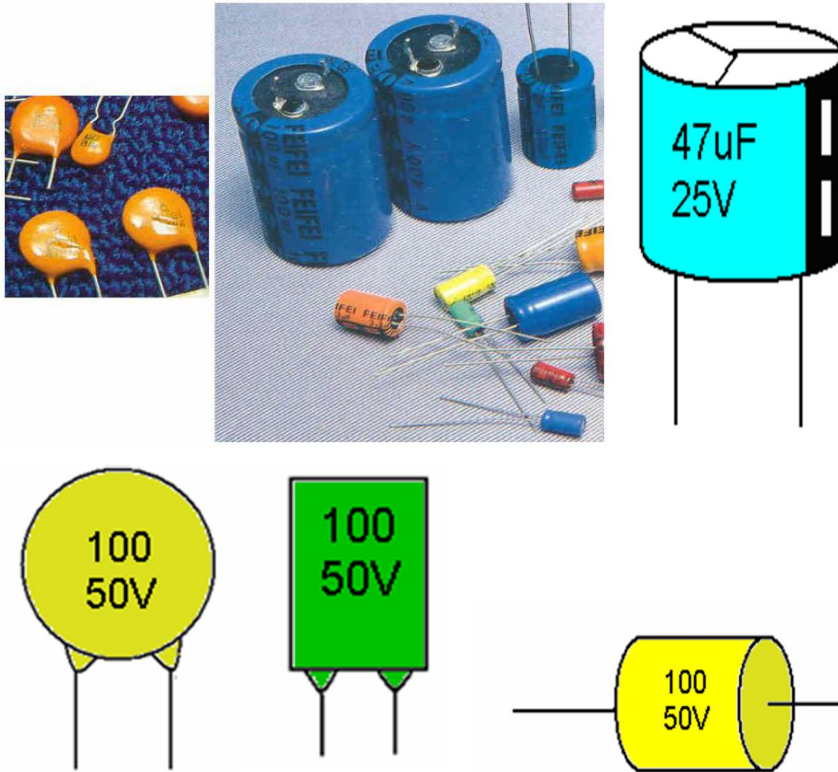


Hình 2.25. Đặc tuyến nạp - xả của tụ



## 2.10 Kiểm tra tụ điện

Hình dạng thực tế:



Phân loại:

Tụ Mica, tụ Selen và tụ gốm là các tụ hoạt động ở mạch cao tần.

Tụ sứ, tụ sành, tụ giấy và tụ dầu là các tụ hoạt động ở mạch trung tần.

Tụ hoá là tụ hoạt động ở mạch hạ tần.

- Đọc trị số tụ có các chấm màu như cách đọc điện trở.
- Tụ Mica có sáu vòng màu, vòng đầu tiên bên trái hàng trên cùng có màu trắng. Tụ có 5 vòng màu vòng thứ 5 xác định dãy nhiệt độ của tụ.
- Trường hợp tụ có ghi giá trị, ký hiệu tận cùng là 1 chữ cái thể hiện giá trị sai số: J:  $\pm 5\%$  K:  $\pm 10\%$  L:  $\pm 20\%$ , đơn vị đo tính bằng pF.

Cách đo kiểm tra tụ điện:

✓ Đo nguội: vặn VOM ở thang đo

x1 tụ > 100 nF

x10 10nF, 100mF

x100 1mF, 10mF

x1K 104, 10mF

x10K 102, 104nF

Thực hiện thao tác đo 2 lần và có đổi chiều đo, ta thấy:

- + Kim vọt lên rồi trả về hết: khả năng nạp xả của tụ còn tốt.
- + Kim vọt lên 0: tụ bị nối tắt (bị đánh thủng, bị chập).
- + Kim vọt lên nhưng trở về không hết: tụ bị rò.
- + Kim vọt lên nhưng trở về lò dò: tụ khô.
- + Kim không lên: tụ đứt (đừng nhầm với tụ quá nhỏ  $< 1\text{mF}$ )
- ✓ Đo nóng: (áp dụng  $>50\text{V}$ )

Đặt VOM ở thang đo VDC (cao hơn nguồn E rồi đặt que đo đúng cực tính).

- + Kim vọt lên rồi trở về: tốt
- + Kim vọt lên bằng giá trị nguồn cấp và không trả về: tụ bị nối tắt.
- + Kim vọt lên nhưng trở về không hết: tụ rã
- + Kim vọt lên trở về lò dò: tụ bị khô.
- + Kim không lên: tụ đứt.

Tụ xoay

Dùng thang đo Rx1

- Đo 2 chân CV rồi xoay hết vòng không bị rò chập là tốt.
- Đo 2 chân CV với trục không chập.

## 2. Dung kháng

Dung kháng là đại lượng chỉ sức cản điện của tụ đối với dòng điện xoay chiều.

Ký hiệu:  $X_C$  hoặc  $Z_C$

Biểu thức: 
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$X_C$ : dung kháng ( $\Omega$ )

f: tần số (Hz)

$\omega$ : tần số góc (rad/s)

C: điện dung (F)

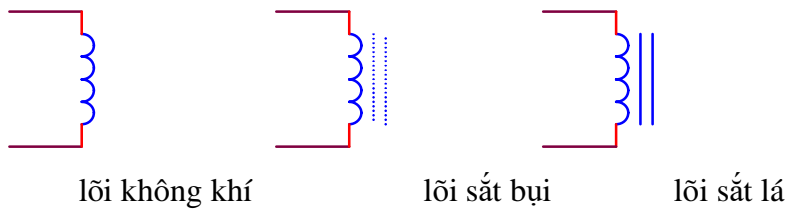
### Ứng dụng

Tụ có thể được ứng dụng làm tụ lọc trong các mạch lọc nguồn, lọc chặn tần số hay cho qua tần số nào đó. Tụ liên lạc để nối giữa các tầng khuếch đại.

### 3.1. Cấu tạo

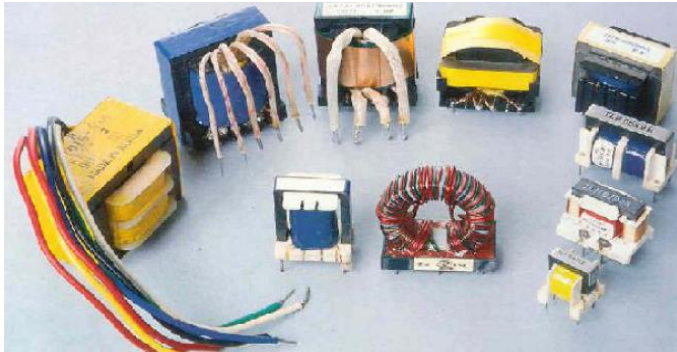
Cuộn cảm là dây dẫn có bọc lớp cách điện quấn nhiều vòng liên tiếp trên 1 cái lõi, (chồng lên nhau nhưng không chạm vào nhau). Lõi của cuộn cảm có thể là một ống rỗng (lõi không khí), sắt bụi hay sắt lá.

Tùy theo loại lõi, cuộn cảm có các ký hiệu khác nhau:



Hình 2.26. Ký hiệu của cuộn cảm

Hình dạng thực tế và cách đọc trị số:



Hình 2.27 hình dạng thực của cuộn cảm.

Vd: I: Đỏ  
 II: Vàng  
 L: Đen  
 S: Vàng

$$L = 24 \times 10^0 \text{ mH} \pm 4\% = 24 \text{ mH} \pm 4\%$$

Ứng dụng:

Relay: máy phát, vô tuyến ...

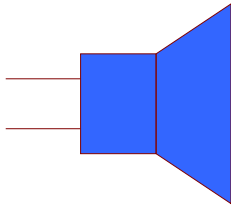
Biến thế

Đo thử cuộn dây:

- Đo thử biến thế.
- Đo thử Relay.

Đọc và đo trị số cuộn dây:

- Đo thử Relay, sử dụng relay chú ý 2 thông số quan trọng áp hoạt động của cuộn dây bằng các tiếp điểm chịu đựng.
- Đo thử biến thế:
  - + Đo cuộn sơ cấp, thứ cấp.
  - + Đo cách điện giữa 2 cuộn sơ và thứ cấp.
- Đo thử loa: chọn thang đo Rx1, một que đo chấm sẵn trên loa, que còn lại kích thích lên chấu còn lại, kim nhảy theo và loa phát tiếng rẹt rẹt là tốt. Tại sao?



-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### 3.2. Hệ số tự cảm

Hệ số tự cảm là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích trữ năng lượng từ trường của cuộn cảm.

Ký hiệu: L

Đơn vị đo: Henri (H)

Mili henri:  $1\text{mH} = 10^{-3}\text{H}$

Micro Henri:  $1\mu\text{H} = 10^{-6}\text{H}$

Hệ số tự cảm phụ thuộc vào số vòng dây, tiết diện, chiều dài và vật liệu làm lõi của cuộn cảm.

$$L = \mu_0 \mu_r \frac{n^2}{l} \cdot S = \mu_0 \mu_r \frac{\rho d^2 n^2}{4 l}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

$\mu_r$ : hệ số từ thẩm tương đối của vật liệu làm lõi đối với chân không.

n: số vòng dây

S: tiết diện lõi ( $\text{m}^2$ )

L: chiều dài lõi (m)

d: đường kính của cuộn cảm (m)

Mặt khác, hệ số tự cảm còn tính bởi công thức sau:

$$L = n \frac{Df}{DI}$$

### 3.3. Hiện tượng tự cảm

Nếu dòng điện I chạy trong một cuộn cảm thay đổi theo thời gian, thì trong cuộn cảm sẽ có một suất điện động cảm ứng.

$$e = -n \frac{Df}{Dt} = -L \frac{DI}{Dt}$$

DI: độ biến thiên dòng điện (A)

Df : độ biến thiên từ thông (wb)

Dt: khoảng thời gian biến thiên (s)

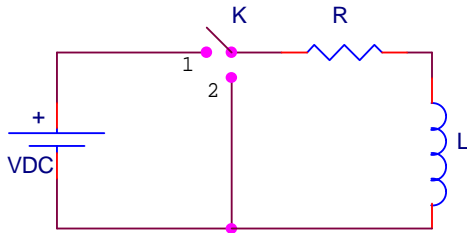
Sức điện động cảm ứng sinh ra dòng điện gọi là dòng điện cảm ứng.

### 3.4. Năng lượng nạp vào cuộn cảm

Dòng điện chạy qua cuộn cảm tạo ra năng lượng trữ dưới dạng từ trường.

$$W_L = \frac{1}{2} LI^2$$

### 3.5 Hiện tượng nạp – xả của cuộn cảm



Hình 2.28. Thí nghiệm sự nạp - xả của cuộn cảm

Xét mạch như hình vẽ, giả sử cuộn cảm chưa tích điện. Bật khóa K sang vị trí số 1 cuộn cảm phát sinh sức điện động cảm ứng bằng nguồn  $V_{DC}$  nhưng ngược dấu để chống lại dòng điện do nguồn  $V_{DC}$  cung cấp, do đó dòng điện ban đầu bằng 0. Sau đó dòng điện qua cuộn cảm tăng lên theo hàm số mũ:

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

$\tau = \frac{L}{R}$ ,  $\tau$  là thời hằng nạp điện của cuộn cảm.

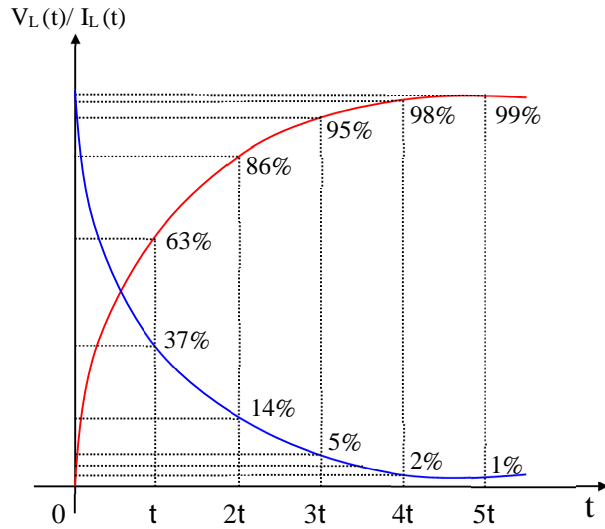
Ngược với dòng điện, hiệu điện thế giữa hai đầu cuộn cảm lúc đầu bằng nguồn  $V_{DC}$  nhưng sau đó giảm dần theo biểu thức:

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

Sau thời gian  $5\tau$  thì cuộn cảm xem như được nạp đầy. Khi cuộn cảm nạp đầy ta bật khóa K sang vị trí số 2. Dòng điện xả được tính theo hàm số mũ:

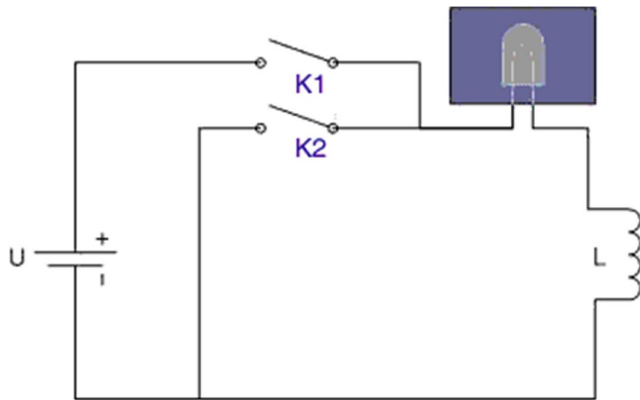
$$i_L(t) = \frac{V_{DC}}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Sau thời gian  $5\tau$  thì cuộn cảm sẽ xả hết dòng điện đã trữ của nó.



Hình 2.29. Đặc tuyến nạp - xả của cuộn cảm

**Thực hành** : xét hoạt động của led ?



Ảnh có bản quyền - Vinh

Khi K1 đóng, dòng điện qua cuộn dây tăng dần ( do cuộn dây sinh ra cảm kháng chống lại dòng điện tăng đột ngột ) vì vậy bóng đèn sáng từ từ, khi K1 vừa ngắt và K2 đóng , năng lượng nạp trong cuộn dây tạo thành điện áp cảm ứng phóng ngược lại qua bóng đèn làm bóng đèn loé sáng => đó là hiện tượng cuộn dây xả điện.

### 3.6. Cách mắc cuộn cảm

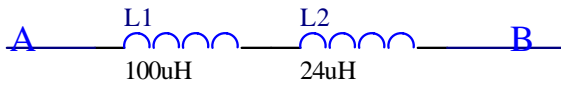
§ Mắc nối tiếp



$$L_{td} = L_1 + L_2$$

Hình 2.30. Cuộn cảm mắc nối tiếp

**Thực hành**: Tính giá trị  $L_{td}$  của mạch sau:



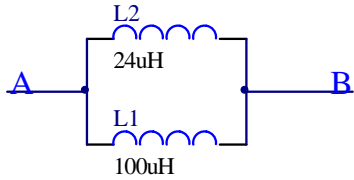
§ **Mắc song song**



$$\frac{1}{L_{td}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

Hình 2.31. Cuộn cảm mắc song song

**Thực hành :** Tính giá trị  $L_{td}$  :



### 3.7. Cảm kháng

Cảm kháng là đại lượng chỉ sức cản điện của cuộn cảm đối với dòng điện xoay chiều.

Ký hiệu:  $X_L$  hoặc  $Z_L$

Đơn vị: W

Biểu thức:  $X_L = \omega L = 2\pi fL$

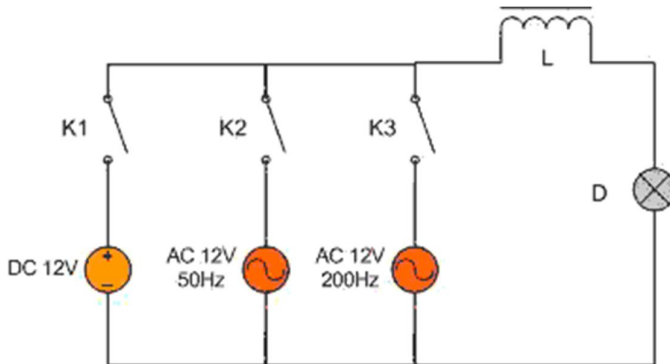
$X_L$ : cảm kháng (W)

f: tần số (Hz)

$\omega$ : tần số góc (rad/s)

L: hệ số tự cảm (H)

**Thực hành:**



Cuộn dây nối tiếp với bóng đèn sau đó được đấu vào các nguồn điện 12V nhưng có tần số khác nhau thông qua các công tắc K1, K2, K3, khi K1

đóng dòng điện một chiều đi qua cuộn dây mạnh nhất ( Vì  $Z_L = 0$  ) => do đó bóng đèn sáng nhất, khi K2 đóng dòng điện xoay chiều 50Hz đi qua cuộn dây yếu hơn ( do  $Z_L$  tăng ) => bóng đèn sáng yếu đi, khi K3 đóng , dòng điện xoay chiều 200Hz đi qua cuộn dây yếu nhất ( do  $Z_L$  tăng cao nhất) => bóng đèn sáng yếu nhất.

=> **Kết luận** : Cảm kháng của cuộn dây tỷ lệ với hệ số tự cảm của cuộn dây và tỷ lệ với tần số dòng điện xoay chiều, nghĩa là dòng điện xoay chiều có tần số càng cao thì đi qua cuộn dây càng khó, dòng điện một chiều có tần số  $f = 0$  Hz vì vậy với dòng một chiều cuộn dây có cảm kháng  $Z_L = 0$

### 3.8. Phân loại – ứng dụng

Có nhiều cách phân loại cuộn cảm:

Phân loại theo kết cấu: Cuộn cảm 1 lớp, cuộn cảm nhiều lớp, cuộn cảm có lõi không khí, cuộn cảm có lõi sắt bụi, cuộn cảm có lõi sắt lá...

Phân loại theo tần số làm việc: Cuộn cảm âm tần, cuộn cảm cao tần..

§ Cuộn cảm 1 lớp lõi không khí: Gồm một số vòng dây quấn vòng nọ sát vòng kia hoặc cách nhau vài lần đường kính sợi dây. Dây có thể cuốn trên khung đỡ bằng vật liệu cách điện cao tần hay nếu cuộn cảm đủ cứng thì có thể không cần khung đỡ mà chỉ cần hai kẹp giữ hai bên.

§ Cuộn cảm nhiều lớp lõi không khí: Khi trị số cuộn cảm lớn, cần có số vòng dây nhiều, nếu quấn 1 lớp thì chiều dài cuộn cảm quá lớn và điện dung ký sinh quá nhiều. Để kích thước hợp lý và giảm được điện dung ký sinh, người ta quấn các vòng của cuộn cảm thành nhiều lớp chồng lên nhau theo kiểu tổ ong.

§ Cuộn cảm có lõi bột sắt từ: Để rút ngắn kích thước của 2 loại trên bằng cách lồng vào giữa nó một lõi ferit. Thân lõi có răng xoắn ốc. Hai đầu có khía 2 rãnh. Người ta dùng 1 cái quay vít nhựa để điều chỉnh lõi lên xuống trong lòng cuộn cảm để tăng hay giảm trị số tự cảm của cuộn cảm.

§ Cuộn cảm nhiều đoạn hay cuộn cảm ngăn cao tần là cuộn cảm nhiều lớp nhưng quấn lại nhiều đoạn trên 1 lõi cách điện, đoạn nọ cách đoạn kia vài mm.

§ Cuộn cảm âm tần: Các vòng cảm được quấn thành từng lớp đều đặn, vòng nọ sát vòng kia, lớp nọ sát lớp kia bằng một lượt giấy bóng cách điện, khung đỡ của cuộn dây làm bằng bìa pretpan. Lõi từ là các lá thép Si mỏng cắt thành chữ E và I. Mỗi chữ E và I xếp lại thành một mạch từ khép kín.



Hình 2.32. Một số dạng cuộn cảm.

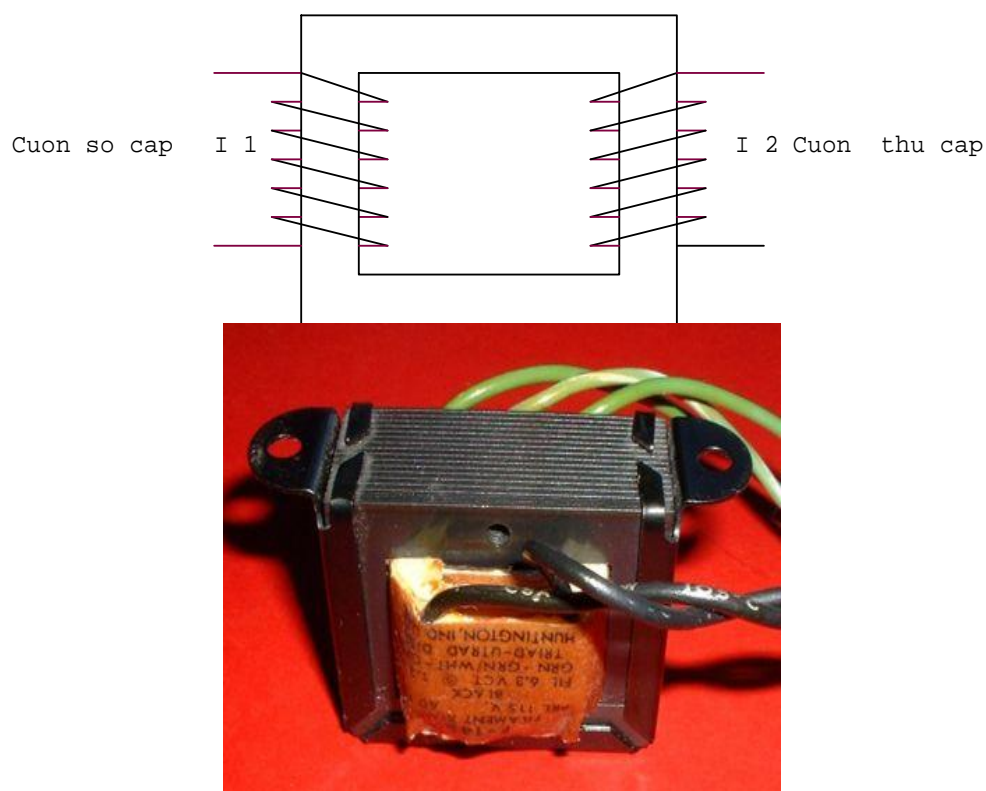


## 4. Biến thế (transformer)

### 4.1. Khái niệm

Biến thế là dụng cụ dùng để biến đổi điện áp hay dòng điện xoay chiều nhưng vẫn giữ nguyên tần số.

### 4.2. Cấu tạo



Hình 2.33. Cấu tạo và hình dạng biến thế

Biến thế gồm 2 cuộn dây đồng tráng men cách điện: một cuộn gọi là sơ cấp, cuộn kia là thứ cấp. Cả hai cùng quấn trên một lõi thép từ khép kín. Lõi từ không phải là một khối sắt mà gồm nhiều lá sắt mỏng ghép song song cách điện nhau để tránh dòng điện xoáy (Foucoult) làm nóng biến thế.

### 4.3. Nguyên lý hoạt động

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

$$V_1 = -N_1 \frac{Df}{Dt}$$

$$V_2 = -N_2 \frac{Df}{Dt}$$

$N_1$ : số vòng dây của cuộn sơ cấp.

$N_2$ : số vòng dây của cuộn thứ cấp.

$V_1$ : điện áp vào hai đầu cuộn sơ cấp.

$V_2$ : điện áp lấy ra ở hai đầu cuộn thứ cấp.

$Df$ : độ biến thiên từ thông (wb)

$Dt$ : khoảng thời gian biến thiên (s)

#### 4.4. Các công thức của biến thế

Tỉ lệ về điện thế  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$

Tỉ lệ dòng điện:  $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$

Tỉ lệ về công suất:  $P_1 = V_1 I_1$ ;  $P_2 = V_2 I_2$

Lí tưởng ta có:  $P_1 = P_2 \Leftrightarrow V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$

Thực tế:  $P_2 < P_1$

Hiệu suất:  $h = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$

Tỉ lệ về tổng trở:  $R_2 = \frac{V_2}{I_2}$ ;  $R_1 = \frac{V_1}{I_1}$

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

#### Thực hành :

**Bài 1:** Một máy biến thế có số vòng của cuộn sơ cấp là 5000 và thứ cấp là 1000. Bỏ qua mọi hao phí của máy biến thế. Đặt vào hai đầu cuộn sơ cấp hiệu điện thế xoay chiều có giá trị hiệu dụng 100 V thì hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu cuộn thứ cấp khi để hở có giá trị là bao nhiêu ?

**Bài 2:** Một máy biến thế có cuộn sơ cấp 1000 vòng dây được mắc vào mạng điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng 220 V. Khi đó hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu cuộn thứ cấp để hở là 484 V. Bỏ qua mọi hao phí của máy biến thế. Số vòng dây của cuộn thứ cấp là bao nhiêu ?

**Bài 3:** Một máy biến thế dùng làm máy giảm thế (hạ thế) gồm cuộn dây 100 vòng và cuộn dây 500 vòng. Bỏ qua mọi hao phí của máy biến thế. Khi nối hai đầu cuộn sơ cấp với hiệu điện thế  $u = 100\sqrt{2}\sin 100\pi t$  (V) thì hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu cuộn thứ cấp bằng bao nhiêu ?

**Bài 4:** Khi truyền điện năng có công suất  $P$  từ nơi phát điện xoay chiều đến nơi tiêu thụ thì công suất hao phí trên đường dây là  $\Delta P$ . Để cho công suất hao phí trên đường dây chỉ còn là  $\frac{1}{n}$  (với  $n > 1$ ), ở nơi phát điện người ta sử dụng một máy biến áp (lí tưởng) có tỉ số giữa số vòng dây của cuộn sơ cấp và số vòng dây của cuộn thứ cấp là bao nhiêu ?

## 5. Rơ le

Khái niệm : Rơ le là một loại thiết bị điện tự động mà tín hiệu đầu ra thay đổi nhảy cấp khi tín hiệu đầu vào đạt những giá trị xác định. Rơ le là thiết bị điện dùng để đóng cắt mạch điện điều khiển, bảo vệ và điều khiển sự làm việc của mạch điện động lực.

### 5.1 Cấu tạo và kí hiệu qui ước Role.

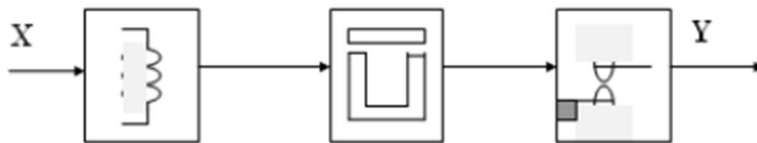
- ✓ Cơ cấu tiếp thu( khối tiếp thu)Có nhiệm vụ tiếp nhận những tín hiệu đầu vào và biến đổi nó thành đại lượng cần thiết cung cấp tín hiệu phù hợp cho khối trung gian.
- ✓ Cơ cấu trung gian( khối trung gian)Làm nhiệm vụ tiếp nhận những tín hiệu đưa đến từ khối tiếp thu và biến đổi nó thành đại lượng cần thiết cho rơ le tác động.
- ✓ Cơ cấu chấp hành (khối chấp hành)Làm nhiệm vụ phát tín hiệu cho mạch điều khiển.

Ví dụ các khối trong cơ cấu rơ le điện từ hình

Cơ cấu tiếp thu ở đây là cuộn dây.

Cơ cấu trung gian là mạch từ nam châm điện.

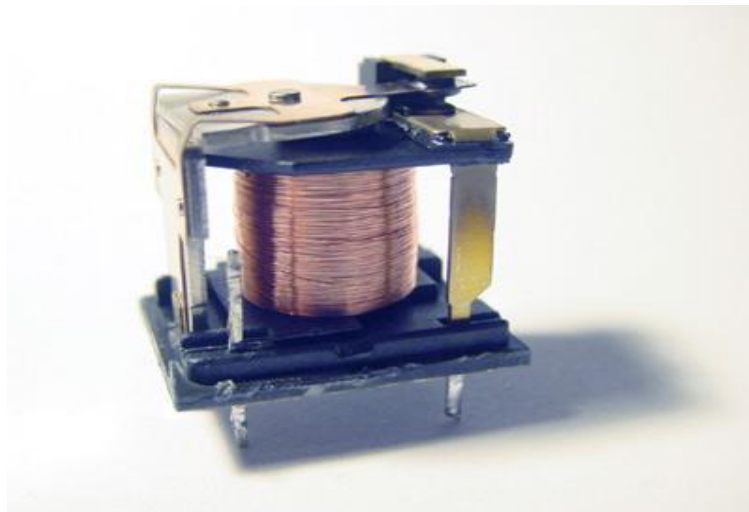
Cơ cấu chấp hành là hệ thống tiếp điểm.



Sơ đồ của rơ le điện từ.

Cụ thể: Rơ-le có cấu tạo hết sức đơn giản, gồm 4 bộ phận sau đây:

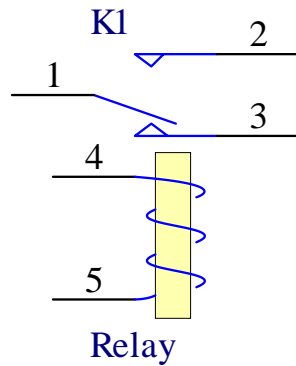
- Nam châm điện
- Lõi sắt
- Lò xo
- Các tiếp điểm



Hình 2.34 bên trong rơ le

Các bộ phận rơ le trong thực tế.

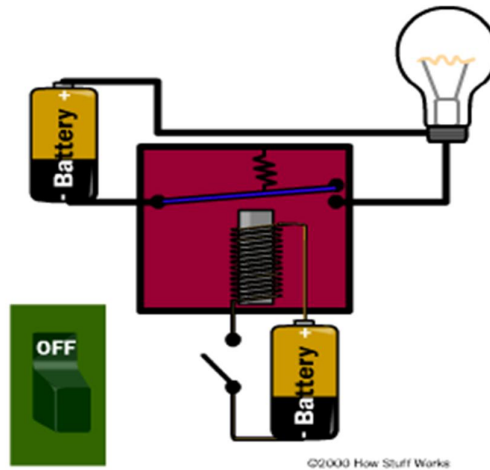
**Kí hiệu quy ước của rơ le:**



Hình 2.35 kí hiệu của role

### 5.2 Nguyên lý hoạt động .

Dựa vào hình vẽ chúng ta mô tả nguyên tắc hoạt động của relay:



Hình 36 nguyên lý hoạt động của role

Ta có một công tắc đóng ngắt nguồn cho nam châm điện. Khi công tắc đóng (on), nam châm điện có từ trường sẽ hút thanh sắt (màu xanh). Thanh sắt dịch chuyển giữa hai vị trí giống như một công tắc. Khi có lực hút từ trường, thanh sắt ở vị trí hai (thường hở) đèn sáng. Ngược lại, lò xo sẽ kéo thanh sắt lên vị trí 1 (thường đóng) làm hở mạch, đèn tắt

### 5.3 Ứng dụng

Nhìn chung, công dụng của rơ-le là "dùng một năng lượng nhỏ để đóng cắt nguồn năng lượng lớn hơn". Ví dụ như bạn có thể dùng dòng điện 5V, 50mA để đóng ngắt dòng điện 120V, 2A.

Rò-le được dùng khá thông dụng trong các ứng dụng điều khiển động cơ và chiếu sáng. Nó cũng thường thấy trong động xe hơi, khi chỉ cần nguồn 12V là có thể điều khiển được dòng rất lớn. Ở các thế hệ xe hơi đời sau, nhà sản xuất kết hợp rơ-le với cầu chì chung một vỏ để dễ dàng bảo trì.

Khi cần đóng cắt nguồn năng lượng lớn, rơ-le thường được ghép nối tiếp. Nghĩa là một rơ-le nhỏ điều khiển một rơ-le lớn hơn, và rơ-le lớn sẽ điều khiển nguồn công suất.

### **Bài 3: Khái niệm về chất bán dẫn Đốt bán dẫn**

#### **1. Chất bán dẫn (semiconductor)**

##### **1.1. Khái niệm**

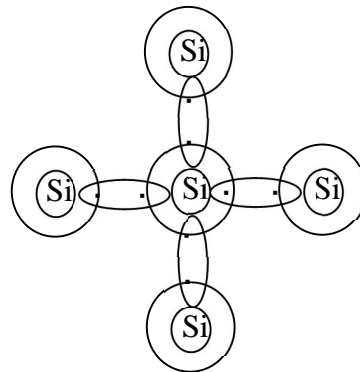
Sự dẫn điện của một chất ty thuộc vo các hạt điện tử nằm ở tầng quỹ đạo ngoài của nguyên tử. Dựa trên cơ sở này người ta xc định sự dẫn điện của một chất như sau:

- Chất dẫn điện (conductor) là một chất có số điện tử ngoài cùng ít hơn rất nhiều số điện tử bão hòa.
- Chất cách điện (insulator) là một chất có số điện tử ngoài cùng bằng hoặc gần bằng số điện tử bão hòa.
- Chất bán dẫn (semiconductor) là một chất có số điện tử ngoài cùng nằm khoảng giữa hai loại trên. Lúc này nó vừa mang tính dẫn điện vừa mang tính cách điện.

Chất bán dẫn tiêu biểu của ngành điện tử: Silicium (Si) và Gemanium (Ge)

##### **1.2. Bán dẫn thuần:**

Khái niệm: Bán dẫn thuần là bán dẫn duy nhất không pha thêm chất khác vào.



*Hình 3.1. bán dẫn thuần SI*

Sự dẫn điện của bán dẫn thuần:

Xét bán dẫn tinh khiết Si, Si có 4 điện tử ở lớp ngoài cùng, 4 điện tử này sẽ liên kết với 4 điện tử của 4 nguyên tử kế cận nó, hình thành mỗi liên kết gọi là liên kết cộng hóa trị.

Ở nhiệt độ thấp các liên kết đó đều bền vững nên tất cả các điện tử bị ràng buộc trong mạng tinh thể do đó Si không dẫn điện.

Ở nhiệt độ tương đối cao, một trong những mối nối bị phá vỡ, điện tử thoát ra trở thành điện tử tự do, để lại trong mạng tinh thể một chỗ trống thiếu điện tử gọi là lỗ trống, lỗ trống mang điện tích dương. Nhiệt độ càng cao thì số điện tử tự do và lỗ trống hình thành càng nhiều.

- Khi không có điện trường thì điện tử tự do và lỗ trống chuyển động nhiệt hỗn loạn không ưu tiên theo phương nào nên không có dòng điện.

- Khi có điện trường đặt vào tinh thể bán dẫn, dưới tác dụng của lực điện trường điện tử và lỗ trống có thêm chuyển động có hướng: điện tử chuyển động ngược chiều điện trường, lỗ trống chuyển động cùng chiều điện trường làm xuất hiện dòng điện trong bán dẫn.

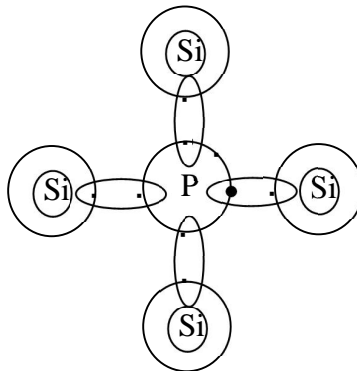
Như vậy, dòng điện trong bán dẫn thuần là dòng chuyển dời có hướng của điện tử tự do và lỗ trống dưới tác dụng của điện trường.

### 1.3. Bán dẫn tạp chất

Bán dẫn tạp chất là bán dẫn có pha thêm chất khác vào. Tùy vào chất khác là chất nào mà có hai bán dẫn tạp chất: bán dẫn loại N và bán dẫn loại P.

#### 1.3.1 Bán dẫn loại N (Negative)

Pha thêm một lượng rất ít photpho vào chất bán dẫn Si theo tỉ lệ  $\frac{P}{Si} = \frac{1}{10^8}$  sự dẫn điện của Si tăng lên hơn 10 lần. Bốn điện tử của nguyên tử P liên kết với bốn điện tử của bốn nguyên tử Si khác nhau, như vậy P còn thừa lại một điện tử không nằm trong liên kết cộng hóa trị. Điện tử thừa này rất dễ dàng trở thành điện tử tự do làm cho độ dẫn điện của bán dẫn Si tăng lên 10 lần. Nếu pha chất P càng nhiều thì độ dẫn điện bán dẫn Si càng tăng lên.



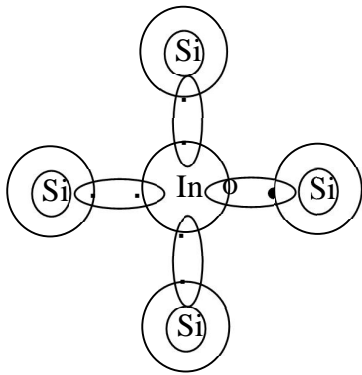
Hình 3.2 bán dẫn tạp chất N

Bên cạnh đó với tác động: Nhiệt độ, ánh sáng, bức xạ, ion hóa. Phát sinh cặp điện tử – lỗ trống tự do. Các hạt tải này cũng tham gia vào sự dẫn điện của Si và được gọi là hạt tải thiểu số.

Bán dẫn loại N có hạt tải dẫn điện đa số là điện tử, hạt tải dẫn điện thiểu số là lỗ trống.

#### 1.3.2 Bán dẫn loại P (positive)

Pha một lượng rất ít Indium (In) vào chất bán dẫn Si theo tỉ lệ  $\frac{In}{Si} = \frac{1}{10^8}$ , sự dẫn điện của Si tăng lên hơn 10 lần.



Hình 3.3. Bán dẫn tạp chất P

Ba điện tử In liên kết với ba điện tử của ba nguyên tử Si. Như vậy In còn thiếu 1 điện tử cho liên kết cuối cùng. Nó sẽ dễ dàng nhận thêm 1 điện tử của nguyên tử xung quanh để có liên kết bền vững, điều này làm phát sinh thêm một lỗ trống. Như vậy, cứ có một nguyên tử tạp chất thì có thêm một lỗ trống, nồng độ tạp chất càng cao thì số lỗ trống càng nhiều.

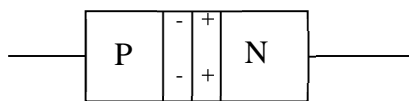
Bán dẫn loại P có hạt tải dẫn điện đa số là lỗ trống, hạt tải dẫn điện thiếu số là điện tử.

#### 1.4. Chuyển tiếp P- N

##### Chuyển động biểu kiến của lỗ trống

Giả sử điện tử ở tại vị trí số 1, lỗ trống ở vị trí số 2; điện tử dịch chuyển từ 1 sang 2 để lại bên 2 một điện tử và bên 1 lỗ trống. Như vậy, điện tử dịch chuyển từ 1 sang 2 còn lỗ trống dịch chuyển từ 2 sang 1. Sự dịch chuyển của lỗ trống gọi là chuyển động biểu kiến. Điều này cho ta thấy điện tử và lỗ trống dịch chuyển ngược chiều nhau điện tử có chiều di chuyển từ âm sang dương ngược lại lỗ trống di chuyển từ dương sang âm (cùng chiều với dòng điện quy ước).

Sau khi hình thành hai mẫu bán dẫn P, N cho hai mẫu bán dẫn này tiếp xúc với nhau. Tại nơi tiếp xúc P – N có hiện tượng trao đổi điện tích. Lỗ trống từ vùng P khuếch tán sang vùng N, ngược lại điện tử từ vùng N khuếch tán sang vùng P. Sự di chuyển này tạo ra dòng thuận  $I_f$  có chiều từ P qua N.



Hình 3.4. Mối nối P-N

Tại nơi tiếp xúc điện tử và lỗ trống sẽ tái hợp nhau, bên vùng P sẽ tồn tại điện tích âm (ion âm), bên vùng N sẽ tồn tại các điện tích dương (ion dương) -> tồn tại một điện trường trong (điện trường nội tại) tạo ra dòng điện nghịch  $i_N$ .  $i_N$  ngược chiều với  $i_f$ . Khi  $i_N = i_f$  thì sự khuếch tán ngừng lại.

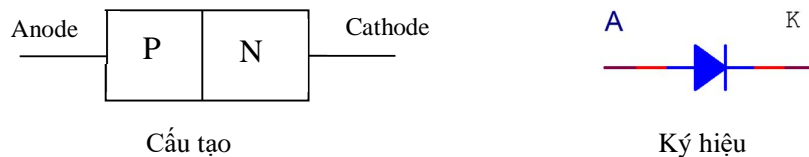
Vùng cận mặt tiếp xúc gọi là vùng khiếm khuyết (vùng hiếm). Ở trạng thái cân bằng, hiệu điện thế tiếp xúc giữa bán dẫn N và bán dẫn P có một giá trị nhất định  $V_G$ . Hiệu thế

này ngăn cản, không cho hạt tải (hạt dẫn) tiếp tục di chuyển qua mặt ranh giới, duy trì trạng thái cân bằng, nên được gọi là hàng rào điện thế.

## 2. Diode bán dẫn

### 2.1. Cấu tạo

Diode bán dẫn là dụng cụ bán dẫn có một lớp tiếp xúc P – N. bên ngoài có bọc bởi lớp Plastic. Hai đầu của mẫu bán dẫn có tráng kim loại (Al) để nối dây ra.



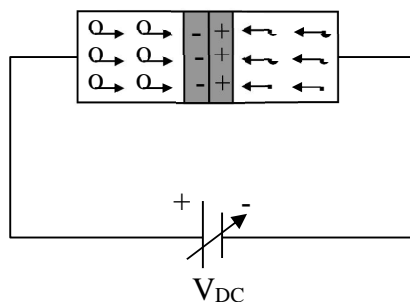
Hình 3.5 Cấu tạo – ký hiệu của diode

A: Anode: cực dương

K: Cathode: cực âm

### 2.2 Nguyên lý hoạt động

#### 2.2.1 Phân cực thuận

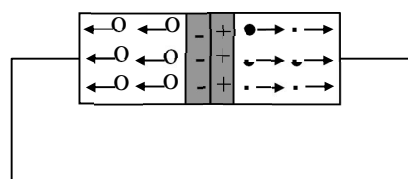


Hình 3.6. Mạch thí nghiệm phân cực thuận diode.

Phân cực thuận diode: Cực dương của nguồn nối với A, âm nguồn nối với K. Điện tích âm của nguồn đẩy điện tử trong N về lớp tiếp xúc. Điện tích dương của nguồn đẩy lỗ trống trong P về lớp tiếp xúc, làm cho vùng khiếm khuyết càng hẹp lại. Khi lực đẩy đủ lớn thì điện tử từ vùng N qua lớp tiếp xúc, sang vùng P và đến cực dương của nguồn...Hình thành một dòng điện có chiều từ P sang N. Lúc này diode cỡ định điện thuận chạy theo chiều từ A qua K.

#### 2.2.2 Phân cực nghịch

Phân cực nghịch diode: Ta nối cực dương của nguồn với K, cực âm nối với A.





Hình 3.7. Mạch thí nghiệm phân cực nghịch diode.

Điện tích âm của nguồn sẽ hút lỗ trống của vùng P, điện tích dương của nguồn sẽ hút điện tử của vùng N, làm cho điện tử và lỗ trống hai bên mỗi nối càng xa nhau hơn, vùng khiếm khuyết càng rộng ra nên hiện tượng tái hợp giữa điện tử và lỗ trống càng khó khăn hơn. Như vậy, sẽ không có dòng điện qua diode. Tuy nhiên cũng có một số rất ít điện tử và lỗ trống tái hợp ở vùng tiếp giáp tạo ra một dòng điện nhỏ đi từ N qua P gọi là dòng nghịch (dòng rỉ). Dòng này rất nhỏ cỡ vài nA. Nhiều trường hợp coi như diode không dẫn điện khi phân cực nghịch. Tăng điện áp phân cực nghịch lên thì dòng xem như không đổi, tăng quá mức thì diode hư (bị đánh thủng). Nếu xt định điện rỉ thì diode cỡ định nhỏ chạy theo chiều từ K về A khi phn cực nghịch.

### 2.3. Đặc tuyến volt - Ampe

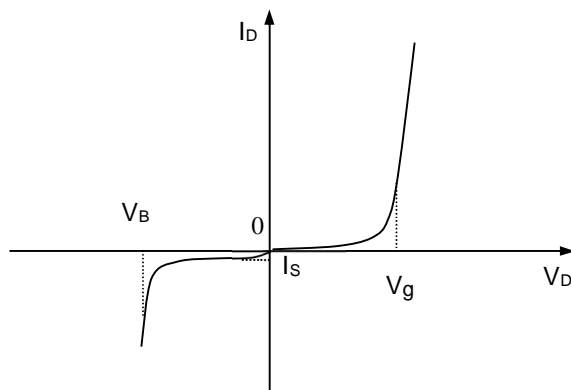
$I_s$ : dòng bão hòa nghịch

$V_g$  Điện thế ngưỡng

$V_B$ : Điện thế đánh thủng

Đầu tiên phân cực thuận diode, tăng  $V_{DC}$  từ 0 lên, khi  $V_D = V_g$  thì diode bắt đầu có dòng qua.  $V_g$  được gọi là điện thế thềm (điện thế ngưỡng, điện thế mở) và có trị số phụ thuộc chất bán dẫn. Sau khi  $V_D$  vượt qua  $V_g$  thì dòng điện sẽ tăng theo hàm số mũ và được tính theo công thức:

$$I_D = I_S \left( e^{\frac{V_D}{26 \text{ mV}}} - 1 \right)$$



Hình 3. 8Đặc tuyến volt – Ampe của diode

Phân cực thuận:  $V_D > 0 \Rightarrow e^{\frac{V_D}{26 \text{ mV}}} \gg 1 \Rightarrow I_D = I_S \cdot e^{\frac{V_D}{26 \text{ mV}}}$

Phân cực nghịch:  $V_D < 0 \Rightarrow e^{\frac{V_D}{26\text{mV}}} \ll 1 \Rightarrow I_D = -I_S$

Dấu trừ (-) chỉ chiều dòng điện qua diode khi phân cực nghịch ngược với chiều dòng điện qua diode khi phân cực thuận.

Không phân cực:  $V_D = 0 \Rightarrow e^{\frac{V_D}{26\text{mV}}} = 1 \Rightarrow I_D = 0$

## 2.4. Các thông số cơ bản của Diode

### 2.4.1 Điện trở của Diode.

Có hai loại điện trở liên quan đến diode:

§ Điện trở một chiều: ở một điểm phân cực được định nghĩa là tỉ số  $\frac{V_D}{I_D}$ :

$$R = \frac{V_D}{I_D}$$



R: điện trở một chiều / điện trở tĩnh của diode.

Khi diode phân cực càng mạnh dòng điện càng lớn và điện trở càng nhỏ. Khi phân cực nghịch thì dòng điện rất nhỏ nên điện trở nghịch rất lớn.

Người ta lợi dụng đặc tính này để đo thử diode bằng máy đo V.O.M.

§ Điện trở động: là điện trở đối với dòng điện xoay chiều (tín hiệu)

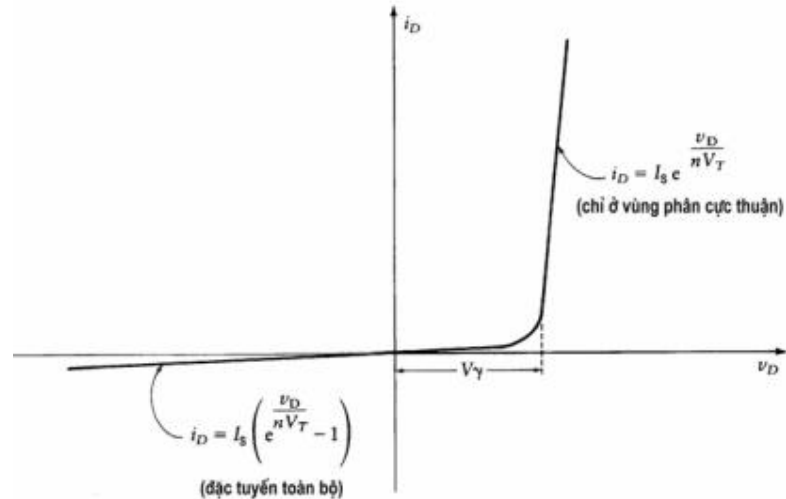
$$r_n = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

$r_n$ : điện trở động của diode (W)

$\Delta V$ ,  $\Delta I$ : là khoảng biến thiên điện thế và dòng điện nhỏ xung quanh điểm phân cực do nguồn xoay chiều tạo ra. Người ta chứng minh được:

$$r_n = \frac{26}{I(\text{mA})} = \frac{0,026}{I(\text{A})}$$

### 1.4.2 Điện áp ngưỡng.



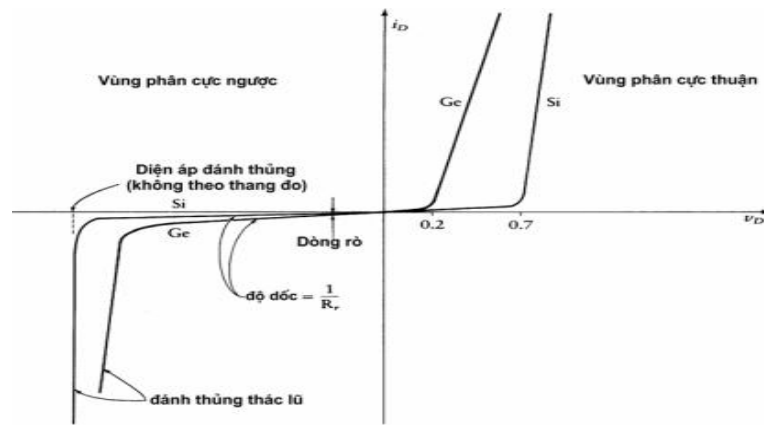
Hình 3.9 Quan hệ dòng áp của Diode

Hình trên là đặc tuyến mô tả nguyên lý hoạt động của diode silicon và germanium thông dụng trong thực tế, làm việc ở nhiệt độ phòng. Khi thang đo dòng được chọn phù hợp với dòng làm việc lớn nhất, thì mỗi diode có một mức điện áp ngưỡng  $V_\gamma$  khi được phân cực thuận, dưới mức điện áp ngưỡng đó dòng diode rất nhỏ, nhỏ hơn 1% giá trị dòng định mức của diode. Điện áp ngưỡng này còn gọi là điện áp dịch. Vì dòng  $I_S$  của diode germanium lớn hơn nên điện áp dịch của diode germanium vào khoảng 0,2V - 0,3V, khi so sánh với điện áp dịch của diode silicon vào khoảng 0,6V - 0,7V. Trong nhiều ứng dụng thông thường, diode có thể được xem là ngưng dẫn [OFF] tại các giá trị điện áp thấp hơn điện áp ngưỡng.

Khi điện áp thuận tăng dần khỏi mức 0, dòng điện sẽ không bắt đầu chảy ngay, mà lấy theo mức điện áp nhỏ nhất là  $V_\gamma$  (0,2V hoặc 0,7V trong hình vẽ) để có được mức dòng có thể đo được. Khi điện áp vượt quá  $V_\gamma$ , thì dòng tăng rất nhanh. Độ dốc của đặc tuyến là lớn, nhưng không phải vô cùng như trường hợp với diode lý tưởng ( $V_\gamma$  xem như bằng 0). Vậy mức điện áp nhỏ nhất cần thiết để có mức dòng có thể đo được  $V_\gamma$  vào khoảng 0,7V đối với diode bán dẫn silicon (tại nhiệt độ phòng), và khoảng 0,2V đối với diode bán dẫn germanium.

Khi diode được phân cực ngược, sẽ có dòng điện rò nhỏ trong khoảng điện áp ngược thấp hơn so với điện áp cần để đánh thủng tiếp giáp. Dòng rò của diode germanium lớn hơn nhiều so với diode silicon hay diode gallium arsenide. Nếu mức điện áp âm trở nên đủ lớn ở vùng đánh thủng, thì một diode thông thường có thể bị phá hủy. Điện áp đánh thủng được quy định như điện áp ngược đỉnh - PIV [peak inverse voltage] trong các thông số kỹ thuật của nhà sản xuất.

Hư hỏng ở các diode thông dụng tại mức điện áp đánh thủng là do sự tăng nhanh của dòng điện tử chảy qua tiếp giáp dẫn đến quá nhiệt ở diode. Mức dòng lớn có thể làm hỏng diode nếu tích tụ nhiệt vượt quá mức cho phép. Đánh thủng do nhiệt đôi khi cũng được xem như điện áp đánh thủng diode ( $V_{BR}$ ).



Hình 3.10 Các đặc tuyến theo vùng làm việc của Diode

### 1.4.3 Dòng ngược của các loại diode khác nhau.

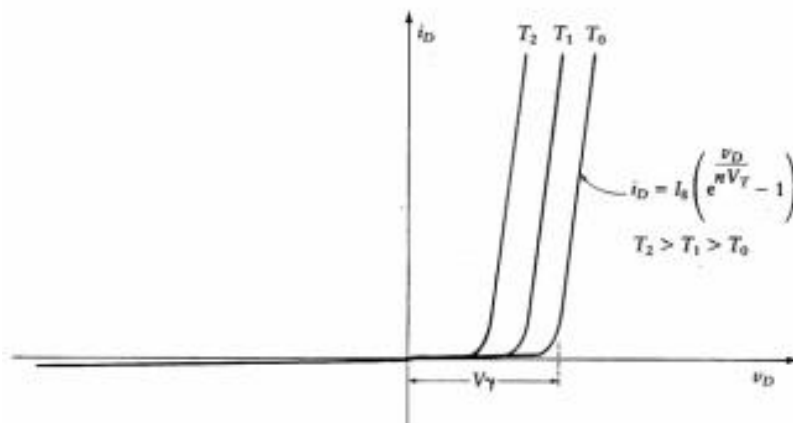
dòng bão hoà ngược phụ thuộc vào tiết diện của tiếp giáp, các hệ số khuếch tán của hạt tải điện thiểu số, nồng độ của các hạt tải điện thiểu số ở điều kiện cân bằng, và độ dài của các vùng trung hoà hay quãng đường khuếch tán của các hạt tải điện thiểu số, mà các thông số đó lại phụ thuộc vào nhiệt độ và các mức pha tạp. Do vậy, dòng bão hoà I S có thể có giá trị vào khoảng  $\mu A$  đối với các diode Germanium, và vào khoảng cỡ nA đối với các diode Silicon. Nhiều diode có dòng ngược biểu hiện tăng theo điện áp ngược không tuân theo phương trình diode, vì do dòng rò qua tiếp giáp tại bề mặt của chất bán dẫn và do khi khảo sát phương trình diode ta đã bỏ qua sự phát sinh cặp điện tử - lỗ trống do năng lượng nhiệt trong vùng điện tích không gian. Đối với các tiếp giáp silicon khi được phân cực ngược thì dòng ngược không tăng do dòng điện phát sinh do nhiệt là thành phần

chủ yếu của dòng bão hoà ở nhiệt độ phòng rất thấp. Vì vậy, dòng ngược ít phụ thuộc vào điện áp ngược do vùng nghèo trở nên dày hơn tại các giá trị điện áp ngược cao hơn.

### 1.4.4 Các ảnh hưởng do nhiệt độ đến diode.

Nhiệt độ có vai trò quan trọng quyết định các đặc tính làm việc của các diode. Các thay đổi về đặc tính của diode gây ra do nhiệt độ thay đổi có thể cần phải điều chỉnh về thiết kế và hoàn thiện các mạch. Hệ số nhiệt độ đặc trưng cho sự thay đổi nhiệt độ là một trong những thông số quan trọng cần phải được lưu ý.

