

**BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI**  
**TỔNG CỤC DẠY NGHỀ**

-----□□ □ □-----

**GIÁO TRÌNH**  
**KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ**  
**NGHỀ: KỸ THUẬT SỬA CHỮA, LẮP**  
**RÁP MÁY TÍNH**  
**TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG**

*(Ban hành theo Quyết định số: 120/QĐ-TCDN ngày 25 tháng 02 năm 2013  
của Tổng cục trưởng Tổng cục dạy nghề)*



## NĂM 2013

### **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.

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

## LỜI GIỚI THIỆU

Hiện nay, các trang thiết bị điện tử đang trở thành một thành phần quan trọng trong cuộc sống hiện đại. Nhắc tới điện tử, người ta có thể hình dung tới những trang thiết bị thiết yếu của cuộc sống hàng ngày như cái đài, cái tivi...cho đến các sản phẩm có hàm lượng chất xám cao trong đó như các hệ thống máy vi tính, các hệ thống vệ tinh, các thiết bị điều khiển từ xa,... Có thể nói, điện tử đã dần chiếm lĩnh gần như toàn bộ các lĩnh vực của cuộc sống. Tuy nhiên có một điều cơ bản mà tất cả các trang thiết bị điện tử đều dựa trên sự phát triển từ những linh kiện nhất như điện trở, tụ điện, cuộn cảm, điốt, transistor, và các dạng mạch điện tử cơ bản... Đó chính là nền tảng phát triển của lĩnh vực điện tử hiện nay cũng như các trang thiết bị hiện đại.

Chính vì vậy trong giáo trình này, sẽ đề cập tới các kiến thức cơ bản nhất của mạch điện tử bao gồm các khái niệm cơ bản, các mạch điện thông dụng, phương pháp phân tích nguyên lý hoạt động, đặc tính của mạch, các công thức tính toán, xây dựng mạch điện thực tế và ứng dụng của mạch. Sẽ thực sự hữu ích cho sinh viên có thể hiểu và áp dụng thiết kế mạch một cách thuần thục trong lĩnh vực điện tử.

Do trong tài liệu, có đề cập chủ yếu tới khía cạnh thực tiễn của các linh kiện, các cách sử dụng và một số phương pháp kiểm tra thông qua sử dụng mạch điện tử cơ bản nên để nắm vững được các khái niệm này, sinh viên nên dành thời gian chuẩn bị một số các linh kiện cơ bản và một số các thiết bị đo lường đơn giản như đồng hồ đo, và một số các phụ kiện khác đi kèm. Điều này sẽ thực sự có ích để có thể nắm được một cách nhanh nhất các kiến thức có liên quan tới lĩnh vực điện tử

Sau khi chuẩn bị đầy đủ các dụng cụ, các bạn có thể đọc theo hướng dẫn của tài liệu, tự kiểm tra lại mình theo các câu hỏi trong phần câu hỏi đánh giá tại mỗi chương nhằm nắm vững kiến thức, đồng thời lắp đặt hoặc thiết kế một số mạch điện tử theo các sơ đồ mạch hiện có. Sau khi lắp ráp, các bạn có thể tự mình kiểm tra các mạch đã có. Trong trường hợp có trục trặc, hãy dùng kiến thức của mình để giải thích và tự hiệu chỉnh lại mạch. Trong trường hợp không thể, sinh viên có thể thực hiện trao đổi tại phần trao đổi tại mỗi phần tương ứng.

Những đặc điểm mới của giáo trình: Các cấu trúc của giáo trình rất logic đi từ đơn giản đến phức tạp, từ dễ đến khó, phần trước tạo tiền đề kiến thức cho phần sau. Nội dung chương trình chặt chẽ, bỏ qua được những dẫn

dắt toán học dài dòng, nhưng vẫn đảm bảo được tính cơ bản, cốt lõi của vấn đề. Các kiến thức trong giáo trình là các kiến thức tiền đề trong quá trình thực hành.

Hướng dẫn sử dụng giáo trình: Đối với giáo trình này là giáo trình lý thuyết vì vậy khi sử dụng giáo trình các độc giả cần phải được học qua các môn điện tử cơ bản như: Linh kiện điện tử, Đo lường điện tử, Điện tử cơ bản để có thể hiểu được các kiến thức trong giáo trình. Sau mỗi phần hoặc mỗi chương cần làm thêm các bài tập trong giáo trình và có thể tự mình đưa ra yêu cầu riêng. Đặc biệt là phải vận dụng được kiến thức vào thực hành.

Mặc dù đã có cố gắng trong quá trình biên soạn nhưng chắc chắn cuốn giáo trình này không thể không có thiếu sót. Tác giả rất mong sự góp ý của các bạn đọc. Thư góp ý xin gửi về: Trường Cao Đẳng nghề kỹ thuật công nghệ.

Chúng tôi xin cảm ơn!

*Hà Nội, 2013*

*Tham gia biên soạn*

*Khoa Công Nghệ Thông Tin*

*Trường Cao Đẳng Nghề Kỹ Thuật Công Nghệ*

*Địa Chỉ: Tổ 59 Thị trấn Đông Anh – Hà Nội*

*Tel: 04. 38821300*

*Chủ biên: Lê Văn Dũng*

Mọi góp ý liên hệ: Phùng Sỹ Tiến – Trưởng Khoa Công Nghệ Thông Tin  
 Mobible: 0983393834  
 Email: tienphungkctn@gmail.com – tienphungkctn@yahoo.com

## MỤC LỤC

<b>ĐỀ MỤC</b>	<b>TRANG</b>
<b>Bài mở đầu : Tổng quan</b>	9
1.Các đại lượng cơ bản	9
2.Tín hiệu và truyền tin	10
<b>Bài 1: Linh kiện thụ động</b>	12
1. Điện trở	12
2. Tụ điện	24
3. Cuộn dây	29
4. Biến áp	31
<b>Bài 2: Linh kiện tích cực</b>	39
1. Chất bán dẫn	39
1.1. Chất bán dẫn nguyên chất và tạp chất	39
1.2.Nguyên lý hoạt động của bán dẫn	42
2. Diod	44
2.1.Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của mặt ghép mặt P-N	44
2.2.Tính phân cực của Diod	47
2.3.Ứng dụng diod	47
3. Transistor lưỡng cực BJT	49
3.1.Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của BJT	49
3.2.Ứng dụng cơ bản của BJT	54
4. Transistor JFET	57
4.1.Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của JFET	57
4.2.Ứng dụng cơ bản của JFET	60
5. Transistor MOSFET	60
5.1.Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của MOSFET	60
5.2.Ứng dụng cơ bản của MOSFET	63
6. Transistor đơn nối UJT	64
6.1.Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của UJT	64
6.2.Ứng dụng cơ bản của UJT	66
<b>Bài 3: Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ</b>	<b>72</b>
1. Mạch khuếch đại E chung	72
1.1.Sơ đồ mạch	72
1.2.Tính toán phân cực	73
1.3.Tính công suất khuếch đại và độ lợi	74
2. Mạch khuếch đại C chung	75

2.1.Sơ đồ mạch	75
2.2.Tính toán phân cực	76
2.3.Tính công suất khuếch đại và độ lợi	76
3. Mạch khuếch đại B chung	77
3.1.Sơ đồ mạch	77
3.2.Tính toán phân cực	78
3.3.Tính công suất khuếch đại và độ lợi	79
<b>Bài 4: Mạch khuếch đại công suất</b>	<b>80</b>
1. Mạch khuếch đại đẩy kéo	80
1.1.Sơ đồ mạch	80
1.2.Tính toán công suất	81
2. Mạch khuếch đại OCL	82
2.1.Sơ đồ mạch	82
2.2.Tính toán công suất	83
3. Mạch khuếch đại OTL	85
3.1.Sơ đồ mạch	85
3.2.Tính toán công suất	85
<b>Bài 5: Mạch khuếch đại vi sai</b>	<b>88</b>
1. Mạch khuếch đại vi sai cơ bản	88
1.1.Sơ đồ nguyên lý	88
1.2.Phương pháp đưa tín hiệu vào	88
2. Các loại mạch vi sai	89
2.1.Khuếch đại vi sai có tải kiểu gương dòng điện	89
2.2.Khuếch đại vi sai dùng tranzito trường	90
2.3.Khuếch đại một chiều có biến đổi trung gian	91
3. Vi mạch thuật toán	91
3.1.Khái niệm chung	91
3.2.Bộ khuếch đại đảo	92
3.3.Bộ khuếch đại không đảo	93
3.4.Mạch cộng	94
3.5. Mạch trừ	95
<b>Bài 6: Thyristor</b>	<b>98</b>
1. SCR	98
2. DIAC	100
3. TRIAC	102
TÀI LIỆU THAM KHẢO	106

## MÔ ĐUN: KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

**Mã mô đun :MĐ14**

**Vị trí, ý nghĩa, vai trò mô đun:**

- Vị trí:

Mô đun được bố trí sau các mô đun chung.

Học trước các môn học/ mô đun đào tạo chuyên ngành

- Tính chất:

Là mô đun tiền đề cho các môn học chuyên ngành.

Là mô đun bắt buộc

- Ý nghĩa, vai trò của mô đun:

Là mô đun không thể thiếu của nghề Sửa chữa, lắp ráp máy tính

**Mục tiêu của mô đun:**

- Đọc được giá trị của các linh kiện thụ động
- Xác định được chân các linh kiện tích cực
- Lắp ráp, sửa chữa được các mạch khuếch đại
- Tự tin trong việc tiếp xúc, sửa chữa các thiết bị điện tử máy tính.
- Tạo tính cẩn thận cho sinh viên khi tiếp cận thiết bị điện tử.

Mã bài	Tên các bài trong mô đun	Thời lượng			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra
MĐ14 - 01	Bài mở đầu Tổng quan	2	2	0	0
MĐ14 - 02	Linh kiện thụ động	10	4	6	0
MĐ14 - 03	Linh kiện tích cực	20	8	10	2
MĐ14 - 04	Khuếch đại tín hiệu nhỏ	20	8	10	2
MĐ14 - 05	Mạch khuếch đại công suất	24	6	16	2
MĐ14 - 06	Mạch khuếch đại vi sai	24	8	14	2
MĐ14 - 07	Thyristor	20	4	14	2

## BÀI MỞ ĐẦU

### TỔNG QUAN

MÃ BÀI: MĐ14-01

#### **Mục tiêu:**

- Xác định được các đại lượng cơ bản
- Trình bày được Tín hiệu và truyền tin
- Rèn luyện tính chính xác, khoa học.

#### **Nội dung chính:**

##### **1. Các đại lượng cơ bản**

###### *Mục tiêu:*

- Xác định được các đại lượng cơ bản.

Khi xử lý số liệu đo hay phân tích các đối tượng ngẫu nhiên như đại lượng ngẫu nhiên, tín hiệu ngẫu nhiên, tín hiệu ngẫu nhiên phức và trường ngẫu nhiên ta phải sử dụng công cụ toán học hiện đại là toán học thống kê. Với toán học thống kê áp dụng cho các đối tượng ngẫu nhiên ta phải đo các đặc tính số là kỳ vọng toán học, phương sai, hàm tương quan và mật độ phổ năng lượng. Đây chính là các đại lượng đo phi vật lý. Để đo được các đại lượng này trước đây người ta sử dụng kỹ thuật analog để tạo ra thiết bị đo (ví dụ: tương quan kế), nhưng ngày nay nhờ có máy tính và sử dụng kỹ thuật số lấy mẫu các tín hiệu vật lý từ đó tính theo angôrit đã định sẵn để tìm ra các đại lượng phi vật lý này. Một trong những nhược điểm của việc đo các đại lượng phi vật lý theo phương pháp thống kê là tốc độ tính rất chậm đặc biệt khi có yêu cầu độ chính xác cao. Để khắc phục nhược điểm này, người ta sử dụng các thế hệ máy tính có tốc độ cao hay các thiết bị đặc chủng có tốc độ nhanh cho việc xử lý thống kê này (ví dụ: DSP chẳng hạn). Một phương pháp khác là nghiên cứu các angôrit nhanh để xử lý thống kê, ví dụ thuật toán biến đổi Furiê nhanh FFT để phân tích phổ chẳng hạn, hay thuật toán thích nghi tính nhanh hàm tương quan của tín hiệu ngẫu nhiên.



Trong lĩnh vực truyền, thu nhận và xử lý thông tin chúng ta cũng gặp rất nhiều đại lượng phi vật lý đó là: lượng thông tin đo, tốc độ truyền thông tin, hệ số lỗi bit, hệ số cắt giảm thông tin thừa, dung lượng thông tin của kênh liên lạc và khả năng truyền của kênh.

Như vậy trong lĩnh vực thông tin ta có nhiều đại lượng phi vật lý. Việc đo chúng được thông qua việc tính toán theo một angôrit đã định sẵn. Ví dụ: để đo lượng thông tin của một bản tin mang đến ta phải xác định được xác suất xuất hiện của sự kiện trong bản tin và độ không xác định của nó; hay muốn xác định độ truyền ta phải xác định được lượng thông tin truyền trong một đơn vị thời gian; hay muốn tính hệ số lỗi bit ta phải xác định được tổng số bit truyền đi và số bit bị lỗi sau khi nhận được.

Rõ ràng để xác định được các đại lượng phi vật lý trong lĩnh vực thông tin cũng phải dựa vào kỹ thuật số và phải tìm ra các angôrit tối ưu sao cho thời gian tính là ít nhất và có độ chính xác cao nhất.

Trong lĩnh vực xã hội cũng có rất nhiều đại lượng phi vật lý cần đo như: chỉ số tăng trưởng GDP của một quốc gia, chỉ số IQ của một người, chỉ số tăng dân số của một nước... là những đại lượng phi vật lý rất phổ biến cần phải đo. Để đo được chúng cần phải có những quy tắc (angôrit) theo quy định của xã hội. Để có được số liệu để tính các đại lượng phi vật lý này phải có quá trình thống kê theo thời gian hoặc theo một lĩnh vực nào đó. Ví dụ: để dự báo nhu cầu tiêu dùng điện cho từng ngành trong tháng cần phải có những thống kê về tiêu dùng điện trong quá khứ, hiện tại và sử dụng phương pháp hồi quy có thể dự báo nhu cầu tiêu dùng điện cho 1 ngày, 1 tuần, 1 tháng hay 1 năm.

Lĩnh vực tâm sinh lý cũng có nhiều đại lượng phi vật lý cần đo đó là: đo mức độ bị stress, máy phát hiện nói dối, máy đo tình cảm, tự động chuẩn đoán bệnh...

Trạng thái tâm lý của mỗi người thường liên quan rất chặt chẽ đến những hoạt động của các cơ quan bên trong cơ thể. Ví dụ: khi hồi hộp thì nhịp tim sẽ tăng lên. Một người khi yêu sẽ có một loại hóa chất đặc biệt gọi là hóa chất tình yêu sẽ xuất hiện trong máu. Nếu ta đo nồng độ của nó sẽ biết được mức độ yêu cầu của người đó; Hay mức độ ôi thiu của thịt có thể xác định nhờ xác định nồng độ khí H<sub>2</sub>S sinh ra khi thịt bị ôi. Như vậy việc đo các đại lượng trong lĩnh vực tâm sinh lý thường phải thông qua việc đo một số đại lượng vật lý liên quan nào đó. Số các đại lượng vật lý đó có thể ít hay nhiều tùy vào sự biểu hiện của con người về sự liên quan đó.

Trong tương lai gần chúng ta sẽ có chương trình chuẩn đoán bệnh. Để làm được việc đó, nhiều khi phải đo nhiều thông số vật lý khác nhau thông qua các xét nghiệm và máy sẽ quyết định là ta đã mắc phải bệnh gì thông qua hệ chuyên gia đã được cài đặt trong máy.

Như vậy ta cũng thấy rằng, các đại lượng phi vật lý tồn tại ở nhiều lĩnh vực khác nhau. Trong khuôn khổ bài viết này, tác giả không thể liệt kê hết

được các lĩnh vực có các đại lượng phi vật lý cần đo. Có điều đây là một lĩnh vực mới mẻ đầy triển vọng trong ngành kỹ thuật đo lường hiện đại sử dụng kỹ thuật số có liên quan đến một phương pháp đo mới đó là đo lường angôrit.

## 2. Tín hiệu và truyền tin

*Mục tiêu:*

- Trình bày được Tín hiệu và truyền tin.

Tín hiệu là số đo điện áp hoặc dòng điện của một quá trình là sự thay đổi của tín hiệu theo thời gian tạo ra tín hiệu hữu ích.

### Các dạng tín hiệu:

Tín hiệu được chia làm 2 loại là tín hiệu tương tự analog và tín hiệu số digital.

Tín hiệu tương tự là tín hiệu biến thiên liên tục theo thời gian và có thể nhận mọi giá trị trong khoảng biến thiên của nó.