Bằng thực nghiệm, cũng có thể thấy rõ sự ảnh hưởng của nhiệt độ trên các đặc tuyến của một diode Silicon như ở hình sau:

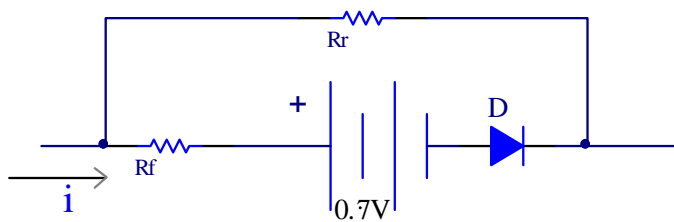


Hình 3.11 đặc tuyến của sự ảnh hưởng nhiệt

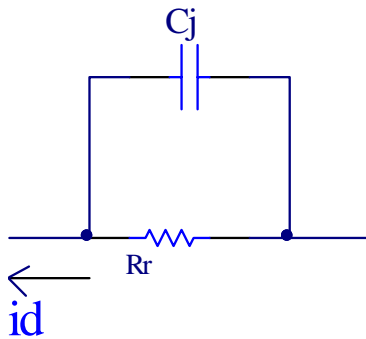
Đối với diode bằng bán dẫn Germanium, dòng bão hòa ngược  $I_S$  (còn gọi là dòng rò hay dòng rỉ) tăng lên gần gấp đôi cứ mỗi khi nhiệt độ tăng lên  $10^0\text{C}$ , ở nhiệt độ  $25^0\text{C}$  sẽ có dòng  $I_S$  vào khoảng  $1\mu\text{A}$  hay  $2\mu\text{A}$  và có dòng rò vào khoảng  $100\mu\text{A} = 0,1\text{mA}$  tại nhiệt độ làm việc  $100^0\text{C}$ .

Với các mức dòng rò  $I_S$  nhỏ ở vùng ngược, nên có thể xem diode như một chuyển mạch ở trạng thái hở mạch ở vùng phân cực ngược. Thực tế thấy rằng, đối với bán dẫn Silicon,  $I_S$  sẽ tăng gấp đôi trong khoảng tăng nhiệt độ  $5^0\text{C}$  ở nhiệt độ từ  $25^0\text{C}$ . Tuy nhiên, giá trị điển hình của  $I_S$  ở diode Silicon thấp hơn rất nhiều so với  $I_S$  của diode bằng bán dẫn Germanium có cùng cấp công suất và mức dòng. Thậm chí, ta cũng có kết quả tương tự khi diode làm việc ở nhiệt độ cao thì dòng  $I_S$  của các diode bằng bán dẫn Si cũng không thể đạt được các mức dòng rò cao như ở các diode Ge, đây là lý do rất quan trọng khiến cho các diode bằng bán dẫn Si được sử dụng nhiều hơn trong thiết kế chế tạo mạch điện tử.

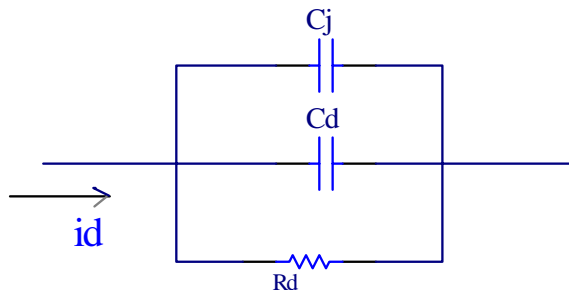
#### 2.4.5 Mô hình tương đương của diode.



Mô hình dc( cho cả phân cực thuận và phân cực ngược).



Mô hình ac đơn giản cho diode phân cực ngược.



Mô hình ac cho diode phân cực thuận.

Điện trở  $R_r$  tương ứng với điện trở phân cực ngược của diode, thường vào khoảng vài megaohm. Điện trở  $R_f$  tương ứng với điện trở khối và tiếp xúc của diode, thường nhỏ hơn  $50\Omega$ . Khi được phân cực thuận, diode lý tưởng là một ngắn mạch, hay điện trở bằng 0. Điện

trở mạch của diode thực tế khi phân cực thuận được mô hình hóa ở hình 2.20a, là điện trở đầu cực của diode lý tưởng được ngắn mạch, hay:  $R_r // R_f \approx R_f$

Ở trạng thái phân cực ngược, diode lý tưởng có điện trở lớn vô cùng (mạch hở) còn điện trở mạch của mô hình thực tế là  $R_r$ . Diode lý tưởng là một phần của mô hình ở hình 2.20a, phân cực thuận khi điện áp đầu cực vượt quá 0,7V.

Các mô hình mạch ac phức tạp hơn do hoạt động của diode phụ thuộc vào tần số. Mô hình ac đơn giản cho diode phân cực ngược như ở hình 2.20b. Tụ C<sub>J</sub> tương ứng với điện dung của tiếp giáp, xuất hiện do vùng nghèo như một tụ điện. Hình 2.20c, là mạch tương đương của diode phân cực thuận. Mô hình bao gồm hai tụ điện là tụ khuếch tán C<sub>D</sub> và tụ tiếp giáp C<sub>J</sub>. Điện dung khuếch tán liên quan đến sự di chuyển của các hạt tải điện dẫn đến trạng thái có thể so với sự lưu trữ điện tích. Do vậy, hệ quả của sự khuếch tán bao gồm các ảnh hưởng của điện dung.

Điện dung khuếch tán C<sub>D</sub> sẽ gần bằng 0 khi diode phân cực ngược. Điện trở động là r<sub>d</sub>. Ở dải tần số thấp các ảnh hưởng của điện dung là nhỏ và chỉ có R<sub>f</sub> là phần tử đáng kể nhất.

### Thực hành :

Dựa vào datasheet của 1N4001 phân tích các yếu tố ?

#### **MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Ratings at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.

Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%.

	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	75	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375"(9.5mm) Lead Length at T <sub>A</sub> =75 °C	1.0							A
Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	30							A
Maximum Forward Voltage at 1.0A DC and 25 °C	1.1							V
Maximum Full Load Reverse Current Full Cycle Average at 75 °C Ambient	30							≤γ A
Maximum Reverse Current at T <sub>A</sub> =25 °C At Rated DC Blocking Voltage T <sub>A</sub> =100 °C	5.0							≤γ A
	500							≤γ A
Typical Junction capacitance (Note 1)	15							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2) R <sub>θKJA</sub>	50							°C/W
Typical Thermal resistance (NOTE 2) R <sub>θKJL</sub>	25							°C/W
Operating and Storage Temperature Range T <sub>J</sub> , T <sub>STG</sub>	-55 to +150							°C

#### NOTES:

1. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 VDC.
2. Thermal Resistance Junction to Ambient and from junction to lead at 0.375"(9.5mm) lead length P.C.B mounted.

Giải:

1. PIV = 50V.
2. Dòng ngược lớn nhất (tại điện áp dc định mức) ở 25<sup>0</sup> C là 10μA. Ở 100<sup>0</sup> C có mức dòng lớn nhất là 50μA.
3. Sụt áp thuận tức thời lớn nhất tại 25 o C là 1,1V.
4. Dòng thuận chỉnh lưu trung bình tại 25 o C là 1A.

5. Khoảng nhiệt độ làm việc chịu trong thời gian dài của tiếp giáp (T J ) là  $- 65 \text{ o C}$  đến  $+ 175 \text{ o C}$ .

## 2.5. Phân loại diode

Như đã biết diode cơ bản là một mối nối P-N nhưng có thể dựa theo kết cấu, dựa theo công dụng mà ta phân biệt các loại diode như sau:

### 2.5.1 Dựa theo kết cấu lớp tiếp xúc P-N

Có 2 loại diode tiếp điểm và diode tiếp mặt.

- ✓ **Diode tiếp điểm:** thể tích rất nhỏ, dòng điện định mức rất bé (khoảng vài chục miliampe), điện áp ngược không vượt quá vài chục volt.
- ✓ **Diode tiếp mặt:** dòng điện định mức khá lớn (khoảng vài trăm miliampe đến vài trăm ampe), điện áp ngược đạt đến vài trăm volt.

### 2.5.2 Dựa vào công dụng

#### § Diode chỉnh lưu

Hình dạng to, thuộc loại tiếp mặt, hoạt động tần số thấp. Diode chỉnh lưu dùng để đổi điện xoay chiều sang điện một chiều. Đây là loại diode rất thông dụng, chịu đựng được dòng từ vài trăm mA đến loại công suất cao chịu được vài trăm Ampe (dùng trong công nghiệp) diode chỉnh lưu thông thường là loại silic.

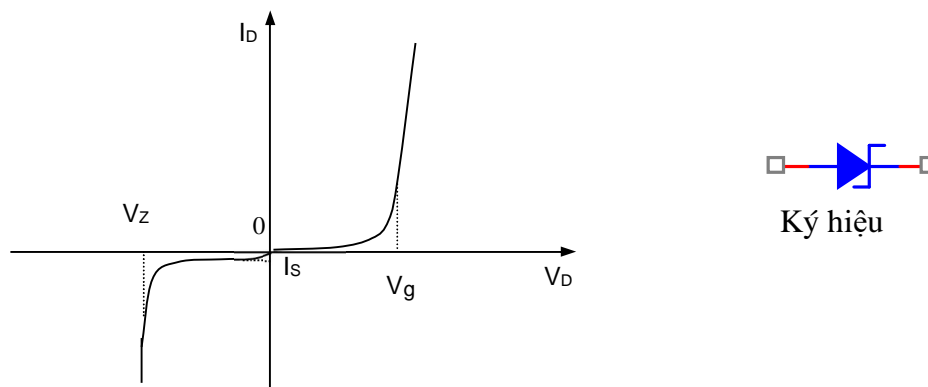
#### § Diode tách sóng

Hình dạng nhỏ thuộc loại tiếp điểm, hoạt động tần số cao. Cũng làm nhiệm vụ như diode chỉnh lưu nhưng chủ yếu là với tín hiệu biên độ nhỏ và ở trên số cao. Diode này chịu dòng từ vài trăm mA đến vài chục mA. Diode tách sóng thông thường là loại Ge vì điện thế ngưỡng  $V_g$  của nó nhỏ hơn loại Si.

#### § Diode zener

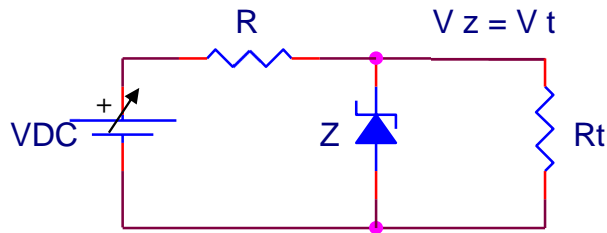
Diode zener có cấu tạo giống diode thường nhưng các chất bán dẫn được pha tạp chất với tỉ lệ cao hơn và có tiết diện lớn hơn diode thường, thường dùng chất bán dẫn chính là Si.

Đặc tuyến Volt – Ampe trong quá trình đánh thủng gần như song song với trục dòng điện, nghĩa là điện áp giữa anod và catod hầu như không đổi. Người ta lợi dụng ưu điểm này để dùng diode zener làm phân tử ổn định điện áp.



Hình 3.12. Đặc tuyến Volt – Ampe của diode zener.

Lưu ý: diode zener dùng để ổn áp khi được phân cực nghịch.



Hình 3.13.

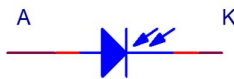
Trong mạch ổn áp đơn giản (hình 2.1) thì điện áp ra trên tải  $V_L = V_Z$  là một trị số không đổi trong khi điện thế nguồn cung cấp  $V_{DC}$  thay đổi.

§ **Diode quang (diode cảm quang) (photodiode)**

Diode cảm quang có cấu tạo như diode thường nhưng vỏ bọc cách điện có một phần là kính hay thủy tinh trong suốt để nhận ánh sáng bên ngoài chiếu vào mối nối P-N.

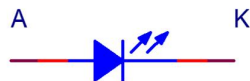
Mối nối P-N phân cực nghịch, khi được chiếu sáng vào mặt tiếp xúc sẽ sinh ra hạt tải thiểu số qua mối nối và dòng điện biến đổi một cách tuyến tính với cường độ ánh sáng.

- + Khi che tối  $R_{nghịch} =$  vô cực Ohm,  $R_{thuận}$  rất lớn.
- + Khi chiếu sáng  $R_{nghịch} = 10K, 100K$ ,  $R_{thuận}$  vài trăm Ohm.



Ký hiệu

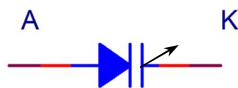
Diode phát quang: LED (Light Emitting Diode)



Ký hiệu

Diode phát quang là diode phát sáng khi có dòng cấp qua nó. Diode này có thể phát ra các màu sắc khác nhau.

- Diode biến dung: (Varicap)



Ký hiệu

Diode biến dung là loại diode có điện dung ký sinh thay đổi theo điện thế phân cực.

Cấu tạo diode tại mối nối P-N có hàng rào điện thế làm cho điện tử của vùng N không sang được vùng P. khoảng cách này coi như một lớp cách điện có tác dụng như điện môi trong tụ điện và hình thành tụ điện ký sinh, ký hiệu  $C_D$ . Điện dung  $C_D$  có trị số cũng được tính theo công thức :

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



Trong đó:  $e$  : hằng số điện môi  
 $S$  : tiết diện mỗi nối  
 $d$  : bề dày lớp điện môi thay đổi theo điện thế  $V_D$

**Thực hành : Thực hành nhận dạng và đo thử các loại diode.**

**MUC TIÊU:**

- Nhận dạng, đo thử Diode.
- Khảo sát hoạt động của Diode.

**NỘI DUNG:**

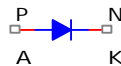
Công dụng:

- Dùng để chuyển đổi điện xoay chiều AC thành điện một chiều DC (nắn điện hay chỉnh lưu).
- Ổn định điện áp.
- Hạn biên tín hiệu (tránh được nhiễu).
- Tách tín hiệu ra khỏi sóng mang cao tần.
- Chọn cộng hưởng đài.

Phân loại - ký hiệu – hình dạng :

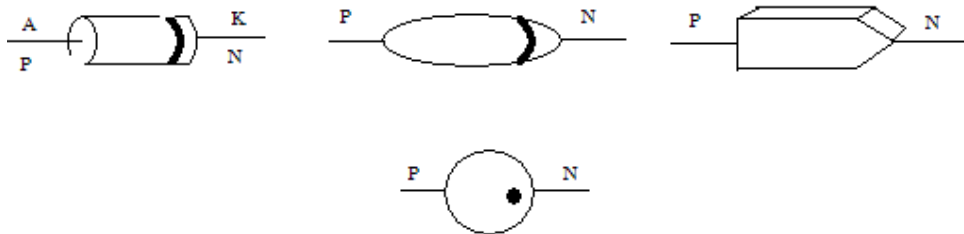
Diode nắn điện:

Ký hiệu:



Diode nắn điện chỉ hoạt động dẫn dòng điện từ cực P (anot) sang cực N (catot) khi và chỉ khi điện áp cực P lớn hơn điện áp cực N ( $V_P > V_N$ ) tức  $U_{PN} > 0$ , gọi là phân cực thuận của diode. Khi đặt vào 2 đầu P-N của diode giá trị điện thế phân cực ngược lại tức  $U_{PN} < 0$  ( $V_P < V_N$ ) thì diode không dẫn điện. Nếu áp phân cực ngược này vượt quá khả năng chịu đựng của diode sẽ làm hỏng diode (bị thông chập, đánh thủng). Vì vậy khi thay thế, lắp ráp các mạch ta phải nhớ lưu ý 2 thông số cơ bản là: *áp ngược và dòng tải*.

Hình dáng như hình vẽ: cực N đều có vạch sơn đánh dấu hoặc dấu chấm. Đối với loại diode nắn dòng AC tần số thấp thì vạch sơn đánh dấu đa số đều có màu trắng, còn loại nắn dòng AC đột biến (xung) thì vòng sơn đánh dấu có màu đỏ, vàng, xanh lơ.





Loại tích hợp chứa 2 hoặc 4 diode chung một vỏ:

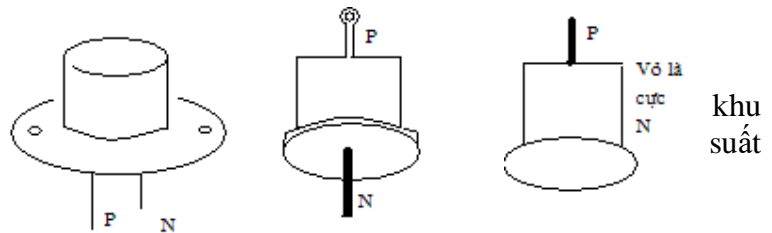


a) Loại 2 diode

b) Loại 4 diode (cầu diode)

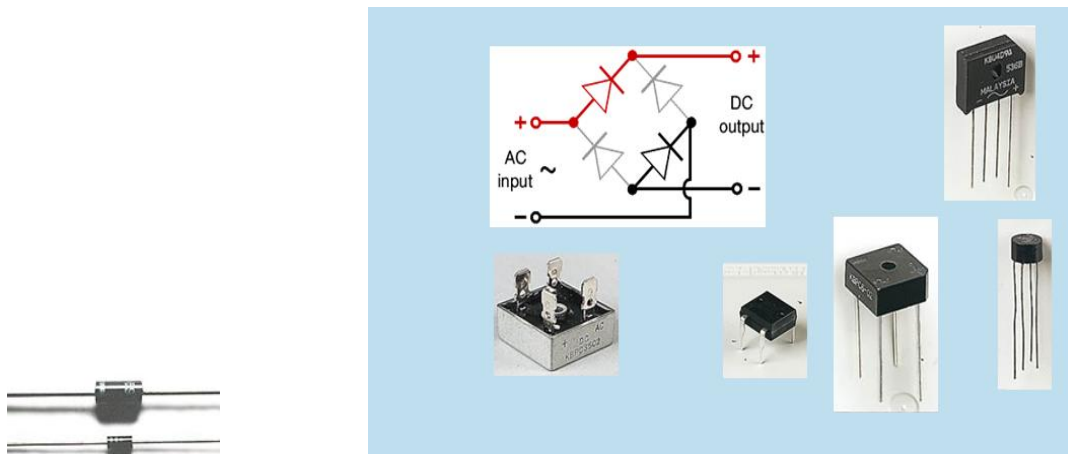
Loại công suất lớn (chạy dòng cao):

Loại này thường gặp ở vực nguồn cấp có công lớn hơn 5KVA, trong các thiết bị nguồn



dự phòng. Do hoạt động với dòng cao nên rất mau nóng vì vậy vỏ của chúng làm bằng kim loại để bắt giải nhiệt ra sườn máy.

Hình dạng thực tế:



Hình 3.14 hình dạng cầu diode

### Diode ổn áp ( diode Zener):

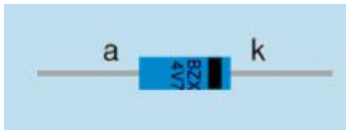
Ký hiệu: 

Diode ổn áp hoạt động ở chế độ phân cực ngược, tức  $U_{PN} < 0$  ( $V_P < V_N$ ). Khi sử dụng để lắp ráp thay thế phải chú ý điện áp Zener và dòng tải.

Được chế tạo thường bằng thủy tinh trong, sơn đỏ hoặc bạc, vòng sơn đánh dấu màu đen.



Hình dạng thực tế:



### Diode biến dung (diode varicable):

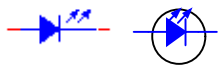
Ký hiệu:



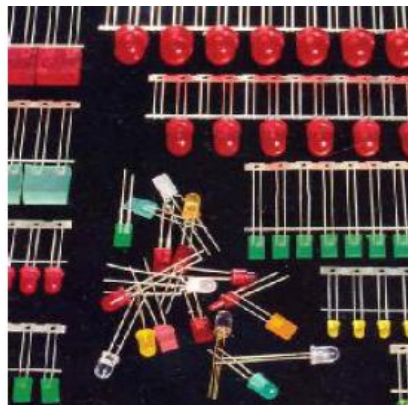
Diode biến dung có tác dụng như linh kiện tụ biến đổi, nhằm tạo ra điện dung biến đổi. Chúng luôn hoạt động ở chế độ phân cực ngược, thường gặp ở khu vực dao động cao tần.

### Diode phát sáng (LED):

Ký hiệu:



Hình dạng thực tế:

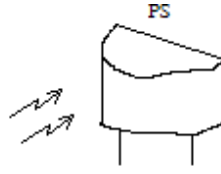
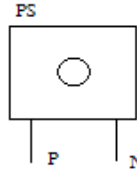


Hình 3.15 hình dạng của LED

Khi đặt vào 2 đầu PN áp phân cực thuận của LED, LED sẽ phát sáng. Chúng được ứng dụng nhiều như chỉ báo mức âm thanh thường gặp ở các âm ly cassette, báo có mở nguồn. Cực P thường nối với chân dài, cực N nối với chân ngắn.

## Diode thu sáng:

Ký hiệu:



Khi đặt áp phân cực thuận vào 2 đầu vào mới làm diode dẫn, tùy cường độ ánh sáng mạnh yếu rọi vào sẽ làm diode dẫn mạnh yếu tương ứng.

PN và có ánh sáng rọi

## Cách kiểm tra hư hỏng:

Thực tế khi sử dụng diode thường gặp các hư hỏng sau:

- Diode bị đứt mối nối P-N: do làm việc quá công suất (quá dòng), do xung nhọn đột biến làm hỏng mối nối.

- Diode bị thủng mối nối P-N (còn gọi là chạm, nối tắt): do làm việc quá áp.

Để kiểm tra diode tốt xấu: vặn đồng hồ VOM ở thang đo Rx1 (hoặc Rx10), ta tiến hành đo 2 lần có đảo chiều que đo.

- Nếu quan sát thấy một lần lên hết kim và một lần kim không lên: diode còn tốt.

- Nếu kim đồng hồ một lần lên hết kim và một lần lên khoảng 1/3 vạch chia: diode bị rỉ.

- Nếu kim đồng hồ lên hết kim cả 2 lần đo: diode bị đánh thủng.

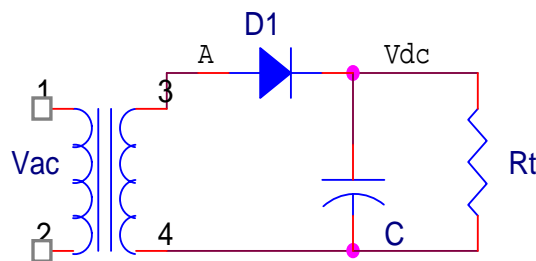
- Nếu kim không lên cả hai lần đo: diode bị đứt.

Đối với Led thì khi que đen ở P que đỏ ở N thì Led sẽ phát sáng.

Đối với diode quang khi đo nhớ đưa ra ngoài ánh sáng hoặc rọi sáng vào thì mới đủ điều kiện để nó hoạt động.

## 2.6 Ứng dụng

### 2.6.1 Chỉnh lưu bán kỳ

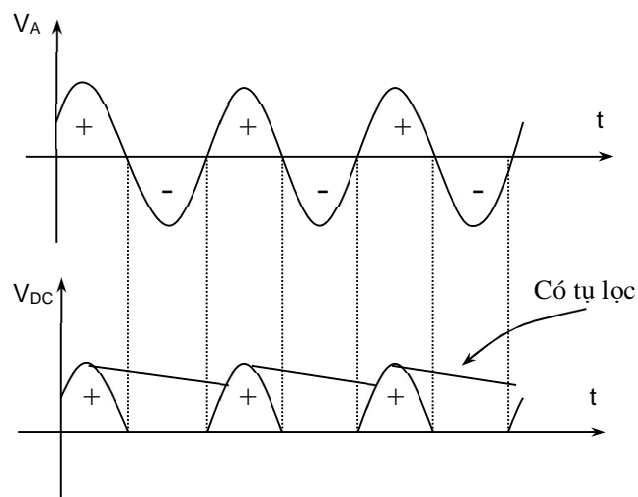


Hình 3.16. Mạch chỉnh lưu bán kỳ

Xét mạch như hình vẽ trên, biến thế là biến thế giảm thế đổi nguồn xoay chiều xuống trị số thích hợp.

Giả sử bán kỳ đầu tại A là bán kỳ dương, D được phân cực thuận nên dẫn điện, có dòng  $I_L$  qua tải với chiều dài như hình vẽ, và cho ra điện thế trên tải  $V_{DC}$  dạng bán kỳ dương

gần bằng  $U_A$ . Bán kỳ kế tiếp tại A là bán kỳ âm, D phân cực nghịch nên không có dòng hay dòng qua tải bằng không và  $V_{DC} = 0$ .

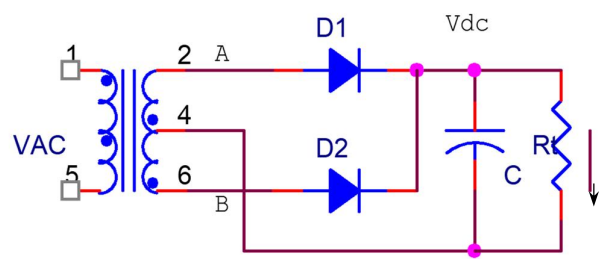


Hình 3.17. Dạng sóng mạch chỉnh lưu bán kỳ

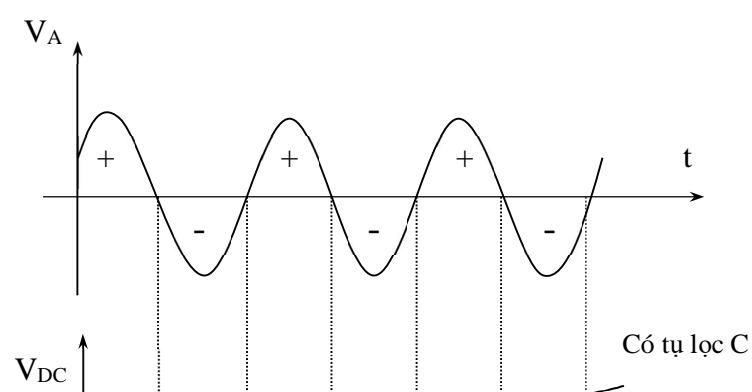
Điện áp trên tải là điện áp một chiều còn nhấp nháy. Để giảm bớt nhấp nháy, nâng cao chất lượng điện áp chỉnh lưu, người ta mắc thêm tụ lọc C.

**b. Chỉnh lưu toàn kỳ:**

§ Dùng 2 diode



Hình 3.18. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng hai diode



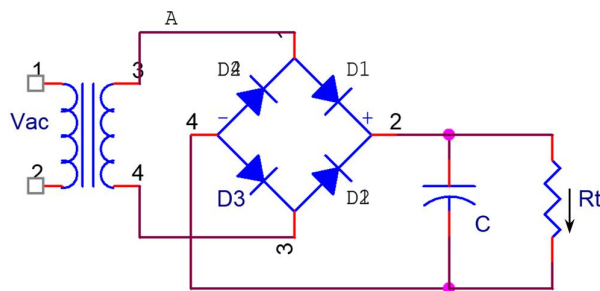
Hình 3. 14. Dạng sóng mạch chỉnh lưu toàn kỳ

Mạch dùng biến áp đảo pha, cuộn thứ cấp có ba đầu ra, điểm giữa chia cuộn thứ thành hai nửa cuộn bằng nhau và ngược pha nhau. Điều này giúp cho diode  $D_1$  và  $D_2$  luân phiên dẫn điện trong mỗi bán kỳ, cụ thể là: giả sử bán kỳ đầu tại A là bán kỳ dương, tương ứng tại B là bán kỳ âm. Ta có  $D_1$  dẫn điện,  $D_2$  ngưng dẫn, cấp dòng qua tải có chiều như hình vẽ, tạo hiệu điện thế  $U_{DC}$  giữa 2 đầu tải. Bán kỳ kế tiếp A là bán kỳ âm, tương ứng tại B là bán kỳ dương. Ta có  $D_1$  ngưng dẫn,  $D_2$  dẫn điện, cấp dòng qua tải có chiều như hình vẽ, tạo ra  $V_{DC}$ .

Để giảm bớt nhấp nháy, nâng cao chất lượng điện áp chỉnh lưu ta mắc thêm tụ lọc C.

#### § Dùng cầu diode

Mắc mạch chỉnh lưu như hình vẽ, mạch dùng biến áp thường. Ở mỗi bán kỳ điện áp nguồn có 2 diode làm việc và 2 diode không làm việc.

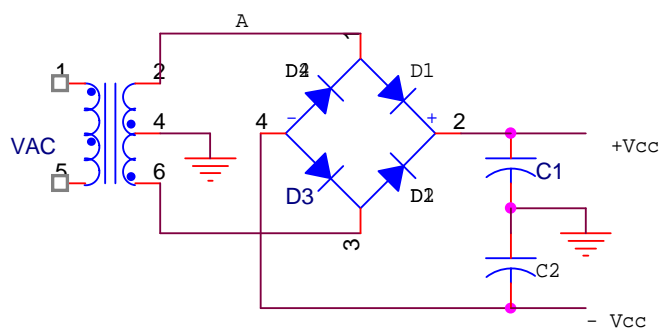


Hình 3.15. Mạch chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu diode

Giả sử bán kỳ đầu tại A là bán kỳ dương thì ta có  $D_1$  và  $D_3$  dẫn điện, cấp dòng qua tải như hình vẽ.  $D_2$  và  $D_4$  ngưng dẫn. Bán kỳ kế tiếp tại A là bán kỳ âm ta có  $D_1$  và  $D_3$  ngưng dẫn,  $D_2$  và  $D_4$  dẫn điện và cấp dòng qua tải có chiều như hình vẽ.

Như vậy 2 cặp diode  $D_1$  và  $D_3$ ;  $D_2$  và  $D_4$  luân phiên dẫn điện cấp dòng một chiều qua tải. C là tụ lọc nguồn.

## 2.6.2 Chỉnh lưu âm dương



Hình 3.16. Mạch chỉnh lưu âm dương

Mạch dùng biến áp đảo pha và cầu diode.

$C_1$  và  $C_2$  là 2 tụ lọc nguồn.

Hai ngõ ra nhận được hai nguồn điện áp một chiều đối xứng  $\pm V_{CC}$

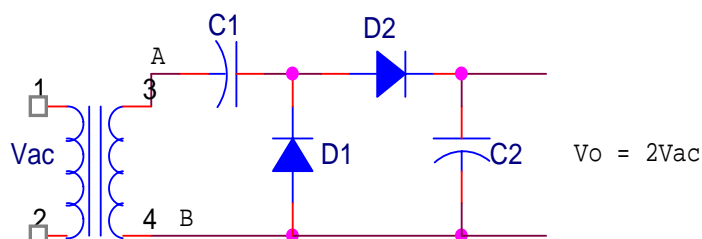
## 2.6.3. Mạch nhân áp

Mạch có tác dụng chỉnh lưu và nâng cao được điện áp ra lên 2, 3, n lần điện áp đỉnh của nguồn xoay chiều.

§ Mạch chỉnh lưu tăng đôi điện thế:

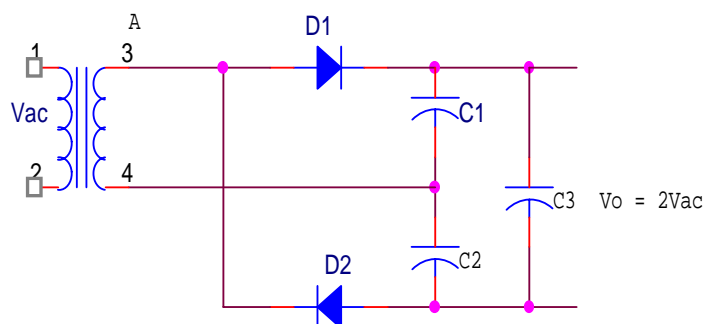
### Kiểu Schenbel

Giả sử bán kỳ đầu tại A là bán kỳ âm, tương ứng tại B là bán kỳ dương,  $D_1$  dẫn điện,  $D_2$  ngưng dẫn, dòng điện chạy từ dương qua  $D_1$  nạp vào tụ  $C_1$  một lượng điện thế  $V_{DC}$  có cực tính như hình vẽ... bán kỳ kế tiếp tại A là bán kỳ dương, tại B là bán kỳ âm,  $D_1$  ngưng dẫn,  $D_2$  dẫn điện với điện thế áp vào  $D_2$  gồm: điện thế tụ  $C_1$  nối tiếp với điện thế xoay chiều bán kỳ dương. Như vậy  $D_2$  dẫn nạp vào tụ  $C_2$  một lượng điện thế là  $2 V_{DC}$  cấp điện cho tải.



Hình 3.17. Mạch chỉnh lưu nhân đôi điện áp

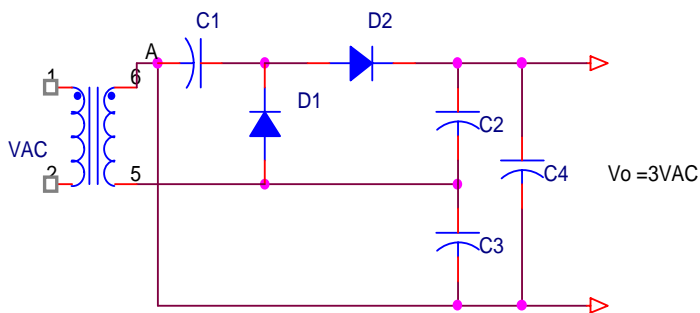
### Kiểu Latour



Hình 3.18. Mạch chỉnh lưu nhân đôi điện áp

Giả sử tại A là bán kỳ dương, D<sub>1</sub> dẫn điện, D<sub>2</sub> ngưng dẫn, dòng điện qua D<sub>1</sub> nạp vào tụ C<sub>1</sub> một lượng điện thế là U<sub>2</sub>. Bán kỳ kế tiếp tại A là bán kỳ âm, D<sub>1</sub> ngưng dẫn, D<sub>2</sub> dẫn điện, dòng điện qua D<sub>2</sub> nạp vào tụ C<sub>2</sub> một lượng điện thế V<sub>DC</sub>. Như vậy cả toàn kỳ điện xoay chiều vào, điện thế một chiều ngõ ra gồm điện thế tụ C<sub>1</sub> cộng với điện thế tụ C<sub>2</sub> được nạp ở tụ C<sub>3</sub> chính là 2V<sub>DC</sub> cấp điện cho tải.

**Mạch chỉnh lưu tăng 3 điện thế**

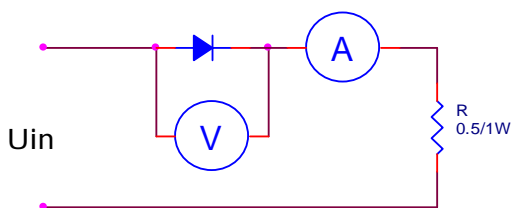


Hình 3.19. Mạch chỉnh lưu nhân ba điện áp

**Thực hành : khảo sát hoạt động của các mạch hay dùng :**

**Khảo sát hoạt động của diode.**

- Mắc mạch như hình 4.1.
- Thay đổi điện áp đầu vào và đo các thông số, ghi vào bảng giá trị.



Hình 4.1: khảo sát diode.

Bảng 4.1: khảo sát Diode

<b>U<sub>in</sub>(V)</b>	<b>-12</b>	<b>-6</b>	<b>0</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>U<sub>d</sub>(V)</b>											
<b>I<sub>d</sub>(mA)</b>											

- Vẽ đồ thị V-A.




Ồ Nhận xét:

-----

-----

-----

- Khảo sát mạch chỉnh lưu bán kỳ:
- Ráp mạch như hình vẽ.
- Khi chưa mắc tụ, thay đổi lần lượt  $U_i$  và đo  $U_o$  ghi vào bảng 4.2:

Bảng 4.3:

$U_i(V)$	3	6	9	12	18	24
$U_o(V)$						
$k = U_o/U_i$						
$U_o(C=220\mu)$						
$U_o(C=470\mu)$						
$U_o(C=1000\mu)$						
$U_o(C=2200\mu)$						

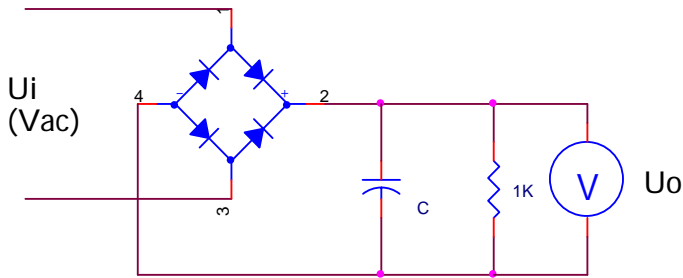
- Mắc các tụ điện với các giá trị khác nhau và lập lại các bước đo trên (khi mắc tụ phải chú ý đến cực tính).

Nhận xét kết quả bảng 4.3

.....  
.....  
.....  
**. Khảo sát mạch chỉnh lưu toàn kỳ:**

Các bước tiến hành như khảo sát mạch chỉnh lưu bán kỳ.

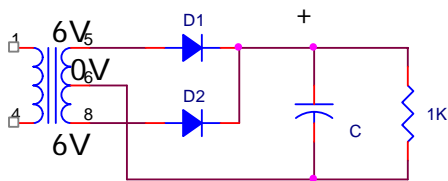
Sơ đồ mạch



Nhận xét

.....  
.....  
.....  
**Mạch chỉnh lưu toàn kỳ 2 diode:**

- Mắc mạch như hình vẽ:



- Đo các điện thế

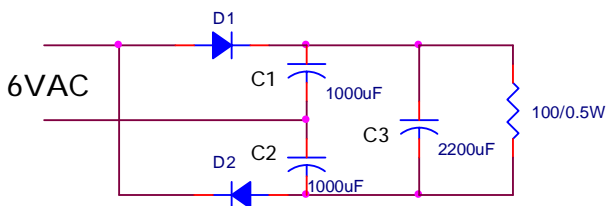
Không tải:  $V_{C1} =$   $V_{C2} =$   $V_{C3} =$

Có tải:  $V_{C1} =$   $V_{C2} =$   $V_{C3} =$

Nhận xét.

.....  
.....  
.....  
**Mạch chỉnh lưu nhân 2 điện áp:**

Ráp mạch theo sơ đồ sau:



Đo các điện thế

Không tải:  $V_{C1} =$   $V_{C2} =$   $V_{C3} =$

Có tải:  $V_{C1} =$   $V_{C2} =$   $V_{C3} =$

Nhận xét:

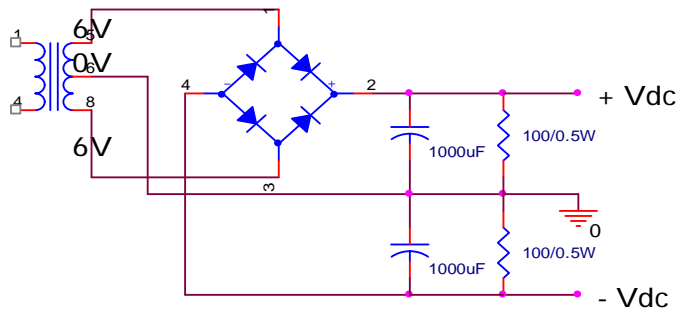
---

---

---

---

**Nguồn lưỡng cực đối xứng:**



Mắc mạch như hình trên.

Đo điện thế  $V_{DC}(+) =$

$V_{DC}(-) =$

Nhận xét:

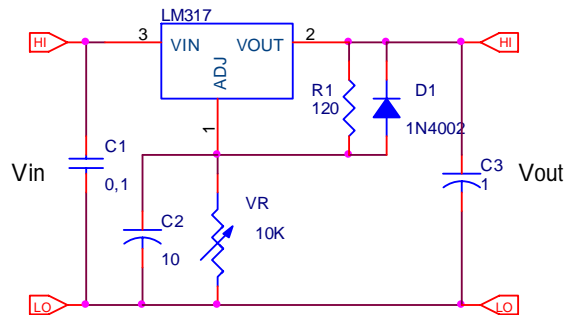
---

---

---

---

**6. Mạch ổn áp điều chỉnh được (Dùng ICLM317) theo hình sau đây:**



Tính áp ra  $U_o = 1,25(1 + V_R/120) =$

- Cấp nguồn vào  $V_{in} = 30V$ , chỉnh biến trở tìm  $V_{omin} =$

và  $V_{omax} =$

Nhận xét:

---

---

---

---

-----  
-----  
-----

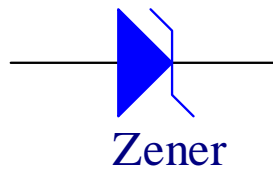
## Bài 4: Các Điốt đặc biệt

### 1. Điốt ổn áp (Zener)

#### 1.1 Cấu tạo và kí hiệu :

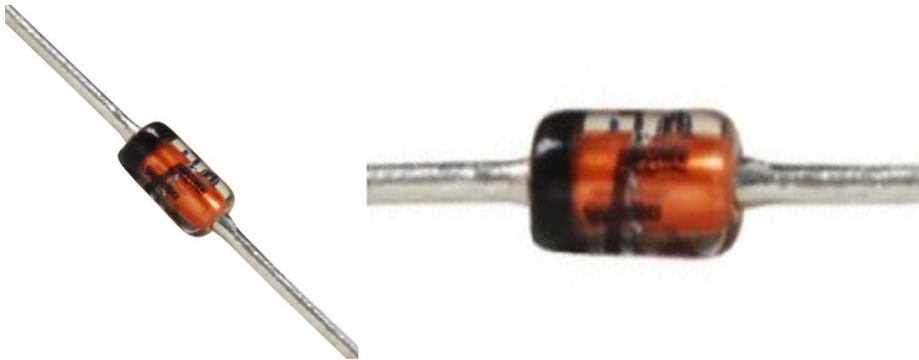
Diode Zener có cấu tạo tương tự Diode thường nhưng có hai lớp bán dẫn P- N ghép với nhau, Diode Zener được ứng dụng trong chế độ phân cực ngược, khi phân cực thuận Diode zener như diode thường nhưng khi phân cực ngược Diode zener sẽ gim lại một mức điện áp cố định bằng giá trị ghi trên diode.

**Kí hiệu :**



Hình 4.1 Kí hiệu Zener

**Hình ảnh thực tế :**



Hình 4.2 Hình dạng thực tế của diode Zener

DIODE ZENER 500MW 5.6V 5% DO-35      4V7 1W 1000mW DO-41

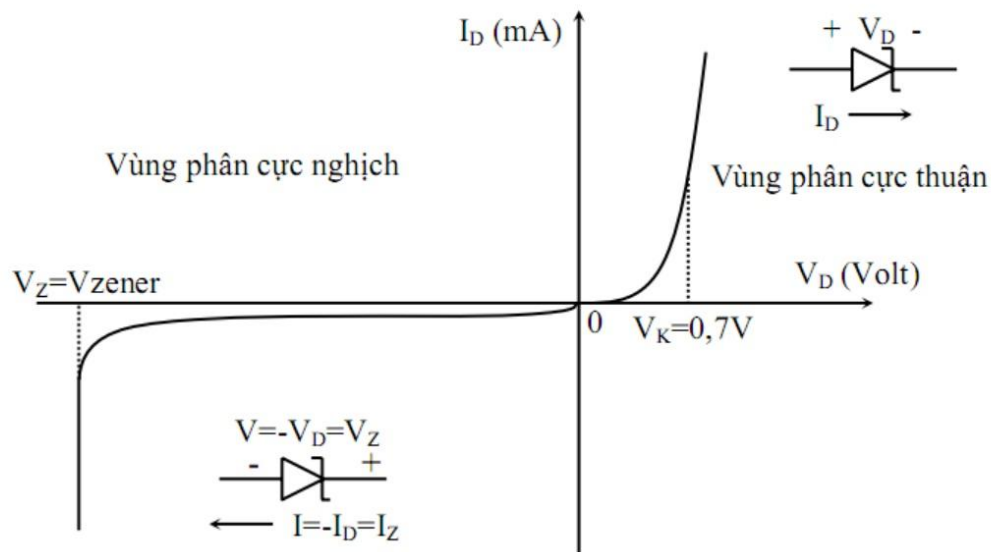
#### 1.2 Nguyên lý hoạt động

Như đã khảo sát ở phần trước, khi điện thế phân cực nghịch của diode lớn, những hạt tải điện sinh ra dưới tác dụng nhiệt bị điện trường mạnh trong vùng hiếm tăng vận tốc và phá vỡ các nối hoá trị trong chất bán dẫn. Cơ chế này cứ chồng chất và sau cùng ta có dòng điện ngược rất lớn. Ta nói diode đang ở trong vùng bị phá huỷ theo hiện tượng tuyết đổ và gây hư hỏng nối P-N.

Ta cũng có một loại phá huỷ khác do sự phá huỷ trực tiếp các nối hoá trị dưới tác dụng của điện trường. Sự phá huỷ này có tính hoàn nghịch, nghĩa là khi điện trường hết tác dụng thì các nối hoá trị được lập lại, ta gọi hiện tượng này là hiệu ứng Zener.

Hiệu ứng này được ứng dụng để chế tạo các diode Zener. Bằng cách thay đổi nồng

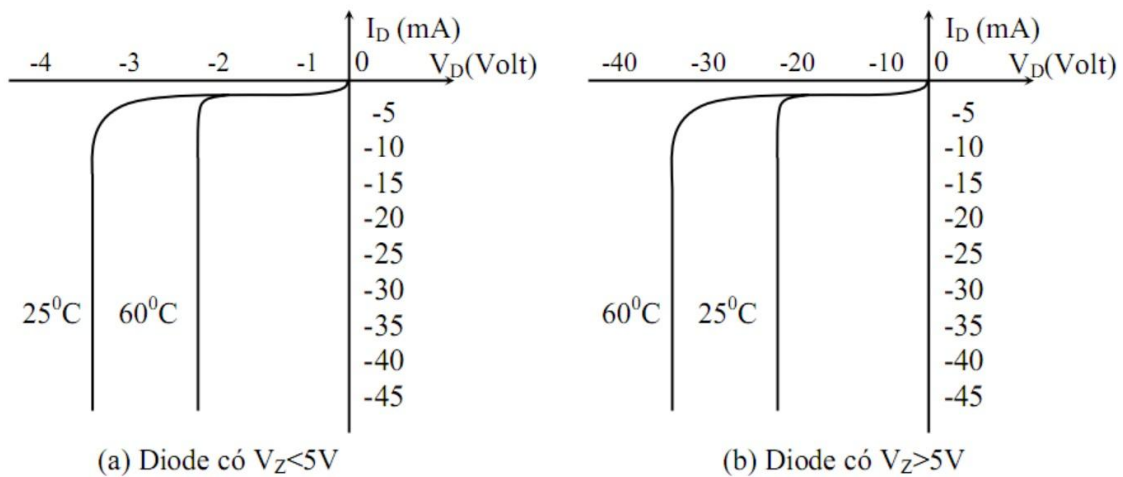
độ chất pha, người ta có thể chế tạo được các diode Zener có điện thế Zener khoảng vài volt đến vài hàng trăm volt. Để ý là khi phân cực thuận, đặc tuyến của diode Zener giống hệt diode thường (diode chỉnh lưu). Đặc tuyến đợc dùng của diode Zener là khi phân cực nghịch ở vùng Zener, điện thế ngang qua diode gần như không thay đổi trong khi dòng điện qua nó biến thiên một khoảng rộng.volt đến vài hàng trăm volt. Để ý là khi phân cực thuận, đặc tuyến của diode Zener giống hệt diode thường (diode chỉnh lưu). Đặc tuyến đợc dùng của diode Zener là khi phân cực nghịch ở vùng Zener, điện thế ngang qua diode gần như không thay đổi trong khi dòng điện qua nó biến thiên một khoảng rộng.



Hình 4.3 Đặc tuyến của Zener

Khi nhiệt độ thay đổi, các hạt tải điện sinh ra cũng thay đổi theo:

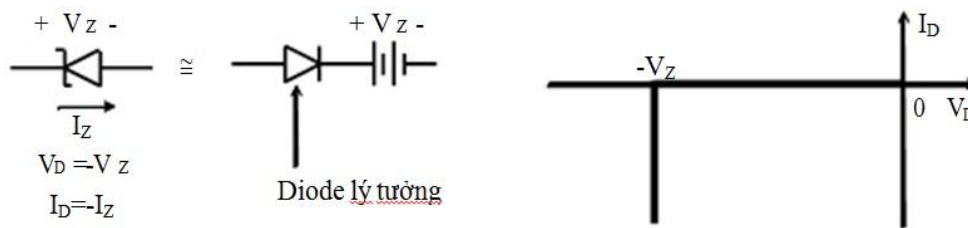
- Với các diode Zener có điện thế Zener  $V_Z < 5V$  thì khi nhiệt độ tăng, điện thế Zener giảm.
- Với các diode có điện thế Zener  $V_Z > 5V$  (còn đợc gọi là diode tuyết đổ-diode avalanche) lại có hệ số nhiệt dương ( $V_Z$  tăng khi nhiệt độ tăng).
- Với các diode Zener có  $V_Z$  nằm xung quanh  $5V$  gần như  $V_Z$  không thay đổi theo nhiệt độ.



Hình 4.4 Đặc tuyến của Zener theo nhiệt độ

\* Kiểu mẫu lý tưởng của diode Zener:

Trong kiểu mẫu lý tưởng, diode Zener chỉ dẫn điện khi điện thế phân cực nghịch lớn hay



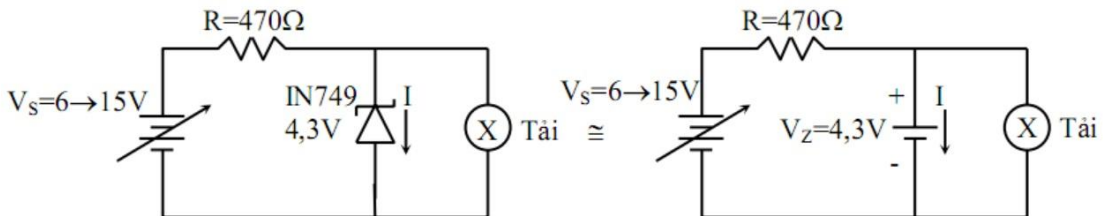
bằng điện thế  $V_Z$ . Điện thế ngang qua diode Zener không thay đổi và bằng

điện thế  $V_Z$ . Khi điện thế phân cực nghịch nhỏ hơn hay bằng điện áp ( $I_D=0$ ).

Do tính chất trên, diode zener thường được dùng để chế tạo điện thế chuẩn. Ví dụ: mạch tạo điện thế chuẩn 4,3V dùng diode zener 1N749 như sau

Khi chưa mắc tải vào, thí dụ nguồn  $V_S=15V$ , thì dòng qua zener là:

\* Kiểu mẫu của diode zener đối với điện trở động:

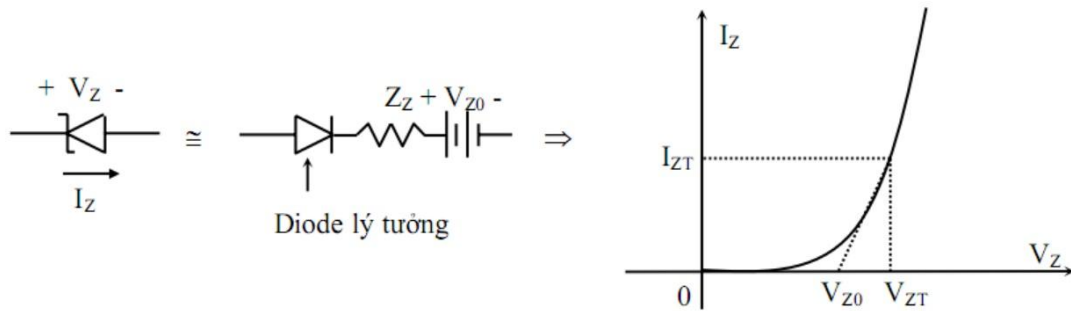


Thực tế, trong vùng zener, khi dòng điện qua diode tăng, điện thế qua zener cũng tăng chút ít chứ không phải cố định như kiểu mẫu lý tưởng.

Người ta định nghĩa điện trở động của diode là:

Trong đó:  $V_{ZO}$  là điện thế nghịch bắt đầu dòng điện tăng.

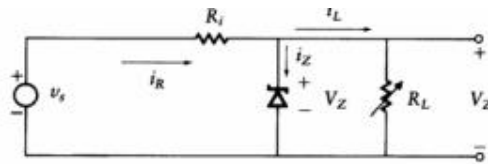
V<sub>ZT</sub> là điện thế ngang qua hai đầu diode ở dòng điện sử dụng I<sub>ZT</sub>.



### 1.3 Ứng dụng .

#### 1.3.1 Mạch ổn định điện áp bằng Diode Zenner.

Diode zener có thể sử dụng làm bộ ổn định điện áp như mạch dưới đây:



Mạch cho thấy sự thay đổi dòng tải tương ứng với sự thay đổi của điện trở tải. Mạch được thiết kế để diode làm việc ở vùng đánh thủng, nên gần như một nguồn điện áp lý tưởng. Trong các ứng dụng thực tế, điện áp nguồn  $v_S$  thay đổi và dòng tải cũng thay đổi. Nhiệm vụ thiết kế là chọn trị số của  $R_i$  để cho phép diode duy trì mức điện áp ra gần như không đổi, ngay cả khi điện áp nguồn vào thay đổi, cũng như dòng tải thay đổi.

Ta có phương trình nút mạch là :

$$R_i = \frac{v_S - V_Z}{i_R} = \frac{v_S - V_Z}{i_R + i_L}$$

Suy ra dòng zenner  $i_Z$  là :

$$i_Z = \frac{v_S - V_Z}{R_i} - i_L$$

Các đại lượng thay đổi trong phương trình trên là  $v_S$  và  $i_L$ . Để đảm bảo diode vẫn ở vùng điện áp hằng (vùng đánh thủng) ta hãy khảo sát hai mô hình của trạng thái vào/ra như sau:

- ✓ Mức dòng chảy qua diode,  $i_Z$  là nhỏ nhất ( $I_{Zmin}$ ) khi dòng tải,  $i_L$  là lớn nhất ( $I_{Lmax}$ ) và mức điện áp nguồn,  $v_S$  là nhỏ nhất ( $V_{Smin}$ ).
- ✓ Mức dòng chảy qua diode,  $i_Z$  là nhỏ nhất ( $I_{Zmin}$ ) khi dòng tải,  $i_L$  là lớn nhất ( $I_{Lmax}$ ) và mức điện áp nguồn,  $v_S$  là nhỏ nhất ( $V_{Smin}$ ).

Khi các đặc tính của hai mô hình được kết hợp vào phương trình

$$R_i = \frac{v_S - V_Z}{i_R} = \frac{v_S - V_Z}{i_R + i_L}$$

, ta có:



$$R_i = \frac{v_{Smin} - V_Z}{I_{Lmax} + I_{Zmin}}$$

$$R_i = \frac{v_{Smax} - V_Z}{I_{Lmin} + I_{Zmax}}$$

Do trị số của  $R_i$  trong cả hai phương trình trên là một, nên ta có thể cân bằng hai biểu thức để có :

$$(v_{Smin} - V_Z)(I_{Lmin} + I_{Zmax}) = (v_{Smax} - V_Z)(I_{Lmax} + I_{Zmin})$$

Trong bài toán thực tế, hợp lý nhất là cho biết khoảng điện áp vào, khoảng dòng tải, và mức điện áp zener yêu cầu..Do đó phương trình trên ,sẽ tương đương một phương trình hai ẩn,dòng Zener lớn nhất và nhỏ nhất.Xác định phương trình thứ hai bằng cách xét đặc tuyến của diode Zener . Để tránh phần đặc tuyến không phải hằng số, ta sử dụng quy tắc kinh nghiệm là mức dòng zener nhỏ nhất sẽ bằng 0,1 lần mức dòng zener lớn nhất, tức là:

$$I_{Zmin} = 0,1I_{Zmax}$$

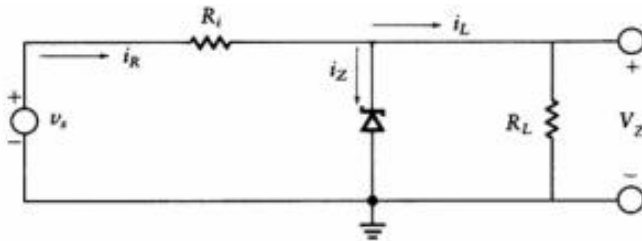
Giải phương trình trên theo  $I_{Zmax}$  ,trong đó sử dụng tiêu chuẩn thiết kế đã được giới thiệu ở trên ,

$$I_{Zmax} = \frac{I_{Lmin}(V_Z - v_{Smin}) + (v_{Smax} - V_Z)}{v_{Smin} - 0,9V_Z - 0,1I_{Zmax}}$$

### Thực hành :

Thiết kế bộ ổn định điện áp bằng zener khoảng 10V theo hình sau cho các điều kiện như sau:

- Khoảng dòng tải từ 100mA đến 200mA và khoảng điện áp nguồn từ 14V đến 20V.
  - Khoảng dòng tải từ 20mA đến 200mA và khoảng điện áp nguồn từ 10,2V đến 14V.
- Sử dụng diode zener 10V trong cả hai trường hợp.



Giải: a) Việc thiết kế bao gồm chọn giá trị điện trở  $R_i$  phù hợp, và thông số định mức công suất cho zener. Sử dụng phương trình từ mục trên để tính mức dòng lớn nhất của diode zener và sau đó tính trị số điện trở vào.

$$I_{Zmax} = \frac{I_{Lmin}(V_Z - v_{Smin}) + (v_{Smax} - V_Z)}{v_{Smin} - 0,9V_Z - 0,1I_{Zmax}}$$

$$= \frac{100mA(10V - 14V) + 200mA(20V - 10V)}{14V - 0,9 \times 10V - 0,1 \times 20V} = 533mA$$

Tiếp theo ,tính  $R_i$ :

$$R_i = \frac{v_{Smax} - V_Z}{I_{Lmin} + I_{Zmax}} = \frac{20V - 10V}{533mA + 100mA} = 15,8\Omega$$

Sẽ không đầy đủ nếu chỉ xác định điện trở  $R_i$ , nên cũng cần phải chọn công suất định mức thích hợp cho điện trở. Mức công suất lớn nhất cho bởi tích của điện áp và dòng điện, trong đó sử dụng trị số lớn nhất cho mỗi đại lượng.

$$P_R = (I_{Zmax} + I_{Lmin})(v_{Smax} - V_Z) = 6.3W$$

Cuối cùng, ta phải xác định công suất định mức cho diode zener. Mức công suất lớn nhất tiêu tán ở diode zener được tính bằng tích của điện áp và dòng điện trên zener.

$$P_R = (I_{Zmax}V_Z) = 0.53 \times 10V = 5.3W$$

Tương tự tính cho câu b

$$I_{Zmax} = \frac{I_{Lmin}(V_Z - v_{Smin}) + (v_{Smax} - V_Z)}{\frac{v_{Smin} - 0.9V_Z - 0.1I_{Zmax}}{20mA(10V - 10.2V) + 200mA(14V - 10V)}} = -4020mA$$

Trị số  $I_{Zmax}$  âm biết biên độ giữa  $v_{Smin}$  và  $V_Z$  âm cho biết biên độ giữa  $V_{Smin}$  và  $V_Z$  là không đủ lớn để cho phép thay đổi dòng tải, nghĩa là, ở trạng thái xấu nhất của điện áp vào là 10,2V và dòng tải là 200mA, thì zener không thể cho khả năng duy trì 10V trên hai cực của diode zener. Do đó, bộ ổn định sẽ không hoạt động đúng đối với trị số chọn nào đó của điện trở, nên ta có thể tăng điện áp nguồn hoặc giảm mức dòng ra yêu cầu.

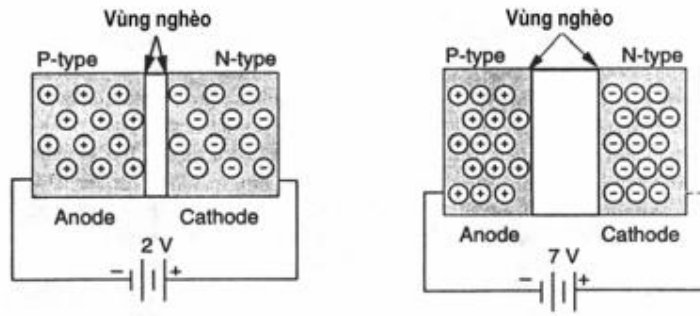
## 2. Diốt biến dung

### 2.1 Cấu tạo và kí hiệu :

Diode biến dung hay varactor, là loại cấu kiện bán dẫn có chức năng như một tụ điện có thể thay đổi. Nhắc lại rằng, tụ điện là một linh kiện gồm hai bản cực dẫn điện được cách ly bằng một lớp điện môi (vật liệu cách điện). Trị số điện dung của tụ phụ thuộc vào ba yếu tố: diện tích của hai bản cực, khoảng cách giữa hai bản cực, và loại vật liệu làm điện môi cách ly giữa hai bản cực. Điện dung tỷ lệ thuận với diện tích của hai bản cực (A) và hệ số điện môi  $\epsilon$ , tỷ lệ nghịch với khoảng cách (d) giữa hai bản cực:

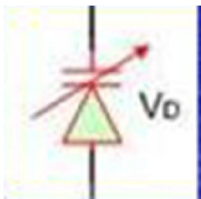
$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

Hình 4.5a, là cấu trúc bên trong của diode khi được phân cực ngược, bao gồm hai vùng có các hạt tải điện (vùng p và vùng n) được cách ly bởi vùng nghèo không có các hạt tải điện. Diode khi được phân cực ngược đóng vai trò tương tự một tụ điện. Hai vùng p và n có chức năng như hai bản cực dẫn điện, còn vùng nghèo có chức năng như một lớp điện môi. Hình 4.5b, cho thấy khi điện áp phân cực ngược tăng lên, thì vùng nghèo sẽ rộng ra. Tụ vẫn có điện dung nhưng vì hai vùng dẫn cách xa hơn nên điện dung đã bị giảm xuống.



Hình 4.5: Tiếp giáp PN như một tụ điện

Kí hiệu:



Hình dạng thực tế:

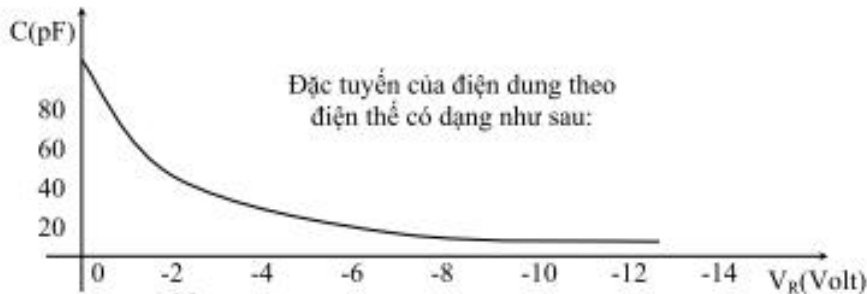


## 2.2 Nguyên lý hoạt động

Sự phân bố điện tích dương và âm trong vùng hiếm thay đổi khi điện thế phân cực nghịch thay đổi, tạo ra giữa hai đầu diode một điện dung :

$$C_T = \left| \frac{\Delta Q}{\Delta V} \right| = \epsilon \frac{A}{W_d}$$

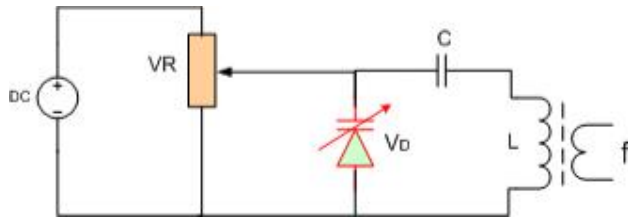
Điện dung chuyển tiếp  $C_T$  tỉ lệ nghịch với độ rộng của vùng hiếm, tức tỉ lệ nghịch với điện thế phân cực.



Một ứng dụng của diode là dùng nó như một tụ điện thay đổi. Thí dụ như muốn thay đổi tần số cộng hưởng của một mạch, người ta thay đổi điện thế phân cực ngược của một diode biến dung.

Đặc tính trên được ứng dụng để chế tạo diode biến dung mà trị số điện dung sẽ thay đổi theo điện thế phân cực nghịch nên còn được gọi là VVC diode (voltage-variable capacitance diode). Điện dung này có thể thay đổi từ 5pF đến 100pF khi điện thế phân cực nghịch thay đổi từ 3 đến 25V.

### 2.3 Ứng dụng



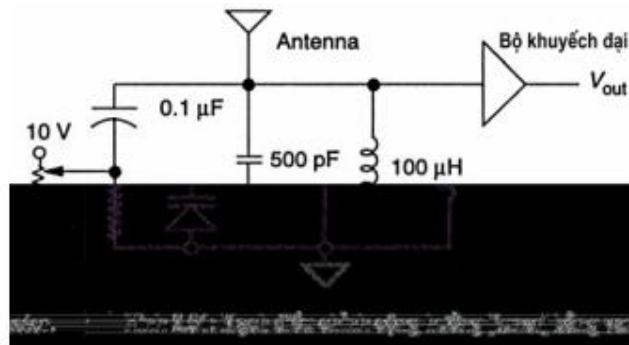
Ứng dụng của Diode biến dung Varicap ( VD ) trong mạch cộng hưởng

· Ở hình trên khi ta chỉnh triết áp VR, điện áp ngược đặt vào Diode Varicap thay đổi thì điện dung của diode cũng thay đổi.

=> làm thay đổi tần số cộng hưởng của mạch.

· Diode biến dung được sử dụng trong các bộ kênh Ti vi màu, trong các mạch điều chỉnh tần số cộng hưởng bằng điện áp.

Cụ thể :



Đây là mạch là mạch điều chỉnh để chọn tần số của tín hiệu từ antenna sử dụng diode biến dung. Khi cộng hưởng, mạch điều hưởng song song có trở kháng cao. Tín hiệu từ antenna tại tần số cộng hưởng của mạch điều hưởng sẽ tạo ra một sụt áp trên trở kháng cao của mạch điều hưởng nên tín hiệu sẽ được khuếch đại. Các tần số tín hiệu tại các tần số khác sẽ xem mạch điều hưởng như mạch có trở kháng thấp so với đất nên sẽ không được đưa đến mạch khuếch đại. Giá trị điện dung tương đương của mạch cộng hưởng bằng 500pF mắc song song với nhánh 2 tụ có điện dung 0,1μF và điện dung của diode biến dung.

**Thực hành:** mạch điều hưởng sử dụng diode biến dung MVAM108 để điều chỉnh tần số cộng hưởng.

Tính tần số cộng hưởng của mạch điều hưởng [tuner] ở hình trên, theo hai mức điện áp đặt vào là (a) 1V và (b) 7V.

- Từ đặc tuyến điện dung theo điện áp ngược ở hình 2.50, ta xác định được trị số điện dung của diode biến dung tại điện áp phân cực ngược 1V và 7V: (a) 500pF @ 1V; (b) 55pF @ 7V.

- Tính điện dung tương đương của mạch điều hưởng. Vì điện dung tương đương của diode biến dung là nhỏ hơn nhiều so với 0,1μF, nên điện dung của mạch nối tiếp sẽ bằng trị số điện dung của varactor. Tổng điện dung tương đương của mạch cộng hưởng bằng giá trị điện dung của varactor song song với 500 pF.

$$(a) C_{eq} @ 1V = 500pF + 500pF = 1000pF$$

$$(b) C_{eq} @ 7V = 55pF + 500pF = 555pF$$

- Tính tần số cộng hưởng tại cả hai mức điện áp đặt vào diode biến dung:

$$F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$(a) F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{100\mu H \times 1000pF}} = 504kHz$$

$$(b) F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{100\mu H \times 555pF}} = 676kHz$$

### 3.Điốt tunnel

#### 3.1 Cấu tạo và kí hiệu .

Được chế tạo lần đầu tiên vào năm 1958 bởi Leo-Esaki nên còn được gọi là diode Esaki. Đây là một loại diode đặc biệt được dùng khác với nhiều loại diode khác. Diode tunnel có nồng độ pha chất ngoại lai lớn hơn diode thường rất nhiều (cả vùng P lẫn vùng N)

Kí hiệu :



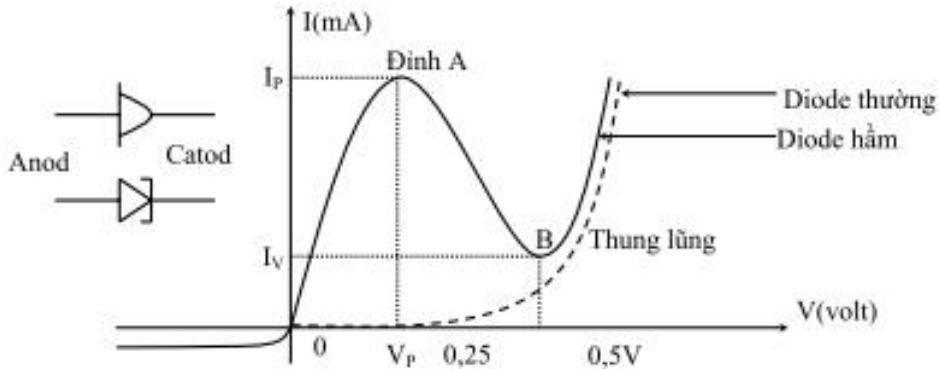
Hình 4.6 kí hiệu của diode tunnel

Hình dạng thực tế :



Hình 4.7 Hình dạng thực tế của diode tunnel

### 3.2 Nguyên lý hoạt động

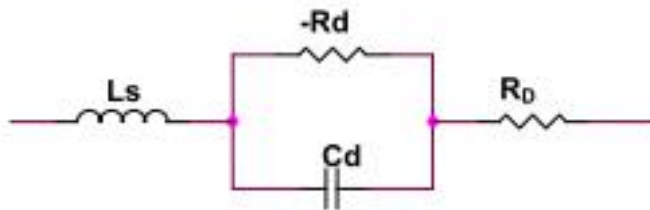


Hình 4.8 Đặc tuyến của diode tunnel

Khi phân cực nghịch, dòng điện tăng theo điện thế. Khi phân cực thuận, ở điện thế thấp, dòng điện tăng theo điện thế nhưng khi lên đến đỉnh A ( $V_P$ ,  $I_P$ ), dòng điện lại tự động giảm trong khi điện thế tăng. Sự biến thiên nghịch này đến thung lũng B ( $V_V$ ,  $I_V$ ). Sau đó, dòng điện tăng theo điện thế như diode thường có cùng chất bán dẫn cấu tạo. Đặc tính cụ thể của diode hầm tùy thuộc vào chất bán dẫn cấu tạo Ge, Si, GaAs (galiunsenic), GaSb (galiun Atimonic)... Vùng AB là vùng điện trở âm (thay đổi từ khoảng 0 đến 500 mV). Diode được dùng trong vùng điện trở âm này. Vì tạp chất cao nên vùng hiếm của diode hầm quá hẹp (thường khoảng 1/100 lần độ rộng vùng hiếm của diode thường, nên các hạt tải điện có thể xuyên qua mỗi nối theo hiện tượng chui hầm nên được gọi là diode hầm.

Tỉ số  $I_P/I_V$  rất quan trọng trong ứng dụng. Tỉ số này khoảng 10:1 đối với Ge và 20:1 đối với GaAs.

Mạch tương đương của diode hầm trong vùng điện trở âm như sau:



Hình 4.9 Mạch tương đương của diode tunnel

$L_S$ : Biểu thị điện cảm của diode, có trị số từ 1nH đến 12nH.

$R_D$ : Điện trở chung của vùng P và N.

$C_D$ : Điện dung khuếch tán của vùng hiếm.

Thí dụ, ở diode hầm Ge 1N2939:  $L_S=6nH$ ,  $C_D=5pF$ ,  $R_d=-152\Omega$ ,  $R_D=1,5\Omega$

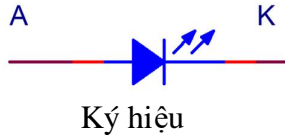
Diode có vùng hiếm hẹp nên thời gian hồi phục nhỏ, dùng tốt ở tần số cao. Nhược điểm của diode hầm là vùng điện trở âm phi tuyến, vùng điện trở âm lại ở điện thế thấp nên khó dùng với điện thế cao, nồng độ chất pha cao nên muốn giảm nhỏ phải chế tạo mỏng manh. Do đó, diode hầm dần dần bị diode schottky thay thế.

Ứng dụng thông dụng của diode hầm là làm mạch dao động ở tần số cao.

## 4. Diode phát quang

### 4.1. Cấu tạo

Diode phát quang có cấu tạo gồm một lớp tiếp xúc P-N, Diode phát quang được làm từ các chất Ga – As, Ga – P, Ga As – P, Si – C.



Hình 4.10. Ký hiệu của LED

### 4.2. Phân loại

#### 4.2.1 Theo vật liệu:

-Diode Ga – As cho ra ánh sáng hồng ngoại mà mắt nhìn không thấy được.

-Diode Ga As -P cho ra ánh sáng khả kiến, khi thay đổi hàm lượng photpho sẽ cho ra ánh sáng khác nhau như đỏ, cam, vàng.

-Diode Ga - P pha thêm tạp chất sẽ bức xạ cho ánh sáng. Tùy loại tạp chất mà diode có thể cho ra các màu từ đỏ, cam, vàng, xanh lá cây.

-Diode SiC khi pha thêm tạp chất sẽ cho ra ánh sáng màu xanh da trời. LED màu xanh da trời chưa phổ biến vì giá thành cao.

Do khác nhau về vật liệu chế tạo nên điện áp ngưỡng của các loại LED cũng khác nhau.

LED đỏ có  $V_g = 1,6 \text{ , } 2V$

LED cam có  $V_g = 2,2V \text{ , } 3V$

LED xanh lá có  $V_g = 2,7 \text{ V , } 3,2V$

LED vàng có  $V_g = 2,4V \text{ , } 3,2V$

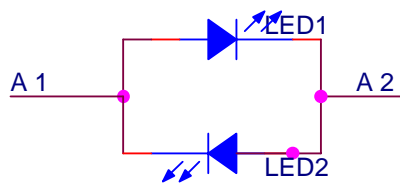
LED xanh da trời có  $V_g = 3V \text{ , } 5V$

LED hồng ngoại có  $V_g = 1,8V \text{ , } 5V$

#### 4.2.2 LED hai màu

LED hai màu là loại LED đôi gồm hai LED nằm song song và ngược chiều nhau, trong đó có một LED đỏ và một LED xanh lá cây hay một LED vàng và một LED xanh lá cây.

Loại LED hai màu thường để chỉ cực tính của nguồn hay chiều quay của động cơ.



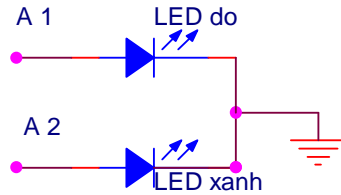
Hình 4.11 Sơ đồ của diode hai màu

Ký hiệu LED đôi loại hai màu. Nếu chân A1 có điện áp dương thì LED1 sáng và ngược lại nếu chân A2 có điện áp dương thì LED 2 sáng.

### 4.2.3 LED ba màu

LED ba màu cũng là loại LED đôi nhưng không ghép song song mà hai LED chỉ có chung chân catod, trong đó một LED đỏ ra chân ngắn, một LED màu xanh lá cây ra chân dài, chân giữa là catod chung.

Ký hiệu:

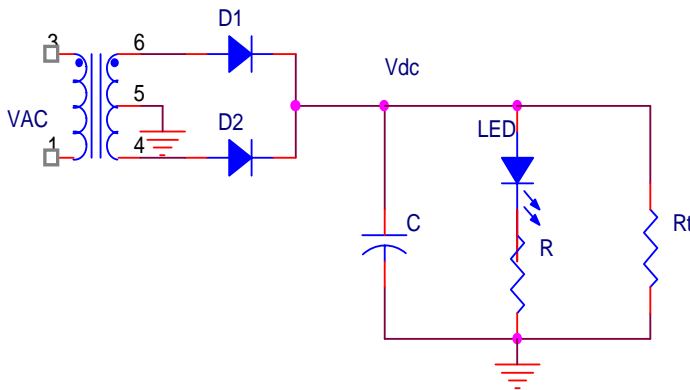


Hình 4.12 Sơ đồ của diode ba màu

Nếu chân A1 có điện áp dương thì LED đỏ sáng, nếu chân A2 có điện áp dương thì LED xanh sáng, nếu chân A1 và A2 có điện áp dương thì 2 LED đều sáng và cho ra ánh sáng màu vàng.

## 4.3 Ứng dụng

### 4.3.1 Mạch báo nguồn DC



Hình 4.13 Mạch báo nguồn DC

Khi sử dụng LED điều quan trọng là phải tính điện trở nối tiếp với LED có trị số thích hợp để tránh dòng điện qua LED quá lớn sẽ làm hư LED.

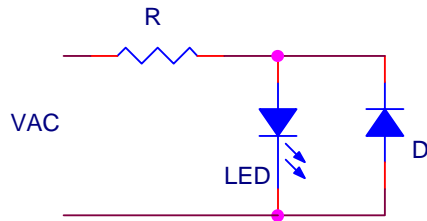
Điện trở trong mạch báo nguồn DC được tính theo công thức:

$$R = \frac{V_{DC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

### 4.3.2 Mạch báo nguồn AC

Trong mạch báo nguồn AC, LED chỉ sáng khi được phân cực thuận bằng bán kỳ thích hợp, khi LED bị phân cực nghịch thì diode D được phân cực thuận nên dẫn điện để giữ cho mức điện áp ngược trên LED là  $V_D = 0,7V$  tránh hư LED.





Hình 1.14 Mạch báo nguồn AC

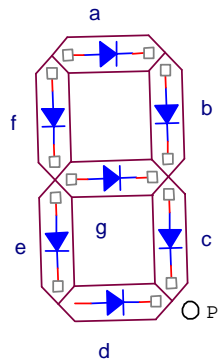
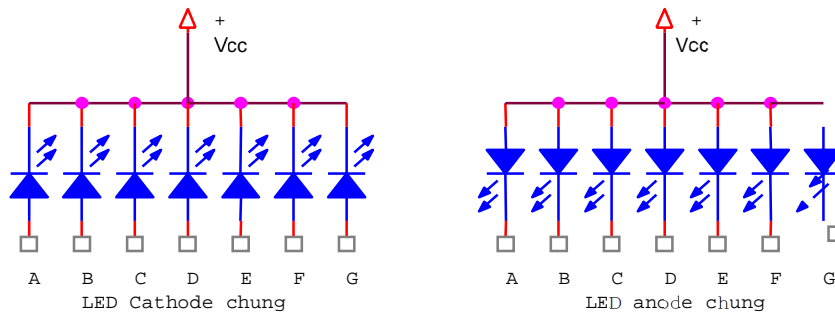
Điện trở trong mạch báo nguồn AC được tính theo công thức:

$$R = \frac{V_{AC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

#### 4.3.4 LED bảy đoạn

LED bảy đoạn có loại anode chung và loại cathode chung. Hiện nay LED bảy đoạn được dùng nhiều trong các thiết bị chỉ thị số.

Hình 7.6..



Hình 4.15 Sơ đồ LED 7 đoạn.

LED bảy đoạn là tập hợp bảy LED được chế tạo dạng thanh dài sắp xếp như hình vẽ trên và được ký hiệu bằng bảy chữ cái là a, b, c, d, e, f, g. Phần phụ của LED bảy đoạn là một chấm sáng (p) để chỉ dấu phân thập phân. Dấu chấm này là một LED p tương ứng được phát sáng. Khi cho các thanh sáng với các số lượng và vị trí thích hợp ta có những chữ số từ 0 đến 9 và những chữ cái từ A đến F.

### 5. Điện trở quang (Photoresistor)



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



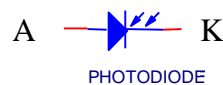
Hình 4.16 Hình dạng và ký hiệu của điện trở quang.

Điện trở quang có trị số điện trở thay đổi không tuyến tính theo độ sáng chiếu vào nó. Khi trong bóng tối điện trở quang có trị số khoảng vài mega Ohm, khi được chiếu sáng điện trở quang có trị số rất nhỏ khoảng vài chục đến vài trăm Ohm.

### 6. Diode quang (diode cảm quang – Photodiode)

Diode quang có cấu tạo bán dẫn giống như diode thường nhưng đặt trong vỏ cách điện có một mặt là nhựa hay thủy tinh trong suốt để nhận ánh sáng bên ngoài chiếu vào mối nối P-N của diode, có loại dùng thấu kính hội tụ để tập trung ánh sáng.

Ký hiệu:



Hình 4.17 Ký hiệu của diode quang

Đối với diode khi phân cực thuận thì dòng điện thuận qua diode lớn do dòng hạt tải đa số di chuyển, khi phân cực nghịch thì dòng điện qua diode rất nhỏ do dòng hạt tải thiểu số di chuyển.

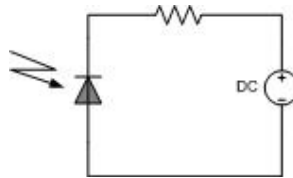
Qua thí nghiệm cho thấy khi photodiode được phân cực thuận thì hai trường hợp mối nối P-N được chiếu sáng hay che tối dòng điện thuận qua diode hầu như không đổi. Ngược lại diode bị phân cực nghịch, mối nối P - N được chiếu sáng thì dòng điện nghịch tăng lên lớn hơn nhiều lần so với khi bị che tối. Do nguyên lý trên nên diode quang được sử dụng ở trạng thái phân cực ngược trong các mạch điều khiển ánh sáng.

### **Photodiode có đặc tính:**

- Rất tuyến tính
- Ít nhiễu
- Dãy tần số rộng
- Nhẹ và có sức bền cơ học cao
- Có đời sống dài.

### **7. Điốt thu quang**

Diode thu quang hoạt động ở chế độ phân cực nghịch, vỏ diode có một miếng thủy tinh để ánh sáng chiếu vào mối P – N , dòng điện ngược qua diode tỷ lệ thuận với cường độ ánh sáng chiếu vào diode.



Hình 4.18 Ký hiệu của Photo Diode

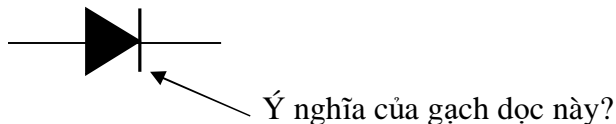
- Cấu tạo, kí hiệu quy ước.
- Nguyên lý hoạt động.
- Lĩnh vực ứng dụng..

Thực hành xác định chất lượng của các loại điốt

### **Thực hành :**

#### **VI. Câu hỏi mở rộng**

1. Không có đồng hồ đo điện, hãy nêu một số phương án kiểm tra điốt?
2. Hãy cho biết cách nhận dạng cực tính của điốt bằng hình dạng và ký hiệu quy ước trên thân điốt?
3. Hãy cho biết ý nghĩa của gạch dọc trên ký hiệu của điốt? (hình sau)



4. Tại sao không thể dùng thang ôm của đồng hồ đo điện hiện số để kiểm tra điốt bán dẫn?
5. Tại sao người ta xếp điốt vào loại linh kiện phi tuyến?
6. Hãy nêu những ứng dụng chính của điốt trong kĩ thuật?

#### **VII. Báo cáo thực hành**

THỰC HÀNH KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH CHỈNH LƯU CỦA ĐIỐT BÁN DẪN

Họ và tên:.....Lớp:.....Nhóm:.....

Ngày làm thực hành:.....

Viết báo cáo theo các nội dung sau:

- Tóm tắt lí thuyết:
  - o Nêu đặc tính cơ bản của điôt bán dẫn.
  - o Vẽ đường đặc trưng Vôn-Ampe lí thuyết của điôt bán dẫn.
  - o Vẽ sơ đồ của mạch điện khảo sát đường đặc trưng Vôn-Ampe của điôt bán dẫn.
- Chuẩn bị dụng cụ và lắp ráp bài thí nghiệm:
  - o Hộp thí nghiệm trong đó gồm...
  - o Cách kiểm tra điôt (dùng thang nào của đồng hồ để kiểm tra)
  - o Cách kiểm tra bộ nguồn ổn áp một chiều
  - o Chọn các linh kiện tương ứng với sơ đồ khảo sát
  - o Nêu thứ tự lắp ráp mạch theo sơ đồ, chú ý dụng cụ nào nên mắc sau cùng? Có cần sử dụng một đồng hồ đo để kiểm tra sự thông mạch của hệ thống, bộ nguồn ở trạng thái nào khi lắp ráp.
- Bảng số liệu thực hành

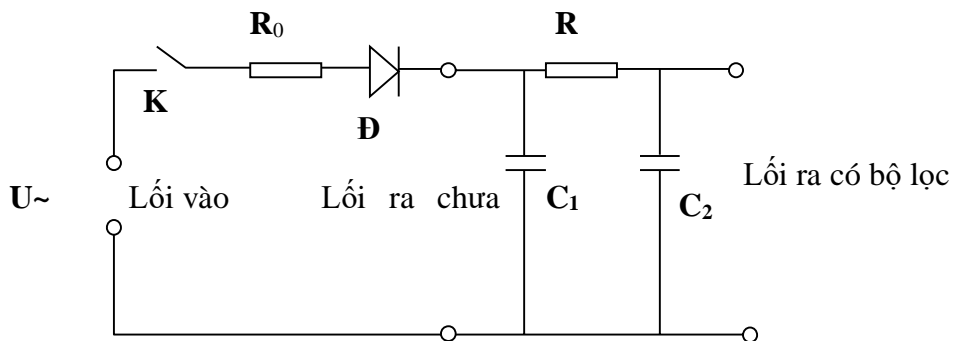
U									
I									
-U									
-I									

- Kết quả theo yêu cầu của bài thí nghiệm:
  - o Vẽ đồ thị  $I = f(U)$
  - o Đánh dấu vị trí đồ thị có sự biến thiên thay đổi nhiều.
- Nhận xét chung về bài thí nghiệm
  - o Dạng đồ thị của điôt.
  - o Tính chất chỉnh lưu thể hiện như thế nào trên đồ thị.
  - o Xác định đoạn đồ thị tăng mạnh tương ứng với điện áp nào.
  - o Nhận xét về đường phân cực ngược

### VIII. Gợi ý thí nghiệm nâng cao

*Khảo sát bộ nguồn chỉnh lưu từ nguồn điện xoay chiều*

- Lắp mạch chỉnh lưu theo sơ đồ sau:



Chọn linh kiện:  $R_0 = 100\Omega$ ,  $R = 220\Omega$ ,  $C_1$  và  $C_2 = 1000\mu F$  (tụ hóa học)

- Dụng cụ: Bảng mạch lắp ráp, điện kế G, máy phát tần số, đồng hồ vạn năng hiện số, dây nối và các linh kiện tương ứng với sơ đồ trên.



- Tiến hành thí nghiệm:

- o Sau khi kiểm tra mạch, sử dụng bộ nguồn vào là máy phát tần số, chọn mức điện áp thấp ( $<3V$ ), tần số thật nhỏ ( $<5Hz$ ), dùng điện kế để có thể quan sát trực tiếp dòng xoay chiều này theo sự dao động của kim.
- o Điện kế được mắc lần lượt ở các lối vào, lối ra chưa lọc, lối ra đã lọc. Quan sát tốc độ dao động (có thể dùng đồng hồ bấm giây), biên độ dao động của kim điện kế ở các vị trí mắc điện kế, ghi lại kết quả.
- o Dùng đồng hồ vạn năng ở thang đo điện áp 1 chiều, đo tại các lối ra chưa lọc và lối ra có lọc. Ghi lại kết quả tương ứng vào bảng số liệu.
- o Tăng tần số của máy phát tín hiệu lên mức cao hơn (khoảng  $50Hz$ ), dùng đồng hồ vạn năng đo điện áp tại các lối ra chưa lọc và có lọc, ghi lại kết quả.

- Nhận xét kết quả:

- o Vì sao tốc độ và biên độ dao động của kim điện kế thay đổi tại các vị trí đo.
- o Giá trị điện áp một chiều đo được bằng vôn kế một chiều tại các vị trí đo tại sao khác nhau.
- o Tần số của máy phát ảnh hưởng như thế nào với kết quả sau chỉnh lưu và sau khi lọc (san phẳng)
- o Tụ điện trong mạch điện có tác dụng gì sau mạch chỉnh lưu.

## Bài 5: Transistor lưỡng cực (PNP, NPN)

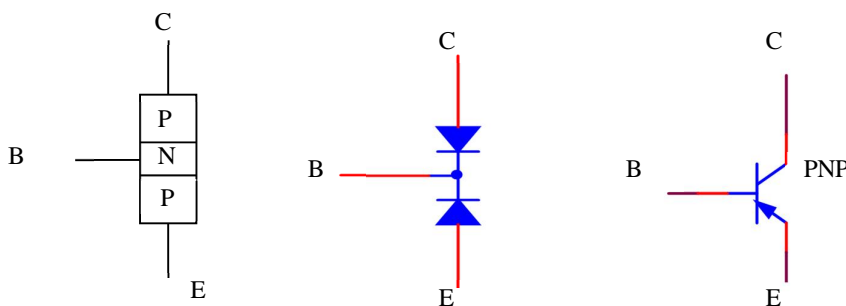
*Mục tiêu của bài:*

Học xong bài này học viên có khả năng:

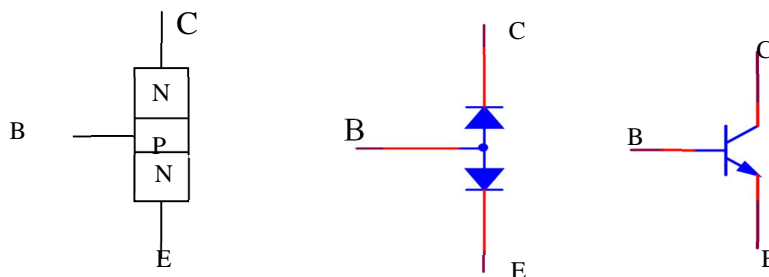
- Trình bày đúng cấu tạo, kí hiệu quy ước và nguyên lý hoạt động của Transistor lưỡng cực.
- Trình bày đúng các đặc tuyến, thông số cơ bản của Transistor lưỡng cực.
- Trình bày đúng các kiểu mắc mạch, các đặc tính cơ bản của các kiểu mạch Transistor lưỡng cực.
- Lắp ráp, cân chỉnh được các kiểu mạch của Transistor PNP, NPN.

### 1. Transistor mối nối lưỡng cực (BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR = BJT)

#### 1.1 Cấu tạo – ký hiệu



Hình 5.1. Cấu tạo và ký hiệu của BJT loại PNP



Hình 5.2. Cấu tạo và ký hiệu của BJT loại NPN

Transistor mối nối lưỡng cực là một linh kiện bán dẫn được tạo thành từ hai mối nối P-N, nhưng có một vùng chung gọi là vùng nền.

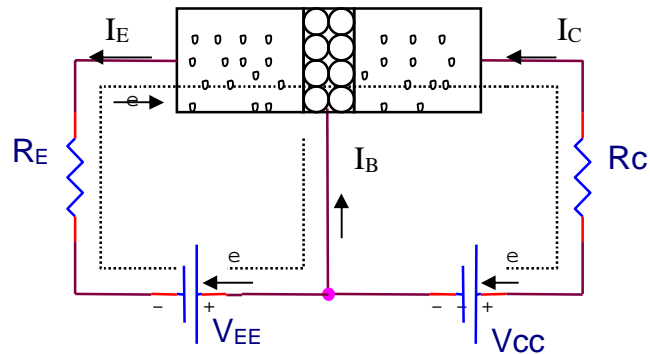
Tùy theo sự sắp xếp các vùng bán dẫn mà ta có hai loại BJT: NPN, PNP.

Ba vùng bán dẫn được tiếp xúc kim loại nối dây ra thành ba cực:

- Cực nền: B (Base)
- Cực thu: C (Collector)
- Cực phát: E (Emitter)

Trong thực tế, vùng nền rất hẹp so với hai vùng kia. Vùng thu C và vùng phát E tuy có cùng chất bán dẫn nhưng khác nhau về kích thước và nồng độ tạp chất nên chúng ta không thể hoán đổi vị trí cho nhau.

### 1.2. Nguyên lý hoạt động



Hình 5.3 Sơ đồ miêu tả hoạt động của transistor

Mối nối P-N giữa cực nền và cực phát được phân cực thuận bởi nguồn  $V_{EE}$ .

Mối nối P-N giữa nền và thu được phân cực nghịch bởi nguồn  $V_{CC}$ .

Điện tử từ cực âm của nguồn  $V_{EE}$  di chuyển vào vùng phát qua vùng nền, đáng lẽ trở về cực dương của nguồn  $V_{EE}$  nhưng vì:

+ Vùng nền rất hẹp so với hai vùng kia.

+ Nguồn  $V_{CC} \gg V_{EE}$  cho nên đa số điện tử bị hấp dẫn về nó.

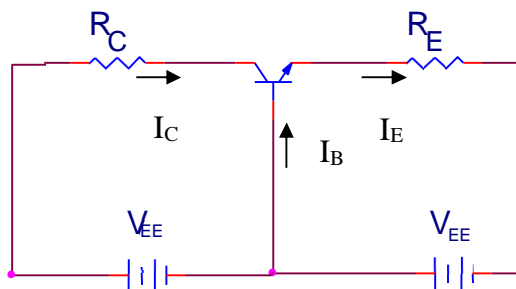
Do đó, số lượng điện tử từ vùng nền vào vùng thu tới cực dương của nguồn  $V_{CC}$  rất nhiều so với số lượng điện tử từ vùng nền tới cực dương của nguồn  $V_{EE}$ . Sự dịch chuyển của điện tử tạo thành dòng điện:

Dòng đi vào cực B gọi là dòng  $I_B$

Dòng đi vào cực C gọi là dòng  $I_C$ .

Dòng từ cực E ra gọi là dòng  $I_E$ .

### 1.3. Hệ thức liên quan giữa các dòng điện



Hình 5.4 Mạch thể hiện quan hệ dòng áp

Sự dịch chuyển của các điện tử như trên cho thấy:

$$I_E = I_B + I_C \quad (1)$$

$$I_C = \alpha I_E \quad (2)$$

Hệ số  $\alpha$  gần bằng 1

Thế (2) vào (1) ta được

$$\frac{I_C}{\alpha} = I_B + I_C$$

$$\Rightarrow I_C \left( \frac{1}{\alpha} - 1 \right) = I_B$$

$$\hat{U} \quad I_C \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha} = I_B$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot I_B$$

$$\text{Đặt } b = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (3)$$

Vậy  $b$  thường là vài chục đến vài trăm

$$I_C = b \cdot I_B \quad (4)$$

$b$  được gọi là hệ số khuếch đại dòng.

Kết hợp (1) và (4) ta được hệ thức thường dùng :

$$I_E = I_B + I_C \gg I_C = b \cdot I_B \quad (5)$$

Ở mỗi nối P-N giữa nền - thu phân cực nghịch còn có dòng rỉ (như diode phân cực nghịch) gọi là  $I_{CB0}$  rất nhỏ (cỡ mA). Dòng thu toàn thể là:

$$I_C = \alpha I_E + I_{CB0} \quad (6)$$

Trong lúc đó hệ thức (1) và (3) vẫn còn áp dụng:

Thế (6) vào (1) :

$$\frac{I_C - I_{CB0}}{\alpha} = I_B + I_C$$

$$\hat{U} \quad I_C \frac{1 - \alpha}{\alpha} - \frac{I_{CB0}}{\alpha} = I_B + I_C$$

$$\hat{U} \quad I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{I_{CB0}}{1 - \alpha}$$

$$\hat{U} \quad I_C = b I_B + \frac{I_{CB0}}{1 - \alpha} \quad (7)$$

Khi bỏ qua dòng điện rỉ  $I_{CB0}$  thì phương trình (7) trở thành phương trình (4)



## 1.4 Các loại transistor thường dùng

Hiện nay ,trên thị trường có nhiều loại transistor của nhiều nước sản xuất nhưng thông dụng nhất là của Nhật Bản ,Mỹ và Trung Quốc.

**Transistor Nhật Bản** thường kí hiệu là A...,B...,C...,D... Ví dụ như A564,B733,C828,D1555

Trong đó các transistor kí hiệu là A và B là Transistor thuận PNP còn kí hiệu C và D thường là Transistor ngược NPN.Các Transistor A và C thường có công suất nhỏ và tần số làm việc cao còn các Transistor B và D thường có công suất lớn và tần số làm việc thấp hơn .

**Transistor do Mỹ sản xuất.** thường ký hiệu là 2N... ví dụ 2N3055, 2N4073 vv...

**Transistor do Trung quốc sản xuất :**

Bắt đầu bằng số 3, tiếp theo là hai chữ cái. Chữ cái thứ nhất cho biết loại bóng : Chữ A và B là bóng thuận , chữ C và D là bóng ngược, chữ thứ hai cho biết đặc điểm : X và P là bóng âm tần, A và G là bóng cao tần. Các chữ số ở sau chỉ thứ tự sản phẩm. Thí dụ : 3CP25 ,3AP20 vv..

**Thực hành :**

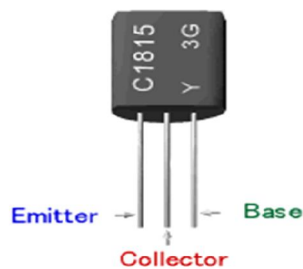
**Cách xác định chân E, B, C của Transistor.**

· Với các loại Transistor công suất nhỏ thì thứ tự chân C và B tùy theo bóng của nước nào sản xuất , nhưng chân E luôn ở bên trái nếu ta để Transistor như hình dưới.

Nếu là Transistor do Nhật sản xuất : thí dụ Transistor C828, A564 thì chân C ở giữa , chân B ở bên phải.

Nếu là Transistor Trung quốc sản xuất thì chân B ở giữa , chân C ở bên phải.

Tuy nhiên một số Transistor được sản xuất nhái thì không theo thứ tự này => để biết chính xác ta dùng phương pháp đo bằng đồng hồ vạn năng.



**Với loại Transistor công suất lớn** (như hình dưới ) thì hầu hết đều có chung thứ tự chân là : Bên trái là cực B, ở giữa là cực C và bên phải là cực E.



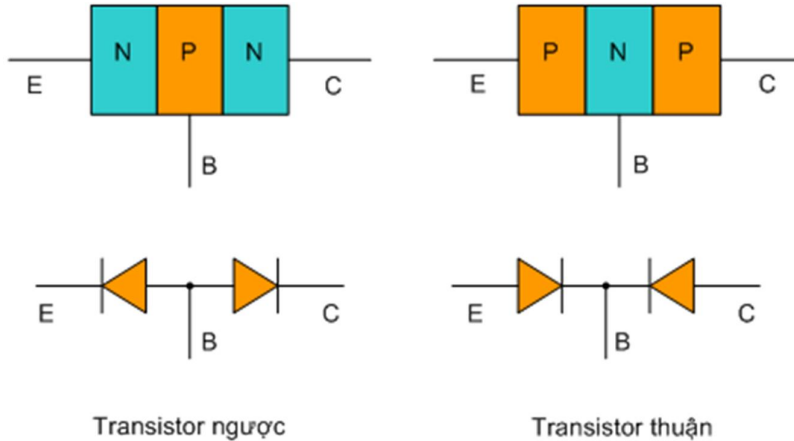
**Đo xác định chân B và C**

· Với Transistor công suất nhỏ thì thông thường chân E ở bên trái như vậy ta chỉ xác định chân B và suy ra chân C là chân còn lại.

Đề đồng hồ thang  $\times 1\Omega$ , đặt cố định một que đo vào từng chân, que kia chuyển sang hai chân còn lại, nếu kim lên = nhau thì chân có que đặt cố định là chân B, nếu que đồng hồ cố định là que đen thì là Transistor ngược, là que đỏ thì là Transistor thuận..

### Phương pháp kiểm tra Transistor

Transistor khi hoạt động có thể hư hỏng do nhiều nguyên nhân, như hư hỏng do nhiệt độ, độ ẩm, do điện áp nguồn tăng cao hoặc do chất lượng của bản thân Transistor. Để kiểm tra Transistor hoạt động tốt hay không ta nhớ lại hoạt động của transistor.



Hình 5.5 Cấu tạo của transistor

Kiểm tra Transistor ngược NPN tương tự kiểm tra hai Diode đầu chung cực Anôt, điểm chung là cực B, nếu đo từ B sang C và B sang E ( que đen vào B ) thì tương đương như đo hai diode thuận chiều => kim lên, tất cả các trường hợp đo khác kim không lên.

Kiểm tra Transistor thuận PNP tương tự kiểm tra hai Diode đầu chung cực Katôt, điểm chung là cực B của Transistor, nếu đo từ B sang C và B sang E ( que đỏ vào B ) thì tương đương như đo hai diode thuận chiều => kim lên, tất cả các trường hợp đo khác kim không lên.

Trái với các điều trên là Transistor bị hỏng.

### Transistor có thể bị hỏng ở các trường hợp .

- \* Đo thuận chiều từ B sang E hoặc từ B sang C => kim không lên là transistor đứt BE hoặc đứt BC
- \* Đo từ B sang E hoặc từ B sang C kim lên cả hai chiều là chập hay dò BE hoặc BC.
- \* Đo giữa C và E kim lên là bị chập CE.

Sử dụng đồng hồ VOM:

Bước 1 : Chuẩn bị đo để đồng hồ ở thang  $\times 1\Omega$

Bước 2 và bước 3 : Đo thuận chiều BE và BC => kim lên .

Bước 4 và bước 5 : Đo ngược chiều BE và BC => kim không lên

Bước 6 : Đo giữa C và E kim không lên

=> **Bóng tốt.**

**Các trường hợp khác là transistor bị hỏng.**

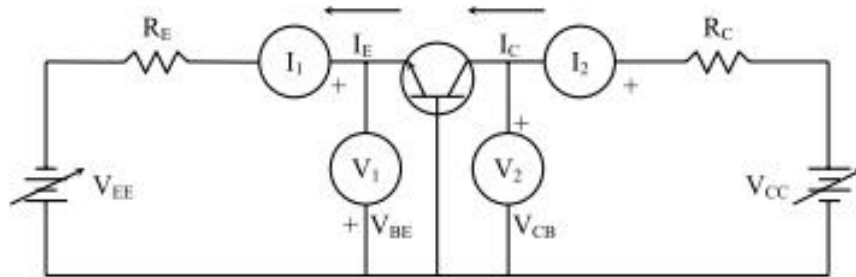
## 2. Đặc tuyến và các thông số cơ bản của Transistor.

Người ta thường chú ý đến 3 loại đặc tuyến của transistor:

- Đặc tuyến ngõ vào.
- Đặc tuyến ngõ ra
- Đặc tuyến truyền .

### 2.1 Mắc theo kiểu cực nền chung:

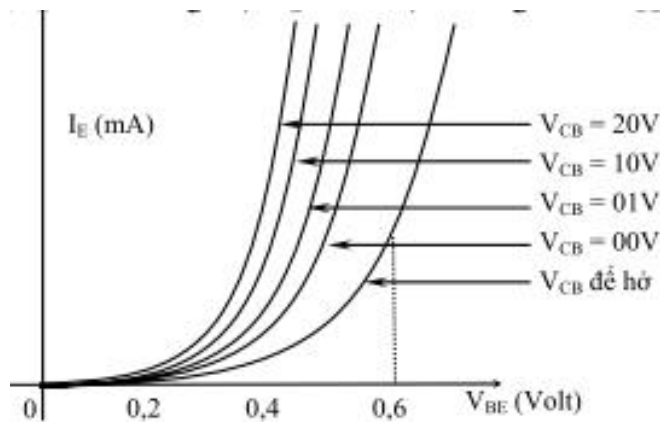
Mạch điện như sau:



Hình 5.6 Mạch BJT mắc theo cực nền chung

#### Đặc tuyến ngõ vào (input curves).

Là đặc tuyến biểu diễn sự thay đổi của dòng điện  $I_E$  theo điện thế ngõ vào  $V_{BE}$  với  $V_{CB}$  được chọn làm thôn số.



Hình 5.7 Đặc tuyến ngõ vào kiểu cực nền chung.

Nhận xét :

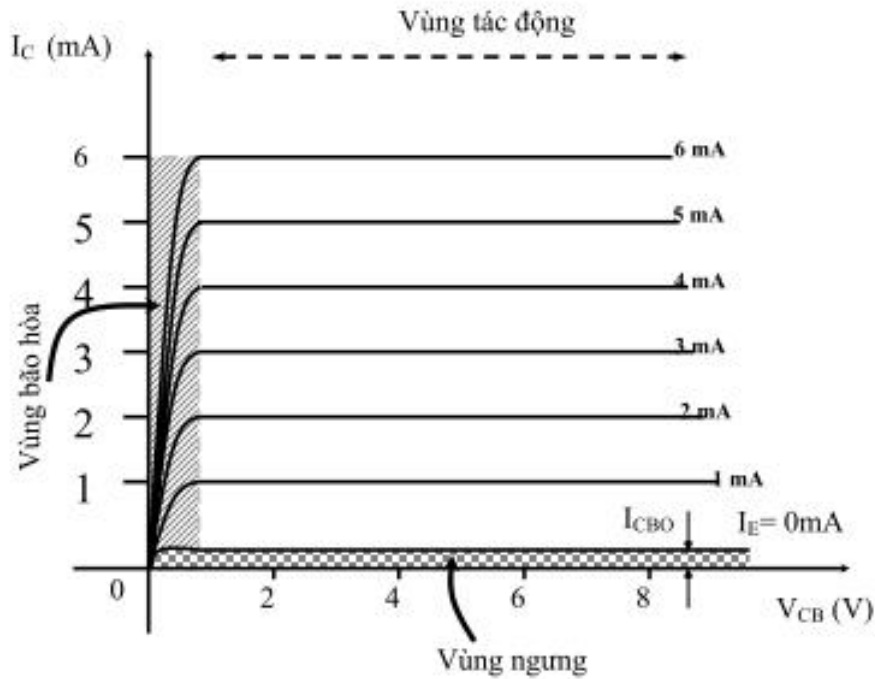
- Khi nối thu nền để hở, đặc tuyến có dạng như đặc tuyến của diode khi phân cực thuận.
- Điện thế ngưỡng (knee voltage) của đặc tuyến giảm khi  $V_{CB}$  tăng.

#### Đặc tuyến ngõ ra (output curves)

Là đặc tuyến biểu diễn sự thay đổi của dòng điện cực thu  $I_C$  theo điện thế thu nền  $V_{CB}$  với dòng điện cực phát  $I_E$  làm thôn số.

Đặc tuyến có dạng như sau : Ta chú ý đến ba vùng hoạt động của Transistor.

Vùng tác động: Nổi nên phát phân cực thuận, nổi thu nên phân cực nghịch. Trong vùng này đặc tuyến là những đường Thẳng song song và cách đều. Trong các ứng dụng thông thường, Transistor được phân cực trong vùng tác động.



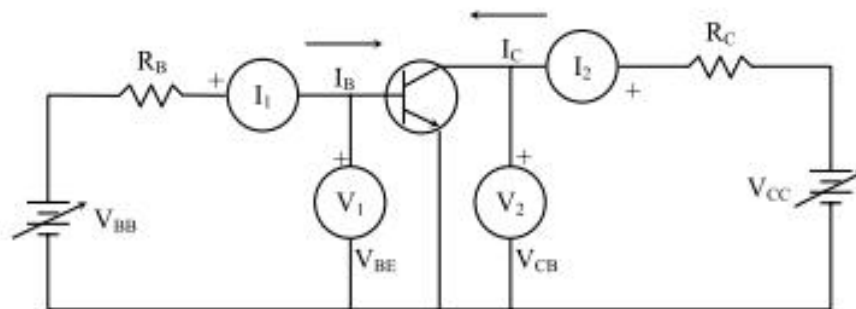
Hình 5.8 Đặc tuyến ngõ ra kiểu cực nền chung

Vùng ngưng: nổi nên phát phân cực nghịch ( $I_E=0$ ), nổi thu nên phân cực nghịch. Trong vùng này transistor không hoạt động.

Vùng bão hòa: nổi phát nên phân cực thuận, nổi thu nên phân cực thuận. Trong các ứng dụng đặc biệt, transistor mới được phân cực trong vùng này.

## 2.2 Mắc theo kiểu cực phát chung.

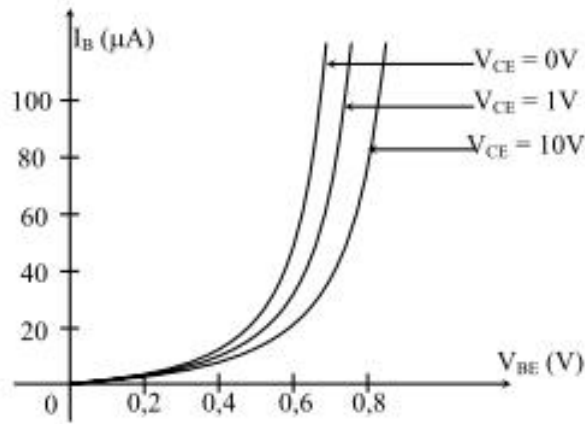
Đây là cách mắc thông dụng nhất trong các ứng dụng của transistor. Mạch điện như sau:



Hình 5.9 Mắc theo kiểu cực phát chung

### Đặc tuyến ngõ vào:

Biểu diễn sự thay đổi của dòng điện  $I_B$  theo điện thế ngõ vào  $V_{BE}$ . Trong đó hiệu thế thu phát  $V_{CE}$  chọn làm thông số.