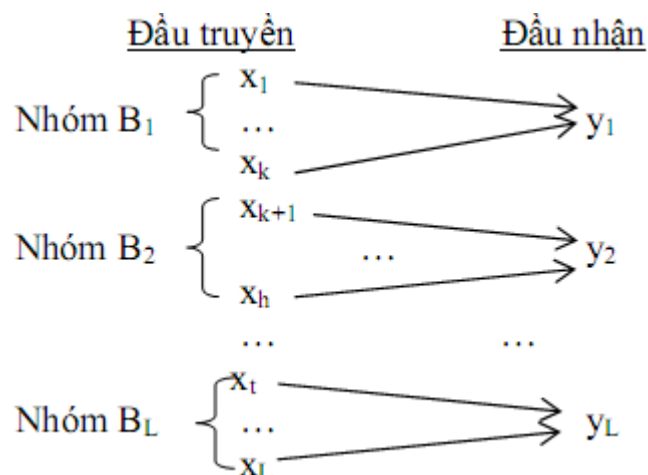
Tín hiệu số: là tín hiệu đã được rời rạc hoá về mặt thời gian và lượng tử hoá về mặt biên độ nó được biểu diễn bởi tập hợp xung tại những điểm đo rời rạc.

Tín hiệu có thể được khuếch đại, điều chế, tách sóng, chỉnh lưu, nhớ, đo, truyền đạt, điều khiển, biến dạng tính toán bằng các mạch điện tử.

Để gia công 2 loại tín hiệu số và tương tự dùng 2 loại mạch cơ bản: mạch tương tự và mạch

### Kênh truyền tin xác định

Mô hình: từ tập hợp các giá trị có thể truyền ở đầu truyền được phân thành L nhóm  $B_j$  tương ứng với các giá trị có thể nhận được  $y_j$  ở đầu nhận và xác suất để nhận  $y_j$  với điều kiện đã truyền  $x_i$  là  $p(Y=y_j/X=x_i \in B_j)=1$  ( $M>L$ ).



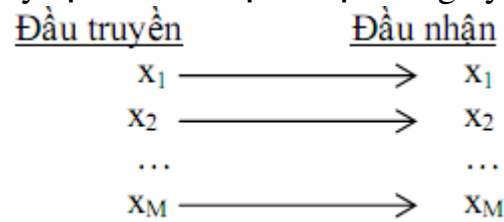
Đặc trưng: của kênh truyền xác định là  $H(Y/X)=0$ . Có nghĩa là lượng tin chưa biết về Y khi truyền X bằng 0 hay khi truyền X thì ta biết sẽ nhận được Y.

Dung lượng:  $C=\log_2 L$

### Kênh truyền không nhiễu

Mô hình: là sự kết hợp của kênh truyền xác định và kênh truyền không

mất thông tin, truyền ký tự nào sẽ nhận được đúng ký tự đó.



Đặc trưng:  $H(X/Y)=H(Y/X)=0$ . Dung lượng:  $C=\log_2 L=\log_2 M$

Ví dụ: ma trận truyền tin của kênh truyền không nhiễu với  $M=L=3$ :

$$A = \begin{matrix} x_1 & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ x_2 & \\ x_3 & \end{matrix} \begin{matrix} y_1 & y_2 & y_3 \end{matrix}$$

### Kênh truyền không sử dụng được.

Mô hình: là kênh truyền mà khi truyền giá trị nào thì mất giá trị đó hoặc xác suất nhiễu thông tin trên kênh truyền lớn hơn xác suất nhận được.

Đặc trưng:  $H(X/Y)=H(Y/X)=\max$

Dung lượng:  $C=0$

Ví dụ: kênh truyền có ma trận truyền tin như sau:

$$A = \begin{pmatrix} \varepsilon & 1-\varepsilon \\ \varepsilon & 1-\varepsilon \end{pmatrix}$$

### Kênh truyền đối xứng

Mô hình: là kênh truyền mà ma trận truyền tin có đặc điểm sau:

+ Mỗi dòng của ma trận A là một hoán vị của phân phối  $P=\{p'_1, p'_2, \dots, p'_L\}$

+ Mỗi cột của ma trận A là một hoán vị của  $Q=\{q'_1, q'_2, \dots, q'_M\}$

Ví dụ: cho kênh truyền đối xứng có ma trận truyền tin như sau:

$$A = \begin{matrix} x_1 & \begin{bmatrix} 1/2 & 1/3 & 1/6 \\ 1/3 & 1/6 & 1/2 \\ 1/6 & 1/2 & 1/3 \end{bmatrix} \\ x_2 & \\ x_3 & \end{matrix} \begin{matrix} y_1 & y_2 & y_3 \end{matrix}$$

## BÀI 1 LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

MÃ BÀI : MĐ14-02

### Mục tiêu:

- Xác định được giá trị của các điện trở, tụ điện, cuộn dây
- Tính toán và quấn được biến áp
- Rèn luyện tính chính xác, khoa học.

### Nội dung chính :

#### 1.Điện trở

##### Mục tiêu:

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu của điện trở.
- Xác định được giá trị của các điện trở.

Điện trở là một trong những linh kiện điện tử dùng trong các mạch điện tử để đạt các giá trị dòng điện và điện áp theo yêu cầu của mạch. Chúng có tác dụng như nhau trong cả mạch điện một chiều lẫn xoay chiều và chế độ làm việc của điện trở không bị ảnh hưởng bởi tần số của nguồn xoay chiều.

#### 1.1.Cấu tạo, kí hiệu, phân loại của điện trở

Tuỳ theo kết cấu của điện trở mà người ta phân loại:

- *Điện trở hợp chất cacbon:*

Điện trở có cấu tạo bằng bột cacbon tán trộn với chất cách điện và keo kết dính rồi ép lại, nối thành từng thỏi hai đầu có dây dẫn ra để hàn. Loại điện trở này rẻ tiền, dễ làm nhưng có nhược điểm là không ổn định, độ chính xác thấp, mức độ tạp âm cao. Một đầu trên thân điện trở có những vạch màu hoặc có chấm màu. Đó là những quy định màu dùng để biểu thị trị số điện trở và cấp chính xác.

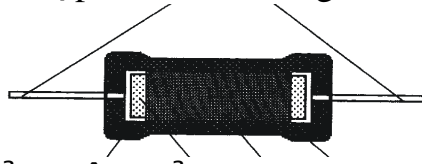
Các loại điện trở hợp chất bột than này có trị số từ 10 đến hàng chục megôm, công suất từ 1/4 W tới vài W.

- *Điện trở màng cacbon:*

Các điện trở có cấu tạo màng cacbon được giới thiệu trên Hình 1.1. Các điện trở màng cacbon đã thay thế hầu hết các điện trở hợp chất cacbon trong các mạch điện tử. Đáng lẽ lắp đầy các hợp chất cacbon, điện trở màng cacbon gồm một lớp chuẩn xác màng cacbon bao quanh một ống phủ gốm mỏng. Độ dày của lớp màng bao này tạo nên trị số điện trở, màng càng dày, trị số điện trở càng nhỏ và ngược lại. Các dây dẫn kim loại được kết nối với các nắp ở cả hai đầu điện trở.

Toàn bộ điện trở được bao bằng một lớp keo êpôxi, hoặc bằng một lớp gốm. Các điện trở màng cacbon có độ chính xác cao hơn các điện trở hợp chất cacbon, vì lớp màng được láng một lớp cacbon chính xác trong quá trình sản xuất. Loại điện trở này được dùng phổ biến trong các máy tăng âm, thu

thanh, trị số từ 1 tới vài chục megôm, công suất tiêu tán từ 1/8 W tới hàng chục W; có tính ổn định cao, tạp âm nhỏ, nhưng có nhược điểm là dễ vỡ.



**Hình 1.1: Mặt cắt của điện trở màng carbon**

- *Điện trở dây quấn:*

Điện trở này gồm một ống hình trụ bằng gốm cách điện, trên đó quấn dây kim loại có điện trở suất cao, hệ số nhiệt nhỏ như constantan mangani. Dây điện trở có thể tráng men, hoặc không tráng men và có thể quấn các vòng sát nhau hoặc quấn theo những rãnh trên thân ống. Ngoài cùng có thể phun một lớp men bóng và ở hai đầu có dây ra để hàn. Cũng có thể trên lớp men phủ ngoài có chừa ra một khoảng để có thể chuyển dịch một con chạy trên thân điện trở điều chỉnh trị số.

Do điện trở dây quấn gồm nhiều vòng dây nên có một trị số điện cảm. Để giảm thiểu điện cảm này, người ta thường quấn các vòng dây trên một lá cách điện dẹt hoặc quấn hai dây chập một đầu để cho hai vòng dây liền sát nhau có dòng điện chạy ngược chiều nhau.

Loại điện trở dây quấn có ưu điểm là bền, chính xác, chịu nhiệt cao do đó có công suất tiêu tán lớn và có mức tạp âm nhỏ. Tuy nhiên, điện trở loại này có giá thành cao.

- *Điện trở màng kim loại:*

Điện trở màng kim loại được chế tạo theo cách kết lắng màng niken-crom trên thân gốm chất lượng cao, có xẻ rãnh hình xoắn ốc, hai đầu được lắp dây nối và thân được phủ một lớp sơn. Điện trở màng kim loại ổn định hơn điện trở than nhưng giá thành đắt gấp khoảng 4 lần. Công suất danh định khoảng 1/10W trở lên. Phần nhiều người ta dùng loại điện trở màng kim loại với công suất danh định 1/2W trở lên, dung sai 1% và điện áp cực đại 200 V.

- *Điện trở ôxyt kim loại:*

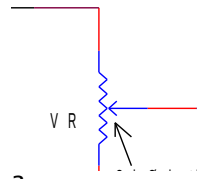
Điện trở ôxyt kim loại được chế tạo bằng cách kết lắng màng ôxyt thiếc trên thanh thủy tinh đặc biệt. Loại điện trở này có độ ẩm rất cao, không bị hư hỏng do quá nóng và cũng không bị ảnh hưởng do ẩm ướt. Công suất danh định thường là 1/2W với dung sai 2%.



**Hình 1.2. Kí hiệu điện trở trên sơ đồ mạch**

- *Biến trở:*

Biến trở dùng để thay đổi giá trị của điện trở, qua đó thay đổi được sự cản trở điện trên mạch điện. Hình 1.3 minh họa biến trở.



**Hình 1.3: Cấu trúc của biến trở**

*Kí hiệu của biến trở:*

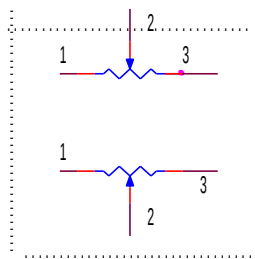
- Kí hiệu của biến trở trên sơ đồ nguyên lý được minh họa trên Hình 2.4.



a) loại tinh chỉnh thay đổi rộng



b) Loại hai biến trở chỉnh đồng bộ (đồng trục)



c) Loại tích hợp chung, nhưng riêng trục điều chỉnh



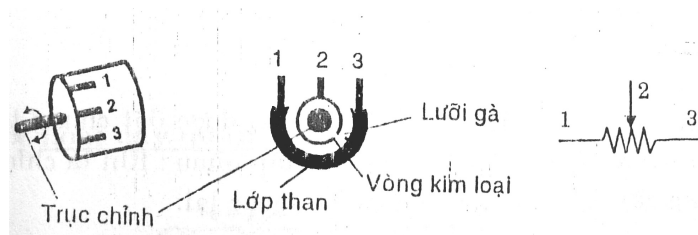
d) Loại biến trở có công tắc

**Hình 1.4: Các loại biến trở**

*Hình dạng thực tế:*

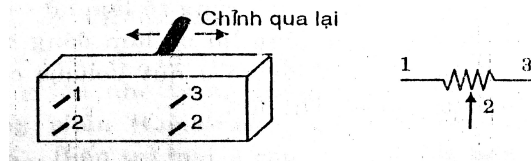
- Biến trở than: khi vặn trục chỉnh biến trở, thanh trượt là một lá kim loại quét lên đoạn mặt than giữa hai chân 1 – 3, làm điện trở lấy ra ở chân 1 – 2 và 2 – 3 thay đổi theo.

+ Trên Hình 1.5, khi vặn trục chỉnh theo chiều kim đồng hồ, điện trở 1 – 2 giảm và điện trở 2 – 3 tăng.



**Hình 1.5: Hình ảnh của biến trở**

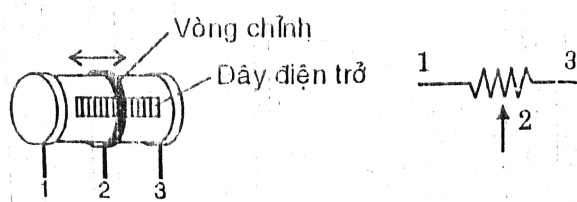
+ Trên Hình 1.6 khi thanh gạt được gạt qua, gạt lại làm cho điện trở ở cặp chân 1 - 2 và 2 - 3 sẽ thay đổi tương ứng.



**Hình 1.6: Hình ảnh của biến trở thanh gạt**

- Loại biến trở dây quấn:

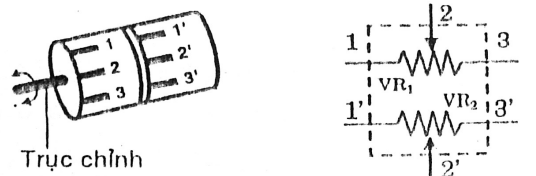
Hình 1.7 minh họa loại biến trở dây quấn.



**Hình 1.7: Hình ảnh biến trở dây quấn**

- Loại biến trở đồng trục:

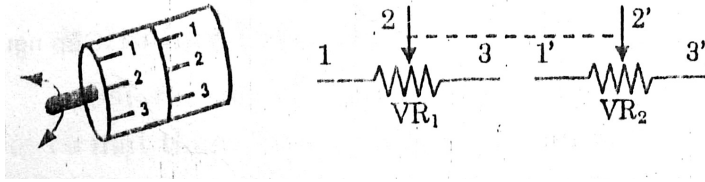
Hình 1.8 minh họa loại biến trở đồng trục. Loại này gồm hai biến trở  $VR_1$  và  $VR_2$  được đặt chung trong một khối và thiết kế 2 trục chỉnh riêng độc lập nhau: khi ta chỉnh  $VR_1$  vẫn không làm ảnh hưởng đến  $VR_2$  và ngược lại.



**Hình 1.8: Hình ảnh của biến trở có một trục nhưng điều chỉnh độc lập**

- Loại biến trở đồng chỉnh:

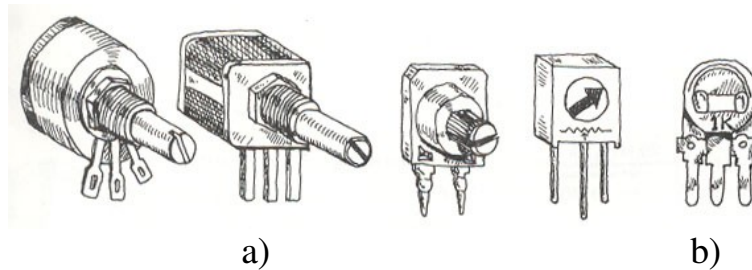
- Hình 1.9 minh họa loại biến trở đồng chỉnh. Loại này gồm 2 biến trở đặt chung trong một khối và có chung một trục chỉnh, vì vậy mỗi lần chỉnh  $VR_1$  thì  $VR_2$  cũng ảnh hưởng theo.



**Hình 1.9: Hình ảnh của biến trở đồng chỉnh**

- Loại biến trở có công tắc:

Loại này gồm có biến trở và công tắc; khi ta vặn trục chỉnh ngược chiều kim đồng hồ về đích cuối cùng công tắc sẽ làm hở mạch, khi ta vặn trục chỉnh theo chiều kim đồng hồ công tắc sẽ làm đóng mạch. Loại biến trở có công tắc này thường gặp nhiều ở nút chỉnh âm lượng (volume) của các máy tăng âm, radio, cassette đời cũ.



**Hình 1.10: Hình ảnh của biến trở:**

a) Biến trở có công tắc b) Biến trở tinh chỉnh

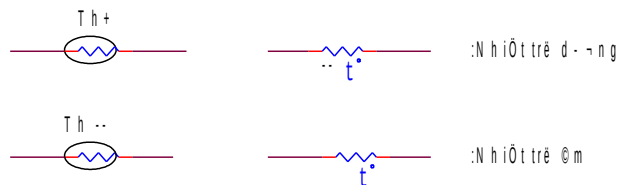
- Điện trở nhiệt (thermistor):

Điện trở nhiệt (thường gọi là themisto) được chế tạo từ chất bán dẫn, có chức năng nhạy cảm với nhiệt độ. Themisto có hai loại:

+ Loại themisto khi nhiệt độ tăng làm tăng giá trị số điện trở (nhiệt trở dương).

+ Loại themisto khi nhiệt độ tăng làm giảm giá trị điện trở (nhiệt trở âm).

Hình 1.11 là các ký hiệu của điện trở nhiệt.



**Hình 1.11: Ký hiệu của các điện trở nhiệt (themisto)**

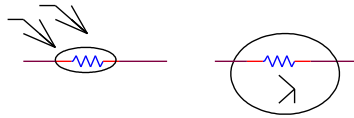
Themisto được dùng ở các mạch công suất cao nhằm mục đích cân bằng lại dòng điện qua mạch khi mạch hoạt động trong thời gian dài. Thường trong các máy tăng âm, khi máy hoạt động lâu, các tranzito khuếch đại công suất (thường gọi là sò) bị nóng, làm tăng nhiệt độ của mạch, nhưng nhờ có themisto có trị số điện trở thay đổi theo nhiệt độ, nên hiệu chỉnh lại dòng điện qua sò công suất, làm cho sò bớt nóng. Themisto còn được ứng dụng rất nhiều



trong các mạch điều khiển nhiệt độ ở nhiều lĩnh vực, ví dụ điều khiển nhiệt độ trong phòng mổ (giữ nhiệt độ phòng mổ không đổi); điều khiển nhiệt độ trong kho vũ khí (giữ nhiệt độ trong kho vũ khí không đổi), điều khiển nhiệt độ trong các phản ứng hoá học (giữ nhiệt độ phản ứng không đổi).

- Điện trở quang

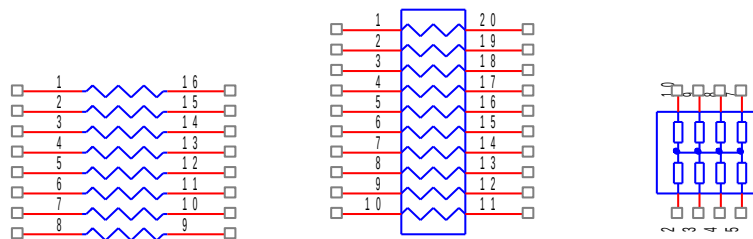
Điện trở quang (còn gọi là quang trở) là điện trở có cấu tạo đặc biệt để khi có chùm ánh sáng rơi vào làm thay đổi trị số của điện trở. Hình 1.12 là ký hiệu của điện trở quang.



**Hình 1.12: Ký hiệu điện trở quang**

- Loại điện trở tích hợp:

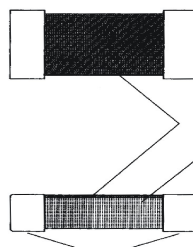
Điện trở tích hợp là điện trở được chế tạo gồm nhiều điện trở trong một khối, các điện trở tương ứng với các chân. Hình 1.13 là ký hiệu điện trở tích hợp.



**Hình 1.13: Ký hiệu của điện trở tích hợp**

- Điện trở hàn bề mặt:

Điện trở hàn bề mặt được mô tả trên hình 1.14. Cũng như các điện trở màng carbon, điện trở hàn bề mặt được chế tạo bằng cách lắng một lớp màng carbon lên lớp nền mỏng bằng gốm. Dải kim loại được gắn vào hai đầu điện trở. Điện trở hàn bề mặt được hàn trực tiếp vào phần mặt trên hoặc mặt dưới của phiến mạch in, thay vì phải dùng dây dẫn xuyên qua phiến. Các điện trở hàn bề mặt là linh kiện khá nhỏ, diện tích chỉ khoảng vài milimét vuông, tuy nhiên sai số của điện trở lại rất nhỏ, chúng được dùng rộng rãi trong các mạch điện tử hiện đại như máy vi tính, TV hoặc các đầu Video, radio, máy in laser...



**Hình 1.14: Điện trở hàn bề mặt được phóng to**  
Phân loại điện trở.

- Điện trở thường: Điện trở thường là các điện trở có công suất nhỏ từ 0,125W đến 0,5W
- Điện trở công suất: Là các điện trở có công suất lớn hơn từ 1W, 2W, 5W, 10W.
- Điện trở sứ, điện trở nhiệt : Là cách gọi khác của các điện trở công suất , điện trở này có vỏ bọc sứ, khi hoạt động chúng tỏa nhiệt.



Các điện trở : 2W - 1W - 0,5W - 0,25W

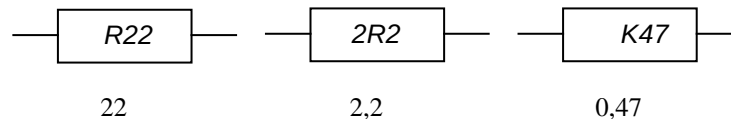


Điện trở sứ hay trở nhiệt

## 1.2. Cách đọc trị số điện trở

### a. Đọc trị số trên thân điện trở

Một số điện trở thường là điện trở công suất lớn được nhà sản xuất ghi giá trị điện trở và công suất tiêu tán cho phép trực tiếp lên thân điện trở.



Ngoài các kí hiệu công suất, hãng sản xuất... có hoặc không được ghi

### b. Cách đọc trị số điện trở ghi bằng vòng màu :

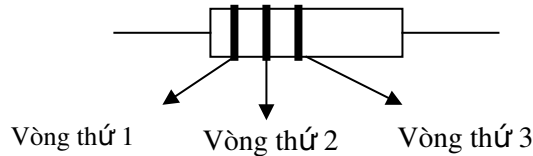
- Quy ước giá trị các màu :

Màu	Vòng số 1 (số thứ nhất)	Vòng số 2 (số thứ hai)	Vòng số 3 (số bội)	Vòng số 4 (sai số)
Đen	0	0	$\times 10^0$	
Nâu	1	1	$\times 10^1$	1%
Đỏ	2	2	$\times 10^2$	2%
Cam	3	3	$\times 10^3$	
Vàng	4	4	$\times 10^4$	
Xanh lục	5	5	$\times 10^5$	
Xanh dương	6	6	$\times 10^6$	
Tím	7	7	$\times 10^7$	
Xám	8	8	$\times 10^8$	
Trắng	9	9	$\times 10^9$	
Nhũ vàng			$\times 10^{-1}$	5%
Nhũ bạc			$\times 10^{-2}$	10%

- Cách đọc trị số điện trở

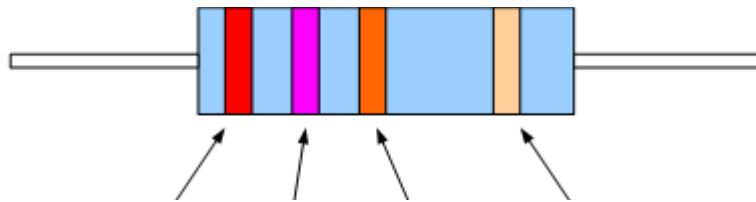
+ Điện trở ba vòng màu: Dùng cho các điện trở dưới 10 .

- Vòng màu thứ nhất: Chỉ số thứ nhất.
- Vòng màu thứ hai: Chỉ số thứ hai.
- Vòng màu thứ ba: + Nếu là nhũ vàng thì nhân với 0,1.  
+ Nếu là nhũ bạc thì nhân với 0,01.



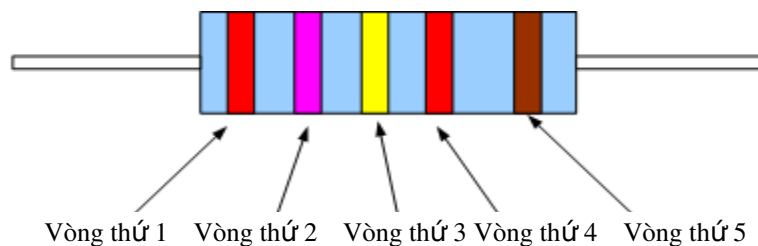
+ Điện trở 4 vòng màu: Đây là điện trở thường gặp nhất.

- Vòng số 4 là vòng ở cuối luôn luôn có màu nhũ vàng hay nhũ bạc, đây là vòng chỉ sai số của điện trở, khi đọc trị số ta bỏ qua vòng này.
- Đối diện với vòng cuối là vòng số 1, tiếp theo đến vòng số 2, số 3



- Vòng số 1 và vòng số 2 là hàng chục và hàng đơn vị
- Vòng số 3 là bội số của cơ số 10.
- Trị số = (vòng 1)(vòng 2) x  $10^{(\text{mũ vòng } 3)}$
- Có thể tính vòng số 3 là số con số không "0" thêm vào
- Màu nhũ chỉ có ở vòng sai số hoặc vòng số 3, nếu vòng số 3 là nhũ thì số mũ của cơ số 10 là số âm.

+ Điện trở 5 vòng màu : ( điện trở chính xác )



- Vòng số 5 là vòng cuối cùng, là vòng ghi sai số, trở 5 vòng màu thì màu sai số có nhiều màu, do đó gây khó khăn cho ta khi xác định đâu là vòng cuối cùng, tuy nhiên vòng cuối luôn có khoảng cách xa hơn một chút.

- Đối diện vòng cuối là vòng số 1

- Tương tự cách đọc trị số của trở 4 vòng màu nhưng ở đây vòng số 4 là bội số của cơ số 10, vòng số 1, số 2, số 3 lần lượt là hàng trăm, hàng chục và hàng đơn vị.

- Trị số = (vòng 1)(vòng 2)(vòng 3) x  $10^{(\text{mũ vòng } 4)}$

- Có thể tính vòng số 4 là con số không "0" thêm vào

\* Các trị số điện trở tiêu chuẩn: Người ta không thể chế tạo điện trở có đủ tất cả các trị số từ nhỏ nhất đến lớn nhất mà chỉ chế tạo các điện trở có trị số theo tiêu chuẩn với vòng màu số một và vòng màu số hai có giá trị như sau:

10	12	15	18
22	27	33	49
43	47	51	56
68	75	82	91

### 1.3. Những thông số cơ bản của điện trở

#### a. Điện trở danh định

- Trên điện trở không ghi giá trị thực của điện trở mà chỉ ghi giá trị gần đúng, làm tròn, đó là điện trở danh định.

- Đơn vị điện trở: ôm( $\Omega$ ), kilôôm(K $\Omega$ ), mêgaôm(M $\Omega$ ), gigaôm(G $\Omega$ )

-  $1\text{G}\Omega = 1000\text{M}\Omega = 1000.000\text{K}\Omega = 1000.000.000\Omega$

#### b. Sai số

Điện trở danh định không hoàn toàn đúng mà có sai số. Sai số tính theo phần trăm (%) và chia thành ba cấp chính xác: cấp I có sai số  $\pm 5\%$ , cấp II là  $\pm 10\%$ , cấp III là  $\pm 20\%$ .

#### c. Công suất định mức

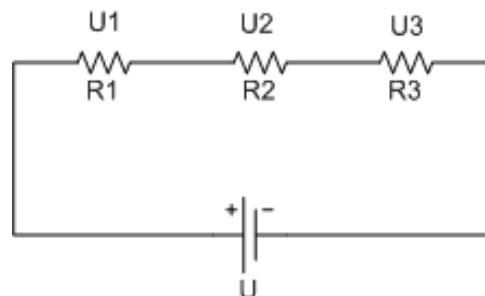
Công suất định mức là công suất tổn hao lớn nhất mà điện trở chịu được một thời gian dài làm việc mà không ảnh hưởng đến trị số của điện trở.

#### d. Hệ số nhiệt của điện trở

Khi nhiệt độ làm việc thay đổi thì trị số điện trở cũng thay đổi. Sự thay đổi trị số tương đối khi nhiệt độ thay đổi  $1^\circ\text{C}$  gọi là hệ số nhiệt của điện trở. Khi tăng  $1^\circ\text{C}$  trị số tăng khoảng  $0.2\%$  (trừ loại điện trở nhiệt)

### 1.4. Cách mắc

#### a. Điện trở mắc nối tiếp.



**Hình 1.15 Điện trở mắc nối tiếp.**

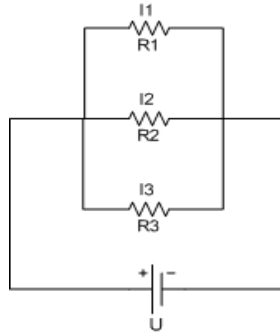
- Các điện trở mắc nối tiếp có giá trị tương đương bằng tổng các điện trở thành phần cộng lại.  $R_{td} = R1 + R2 + R3$

- Dòng điện chạy qua các điện trở mắc nối tiếp có giá trị bằng nhau và bằng I

$$I = (U1 / R1) = (U2 / R2) = (U3 / R3)$$

Từ công thức trên ta thấy rằng , sụt áp trên các điện trở mắc nối tiếp tỷ lệ thuận với giá trị điện trở .

b. Điện trở mắc song song.



**Hình 1.16 Điện trở mắc song song**

- Các điện trở mắc song song có giá trị tương đương  $R_{td}$  được tính bởi công thức  $(1 / R_{td}) = (1 / R_1) + (1 / R_2) + (1 / R_3)$

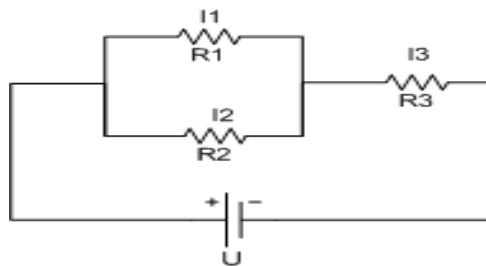
- Nếu mạch chỉ có 2 điện trở song song thì  $R_{td} = R_1.R_2 / (R_1 + R_2)$

- Dòng điện chạy qua các điện trở mắc song song tỷ lệ nghịch với giá trị điện trở .

$$I_1 = (U / R_1) , \quad I_2 = (U / R_2) , \quad I_3 = (U / R_3)$$

- Điện áp trên các điện trở mắc song song luôn bằng nhau.

c. Điện trở mắc hỗn hợp



**Hình 1.17 Điện trở mắc hỗn hợp.**

- Mắc hỗn hợp các điện trở để tạo ra điện trở tối ưu hơn .

Ví dụ: nếu ta cần một điện trở 9K ta có thể mắc 2 điện trở 15K song song sau đó mắc nối tiếp với điện trở 1,5K .

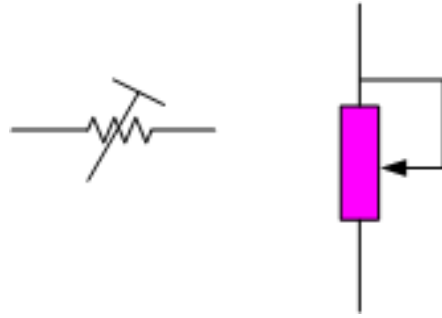
### 1.5. Các loại linh kiện khác cùng loại:

a. Biến trở

Là điện trở có thể chỉnh để thay đổi giá trị, có ký hiệu là VR chúng có hình dạng như sau.

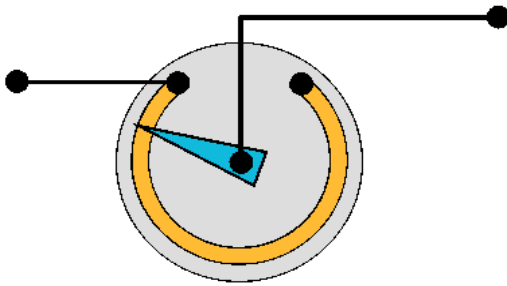


**Hình 1.18 Hình dạng biến trở**



**Ký hiệu trên sơ đồ**

Biến trở thường ráp trong máy phục vụ cho quá trình sửa chữa, cân chỉnh của kỹ thuật viên, biến trở có cấu tạo như hình bên dưới.



**Hình 1.19 Cấu tạo của biến trở**

**\*Lưu ý**

Đối với VR loại than, thực tế có 2 loại: A và B

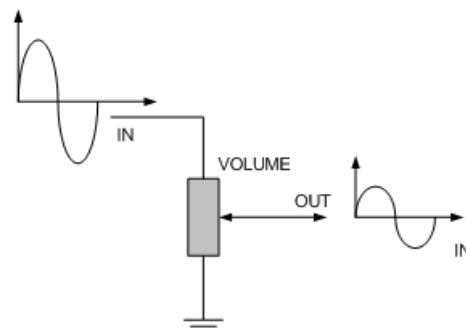
- Loại A: Chỉnh thay đổi chậm đều, được sử dụng để thay đổi âm lượng lớn nhỏ trong Ampli, Cassette, Radio, TV, hoặc chỉnh độ tương phản (Contrass), chỉnh độ sáng tối( Brightness) ở TV,... Biến trở loại A còn có tên gọi là biến trở tuyến tính.

- Loại B: Chỉnh thay đổi đột biến nhanh, sử dụng chỉnh âm sắc trầm bổng ở Apmli. Biến trở loại B cũng có tên gọi là biến trở phi tuyến hay biến trở loga.

**b. Triết áp:**

Triết áp cũng tương tự biến trở nhưng có thêm cần chỉnh và thường bố trí phía trước mặt máy cho người sử dụng điều chỉnh. Ví dụ như - Triết áp Volume, triết áp Bass, Treec v.v.. , triết áp nghĩa là triết ra một phần điện áp từ đầu vào tùy theo mức độ chỉnh.

**Hình 1.20 Ký hiệu triết áp trên sơ đồ nguyên lý.**





**Hình 1.21 Hình dạng triết áp**

**Cấu tạo trong triết**

**áp**

*c. Điện trở nhiệt (Thermistor).*

- Loại này được chế tạo từ chất bán dẫn, nên có khả năng nhạy cảm với nhiệt độ.