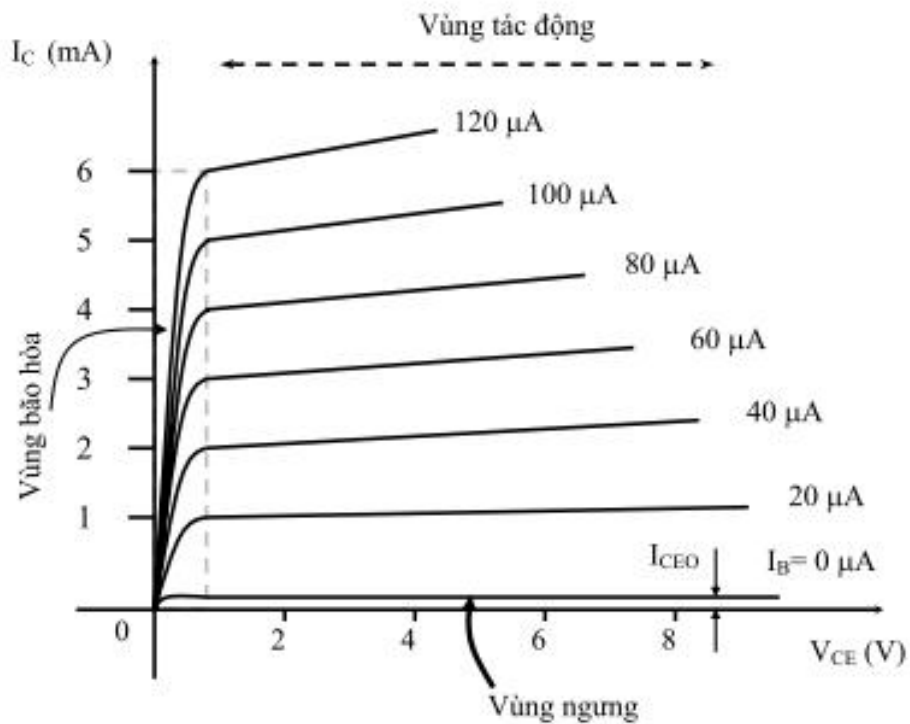


Hình 5.10 Đặc tuyến ngõ vào kiểu cực phát chung

**Đặc tuyến ngõ ra:**

Biểu diễn dòng điện cực thu  $I_C$  theo điện thế ngõ ra  $V_{CE}$  với dòng điện ngõ vào  $I_B$  được chọn làm thông số.

Dạng đặc tuyến như sau:



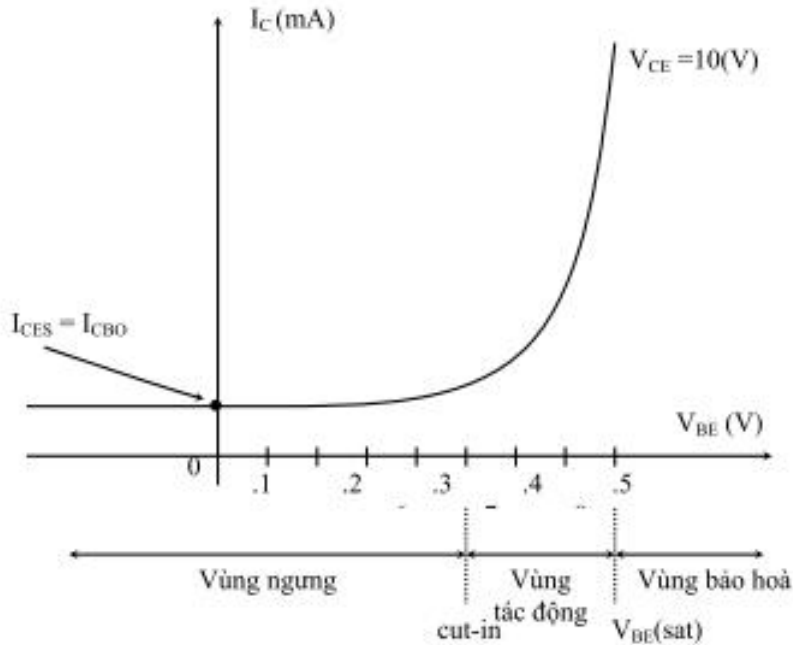
Hình 5.11 Đặc tuyến ngõ ra kiểu cực phát chung

Ta thấy cũng có ba vùng hoạt động của transistor : vùng bão hòa , vùng tác động và vùng ngưng.

Khi nối tắt  $V_{BE}$  tức ( $I_B$ ) dòng điện cực thu xấp xỉ dòng điện rỉ  $I_{CEO}$ .

**Đặc tuyến truyền: (Transfer characteristic curve)**

Từ đặc tuyến ngõ vào và đặc tuyến ngõ ra. Ta có thể suy ra đặc tuyến của transistor. Đặc tuyến truyền biểu diễn sự thay đổi của dòng điện ngõ ra  $I_C$  theo điện thế ngõ vào  $V_{BE}$  làm thông số.



Hình 5.12 Đặc tuyến truyền kiểu cực phát chung.

Đối với transistor Si, vùng hoạt động có  $V_{BE}$  nằm trong khoảng 0,5-0,8V. Trong vùng này, đặc tuyến truyền có dạng hàm mũ. Ở vùng bão hoà, dòng  $I_C$  tăng nhanh khi  $V_{BE}$  thay đổi. Ở vùng ngưng, khi  $V_{BE}$  còn nhỏ, dòng rỉ qua transistor  $I_{CES}$  thường xấp xỉ  $I_{CBO}$ .

Ngay cả trong vùng hoạt động, khi  $V_{BE}$  thay đổi một lượng nhỏ (từ dòng  $I_{BE}$  thay đổi) thì dòng  $I_C$  thay đổi một lượng khá lớn. Vì thế, trong các ứng dụng, người ta dùng điện thế cực nền  $V_{BE}$  làm điện thế cực nền  $V_{BE}$  làm điện thế điều khiển và cực B còn được gọi là cực khiển.

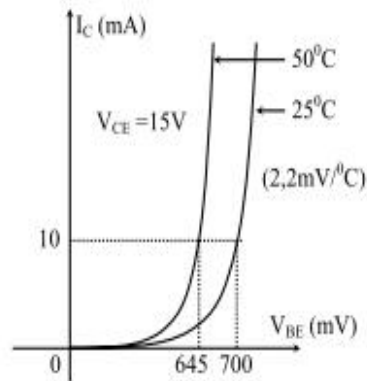
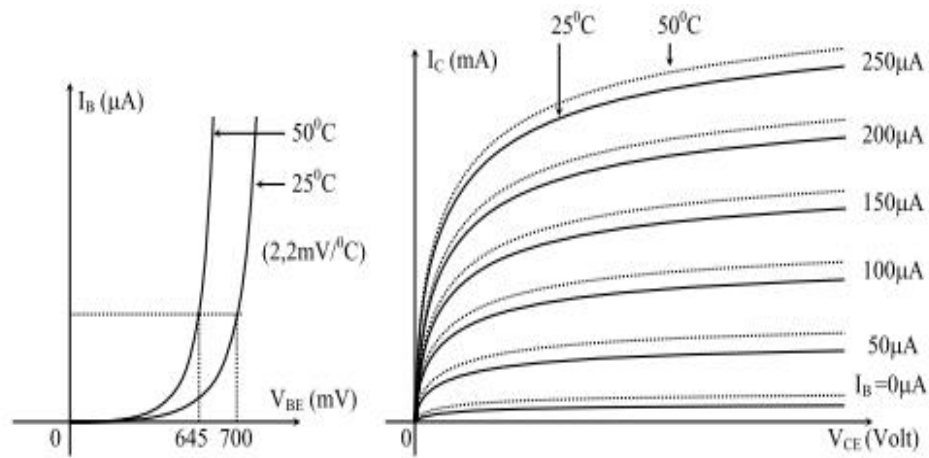
### 2.3 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên các đặc tuyến của BJT.

Như ta đã thấy, các tính chất điện của chất bán dẫn đều thay đổi theo nhiệt độ. Do đó, các đặc tuyến của BJT đều thay đổi khi nhiệt độ thay đổi.

- Khi nhiệt độ tăng, các dòng điện rỉ cực thu ( $I_{CBO}$ ,  $I_{CEO}$ ,  $I_{CES}$ ) đều tăng.
- Khi nhiệt độ tăng, các độ lợi điện thế  $\alpha_{DC}$ ,  $\beta_{DC}$  cũng tăng.
- Khi nhiệt độ tăng, điện thế phân cực thuận (điện thế ngưỡng) nối nền phát  $V_{BE}$  giảm. Thông thường,  $V_{BE}$  giảm 2,2mV khi nhiệt độ tăng  $1^{\circ}C$ .
- Dòng điện rỉ  $I_{CBO}$  tăng gấp đôi khi nhiệt độ tăng  $8^{\circ}C$  trong transistor Si.

$$I_{CBO}(t^{\circ}C) = I_{CBO}(25^{\circ}C) \left[ 2^{\frac{t-25}{8}} \right]$$

Tác động của nhiệt độ ảnh hưởng quan trọng đến điểm điều hành của transistor. Có là nguyên nhân làm cho thông số của transistor thay đổi và kết quả là tín hiệu có thể bị biến dạng.



Hình 17

Hình 5.13 Đồ thị ảnh hưởng của nhiệt

## 2.4. Các cách mắc cơ bản

CE: tín hiệu vào B so với E, tín hiệu ra C so với E

. Pha giữa tín hiệu vào và ra : đảo pha

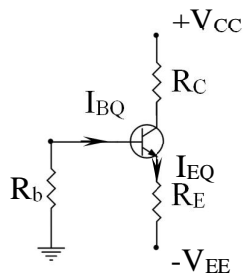
CB : tín hiệu vào E so với B, tín hiệu ra C so với B

. Pha giữa tín hiệu vào và ra : cùng pha

CC: tín hiệu vào B so với C , tín hiệu ra E so với C.

. Pha giữa tín hiệu vào và ra: cùng pha.

### 2.4.1. Mạch cực phát chung Common Emitter ° CE



### Hình 5.14 Sơ đồ mạch CE

#### 2.4.1.1 Không có $C_E$ , không có $C_C$ :

Bộ khuếch đại có thể được thiết kế ở chế độ tối ưu (sóng ra tốt nhất) hoặc ở chế độ bất kỳ.

**Chế độ tối ưu:** Thiết kế sao cho sóng ra lớn nhất và không bị méo ( $I_{cm\max}$  hoặc  $V_{L\max}$ ), thường chưa biết các điện trở phân cực  $R_1, R_2$ .

Từ đồ thị (H3-2), ta thấy sóng ra sẽ lớn nhất khi:

$$I_{cm\max} = I_{CQT\ddot{O}} = \frac{V_{CC}}{R_{DC} + R_{AC}} \quad (2-21)$$

$$V_{cm\max} = V_{CET\ddot{O}} = I_{CQT\ddot{O}} R_{AC} \quad (2-22)$$

Với sơ đồ (H3-1) ta có:  $R_{AC} = R_{DC} = R_C + R_E$  nên từ (2-21) và (2-22) ta suy ra:

$$I_{CQT\ddot{O}} = \frac{V_{CC}}{2(R_C + R_E)} \quad (2-23)$$

$$V_{CET\ddot{O}} = \frac{V_{CC}}{2} \quad (2-24)$$

**Chế độ bất kỳ:** Thường cho trước  $R_1, R_2$  hoặc  $V_{CEQ}$  hoặc  $I_{CQ}$ . Áp dụng các công thức (2-10, 11, 14, 16) sẽ xác định được ( $I_{CQ}, V_{CEQ}$ )

ü Nếu  $I_{CQ} < I_{CQTƯ}$  thì  $I_{cm} = I_{CQ}$ .

ü Nếu  $I_{CQ} > I_{CQTƯ}$  thì  $I_{cm} = i_{CQ\max} - I_{CQ}$ .

#### 2.4.1.2 Có $C_E$ , không có $C_C$ (Tu Bypass Emitter)

**Chế độ tối ưu:**

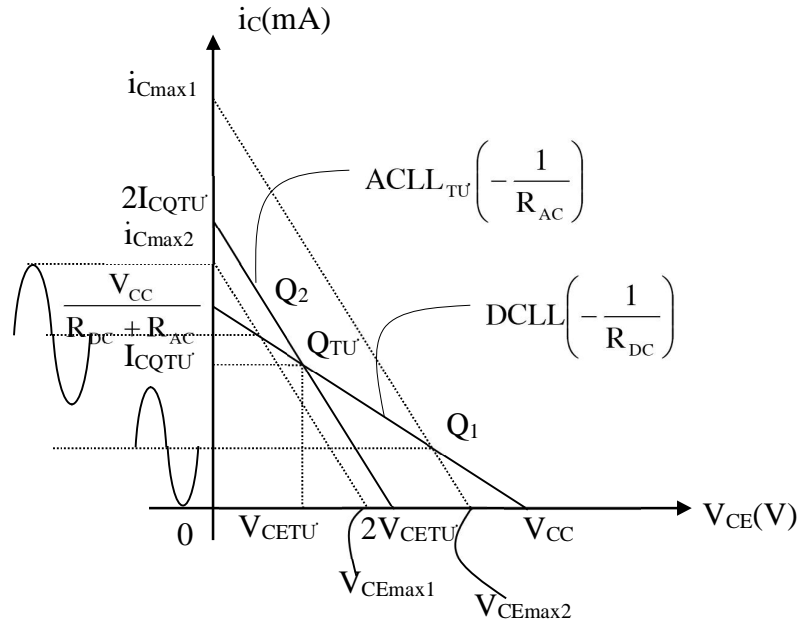
$R_{DC} = R_C + R_E$  và  $R_{AC} = R_C$  thay vào (2-21) ta được:

$$I_{cm\max} = I_{CQT\ddot{O}} = \frac{V_{CC}}{R_{DC} + R_{AC}} = \frac{V_{CC}}{2R_C + R_E} \quad (2-25)$$

$$V_{cm\max} = V_{CET\ddot{O}} = I_{CQT\ddot{O}} R_{AC} = \frac{V_{CC} R_C}{2R_C + R_E} = \frac{V_{CC}}{2 + \frac{R_E}{R_C}} \quad (2-26)$$

**Chế độ bất kỳ:** được tính toán theo các công thức (2-10, 11, 14, 16) và đặc tuyến tải AC được vẽ như sau:





Hình 5.15 phương trình đường tải tĩnh

$$i_C - I_{CQ} = -\frac{1}{R_{AC}} (v_{CE} - V_{CEQ}) \quad (2-27)$$

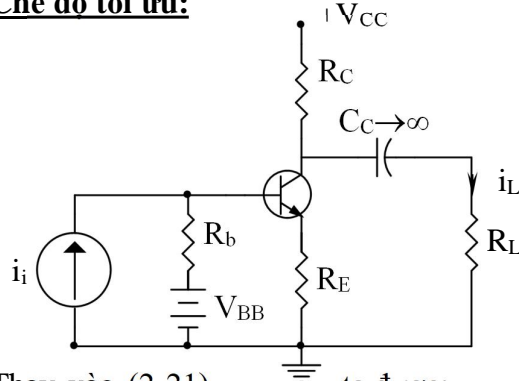
$$\text{Cho } V_{CEQ} = 0 \Rightarrow i_{Cmax} = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{R_{AC}} \quad (2-28)$$

$$\text{Cho } i_C = 0 \Rightarrow V_{CEmax} = V_{CEQ} + I_{CQ}R_{AC} \quad (2-29)$$

Phương trình (2-28) và (2-29) để xác định  $i_{Cmax}$  và  $V_{CEmax}$  trong các trường hợp điểm tĩnh Q bất kỳ.

Không có  $C_E$ , có  $C_C$ :

**Chế độ tối ưu:**



$$R_{DC} = R_C + R_E$$

$$R_{AC} = R_E + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$$

Thay vào (2-21) ta được:

$$I_{Cmmax} = I_{CQT0} = \frac{V_{CC}}{R_C + 2R_E + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \quad (2-30)$$

$$V_{CE\max} = V_{CET\bar{O}} = I_{COT\bar{O}} R_{AC} \quad (2-31)$$

$$I_{Lm\max} = \frac{R_C}{R_C + R_L} I_{Cm\max} = \frac{R_C}{R_C + R_L} \frac{V_{CC}}{R_C + 2R_E + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \quad (2-32)$$

$$V_{Lm\max} = I_{Lm\max} R_L = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \frac{V_{CC}}{R_C + 2R_E + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \quad (2-33)$$

Chế độ bất kỳ như trên nhưng chú ý:

$$\emptyset \quad I_{CQ} < I_{CQTU} : I_{Cm} = I_{CQ}.$$

$$\emptyset \quad I_{CQ} > I_{CQTU} : I_{Cm} = i_{C\max} - I_{CQ}.$$

$$\emptyset \quad I_{Lm} = \frac{R_C}{R_C + R_L} I_{Cm} \quad (2-34)$$

$$\emptyset \quad V_{Lm} = I_{Lm} R_L. \quad (2-35)$$

#### 2.4.1.3 Có $C_E$ , có $C_C$ : (tu ghép vô hạn) (H2-6)

$$R_{DC} = R_C + R_E$$

$$R_{AC} = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$$

thay vào (2-21) ta được:

$$I_{Cm\max} = I_{COT\bar{O}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \quad (2-36)$$

$$V_{Cm\max} = V_{CEOT\bar{O}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \cdot \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \quad (2-37)$$

$$I_{Lm\max} = \frac{R_C}{R_C + R_L} I_{Cm\max} = \frac{R_C}{R_C + R_L} \cdot \frac{V_{CC}}{R_C + R_E + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \quad (2-38)$$

$$V_{Lm\max} = I_{Lm\max} R_L = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \frac{V_{CC}}{R_C + R_E + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \quad (2-39)$$

Chế độ bất kỳ xác định như trên.

So sánh 4 trường hợp trên ta nhận thấy tác dụng của các tụ  $C_E$  và  $C_C$  là làm tăng biên độ dòng điện ra và điện áp ra (so sánh các công thức (2-21), (2-25), (2-30) và (2-36)).

#### 2.4.1.4 Tính toán công suất:

Ø Công suất nguồn cung cấp:

$$P_{CC} = V_{CC} I_{CQ} \quad (2-40)$$

Ø Công suất trung bình tiêu tán trên tải:

$$P_L = \frac{1}{2} I_{Lm}^2 R_L = \frac{1}{2} \frac{V_{Lm}^2}{R_L} \quad (2-41)$$

Ở chế độ tối ưu:  $I_{Cmmax} = I_{CQTU}$  nên đối với trường hợp a và b ta có:

$$P_{Lmax} = \frac{1}{2} I_{Cmmax}^2 R_C = \frac{1}{2} I_{CQTU}^2 R_C \quad \text{vì } R_L = R_C \quad (2-42)$$

Còn đối với trường hợp c và d thì do  $R_C \ll R_L$  nên ta có:

$$P_{Lmax} = \frac{1}{2} I_{Lmmax}^2 R_L \quad (2-43)$$

Ø Công suất tiêu tán trên Collector:

$$P_C = P_{CC} - (R_C + R_E) I_{CQ}^2 - R_{AC} \frac{I_{Cm}^2}{2} \quad (2-44)$$

Ø Hiệu suất:  $h = \frac{P_L}{P_{CC}}$  (2-45)

$$h_{max} = \frac{P_{Lmax}}{P_{CC}} \quad (2-46)$$

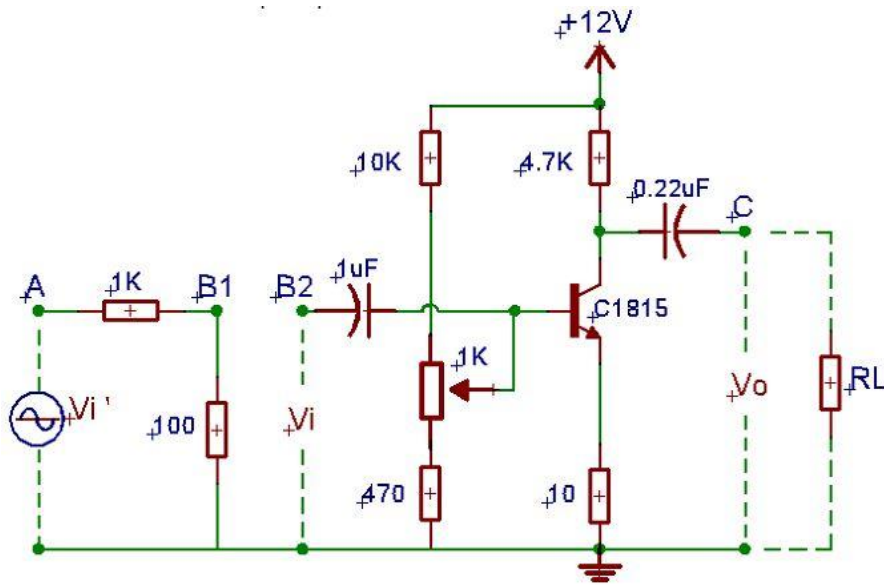
Ở chế độ lớp A hiệu suất cực đại  $h_{max} = 25\%$

Ø Hệ số phẩm chất:  $\frac{P_{Cmax}}{P_{Lmax}} = 2$  (2-47)

**Thực hành :**

**Mạch khuếch đại kiểu E chung**

Sinh viên mắc mạch điện như hình 1.4:



v Yêu cầu

1. Đo và vẽ dạng sóng ngõ ra  $V_o$ , ngõ vào  $V_i$ ? Nhận xét.
2. Xác định các thông số  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ , độ lệch pha, tần số cắt. Nhận xét các kết quả đo được.
3. Trường hợp ta thêm tụ  $C_e = 100\mu F$ , thực hiện tương tự như 2 bước trên. So sánh các kết quả đo được với trường hợp không có tụ  $C_e$ .

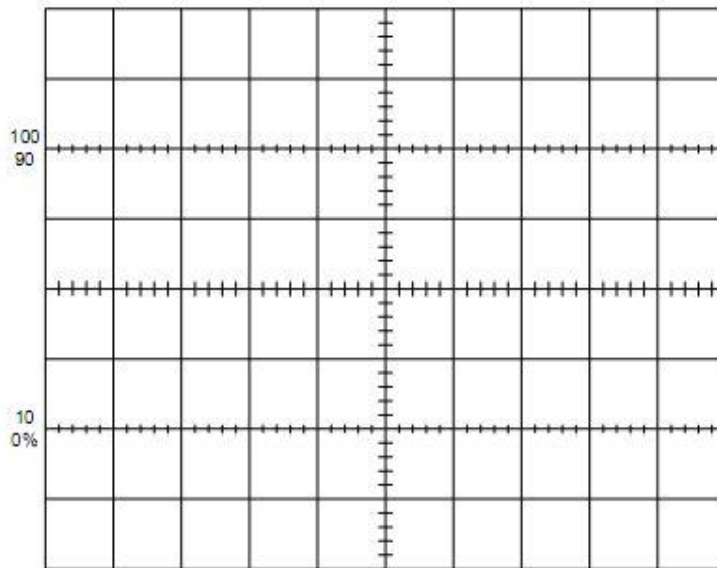
v Hướng dẫn thực hiện

Bước 1: Cấp  $V_i'$  là tín hiệu hình Sin có biên độ 0,3V tần số  $f = 1\text{KHz}$  tại A.

Bước 2: Nối 2 điểm B1 và B2. Dùng OSC đo tín hiệu ra  $V_o$  ở kênh 1, tiếp tục chỉnh biến trở sao cho  $V_o$  đạt lớn nhất nhưng không bị méo dạng.

Bước 3: Xác định  $A_v$ :

- Dùng OSC đo  $V_i$  tại B2,  $V_o$  tại C ở 2 kênh CH1 và CH2. Vẽ lại dạng sóng và nhận xét về biên độ.



- ◆ Kênh 1:
- Time/Div:
- Volts/Div:

- ◆ Kênh 2:
- Time/Div:
- Volts/Div:

- Sau đó tính  $A_v$  theo công thức :

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

Bước 4: Xác định  $Z_i$ :

- Mắc nối tiếp điện trở  $R_v = 220\Omega$  giữa B1 và B2, tính  $Z_i$  theo công thức:

$$Z_i = \frac{R_v}{\left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right)}$$

- Với:  $V_1$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B1

$V_2$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B2

Chú ý: Các thông số  $V_1$ ,  $V_2$  được đo bằng OSC.

Bước 5: Xác định  $Z_o$ :

- Mắc thêm điện trở tải  $R_L = 3,3K\Omega$ , tính  $Z_o$  theo công thức:

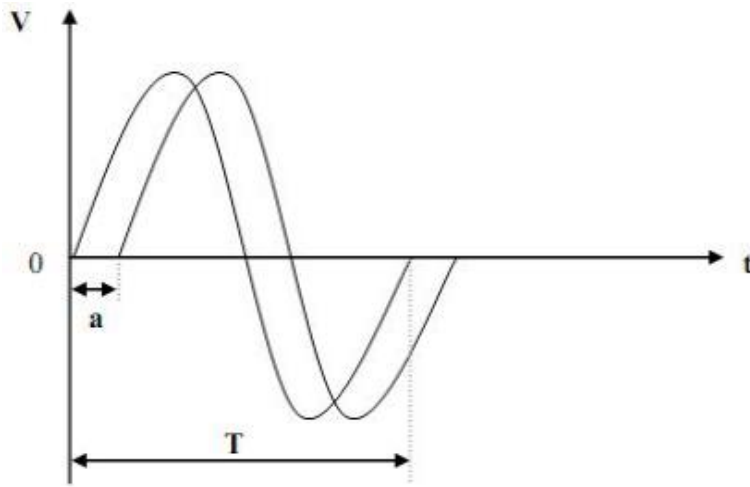
$$Z_o = R_L \cdot \left(\frac{V_{o1}}{V_{o2}} - 1\right)$$

- Với :  $V_{o1}$  là điện áp tại ngõ ra C khi chưa mắc  $R_L$

$V_{o2}$  là điện áp tại ngõ ra C khi đã mắc  $R_L$

Bước 6: Xác định góc lệch pha:

- Dùng OSC đo  $V_i$ ,  $V_o$  và cho hiển thị cùng lúc ở 2 kênh CH1, CH2



Bước 7: Xác định tần số cắt dưới:

- Giữ nguyên biên độ nhưng thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , quan sát tín hiệu ngõ ra  $V_o$  trên OSC. Giảm tần số của  $V_i$  đến khi  $V_o$  giảm bằng  $V_o$  thì dừng lại, đo giá trị tần số tại vị trí hiện hành, đó chính là tần số cắt dưới  $f_L$ .

Bước 8: Xác định tần số cắt trên:

- Giữ nguyên biên độ nhưng thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , quan sát tín hiệu ngõ ra  $V_o$  trên OSC. Tăng tần số của  $V_i$  đến khi  $V_o$  giảm bằng  $V_o$  thì dừng lại, đo giá trị tần số tại vị trí hiện hành, đó chính là tần số cắt trên  $f_H$ .

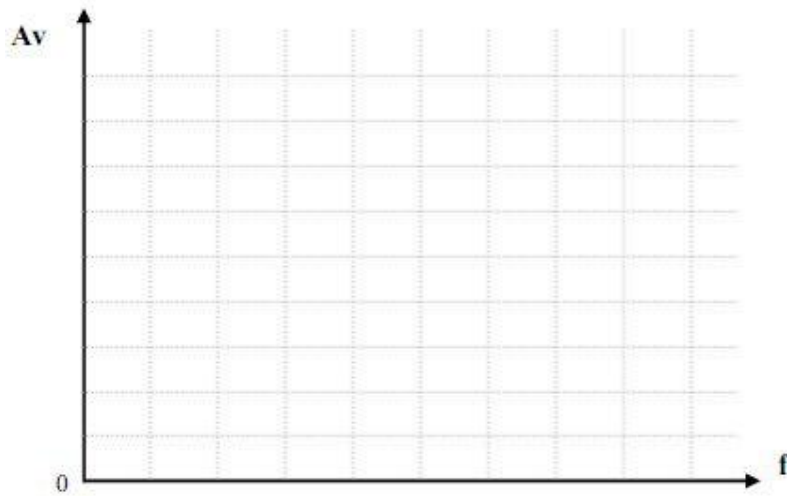
Bước 9: Vẽ đáp tuyến biên độ - tần số:

- Giữ nguyên biên độ, thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , đo  $V_o$  theo bảng sau:

**Bảng 1.5**

f(Hz)	10	50	200	500	1K	10K	50K	100K	200K	500K	1M	2M
$V_o$												
$A_v$												
$A_v(\%)$												

Bảng 1.5 - Từ các giá trị ở bảng 1.5 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số



- Từ các giá trị ở bảng 1.5 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số

Bước 10: Thêm tụ  $C_e = 100\mu\text{F}$ , thực hiện lại các bước trên.

Bước 11: Lập bảng tổng kết

Kiểu E chung	$A_v$	$A_i$	$Z_i$	$Z_o$	$f_L$	$f_H$	$\varphi$
Chưa có tụ $C_e$							
Có tụ $C_e$							

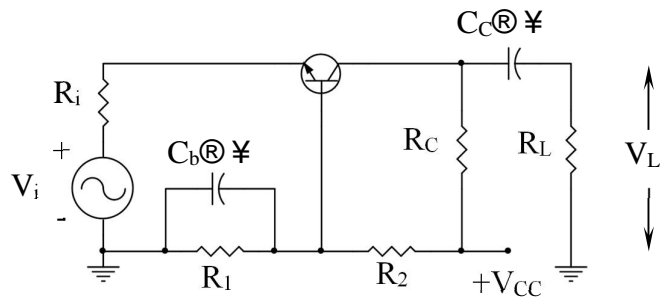
- Sau khi thực hiện xong các bước trên, các nhóm ghi lại các kết quả và nhận xét trong bài báo cáo thí nghiệm.

### Báo cáo thí nghiệm

- Sinh viên vẽ mạch điện
- Đo và vẽ dạng sóng của tín hiệu ra  $V_o$ , tín hiệu vào  $V_i$ .
- Nhận xét về độ lệch pha giữa tín hiệu  $V_i$  vào và tín hiệu ra  $V_o$ .
- Chứng minh các công thức tính  $Z_i$ ,  $Z_o$ .
- Xác định các thông số  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ ,  $\varphi$ .
- Xác định tần số cắt trên, tần số cắt dưới, băng thông. Sau đó lập bảng số liệu và vẽ đáp ứng biên độ-tần số, nêu ý nghĩa của đáp tuyến biên độ-tần số.
- Linh kiện nào ảnh hưởng đến đáp tuyến biên độ-tần số. Giải thích.
- Tính công suất ngõ ra  $P_o$ .
- Thêm tụ  $C_e$  và thực hiện lại các bước trên. Sau đó lập bảng tổng kết và nhận xét kết quả.

## 2.4.2. Mạch cực nền chung Common Base ° C B

### 2.4.2.1 Chế độ tối ưu:



$$R_{DC} = R_C$$

$$R_{AC} = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$$

Thay vào (2-21), (2-22) ta được:

$$I_{Cm \max} = I_{CQTO} = \frac{V_{CC}}{R_C + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \quad (2-54)$$

$$V_{Cm \max} = V_{CEQTO} = I_{CQTO} R_{AC} = \frac{V_{CC}}{R_C + \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}} \cdot \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \quad (2-55)$$

$$I_{Lm \max} = \frac{R_C}{R_C + R_L} I_{Cm \max} \quad (2-56)$$

$$V_{Lm \max} = I_{Lm \max} R_L \quad (2-57)$$

### 2.4.2.2 Chế độ bất kỳ:

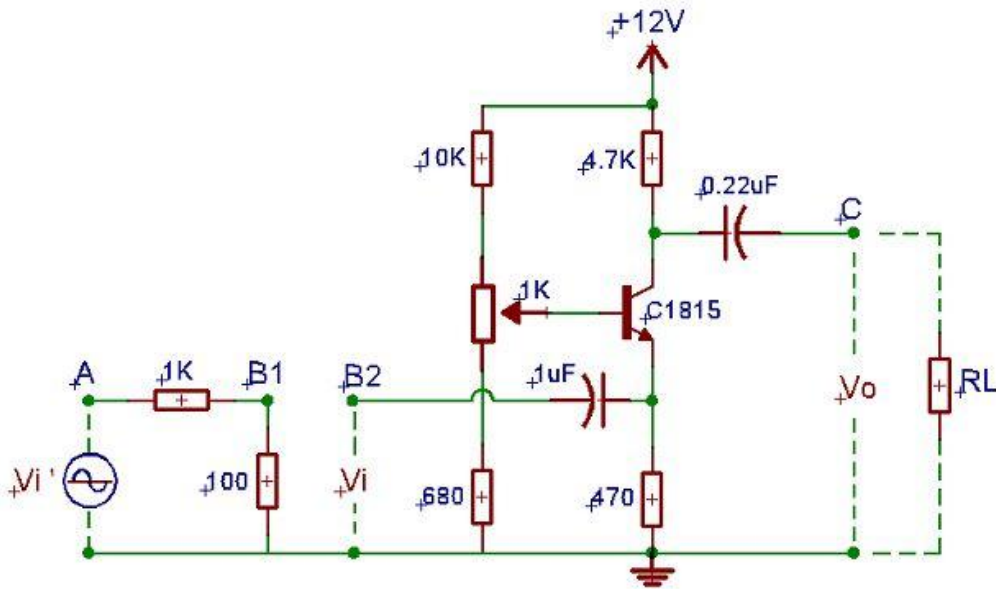
Được tính trực tiếp từ mạch

**Thực hành :**

**Mạch khuếch đại kiểu B chung**

Sinh viên lắp ráp mạch Khuếch đại ghép kiểu B chung như sau:





v Yêu cầu

1. Đo và vẽ dạng sóng ngõ ra  $V_o$ , ngõ vào  $V_i$  ? Nhận xét.
2. Xác định các thông số  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ , độ lệch pha. Nhận xét kết quả.

v Hướng dẫn thực hiện

Bước 1: Cấp  $V_i'$  là tín hiệu hình Sin, biên độ 3V, tần số 10KHz vào tại A.

Bước 2: Nối 2 điểm B1 và B2. Dùng OSC đo tín hiệu ra  $V_o$  ở kênh CH1, tiếp tục chỉnh biến trở sao cho  $V_o$  đạt lớn nhất nhưng không bị méo.

Bước 3: Xác định  $A_v$ : - Dùng OSC đo  $V_i$  tại B2,  $V_o$  tại C ở 2 CH1 và CH2. Vẽ lại dạng sóng và nhận xét

về biên độ.

- Sau đó tính  $A_v$  theo công thức :

Bước 4: Xác định  $Z_i$ :

- Mắc nối tiếp điện trở  $R_v=220\Omega$  giữa B1 và B2

- Với:  $V_1$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B1

$V_2$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B2

Chú ý: Các thông số  $V_1$ ,  $V_2$  phải được đo bằng OSC.

Bước 5: Xác định  $Z_o$

- Với :  $V_{o1}$  là điện áp tại ngõ ra tại C khi chưa mắc RL

$V_{o2}$  là điện áp tại ngõ ra tại C khi đã mắc  $R_L = 3,3K\Omega$

Bước 6: Xác định góc lệch pha:

- Dùng OSC đo  $V_i$ ,  $V_o$  và cho hiển thị cùng lúc ở 2 kênh CH1, CH2

- Xác định góc lệch pha theo công thức :

- Với:  $T$  là chu kỳ của tín hiệu

$\varphi$  là góc lệch pha

$a$  là độ lệch về thời gian

Bước 7: Xác định tần số cắt trên, tần số cắt dưới và băng thông

Bước 8: Vẽ đáp tuyến biên độ - tần số:

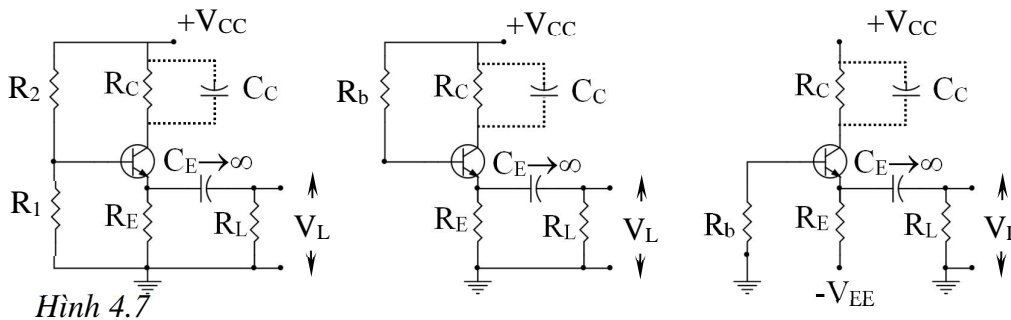
- Giữ nguyên biên độ, thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , đo  $V_o$  theo bảng sau: Từ các giá trị ở bảng 1.8 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số.

Bước 9: Lập bảng tổng kết

### Báo cáo thí nghiệm

- Sinh viên vẽ mạch điện
- Đo và vẽ dạng sóng của tín hiệu ra  $V_o$ , tín hiệu vào  $V_i$ .
- Nhận xét về độ lệch pha giữa tín hiệu  $V_i$  vào và tín hiệu ra  $V_o$ .
- Xác định các thông số  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ ,  $\varphi$ .
- Xác định tần số cắt trên, tần số cắt dưới, băng thông. Sau đó lập bảng số liệu và vẽ đáp ứng biên độ-tần số, nêu ý nghĩa của đáp tuyến biên độ-tần số.
- Tính công suất ngõ ra  $P_o$ .
- Lập bảng tổng kết 1.10 và nhận xét kết quả.
- Lập bảng so sánh các đại lượng  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ ,  $\varphi$  của 3 dạng mạch trên. Nêu ứng dụng của từng loại mạch.

### 2.4.3. Mạch cực thu chung Common Collector $^o$ CC



Hình 4.7

#### 2.4.3.1 Chế độ tối ưu:

ü Trong cả 3 hình nếu không có  $C_C$  ta có:

$$R_{DC} = R_C + R_E$$

$$R_{AC} = R_C + \frac{R_E R_L}{R_E + R_L}$$

thay vào công thức (2-21), (2-22) ta sẽ có:

$$I_{Emax} \gg I_{COT0} = \frac{V_{CC}}{2R_C + R_E + \frac{R_E R_L}{R_E + R_L}} \quad (2-48)$$

$$V_{CEQ0} = I_{COT0} R_{AC} = \frac{V_{CC}}{2R_C + R_E + \frac{R_E R_L}{R_E + R_L}} \cdot \left( R_C + \frac{R_E R_L}{R_E + R_L} \right) \quad (2-$$

49)

ii Trong cả 3 hình nếu có  $C_C$  ta có:

$$R_{DC} = R_C + R_E$$

$$R_{AC} = \frac{R_E R_L}{R_E + R_L}$$

thay vào công thức (2-21), (2-22) ta sẽ có:

$$I_{Emax} \gg I_{COT0} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E + \frac{R_E R_L}{R_E + R_L}} \quad (2-50)$$

$$V_{CEQ0} = I_{COT0} R_{AC} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E + \frac{R_E R_L}{R_E + R_L}} \cdot \frac{R_E R_L}{R_E + R_L} \quad (2-51)$$

51)

Ta luôn có:

$$I_{Lmax} = \frac{R_E}{R_E + R_L} I_{Cmmax} \quad (2-52)$$

$$V_{Lmax} = I_{Lmax} R_L = I_{Cmmax} \frac{R_E R_L}{R_E + R_L} \quad (2-53)$$

#### 2.4.3.2 Chế độ bất kỳ:

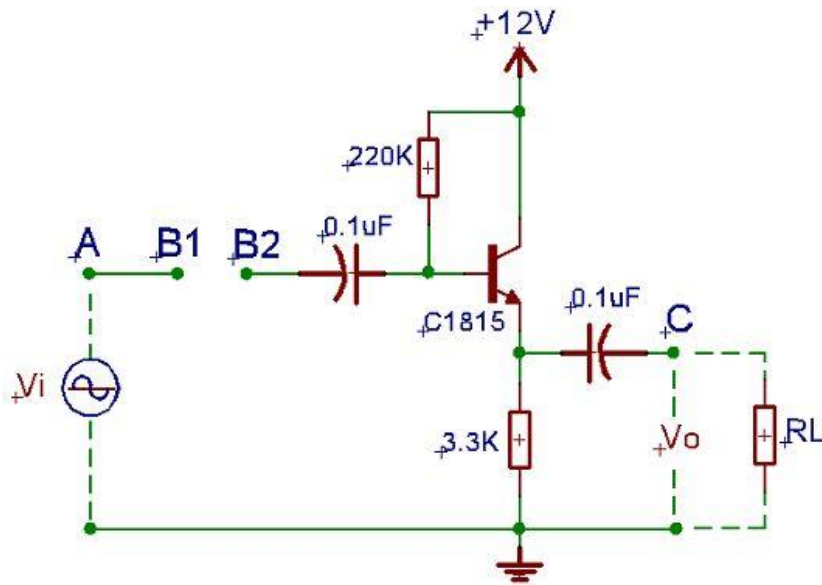
Tính theo các công thức được xây dựng trong phần mạch phân cực cho Transistor.

Đặc tuyến tải một chiều DCLL và đặc tuyến tải xoay chiều ACLL được vẽ tương tự như trong mạch khuếch đại Emitter Common.

**Thực hành :**

**Mạch khuếch đại kiểu C chung**

Sinh viên mắc mạch điện như hình 1.5:



v Yêu cầu

1. Đo và vẽ dạng sóng ngõ ra  $V_o$ , ngõ vào  $V_i$ ? Nhận xét.
2. Xác định các thông số  $A_v$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ , độ lệch pha, tần số cắt. Nhận xét các kết quả đo.

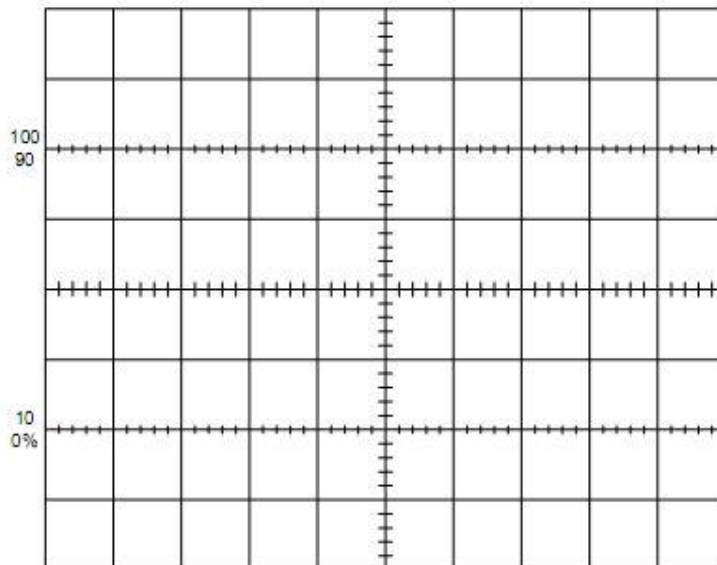
v Hướng dẫn thực hiện

Bước 1: Cấp  $V_i$  là tín hiệu hình Sin có biên độ 0,3V tần số  $f = 1\text{KHz}$  tại A.

Bước 2: Nối 2 điểm B1 và B2. Dùng OSC đo tín hiệu ra  $V_o$  ở kênh 1, tiếp tục chỉnh biến trở sao cho  $V_o$  đạt lớn nhất nhưng không bị méo dạng.

Bước 3: Xác định  $A_v$ :

- Dùng OSC đo  $V_i$  tại B2,  $V_o$  tại C ở 2 kênh CH1 và CH2. Vẽ lại dạng sóng và nhận xét về biên độ.



◆ Kênh 1:  
- Time/Div:  
- Volts/Div:

◆ Kênh 2:  
- Time/Div:  
- Volts/Div:

- Sau đó tính  $A_v$  theo công thức :

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

Bước 4: Xác định  $Z_i$ :

- Mắc nối tiếp điện trở  $R_v=220\Omega$  giữa B1 và B2, tính  $Z_i$  theo công thức:

$$Z_i = \frac{R_v}{\left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right)}$$

- Với:  $V_1$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B1

$V_2$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B2

Chú ý: Các thông số  $V_1, V_2$  được đo bằng OSC.

Bước 5: Xác định  $Z_o$ :

- Mắc thêm điện trở tải  $R_L = 3,3K\Omega$ , tính  $Z_o$  theo công thức:

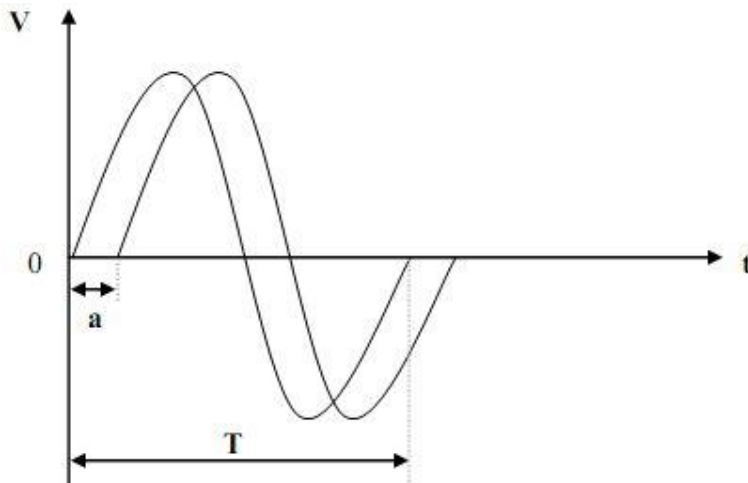
$$Z_o = R_L \cdot \left(\frac{V_{o1}}{V_{o2}} - 1\right)$$

- Với :  $V_{o1}$  là điện áp tại ngõ ra C khi chưa mắc  $R_L$

$V_{o2}$  là điện áp tại ngõ ra C khi đã mắc  $R_L$

Bước 6: Xác định góc lệch pha:

- Dùng OSC đo  $V_i, V_o$  và cho hiển thị cùng lúc ở 2 kênh CH1, CH2



Bước 7: Xác định tần số cắt dưới:

- Giữ nguyên biên độ nhưng thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , quan sát tín hiệu ngõ ra  $V_o$  trên OSC. Giảm tần số của  $V_i$  đến khi  $V_o$  giảm bằng  $V_o$  thì dừng lại, đo giá trị tần số tại vị trí hiện hành, đó chính là tần số cắt dưới  $f_L$ .

Bước 8: Xác định tần số cắt trên:

- Giữ nguyên biên độ nhưng thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , quan sát tín hiệu ngõ ra  $V_o$  trên OSC. Tăng tần số của  $V_i$  đến khi  $V_o$  giảm bằng  $V_o$  thì dừng lại, đo giá trị tần số tại vị trí hiện hành, đó chính là tần số cắt trên  $f_H$ .

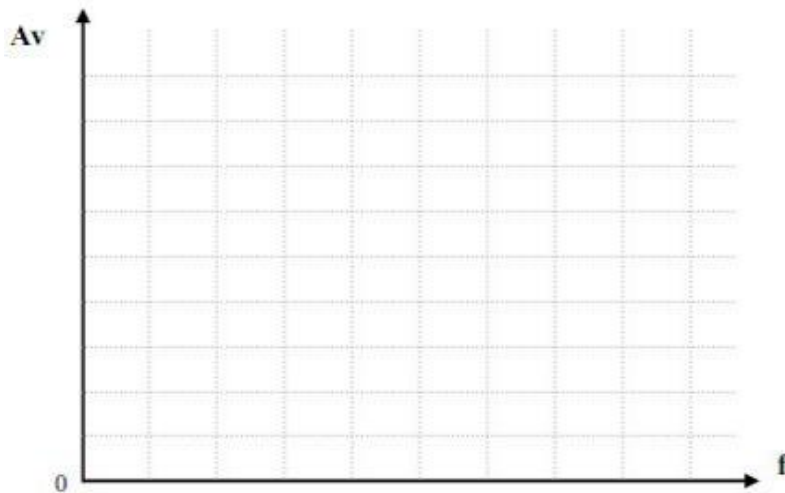
Bước 9: Vẽ đáp tuyến biên độ - tần số:

- Giữ nguyên biên độ, thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , đo  $V_o$  theo bảng sau:

**Bảng 1.5**

f (Hz)	10	50	200	500	1K	10K	50K	100K	200K	500K	1M	2M
$V_o$												
$A_v$												
$A_v(\%)$												

Bảng 1.5 - Từ các giá trị ở bảng 1.5 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số



- Từ các giá trị ở bảng 1.5 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số

Bước 10: Thêm tụ  $C_e = 100\mu F$ , thực hiện lại các bước trên.

Bước 11: Lập bảng tổng kết

Kiểu B chung	$A_v$	$A_i$	$Z_i$	$Z_o$	$f_L$	$f_H$	$\phi$
Kết quả đo							

- Sau khi thực hiện xong các bước trên, các nhóm ghi lại các kết quả và nhận xét trong bài báo cáo thí nghiệm.

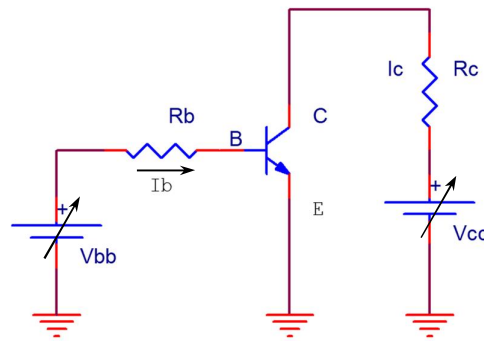
**Báo cáo thí nghiệm:**

- Sinh viên vẽ mạch điện

- Đo và vẽ dạng sóng của tín hiệu ra  $V_o$ , tín hiệu vào  $V_i$ . - Nhận xét về độ lệch pha giữa tín hiệu  $V_i$  vào và tín hiệu ra  $V_o$ .
- Xác định các thông số  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ ,  $\varphi$ .
- Xác định tần số cắt trên, tần số cắt dưới, băng thông. Sau đó lập bảng số liệu và vẽ đáp ứng biên độ-tần số, nêu ý nghĩa của đáp tuyến biên độ-tần số.
- Tính công suất ngõ ra  $P_o$ .
- Lập bảng tổng kết và nhận xét kết quả.

### 1.4.5. Đặc tuyến của BJT

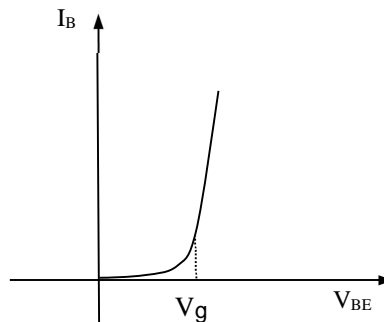
Xét mạch sau:



Hình 4.8. Mạch khảo sát đặc tuyến của BJT

#### 1.4.5.1. Đặc tuyến ngõ vào $I_B(V_{BE})$

Đặc tuyến  $I_B(V_{BE})$  có dạng giống như đặc tuyến của diode, sau khi điện thế  $V_{BE}$  tăng đến trị số điện thế ngưỡng  $V_g$  thì bắt đầu có dòng  $I_B$  và dòng  $I_B$  cũng tăng theo hàm số mũ như dòng  $I_D$  của diode.



Hình 4.9 Đặc tuyến ngõ vào của BJT

#### 1.4.5.2. Đặc tuyến truyền dẫn $I_C(V_{BE})$

Đặc tuyến truyền dẫn  $I_C(V_{BE})$  có dạng giống như đặc tuyến  $I_B(V_{BE})$  nhưng dòng  $I_C$  có trị số lớn hơn  $I_B$  nhiều lần.

$$I_C = \beta I_B$$

#### 1.4.5.3. Đặc tuyến ngõ ra $I_C(V_{CE})$



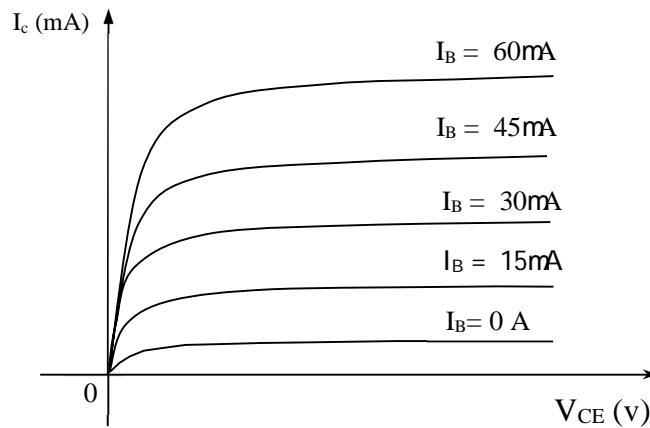
Nguồn  $V_{BB}$  phân cực thuận nối nền - phát để tạo dòng  $I_B$ . Khi điện thế phân cực  $V_{BE} < V_g$  thì có dòng  $I_B = 0$  và  $I_C = 0$ . Nguồn  $V_{CC}$  lớn làm cho cực thu dương so với phát để cấp dòng  $I_C$ .

Thay đổi  $V_{BB}$  để  $I_B$  có trị số nào đó, dùng máy đo, giả sử đo được  $I_B = 15\text{mA}$ . Lúc này giữ cố định  $I_B$  bằng cách không đổi  $V_{BB}$ , tiếp theo thay đổi  $V_{CC}$  à  $V_{CE}$  thay đổi, đo dòng  $I_C$  tương ứng với  $V_{CE}$  thay đổi.

Ban đầu  $I_C$  tăng nhanh theo  $V_{CE}$ , nhưng đến giá trị cỡ  $I_C = \beta I_B$  thì  $I_C$  gần như không tăng mặc dù hiệu thế  $V_{CE}$  tăng nhiều.

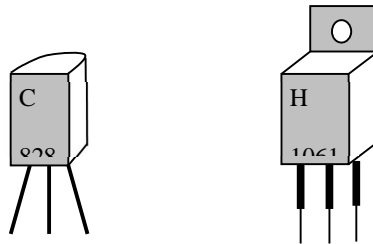
Muốn  $I_C$  tăng cao hơn thì phải tăng  $V_{BB}$  để có  $I_B$  tăng cao hơn, tiếp tục thay đổi  $V_{CC}$  để đo  $I_C$  tương ứng, ta cũng thấy lúc đầu  $I_C$  tăng nhanh nhưng đến giá trị bão hoà  $I_C = \beta I_B$ ,  $I_C$  gần như không tăng mặc dù  $V_{CE}$  vẫn tăng.

Khảo sát tương tự  $I_C(V_{CE})$  ở những giá trị  $I_B$  khác nhau ta có họ đặc tuyến như sau:



Hình 4.10. Họ đặc tuyến ng ra của BJT

### Hình dạng



Hình 4.11. Hình dạng các loại transistor

### 1.4.8. Mạch tương đương dùng tham số h của BJT

Để khảo sát mạch chúng ta cần trình bày dưới một mô hình mạch tương đương. Mô hình này xuất phát từ những hệ thức toán học. Chúng thường được trình bày dưới dạng là nguồn dòng hoặc nguồn điện thế, tham số hỗn hợp (hybrid) (tham số h).

**Ý nghĩa các tham số:**

$$\S \quad \frac{V_i}{i_i(V_0 = 0)} = h_{ie} = \text{tổng trở vào}$$

$$h_{ie} = r_b + \beta r_e$$

§  $\frac{i_o}{i_i} = h_{fe} = \mathbf{b}$ : hệ số khuếch đại dòng

§  $\frac{i_o}{v_o (i_i = 0)} = h_{re} = \frac{1}{r_{oe}}$ : tổng dẫn ra

§  $\frac{V_i}{V_o (i_i = 0)} = h_{re}$ : hệ số hồi tiếp điện áp

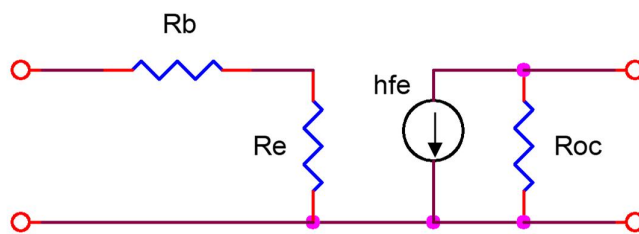
§ Tham số hở dẫn:  $V_o = 0$

$g_m = \frac{i_o}{i_i}$  (ảnh hưởng của điện áp vào đối với dòng ra)

\*áp dụng cho mạch CE:

$$g_m = \frac{h_{fe}}{h_{ie}}$$

Mạch tương đương dùng tham số h của BJT:

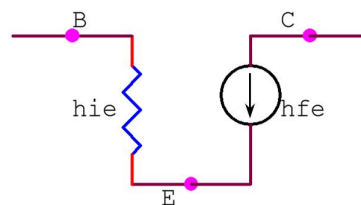


Hình 4.18

Giữa B và E là mối nối P – N đã được phân cực thuận nên điện trở đối với tín hiệu xoay chiều tức là điện trở động  $r_e = \frac{26}{i_c (\text{mA})}$ . Nếu xem dòng  $i_b$  chạy khắp mạch ngõ vào thì

phải thế  $r_e = \mathbf{b}r_e$ . Giữa cực nền và thu phân cực nghịch nên điện trở động rất lớn, để đơn giản ta xem như hở mạch giữa B và C. Trong mô hình chính xác hơn người ta thêm một điện trở lớn mắc giữa B và C. Giữa E và C là hai diode mắc ngược giữa B và C. Giữa E và C là hai diode mắc ngược nên điện trở động rất lớn  $r_{oe}$  thường 100k trở lên nên hầu hết các trường hợp bỏ đi.