- Nhiệt độ tăng làm tăng giá trị của điện trở (Nhiệt trở dương).

- Nhiệt độ tăng làm giảm giá trị của điện trở (Nhiệt trở âm).

*d. Điện trở cảm nhận độ ẩm.*

- Độ ẩm tăng làm tăng giá trị của điện trở (dương).

- Độ ẩm tăng làm giảm giá trị của điện trở (âm).

*e. Quang trở (Light Dependent Resistor):*

Được chế tạo có đặc điểm là khi ánh sáng chiếu vào sẽ làm thay đổi giá trị điện trở.

**2. Tụ điện**

*Mục tiêu:*

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu của tụ điện.

- Xác định được giá trị của các tụ điện.

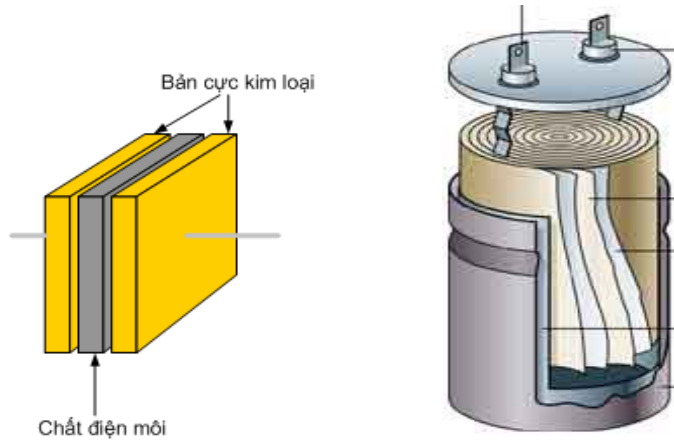
**2.1. Cấu tạo, ký hiệu, phân loại:**

Tụ điện là linh kiện điện tử thụ động được sử dụng rất rộng rãi trong các mạch điện tử, chúng được sử dụng trong các mạch lọc nguồn, lọc nhiễu, mạch truyền tín hiệu xoay chiều, mạch tạo dao động .vv...

**a. Cấu tạo:**

Gồm hai bản cực đặt song song, ở giữa có một lớp cách điện gọi là điện môi.

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 không khí, Tụ hóa...



**Hình 1.22 Cấu tạo tụ gốm**

**Cấu tạo tụ hoá**

b. Ký hiệu:

Tụ điện có ký hiệu là C (Capacitor)

Tụ không Phân cực	Tụ hoá Có phân cực	Tụ hoá Có phân cực	Tụ hoá không phân cực	Tụ biến dung và tụ vi chỉnh

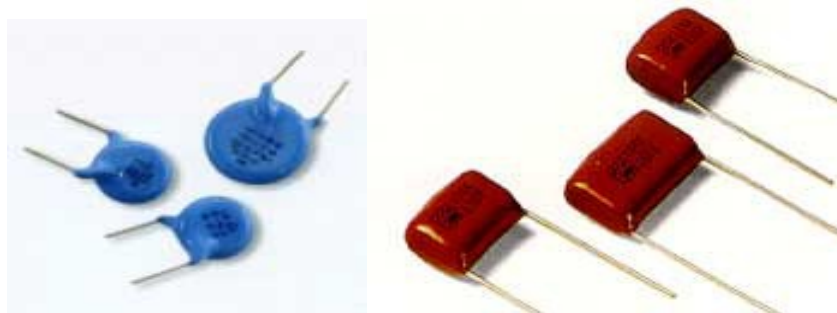
c. Phân loại tụ điện

Tụ điện được chia làm hai loại chính là:

- Tụ điện có phân cực tính âm và dương.
- Tụ điện không phân cực tính được chia ra nhiều dạng.

\* Tụ giấy, Tụ gốm, Tụ mica. (Tụ không phân cực)

Các loại tụ này không phân biệt âm dương và thường có điện dung nhỏ từ 0,47  $\mu\text{F}$  trở xuống, các tụ này thường được sử dụng trong các mạch điện có tần số cao hoặc mạch lọc nhiễu.



**Hình 1.23 Tụ gốm - là tụ không phân cực.**

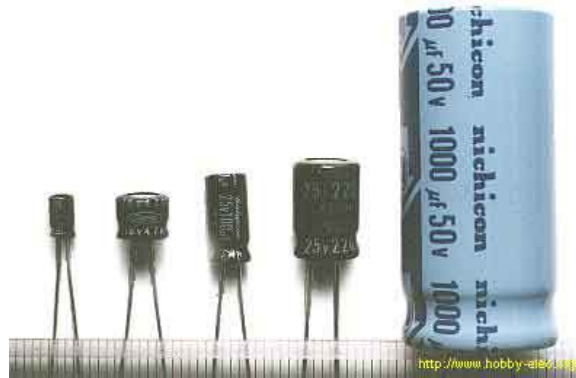
\* Tụ oxid hoá: Thường gọi là tụ hóa

Tụ hóa là tụ có phân cực âm dương, tụ hoá có trị số lớn hơn và giá trị từ 0,47  $\mu\text{F}$  đến khoảng 4.700  $\mu\text{F}$ ,



Tụ được chế tạo với bản cực nhôm làm cực dương có bề mặt hình thành lớp oxid nhôm với lớp bột khí có tính cách điện để làm chất điện môi. :Lớp oxid nhôm rất mỏng nên điện dung của tụ lớn, khi sử dụng phải lắp đúng cực tính âm dương, điện thế làm việc thường nhỏ hơn 500v.

Tụ hoá thường được sử dụng trong các mạch có tần số thấp hoặc dùng để lọc nguồn, tụ hoá luôn luôn có hình trụ..



**Hình 1.24 Tụ hoá - Là tụ có phân cực âm dương.**

\* Tụ xoay.

Tụ xoay là tụ có thể xoay để thay đổi giá trị điện dung, tụ này thường được lắp trong Radio để thay đổi tần số cộng hưởng khi ta dò đài



**Hình 1.25 Tụ xoay sử dụng trong Radio**

\* Các trị số điện dung tiêu chuẩn:

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

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

## **2.2 Các thông số kỹ thuật, tính chất công dụng**

a. Các thông số kỹ thuật

- Điện áp công tác là điện áp mà tụ có thể chịu đựng được ở hai đầu khi làm việc lâu dài trên 10.000 giờ.

- Điện áp đánh thủng là điện áp mà quá điện áp đó thì chất điện môi của tụ bị đánh thủng.

- Điện dung:

Là đại lượng nói lên khả năng tích điện trên hai bản cực của tụ điện, điện dung của tụ điện phụ thuộc vào điện tích bản cực, vật liệu làm chất điện môi và khoảng cách giữa

$$C = \epsilon \cdot S / d$$

Trong đó:

C: là điện dung tụ điện, đơn vị là Fara (F)

$\epsilon$ : Là hằng số điện môi của lớp cách điện.

d: là chiều dày của lớp cách điện.

S: là diện tích bản cực của tụ điện.

- Đơn vị điện dung của tụ:

Đơn vị là Fara (F), 1Fara là rất lớn do đó trong thực tế thường dùng các đơn vị nhỏ hơn như MicroFara ( $\mu\text{F}$ ), NanoFara (nF), PicoFara (pF).

$$1 \text{ Fara} = 1000 \mu\text{Fara} = 1000.000 \text{ n F} = 1000.000.000 \text{ p F}$$

$$1 \mu\text{Fara} = 1000 \text{ n Fara}$$

$$1 \text{ n Fara} = 1000 \text{ p Fara}$$

- Tính chất công dụng

Dùng để (tích) nạp, phóng(xả) điện.

\* Nạp = gom điện lại, tích tụ lại.

\* Xả = phóng, thoát.

### 2.3 . Cách đọc giá trị điện dung trên tụ điện.

- Cũng tương tự như điện trở, tùy theo kích thước của tụ mà người ta có thể ghi trực tiếp giá trị của tụ và điện áp chịu đựng lên thân tụ.

- Nếu tụ nhỏ người ta có thể ghi theo quy ước :Ví dụ

- Với tụ 104 thì tương ứng là  $10 \cdot 10^4$  đơn vị tính là pF.

- Với tụ ký hiệu bằng 2 số thì đọc trực tiếp đơn vị là nF: 68 tương ứng 68nF

- Với tụ .01 thì tương ứng là 0,01 và đơn vị tính là  $\mu\text{F}$  .

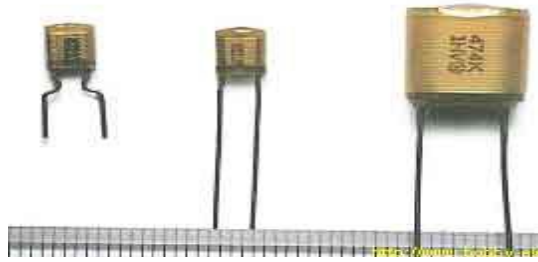


**Hình 1.26 Tụ hoá ghi điện dung là 185  $\mu\text{F}$  / 320 V**

- Với 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 .

- Với tụ giấy , tụ gốm : Tụ giấy và tụ gốm có trị số ghi bằng ký hiệu



**Hình 1.27 Tụ gốm ghi trị số bằng ký hiệu.**

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

Ví dụ tụ gốm bên phải hình ảnh trên ghi 474K nghĩa là

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

## 2.4 Cách mắc tụ điện

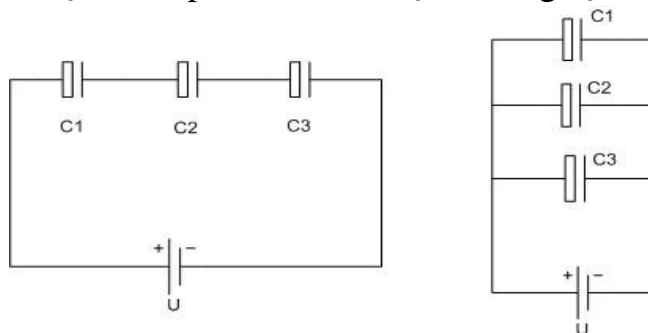
### a. Tụ điện mắc nối tiếp.

- Các tụ điện mắc nối tiếp có điện dung tương đương C tđ được tính bởi công thức:  $1 / C_{\text{tđ}} = (1 / C_1) + (1 / C_2) + (1 / C_3)$

- Trường hợp chỉ có 2 tụ mắc nối tiếp thì  $C_{\text{tđ}} = C_1.C_2 / (C_1 + C_2)$

- Khi mắc nối tiếp thì điện áp chịu đựng của tụ tương đương bằng tổng điện áp của các tụ cộng lại.  $U_{\text{tđ}} = U_1 + U_2 + U_3$

- Khi mắc nối tiếp các tụ điện, nếu là các tụ hoá ta cần chú ý chiều của tụ điện, cực âm tụ trước phải nối với cực dương tụ sau:



**Hình 1.28 Cách mắc tụ điện**

a. Tụ điện mắc nối tiếp

b. Tụ điện mắc song song

### b. Tụ điện mắc song song.

- Các tụ điện mắc song song thì có điện dung tương đương bằng tổng điện dung của các tụ cộng lại.  $C = C_1 + C_2 + C_3$

- Điện áp chịu đựng của tụ điện tương đương bằng điện áp của tụ có điện áp thấp nhất.

- Nếu là tụ hoá thì các tụ phải được đấu cùng chiều âm dương.

## 2.5. Các linh kiện khác cùng loại

### a. Tụ biến đổi:

Gồm các lá nhôm hoặc đồng xếp xen kẽ với nhau, một số lá thay đổi vị trí được. Tấm tĩnh (má cố định) không gắn với trục xoay. Tấm động gắn với trục xoay và tùy theo góc xoay mà phần diện tích đối ứng giữa hai lá nhiều hay ít. Phần diện tích đối ứng lớn thì điện dung của tụ lớn, ngược lại, phần diện tích đối ứng nhỏ thì trị số điện dung của tụ nhỏ. Không khí giữa hai lá nhôm được dùng làm chất điện môi. Tụ loại biến đổi còn được gọi là tụ không khí hay tụ xoay. Tụ biến đổi thường gồm nhiều lá động nối song song với nhau, đặt xen kẽ giữa những lá tĩnh cũng nối song song với nhau. Những lá tĩnh được cách điện với thân tụ, còn lá động được gắn vào trục xoay và tiếp xúc với thân tụ. Khi trục tụ được xoay thì trị số điện dung của tụ cũng được thay đổi theo. Người ta bố trí hình dáng những lá của tụ để đạt được sự thay đổi điện dung của tụ theo yêu cầu. Khi vặn tụ xoay để cho lá động hoàn toàn nằm trong khe các lá tĩnh, nhằm có được diện tích đối ứng là lớn nhất, thì tụ có điện dung lớn nhất. Khi vặn tụ xoay sao cho lá động hoàn toàn nằm ngoài khe các lá tĩnh, nhằm có diện tích đối ứng xấp xỉ bằng không, thì lúc đó, tụ điện có điện dung nhỏ nhất, gọi là điện dung sót. Tụ xoay thường dùng trong máy thu thanh hoặc máy tạo dao động để đạt được tần số cộng hưởng.

*b. Tụ tĩnh chỉnh hay là tụ bán chuẩn:*

Thường dùng để chỉnh điện dung của tụ điện, nhằm đạt được tần số cộng hưởng của mạch. Những tụ này thường có trị số nhỏ và phạm vi biến đổi hẹp. Người ta chỉ tác động tới tụ tĩnh chỉnh khi lấy chuẩn, sau đó thì cố định vị trí của tụ.

*c. Tụ điện điện phân:*

Có những đặc tính khác với tụ không phân cực. Tụ có cấu tạo ban đầu gồm có hai điện cực được phân cách bằng một màng mỏng của chất điện phân, ở giai đoạn cuối cùng, người ta dùng một điện áp đặt lên các điện cực có tác dụng tạo ra một màng oxyt kim loại rất mỏng không dẫn điện. Dung lượng của tụ tăng lên khi lớp điện môi càng mỏng, như vậy có thể chế tạo tụ điện có điện dung lớn với kích thước nhỏ. Do tụ điện điện phân được chế tạo có cực tính, tương ứng với cực tính ban đầu khi hình thành lớp điện môi, cực tính này được đánh dấu trên thân của tụ. Nếu nối ngược cực tính có thể làm phá hủy lớp điện môi, do đó, tụ sẽ bị hỏng. Một hạn chế khác của tụ điện điện phân là lượng điện phân còn lại sau lúc hình thành ban đầu sẽ có tác dụng dẫn điện và làm cho tụ bị rò điện.

Chất liệu chính dùng cho tụ điện điện phân là nhôm và chất điện môi là bột dung dịch điện phân. Tụ điện điện phân có dạng hình ống đặt trong vỏ nhôm. Những tụ điện phân loại mới có khả năng đạt được trị số điện dung lớn với kích thước nhỏ. Phạm vi trị số điện dung từ  $0,1 \mu F$  đến  $47 \mu F$  với cỡ rất nhỏ và từ  $1 \mu F$  đến  $4700 \mu F$ , thậm chí lớn hơn. Điện áp một chiều làm việc của tụ điện điện phân thường thấp từ 10V đến 250V hoặc 500V, mọi tụ điện điện phân đều có dung sai lớn và ít khi chọn trị số tới hạn.

*d. Tụ điện pôlistiren:*

Tụ được chế tạo từ lá kim loại xen với lớp điện môi là màng mỏng pôlistiren, thường pôlistiren bao bọc tạo thành lớp cách điện. Loại tụ điện này có tổn thất thấp ở tần số cao (điện cảm thấp và điện trở nối tiếp thấp), độ ổn định và độ tin cậy cao. Phạm vi giá trị từ 10pF đến 100000pF với dung sai khoảng  $\pm 1\%$ . Trường hợp tụ có dạng ống với chiều dài xấp xỉ 10mm x 3,5 mm đường kính, thường cho trị số điện dung lớn hơn. Loại tụ điện này được dùng cho các mạch điều chỉnh, mạch lọc, mạch tần số FM và các mạch điều khiển khác có yêu cầu độ chính xác, độ tin cậy và độ ổn định cao và tổn thất thấp.

e. *Tụ polycacbonat:*

Loại tụ này được chế tạo dưới dạng tấm hình chữ nhật để có thể cắm vào bảng mạch in. Chúng có trị số điện dung lớn tới  $1 \mu\text{F}$  với kích thước rất nhỏ, tổn hao thấp và điện cảm nhỏ. Tụ điện polycacbonat thường được thiết kế đặc biệt và dùng cho mạch in với kích thước xấp xỉ 7,5 mm x 2,5 mm khoảng cách chân là 7,5 mm.

### 3. Cuộn dây

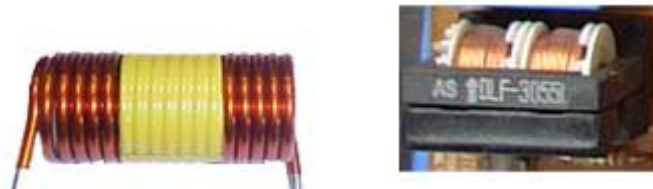
*Mục tiêu:*

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu của cuộn dây.
- Xác định được giá trị của các cuộn dây.

#### 3.1. Cấu tạo, ký hiệu, phân loại:

a. *Cấu tạo, ký hiệu*

Cuộn cảm gồm một số vòng dây quấn lại thành nhiều vòng, dây quấn được sơn emay cách điện, lõi cuộn dây có thể là không khí, hoặc là vật liệu dẫn từ như Ferrite hay lõi thép kỹ thuật .



**Hình 1.29** Cuộn dây lõi không khí      Cuộn dây lõi Ferit



Ký hiệu cuộn dây trong sơ đồ:

- L1 là cuộn dây lõi không khí,
- L2 là cuộn dây lõi ferit,
- L3 là cuộn dây có lõi chỉnh
- L4 là cuộn dây có lõi thép kỹ thuật

b. *Phân loại và ứng dụng*

- Cuộn cảm âm tần:

Là cuộn dây quấn trên lõi sắt từ. Cuộn dây có nhiều vòng để có điện cảm L lớn.

Ứng dụng: Dùng trong các mạch nắn điện ( dùng làm bộ lọc) và trong các mạch điện xoay chiều âm tần .

- Cuộn cảm cao tần:

Cuộn cảm cao tần có số vòng dây ít hơn cuộn cảm âm tần và được quấn trên ống sứ , nhựa cách điện , bên trong không có lõi hoặc có lõi bằng chất ferit .

Ứng dụng : Dùng trong mạch cao tần , trung tần của máy thu phát vô tuyến

### 3.2. Các thông số kỹ thuật, tính chất công dụng

#### a. Những thông số cơ bản của cuộn cảm

- Điện cảm: Điện cảm của cuộn dây phụ thuộc vào kích thước, hình dáng, số vòng dây. Số vòng dây càng lớn thì điện cảm càng lớn. Kí hiệu: L; đơn vị henry (H) - Điện kháng (cảm kháng): Một cuộn dây có dòng điện chạy qua sẽ sinh ra một từ trường. Nếu giá trị của dòng điện thay đổi thì cường độ từ trường phát sinh từ cuộn dây cũng thay đổi gây ra một sức điện động cảm ứng (tự cảm) trên cuộn dây và có xu thế đối lập lại dòng điện ban đầu. Một cuộn dây trong mạch điện xoay chiều sẽ có điện trở một chiều bình thường của nó tạo ra cộng thêm điện trở do điện cảm (điện trở xoay chiều).

Trở kháng của cuộn dây :  $Z_L = R_L + j2fL$

*Khi tần số có tần số thấp tác động thì điện trở tổng cộng của cuộn dây tương đối nhỏ và khi tần số tăng lên thì giá trị này sẽ tăng tỷ lệ với tần số .*

- Hệ số phẩm chất: Một cuộn cảm có chất lượng cao thì tổn hao năng lượng nhỏ. Muốn nâng cao hệ số phẩm chất dùng lõi bằng vật liệu dẫn từ như: ferit, sắt cacbon...số vòng dây quấn ít vòng hơn .

- Điện dung tạp tán: Những vòng dây quấn và các lớp dây tạo nên một điện dung và có thể xem như một tụ điện mắc song song với cuộn cảm . Điện dung làm giảm chất lượng cuộn dây. Khắc phục bằng cách quấn tổ ong, phân đoạn.

#### b. Tính chất, công dụng

- Tính chất nạp, xả. Cuộn dây nạp năng lượng: Khi cho một dòng điện chạy qua cuộn dây, cuộn dây nạp một năng lượng dưới dạng từ trường được tính theo công thức

$$W = L.I^2 / 2$$

W - năng lượng ( June )

L - Hệ số tự cảm ( H )

I - dòng điện.

- Công dụng.

Dùng để tạo ra cảm ứng điện từ.

Điện cảm L: Đặc trưng cho khả năng cảm ứng mạnh yếu.

Đơn vị đo điện cảm là H (Henri).  $1\mu H = 10^{-3}mH = 10^{-6}H$ .

Khi sử dụng cuộn dây phải lưu ý đến sự chịu đựng dòng điện đi qua nó. Nếu dòng điện lớn tiết diện dây cũng phải lớn.

### 3.3. Cách mắc cuộn cảm:

#### a. Mắc nối tiếp:

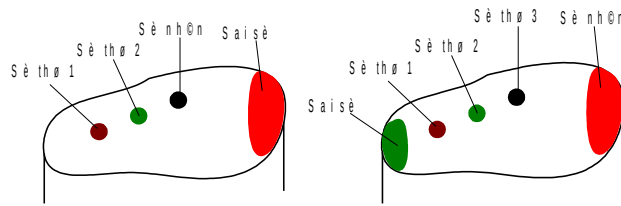
- Đối với dòng một chiều thì cuộn cảm coi như dây dẫn
- Đối với dòng điện xoay chiều ta có:  $L = L_1 + L_2$

#### b. Mắc song song:

- Đối với dòng một chiều thì cuộn cảm coi như dây dẫn
- Đối với dòng điện xoay chiều ta có:  $L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$

### 3.4. Đọc mã ký tự để xác định trị số của điện cảm

- Cách đọc trị số.



Với những cuộn dây ký hiệu bằng các chấm màu, thì cách đọc cũng giống như điện trở và đơn vị tính là  $\mu\text{H}$

## 4. Biến áp

### Mục tiêu:

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu của biến áp.

#### a. Biến áp cảm ứng

Tác dụng: - Biến đổi điện áp và dòng điện xoay chiều.

- Phối hợp trở kháng giữa bên sơ cấp và thứ cấp.

Nếu có một dòng điện xoay chiều đi qua cuộn dây sẽ sinh ra một từ trường biến đổi.

Ta đặt cuộn dây thứ hai trong từ trường cuộn dây thứ nhất thì trong cuộn dây thứ hai xuất hiện dòng điện, gọi là dòng điện cảm ứng. Dòng điện trong cuộn dây thứ hai biến đổi như dòng điện trong cuộn dây thứ nhất sinh ra nó, đó là hiện tượng cảm ứng điện từ. Hai cuộn dây càng sát nhau thì hiện tượng cảm ứng điện từ càng mạnh. Hiện tượng cảm ứng điện từ rất mạnh khi quấn cả hai cuộn dây trên cùng một lõi sắt từ

Nguyên lý làm việc của MBA cũng dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ.

Nếu  $n_1$  là số vòng dây cuộn sơ cấp,  $U_1$  là điện áp vào cuộn sơ cấp,  $n_2$  số vòng dây cuộn thứ cấp,  $U_2$  là điện áp ra ở cuộn thứ cấp. Ta có tỉ số biến áp:

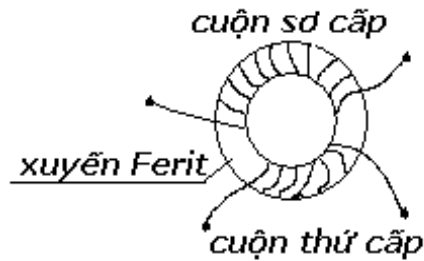
$$K = n_1/n_2 = U_1/U_2 = I_2/I_1$$

Trong đó:  $I_1$  là dòng điện sơ cấp,  $I_2$  là dòng điện thứ cấp.

Nếu:  $K > 1$  ( $U_1 > U_2$ ) là biến áp giảm áp.

$K < 1$  ( $U_1 < U_2$ ) là biến áp tăng áp.

#### b. Biến áp trung tần



**Hình 1.30 Cấu tạo**

**của biến áp trung tần**

Biến áp trung tần có cuộn sơ cấp và thứ cấp, lõi dựng thường là ferit hình xuyên hoặc đoạn ferit ngắn.

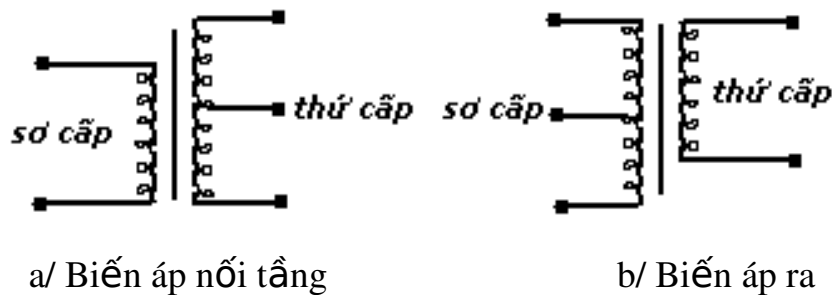
Ứng dụng: dùng để phối hợp trở kháng ghép giữa hai tầng của máy thu.

c. *Biến áp âm tần*

- Biến áp nối tầng (đảo pha): Biến áp này dùng để phối hợp trở kháng ra của tầng trước cao với trở kháng vào của tầng sau thấp để nâng cao độ khuếch đại của mạch.

- Biến áp đảo pha cũng là biến áp nối tầng mà cuộn thứ cấp có điểm ra ở giữa, dùng để đảo pha và kích thích transistor ở tầng công suất đẩy kéo.

- Biến áp ra phối hợp trở kháng gánh của transistor công suất và trở kháng loa đưa công suất ra loa. Biến áp ra tầng đơn có 4 đầu dây ra, tầng đẩy kéo có 5 đầu ra.



a/ Biến áp nối tầng

b/ Biến áp ra

## THỰC HÀNH

**Phân biệt, đọc trị số các loại linh kiện thụ động**

1. **Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, vật liệu**

STT	Loại linh kiện	Số lượng
1	Điện trở các loại	200
2	Tụ điện các loại	100
3	Cuộn dây các loại	50

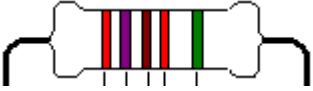
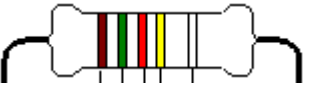
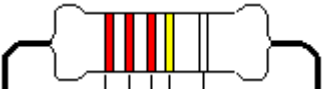
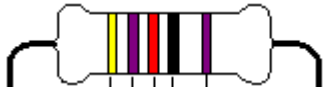
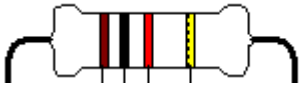
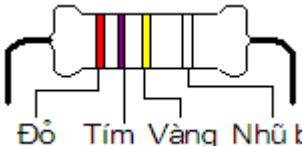
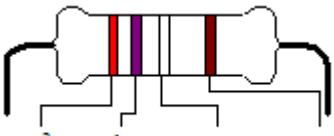
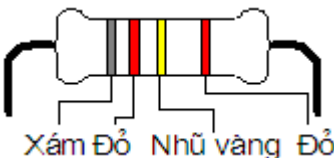
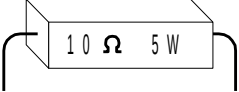

2. **Trình tự thực hiện**




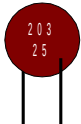

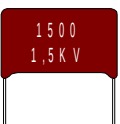
<b>Các bước công việc</b>	<b>Nội dung</b>	<b>Yêu cầu kỹ thuật</b>
Bước 1: Phân biệt các loại linh kiện thụ động với nhau	Nhặt riêng các loại linh kiện cùng chủng loại, cùng nhóm với nhau	- Đúng chủng loại - Đúng nhóm linh kiện
Bước 2: Đọc giá trị điện trở	Đọc các thông số, ghi giá trị điện trở vào phiếu thực hành số 1	- Xác định đúng điện trở có trên phiếu thực hành - Ghi chính xác thông số, giá trị
Bước 3: Đọc giá trị tụ điện	Đọc các thông số, ghi giá trị tụ điện vào phiếu thực hành số 1	- Xác định đúng tụ điện có trên phiếu thực hành - Ghi chính xác thông số, giá trị

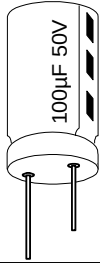
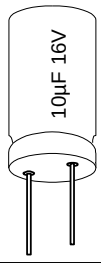
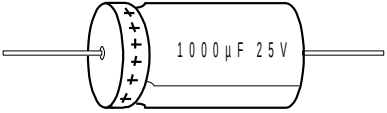
Họ và tên: ..... Lớp: ..... Nhóm: ..... Bàn số: .....	<b>PHIẾU THỰC HÀNH</b> <b>ĐỌC THÔNG SỐ VÀ GIÁ TRỊ LINH KIỆN</b> <b>THỤ ĐỘNG</b>
--	---

**1. Điện trở**

 ..... R = .....	 ..... R = .....
 ..... R = .....	 ..... R = .....
 ..... R = .....	 ..... R = .....
 ..... R = .....	 ..... R = .....
 ..... R = .....	 ..... R = .....

**2. Tụ điện**

 C	 C	 C	 C
= ..... .....	= ..... .....	= ..... .....	= ..... .....

.	.	
		
C = ..... . ..... .	C = ..... . ..... .	C = ..... .....

## BÀI TẬP

### 1. Câu hỏi nhiều lựa chọn:

Hãy lựa chọn phương án đúng để trả lời các câu hỏi dưới đây bằng cách tô đen vào ô vuông thích hợp:

TT	Nội dung câu hỏi	a	b	c	d
1.1	<b>Điện trở có tính chất gì?</b> a. Dẫn điện DC b. Dẫn điện AC c. Dẫn điện DC và AC. d. Không cho dòng điện đi qua.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	<b>Trong mạch điện, điện trở làm nhiệm vụ gì?</b> a. Giảm áp. b. Hạn dòng. c. Phân cực. d. Cả ba yếu tố trên.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	<b>Căn cứ vào đâu để phân loại điện trở?</b> a. Cấu tạo. b. tính chất. c. Công dụng. d. Cấp chính xác.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4	<b>Điện trở mắc nối tiếp có tính chất gì?</b> a. Tăng giá trị b. Giảm giá trị c. Giá trị không thay đổi. d. Cả ba đều sai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5	<b>Điện trở mắc song song có tính chất gì?</b> a. Tăng giá trị b. Giảm giá trị	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	<p>c. Tăng công suất</p> <p>d. Cả ba đều đúng</p>				
1.6	<p><b>Thông thường người ta mắc điện trở song song để làm gì?</b></p> <p>a. Tăng công suất chịu tải</p> <p>b. Giảm giá trị điện trở trên mạch</p> <p>c. Tăng diện tích tỏa nhiệt trên mạch</p> <p>d. Cả ba điều trên</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7	<p><b>Điện trở có thông số kỹ thuật cơ bản nào?</b></p> <p>a. Trị số</p> <p>b. Sai số</p> <p>c. Công suất</p> <p>d. Cả ba điều trên</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8	<p><b>Biến trở trong mạch điện dùng để làm gì?</b></p> <p>a. Thay đổi giá trị của điện trở.</p> <p>b. Thay đổi điện áp phân cực</p> <p>c. Thay đổi dòng phân cực</p> <p>d. Cả ba đều sai</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.9	<p><b>Trong kỹ thuật biến trở than dùng để làm gì?</b></p> <p>a. Hạn chế dòng điện qua mạch</p> <p>b. Giảm điện áp cung cấp cho mạch</p> <p>c. Phân cực cho mạch điện</p> <p>d. Cả ba điều trên.</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.10	<p><b>Trong kỹ thuật biến trở dây quấn dùng để làm gì?</b></p> <p>a. Hạn chế dòng qua mạch điện.</p> <p>b. Giảm điện áp cung cấp cho mạch điện</p> <p>c. Phân cực cho mạch điện</p> <p>d. Gồm a,b</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.11	<p><b>Tụ điện có tính chất gì?</b></p> <p>a. Ngăn dòng một chiều</p> <p>b. Ngăn dòng xoay chiều</p> <p>c. Cả a,b đúng</p> <p>d. Cả a,b sai</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.12	<p><b>Trong kỹ thuật tụ điện được chia làm mấy loại?</b></p> <p>a. Phân cực</p> <p>b. Không phân cực</p> <p>c. Thường</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	d. Gồm a, b.				
1.13	<b>Tụ mắc nối tiếp có tính chất gì?</b> a. Tăng trị số b. Giảm trị số c. Không thay đổi d. Tất cả đều sai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.14	<b>Tụ mắc song song có tính chất gì?</b> a. Tăng trị số b. Giảm trị số c. Không thay đổi d. Tất cả đều sai.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.15	<b>Trong thực tế thông thường người ta mắc tụ theo cách nào?</b> a. Mắc nối tiếp b. Mắc song song c. Mắc hỗn hợp d. Tất cả các cách trên	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.16	<b>Tụ điện có những thông số cơ bản nào?</b> a. Trị số b. Điện áp làm việc c. Cấp chính xác d. Tất cả các yếu tố trên.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.17	<b>Cuộn cảm có tính chất gì?</b> a. Ngăn dòng DC b. Ngăn dòng AC c. Cả a, b đúng d. Cả a, b sai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.18	<b>Hệ số từ cảm của cuộn cảm phụ thuộc vào yếu tố nào?</b> a. Số vòng dây. b. Phẩm chất lõi c. Kỹ thuật quấn. d. Cả ba điều trên.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.19	<b>Có mấy hình thức ghi trị số linh kiện thụ động?</b> a. Ghi trực tiếp. b. Ghi bằng vòng màu. c. Ghi bằng kí tự. d. Cả ba cách trên.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.20	<b>Cách ghi trị số linh kiện thụ động dựa vào đâu?</b> a. Giá trị của linh kiện.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	b. Kích thước của linh kiện. c. Hình dáng của linh kiện d. Cấu tạo của linh kiện.				
--	---	--	--	--	--

## 2. Bài tập về kí hiệu quy ước, đặc tính kỹ thuật của các linh kiện thụ động.

Bài 1: Trình bày kí hiệu quy ước của: Điện trở, Biến trở, điện trở nhiệt, các loại tụ điện và cuộn cảm trên sơ đồ mạch nguyên lý.