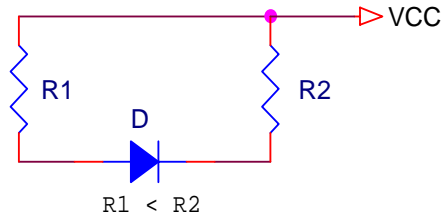
Mô hình đơn giản của BJT:



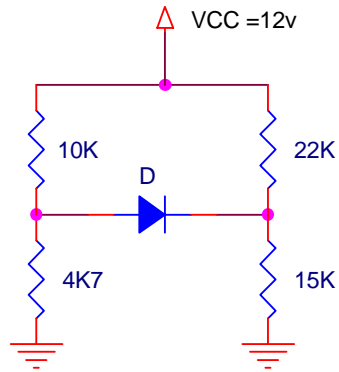
Hình 4.19

Bài tập

1. Xem các sơ đồ sau, sơ đồ nào diode được phân cực thuận:

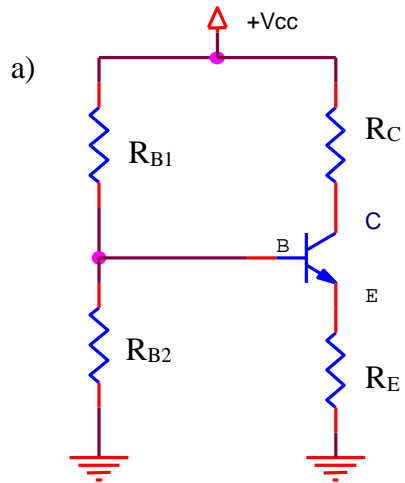


a)

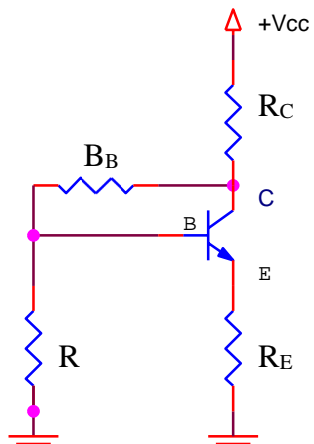


b)

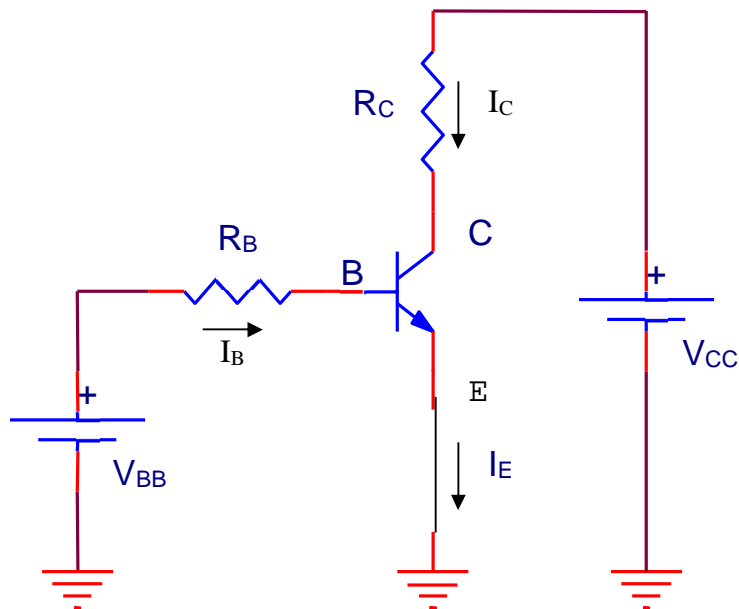
2. Nêu cách  $\dots$  chạy mạnh, yếu trong các trường hợp sau:



b)

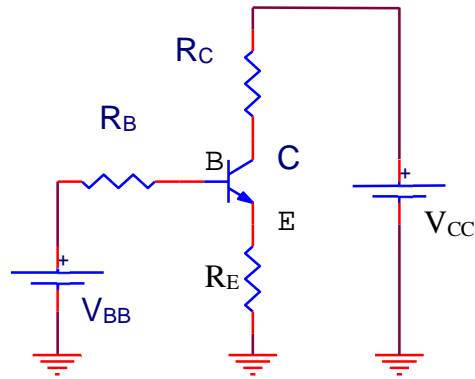


3. Cho mạch như hình vẽ



với  $V_{CC} = 12V$ ;  $V_{BB} = 3V$ ;  $V_{BE} = 0,6V$ ;  $b = 100$ ;  
 $R_C = 3k$ ;  $R_B = 120k$

- a. Xác định tọa độ điểm phân cực Q.
  - b. Viết phương trình đường tải tĩnh, vẽ đường tải tĩnh.
  - c. Xác định điện thế tại các cực của BJT.
4. Cho mạch như hình bài tập số 3, với  $V_{CC} = 18V$ ,  $V_{BB} = 3,6V$ ,  $V_{BE} = 0,6V$ ;  $b = 80$ ;  
 $R_C = 2k$ ;  $R_B = 50k$ .
- a. Hãy xác định tọa độ điểm làm việc Q.
  - b. Viết phương trình đường tải tĩnh, vẽ đường tải tĩnh.
  - c. Cho biết điện thế tại các cực của BJT.
5. Cho mạch như hình vẽ sau:



Với  $V_{CC} = 18V$        $R_B = 10k$   
 $V_{BB} = 3,6 V$        $R_C = 1,5k$   
 $V_{BE} = 0,6 V$        $R_E = 0,5k$   
 $b = 80$

- Xác định tọa độ điểm phân cực Q.
- Viết phương trình đường tải tĩnh.
- Xác định điện thế tại các cực của BJT.

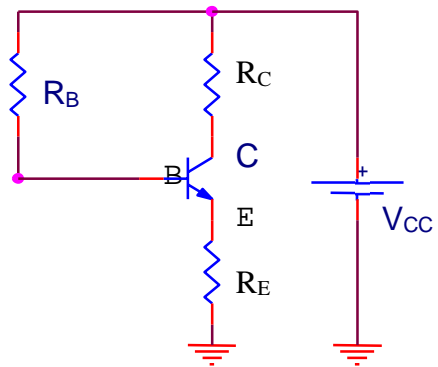
6. Cho mạch như hình bài tập số 5

Với  $V_{CC} = 12V$        $V_{BB} = 3V$   
 $V_{BE} = 0,6V$        $b = 100$   
 $R_B = 70k$        $R_C = 2,5k$   
 $R_E = 0,5k$

- Xác định dòng điện chạy qua các điện trở. Cho biết tọa độ điểm phân cực Q.
- Viết phương trình đường tải tĩnh.
- Xác định điện thế tại các cực của BJT.

7. Cho mạch như hình vẽ:

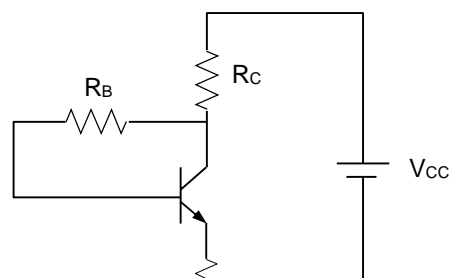
Với:  $V_{CC} = 12V$        $V_{BE} = 0,6V$   
 $R_B = 520k$        $R_C = 2,5k$   
 $R_E = 0,5k$        $b = 100$



- Xác định tọa độ điểm làm việc Q.
- Viết phương trình đường tải tĩnh.
- Xác định điện thế tại các cực của BJT.

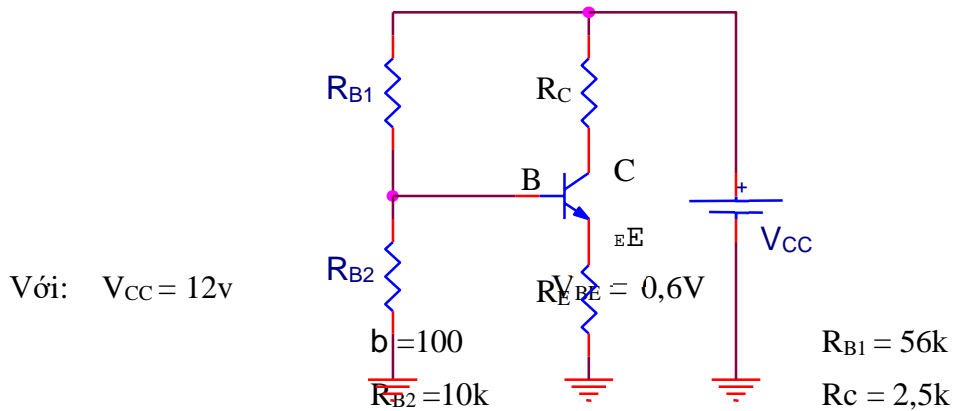
8. Cho mạch như hình vẽ:

Với:  $V_{CC} = 12V$        $V_{BE} = 0,6V$   
 $R_B = 270k$        $R_C = 2,5k$



$$R_E = 0,5k \quad b = 100$$

- Xác định tọa độ điểm làm việc Q.
  - Viết phương trình đường tải tĩnh.
  - Xác định điện thế tại các cực của BJT.
9. Cho mạch như hình vẽ :



$$R_E = 0,5k$$

- Cho biết tọa độ điểm phân cực Q.
- Viết phương trình đường tải tĩnh.
- Cho biết điện thế tại các cực của BJT.

10. Cho mạch như hình bài tập số 8 với:

$$V_{CC} = 18V \quad V_{BE} = 0,6V$$

$$b = 80 \quad R_{B1} = 48k$$

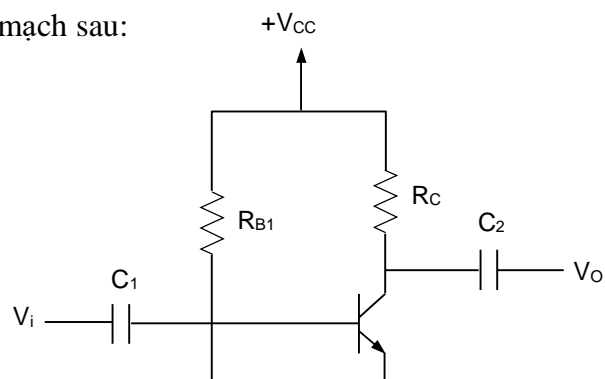
$$R_{B2} = 12k \quad R_C = 1,5k$$

$$R_E = 0,5k$$

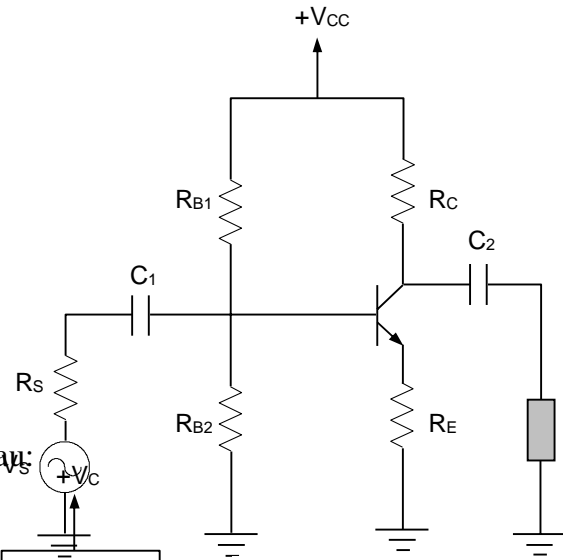
- Xác định tọa độ điểm phân cực.
- Viết phương trình đường tải tĩnh.
- Xác định điện thế tại các cực của BJT.

11. Cho mạch như hình bài tập số 7, với  $V_{CC} = 9V$ ,  $b = 50$ ,  $V_{BE} = 0,7$ . Hãy xác định các điện trở trong mạch, biết rằng ở trạng thái tĩnh  $I_C = 1mA$ ,  $V_{CE} = 5V$  (để ổn định điểm làm việc theo nhiệt độ chọn  $R_E$  theo điều kiện:  $V_E \hat{=} (\frac{1}{5}, \frac{1}{10} V_{CC})$ )

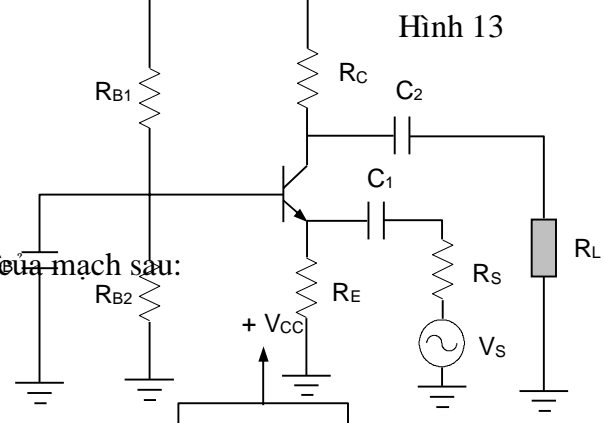
12. Vẽ mạch tương đương của mạch sau:



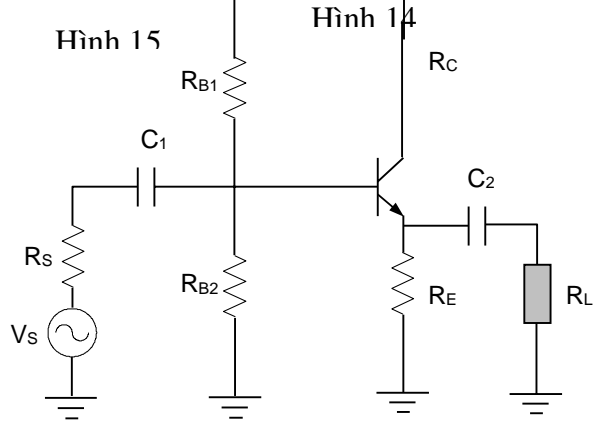
13. Vẽ mạch tương đương của mạch sau:



14. Vẽ mạch tương đương của mạch sau:



15. Vẽ mạch tương đương của mạch sau:



## Bài 6: Các kiểu mạch định thiên cho Transistor lưỡng cực

Mục tiêu của bài:

Học xong bài này học viên có khả năng:

- Trình bày đúng cấu tạo, kí hiệu quy ước và nguyên lý hoạt động của Transistor lưỡng cực.
- Trình bày đúng các đặc tuyến, thông số cơ bản của Transistor lưỡng cực.
- Trình bày đúng các kiểu mắc mạch, các đặc tính cơ bản của các kiểu mạch Transistor lưỡng cực.
- Lắp ráp, cân chỉnh được các kiểu mạch của Transistor PNP, NPN.

Nội dung

BJT có rất nhiều ứng dụng trong các thiết bị điện tử, tùy theo từng ứng dụng cụ thể mà BJT cần phải được cung cấp điện thế và dòng điện cho từng chân một cách thích hợp. Phân cực (định thiên) BJT là chọn nguồn điện thế và điện trở sao cho  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$  có trị số thích hợp theo yêu cầu.

### 1. Phân cực dùng 2 nguồn riêng

Điều kiện dẫn điện của BJT:

Mối nối P-N giữa B và E được phân cực thuận,  $V_{BE} = V_g$

Mối nối P-N giữa B và C được phân cực nghịch.

**NPN:**  $V_{BE} = 0,6 \text{ V (Si)}$

$V_{BE} = 0,2 \text{ V (Ge)}$

$$V_{CE} \hat{=} \frac{2}{3} V_{CC}, \frac{2}{3} V_{CC} \frac{\circ}{\emptyset}$$

**PNP:**  $V_{EB} = 0,6 \text{ V (Si)}$

$V_{EB} = 0,2 \text{ V (Ge)}$

$$V_{EC} \hat{=} \frac{2}{3} V_{CC}, \frac{2}{3} V_{CC} \frac{\circ}{\emptyset}$$

Xét mạch như hình vẽ:

$V_{CC} = 18 \text{ V}$

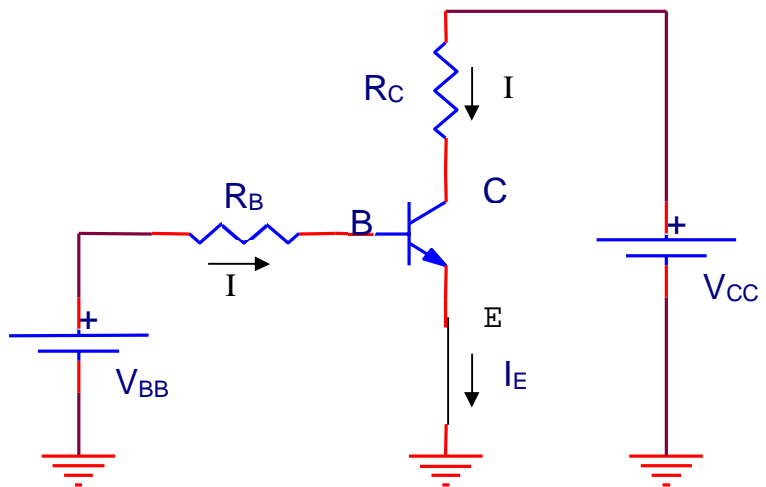
$V_{BB} = 3,6 \text{ V}$

$V_{BE} = 0,6 \text{ V}$

$R_B = 50 \text{ K}$

$R_C = 2 \text{ K}$

$\beta = 80$





Hình 6.1. Mạch phân cực dùng hai nguồn riêng cực E nối masse.

Với mạch như hình trên, dùng BJT loại Si, NPN mắc theo kiểu cực phát chung (CE), nguồn  $V_{BB}$  phân cực thuận mối nối P-N giữa B –E. Nguồn  $V_{CC}$  tạo điện thế  $V_C > V_E$  để có dòng  $I_C$ ,  $V_{CC}$  kết hợp với  $V_{BB}$  phân cực nghịch mối nối P-N giữa B v C. Mạch trên đã được thiết kế sẵn, bây giờ chúng ta tính 3 thông số  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$  để xác định vùng làm việc của BJT theo thiết kế.

Ta có: 
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_B = \frac{3,6 - 0,6}{50K} = 60(\mu A)$$

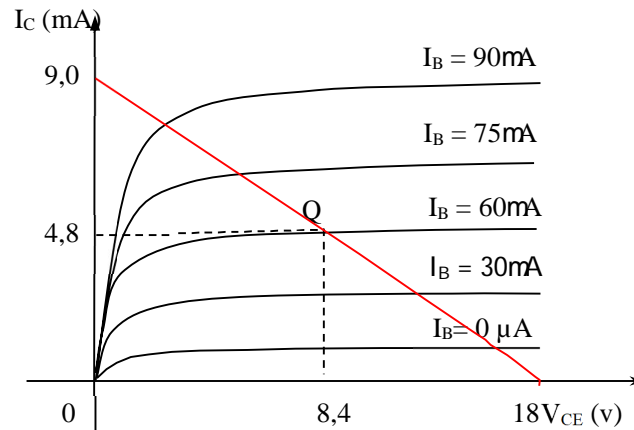
$$I_C = 80 \cdot 60 = 4800(mA) = 4,8(mA)$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$V_{CE} = 18 - 4,8 \cdot 2k = 18 - 9,6 = 8,4 (V)$$

### 1.1 Điểm phân cực Q

Ba thông số  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$  xác định điểm phân cực Q trên đặc tuyến ngõ ra, hay điểm phân cực Q có tọa độ  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$ . Điểm phân cực Q còn gọi là điểm hoạt động tĩnh (quiescent operating point ) hay điểm làm việc ở trạng thi tĩnh.



Hình 6.2 Điểm phân cực Q

Giả sử BJT có đặc tính ngõ ra như hình vẽ. Điểm trên đặc tuyến ngõ ra Q có tọa độ  $I_B = 60mA$ ;  $I_C = 4,8mA$ ;  $V_{CE} = 8,4V$  là điểm phân cực.

### 1.2 Đường tải tĩnh (static load line)

Đối với  $R_C$  không đổi thì  $I_C$  thay đổi theo hiệu điện thế  $V_{CE}$  ở biểu thức:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

Để phù hợp với phương trình toán học với  $I_C$  là hàm số,  $V_{CE}$  là biến số ta có thể viết lại biểu thức trên như sau:

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

Theo phương trình đường tải tĩnh, ta thấy nó có dạng đường thẳng (phương trình bậc nhất  $y = ax+b$ ). Muốn vẽ đường thẳng, ta phải tìm hai điểm đặc biệt.

§ Điểm nằm trên trục biến số  $V_{CE}$  có giá trị hàm  $I_C = 0$

$$I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} = 18(V)$$

§ Điểm nằm trên trục hàm số  $I_C$  có giá trị biến số  $V_{CE} = 0$

$$V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{18}{2k} = 9(mA)$$

Vậy đường tải tĩnh là một đường thẳng qua điểm  $V_{CE} = 18V$  trên trục biến số, điểm  $I_C = 9mA$  trên trục hàm số và dĩ nhiên qua điểm hoạt động tĩnh Q.

Ý nghĩa: Đường tải tĩnh là quỹ tích điểm phân cực Q. Khi phân cực mạnh hơn thì điểm Q chạy lên phía trên. Khi phân cực yếu hơn thì điểm Q chạy xuống phía dưới.

§ Khi BJT làm nhiệm vụ khuếch đại tín hiệu biên độ nhỏ thì phân cực sao cho điểm Q nằm khoảng giữa đường tải tĩnh là thích hợp.

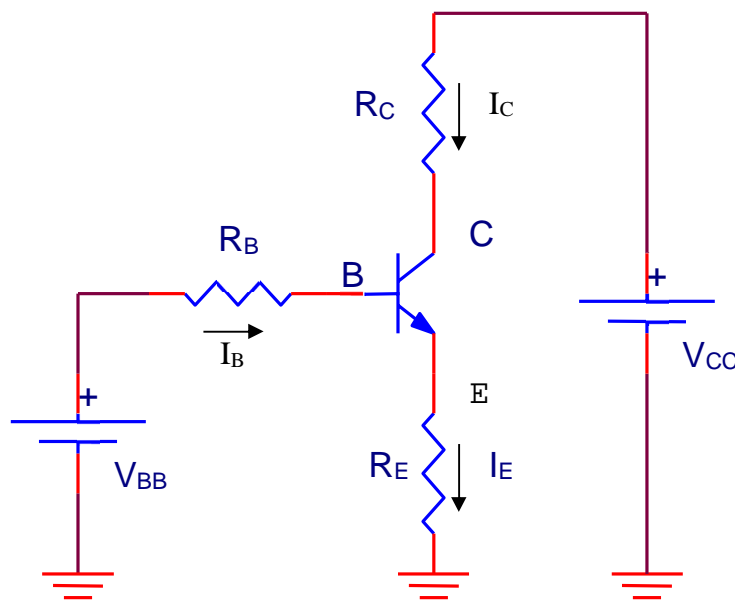
Xác định điện thế tại các cực của BJT:

$$V_E = 0V$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 0,6 V$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 18 - 4,8 \cdot 2k = 18 - 9,6 = 8,4 (V)$$

### 1.3 Trường hợp có thêm điện trở $R_E$ :



Hình 6.3 Mạch pnp cực BJT dạng đng hai nguồn

#### 1.4 Tọa độ điểm phân cực Q

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

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

#### 1.5 Phương trình đường tải tĩnh:

$$I_C = \frac{-V_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

#### 1.6 Vẽ đường tải tĩnh

$$I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$$

$$V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

Đường tải tĩnh là đường thẳng đi qua 2 điểm:

$$A\left(0, \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}\right); B(V_{CC}, 0)$$

#### 1.7 Xác định điện thế tại các cực của BJT:

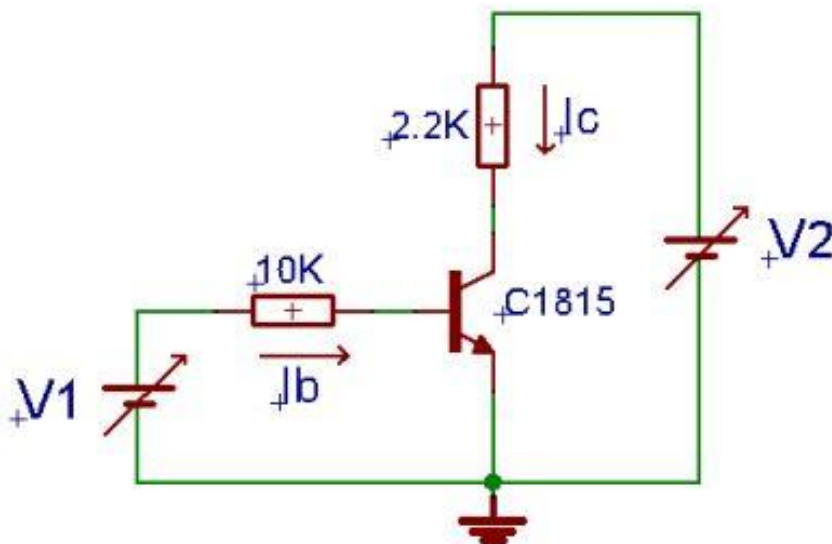
$$V_E = I_E \cdot R_E$$

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

$$V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C \text{ hay } V_C = V_E + V_{CE}$$

**Thực hành :**

Sinh viên mắc mạch điện như hình 6.4:



Hình 6.4

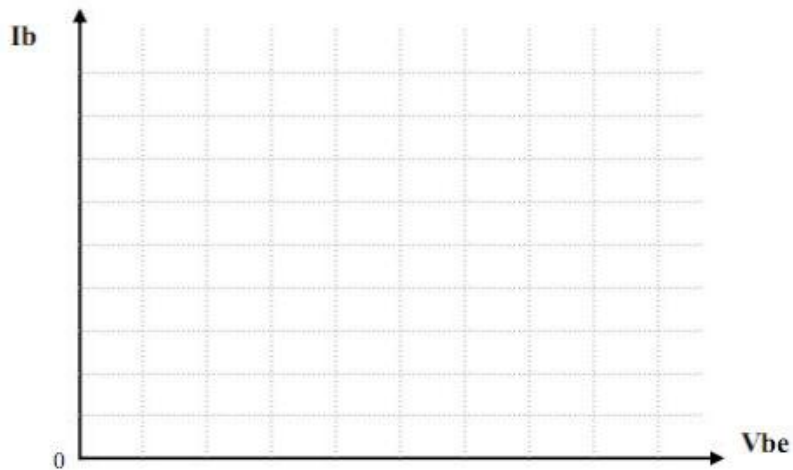
v Trường hợp 1: Cho  $V_2 = 5(V)$

- Thay đổi điện áp  $V_1$ , dùng VOM đo các giá trị điện áp, dòng điện và ghi các kết quả vào bảng sau:

Bảng 1.1

- Vẽ đặc tuyến ngõ vào:  $I_b = f(V_{be})$  với  $V_{ce} = \text{const}$

$V_1 (V)$	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1	2	3	4	5
$V_{be} (V)$										
$I_b (\mu A)$										



v Trường hợp 2: Cho  $V_2 = 12(V)$

- Thực hiện các bước như trường hợp 1.

- Ghi các kết quả vào bảng báo cáo thí nghiệm.

b. Đặc tuyến ngõ ra

Sinh viên mắc mạch điện như hình 1.1

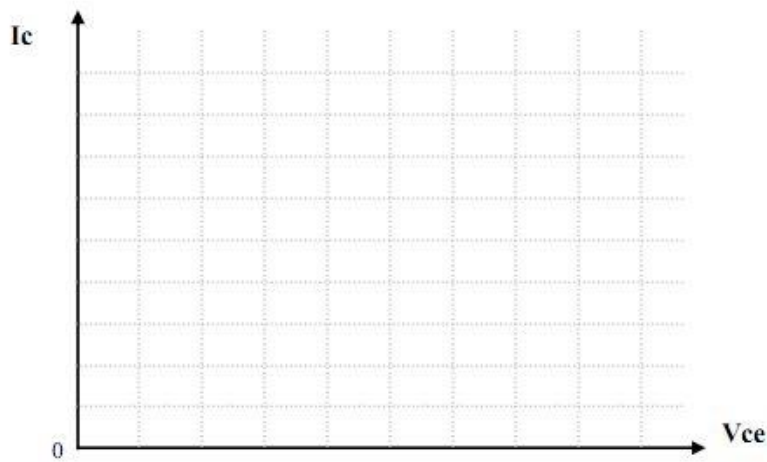
v Trường hợp 1: Thay  $R_b = 100K\Omega$ ,  $V_1 = 5(V)$

- Thay đổi điện áp  $V_2$ , dùng VOM đo các giá trị điện áp, dòng điện và ghi các kết quả vào bảng sau:

Bảng 1.2

V <sub>2</sub> (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V <sub>ce</sub> (V)													
I <sub>c</sub> (mA)													

- Vẽ đặc tuyến ngõ ra:  $I_c = f(V_{ce})$  với  $I_b = \text{const}$ .



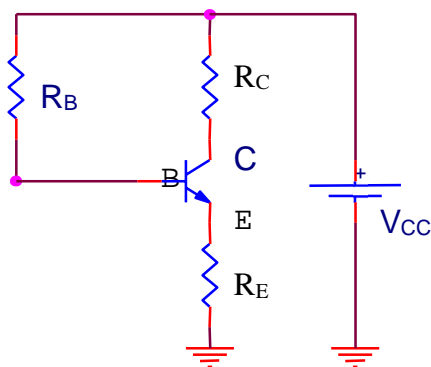
v Trường hợp 2: Thay  $R_b = 1\text{M}\Omega$ ,  $V_1 = 5\text{(V)}$

- Thực hiện các bước như trường hợp 1.

- Ghi các kết quả vào bảng báo cáo thí nghiệm.

## 2. Phân cực dùng một nguồn duy nhất:

### 2.1 Dùng điện trở giảm áp $R_B$



Hình 6.5 Mạch phân cực BJT dùng điện trở giảm áp.

**Toạ độ điểm phân cực:**

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

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

**Phương trình đường tải tĩnh:**

$$I_C = -\frac{V_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

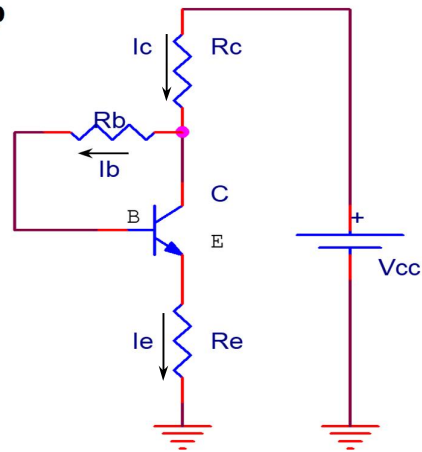
**Xác định điện thế tại các cực của BJT:**

$$V_E = I_E R_E$$

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

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

## 2.2 Dùng điện trở hồi tiếp điện áp



Hình 6.6 Mạch phân cực BJT dùng điện trở hồi tiếp áp.

Toạ độ điểm phân cực :

$$\begin{cases} I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)} \\ Q \\ I_C = \beta I_B \\ V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{cases}$$

**Phương trình đường tải tĩnh:**

$$I_C = -\frac{V_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

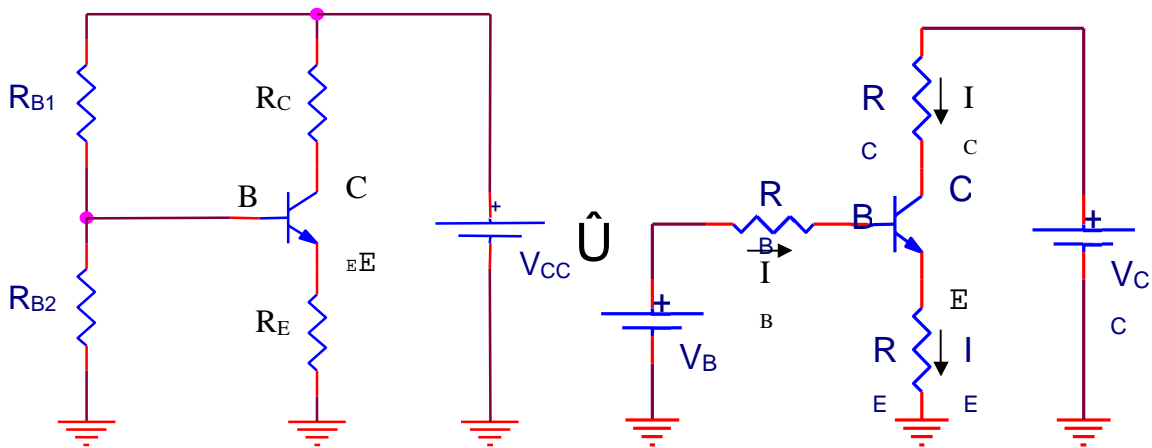
**Xác định điện thế tại các cực của BJT:**

$$V_E = I_E R_E$$

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

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = V_E + V_{CE}$$

### 2.3 Dùng cầu phân thế



Hình 6.7 Mạch dùng cầu phân thế

Cách tính tương tự trường hợp phân cực BJT dạng dùng 2 nguồn riêng biệt có RE. Với:

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

$$R_B = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

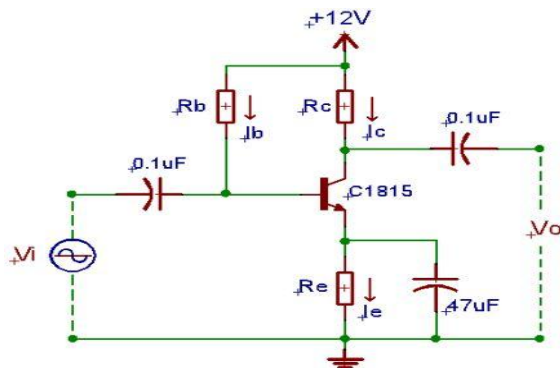
#### Thực hành

- Chọn BJT loại C1815, tra hệ số khuếch đại  $\beta$
- Tính toán các giá trị điện trở sao cho điểm làm việc tĩnh ( $I_C=1mA, V_{CE}=6V$ ). - Ghi lại các kết quả tính toán:

$R_b = \dots\dots\dots$

$I_b = \dots\dots\dots$

$V_{be} = \dots\dots\dots$



$R_c = \dots\dots\dots$

$I_c = \dots\dots\dots$

$V_{ce} = \dots\dots\dots$

$R_e = \dots\dots\dots$

$I_e = \dots\dots\dots$

$V_{ce} = \dots\dots\dots$

- Sử dụng VOM đo dòng  $I_b, I_c, I_e$  và  $V_{ce}, V_c, V_b$  sau khi đã chọn các giá trị điện trở thực tế. Ghi các kết quả vào bảng:

Thông số	$I_b$	$I_c$	$I_e$	$V_{be}$	$V_{ce}$	$V_e$
Kết quả tính toán						
Kết quả đo						

Bảng 1.3

Kết quả tính toán

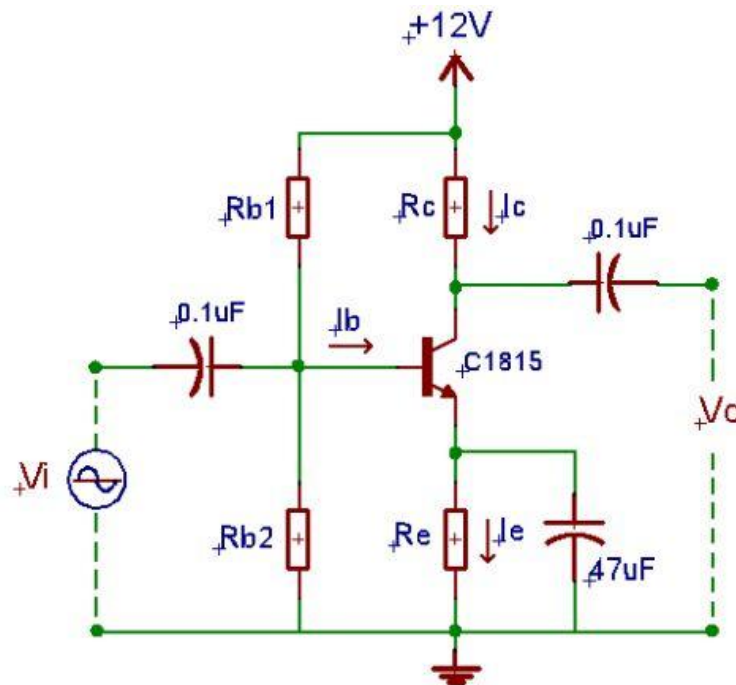
Kết quả đo

- Nhận xét các kết quả đo được với kết quả tính toán bằng lý thuyết. Hãy cho biết chế độ làm việc của BJT.

- Ghi các kết quả vào bảng báo cáo thí nghiệm

b. Mạch phân cực phân áp

Sinh viên mắc mạch điện theo hình 1.3:



- Chọn BJT loại C1815, tra hệ số khuếch đại  $\beta$ .

- Tính toán các giá trị điện trở sao cho điểm làm việc tĩnh  $Q(I_c=1mA, V_{ce}=6V)$ . - Ghi lại các kết quả tính toán :

$R_{b1} = \dots\dots\dots$

$R_{b2} = \dots\dots\dots$

$I_b = \dots\dots\dots$

$V_{be} = \dots\dots\dots$

$R_c = \dots\dots\dots$

$I_c = \dots\dots\dots$

$V_{ce} = \dots\dots\dots$



$R_e = \dots\dots\dots$        $I_e = \dots\dots\dots$        $V_e = \dots\dots\dots$

- Sử dụng VOM đo dòng  $I_b$ ,  $I_c$ ,  $I_e$  và  $V_{ce}$ ,  $V_c$ ,  $V_b$  sau khi đã chọn các giá trị điện trở thực tế. Ghi các kết quả vào bảng:

Bảng 1.4

Kết quả tính toán

Thông số	$I_b$	$I_c$	$I_e$	$V_{be}$	$V_{ce}$	$V_e$
Kết quả tính toán						
Kết quả đo						

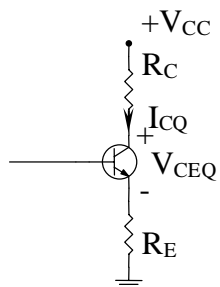
Kết quả đo

- Nhận xét các kết quả đo được với kết quả tính toán bằng lý thuyết. Hãy cho biết chế độ làm việc của BJT.

- Ghi các kết quả vào bảng báo cáo thí nghiệm.

### 3. Mạch phân cực.

#### 3.1 Mạch phân cực Collector.



Ta có phương trình tại một chiều:

$$V_{CC} = V_{CEQ} + I_{CQ}R_C + I_{EQ}R_E$$

$$\gg V_{CEQ} + I_{CQ}(R_C + R_E)$$

$$\Rightarrow R_C + R_E = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{I_{CQ}}$$

$R_E$  thường được tính theo công thức thực nghiệm:

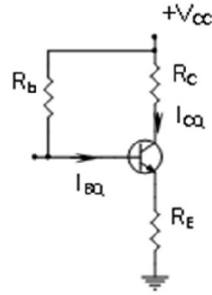
$$R_E = \frac{V_{RE}}{I_{EQ}} \gg \frac{(0,1, 0,3)V_{CC}}{I_{CQ}}$$

Thay vào  $R_C + R_E = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{I_{CQ}}$  dễ dàng tính được  $R_C$ .

Nếu  $R_E = 0$  từ phương trình trên ta có:  $R_C = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{I_{CQ}}$

### 3.2 Mạch phân cực Base:

#### 3.2.1 Mạch định dòng Base:



Hình 6.8 Mạch phân cực dòng Base

Ta có:  $R_b I_{BQ} + V_{BE} + I_{EQ} R_E = V_{CC}$

$V_{BE}$  là điện áp mở của Transistor, còn ký hiệu là  $V_g$  như H2-2 chương 1.  $V_{BEs} \gg 0,7v$  và  $V_{BEge} \gg 0,2v$ . Ngày nay chủ yếu dùng Transistor Silic nên từ (2-8) ta có:

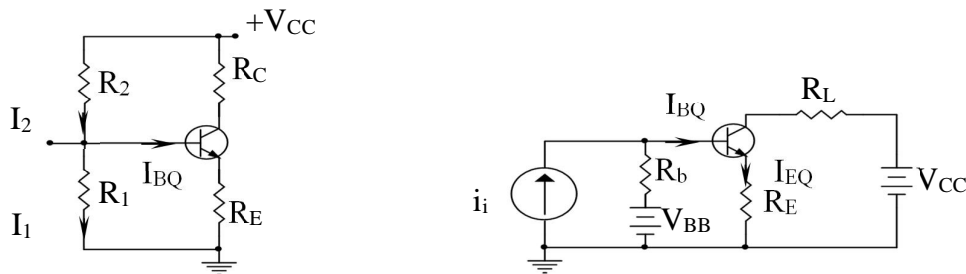
$$R_b \frac{I_{EQ}}{b+1} + 0,7 + I_{EQ} R_E = V_{CC}$$

Suy ra :

$$I_{EQ} = \frac{V_{CC} - 0,7}{R_E + \frac{R_b}{b+1}} \gg \frac{V_{CC}}{R_E + \frac{R_b}{b+1}} \text{ vì } V_{CC} \gg 0,7v$$

Phương pháp này ít được dùng do dòng  $I_{BQ}$  phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ. Phương pháp này chỉ được dùng đối với mạch mắc Collector chung để nâng cao trở kháng vào.

#### 3.2.2 Mạch định áp Base :



Hình 6.8 Mạch phân cực áp Base

Ta có :

$$V_{BB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = R_b \frac{1}{1 - \frac{V_{BB}}{V_{CC}}} = R_b \frac{V_{CC}}{V_{CC} - V_{BB}}$$

$$R_2 = R_b \frac{V_{CC}}{V_{BB}}$$

Phương trình tải DC:  $V_{CC} = V_{CEQ} + I_{CQ}(R_C + R_E)$

Áp dụng định luật KII ta có :  $\sum V_{kin} = 0$  ,suy ra :

$$R_b I_{BQ} + V_{BE} + I_{EQ} R_E = V_{BB} \quad (2-15)$$

$$\text{p } I_{CQ} \gg I_{EQ} = \frac{V_{BB} - 0,7}{R_E + \frac{R_b}{1+b}} \text{ coi } V_{BE} = 0,7V$$

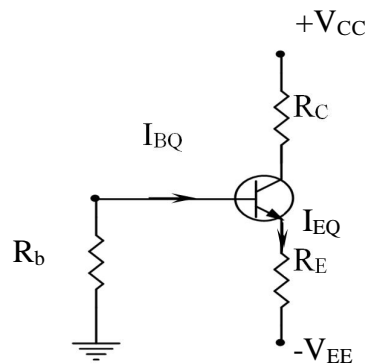
Thay vào phương trình  $V_{cc}$  ta tính được :  $V_{CEQ}$ .

Thông thường khi thiết kế ta thường chọn  $R_E \gg (1-a)R_b$  để ổn định dòng  $I_{EQ}$ . Vì vậy nếu chưa biết  $R_b$  ta thường chọn:

$$R_b = \frac{1}{10} (b+1)R_E \gg \frac{1}{10} bR_E$$

Phương pháp phân cực Base này hay được dùng nhất.

### 3.3 Mạch phân cực Emitter:



Hình 6.9 Mạch phân cực E

Áp dụng định luật KII  $\sum V_{kin} = 0$  ta có:

$$R_b I_{BQ} + V_{BE} + I_{EQ} R_E = V_{EE}$$

Suy ra :

$$I_{EQ} = \frac{V_{EE} - 0,7}{R_E + \frac{R_b}{b+1}} \text{ với } V_{BE}=0.7V$$

Phương trình tải DC trong trường hợp này sẽ là:

$$V_{CC} + V_{EE} = V_{CEQ} + I_{CQ}(R_C + R_E)$$

Phương pháp phân cực Base này chỉ được dùng khi mạch yêu cầu chất lượng cao như mạch khuếch đại vi sai, mạch khuếch đại thuật toán (KĐTT) vì nó phải tốn thêm một nguồn cung cấp.

## Bài 7: Transistor trường (JFET)

*Mục tiêu của bài:*

Học xong bài này học viên có khả năng:

- Trình bày đúng cấu tạo, kí hiệu quy ước và nguyên lý hoạt động của Transistor trường.
- Trình bày đúng các đặc tuyến, thông số cơ bản của Transistor trường.
- Trình bày đúng các kiểu mắc mạch, các đặc tính cơ bản của các kiểu mạch Transistor trường.
- Lắp ráp, cân chỉnh được các kiểu mạch của Transistor trường.

Nội dung

### 1. Cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động của Transistor trường

#### 1.1. Cấu tạo, kí hiệu quy ước.

Transistor trình bày trước được gọi là transistor mối nối lưỡng cực (BJT = Bipolar Junction Transistor). BJT có điện trở ngõ vào nhỏ ở cách mắc thông thường CE, dòng  $I_C = \beta I_B$ , muốn cho  $I_C$  càng lớn ta phải tăng  $I_B$  (thúc dòng lối vào). Đối với transistor hiệu ứng trường có tổng trở vào rất lớn. Dòng điện ở lối ra được tăng bằng cách tăng điện áp ở lối vào mà không đòi hỏi dòng điện. Vậy ở loại này điện áp sẽ tạo ra một trường và trường này tạo ra một dòng điện ở lối ra.

Field Effect Transistor (FET)

FET có hai loại: JFET v MOSFET.

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

Trên thanh bán dẫn loại N ở 2 đầu cho tiếp xúc với kim loại đưa ra hai chân lần lượt gọi là D, S. Người ta tạo ra mối nối P - N với thanh bán dẫn. Kim loại tiếp xc bn dẫn loại P được đưa ra ngoài gọi là chân G.

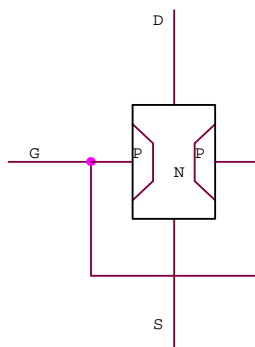
- Cực thoát (còn gọi là cực máng): Drain = D

- Cực nguồn: Source = S

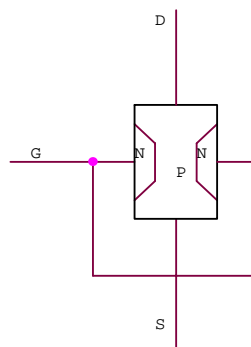
- Cực cổng: Gate = G

Vùng bán dẫn giữa D và S được gọi là thông lộ (kênh).

Tùy theo vùng bán dẫn giữa D và S, người ta phân biệt JFET ra làm hai loại: JFET kênh N v JFET kênh P.



FET kênh N

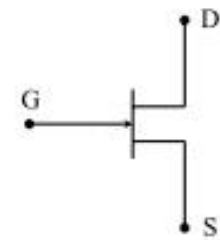
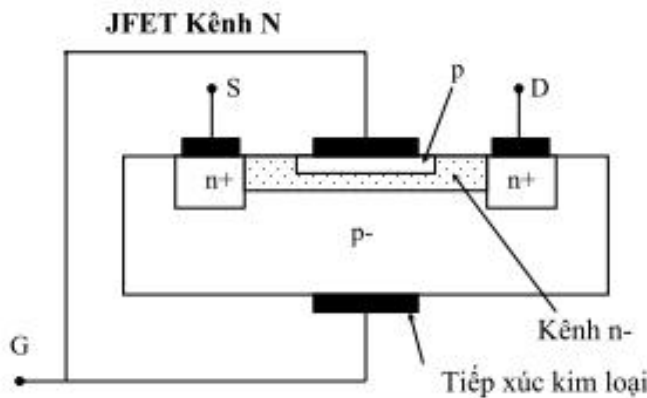
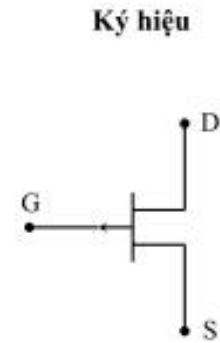
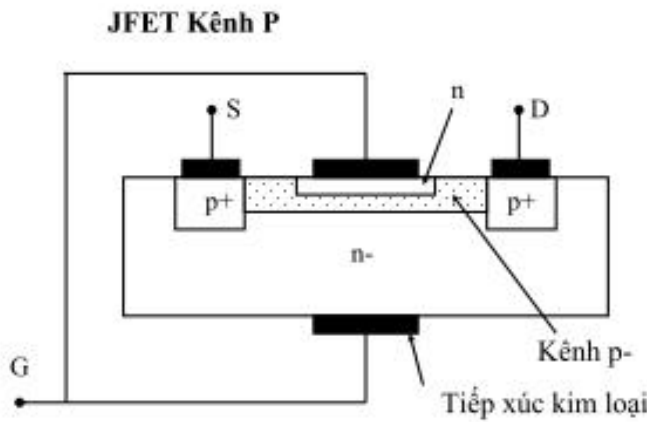
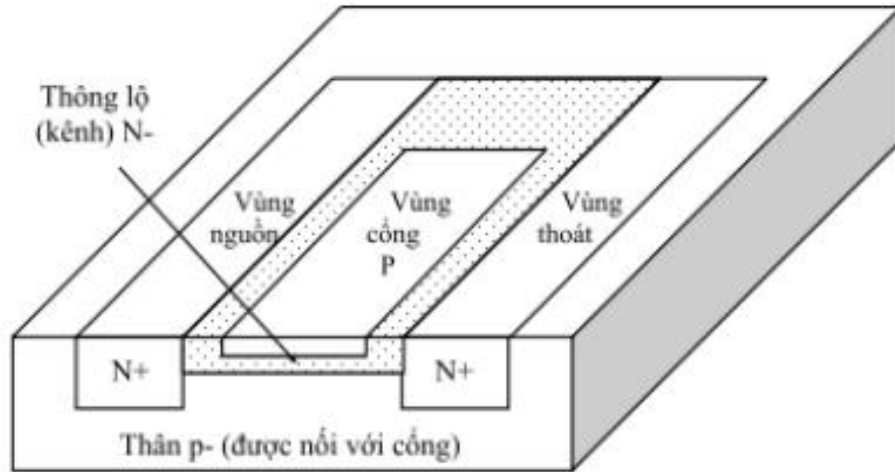


FET kênh P

### Hình 7.1 Cấu tạo JFET

Mô hình sau đây mô tả hai loại JFET: kênh N và kênh P.

Trong JFET kênh N gồm có hai vùng n+ là hai vùng nguồn và thoát. Một vùng N<sup>-</sup> pha ít tạp chất dùng làm thông lộ (kênh) nối liền vùng nguồn và vùng thoát. Một vùng p- nằm phía dưới thông lộ là thân và một vùng p nằm phía trên thông lộ. Hai vùng p và p- nối chung với nhau tạo thành cực cổng của JFET.



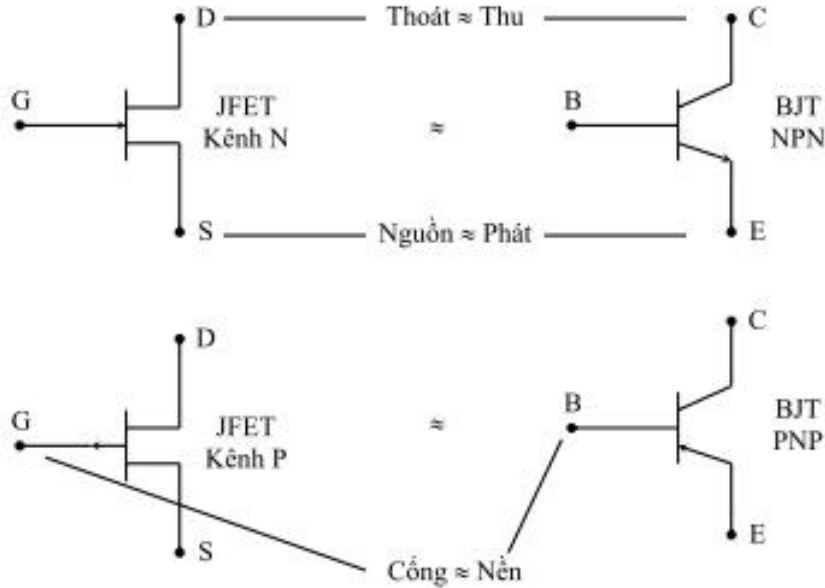
S (Source): cực nguồn  
D (Drain): cực thoát  
G (Gate): cực cổng

Hình 2

Hình 7.2. Ký hiệu của JFET

Nếu so sánh với BJT, ta thấy: cực thoát D tương đương với cực thu C, cực nguồn S tương đương với cực phát E và cực cổng G tương đương với cực nền B.

- JFET kênh N tương đương với transistor NPN.
- JFET kênh P tương đương với transistor PNP.

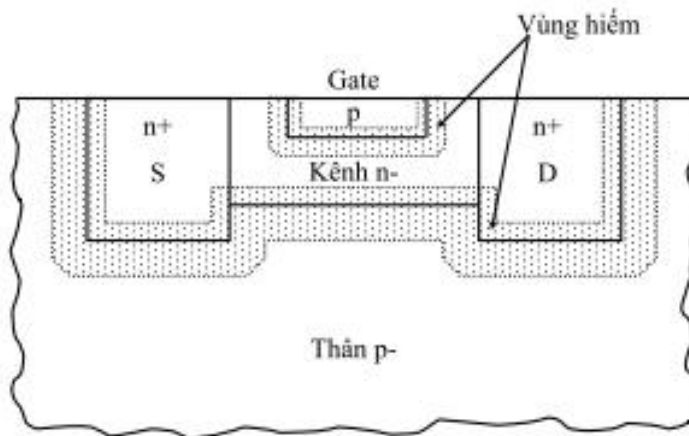


Hình 7.3 JFET kênh N và kênh P

Cũng giống như transistor NPN được sử dụng thông dụng hơn transistor PNP do dùng tốt hơn ở tần số cao. JFET kênh N cũng thông dụng hơn JFET kênh P với cùng một lý do. Phần sau, ta khảo sát ở JFET kênh N, kênh P, các tính chất cũng tương tự.