Bài 2: Trình bày các đặc tính kỹ thuật của điện trở, tụ điện: các đặc tính trên có ý nghĩa như thế nào trong công việc của người thợ sửa chữa.

Bài 3: Trình bày kí hiệu của các loại cuộn cảm, biến áp trên sơ đồ nguyên lý.

Bài tập về quy luật màu quy ước và đọc giá trị của điện trở, cuộn cảm, tụ điện.

Bài 4: Giá trị các điện trở là: 220 ; 1k ; 5,6k ; 120 k ; 1M cho biết thứ tự các vạch màu trên thân điện trở tương ứng với các giá trị trên.

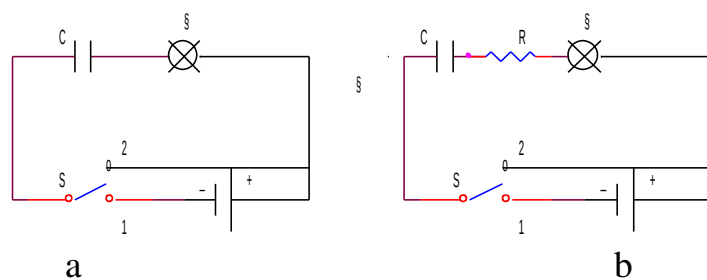
Bài 5: Trình bày các quy định ký mã số biểu diễn trị số tụ điện, cách đọc trị số tụ điện, cho một vài ví dụ cụ thể ứng với mỗi loại trên.

Bài tập về nhận dạng và xác định chất lượng các linh kiện thụ động

Bài 6: Trình bày cách nhận dạng và xác định chất lượng của các loại biến trở bằng VOM.

Bài 7: Nếu có 2 linh kiện thụ động có hình dáng bên ngoài khi quan sát bằng mắt ta chưa nhận dạng chính xác được là loại linh kiện gì; muốn xác định được chính xác được các linh kiện trên ta phải dùng phương pháp nào?

Bài 8: Cho sơ đồ như hình vẽ , giải thích hoạt động của các sơ đồ khi công tắc S cùng đóng ở vị trí 1 và cùng đóng ở vị trí 2.



Bài 9: Khi hệ số vòng dây  $n$  của biến áp lớn hơn 1 thì biến áp:

- Là loại làm tăng điện áp vào hay làm giảm điện áp vào?
- Là loại làm tăng dòng điện vào hay làm giảm dòng điện vào?

Bài 10: Khi đã có sẵn điện trở giá trị 2,2 k , nhưng trong mạch điện thực tế cần điện trở có giá trị sau:

- a. 1,4 k
- b. 2,4 k

Hãy chọn điện trở bổ sung để đạt được giá trị mong muốn trên và nêu cách mắc chúng( cần lưu ý phải chọn điện trở bổ sung phù hợp với giá trị điện trở có trong thực tế).

Bài 11: Giá trị điện dung tương đương của mạch sẽ thay đổi như thế nào khi:

- Mắc song song các tụ điện?
- Mắc nối tiếp các tụ điện?
- Vừa mắc nối tiếp vừa mắc song song?

## BÀI 2 LINH KIỆN TÍCH CỰC

MÃ BÀI: MĐ14-03

### Mục tiêu:

- Hiểu được nguyên lý hoạt động các linh kiện tích cực
- Xác định được chân các linh kiện tích cực
- Xác định được linh kiện còn tốt hay hỏng.
- Rèn luyện tính chính xác, khoa học.

### Nội dung chính:

#### 1.Chất bán dẫn

##### Mục tiêu:

- Trình bày được các tính chất của chất bán dẫn.

##### 1.1.Chất bán dẫn nguyên chất và tạp chất

Đã từ lâu, tùy theo tính chất của vật chất, người ta thường chia vật chất làm hai loại là chất dẫn điện và chất cách điện. Từ đầu thế kỷ trước người ta đã chú ý đến chất bán dẫn điện (gọi tắt là chất bán dẫn).

**Định nghĩa:** *chất bán dẫn là chất có đặc tính dẫn điện trung gian giữa chất dẫn điện và chất cách điện.*

Sự phân chia trên chỉ có tính chất tương đối, vì điện trở suất của chất bán dẫn còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác, nếu chỉ dựa vào điện trở suất để định nghĩa thì chưa thể biểu thị đầy đủ các tính chất của các chất bán dẫn.

##### **Các tính chất của chất bán dẫn:**

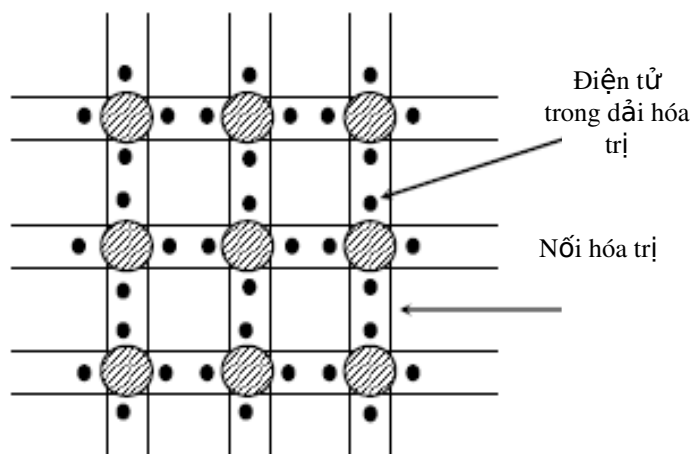
- Điện trở của chất bán dẫn giảm khi nhiệt độ tăng, điện trở tăng khi nhiệt độ giảm. Một cách lý tưởng ở không độ tuyệt đối ( $- 273^{\circ}\text{C}$ ) thì các chất bán dẫn đều trở thành cách điện. Điện trở của chất bán dẫn thay đổi rất nhiều theo độ tinh khiết. Các chất bán dẫn hoàn toàn tinh khiết có thể coi như cách điện khi ở nhiệt độ thấp. Nhưng nếu chỉ có một chút tạp chất thì độ dẫn điện tăng lên rất nhiều, thậm chí có thể dẫn điện tốt như các chất dẫn điện.

- Điện trở của chất bán dẫn thay đổi dưới tác dụng của ánh sáng. Cường độ ánh sáng càng lớn thì điện trở của chất bán dẫn thay đổi càng lớn .

- Khi cho kim loại tiếp xúc với bán dẫn hay ghép hai loại bán dẫn N và P với nhau thì nó chỉ dẫn điện tốt theo một chiều. Ngoài ra, các chất bán dẫn có nhiều đặc tính khác nữa.

### 1.1.1. Chất bán dẫn thuần

Chất bán dẫn là nguyên liệu để sản xuất ra các loại linh kiện bán dẫn như Diode, Transistor, IC mà ta đó thấy trong cỗ thiết bị điện tử ngày nay.



**Hình 2.1. Tinh thể chất bán dẫn ở nhiệt độ thấp ( $T = 0^0K$ )**

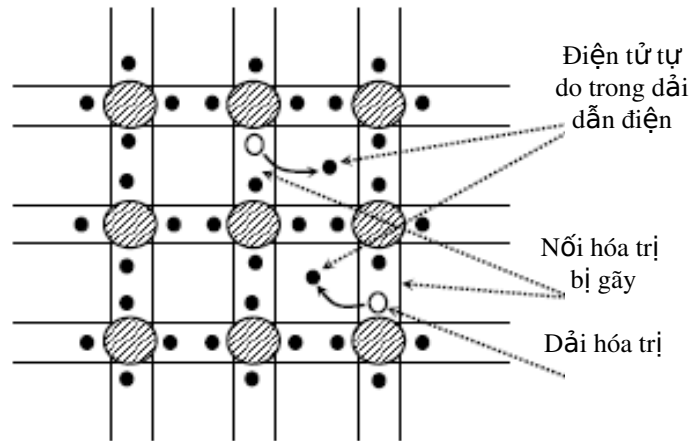
Chất bán dẫn là những chất có đặc điểm trung gian giữa chất dẫn điện và chất cách điện, về phương diện hoá học thì bán dẫn là những chất có 4 điện tử ở lớp ngoài cùng của nguyên tử. đó là các chất Germanium ( Ge) và Silicium (Si)

Mỗi nguyên tử của hai chất này đều có 4 điện tử ở ngoài cùng kết hợp với 4 điện tử của 4 nguyên tử kế cận tạo thành 4 liên kết hóa trị. Vì vậy tinh thể Ge và Si ở nhiệt độ thấp là các chất cách điện.

Nếu ta tăng nhiệt độ tinh thể, nhiệt năng sẽ làm tăng năng lượng một số điện tử và làm gãy một số nối hóa trị. Các điện tử ở các nối bị gãy rời xa nhau và có thể di chuyển dễ dàng trong mạng tinh thể dưới tác dụng của điện trường. Tại các nối hóa trị bị gãy ta có các lỗ trống (hole). Về phương diện năng lượng, ta có thể nói rằng nhiệt năng làm tăng năng lượng các điện tử trong dải hóa trị.

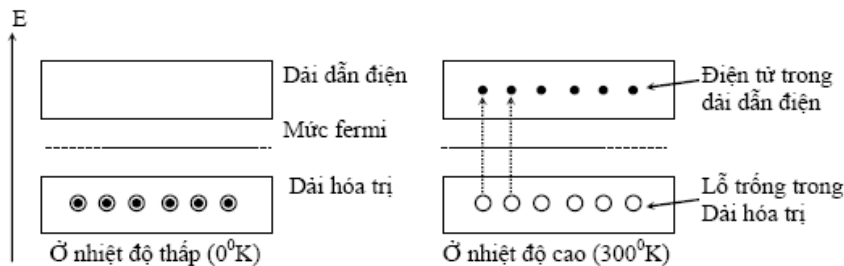
Khi năng lượng này lớn hơn năng lượng của dải cấm (0,7eV đối với Ge và 1,12eV đối với Si), điện tử có thể vượt dải cấm vào dải dẫn điện và chừa lại những lỗ trống (trạng thái năng lượng trống trong dải hóa trị). Ta nhận thấy số điện tử trong dải dẫn điện bằng số lỗ trống trong dải hóa trị.





**Hình 2.2. Tinh thể chất bán dẫn ở nhiệt độ cao ( $T = 300^{\circ}\text{K}$ )**

Nếu ta gọi  $n$  là mật độ điện tử có năng lượng trong dải dẫn điện và  $p$  là mật độ lỗ trống có năng lượng trong dải hóa trị. Ta có:  $n = p = n_i$   
 Chất bán dẫn loại P

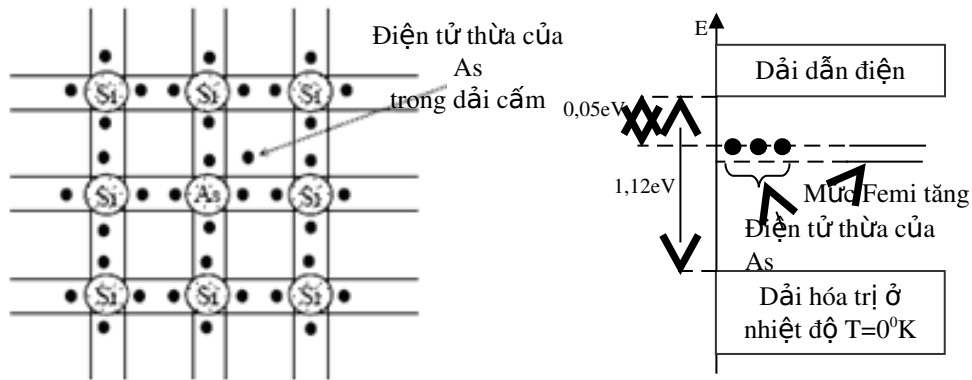


Ta gọi chất bán dẫn có tính chất  $n = p$  là chất bán dẫn thuần. Thông thường người ta gặp nhiều khó khăn để chế tạo chất bán dẫn loại này.

### 1.1.2. Chất bán dẫn loại N:

Giả sử ta pha vào Si thuần những nguyên tử thuộc nhóm V của bảng phân loại tuần hoàn như As (Arsenic), Photpho (p), Antimony (Sb). Bán kính nguyên tử của As gần bằng bán kính nguyên tử của Si nên có thể thay thế một nguyên tử Si trong mạng tinh thể. Bốn điện tử của As kết hợp với 4 điện tử của Si lân cận tạo thành 4 nối hóa trị, Còn dư lại một điện tử của As. Ở nhiệt độ thấp, tất cả các điện tử của các nối hóa trị đều có năng lượng trong dải hóa trị, trừ những điện tử thừa của As không tạo nối hóa trị có năng lượng  $E_D$  nằm trong dải cấm và cách dãy dẫn điện một khoảng năng lượng nhỏ chừng 0,05eV.

Giả sử ta tăng nhiệt độ của tinh thể, một số nối hóa trị bị gãy, ta có những lỗ trống trong dải hóa trị và những điện tử trong dải dẫn điện giống như trong trường hợp của các chất bán dẫn thuần. Ngoài ra, các điện tử của As có năng lượng  $E_D$  cũng nhận nhiệt năng để trở thành những điện tử có năng lượng trong dải dẫn điện. Vì thế ta có thể coi như hầu hết các nguyên tử As đều bị Ion hóa (vỡ khoảng năng lượng giữa  $E_D$  và dải dẫn điện rất nhỏ), nghĩa là tất cả các điện tử lúc đầu có năng lượng  $E_D$  đều được tăng năng lượng để trở thành điện tử tự do.



**Hình 2.3. Tinh thể chất bán dẫn ở nhiệt độ cao ( $T = 300^{\circ}\text{K}$ )**

Nếu ta gọi  $N_D$  là mật độ những nguyên tử As pha vào (cũng gọi là những nguyên tử cho).

Ta có:  $n = p + N_D$

Với  $n$ : mật độ điện tử trong dải dẫn điện.

$p$ : mật độ lỗ trống trong dải hóa trị.

Người ta cũng chứng minh được:  $n.p = n_i^2$  ( $n < p$ )

$n_i$ : mật độ điện tử hoặc lỗ trống trong chất bán dẫn thuần trước khi pha.

Chất bán dẫn như trên có số điện tử trong dải dẫn điện nhiều hơn số lỗ trống trong dải hóa trị gọi là chất bán dẫn loại N.

### 1.1.3. Chất bán dẫn loại P:

Thay vì pha vào Si thuần một nguyên tố thuộc nhóm V, ta pha vào những nguyên tố thuộc nhóm III như Indium (In), Gallium (Ga), nhôm (Al),... Bán kính nguyên tử In gần bằng bán kính nguyên tử Si nên nó có thể thay thế một nguyên tử Si trong mạng tinh thể. Ba điện tử của nguyên tử In kết hợp với ba điện tử của ba nguyên tử Si kế cận tạo thành 3 nối hóa trị, còn một điện tử của Si có năng lượng trong dải hóa trị không tạo một nối với Indium. Giữa In và Si này ta có một trạng thái năng lượng trống có năng lượng  $E_A$  nằm trong dải cấm và cách dải hóa trị một khoảng năng lượng nhỏ chừng  $0,08\text{eV}$ .

Nếu ta gọi  $N_A$  là mật độ những nguyên tử In pha vào (còn được gọi là nguyên tử nhận), ta cũng có:

$$p = n + N_A$$

$p$ : mật độ lỗ trống trong dải hóa trị.

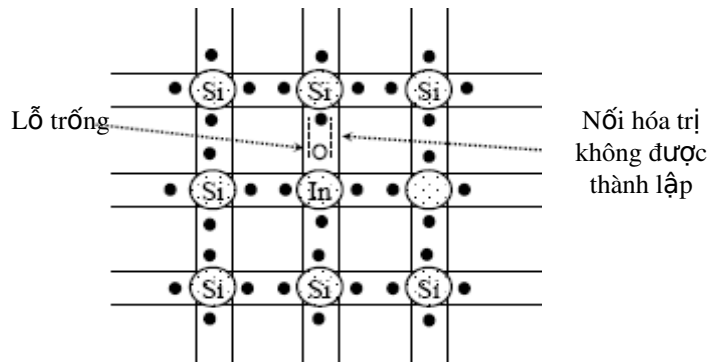
$n$ : mật độ điện tử trong dải dẫn điện.

Người ta cũng chứng minh được:

$$n.p = n_i^2$$
 ( $p > n$ )

$n_i$  là mật độ điện tử hoặc lỗ trống trong chất bán dẫn thuần trước khi

pha.



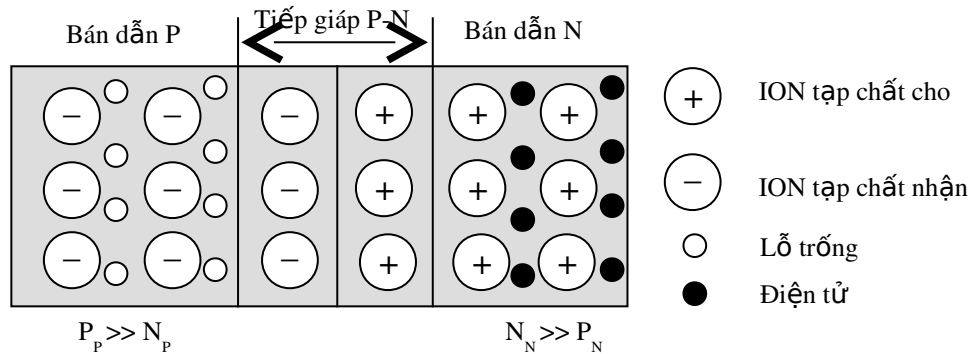
**Hình 2.4. Cấu trúc mạng liên kết nguyên tử của vật chất**

Chất bán dẫn như trên có số lỗ trống trong dải hóa trị nhiều hơn số điện tử trong dải dẫn điện được gọi là chất bán dẫn loại P.

Như vậy, trong chất bán dẫn loại p, hạt tải điện đa số là lỗ trống và hạt tải điện thiểu số là điện tử.

**1.2. Nguyên lý hoạt động của bán dẫn**

\* Sự hình thành tiếp giáp P-N.



**Hình 2.5 Tiếp giáp P-N**

Từ một tinh thể bán dẫn đồng nhất bằng các biện pháp công nghệ khác nhau người ta pha tạp chất khác loại vào mạng tinh thể. Miền giao nhau giữa hai vùng bán dẫn khác nhau gọi là chuyển tiếp PN. Mô tả kết cấu lý tưởng hóa của chuyển tiếp PN mô tả trên hình 2.5

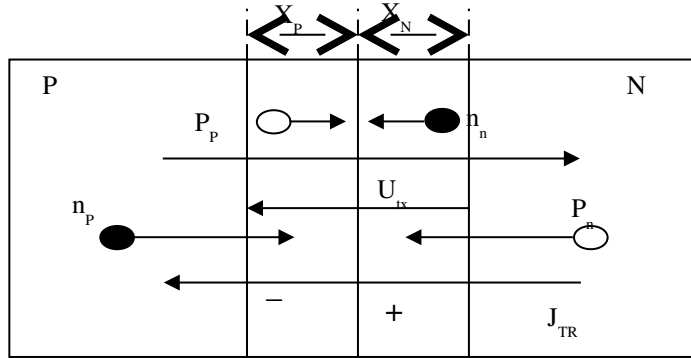
Xét mô hình lý tưởng hóa chúng ta nhận thấy có quá trình vật lý xảy ra khi có sự tiếp xúc giữa hai miền bán dẫn P và N .

Quá trình hình thành chuyển tiếp PN xảy ra như sau:

Trong chất bán dẫn P nồng độ “lỗ” rất lớn so với nồng độ điện tử còn trong vùng bán dẫn N nồng độ điện tử lại rất lớn so với nồng độ “lỗ”. Vì sự mất cân bằng về nồng độ động tử cùng loại nên khi có sự liên thông “tiếp xúc” giữa vùng P với vùng N thì các động tử đa số sẽ di chuyển qua mặt ghép xu hướng để cân bằng nồng độ.

“Lỗ” khuếch tán từ P sang N để lại vị trí cũ của nó một điểm thừa điện tích âm đây chính là các ion âm ở Ở vùng tiếp giáp bờ tiếp xúc bên N. Ngược lại với sự di chuyển của “lỗ”, các điện tử lại khuếch tán từ N sang P và để lại bên bờ N một lớp điện tích dương gọi là các ion dương.

Kết quả là ở vùng tiếp xúc đã xuất hiện hai miền điện tích trái dấu chứa các ion của các nguyên tử bán dẫn đã mất đi là lỗ trống hoặc điện tử. Sự di chuyển của “lỗ” và điện tử qua mặt tiếp tiếp xúc tạo nên dòng khuếch tán ( $I_{kt}$ ) có chiều từ P sang N. Dòng khuếch tán là dòng chuyển dời của các động tử đa số tạo nên.



**Hình 2.6 Sự hình thành chuyển tiếp PN**

Vùng chứa các ion dương bên N và vùng chứa ion âm bên P có độ dày  $X_P$  và  $X_N$ . Trong hai miền này không có động tử âm dương nên còn gọi là miền nghèo động tử. Độ dày của  $X_P$  và  $X_N$  tăng dần, nhưng đến một lúc nào đó (khi P và N cân bằng về nồng độ) thì độ rộng  $X_P$  và  $X_N$  không tăng nữa và cố định lại đây là chuyển tiếp PN đã hình thành xong. Cùng với sự xuất hiện của dòng khuếch tán còn có sự xuất hiện của dòng trôi.

Do giữa hai bên của chuyển tiếp hình thành hai lớp điện tích (tính) trái dấu (hình 2.6) nên giữa chúng xuất hiện một điện trường tiếp xúc ( $E_{tx}$ ) và hiệu điện thế tiếp xúc ( $U_{tx}$ ) có chiều từ N sang P.

Điện trường tiếp xúc  $E_{tx}$  tác động lên động tử thiểu số (điện tử trong P và “lỗ” trong N), làm chúng chuyển động qua mặt ghép, dòng trôi xuất hiện. Vậy qua mặt ghép có hai dòng chuyển động ngược chiều nhau ( $I_{kt}$  có chiều từ P sang N,  $I_{trôi}$  có chiều từ N sang P) lúc đầu  $I_{kt}$  lớn  $I_{trôi}$  nhỏ sau đó  $I_{kt}$  giảm dần và  $I_{trôi}$  tăng dần. Khi trị tuyệt đối của  $I_{kt}$  bằng  $I_{trôi}$  lúc này tổng dòng qua mặt ghép bằng không.

Đây chính là thời điểm mặt ghép cân bằng độ rộng của miền nghèo động tử không tăng nữa.

Lúc này chúng ta coi chuyển tiếp PN được hình thành xong. Trạng thái cân bằng của chuyển tiếp PN ( $|I_{kt}| = |I_{trôi}|$  và hai đầu chuyển tiếp để hở cực) được thiết lập khi chuyển tiếp PN đã hình thành xong. Nếu như lúc này chúng ta phá vỡ một trong hai điều kiện của trạng thái cân bằng thì PN rơi vào trạng thái không cân bằng.

Ở trạng thái cân bằng hay không cân bằng các đặc trưng, tính chất và tham số của PN sẽ biến đổi và khác nhau.

## 2. Diod

*Mục tiêu:*

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu và đặc tuyến của diod.

## 2.1. Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của mặt ghép mặt P-N

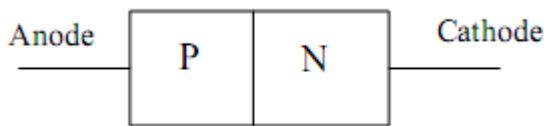
### 2.1.1 Cấu tạo – kí hiệu

Diode bán dẫn (semiconductor diode) là dụng cụ bán dẫn có một mối nối P- N. Từ mẫu bán dẫn loại P tiếp xúc kim loại đưa chân ra (cực ra) anode (A: cực dương). Mẫu bán dẫn loại N tiếp xúc kim loại đưa chân ra cathode (K: cực âm). Bên ngoài có bọc bởi lớp plastic.

Có nhiều công nghệ chế tạo: cấy ion, khuếch tán chất kích tạp vào bán dẫn có tạp chất loại ngược lại, kéo lớp epitaxy,....

Ví dụ: Một diode có thể tạo ra bằng cách bắt đầu với mẫu bán dẫn loại N có pha tạp

chất Nd và chuyển đổi có chọn lọc một phần của mẫu bán dẫn thành loại P bằng cách thêm các tạp chất nhận điện tử có  $N_a > N_d$ . Điểm mà vật liệu thay đổi từ loại P sang loại N được gọi là tiếp xúc luyện kim (mối nối luyện kim) (metallurgical junction). Mẫu bán dẫn loại P tiếp xúc kim loại đưa ra cực anode (A). Mẫu bán dẫn loại N tiếp xúc kim loại đưa ra cực Cathode (K).



(a)



(b)

A: Anode: cực dương

K: Cathode: cực âm

### 2.1.2. Nguyên lý hoạt động

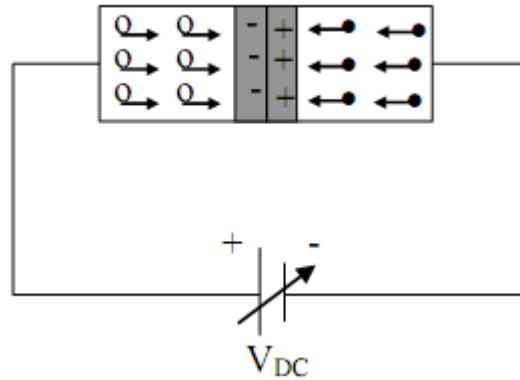
Ta có thể cấp điện để diode ở một trong những trạng thái sau:

$V_A > V_K$ :  $V_{AK} > 0$ : diode phân cực thuận.

$V_A = V_K$ :  $V_{AK} = 0$ : diode không phân cực.

$V_A < V_K$ :  $V_{AK} < 0$ : diode phân cực nghịch.

#### a. Phân cực thuận

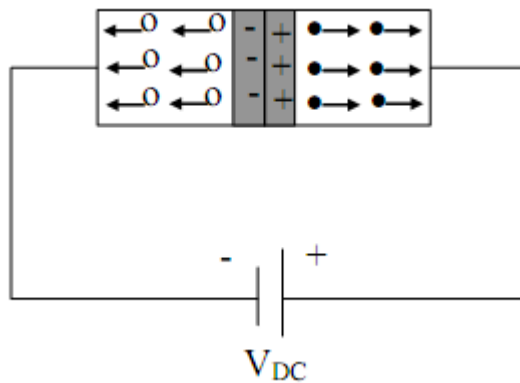


Phân cực thuận diode: ta nối A với cực dương của nguồn, K với cực âm của nguồn. Điện tích âm của nguồn đẩy điện tử trong N về lớp tiếp xúc. Điện tích dương của nguồn đẩy lỗ trống trong P về lớp tiếp xúc, làm cho vùng khiếm khuyết càng hẹp lại. Khi lực đẩy đủ lớn thì điện tử từ vùng N qua lớp tiếp xúc, sang vùng P và đến cực dương của nguồn....Lực đẩy đủ lớn là lúc diode có VAK đạt giá trị  $V_\gamma$ , lúc này diode có dòng điện chạy theo chiều từ A sang K.

$V_\gamma$  được gọi là điện thế ngưỡng (điện thế thêm, điện thế mở).

Đối với loại Si có  $V_\gamma = 0,6 \text{ V}$  ( $0,7 \text{ V}$ ); Ge có  $V_\gamma = 0,2 \text{ V}$ .

b. Phân cực nghịch

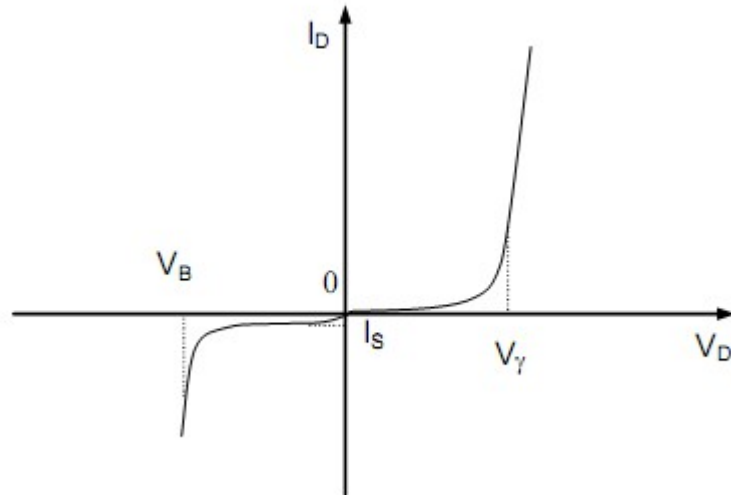


Phân cực thuận diode: ta nối A với cực âm của nguồn, K với cực dương của nguồn. Điện tích âm của nguồn sẽ hút lỗ trống của vùng P, điện tích dương của nguồn sẽ hút điện tử của vùng N, làm cho điện tử và lỗ trống càng xa nhau hơn. Vùng khiếm khuyết càng rộng ra nên hiện tượng tái hợp giữa điện tử và lỗ trống càng khó khăn hơn. Như vậy, sẽ không có dòng qua diode. Tuy nhiên, ở mỗi vùng bán dẫn còn có hạt tải thiểu số nên một số rất ít điện tử và lỗ trống được tái hợp tạo nên dòng điện nhỏ đi từ N qua P gọi là dòng nghịch (dòng rỉ, dòng rò). 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 xét dòng điện rỉ thì diode có dòng nhỏ chạy theo chiều từ K về A khi phân cực nghịch.

c. Không phân cực:

Khi ta dùng nguồn VDC điều chỉnh được và chỉnh về 0, lúc đó mạch có  $V_A = V_K = 0$  hay  $V_{AK} = 0$  hoặc trường hợp khác  $V_A = V_K \neq 0$  nhưng  $V_{AK}$  vẫn bằng 0. Lúc này diode không được phân cực. Vì không có sự chênh lệch điện thế nên không có sự dịch chuyển của các hạt tải nên không có dòng điện.

### 2.1.3. Đặc tuyến Volt – Ampe



$I_S$ : dòng nghịch bão hòa.

$V_\gamma$ : điện thế ngưỡng.

$V_B$ : điện thế đánh thủng.

$k$ : hằng số Boltzman,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J}^0\text{K}$

$T$ : nhiệt độ tuyệt đối của chất bán dẫn, ở nhiệt độ thường  $T = 300^0\text{K}$ .

$$\varphi_T = \frac{kT}{q} = 0,025 \text{ V} \approx 0,026 \text{ V} = 26 \text{ mV}$$

$$I_D = I_S \left( e^{\left( \frac{V_D}{0,026} \right)} - 1 \right)$$

## 2.2. Tính phân cực của Diod

**Phân cực thuận:**

$$V_D > 0 \Rightarrow e^{\frac{V_D}{0,026}} \gg 1 \Rightarrow I_D = I_S e^{\frac{V_D}{0,026}}$$

**Không phân cực:**

$$V_D = 0 \Rightarrow e^{\frac{V_D}{0,026}} = 1 \Rightarrow I_D = I_S (1 - 1) = 0$$

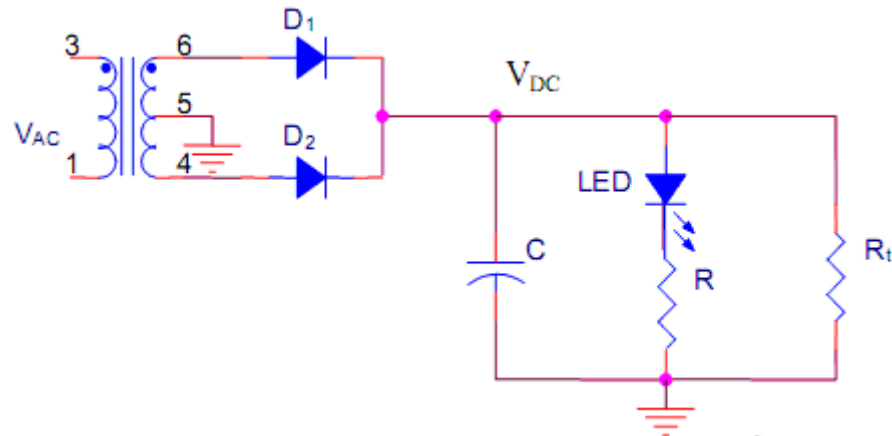
**Phân cực nghịch:**

$$V_D < 0 \Rightarrow e^{\frac{V_D}{0,026}} \ll 1 \Rightarrow I_D = I_S (-1) = -I_S$$

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

## 2.3. Ứng dụng diod

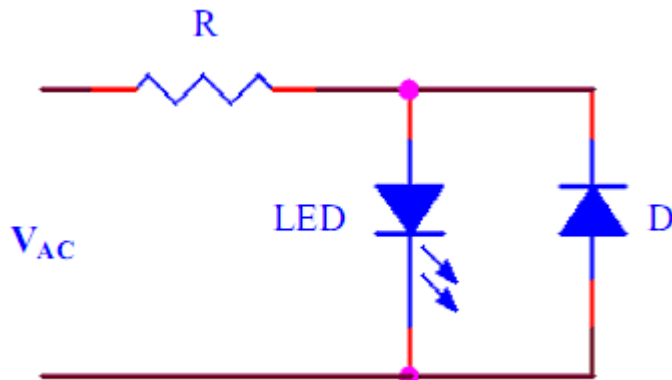
\* Mạch báo nguồn DC



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:

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

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

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

LED được ứng dụng nhiều trong các mạch điện tử: mạch bảo vệ thiết bị, mạch quang báo, mạch đèn trang trí, mạch đồ chơi, mạch kiểm soát điện áp cho xe hơi,...đặc biệt

LED được tích hợp thành nhiều dạng đèn rất đẹp và tiện lợi. Tuổi thọ của LED cao hơn bóng đèn thường, tùy loại LED mà ta có đặc trưng chiếu sáng khác nhau.