### 1.2 Nguyên lý hoạt động

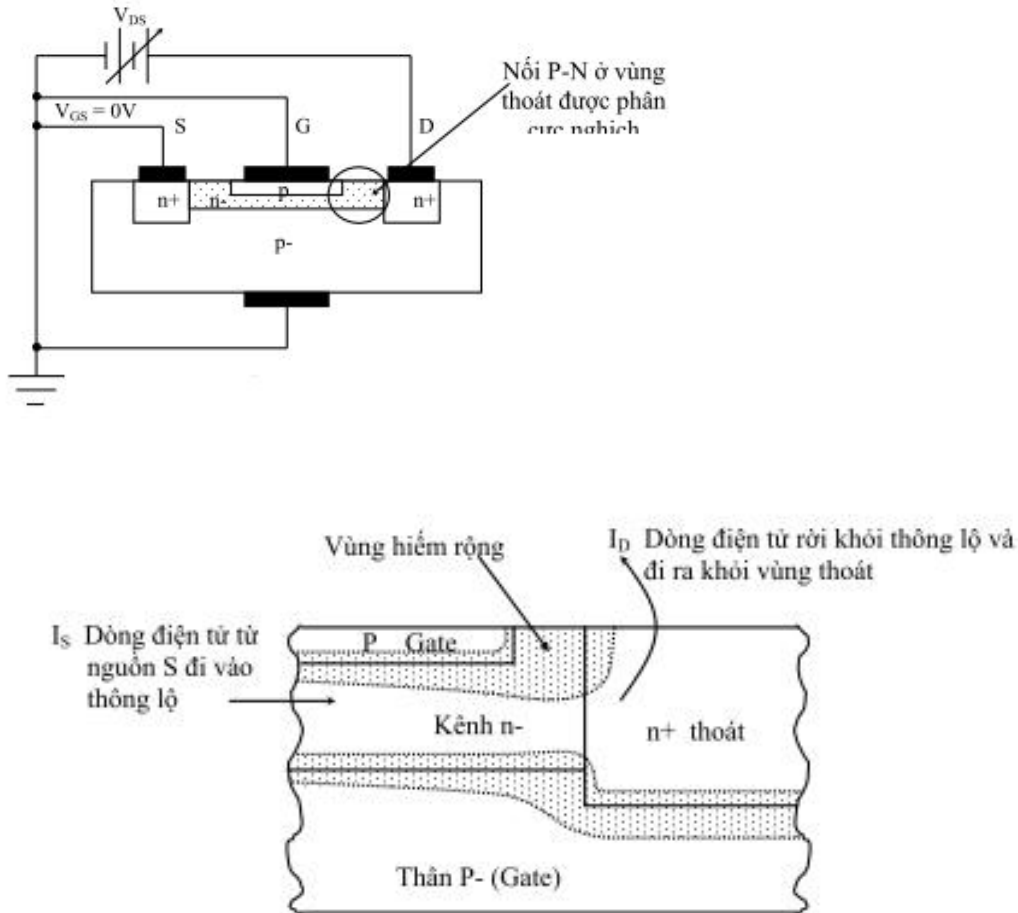
Khi chưa phân cực, do nồng độ chất pha không đồng đều trong JFET kênh N nên ta thấy vùng hiếm rộng ở thông lộ n- và than p-, vùng hẹp ở vùng thoát và nguồn n+



Hình 7.4 Hình mô tả cấu tạo JFET

Bây giờ, nếu ta mắc cực nguồn S và cực cổng G xuống mass, nghĩa là điện thế  $V_{GS} = 0V$ . Điều chỉnh điện thế  $V_{DS}$  giữa cực thoát và cực nguồn, chúng ta sẽ khảo sát dòng điện qua JFET khi điện thế  $V_{DS}$  thay đổi.

Vì vùng thoát n+ nối với cực dương và vùng cổng G nối với cực âm của nguồn điện  $V_{DS}$  nên nối PN ở vùng thoát được phân cực nghịch, do đó vùng hiếm ở đây rộng ra (xem hình vẽ)



Hình 7.5 Hình phân cực cho JFET

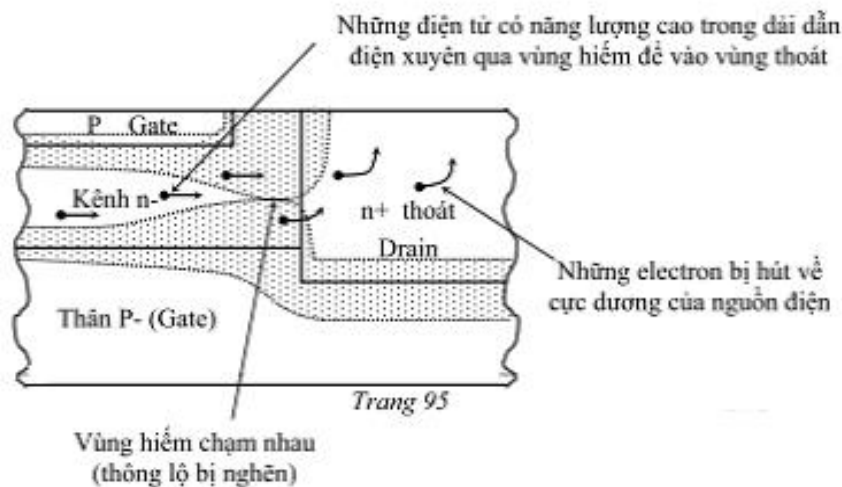
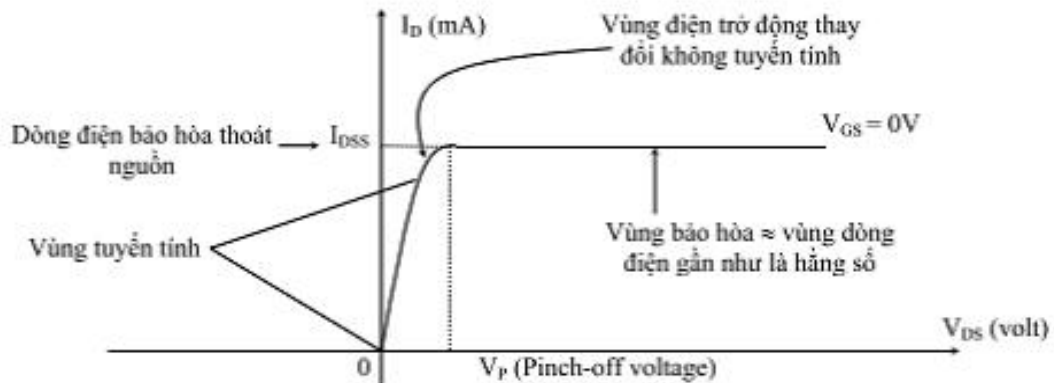
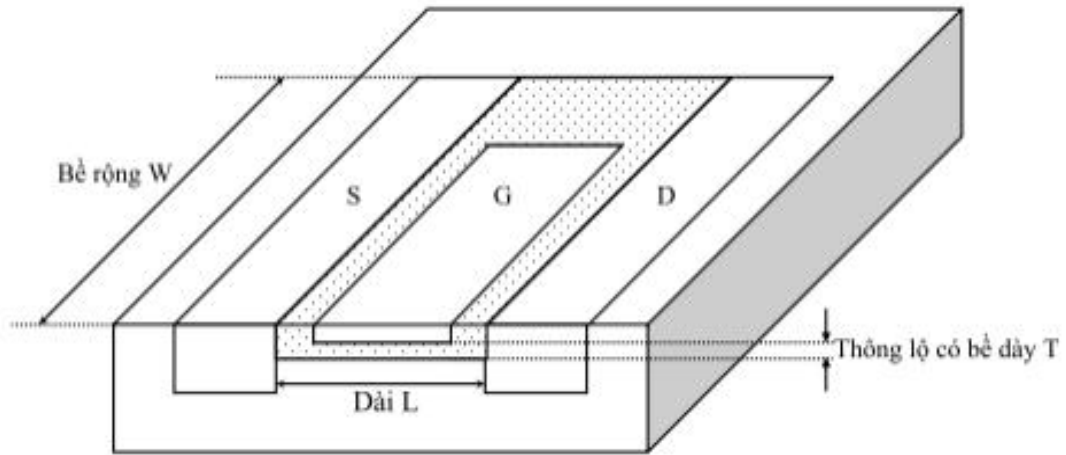
Khi  $V_{DS}$  còn nhỏ, dòng điện tử từ cực âm của nguồn điện đến vùng nguồn (tạo ra dòng  $I_S$ ), đi qua thông lỗ và trở về cực dương của nguồn điện (tạo ra dòng điện thoát  $I_D$ ).

Nếu thông lỗ có chiều dài  $L$ , rộng  $W$  và dày  $T$  thì điện trở của nó là:

$$R = \rho \frac{L}{WT}$$

Trong đó  $\rho$  là điện trở suất của thông lỗ. Điện trở suất là hàm số theo nồng độ chất pha.





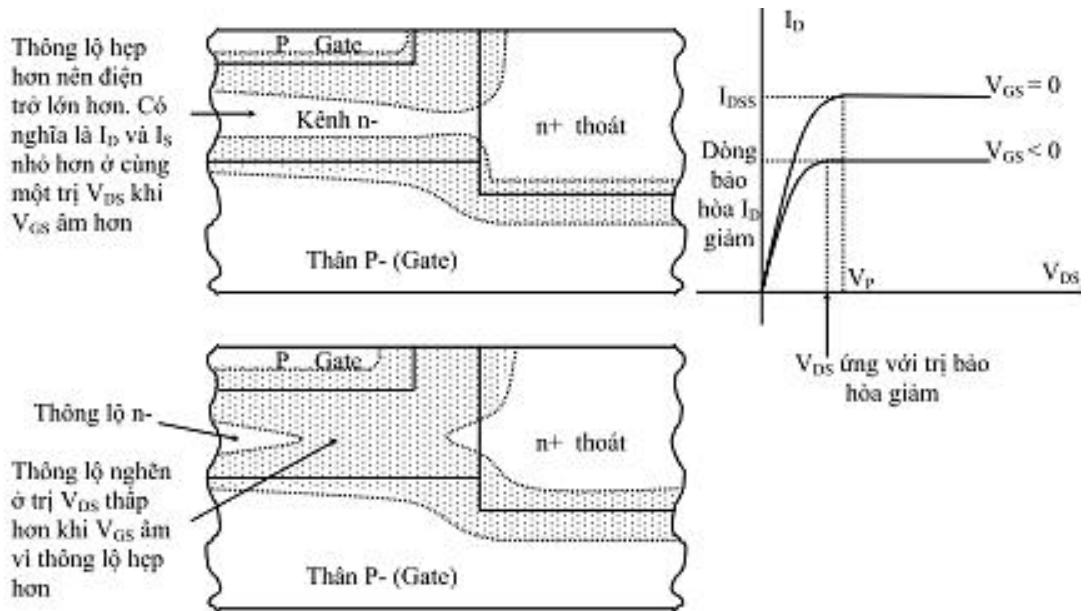
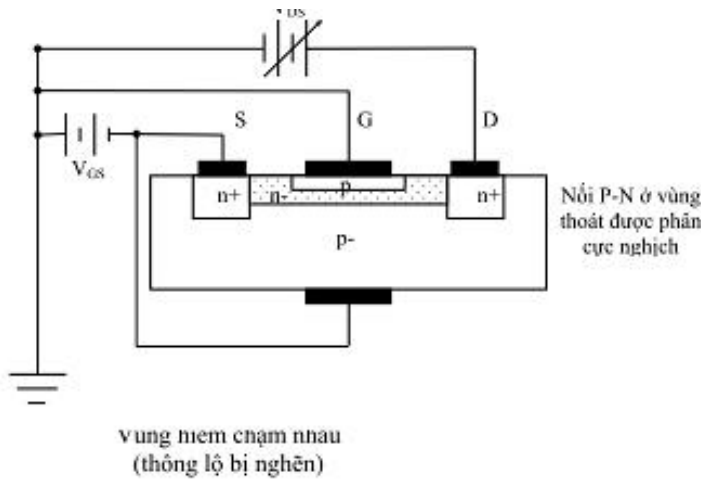
Khi  $V_{DS}$  còn nhỏ (vài volt), điện trở  $R$  của thông lộ gần như không thay đổi nên dòng  $I_D$  tăng tuyến tính theo  $V_{DS}$ . Khi  $V_{DS}$  đủ lớn, đặc tuyến không còn tuyến tính nữa do  $R$  bắt đầu tăng vì thông lộ hẹp dần. Nếu ta tiếp tục tăng  $V_{DS}$  đến một trị số nào đó thì hai vùng hiểm chạm nhau, ta nói thông lộ bị nghẽn (pinched off).

Trị số  $V_{DS}$  để thông lộ bắt đầu bị nghẽn được gọi là điện thế nghẽn  $V_P$  (pinched off voltage). Ở trị số này, chỉ có các điện tử có năng lượng cao trong đài dẫn điện mới có

đủ sức xuyên qua vùng hiểm để vào vùng thoát và bị hút về cực dương của nguồn điện  $V_{DS}$  tạo ra dòng điện thoát  $I_D$ .

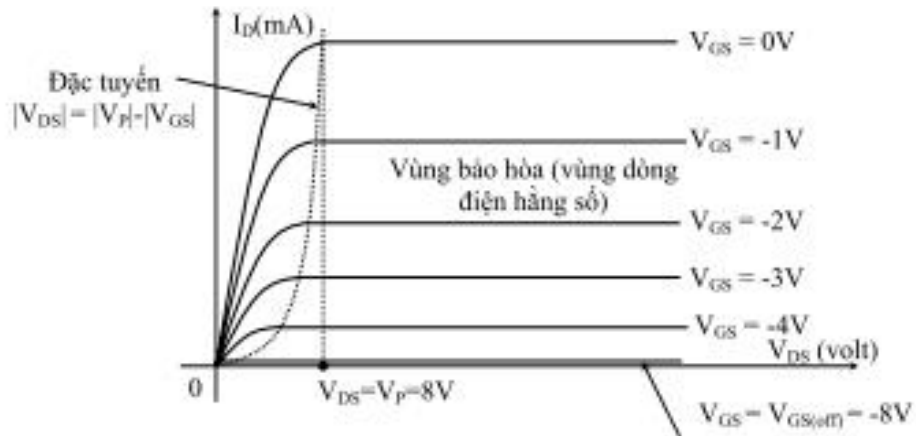
Nếu ta cứ tiếp tục tăng  $V_{DS}$ , dòng điện  $I_D$  gần như không thay đổi và được gọi là dòng điện bão hòa thoát - nguồn  $I_{DSS}$  (chú ý: ký hiệu  $I_{DSS}$  khi  $V_{GS} = 0V$ ).

Bây giờ, nếu ta phân cực cổng-nguồn bằng một nguồn điện thế âm  $V_{GS}$  (phân cực nghịch), ta thấy vùng hiểm rộng ra và thông lộ hẹp hơn trong trường hợp  $V_{GS} = 0V$ . Do đó điện trở của thông lộ cũng lớn hơn.



Khi  $V_{DS}$  còn nhỏ,  $I_D$  cũng tăng tuyến tính theo  $V_{DS}$ , nhưng khi  $V_{DS}$  lớn, thông lộ bị nghẽn nhanh hơn, nghĩa là trị số  $V_{DS}$  để thông lộ nhỏ hơn trong trường hợp  $V_{GS} = 0V$  và do đó, dòng điện bão hòa  $I_D$  cũng nhỏ hơn  $I_{DSS}$ .

Chùm đặc tuyến  $I_D = f(V_{DS})$  với  $V_{GS}$  là thông số được gọi là đặc tuyến ra của JFET mắc theo kiểu cực nguồn chung.



Hình 7.6 Đặc tuyến của JFET

Khi  $V_{GS}$  càng âm, dòng  $I_D$  bão hòa càng nhỏ. Khi  $V_{GS}$  âm đến một trị nào đó, vùng hiếm chiếm gần như toàn bộ thông lộ và các điện tử không còn đủ năng lượng để vượt qua được và khi đó  $I_D = 0$ . Trị số của  $V_G$  đó gọi là  $V_{GS(off)}$ . Người ta chứng minh được trị số này bằng với điện thế nghẽn.

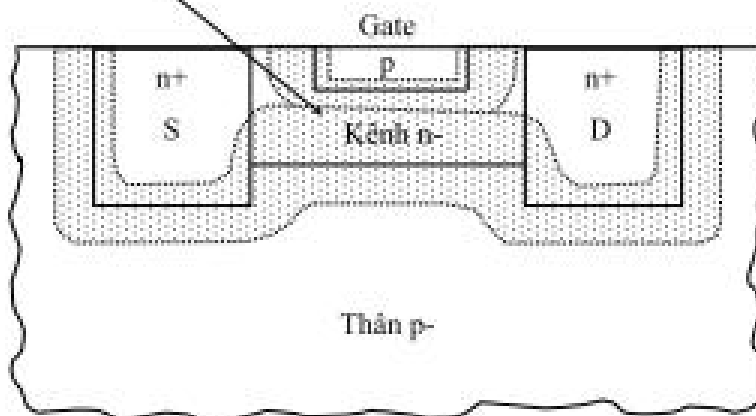
$$|V_{GS(off)}| = |V_P|$$

Vì  $V_P$  chính là hiệu thế phân cực ngược các nối P-N vừa đủ để cho các vùng hiếm chạm nhau. Vì vậy, trong vùng bão hòa ta có:

$$|V_{DS}| + |V_{GS}| = |V_P|$$

Vì nối cổng nguồn được phân cực nghịch, dòng điện  $I_G$  chính là dòng điện rỉ ngược nên rất nhỏ. Điện chạy vào cực thoát D được xem như bằng dòng điện ra khỏi cực nguồn S.  $I_D \approx I_S$

Không có hạt tải điện di chuyển qua thông lộ ( $I_D = I_S = 0$ )



### 1.3 Công dụng

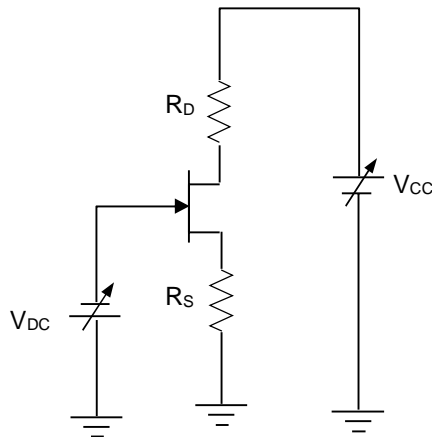
Trong kỹ thuật điện tử, tranzito trường được sử dụng gần giống như tranzito lưỡng cực. Tuy nhiên, do một số các ưu nhược điểm của FET so với BJT đã nói ở trên, đặc biệt là hệ số khuếch đại thấp, mà tranzito trường thường được sử dụng ở những mạch thể hiện được ưu thế của chúng. Đặc biệt trong việc tích hợp IC thì tranzito trường được ứng dụng rất hiệu quả vì cho phép tạo ra các IC có độ tích hợp rất cao (LSI và VLSI). FET được dùng khuếch đại vi sai, phát sóng RC...

## 2. Đặc tuyến và các thông số cơ bản của Transistor trường

### 2.1. Nguyên lý vận chuyển

Giữa D và S đặt một điện áp  $V_{DS}$  tạo ra một điện trường mạnh có tác dụng đẩy hạt tải đa số của bán dẫn kênh chạy từ S sang D hình thành dòng  $I_D$ . Dòng  $I_D$  tăng lên theo điện áp  $V_{DS}$  cho đến khi đạt giá trị bão hoà  $I_{DSS}$  ( Saturation) và điện áp  $V_{DS}$  tương ứng gọi là điện áp nghẽn tắt (pinch off)  $V_{P0}$ .

Giữa cực G và S đặt một điện áp  $V_{GS}$  sao cho phân cực nghịch mỗi nối P-N. Sự phân cực nghịch làm cho vùng tiếp xúc thay đổi điện tích. Điện áp phân cực nghịch  $V_{GS}$  càng lớn thì vùng tiếp xúc càng mở rộng ra, làm cho tiết diện của kênh dẫn điện bị thu hẹp lại, điện trở kênh tăng lên, làm cho dòng điện qua kênh  $I_D$  giảm xuống và ngược lại nếu  $V_{GS}$  nhỏ thì dòng  $I_D$  tăng lên.

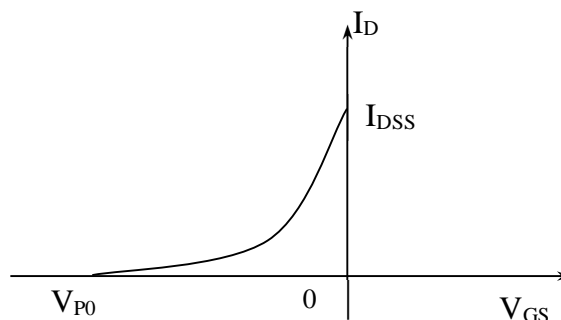


### 2.2 Đặc tuyến

Khảo sát sự thay đổi dòng thoát  $I_D$  theo điện thế  $V_{GS}$  và  $V_{DS}$ , từ đó người ta đưa ra hai đặc tuyến của JFET.

#### 2.2.1 Đặc tuyến chuyển $I_D(V_{GS})$ $V_{DS}=const$

Giữ  $V_{DS}$  không đổi, thay đổi  $V_{GS}$  và khảo sát sự biến thiên của  $I_D$ .

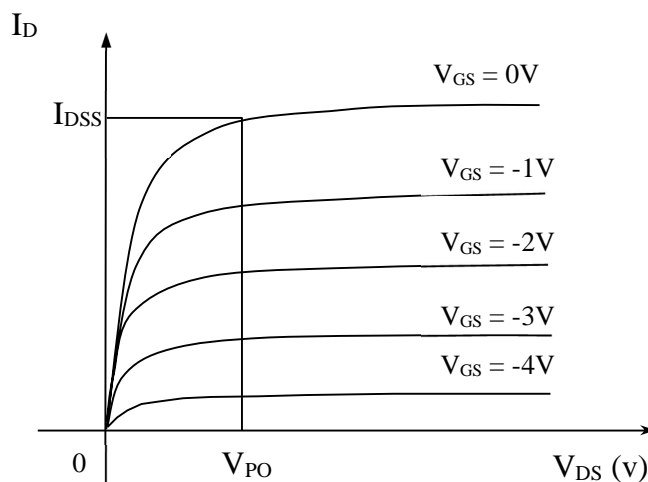


Hình 7.7. Đặc tuyến chuyển  $I_D$

- Khi  $V_{GS} = 0V$ , dòng điện  $I_D$  lớn nhất, có giá trị bão hòa, ký hiệu  $I_{DSS}$ .
- $I_D$  thay đổi giảm xuống tùy  $V_{GS}$  âm ít hay nhiều. Đến lúc  $V_{GS}$  khá âm thì  $I_D = 0$  gọi là điện thế cắt của JFET ký hiệu :  $V_{PO}$ .

### 2.2.2 Đặc tuyến ngõ ra $I_D(V_{DS})$ $V_{GS} = Const$

Giữ nguyên  $V_{GS}$  ở một trị số không đổi nhất định, thay đổi  $V_{DS}$  và khảo sát sự biến thiên của dòng thoát  $I_D$ .



Hình 7.8 Đặc tuyến ngõ ra  $I_D$

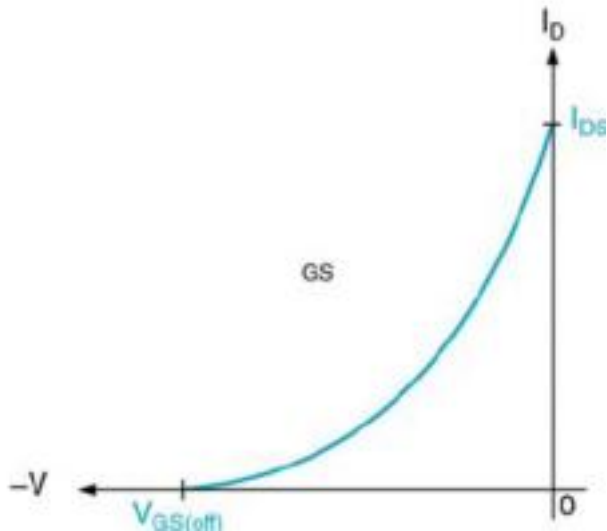
Khi  $V_{GG} = 0V$  tức  $V_{GS} = 0V$ , mối nối P-N giữa G và S không phân cực, mối nối P-N giữa G và D phân cực nghịch. Tăng nguồn  $V_{DD}$  để tăng điện thế  $V_{DS}$  từ  $0V$  lên thì dòng  $I_D$  tăng lên nhanh nhưng sau đó đến một trị giới hạn thì dòng điện  $I_D$  không tăng được nữa gọi là dòng điện bão hòa  $I_{DSS}$  (Saturation). Điện thế  $V_{DS}$  có  $I_{DSS}$  gọi là điện thế nghẽn  $V_{PO}$ .

Khi  $V_{GG} < 0$  hay  $V_{GS} < 0$ , mối nối P-N giữa G và S phân cực nghịch, mối nối P-N giữa G và D phân cực nghịch lớn hơn trước dẫn đến nghẽn sớm hơn. Khi tăng điện thế âm ở cực G đến giá trị sao cho  $V_{GS}$  âm nhiều thì kênh nghẽn ngay từ đầu nên  $I_D = 0$  ở mọi giá trị  $V_{DS}$ . Lúc bấy giờ kênh ngưng.

### 2.2.3 Đặc tuyến truyền đạt của JFET

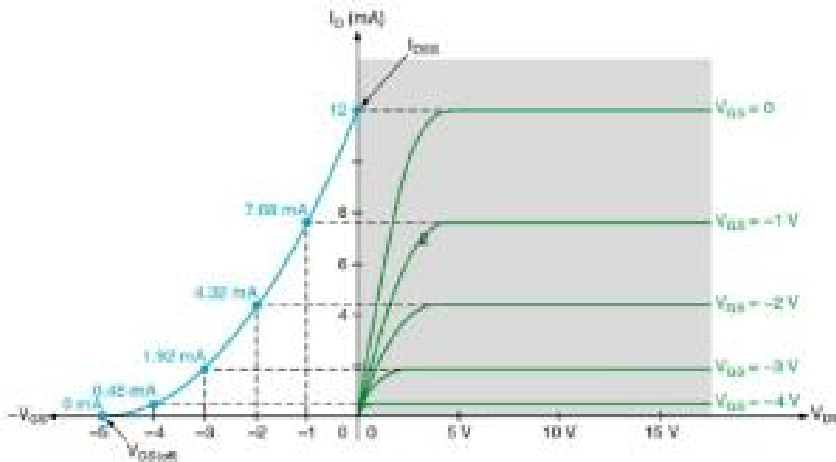
Ta thấy  $V_{GS}$  (vùng giá trị từ 0 tới  $V_{GS} (off)$ ) điều khiển dòng điện  $I_D$  chạy trong JFET. Với JFET kênh n  $V_{GS} (off) < 0$  với JFET kênh p  $V_{GS} (off) > 0$ . Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa  $V_{GS}$  và  $I_D$  được gọi là đặc tuyến truyền đạt và có dạng như trên hình vẽ dưới đây:

Đường cong này chính là đặc tuyến truyền đạt của JFET kênh n nó cho ta biết giới hạn hoạt động của JFET.



Hình 7.9 Đặc tuyến truyền đạt của JFET

Ta có thể thu được đặc tuyến truyền đạt từ đặc tuyến ra như hình dưới đây.



Hình 7.10 Đặc tuyến của JFET

Đường cong đặc tuyến truyền đạt có dạng parabol và có phương trình biểu diễn như sau:

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right)^2$$

cũng chính vì vậy mà FET còn được xếp vào các linh kiện tuân theo luật bình phương (square-law devices)

### 3. Các kiểu mạch cơ bản của Transistor trường

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

Xét JFET kênh N ta có:



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

$$V_S = I_D R_S$$

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

Ở cực G phân cực ngược mỗi nối P-N nên không có dòng  $I_G$  hay  $I_G = 0$ , nên  $V_G = 0$ .

Điện trở  $R_G$  có trị số rất lớn cỡ 1MW đến 10MW.

Điện thế phân cực ngõ vào là :

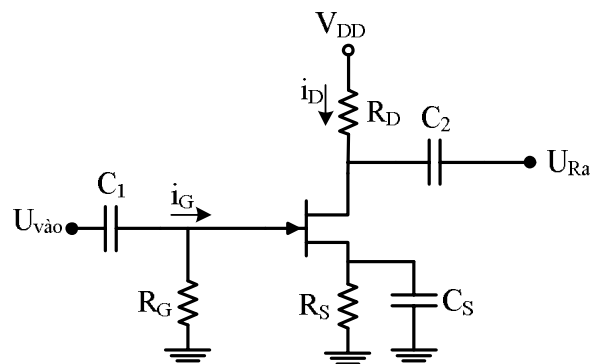
$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - I_D R_S = -I_D R_S$$

Phương trình đường tải tĩnh:

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

Cách xác định đường tải tĩnh cho mạch dùng JFET tương tự như BJT.

### 3.1 Bộ khuếch đại cực nguồn chung



Hình 7.11 Bộ khuếch đại cực nguồn chung

$$\text{Trở kháng vào nhìn từ nguồn: } Z_i = R_3 + (R_1 // R_2) \quad (5-30)$$

$$\text{Trở kháng ra nhìn từ tải: } Z_o = R_d // r_{ds} \quad (5-31)$$

$$A_v = \frac{V_L}{V_i} = \frac{V_L}{V_{gs}} \frac{V_{gs}}{V_i} = -g_m (R_L // Z_o) \frac{1}{1 + \frac{r_i}{R_3 + (R_1 // R_2)}} \gg -g_m R_L \quad (5-32)$$

với  $r_i \ll R_3 + (R_1 // R_2)$  và  $R_L \ll Z_o$ .

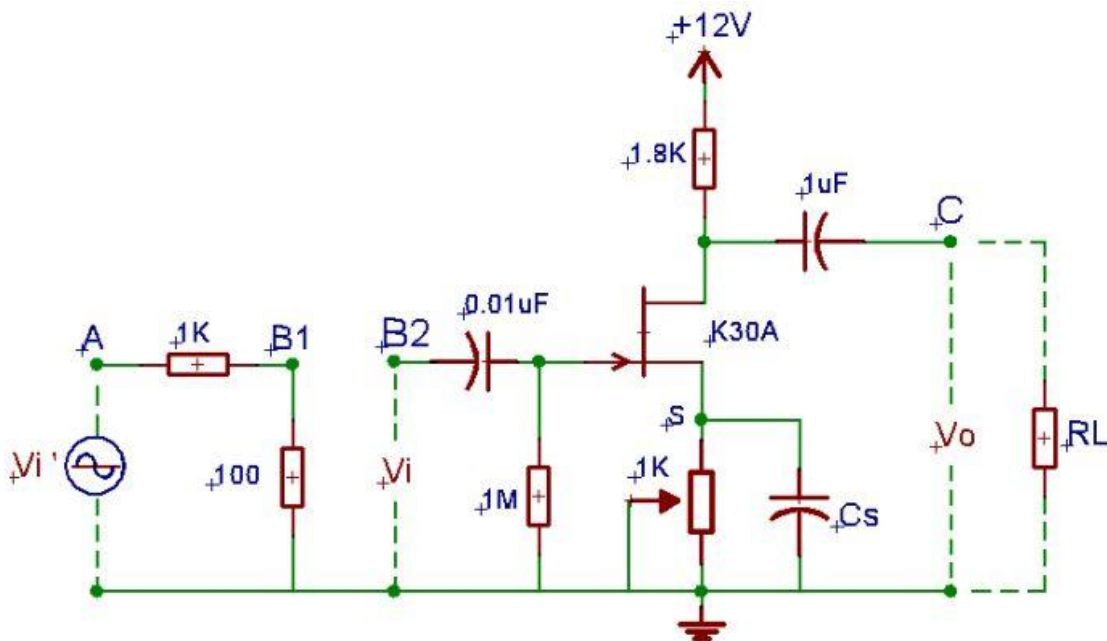
Đặc điểm của sơ đồ cực nguồn chung:

- Tín hiệu vào và tín hiệu ra ngược pha nhau.
- Trở kháng vào rất lớn  $Z_{vào} = R_{GS} \approx \infty$
- Trở kháng ra  $Z_{ra} = R_D // r_d$
- Hệ số khuếch đại điện áp  $\mu \approx S r_d > 1$

- Đối với transistor JFET kênh N thì hệ số khuếch đại điện áp khoảng từ 150 lần đến 300 lần, còn đối với transistor JFET kênh loại P thì hệ số khuếch đại chỉ bằng một nửa là khoảng từ 75 lần đến 150 lần.

**Thực hành :**

Sinh viên mắc mạch điện như hình 1.4:



v Yêu cầu

1. Đo và vẽ dạng sóng ngõ ra  $V_o$ , ngõ vào  $V_i$ ? Nhận xét.
2. Xác định các thông số  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ , độ lệch pha, tần số cắt. Nhận xét các kết quả đo được.
3. Trường hợp ta thêm tụ  $C_e = 100\mu F$ , thực hiện tương tự như 2 bước trên. So sánh các kết quả đo được với trường hợp không có tụ  $C_e$ .

v Hướng dẫn thực hiện

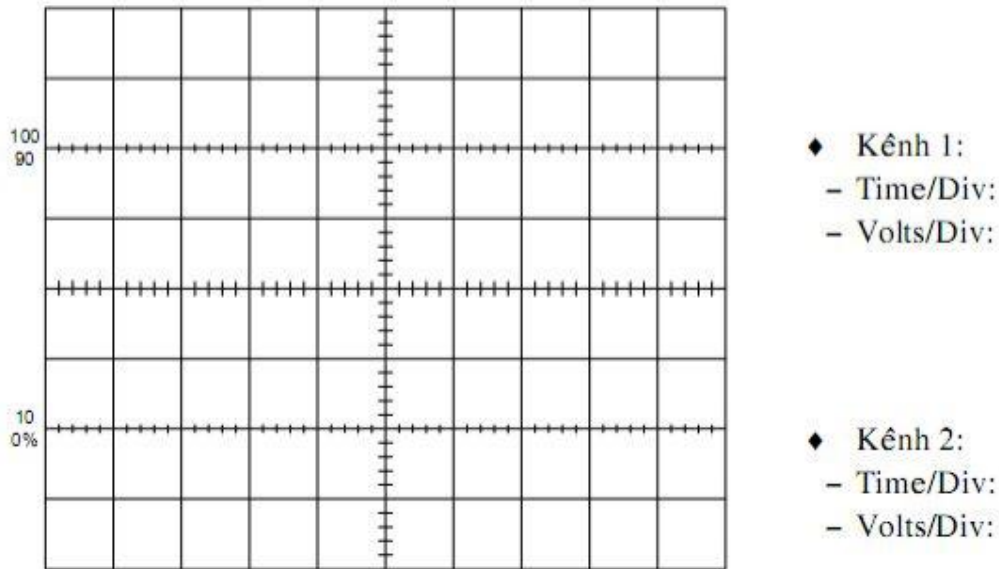
Bước 1: Cấp  $V_i'$  là tín hiệu hình Sin có biên độ 0,3V tần số  $f = 1\text{KHz}$  tại A.



Bước 2: Nối 2 điểm B1 và B2. Dùng OSC đo tín hiệu ra  $V_o$  ở kênh 1, tiếp tục chỉnh biến trở sao cho  $V_o$  đạt lớn nhất nhưng không bị méo dạng.

Bước 3: Xác định  $A_v$ :

- Dùng OSC đo  $V_i$  tại B2,  $V_o$  tại C ở 2 kênh CH1 và CH2. Vẽ lại dạng sóng và nhận xét về biên độ.



- Sau đó tính  $A_v$  theo công thức :

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

Bước 4: Xác định  $Z_i$ :

- Mắc nối tiếp điện trở  $R_v = 220\Omega$  giữa B1 và B2, tính  $Z_i$  theo công thức:

$$Z_i = \frac{R_v}{\left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right)}$$

- Với:  $V_1$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B1

$V_2$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B2

Chú ý: Các thông số  $V_1$ ,  $V_2$  được đo bằng OSC.

Bước 5: Xác định  $Z_o$ :

- Mắc thêm điện trở tải  $R_L = 3,3K\Omega$ , tính  $Z_o$  theo công thức:

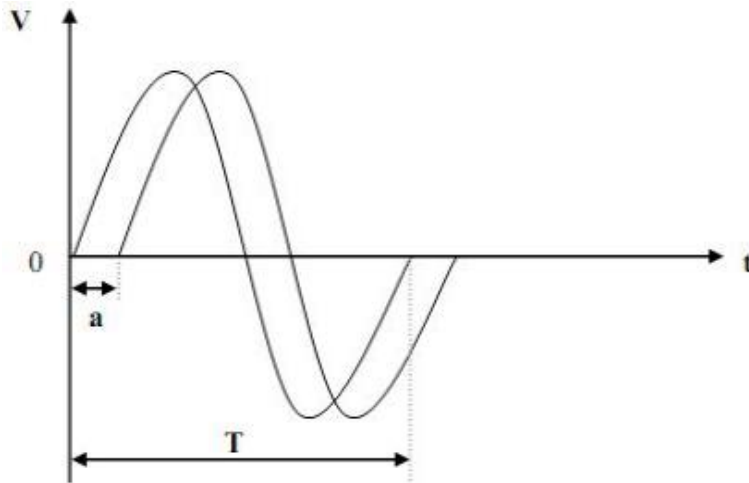
$$Z_o = R_L \cdot \left(\frac{V_{o1}}{V_{o2}} - 1\right)$$

- Với :  $V_{o1}$  là điện áp tại ngõ ra C khi chưa mắc  $R_L$

$V_o$  là điện áp tại ngõ ra C khi đã mắc RL

Bước 6: Xác định góc lệch pha:

- Dùng OSC đo  $V_i$ ,  $V_o$  và cho hiển thị cùng lúc ở 2 kênh CH1, CH2



Bước 7: Xác định tần số cắt dưới:

- Giữ nguyên biên độ nhưng thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , quan sát tín hiệu ngõ ra  $V_o$  trên OSC. Giảm tần số của  $V_i$  đến khi  $V_o$  giảm bằng  $V_o$  thì dừng lại, đo giá trị tần số tại vị trí hiện hành, đó chính là tần số cắt dưới  $f_L$ .

Bước 8: Xác định tần số cắt trên:

- Giữ nguyên biên độ nhưng thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , quan sát tín hiệu ngõ ra  $V_o$  trên OSC. Tăng tần số của  $V_i$  đến khi  $V_o$  giảm bằng  $V_o$  thì dừng lại, đo giá trị tần số tại vị trí hiện hành, đó chính là tần số cắt trên  $f_H$ .

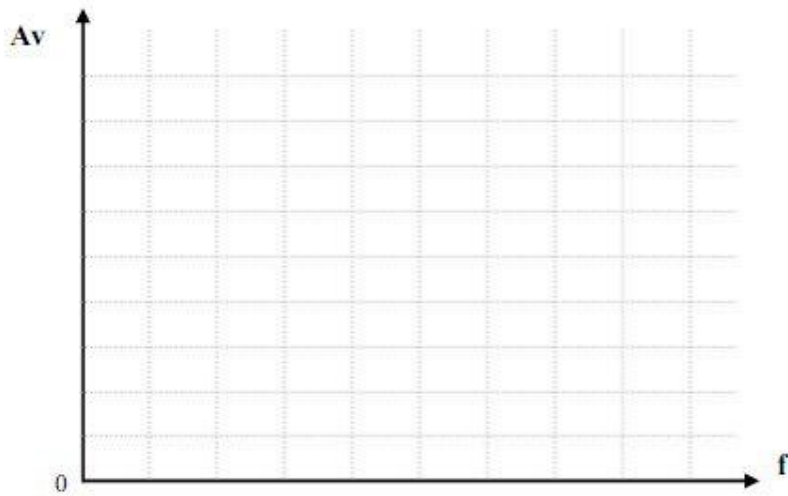
Bước 9: Vẽ đáp tuyến biên độ - tần số:

- Giữ nguyên biên độ, thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , đo  $V_o$  theo bảng sau:

**Bảng 1.5**

f(Hz)	10	50	200	500	1K	10K	50K	100K	200K	500K	1M	2M
$V_o$												
$A_v$												
$A_v(\%)$												

Bảng 1.5 - Từ các giá trị ở bảng 1.5 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số



- Từ các giá trị ở bảng 1.5 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số

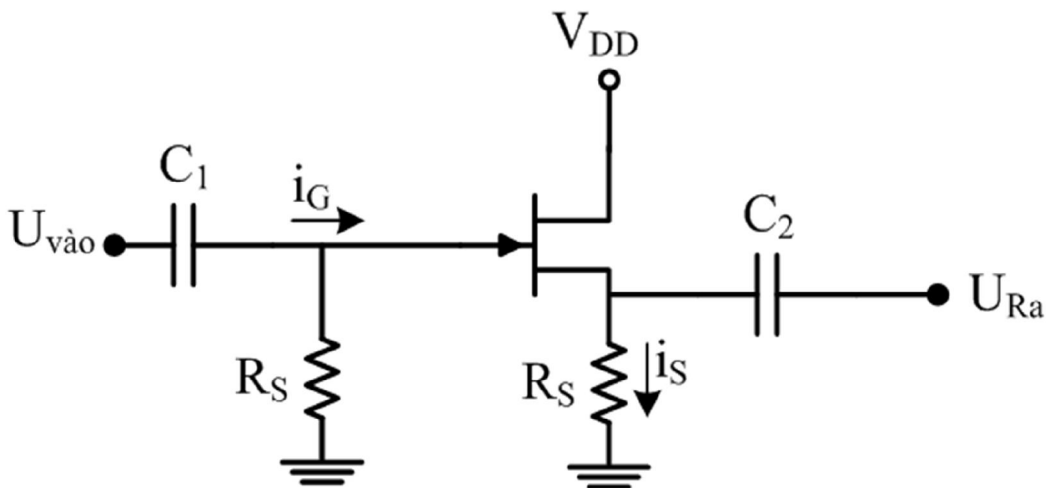
Bước 10: Thêm tụ  $C_e = 100\mu\text{F}$ , thực hiện lại các bước trên.

Bước 11: Lập bảng tổng kết

Kiểu E chung	$A_v$	$A_i$	$Z_i$	$Z_o$	$f_L$	$f_H$	$\phi$
Chưa có tụ $C_e$							
Có tụ $C_e$							

- Sau khi thực hiện xong các bước trên, các nhóm ghi lại các kết quả và nhận xét trong bài báo cáo thí nghiệm.

### 3.2 Bộ khuếch đại cực máng chung :



Hình 7.12 Bộ khuếch đại cực máng chung

Phương trình tải DC:  $V_{DD} = V_{DS} + I_D(R_{S1} + R_{S2})$  (5-33)

Điện áp tự phân cực:  $V_{GSQ} = -I_{DQ}R_{S1}$  (5-34)

Thực tế  $V_{GSQ}$  chỉ vài volt, trong khi do đó  $R_{S1} \ll R_{S2}$ .

Trở kháng tra nhìn từ điện trở nguồn  $R_S$ : (5-35)

Hệ số khuếch đại điện áp: (5-36)

Trở kháng vào:

do  $R_{S1} \ll R_{S2}$  (5-37)

Mạch tách pha H5-6 có (5-38)

Hệ số khuếch đại điện áp:  $A_1 \approx 1$  (5-39)

Trở kháng ra: (5-40)

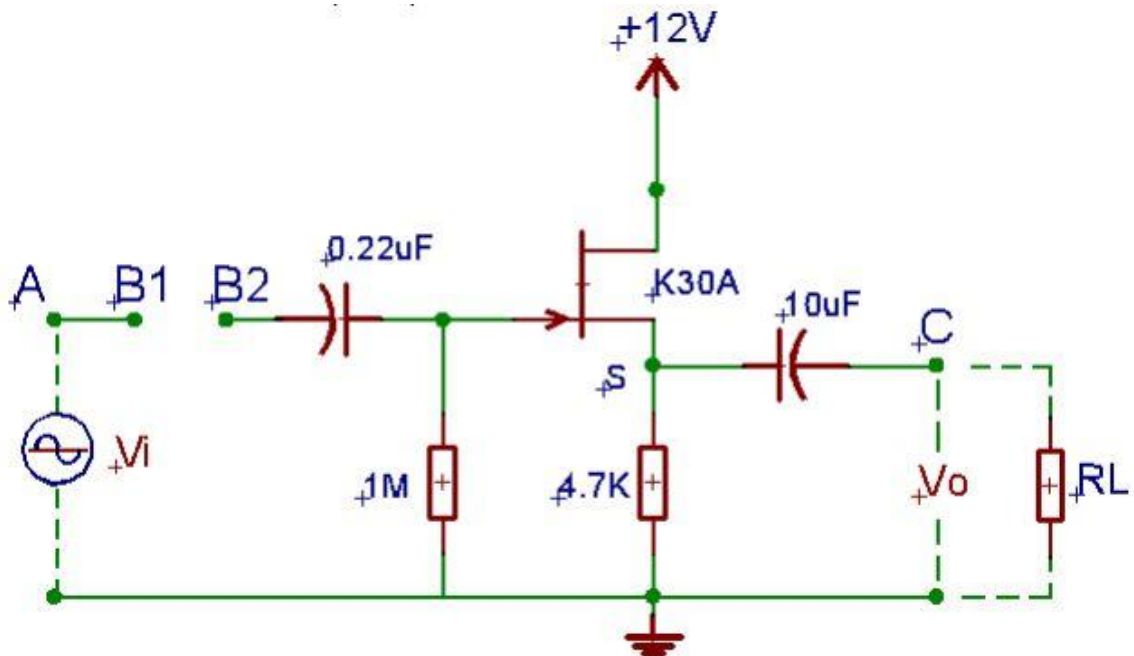
Trở kháng ra từ H5-8 là:  $Z_o = r_{ds} + R_S( + 1)$  (5-41)

Đặc điểm của sơ đồ này có:

- Tín hiệu vào và tín hiệu ra đồng pha nhau.
- Trở kháng vào rất lớn  $Z_{vào} = R_{GD} = \infty$
- Trở kháng ra rất nhỏ
- Hệ số khuếch đại điện áp  $\mu < 1$
- Sơ đồ cực máng chung được dùng rộng rãi hơn, cơ bản là do nó giảm được điện dung vào của mạch, đồng thời có trở kháng vào rất lớn. Sơ đồ này thường được dùng để phối hợp trở kháng giữa các mạch.

**Thực hành :**

Sinh viên mắc mạch điện như hình 1.5:



v Yêu cầu

1. Đo và vẽ dạng sóng ngõ ra  $V_o$ , ngõ vào  $V_i$  ? Nhận xét.

2. Xác định các thông số  $A_v$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ , độ lệch pha, tần số cắt. Nhận xét các kết quả đo.

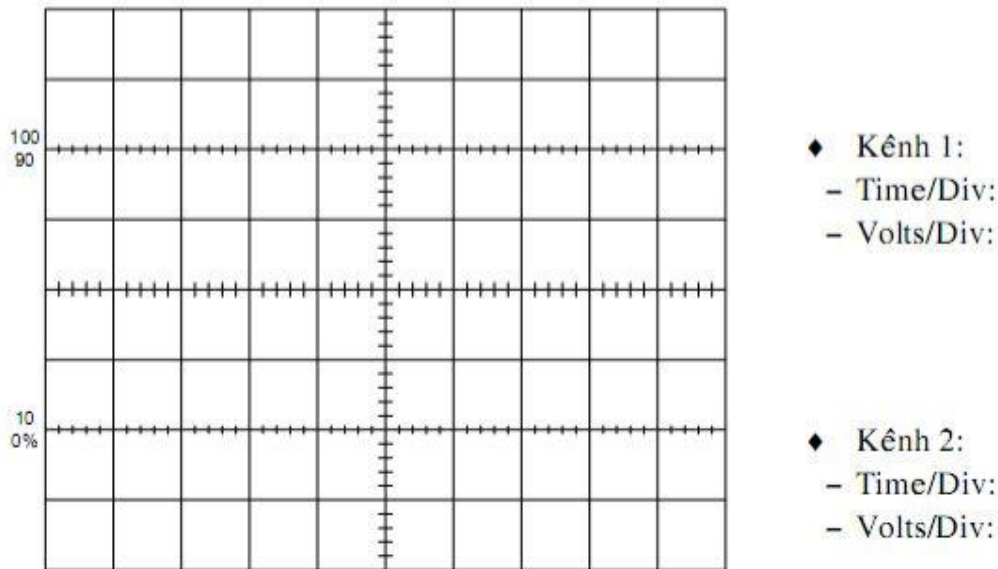
v Hướng dẫn thực hiện

Bước 1: Cấp Vi' là tín hiệu hình Sin có biên độ 0,3V tần số  $f = 1\text{KHz}$  tại A.

Bước 2: Nối 2 điểm B1 và B2. Dùng OSC đo tín hiệu ra Vo ở kênh 1, tiếp tục chỉnh biến trở sao cho Vo đạt lớn nhất nhưng không bị méo dạng.

Bước 3: Xác định Av:

- Dùng OSC đo Vi tại B2, Vo tại C ở 2 kênh CH1 và CH2. Vẽ lại dạng sóng và nhận xét về biên độ.



- Sau đó tính Av theo công thức :

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

Bước 4: Xác định Zi:

- Mắc nối tiếp điện trở  $R_v = 220\Omega$  giữa B1 và B2, tính Zi theo công thức:

$$Z_i = \frac{R_v}{\left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right)}$$

- Với: V1 là giá trị điện áp ngõ ra tại B1

V2 là giá trị điện áp ngõ ra tại B2

Chú ý: Các thông số V1, V2 được đo bằng OSC.

Bước 5: Xác định Zo:

- Mắc thêm điện trở tải  $R_L = 3,3K\Omega$ , tính  $Z_o$  theo công thức:

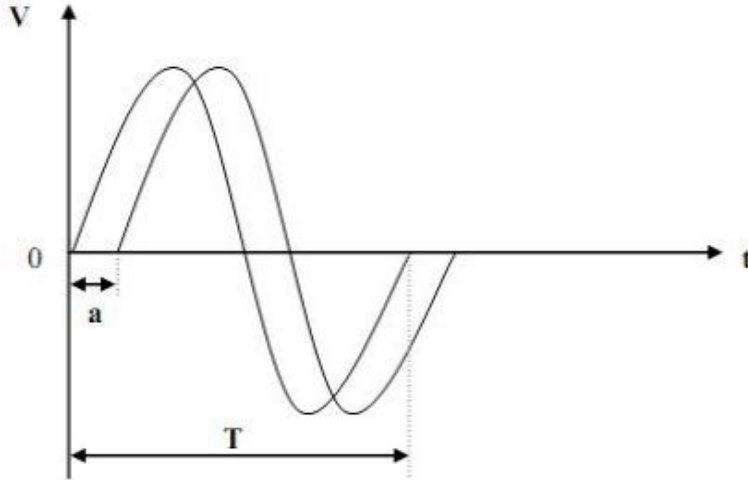
$$Z_o = R_L \cdot \left( \frac{V_{o1}}{V_{o2}} - 1 \right)$$

- Với :  $V_{o1}$  là điện áp tại ngõ ra C khi chưa mắc  $R_L$

$V_{o2}$  là điện áp tại ngõ ra C khi đã mắc  $R_L$

Bước 6: Xác định góc lệch pha:

- Dùng OSC đo  $V_i$ ,  $V_o$  và cho hiển thị cùng lúc ở 2 kênh CH1, CH2



Bước 7: Xác định tần số cắt dưới:

- Giữ nguyên biên độ nhưng thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , quan sát tín hiệu ngõ ra  $V_o$  trên OSC. Giảm tần số của  $V_i$  đến khi  $V_o$  giảm bằng  $V_o$  thì dừng lại, đo giá trị tần số tại vị trí hiện hành, đó chính là tần số cắt dưới  $f_L$ .

Bước 8: Xác định tần số cắt trên:

- Giữ nguyên biên độ nhưng thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , quan sát tín hiệu ngõ ra  $V_o$  trên OSC. Tăng tần số của  $V_i$  đến khi  $V_o$  giảm bằng  $V_o$  thì dừng lại, đo giá trị tần số tại vị trí hiện hành, đó chính là tần số cắt trên  $f_H$ .

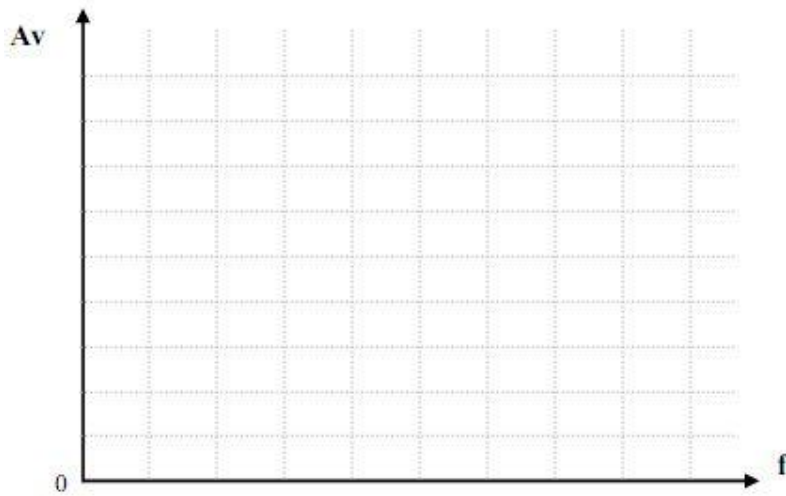
Bước 9: Vẽ đáp tuyến biên độ - tần số:

- Giữ nguyên biên độ, thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , đo  $V_o$  theo bảng sau:

**Bảng 1.5**

f (Hz)	10	50	200	500	1K	10K	50K	100K	200K	500K	1M	2M
$V_o$												
$A_v$												
$A_v(\%)$												

Bảng 1.5 - Từ các giá trị ở bảng 1.5 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số



- Từ các giá trị ở bảng 1.5 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số

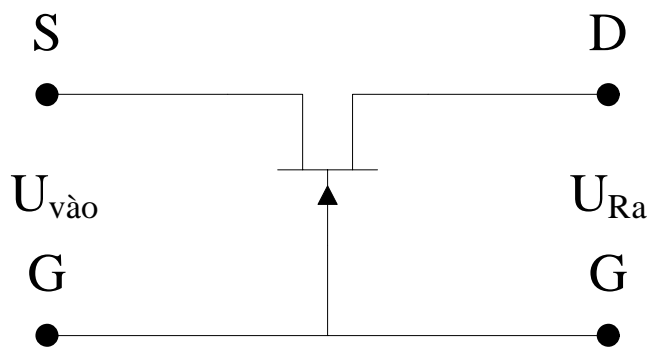
Bước 10: Thêm tụ  $C_e = 100\mu\text{F}$ , thực hiện lại các bước trên.

Bước 11: Lập bảng tổng kết

Kiểu B chung	$A_v$	$A_i$	$Z_i$	$Z_o$	$f_L$	$f_H$	$\varphi$
Kết quả đo							

- Sau khi thực hiện xong các bước trên, các nhóm ghi lại các kết quả và nhận xét trong bài báo cáo thí nghiệm.

### 3.3 Mạch khuếch đại cực cổng chung:



Hình 7.13 Mạch khuếch đại cực cổng chung

Trở kháng vào: (5-42)

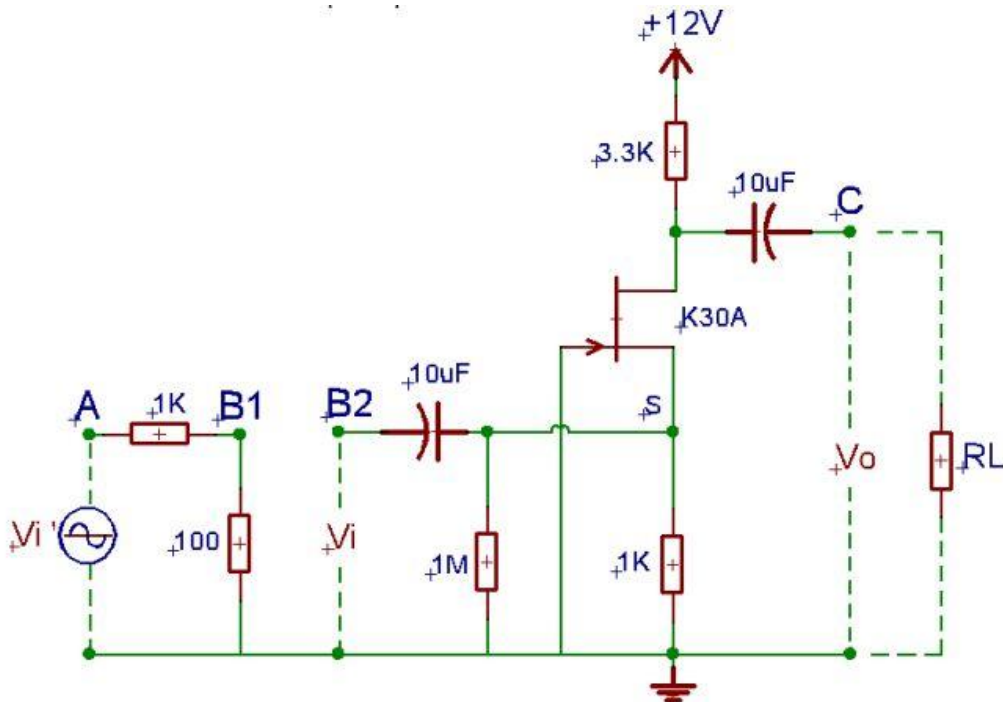
$$\cdot \text{Trở kháng vào: } R_{sg} = \frac{V_{sg}}{i_i} = \frac{r_{ds} + R_d}{m+1} \quad (5-42)$$

• Hệ số khuếch đại:

$$A_V = \frac{V_d}{V_i} = \frac{R_d}{r_i + \frac{r_{ds} + R_d}{m+1}}$$

Sơ đồ này theo nguyên tắc không được sử dụng do có trở kháng vào nhỏ, trở kháng ra lớn.

**Thực hành :**



v Yêu cầu

1. Đo và vẽ dạng sóng ngõ ra  $V_o$ , ngõ vào  $V_i$  ? Nhận xét.
2. Xác định các thông số  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ , độ lệch pha. Nhận xét kết quả.

v Hướng dẫn thực hiện

Bước 1: Cấp  $V_i$  là tín hiệu hình Sin, biên độ 3V, tần số 10KHz vào tại A.

Bước 2: Nối 2 điểm B1 và B2. Dùng OSC đo tín hiệu ra  $V_o$  ở kênh CH1, tiếp tục chỉnh biến trở sao cho  $V_o$  đạt lớn nhất nhưng không bị méo.

Bước 3: Xác định  $A_v$ : - Dùng OSC đo  $V_i$  tại B2,  $V_o$  tại C ở 2 CH1 và CH2. Vẽ lại dạng sóng và nhận xét

về biên độ.

- Sau đó tính  $A_v$  theo công thức :

Bước 4: Xác định  $Z_i$ :

- Mắc nối tiếp điện trở  $R_v=220\Omega$  giữa B1 và B2



- Với:  $V_1$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B1

$V_2$  là giá trị điện áp ngõ ra tại B2

Chú ý: Các thông số  $V_1$ ,  $V_2$  phải được đo bằng OSC.

Bước 5: Xác định  $Z_o$

- Với:  $V_{o1}$  là điện áp tại ngõ ra tại C khi chưa mắc RL

$V_{o2}$  là điện áp tại ngõ ra tại C khi đã mắc  $RL = 3,3K\Omega$

Bước 6: Xác định góc lệch pha:

- Dùng OSC đo  $V_i$ ,  $V_o$  và cho hiển thị cùng lúc ở 2 kênh CH1, CH2

- Xác định góc lệch pha theo công thức :

- Với:  $T$  là chu kỳ của tín hiệu

$\varphi$  là góc lệch pha

$a$  là độ lệch về thời gian

Bước 7: Xác định tần số cắt trên, tần số cắt dưới và băng thông

Bước 8: Vẽ đáp tuyến biên độ - tần số:

- Giữ nguyên biên độ, thay đổi tần số của tín hiệu vào  $V_i$ , đo  $V_o$  theo bảng sau: Từ các giá trị ở bảng 1.8 vẽ đáp tuyến biên độ - tần số.

Bước 9: Lập bảng tổng kết

Bảng 1.10

## 1.4 BÁO CÁO THÍ NGHIỆM

Khuếch đại tín hiệu

a. Mạch khuếch đại kiểu E chung

- Sinh viên vẽ mạch điện hình 1.4

- Đo và vẽ dạng sóng của tín hiệu ra  $V_o$ , tín hiệu vào  $V_i$ .

- Nhận xét về độ lệch pha giữa tín hiệu  $V_i$  vào và tín hiệu ra  $V_o$ .

- Chứng minh các công thức tính  $Z_i$ ,  $Z_o$ .

- Xác định các thông số  $A_v$ ,  $A_i$ ,  $Z_i$ ,  $Z_o$ ,  $\varphi$ .

- Xác định tần số cắt trên, tần số cắt dưới, băng thông. Sau đó lập bảng số liệu 1.5 và vẽ đáp ứng biên độ-tần số, nêu ý nghĩa của đáp tuyến biên độ-tần số.

- Linh kiện nào ảnh hưởng đến đáp tuyến biên độ-tần số. Giải thích.

- Tính công suất ngõ ra  $P_o$ .

- Thêm tụ  $C_e$  và thực hiện lại các bước trên. Sau đó lập bảng tổng kết 1.6 và nhận xét kết quả.

### **Bài 8: Các kiểu mạch định thiên (phân cực) Transistor trường (JFET)**

*Mục tiêu của bài:*

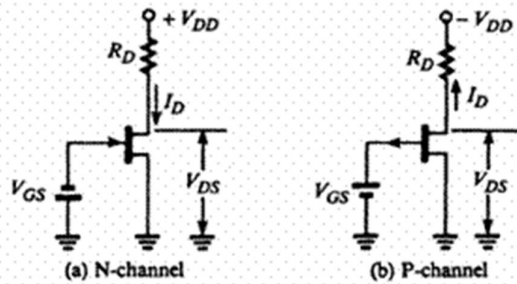
Học xong bài này học viên có khả năng:

- Trình bày đúng các kiểu mạch định thiên (phân cực) của Transistor trường.
- Phân tích đúng nguyên lý hoạt động của các kiểu định thiên
- Lắp ráp, cân chỉnh được các kiểu mạch định thiên của Transistor trường.

Nội dung:

### 1. Phân cực cố định

Cũng như đối với BJT, JFET thường được sử dụng như một mạch khuếch đại ac, do đó nó cũng phải được phân cực để tạo một thành phần dc quanh nó thành phần ac có thể thay đổi. Khi một JFET được kết nối trong cấu hình nguồn chung (common-source), điện áp ngõ vào là  $V_{GS}$  và điện áp ngõ ra là  $V_{DS}$ . Do đó, mạch phân cực phải đặt các giá trị tính cho  $V_{DS}$  và  $I_D$ . Hình 4-11 trình bày một phương pháp có thể dùng để phân cực cho JFET kênh N và kênh P.



**Hình 4-11**

Mạch phân cực cố định cho JFET kênh N và kênh P.

*Hình 8.1 Mạch phân cực cố định cho JFET kênh N và kênh P*

Chú ý là trong hình 8.1 một nguồn dc  $V_{DD}$  được sử dụng để cung cấp dòng máng cho JFET thông qua điện trở  $R_D$ , và một nguồn khác được dùng để tạo điện áp giữa cực nguồn và cực công  $V_{GS}$ . Phương pháp phân cực này được gọi là phân cực cố định (fixed bias) vì điện áp  $V_{GS}$  được giữ cố định bởi một nguồn áp. Từ hình 4-11 ta có

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D \quad (N\text{-channel})$$

$$V_{DS} = -V_{DD} + I_D R_D \quad (P\text{-channel})$$

(4-3)

Khi dùng các biểu thức này,  $V_{DD}$  phải luôn luôn có giá trị dương để đảm bảo dấu của  $V_{DS}$  là chính xác.  $V_{DS}$  phải có giá trị dương đối với JFET kênh N và có giá trị âm đối với JFET kênh P. Ví dụ trong một JFET kênh N,  $V_{DD}$  là +15 V từ cực máng đến cực nguồn, nếu  $I_D$  là 10 mA và  $R_D$  là 1 k $\Omega$ , ta có  $V_{DS} = 15 - (10 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega) = +5 \text{ V}$ . Đối với một JFET kênh P, khi điện áp nguồn  $V_{DD}$  là -15 V từ máng đến nguồn thì  $V_{DS} = -15 + (10 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega) = -5 \text{ V}$ . Biểu thức 4-3 cũng có thể được viết lại dưới dạng

$$I_D = -(1/R_D)V_{DS} + V_{DD}/R_D \quad (N\text{-channel})$$

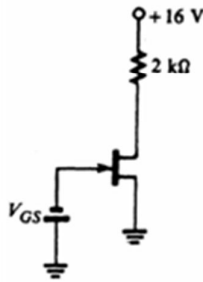
$$I_D = (1/R_D)V_{DS} + V_{DD}/R_D \quad (P\text{-channel})$$

(4-4)

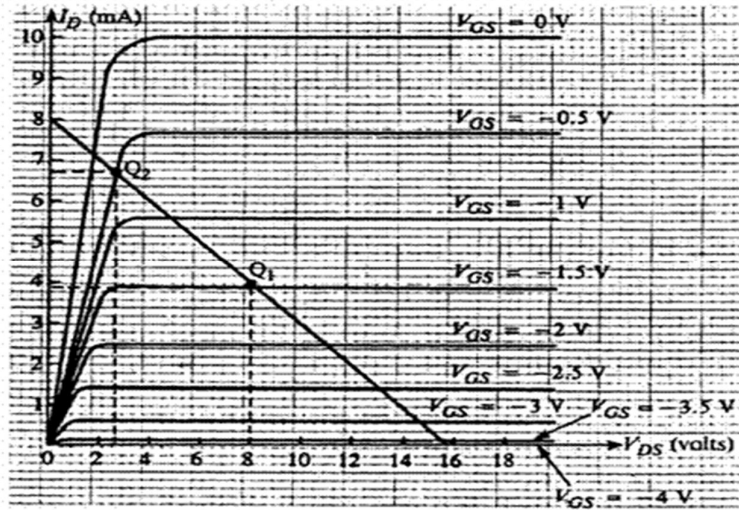
Biểu thức 4-4 là phương trình đường tải dc cho JFET kênh N và kênh P, mỗi đường có thể được vẽ trên tập hợp các đặc tuyến máng để xác định điểm làm việc tĩnh Q. Cách này cũng giống như cách đã làm đối với mạch phân cực cho BJT. Đường tải cắt trục  $V_{DS}$  tại  $V_{DD}$  và cắt trục  $I_D$  tại  $V_{DD}/R_D$ .

### Thực hành

- JFET trong hình 4-12 có đặc tuyến máng được vẽ trong hình 4-13. Tìm các giá trị tĩnh của  $I_D$  và  $V_{DS}$  khi (1)  $V_{GS} = -1.5\text{ V}$  và (2)  $V_{GS} = -0.5\text{ V}$ .



Hình 4-12  
Ví dụ 4-2.



Hình 4-13  
Ví dụ 4-2.

### Hướng dẫn

- 1. Đường tải cắt trục  $V_{DS}$  tại  $V_{DD} = +16\text{ V}$  và trục  $I_D$  tại  $I_D = (16\text{ V}) / (2\text{ k}\Omega) = 8\text{ mA}$ . Tại giao điểm của đường tải với  $V_{GS} = -1.5\text{ V}$  (điểm  $Q_1$  trên hình 4-13) giá trị của điểm tĩnh là  $I_D \approx 3.9\text{ mA}$  và  $V_{DS} \approx 8.4\text{ V}$ .
- 2. Đường tải giống như câu 1. Thay đổi  $V_{GS}$  đến  $-0.5\text{ V}$  làm cho điểm  $Q$  di chuyển đến điểm  $Q_2$ . Ta thấy là  $I_D \approx 6.7\text{ mA}$  và  $V_{DS} \approx 2.6\text{ V}$ .
- Câu 2 của ví dụ trên cho thấy một kết quả quan trọng. Lưu ý là việc thay đổi  $V_{GS}$  đến giá trị  $-0.5\text{ V}$  trong mạch phân cực của hình 4-12 làm cho điểm  $Q$  di chuyển ra khỏi vùng nghẽn và vào trong vùng điện trở phụ thuộc áp. Như đã nói, điểm  $Q$  phải nằm trong vùng nghẽn đối với các mạch khuếch đại thông thường. Để đảm bảo điểm  $Q$  nằm trong vùng nghẽn, giá trị tĩnh của  $|V_{DS}|$  phải lớn hơn  $|V_P| - |V_{GS}|$ . Điện áp nghẽn đối với linh kiện mà đặc tuyến của nó được cho trong hình 4-13 có giá trị xấp xỉ  $-4\text{ V}$ . Vì  $|V_{GS}| = 0.5\text{ V}$  và giá trị tĩnh của  $V_{DS}$  tại  $Q_2$  là  $2.6\text{ V}$ , nên biểu thức  $|V_{DS}| > |V_P| - |V_{GS}|$  không thỏa mãn. Do đó  $Q_2$  nằm ngoài vùng nghẽn.
- Giá trị của  $I_D$  cũng có thể tính được bằng cách dùng đặc tuyến truyền đạt của JFET. Vì đặc tuyến truyền đạt vẽ  $I_D$  theo  $V_{GS}$ , ta chỉ cần xác định  $V_{GS}$  và đọc giá trị  $I_D$  tương ứng. Giá trị của  $V_{DS}$  có thể tính bằng cách dùng biểu thức 4-3. Phương pháp này sử dụng đồ thị để tính và cho phép ta thấy được hoạt động bên trong của linh kiện, trong đó các biến trong mạch ảnh hưởng lẫn nhau. Giá trị tĩnh của  $V_{DS}$  và  $I_D$  cũng có thể tính bằng cách dùng các biểu thức nếu ta biết giá trị của  $I_{DSS}$  và  $V_P$ .

### Ví dụ 4-3



- Cho JFET trong hình 4-12 có  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$  và  $V_P = -4 \text{ V}$ , hãy tính giá trị tĩnh cho  $I_D$  và  $V_{DS}$  khi  $V_{GS} = -1.5 \text{ V}$ . Giả sử là JFET được phân cực trong vùng nghẽn.

- **Hướng dẫn**

- Từ biểu thức 4-2,

$$I_D = I_{DSS} (1 - V_{GS}/V_P)^2 = (10 \text{ mA}) \left(1 - \frac{-1.5}{-4}\right)^2 = 3.9 \text{ mA}$$

- Từ biểu thức 4-2,  $V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D = 16 - (3.9 \text{ mA})(2 \text{ k}\Omega) = 8.2 \text{ V}$ . Kết quả này khá chính xác so với các tính toán từ đồ thị trong ví dụ 4-3. Chú ý là ta cần phải có giả sử là JFET nằm trong vùng nghẽn. Nếu tính toán trên tạo ra kết quả  $V_{DS}$  nhỏ hơn  $|V_P| - |V_{GS}| = 2.5 \text{ V}$ , ta kết luận là linh kiện không được phân cực trong vùng nghẽn và ta phải sử dụng phương pháp khác để tính điểm Q.

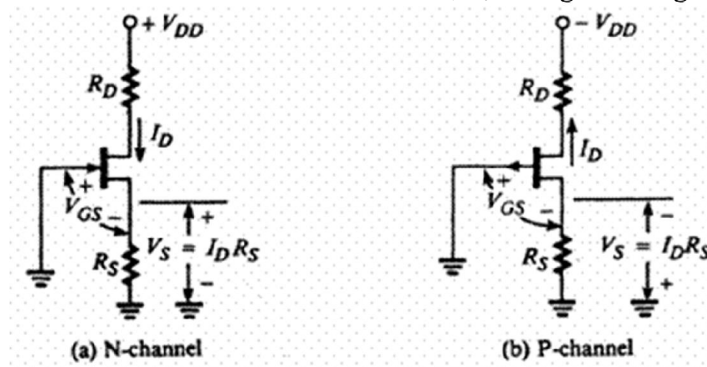
- Các giá trị của  $I_{DSS}$  và  $V_P$  có thể thay đổi rất rộng đối với các JFET khác nhau. Khi mạch phân cực cố định được dùng để xác định điểm Q, một sự thay đổi trong các thông số của JFET có thể làm cho các giá trị phân cực tĩnh thay đổi rất lớn. Giả sử là một JFET có  $I_{DSS} = 13 \text{ mA}$  và  $V_P = -4.3 \text{ V}$  được thay vào mạch phân cực hình 4-12 trong ví dụ 4-3, với  $V_{GS} = -1.5 \text{ V}$  như cũ, thì

$$I_D = (13 \text{ mA}) \left(1 - \frac{-1.5}{-4.3}\right)^2 = 5.51 \text{ mA}$$

$$V_{DS} = 16 - (5.51 \text{ mA})(2 \text{ k}\Omega) = 4.98 \text{ V}$$

- Các kết quả này cho thấy là  $I_D$  tăng 41.3% so với giá trị đã có được trong ví dụ 4-3 và  $V_{DS}$  giảm 68.7%. Do đó, ta có thể kết luận là mạch phân cực cho JFET dùng phân cực cố định có độ ổn định phân cực không được tốt.

- Hình 4-14 biểu diễn một dạng mạch phân cực có sự ổn định tốt hơn mà chỉ dùng một nguồn cung cấp. Phương pháp này được gọi là tự phân cực vì điện áp rơi trên  $R_S$  do dòng tĩnh ngõ ra gây ra sẽ xác định điện áp phân cực  $V_{GS}$ . Ta thấy là  $V_S = I_D R_S$  tại cực nguồn so với đất. Đối với JFET kênh N, điều này có nghĩa là cực nguồn là dương so với cực cổng vì cực cổng được nối đất. Nói cách khác, cực cổng là âm so với cực nguồn như yêu cầu phân cực của JFET kênh N:  $V_{GS} = -I_D R_S$ . Đối với JFET kênh P, cực cổng là dương so với cực nguồn  $V_{GS} = I_D R_S$ .



Hình 4-14  
Mạch tự phân cực.

$$V_{GS} = -I_D R_S \quad (N\text{-channel})$$

(4-5)

$$V_{GS} = I_D R_S \quad (P\text{-channel})$$

(4-6)

- Các biểu thức 4-5 và 4-6 mô tả các đường thẳng khi vẽ trên hệ trục  $V_{GS} - I_D$ . Các đường này được gọi là đường phân cực (bias line). Giá trị phân cực tĩnh của  $I_D$  có thể tìm được bằng đồ thị bằng cách vẽ đường phân cực trên cùng trục tọa độ với đặc tuyến truyền đạt. Giao điểm của hai đường này xác định vị trí của điểm  $Q$ . Ta cũng có thể giải hệ phương trình bao gồm biểu thức đường phân cực và biểu thức luật bình phương để tìm điểm làm việc tĩnh này. Giá trị phân cực tĩnh của  $V_{DS}$  có thể được tính bằng cách cộng các điện áp cho ngỏ ra trong hình 4-14:

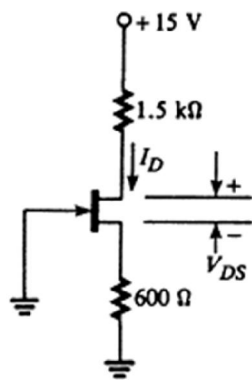
$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S) \quad (N\text{-channel})$$

$$V_{DS} = -V_{DD} + I_D (R_D + R_S) \quad (P\text{-channel})$$

(4-7)

**Ví dụ 4-4**

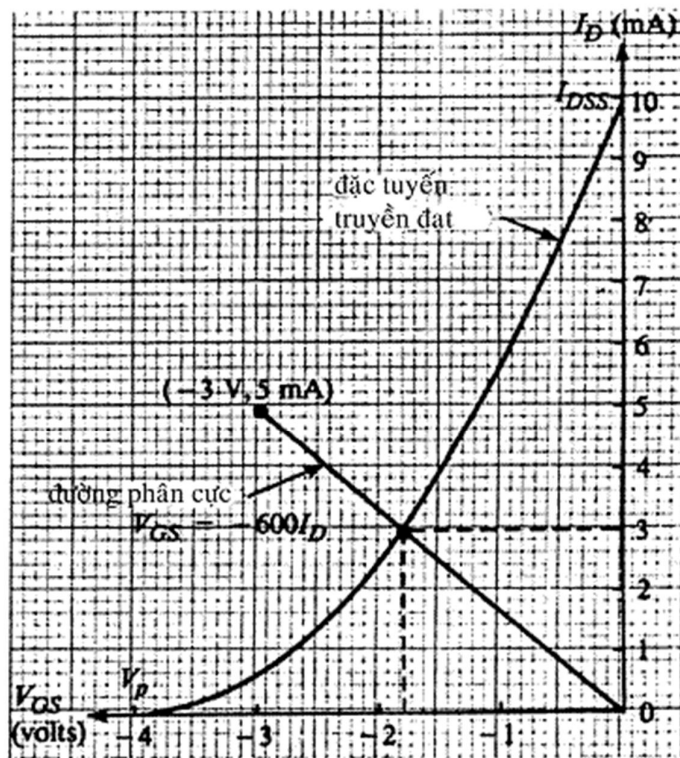
Đặc tuyến truyền đạt của JFET trong hình 4-15 được vẽ trong hình 4-16.



**Hình 4-15**

Ví dụ 4-4.

- Tìm các giá trị phân cực tĩnh cho  $I_D$  và  $V_{DS}$  bằng cách dùng đồ thị.



Hình 4-16  
 Ví dụ 4-4.

### Hướng dẫn

Vì  $R_g = 600 \Omega$ , biểu thức đường phân cực là  $V_{GS} = -600 I_D$ . Lưu ý là đường phân cực luôn luôn đi qua gốc tọa độ. Vẽ đường này lên hệ trục và xác định giao điểm của nó với đường đặc tuyến truyền đạt. Giao điểm của nó là  $I_D \approx 3 \text{ mA}$ , đó là dòng máng tĩnh. Giá trị  $V_{GS}$  tương ứng là xấp xỉ  $1.8 \text{ V}$ . Giá trị tĩnh của  $V_{DS}$  được tính bằng biểu thức 4-7.

$$V_{DS} = 15 - (3 \text{ mA})[(1.5 \text{ k}\Omega) + (0.6 \text{ k}\Omega)] = 8.7 \text{ V}$$

## 2. Phương pháp đại số - tự phân cực

Các giá trị tĩnh của  $I_D$  và  $V_{GS}$  trong mạch tự phân cực cũng có thể được tính bằng cách giải hệ phương trình như đã nói ở phần trên. Để thực hiện được phương pháp này ta cần phải biết giá trị của  $I_{DSS}$  và  $V_P$ . Cũng như trong trường hợp phân cực cố định, các kết quả chỉ có ý nghĩa nếu điểm làm việc nằm trong vùng nghẽn, nghĩa là  $|V_{DS}| > |V_P| - |V_{GS}|$ . Biểu thức 4-8 cho thấy kết quả của việc tính toán giá trị tĩnh  $I_D$ ,  $V_{DS}$ ,  $V_{GS}$  bằng phương pháp đại số. Các biểu thức này dùng được cho JFET kênh N lẫn JFET kênh P vì biểu thức dùng trị tuyệt đối của các giá trị trong tính toán.

$$I_D = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$A = R_s^2$$

$$B = -\left(2|V_p|R_s + \frac{V_p^2}{I_{DSS}}\right)$$

$$C = V_p^2$$

$$|V_{DS}| = |V_{DD}| - I_D (R_D + R_s)$$

$$|V_{GS}| = I_D R_s$$

(4-8)

**Thực hành:**

Sử dụng biểu thức 4-8 để tìm điểm phân cực trong ví dụ 4-5.

**Hướng dẫn**

Như trong hình 4-15,  $R_s = 600 \Omega$  và  $R_D = 1.5 \text{ k}\Omega$ . Đặc tuyến truyền đạt trong hình 4-16 cho thấy  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$  và  $V_p = -4 \text{ V}$ . Vì vậy, với biểu thức 4-8 ta có:

$$A = R_s^2 = 3.6 \times 10^5$$

$$B = -\left(2|V_p|R_s + \frac{V_p^2}{I_{DSS}}\right) = -\left[2(4)(600) + \frac{(-4)^2}{10 \times 10^{-3}}\right] = -6.4 \times 10^3$$

$$C = V_p^2 = 16$$

$$I_D = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} = \frac{6.4 \times 10^3 - \sqrt{40.96 \times 10^6 - 4(3.6 \times 10^5)(16)}}{2(3.6 \times 10^5)} = 3 \text{ mA}$$

$$|V_{DS}| = |V_{DD}| - I_D (R_D + R_s) = 15 \text{ V} - 3 \text{ mA} (1.5 \text{ k}\Omega + 600 \Omega) = 8.7 \text{ V}$$

$$|V_{GS}| = I_D R_s = (3 \text{ mA})(600 \Omega) = 1.8 \text{ V}$$

Vì JFET là kênh N,  $V_{GS} = -1.8 \text{ V}$ . Các kết quả này phù hợp với ví dụ 4-4. Vì  $|V_{DS}| = 8.7 \text{ V} > |V_p| - |V_{GS}| = 4 \text{ V} - 1.8 \text{ V} = 2.2 \text{ V}$ , điểm phân cực nằm trong vùng ngẽn và các kết quả là có giá trị.

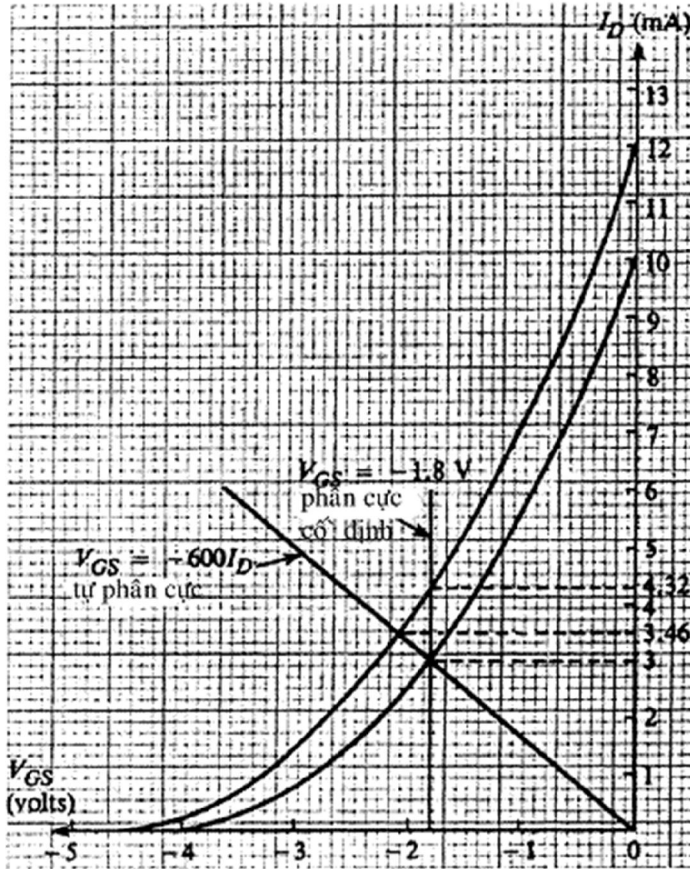
Để thấy là phương pháp tự phân cực cho độ ổn định phân cực tốt hơn phương pháp phân cực cố định, ta sẽ so sánh mức độ thay đổi giá trị tính của  $I_D$  của mỗi phương pháp, khi các thông số của JFET trong ví dụ trước bị thay đổi thành  $I_{DSS} = 12 \text{ mA}$  và  $V_p = -4.5 \text{ V}$ . Trong mỗi trường hợp, ta giả sử là điểm phân cực ban đầu (khi dùng JFET có  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$  và  $V_p = -4 \text{ V}$ ) được đặt tại  $I_D = 3 \text{ mA}$ , sau đó JFET mới được thay vào trong mạch. Ta đã thấy là  $I_D = 3 \text{ mA}$  khi  $V_{GS} = -1.8 \text{ V}$ , do đó mạch phân cực cố định có  $V_{GS}$  được xác định bằng một nguồn  $-1.8 \text{ V}$ . Khi  $I_{DSS}$  được thay đổi là  $12 \text{ mA}$  và  $V_p$  là  $-4.5 \text{ V}$ , với  $V_{GS}$  cố định tại  $-1.8 \text{ V}$ , ta tìm được giá trị mới của  $I_D$  trong mạch phân cực cố định là

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 = 4.32 \text{ mA}$$

Sự thay đổi này của  $I_D$  là khoảng 44%, từ 3 mA đến 4.32 mA.



- Bây giờ ta sẽ xem xét ảnh hưởng của việc thay đổi JFET trong mạch tự phân cực. Dùng biểu thức 4-8 ta có thể tìm được  $I_D$  là  $3.46 \text{ mA}$ . Trong trường hợp này,  $I_D$  chỉ thay đổi khoảng  $15.3\%$ , sự thay đổi này là ít hơn một nửa so với phân cực cố định.



Hình 4-17

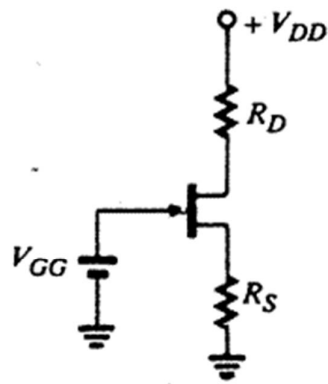
Giá trị tính của  $I_D$  ban đầu là  $3 \text{ mA}$  cho phân cực cố định và tự phân cực. Khi hàm truyền đổi thì thay đổi thì sự thay đổi của  $I_D$  trong mạch tự phân cực như thế nào hơn trong mạch phân cực cố định.

- Hình 4-17 biểu diễn đặc tuyến truyền đạt của JFET có  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$  và  $V_P = -4 \text{ V}$  và đặc tuyến truyền đạt của JFET có  $I_{DSS} = 12 \text{ mA}$  và  $V_P = -4.5 \text{ V}$ . Đường phân cực  $V_{GS} = -600 I_D$  được vẽ cắt cả hai đặc tuyến tại các điểm đã xác định được ở trên:  $3 \text{ mA}$  và  $3.46 \text{ mA}$ . Trên đồ thị còn vẽ đường thẳng đứng  $V_{GS} = -1.8 \text{ V}$ , là đường tương ứng của phương pháp phân cực cố định. Đường này cắt các đặc tuyến tại hai giá trị:  $3 \text{ mA}$  và  $4.32 \text{ mA}$ . Đồ thị này có thể cho ta thấy rõ ràng là tại sao phương pháp tự phân cực lại tạo ra ít thay đổi hơn so với phương pháp phân cực cố định khi thay đổi thông số JFET: độ dốc của đường phân cực càng nhỏ, mức độ thay đổi trong các giá trị tĩnh càng thấp.

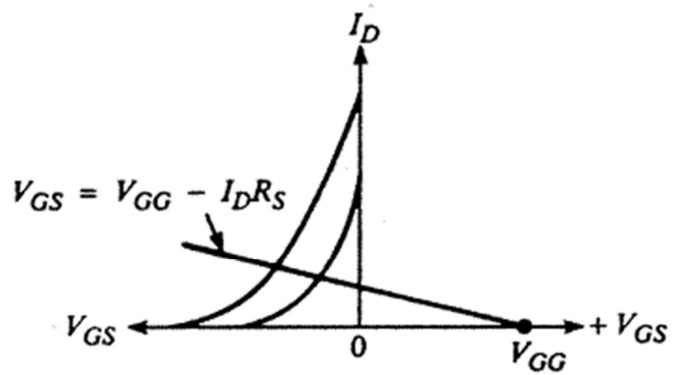
### 3. Phân cực bằng cầu chia áp

- Trên hình 4-17, ta có thể thấy là độ dốc của đường phân cực càng nhỏ thì độ thay đổi trong  $I_D$  càng thấp. Độ dốc của đường này có thể càng nhỏ hơn nữa nếu ta tăng  $R_S$ , tuy nhiên, nếu  $R_S$  quá lớn sẽ làm cho giá trị  $I_D$  trở nên quá nhỏ. Có một cách khác có thể làm giảm độ dốc của đường phân cực mà vẫn giữ cho  $I_D$  không quá nhỏ là nối một nguồn  $V_{GS}$  đến cực cổng (đối với JFET kênh N) trong mạch tự phân cực.





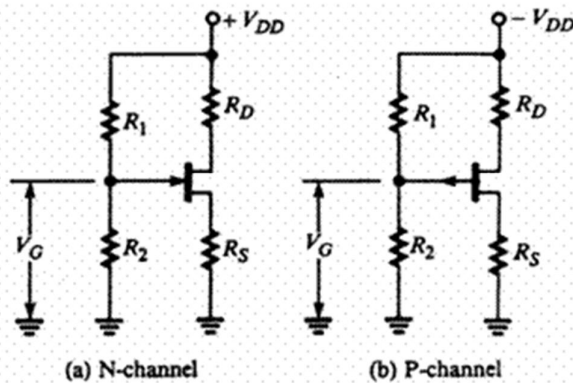
(a) Cấu hình tự phân cực khi điện áp phân cực dương



(b) Giao điểm của đường phân cực và trục V

Hình 4-18

Nguồn  $V_{GG}$  làm gì? mđ? d?c c? a đư?ng phân c?c và c?i thi?n đ? ?n đ?nh phân c?c.



(a) N-channel

(b) P-channel

Hình 4-19

Phân c?c c?c c?ng b?ng cách dùng c?u phân áp.

Hình 4-18(a) vẽ dạng phân cực này.  $V_{GG}$  làm cho điểm giao của đường phân cực và trục hoành dịch đến giá trị  $V_{GG}$  như trong hình 4-18(b). Biểu thức của đường phân cực lúc này là

$$V_{GS} = V_{GG} - I_D R_S$$

(4-9)

Trong thực tế, điện áp dương tại cực cổng được tạo ra bằng cách dùng cầu phân áp nối đến cực nguồn từ áp cung cấp  $V_{DD}$ . Đối với JFET kênh P, cực cổng phải mang điện áp âm, áp này được tạo ra từ cầu phân áp  $-V_{DD}$ . Hình 4-19 biểu diễn các dạng phân cực này. Vì điện trở ngõ vào cực cổng là rất lớn (do cấu trúc phân cực ngược), cầu chia áp không bị gánh tải, do đó khi phân tích ta có thể bỏ qua tải của cầu phân áp này (khác với cầu phân áp của phân cực cho BJT). Điện áp giữa cực cổng và đất là

$$V_G = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{DD}$$

(4-10)

Đối với JFET kênh P là  $V_G = -R_2 V_{DD} / (R_1 + R_2)$ . Biểu thức đường phân cực cho JFET kênh N và kênh P là

$$V_{GS} = V_G - I_D R_S \quad (N\text{-channel})$$

(4-11)

$$V_{GS} = V_G - I_D R_S \quad (P\text{-channel})$$

(4-12)

Lưu ý là  $V_G$  dương trong biểu thức 4-11 và âm trong biểu thức 4-12.

**Phương pháp đại số cho phương pháp phân cực dùng cầu phân áp**

Dạng tổng quát để tìm điểm phân cực trong phương pháp dùng cầu phân áp được cho trong biểu thức 4-13. Các kết quả này là đúng cho cả JFET kênh N lẫn kênh P. Các giá trị tìm được phải kiểm tra điều kiện  $|V_{DS}| > |V_P| - |V_{GS}|$  để đảm bảo là điểm làm việc nằm trong vùng nghèo. Biểu thức 4-13 cũng có thể được dùng như biểu thức 4-8 khi cho  $V_G$  là 0.

$$I_D = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$A = R_S^2$$

$$B = -\left(2(|V_P| + |V_G|)R_S + \frac{V_P^2}{I_{DSS}}\right)$$

$$C = (|V_P| + |V_G|)^2$$

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} |V_{DD}|$$

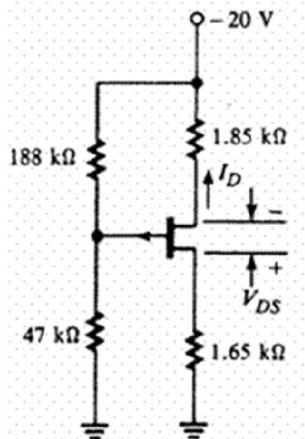
$$|V_{DS}| = |V_{DD}| - I_D (R_D + R_S)$$

$$|V_{GS}| = |V_G| - I_D R_S$$

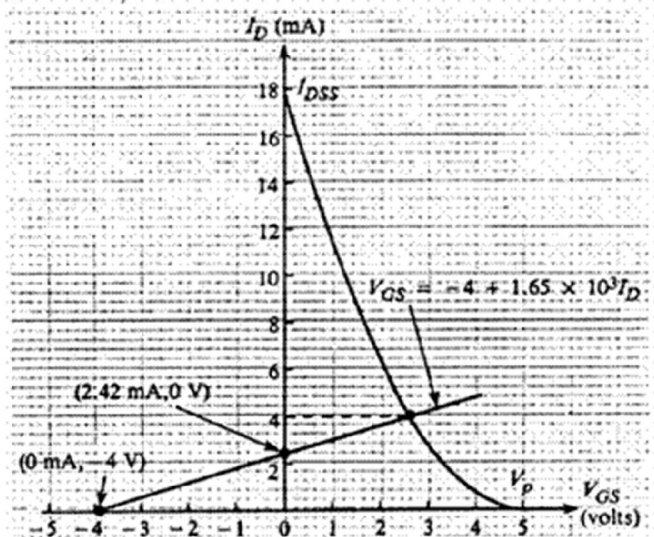
(4-13)

**Thực hành :**

JFET kênh P trong hình 4-20 có đặc tuyến truyền đạt được cho trong hình 4-21. Tìm các giá trị tĩnh cho  $I_D$  (1) bằng đồ thị và (2) bằng phương pháp đại số.



Hình 4-20  
Ví dụ 4-6.



Hình 4-21  
Ví dụ 4-6.

**Hướng dẫn**

- Để tìm biểu thức đường phân cực, ta cần tìm điện áp  $V_G$ :

$$V_G = \left( \frac{47 \times 10^3}{188 \times 10^3 + 47 \times 10^3} \right) (-20) = -4 \text{ V}$$

Từ biểu thức 4-12, đường phân cực là

$$V_{GS} = -4 + 1.65 \times 10^3 I_D \quad (4-14)$$

Đường này cắt trục  $V_{GS}$  tại  $-4 \text{ V}$ . Điểm cắt thứ hai là giao điểm với trục  $I_D$ :

$$I_D = \frac{4}{1.65 \times 10^3} = 2.42 \text{ mA}$$

Đường phân cực này được vẽ trong hình 4-21. Có thể thấy là đường phân cực này cắt đặc tuyến truyền đạt tại  $I_D \approx 4 \text{ mA}$ .

2. Từ hình 4-20,  $R_D = 1.85 \text{ k}\Omega$ ,  $R_S = 1.65 \text{ k}\Omega$  và  $V_{DD} = 20 \text{ V}$ . Từ đặc tuyến truyền đạt trong hình 4-21 ta thấy là  $V_P = 5 \text{ V}$  và  $I_{DSS} = 18 \text{ mA}$ . Trong phần (1) ta đã tính được  $V_G$  là  $-4 \text{ V}$ . Sử dụng biểu thức 4-13, ta có

$$A = R_S^2 = (1.65 \times 10^3)^2 = 2.7225 \times 10^6$$

$$B = - \left[ 2(|V_P| + |V_G|) R_S + \frac{V_P^2}{I_{DSS}} \right] = -31.09 \times 10^3$$

$$C = (|V_P| + |V_G|)^2 = 81$$

Thay các giá trị này vào biểu thức tính  $I_D$  ta có  $I_D = 4.02 \text{ mA}$ .

$$|V_{DS}| = |V_{DD}| - I_D (R_S + R_D) = 20 \text{ V} - 4.02 \text{ mA} (1.85 \text{ k}\Omega + 1.65 \text{ k}\Omega) = 5.93 \text{ V}$$

Vì JFET là kênh P nên  $V_{DS} = -5.93 \text{ mA}$ .

$$|V_{GS}| = |V_G| - I_D R_S = 4 \text{ V} - (4.02 \text{ mA})(1.65 \text{ k}\Omega) = 2.63 \text{ V}$$

Vì  $5.93 \text{ V} > 5 \text{ V} - 2.63 \text{ V} = 2.37 \text{ V}$ , các kết quả này là được chấp nhận.

#### 4-4 Thiết kế phân cực JFET

Trong thiết kế phân cực cho JFET, ta cần phải tính  $R_D$ ,  $R_S$ , và  $R_1$ ,  $R_2$  để có  $I_D$  và  $V_{DS}$  theo yêu cầu thiết kế với nguồn  $V_{DD}$  cho trước. Biểu thức 4-15 dùng cho mạch tự phân cực có thể được suy ra từ biểu thức 4-7 để tìm  $R_D$ , và giải biểu thức 4-5, 4-6 với biểu thức luật bình phương để tìm  $R_S$ . Các kết quả này có thể dùng cho JFET kênh N và kênh P.

$$R_S = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$A = I_D^2$$

$$B = -2|V_P| I_D$$

$$C = V_P^2 \left( 1 - \frac{I_D}{I_{DSS}} \right)$$

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

(4-15)

Lưu ý là giá trị  $V_G$  có thể được chọn trước nếu giới hạn mà điểm phân cực có thể thay đổi là xác định. Đường thẳng nối các điểm phân cực mong muốn khi đặc tuyến thay đổi sẽ cắt

trục hoành tại giá trị  $V_G$ . Giá trị này có thể được tính từ độ dốc của đường phân cực như trong hình 4-22.

- Với  $V_G$  đã biết,  $R_1$  có thể được tính bằng biểu thức 4-15 bằng cách chọn trước  $R_2$ . Thông thường  $R_2$  nhỏ hơn  $R_1$  vì vậy  $R_2$  xác định giới hạn trên cho điện trở ngõ vào của mạch.

$$|V_G| = \frac{I_{D1} (|V_{GS2}| - |V_{GS1}|)}{(I_{D2} - I_{D1})} - |V_{GS1}|$$

$$R_s = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$A = I_D^2$$

$$B = -2(|V_P| + |V_G|)I_D$$

$$C = (|V_P| + |V_G|)^2 - V_P^2 \frac{I_D}{I_{DSS}}$$

$$R_D = \frac{|V_{DD}| - |V_{DS}| - I_D R_s}{I_D}$$

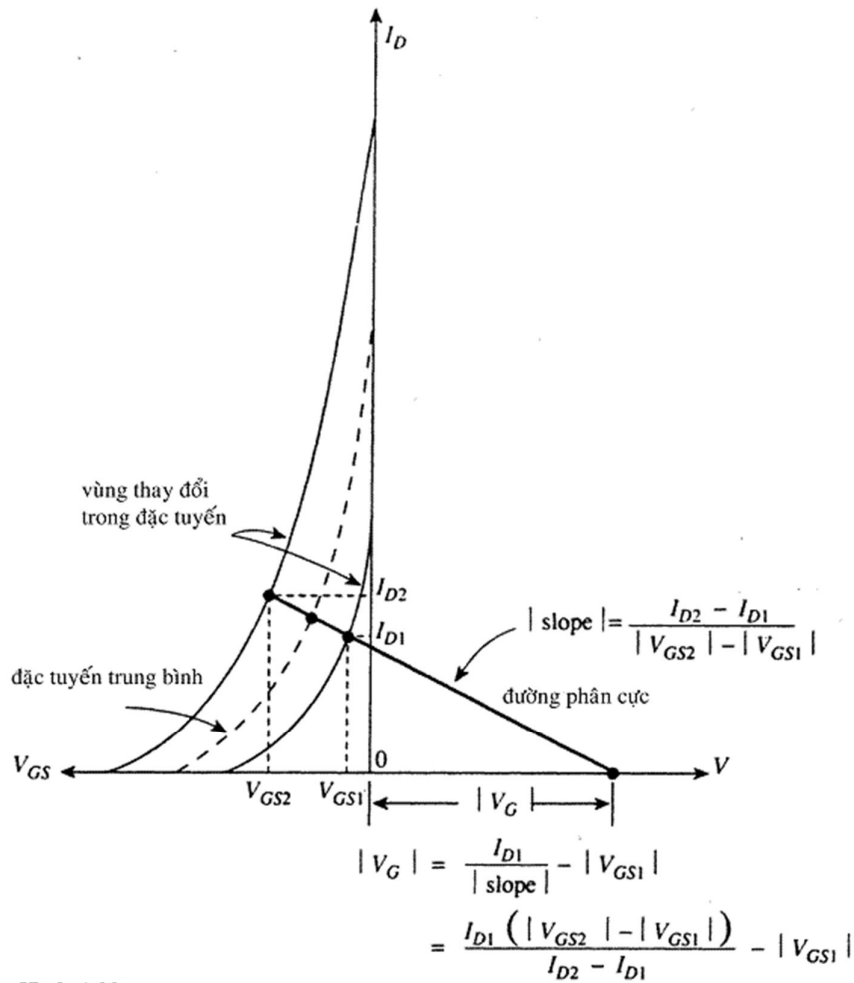
$$\text{cho } R_2, R_1 = \frac{R_2 (|V_{DD}| - |V_G|)}{|V_G|}$$

(4-16)

#### Ví dụ 4-7

- Một JFET kênh N được phân cực tại  $V_{DS} = 6 \text{ V}$  bằng một nguồn cung cấp  $V_{DD} = 15 \text{ V}$ . Đặc tuyến tối ưu của FET có  $V_P = -3.5 \text{ V}$  và  $I_{DSS} = 13.5 \text{ mA}$ . Dòng máng tĩnh không nên thay đổi quá  $\pm 0.5 \text{ mA}$  quanh giá trị tối ưu  $6 \text{ mA}$  khi đặc tuyến của JFET thay đổi từ  $V_P = -3 \text{ V}$  đến  $V_P = -4 \text{ V}$  với  $I_D$  thay đổi từ  $12 \text{ mA}$  đến  $15 \text{ mA}$ . Tìm các giá trị  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_D$ ,  $R_S$  trong mạch phân cực dùng cầu phân áp.

- Tìm giới hạn thực của  $I_D$  và  $V_{DS}$  trên giới hạn của đặc tuyến JFET khi dùng các điện trở chuẩn  $5\%$ , giả sử là các điện trở này có giá trị tối ưu.



Hình 4-22

Tính giá trị của  $|V_G|$  cho mạch dùng tụ phân áp khi biết trước giá trị  $I_{D1}$  và  $I_{D2}$  và các điểm phân cực  $(V_{GS2}, I_{D2})$  và  $(V_{GS1}, I_{D1})$ .

### Hướng dẫn

Đầu tiên ta phải tìm  $V_G$  sử dụng hình 4-22. Các giá trị  $V_{GS1}$  và  $V_{GS2}$  tương ứng với  $I_{D1} = 6.5 \text{ mA}$  và  $I_{D2} = 5.5 \text{ mA}$  là

$$V_{GS} = V_P \left( 1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} \right)$$

$$V_{GS1} = (-3 \text{ V}) \left( 1 - \sqrt{\frac{5.5 \text{ mA}}{12 \text{ mA}}} \right) = -0.969 \text{ V}$$

Do đó

$$V_{GS2} = (-4 \text{ V}) \left( 1 - \sqrt{\frac{6.5 \text{ mA}}{15 \text{ mA}}} \right) = -1.367 \text{ V}$$

Và

Từ hình 4-22,

$$\begin{aligned}
 V_G &= \frac{I_{D1} (|V_{GS2}| - |V_{GS1}|)}{I_{D2} - I_{D1}} - |V_{GS1}| = \\
 &= \frac{5.5 \text{ mA} (1.367 \text{ V} - 0.969 \text{ V})}{6.5 \text{ mA} - 5.5 \text{ mA}} - 0.969 \text{ V} = 1.22 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Dùng biểu thức 4-16,

$$A = I_D^2 = 36 \times 10^{-6}$$

$$B = -2(|V_P| + |V_G|)I_D = -2(3.5 + 1.22)(6 \times 10^{-3}) = -56.64 \times 10^{-3}$$

$$C = (|V_P| + |V_G|)^2 - \frac{V_P^2 I_D}{I_{DSS}} = (3.5 + 1.22)^2 - (3.5)^2 \left( \frac{6 \text{ mA}}{13.5 \text{ mA}} \right) = 16.83$$

$$R_S = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} = \frac{56.64 \times 10^{-3} - \sqrt{(56.64 \times 10^{-3})^2 - 4(36 \times 10^{-6})(16.83)}}{2(36 \times 10^{-6})} = 398 \Omega$$

$$R_D = \frac{|V_{DD}| - |V_{DS}| - I_D R_S}{I_D} = \frac{15 \text{ V} - 6 \text{ V} - (6 \text{ mA})(398 \Omega)}{6 \text{ mA}} = 1.1 \text{ k}\Omega$$

Chọn  $R_2 = 330 \text{ k}\Omega$  ta có

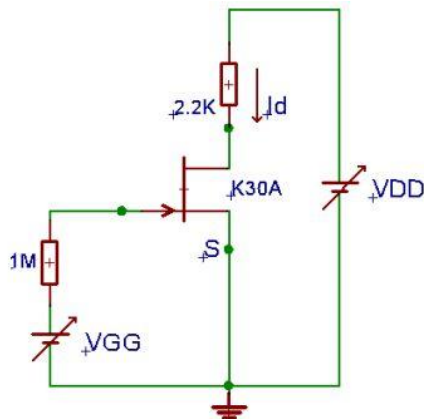
$$R_1 = \frac{R_2 (|V_{DD}| - |V_G|)}{|V_G|} = \frac{(330 \text{ k}\Omega)(15 \text{ V} - 1.22 \text{ V})}{1.22 \text{ V}} = 3.7 \text{ M}\Omega$$

Các giá trị điện trở chuẩn 5% gần nhất là  $R_S = 390 \Omega$ ,  $R_D = 1.1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 3.6 \text{ M}\Omega$  và  $R_2 = 330 \text{ k}\Omega$ . Dùng các giá trị này trong biểu thức 4-18 ta có thể tìm được giới hạn của  $I_D$  là từ 5.65 mA đến 6.65 mA khi  $V_{DS}$  thay đổi từ 5.09 V đến 6.58 V trên giới hạn thay đổi của đặc tuyến JFET.

### Thực hành : Khảo sát đặc tuyến Volt-Ampe của JFET (JFET kênh N)

a. Đặc tuyến ngõ ra

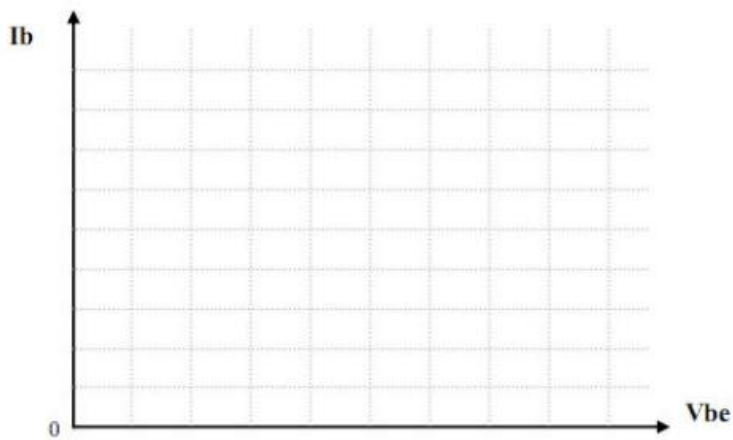
Sinh viên mắc mạch điện như hình 2.1:



- Thay đổi các điện áp VGG và VDD, và ghi các giá trị vào bảng sau:

V <sub>GS</sub> (V)	V <sub>DS</sub> (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	I <sub>D</sub>													
0,4	I <sub>D</sub>													
0,8	I <sub>D</sub>													
1	I <sub>D</sub>													
1,2	I <sub>D</sub>													
1,6	I <sub>D</sub>													
2	I <sub>D</sub>													

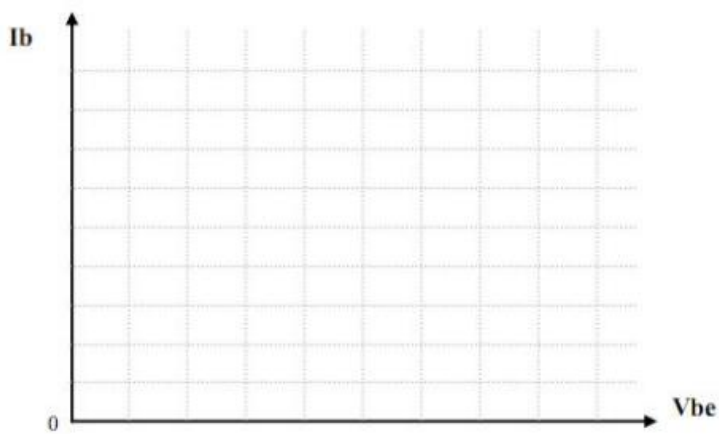
- Từ các số liệu trong bảng 2.1, vẽ đặc tuyến ra :  $I_D = f(V_{DS})$  với  $V_{GS} = \text{const}$



- Nêu ý nghĩa đặc tuyến ra

b. Đặc tuyến truyền đạt

- Từ các số liệu trong bảng 2.1, vẽ đặc tuyến truyền đạt :  $I_D = f(V_{GS})$  với  $V_{DS} = \text{const}$ .



Khảo sát đặc tuyến Volt-Ampe

- Sinh viên vẽ lại mạch điện hình 2.1
- Lập bảng số liệu 2.1
- Vẽ các đặc tuyến truyền đạt và đặc tuyến ngõ ra tương ứng với các giá trị trong bảng số liệu. Nhận xét và nêu ý nghĩa của các đặc tuyến Volt-Ampe.



## Bài 9: Các linh kiện bốn mặt tiếp giáp

Mục tiêu của bài:

- Trình bày đúng cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động và ứng dụng của các linh kiện.
- Xác định đúng cực tính, chất lượng của các linh kiện.

Nội dung của bài:

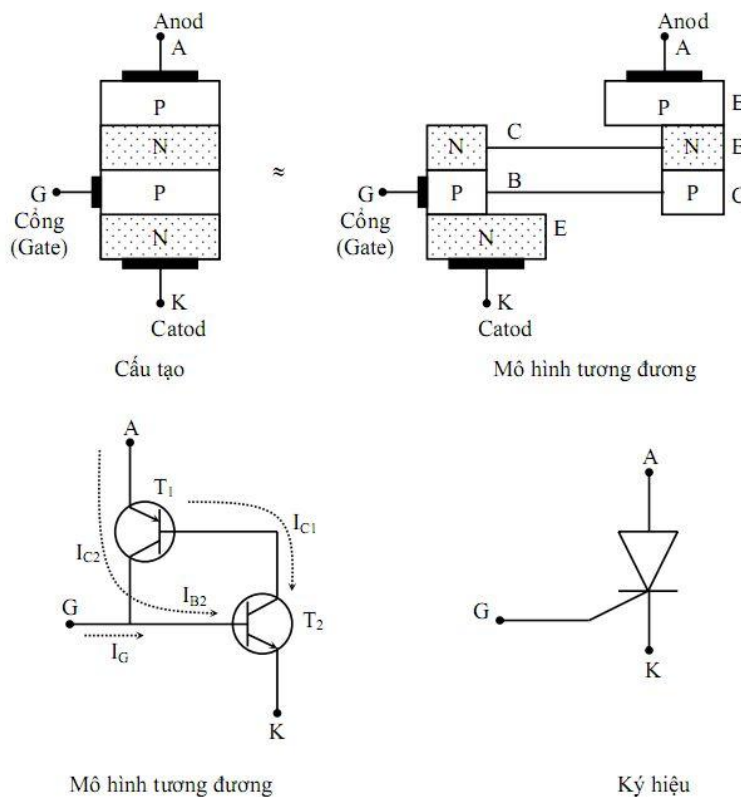
### 1. Thyristor (SCR)

#### 1.1 Cấu tạo ,kí hiệu quy ước.

- Cấu tạo, kí hiệu quy ước.

Cấu tạo và đặc tính:

SCR được cấu tạo bởi 4 lớp bán dẫn PNP (có 3 nối PN). Như tên gọi ta thấy SCR là một diode chỉnh lưu được kiểm soát bởi cổng silicium. Các tiếp xúc kim loại được tạo ra các cực Anod A, Catot K và cổng G.

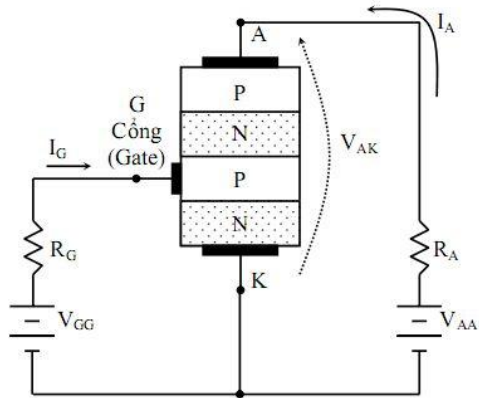


Hình 9.1 Cấu tạo và kí hiệu của SCR

#### 1.2 Nguyên lý hoạt động

Nếu ta mắc một nguồn điện một chiều  $V_{AA}$  vào SCR như hình sau. một dòng điện nhỏ  $I_G$  kích vào cực cổng G sẽ làm nối PN giữa cực cổng G và catot K dẫn phát khởi dòng

điện anod  $I_A$  qua SCR lớn hơn nhiều. Nếu ta đổi chiều nguồn  $V_{AA}$  (cực dương nối với



catod, cực âm nối với anod) sẽ không có dòng điện qua SCR cho dù có dòng điện kích  $I_G$ . Như vậy ta có thể hiểu SCR như một diode nhưng có thêm cực cổng G và để SCR dẫn điện phải có dòng điện kích  $I_G$  vào cực cổng.

Ta thấy SCR có thể coi như tương đương với hai transistor PNP và NPN liên kết nhau qua ngõ nền và thu.

Khi có một dòng điện nhỏ  $I_G$  kích vào cực nền của Transistor NPN T1 tức cổng G của SCR. Dòng điện  $I_G$  sẽ tạo ra dòng cực thu  $I_{C1}$  lớn hơn, mà  $I_{C1}$  lại chính là dòng nền  $I_{B2}$  của transistor PNP T2 nên tạo ra dòng thu  $I_{C2}$  lại lớn hơn trước... Hiện tượng này cứ tiếp tục nên cả hai transistor nhanh chóng trở nên bão hòa. Dòng bão hòa qua hai transistor chính là dòng anod của SCR. Dòng điện này tùy thuộc vào  $V_{AA}$  và điện trở tải  $R_A$ .

Cơ chế hoạt động như trên của SCR cho thấy dòng  $I_G$  không cần lớn và chỉ cần tồn tại trong thời gian ngắn. Khi SCR đã dẫn điện, nếu ta ngắt bỏ  $I_G$  thì SCR vẫn tiếp tục dẫn điện, nghĩa là ta không thể ngắt SCR bằng cực cổng, đây cũng là một nhược điểm của SCR so với transistor.

Người ta chỉ có thể ngắt SCR bằng cách cắt nguồn  $V_{AA}$  hoặc giảm  $V_{AA}$  sao cho dòng điện qua SCR nhỏ hơn một trị số nào đó (tùy thuộc vào từng SCR) gọi là dòng điện duy trì  $I_H$  (holding current).

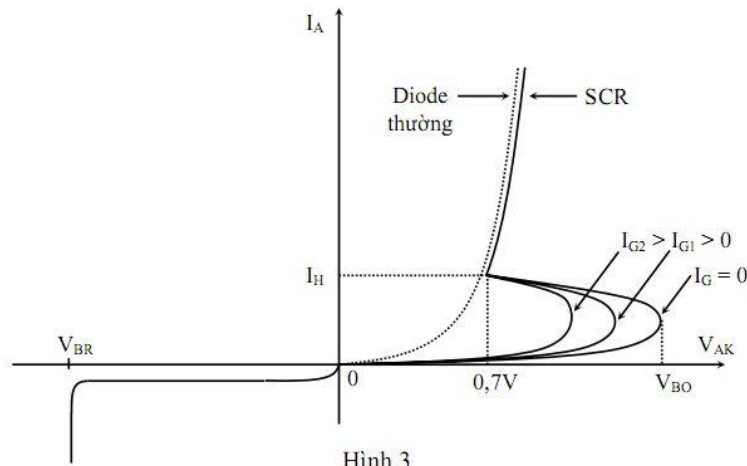
### Đặc tuyến Volt-Ampere của SCR:

Đặc tuyến này trình bày sự biến thiên của dòng điện anod  $I_A$  theo điện thế anod-catod  $V_{AK}$  với dòng cổng  $I_G$  coi như thông số.

- Khi SCR được phân cực nghịch (điện thế anod âm hơn điện thế catod), chỉ có một dòng điện rỉ rất nhỏ chạy qua SCR.

- Khi SCR được phân cực thuận (điện thế anod dương hơn điện thế catod), nếu ta nối tắt (hoặc để hở) nguồn  $V_{GG}$  ( $I_G=0$ ), khi  $V_{AK}$  còn nhỏ, chỉ có một dòng điện rất nhỏ chạy qua SCR (trong thực tế người ta xem như SCR không dẫn điện), nhưng khi  $V_{AK}$  đạt đến một trị số nào đó (tùy thuộc vào từng SCR) gọi là điện thế quay về  $V_{BO}$  thì điện thế  $V_{AK}$  tự động sụt xuống khoảng 0,7V như diode thường. Dòng điện tương ứng bây giờ chính là dòng điện duy trì  $I_H$ . Từ bây giờ, SCR chuyển sang trạng thái dẫn điện và có đặc tuyến gần giống như diode thường.

Nếu ta tăng nguồn  $V_{GG}$  để tạo dòng kích  $I_G$ , ta thấy điện thế quay về nhỏ hơn và khi dòng kích  $I_G$  càng lớn, điện thế quay về  $V_{BO}$  càng nhỏ.



Hình 3

Hình 9.2 Đặc tuyến của SCR

### Các thông số của SCR:

Sau đây là các thông số kỹ thuật chính của SCR

#### - Dòng thuận tối đa:

Là dòng điện anod  $I_A$  trung bình lớn nhất mà SCR có thể chịu đựng được liên tục.

Trong trường hợp dòng lớn, SCR phải được giải nhiệt đầy đủ. Dòng thuận tối đa tùy thuộc vào mỗi SCR, có thể từ vài trăm mA đến hàng trăm Ampere.

#### - Điện thế ngược tối đa:

Đây là điện thế phân cực nghịch tối đa mà chưa xảy ra sự hủy thác (breakdown).

Đây là trị số  $V_{BR}$  ở hình trên. SCR được chế tạo với điện thế nghịch từ vài chục volt đến hàng ngàn volt.

#### - Dòng chốt (latching current):

Là dòng thuận tối thiểu để giữ SCR ở trạng thái dẫn điện sau khi SCR từ trạng thái ngưng sang trạng thái dẫn. Dòng chốt thường lớn hơn dòng duy trì chút ít ở SCR công suất nhỏ và lớn hơn dòng duy trì khá nhiều ở SCR có công suất lớn.

#### - Dòng cổng tối thiểu (Minimum gate current):

Như đã thấy, khi điện thế  $V_{AK}$  lớn hơn  $V_{BO}$  thì SCR sẽ chuyển sang trạng thái dẫn điện mà không cần dòng kích  $I_G$ . Tuy nhiên trong ứng dụng, thường người ta phải tạo ra một dòng cổng để SCR dẫn điện ngay. Tùy theo mỗi SCR, dòng cổng tối thiểu từ dưới 1mA đến vài chục mA. Nói chung, SCR có công suất càng lớn thì cần dòng kích lớn. Tuy nhiên, nên chú ý là dòng cổng không được quá lớn, có thể làm hỏng nối cổng-catod của SCR

#### - Thời gian mở (turn - on time):

Là thời gian từ lúc bắt đầu có xung kích đến lúc SCR dẫn gần bảo hòa (thường là

0,9 lần dòng định mức). Thời gian mở khoảng vài  $\mu\text{S}$ . Như vậy, thời gian hiện diện của xung kích phải lâu hơn thời gian mở.

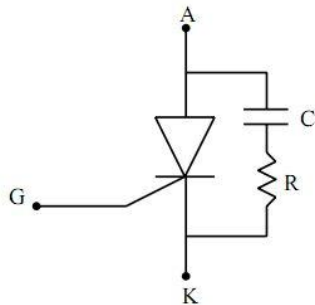
#### - Thời gian tắt (turn - off time):

Để tắt SCR, người ta giảm điện thế  $V_{AK}$  xuống 0Volt, tức dòng anod cũng bằng 0. Thế nhưng nếu ta hạ điện thế anod xuống 0 rồi tăng lên ngay thì SCR vẫn dẫn điện mặc dù không có dòng kích. Thời gian tắt SCR là thời gian từ lúc điện thế  $V_{AK}$  xuống 0 đến lúc lên cao trở lại mà SCR không dẫn điện trở lại. Thời gian này lớn hơn thời gian mở, thường khoảng vài chục  $\mu\text{S}$ . Như vậy, SCR là linh kiện chậm, hoạt động ở tần số thấp, tối đa khoảng vài chục KHz.

#### - Tốc độ tăng điện thế $dv/dt$ :

Ta có thể làm SCR dẫn điện bằng cách tăng điện thế anod lên đến điện thế quay về

$V_{BO}$  hoặc bằng cách dùng dòng kích cực công. Một cách khác là tăng điện thế anod nhanh tức  $dv/dt$  lớn mà bản thân điện thế  $V$  anod không cần lớn. Thông số  $dv/dt$  là tốc độ tăng thế lớn nhất mà SCR chưa dẫn, vượt trên vị trí này SCR sẽ dẫn điện. Lý do là có một điện dung nội  $C_b$  giữa hai cực nền của transistor trong mô hình tương đương của SCR. dòng điện qua tụ là Dòng điện này chạy vào cực nền của  $T_1$ . Khi  $dV/dt$  đủ lớn thì  $i_{cb}$  lớn đủ sức kích SCR. Người ta thường tránh hiện tượng này bằng cách mắc một tụ  $C$  và điện trở  $R$  song song với SCR để chia bớt dòng  $i_{cb}$ .

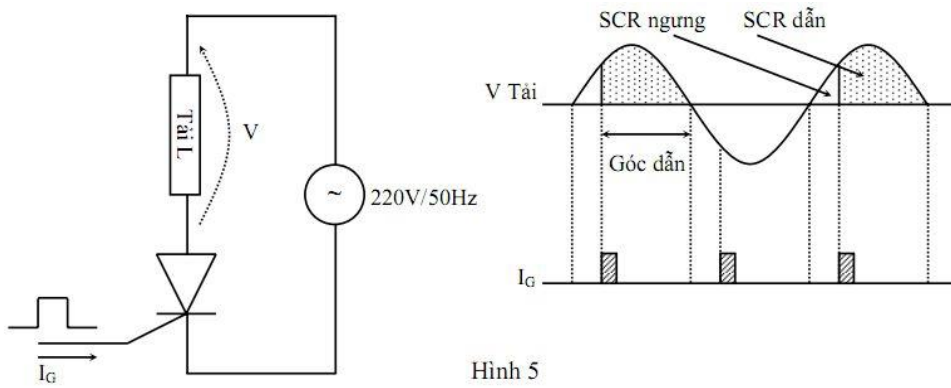


#### Tốc độ tăng dòng thuận tối đa $di/dt$

Đây là trị số tối đa của tốc độ tăng dòng anod. Trên trị số này SCR có thể bị hư. Lý do là khi SCR chuyển từ trạng thái ngưng sang trạng thái dẫn, hiệu thế giữa anod và catod còn lớn trong lúc dòng điện anod tăng nhanh khiến công suất tiêu tán tức thời có thể quá lớn. Khi SCR bắt đầu dẫn, công suất tiêu tán tập trung ở gần vùng cổng nên vùng này dễ bị hư hỏng. Khả năng chịu đựng của  $di/dt$  tùy thuộc vào mỗi SCR.

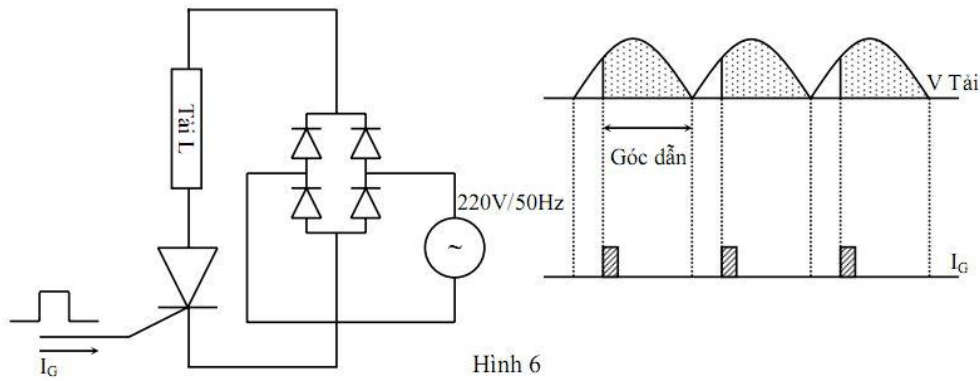
#### SCR hoạt động ở điện thế xoay chiều

Khi SCR hoạt động ở điện thế xoay chiều tần số thấp (thí dụ 50Hz hoặc 60Hz) thì vấn đề tắt SCR được giải quyết dễ dàng. Khi không có xung kích thì mạng điện xuống gần 0V, SCR sẽ ngưng. Dĩ nhiên ở bán kỳ âm SCR không hoạt động mặc dù có xung kích.



Hình 5

- Để tăng công suất cho tải, người ta cho SCR hoạt động ở nguồn chỉnh lưu toàn kỳ.

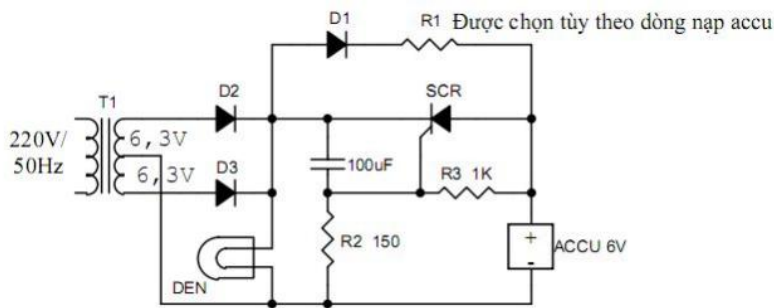


Hình 6

Vì điện 50Hz có chu kỳ  $T=1/50=20\text{ms}$  nên thời gian điện thế xấp xỉ 0V đủ làm ngưng SCR.

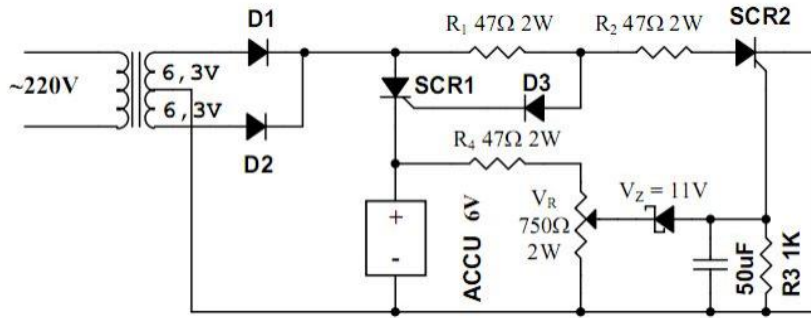
### 1.3 Ứng dụng

#### Mạch đèn khẩn cấp khi mất điện:



Bình thường đèn 6V cháy sáng nhờ nguồn điện qua mạch chỉnh lưu. Lúc này SCR ngưng dẫn do bị phân cực nghịch, accu được nạp qua D<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>. Khi mất điện, nguồn điện accu sẽ làm thông SCR và thắp sáng đèn.

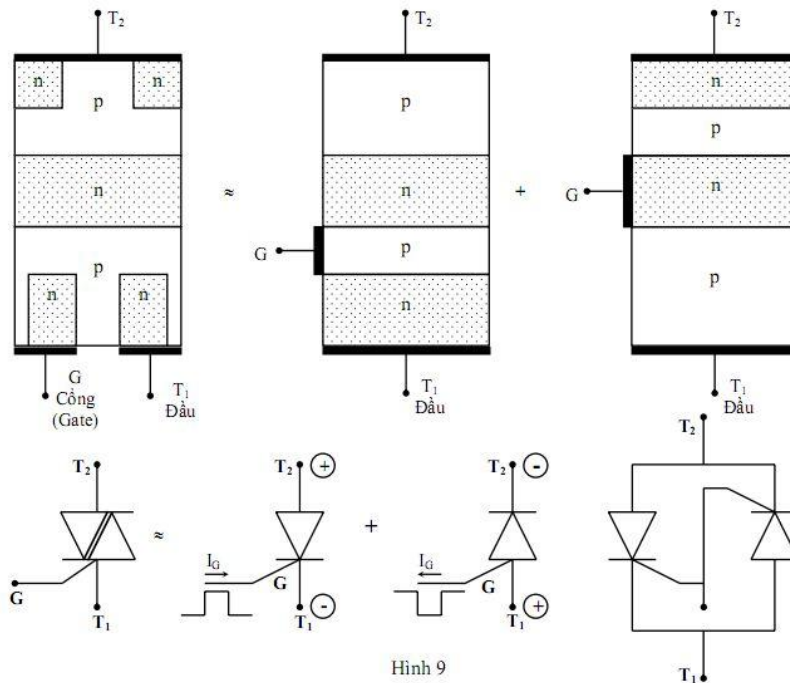
- Mạch nạp accu tự động (trang sau)



- Khi accu nạp chưa đầy, SCR<sub>1</sub> dẫn, SCR<sub>2</sub> ngưng
- Khi accu đã nạp đầy, điện thế cực dương lên cao, kích SCR<sub>2</sub> làm SCR<sub>2</sub> dẫn, chia bớt dòng nạp bảo vệ accu.
- VR dùng để chỉnh mức bảo vệ (giảm nhỏ dòng nạp)
- Nguyên lý hoạt động.
- Ứng dụng.

### Thực hành xác định cực tính và chất lượng của SCR.

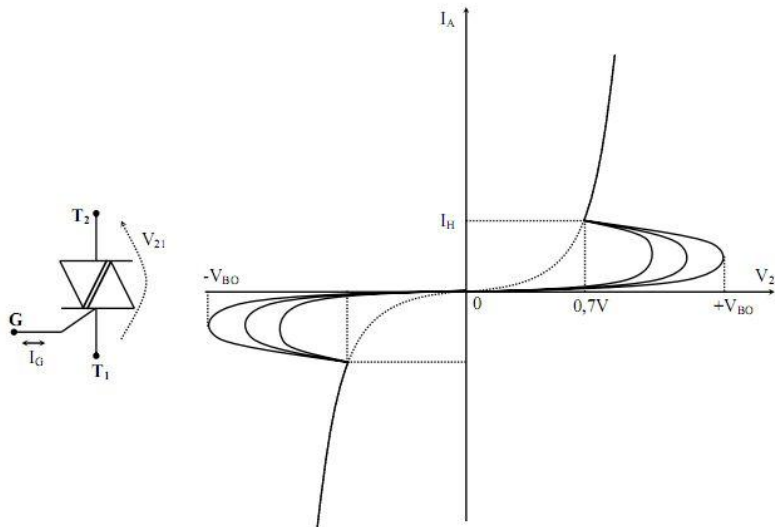
Cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động và ứng dụng của TRIAC



Thường được coi như một SCR lưỡng hướng vì có thể dẫn điện theo hai chiều. Hình sau đây cho thấy cấu tạo, mô hình tương đương và cấu tạo của Triac.

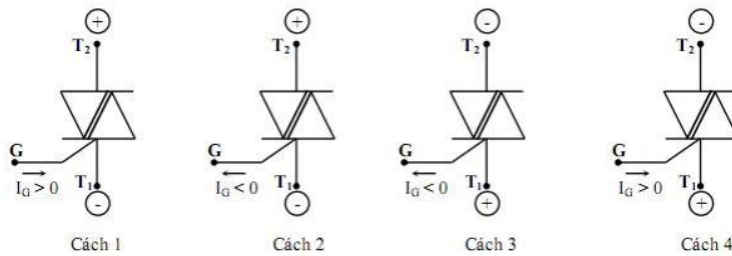
Như vậy, ta thấy Triac như gồm bởi một SCR PNPN dẫn điện theo chiều từ trên xuống dưới, kích bởi dòng cổng dương và một SCR NPNP dẫn điện theo chiều từ dưới lên kích bởi dòng cổng âm. Hai cực còn lại gọi là hai đầu cuối chính (main terminal).

- Do đầu T<sub>2</sub> dương hơn đầu T<sub>1</sub>, để Triac dẫn điện ta có thể kích dòng cổng dương và khi đầu T<sub>2</sub> âm hơn T<sub>1</sub> ta có thể kích dòng cổng âm.

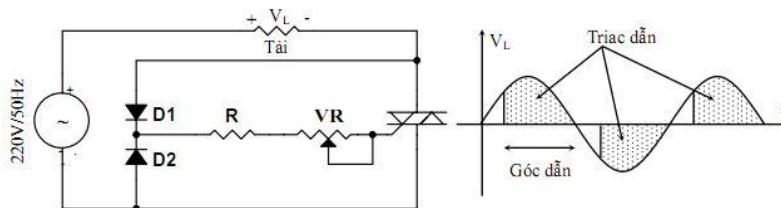


- Như vậy đặc tuyến V-I của Triac có dạng sau:

- Thật ra, do sự tương tác của vùng bán dẫn, Triac được nẩy theo 4 cách khác nhau, được trình bày bằng hình vẽ sau đây



Cách (1) và cách (3) nhạy nhất, kể đến là cách (2) và cách (4). Do tính chất dẫn điện cả hai chiều, Triac dùng trong mạng điện xoay chiều thuận lợi hơn SCR. Thí dụ sau đây cho thấy ứng dụng của Triac trong mạng điện xoay chiều.

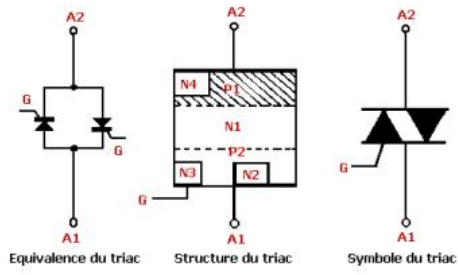
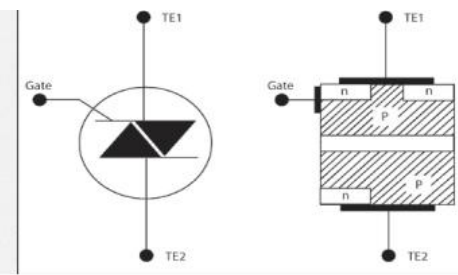
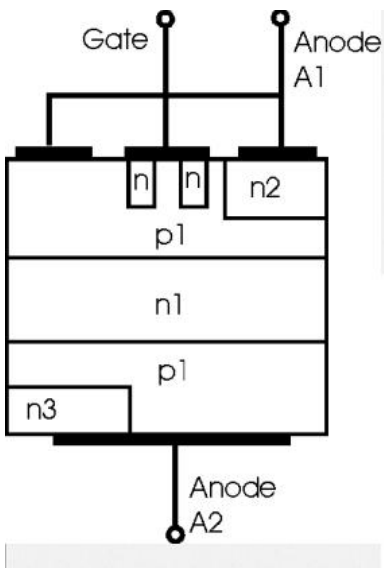
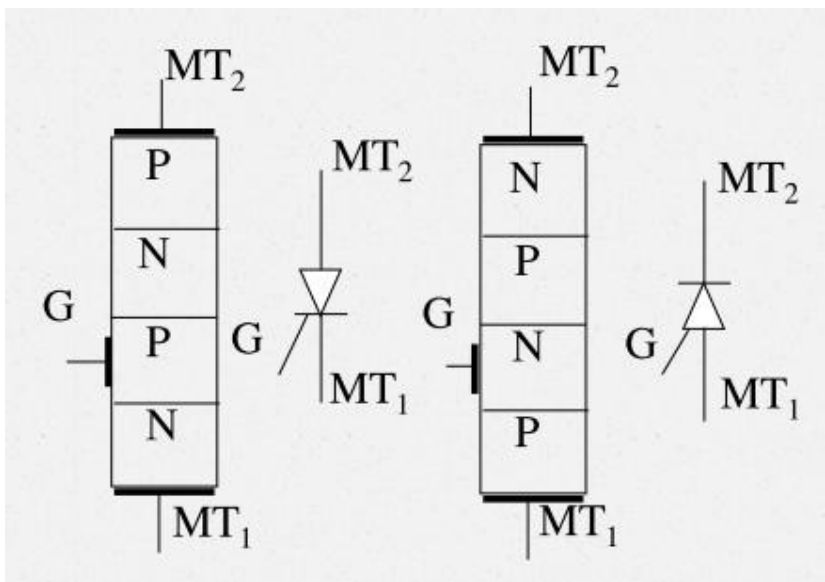
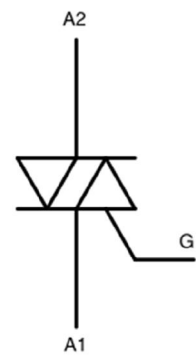
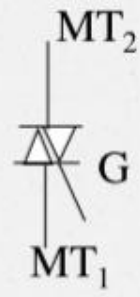
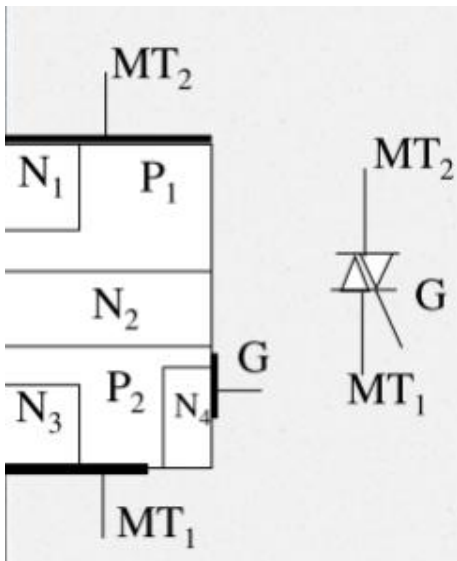


## 2. TRIAC

### 2.1 Cấu tạo, kí hiệu, quy ước

**TRIAC** (viết tắt của *Triode for Alternating Current*) là phân tử bán dẫn gồm năm lớp bán dẫn, tạo nên cấu trúc p-n-p-n như ở thyristor theo cả hai chiều giữa các cực T1 và T2, do đó có thể dẫn dòng theo cả hai chiều giữa T1 và T2. TRIAC có thể coi tương đương với hai thyristor đấu song song ngược. để điều khiển Triac ta chỉ cần cấp xung cho chân G của Triac.

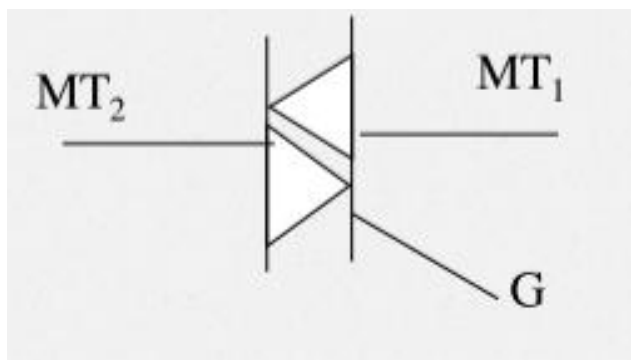






## 2.1 Nguyên lý hoạt động

Như đã trình bày ở trên, thyristor là dụng cụ chỉ mở khi phân áp U A-K dương. Nếu như mắc hai thyristor ngược chiều nhau, có thể điều khiển mở hai chiều, có thể điều khiển chúng mở tương ứng với cả chiều thế phân cực âm dương. Trong trường hợp này cần có hai tín hiệu điều khiển đồng bộ với nhau. Triac là dụng cụ tương đương với hai thyristor mắc ngược nhau có chung một cực điều khiển. Do làm việc với cả nguồn phân cực âm và dương, khái niệm của Anode và Cathode của triac không phù hợp. Được quy ước sử dụng ký hiệu T2 (hoặc B2) và T1 (B1) cho các cực đối rava các cực điều khiển G ở gần T1.



## 2.3 Ứng dụng



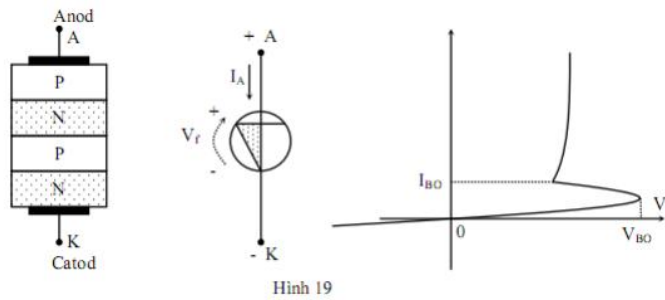
*Máy hàn nhựa cầm tay Triac S*

TRIAC đặc biệt hữu ích trong các ứng dụng điều chỉnh điện áp xoay chiều và các công-tắc-tơ tĩnh.

## 3. DIAC

### 3.1 Cấu tạo, kí hiệu quy ước.

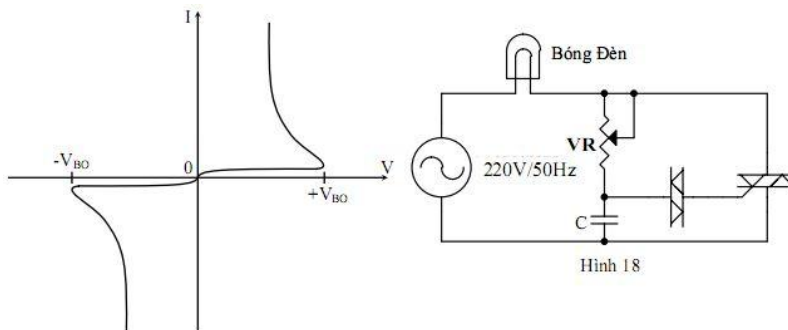
Về cấu tạo, DIAC giống như một SCR không có cực cổng hay đúng hơn là một transistor không có cực nền. Hình sau đây mô tả cấu tạo, ký hiệu và mạch tương đương của DIAC



Hình 19

### 3.2 Nguyên lý hoạt động

- Khi áp một hiệu điện thế một chiều theo một chiều nhất định thì khi đến điện thế  $V_{BO}$ , DIAC dẫn điện và khi áp hiệu thế theo chiều ngược lại thì đến trị số  $-V_{BO}$  DIAC cũng dẫn điện, DIAC thể hiện một điện trở âm (điện thế hai đầu DIAC giảm khi dòng điện qua DIAC tăng). Từ các tính chất trên, DIAC tương đương với hai Diode Zener mắc đối đầu. Thực tế, khi không có DIAC, người ta có thể dùng hai Diode Zener có điện thế Zener thích hợp để thay thế. (Hình 17)
- Trong ứng dụng, DIAC thường dùng để mở Triac. Thí dụ như mạch điều chỉnh độ sáng của bóng đèn (Hình 18)



Hình 18

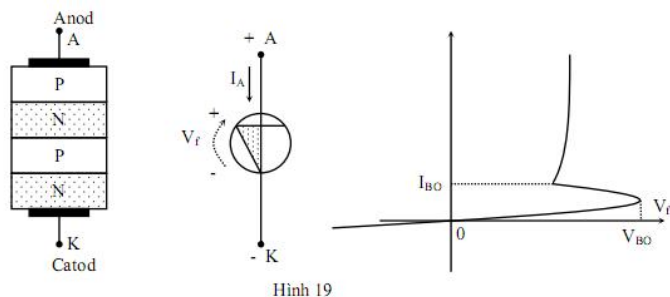
- Ở bán kỳ dương thì điện thế tăng, tụ nạp điện cho đến điện thế  $V_{BO}$  thì DIAC dẫn, tạo dòng kích cho Triac dẫn điện. Hết bán kỳ dương, Triac tạm ngưng. Đến bán kỳ âm tụ C nạp điện theo chiều ngược lại đến điện thế  $-V_{BO}$ , DIAC lại dẫn điện kích Triac dẫn điện. Ta thay đổi VR để thay đổi thời hằng nạp điện của tụ C, do đó thay đổi góc dẫn của Triac đưa đến làm thay đổi độ sáng của bóng đèn

### 3.3 Ứng dụng.

#### Thực hành xác định cực tính và chất lượng của DIAC.

Cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động và ứng dụng của điốt 4 lớp

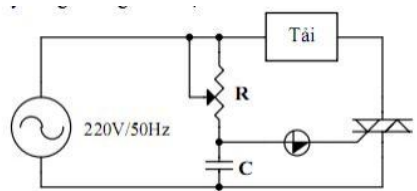
- Cấu tạo, kí hiệu quy ước.
- Diode Shockley gồm có 4 lớp bán dẫn PNP (diode 4 lớp) nhưng chỉ có hai cực. Cấu tạo cơ bản và ký hiệu cùng với đặc tuyến Volt-Ampere khi phân cực thuận được mô tả ở hình vẽ sau đây:



Hình 19

- Ta thấy đặc tuyến giống như SCR lúc dòng cổng  $I_G=0V$ , nhưng điện thế quay về  $V_{BO}$  của Diode Shockley nhỏ hơn nhiều. Khi ta tăng điện thế phân cực thuận, khi điện thế anod-catod tới trị số  $V_{BO}$  thì Diode Shockley bắt đầu dẫn, điện thế hai đầu giảm nhỏ và sau đó hoạt động như Diode bình thường.

Áp dụng thông thường của Diode Shockley là dùng để kích SCR. Khi phân cực nghịch, Diode Shockley cũng không dẫn điện.



Bán kỳ dương tụ C nạp điện đến điện thế  $V_{BO}$  thì Diode Shockley dẫn điện, kích SCR dẫn. Bán kỳ âm, Diode Shockley ngưng, SCR cũng ngưng.

## Bài 10 LINH KIỆN QUANG ĐIỆN TỬ

### 1. Khái niệm

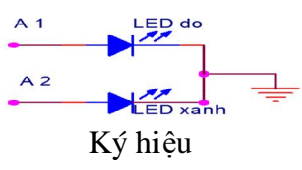
Linh kiện quang điện tử là những linh kiện cảm biến có đặc tính đổi năng lượng ánh sáng thành dòng điện và ngược lại đổi dòng điện thành ánh sáng.

Những linh kiện có đặc tính đổi ánh sáng thành dòng điện là điện trở quang, diode quang, transistor quang. Ngược lại những linh kiện có đặc tính đổi dòng điện thành ánh sáng là diode phát quang (LED), hiển thị tinh thể lỏng (LCD).

### 2. Diode phát quang

#### 2.1. Cấu tạo

Diode phát quang có cấu tạo gồm một lớp tiếp xúc P-N, Diode phát quang được làm từ các chất Ga - As, Ga - P, Ga As - P, Si - C.



Ký hiệu

Hình 10.1 Ký hiệu của LED

#### 2.2. Phân loại

##### a. Theo vật liệu:

-Diode Ga – As cho ra ánh sáng hồng ngoại mà mắt nhìn không thấy được.

-Diode Ga As -P cho ra ánh sáng khả kiến, khi thay đổi hàm lượng photpho sẽ cho ra ánh sáng khác nhau như đỏ, cam, vàng.

-Diode Ga - P pha thêm tạp chất sẽ bức xạ cho ánh sáng. Tùy loại tạp chất mà diode có thể cho ra các màu từ đỏ, cam, vàng, xanh lá cây.

-Diode SiC khi pha thêm tạp chất sẽ cho ra ánh sáng màu xanh da trời. LED màu xanh da trời chưa phổ biến vì giá thành cao.

Do khác nhau về vật liệu chế tạo nên điện áp ngưỡng của các loại LED cũng khác nhau.

LED đỏ có  $V_g = 1,6 \text{ V}$  , 2V

LED cam có  $V_g = 2,2\text{V}$  , 3V

LED xanh lá có  $V_g = 2,7 \text{ V}$  , 3,2V

LED vàng có  $V_g = 2,4\text{V}$  , 3,2V

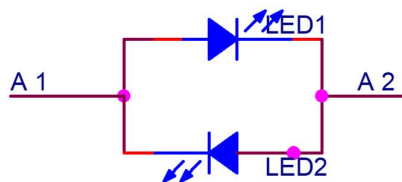
LED xanh da trời có  $V_g = 3\text{V}$  , 5V

LED hồng ngoại có  $V_g = 1,8\text{V}$  , 5V

#### a. LED hai màu

LED hai màu là loại LED đôi gồm hai LED nằm song song và ngược chiều nhau, trong đó có một LED đỏ và một LED xanh lá cây hay một LED vàng và một LED xanh lá cây.

Loại LED hai màu thường để chỉ cực tính của nguồn hay chiều quay của động cơ.



Ký hiệu

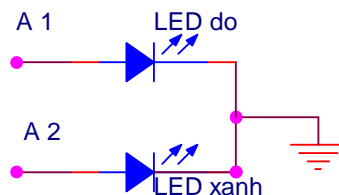
Hình 10.2

Ký hiệu LED đôi loại hai màu. Nếu chân A1 có điện áp dương thì LED1 sáng và ngược lại nếu chân A2 có điện áp dương thì LED 2 sáng.

#### b. LED ba màu

LED ba màu cũng là loại LED đôi nhưng không ghép song song mà hai LED chỉ có chung chân catod, trong đó một LED đỏ ra chân ngắn, một LED màu xanh lá cây ra chân dài, chân giữa là catod chung.

Ký hiệu:

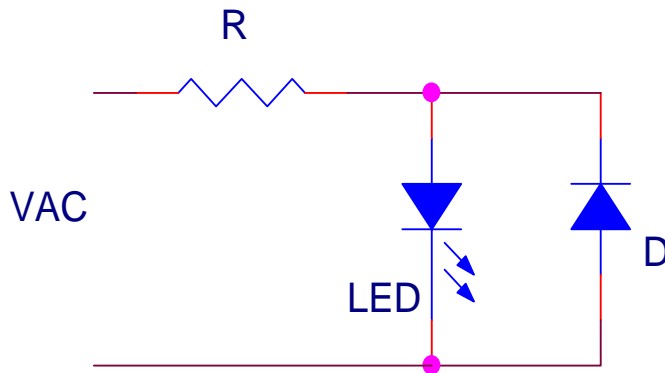


Hình 7.3.

Nếu chân A1 có điện áp dương thì LED đỏ sáng, nếu chân A2 có điện áp dương thì LED xanh sáng, nếu chân A1 và A2 có điện áp dương thì 2 LED đều sáng và cho ra ánh sáng màu vàng.

### 2.3. Ứng dụng

#### a. Mạch báo nguồn DC



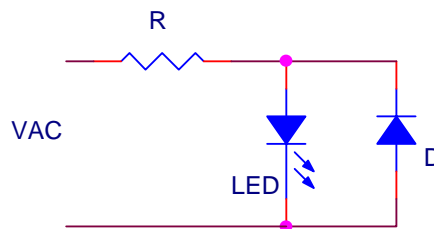
Hình 10.3

Khi sử dụng LED điều quan trọng là phải tính điện trở nối tiếp với LED có trị số thích hợp để tránh dòng điện qua LED quá lớn sẽ làm hư LED.

Điện trở trong mạch báo nguồn DC được tính theo công thức:

$$R = \frac{V_{DC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

#### b. Mạch báo nguồn AC



Hình 10.4

Trong mạch báo nguồn AC, LED chỉ sáng khi được phân cực thuận bằng bán kỳ thích hợp, khi LED bị phân cực nghịch thì diode D được phân cực thuận nên dẫn điện để giữ cho mức điện áp ngược trên LED là  $V_D = 0,7V$  tránh hư LED.

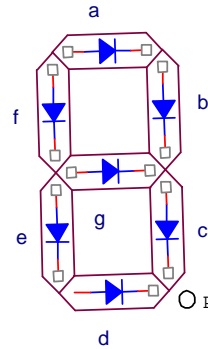
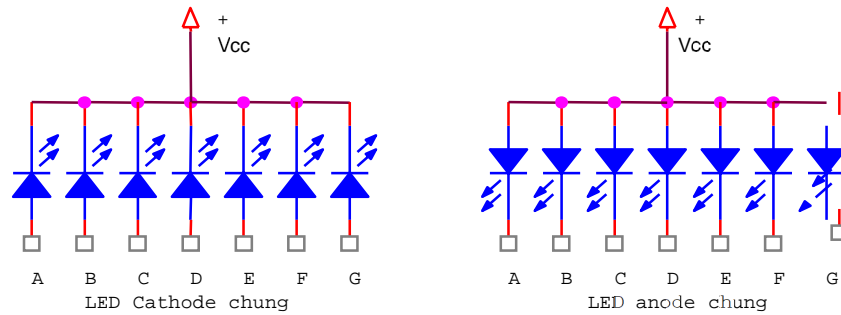
Điện trở trong mạch báo nguồn AC được tính theo công thức:

$$R = \frac{V_{AC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

### 2.4. LED bảy đoạn

LED bảy đoạn có loại anode chung và loại cathode chung. Hiện nay LED bảy đoạn được dùng nhiều trong các thiết bị chỉ thị số.

Hình 7.6..



Hình 10.7.

LED bảy đoạn là tập hợp bảy LED được chế tạo dạng thanh dài sắp xếp như hình vẽ trên và được ký hiệu bằng bảy chữ cái là a, b, c, d, e, f, g. Phần phụ của LED bảy đoạn là một chấm sáng (p) để chỉ dấu phẩy thập phân. Dấu chấm này là một LED p tương ứng được phát sáng. Khi cho các thanh sáng với các số lượng và vị trí thích hợp ta có những chữ số từ 0 đến 9 và những chữ cái từ A đến F.

### 3. Điện trở quang (Photoresistor)

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



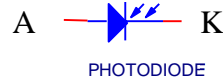
Hình 10.8 Hình dạng và ký hiệu của điện trở quang.

Điện trở quang có trị số điện trở thay đổi không tuyến tính theo độ sáng chiếu vào nó. Khi trong bóng tối điện trở quang có trị số khoảng vài mega Ohm, khi được chiếu sáng điện trở quang có trị số rất nhỏ khoảng vài chục đến vài trăm Ohm.

#### 4. Diode quang (diode cảm quang – Photodiode)

Diode quang có cấu tạo bán dẫn giống như diode thường nhưng đặt trong vỏ cách điện có một mặt là nhựa hay thủy tinh trong suốt để nhận ánh sáng bên ngoài chiếu vào mối nối P-N của diode, có loại dùng thấu kính hội tụ để tập trung ánh sáng.

Ký hiệu:



Hình 10.9. Ký hiệu của diode quang

Đối với diode khi phân cực thuận thì dòng điện thuận qua diode lớn do dòng hạt tải đa số di chuyển, khi phân cực nghịch thì dòng điện qua diode rất nhỏ do dòng hạt tải thiểu số di chuyển.

Qua thí nghiệm cho thấy khi photodiode được phân cực thuận thì hai trường hợp mối nối P-N được chiếu sáng hay che tối dòng điện thuận qua diode hầu như không đổi. Ngược lại diode bị phân cực nghịch, mối nối P - N được chiếu sáng thì dòng điện nghịch tăng lên lớn hơn nhiều lần so với khi bị che tối. Do nguyên lý trên nên diode quang được sử dụng ở trạng thái phân cực ngược trong các mạch điều khiển ánh sáng.

**Photodiode có đặc tính:**

- Rất tuyến tính
- Ít nhiễu
- Dãy tần số rộng
- Nhẹ và có sức bền cơ học cao
- Có đời sống dài.

#### 5. Transistor quang (Phototransistor)

##### 5.1. Cấu tạo

Cấu tạo bán dẫn của transistor quang coi như gồm có một diode quang và một transistor quang.

##### 5.2. Nguyên lý hoạt động

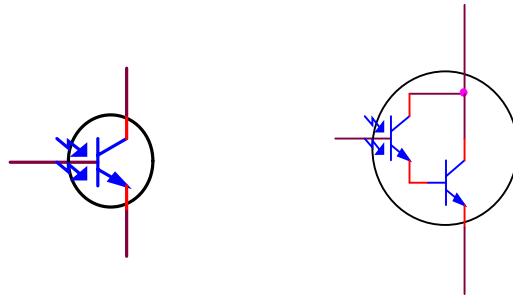
Trong transistor quang có diode quang làm nhiệm vụ cảm biến quang điện và transistor làm nhiệm vụ khuếch đại. Diode quang được sử dụng ở đây là mối nối P-N giữa cực B và C, vì trong transistor khi phân cực cho các chân thì diode BE được phân cực thuận còn diode BC được phân cực nghịch. Khi diode BC phân cực nghịch và được chiếu sáng thì dòng điện rỉ  $I_{CB}$  sẽ tăng cao hơn bình thường nhiều lần. Dòng điện rỉ  $I_{CB}$  sẽ trở thành dòng  $I_B$  và được transistor khuếch đại.

Độ khuếch đại của quang transistor từ 100 đến 1000 và độ khuếch đại không tuyến tính theo cường độ ánh sáng chiếu vào mối nối.

Transistor quang có tốc độ làm việc chậm do tụ điện ký sinh  $C_{CB}$  (tụ ký sinh giữa cực C và B) gây ra hiệu ứng Miller.

Transistor quang có tần số làm việc cao nhất vài trăm Kz trong khi tần số làm việc cực đại của diode quang đến vài chục Mz.

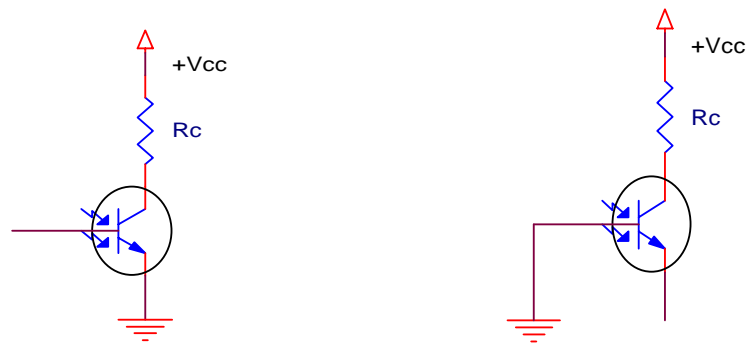
### 5.3. ký hiệu



Hình 10.10 Transistor quang (Phototransistor) và Darlington phototransistor

Trường hợp bỏ hở cực B thì mạch làm việc theo nguyên lý của transistor quang.

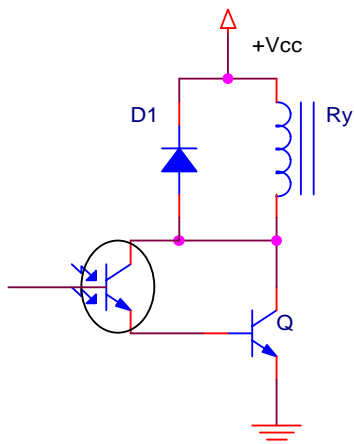
Trường hợp bỏ hở cực E thì mạch làm việc theo nguyên lý của diode quang.



Hình 10.11

### 5.4. Ứng dụng

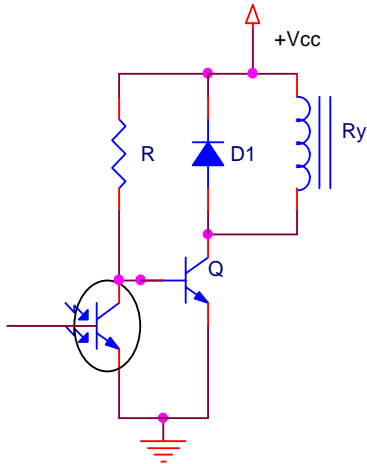
Mạch như hình vẽ dùng transistor quang ráp Darlington với transistor công suất để điều khiển role RY. Khi được chiếu sáng quang transistor dẫn làm transistor công suất dẫn cấp điện cho rele RY.





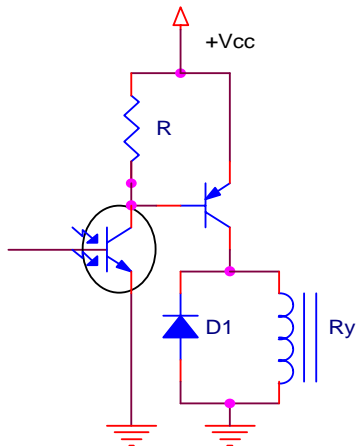
Hình 10.12.

Mạch như hình vẽ sau lấy điện áp  $V_c$  của transistor quang để phân cực cho cực B của transistor công suất. Khi transistor quang được chiếu sáng sẽ dẫn điện và làm điện áp  $V_c$  giảm, cực B transistor công suất không được phân cực nên ngưng dẫn và rơ le không được cấp điện.



Hình 10.13.

Mạch điện như hình vẽ sau dùng transistor công suất loại PNP nên có nguyên lý: khi transistor quang được chiếu sáng được dẫn điện tạo sụt áp trên điện trở để phân cực cho cực B transistor công suất loại PNP làm transistor công suất dẫn cấp điện cho rơ le.



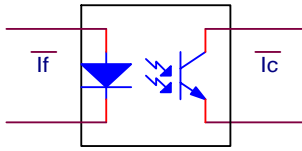
Hình 10.14.

## 6. Các bộ ghép quang: (opto – couplers)

### 6.1. Cấu tạo

Bộ ghép quang gồm có hai phần gọi là sơ cấp và thứ cấp. Phần sơ cấp là một diode loại GaAs phát ra tia hồng ngoại, phần thứ cấp là một transistor quang loại silic.

Ký hiệu:



Hình 10.15. Ký hiệu của bộ ghép quang

## 6.2. nguyên lý hoạt động

Khi được phân cực thuận, diode phát ra bức xạ hồng ngoại chiếu lên trên mặt của transistor quang. Như vậy, tín hiệu điện được sơ cấp là LED hồng ngoại (còn gọi là phần phát) đổi thành tín hiệu ánh sáng. Tín hiệu ánh sáng được phần thứ cấp là transistor quang (còn gọi là phần nhận đổi lại thành tín hiệu điện.).

## 6.3. Đặc trưng kỹ thuật

-Bộ ghép quang được dùng để cách điện giữa hai mạch điện có điện áp cách biệt lớn. Điện áp cách điện giữa sơ cấp và thứ cấp thường từ vài trăm volt đến hàng ngàn volt.

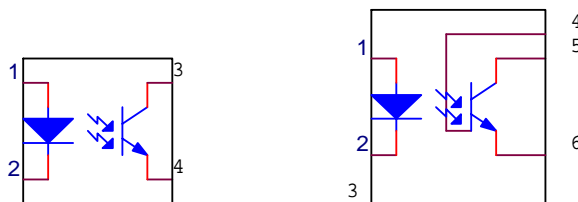
-Bộ ghép quang có thể làm việc với dòng điện một chiều hay tín hiệu điện xoay chiều có tần số cao.

-Điện trở cách điện giữa sơ cấp và thứ cấp có trị số rất lớn thường khoảng vài chục đến vài trăm MW đối với dòng điện một chiều.

-Hệ số truyền đạt dòng điện là tỉ số phần trăm của dòng điện ra ở thứ cấp  $I_c$  với dòng điện vào ở sơ cấp  $I_f$ . Đây là thông số quan trọng của bộ ghép quang thường có trị số từ vài chục phần trăm đến trăm phần trăm tùy loại bộ ghép quang.

## 6.4. Các bộ ghép quang

### 6.4.1 Bộ ghép quang transistor (Opto-transistor)



Hình 7.16.

Thứ cấp của bộ ghép quang này là phototransistor loại Silic. Đối với bộ ghép quang transistor có bốn chân thì transistor không có cực B. Trường hợp bộ ghép quang có sáu chân thì cực B được nối ra ngoài như hình vẽ trên.

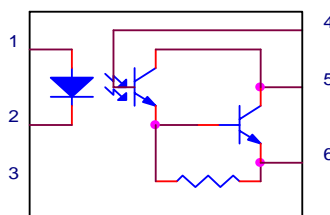
Bộ ghép quang không có cực B có lợi điểm là hệ số truyền đạt lớn, tuy nhiên loại này có nhược điểm là độ ổn định nhiệt kém

Nếu nối giữa cực B và E một điện trở thì các bộ ghép quang transistor là bộ ghép quang làm việc khá ổn định với nhiệt độ nhưng hệ số truyền đạt lại bị giảm

### 6.4.2 Bộ ghép quang Darlington – Transistor

Bộ ghép quang Darlington – transistor có nguyên lý như bộ ghép transistor quang nhưng với hệ số truyền đạt lớn hơn vài trăm lần nhờ tính chất khuếch đại của mạch Darlington.

Bộ ghép quang loại này có nhược điểm là bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ rất lớn nên thường được chế tạo có điện trở giữa chân B và E của transistor để ổn định nhiệt.



Hình 10.17.

### 6.4.3 Bộ ghép quang với quang thyristor:

Một quang thyristor được thay thế bởi một photodiode và 2 transistor.

Khi có ánh sáng hồng ngoại do LED ở sơ cấp chiếu vào quang diode thì sẽ có dòng điện  $I_B$  cấp cho transistor NPN và khi transistor NPN dẫn thì sẽ điều khiển transistor PNP dẫn điện. Như vậy quang thyristor đã dẫn điện và sẽ duy trì trạng thái dẫn mà không cần kích liên tục ở sơ cấp.

## 6.5. Ứng dụng

Các loại opto – couplers có dòng điện ở sơ cấp cho LED hồng ngoại khoảng 10mA.

Đối với opto – transistor khi thay đổi trị số dòng điện qua LED hồng ngoại ở sơ cấp sẽ làm thay đổi dòng điện ra  $I_C$  của phototransistor ở thứ cấp.

Opto-coupler có thể dùng thay đổi cho rơ le hay biến áp xung để giao tiếp với tải thường có điện áp cao và dòng điện lớn.

Mạch điện như hình vẽ sau là ứng dụng của opto – transistor để điều khiển đóng ngắt rơ le. Transistor quang trong bộ ghép quang được ghép Darlington với transistor công suất bên ngoài, khi LED hồng ngoại ở sơ cấp được cấp nguồn 5V thì transistor quang dẫn điều khiển transistor công suất dẫn để cấp điện cho rơ le RY. Điện trở 390W hạn dòng cho led khoảng 10mA.