Dạng bóng đèn ứng dụng LED.



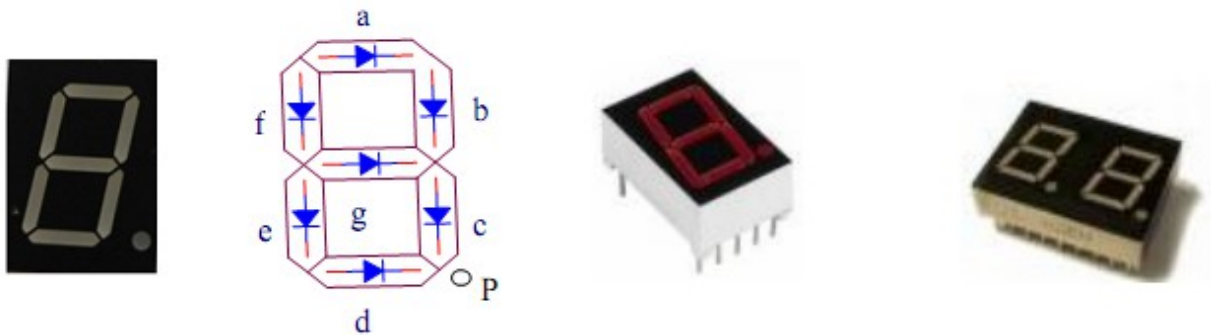


Ma trận LED.



Ngoài ra, LED phát ra tia hồng ngoại (IRED) dùng để truyền tín hiệu trong các bộ ghép quang, đọc tín hiệu, mạch điều khiển từ xa,...

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



LED bảy đoạn là tập hợp tám LED được chế tạo dạng thanh dài sắp xếp và được kí hiệu bằng tám chữ cái là a, b, c, d, e, f, g, p. 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. Transistor lưỡng cực BJT

*Mục tiêu:*

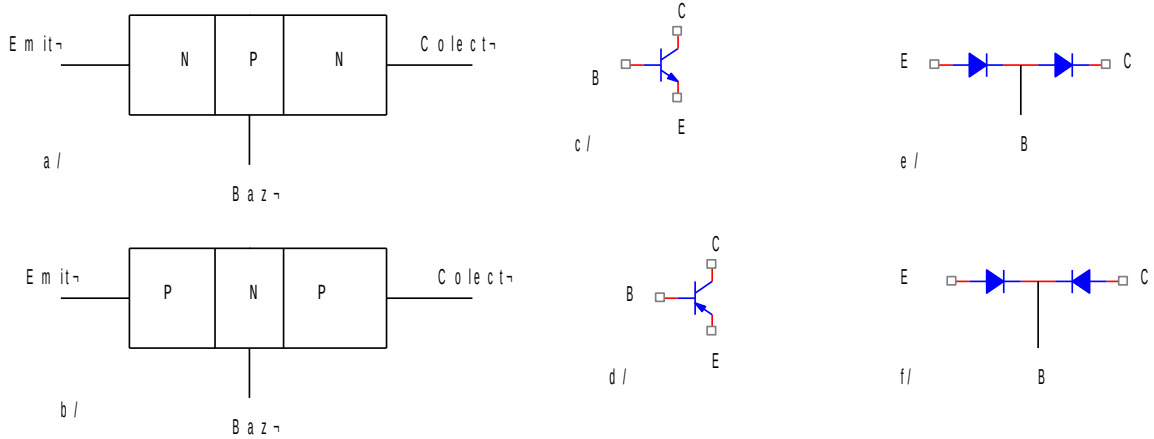
- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu và đặc tuyến của transistor BJT.

#### 3.1. Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của BJT

##### 3.1.1. Cấu tạo

Transistor là một linh kiện bán dẫn bao gồm ba lớp bán dẫn với các bán dẫn P và N xen kẽ nhau. Tùy theo sự sắp xếp của miền N và miền P mà ta có hai loại Transistor PNP (thuận) và NPN (nghịch) như hình vẽ.

Transistor có ba cực: cực phát kí hiệu là E (emito), cực gốc kí hiệu là B (bazo), cực góp kí hiệu là C (colecto)



**Hình 2.17. Mô hình cấu tạo của tranzito BJT**

a. tranzisto NPN; b. Tranzito PNP (Kí hiệu quy ước của chúng)

Mô tả cấu tạo để phân tích BJT theo chế độ các điốt (e) và (f)

Miền P thứ nhất của tranzito PNP (với tranzito NPN là miền N) được gọi là miền emitơ, miền này được pha tạp chất với nồng độ lớn nhất, nó đóng vai trò phát xạ các hạt dẫn (lỗ trống hoặc điện tử) điện cực nối với miền này được gọi là cực emitơ, ký hiệu là E. Miền N (với tranzito NPN là miền P) được gọi là miền basơ, miền này được pha tạp chất ít, độ rộng của nó rất nhỏ so với kích thước toàn bộ tranzito, miền basơ đóng vai trò truyền đạt hạt dẫn, điện cực nối với miền này được gọi là cực basơ, ký hiệu là B. Miền P tiếp theo (với tranzito NPN là miền N) được gọi là miền colectơ, miền này được pha tạp chất ít hơn miền emitơ nhưng nhiều hơn miền basơ, đóng vai trò thu gom các hạt dẫn, điện cực nối với nối với miền này gọi là cực colectơ, ký hiệu là chữ C.

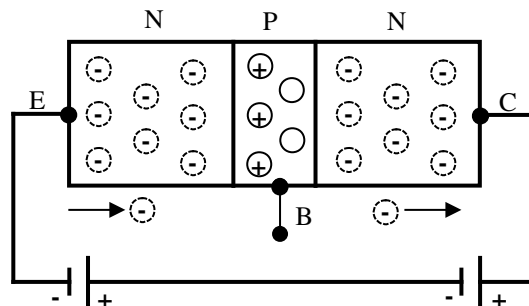
Với cấu trúc như vậy, tranzito bao gồm hai chuyển tiếp PN, chuyển tiếp PN giữa emitơ và basơ được gọi là chuyển tiếp emitơ, chuyển tiếp PN giữa basơ và colectơ được gọi là chuyển tiếp colectơ.

**3.1.2. Nguyên lý hoạt động.**

a. Xét Transistor loại NPN

\* Thí nghiệm 1:

Cực E nối vào cực âm, cực C nối vào cực dương của nguồn DC, cực B để hở. (hình 2.18a)

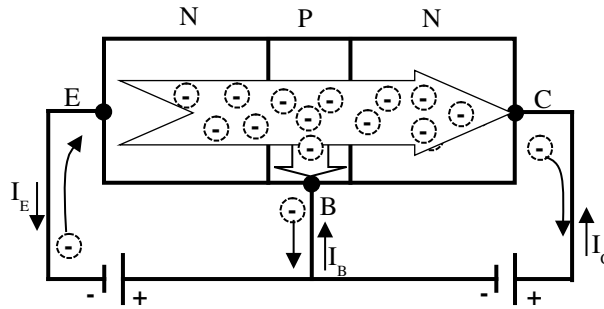


**Hình 2.18a**

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

\*Thí nghiệm 2

Mạch thí nghiệm giống như thí nghiệm 1 nhưng cực B nối vào một điện thế dương sao cho  $V_B > V_E$  và  $V_B < V_C$  (hình 2.18b)



**Hình 2.18b**

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

Hình mũi tên trong Transistor chỉ chiều dòng điện tử di chuyển, dòng điện quy ước chạy ngược chiều dòng điện tử nên dòng điện  $I_B$  và  $I_C$  đi từ ngoài vào Transistor, dòng điện  $I_E$  đi từ trong Transistor ra.

Số lượng điện tử bị hút từ cực E đều chạy sang cực B và cực C nên dòng điện  $I_B$  và  $I_C$  đều chạy sang cực E.

$$\text{Ta có: } I_E = I_B + I_C$$

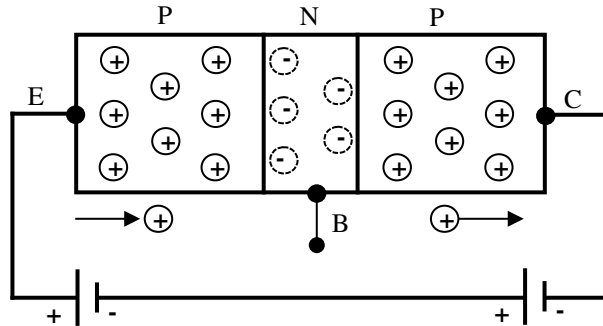
b. Xét Transistor loại PNP

\* Thí nghiệm 3:

Đối với Transistor PNP thì điện thế nối vào các chân ngược lại với Transistor NPN. Hạt tải di chuyển trong Transistor NPN là điện tử xuất phát từ cực E trong khi đối với Transistor PNP thì hạt tải di chuyển là lỗ trống xuất phát từ cực E.

Theo hình Transistor PNP có C cực E nối vào cực dương, cực C nối vào cực âm của nguồn DC, cực B để hở. (hình 2.19a)

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

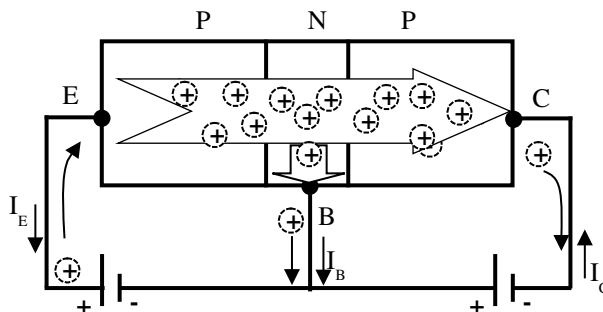


Hình 2.19a

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

#### \*Thí nghiệm 4

Mạch thí nghiệm giống như thí nghiệm 3 nhưng cực B nối vào một điện thế âm sao cho  $V_B < V_E$  và  $V_B > V_C$  (hình 2.19b)



Hình 2.19b

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

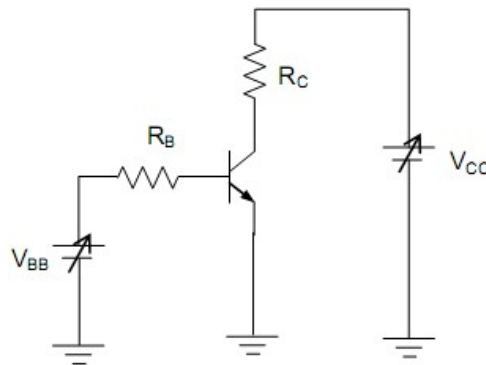
dương. Cực B nối vào điện thế âm của nguồn nên sẽ hút một số lỗ trống trong vùng bán dẫn N xuống tạo thành dòng điện  $I_B$ . Cực C nối vào điện thế âm cao hơn nên hút hầu hết các lỗ trống trong vùng bán dẫn N sang vùng bán dẫn P của cực C tạo thành dòng  $I_C$ . Cực E nối vào nguồn điện thế dương nên khi vùng bán dẫn P bị mất lỗ trống nên sẽ hút lỗ trống từ nguồn dương lên thế chỗ tạo thành dòng điện  $I_E$ .

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

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

$$\text{Ta có: } I_E = I_B + I_C$$

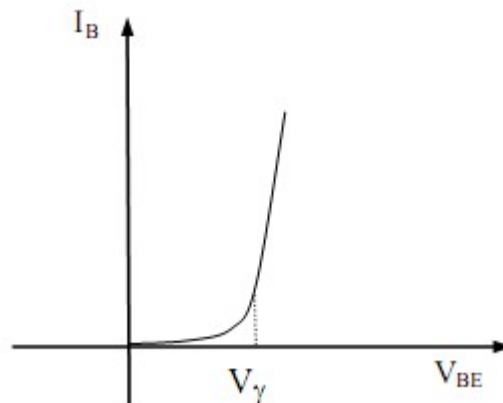
### 3.1.3. Đặc tuyến của BJT



#### Mạch khảo sát đặc tuyến của BJT.

Xét mạch như hình vẽ. Với  $V_{BE}$  là hiệu điện thế giữa cực nền B và cực phát E.  $V_{CE}$  là hiệu điện thế giữa cực thu C và cực phát E.

#### a. Đặc tuyến ngõ vào $I_B(V_{BE})$ ứng với $V_{CE} = \text{const}$



#### Đặc tuyến ngõ vào của BJT

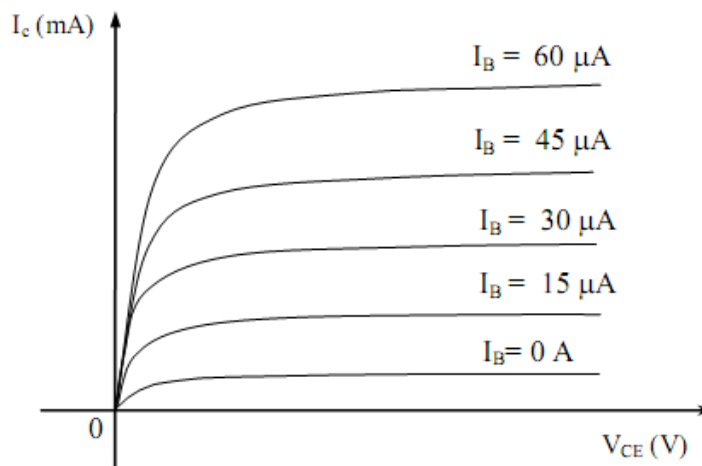
Chọn nguồn  $V_{CC}$  dương xác định để có  $V_{CE} = \text{const}$ . Chỉnh nguồn  $V_{BB}$  để thay đổi  $V_{BE}$  từ 0 tăng lên đến giá trị nhỏ hơn điện thế ngưỡng  $V_\gamma$  thì đo dòng  $I_B \approx 0$ . Tiếp tục tăng nguồn  $V_{BB}$  để có  $V_{BE} = V_\gamma$  thì bắt đầu có dòng  $I_B$  và  $I_B$  cũng tăng theo dạng hàm số mũ như dòng  $I$  của diode phân cực thuận.

### b. Đặc tuyến truyền dẫn $I_C(V_{BE})$ ứng với $V_{CE} = \text{const}$

Để khảo sát đặc tuyến này, ta đo, chỉnh nguồn tương tự đặc tuyến ngõ vào nhưng dòng thì đo  $I_C$ , quan sát xem  $I_C$  thay đổi như thế nào khi  $V_{BE}$  thay đổi. Ta có đặc tuyến truyền dẫn  $I_C(V_{BE})$  có dạng giống như đặc tuyến ngõ vào  $I_B(V_{BE})$  nhưng dòng  $I_C$  có trị số lớn hơn  $I_B$  nhiều lần.

$$I_C = \beta I_B$$

### c. Đặc tuyến ngõ ra $I_C(V_{CE})$ ứng với $I_B = \text{const}$



Họ đặc tuyến ngõ ra của BJT

Nguồn  $V_{BB}$  phân cực thuận mối nối P – N giữa B và E để tạo dòng  $I_B$ .  $V_{CC}$  Khi điện thế  $V_B < V_Y$  tức  $V_{BE} < V_Y$  thì có dòng  $I_B = 0$  và  $I_C = 0$  mặc dù có tăng nguồn. Khi điện thế  $V_{BE} \geq V_Y$  thì có dòng  $I \neq 0$ .

Thay đổi  $V_{BB}$  để  $I_B$  có trị số nào đó, dùng máy đo, giả sử đo được  $I_B = 15 \mu A$ . Lúc này giữ cố định  $I_B$  bằng cách không đổi  $V_{BB}$ , tiếp theo thay đổi  $V_{CC} \rightarrow V_{CE}$  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 điện 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 theo  $V_{CE}$ , nhưng đến giá trị bão hòa  $I_C = \beta I_B$ ,  $I_C$  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 ngõ ra như trên.

Trên đây ta đã xét đặc tuyến của BJT mắc kiểu CE. Ta cũng có thể xét BJT mắc kiểu khác:

\*BJT mắc kiểu CB:

- Đặc tuyến ngõ vào  $I_E(V_{EB})$  ứng với  $V_{CB} = \text{const}$ .
- Đặc tuyến truyền dẫn  $I_C(V_{EB})$  ứng với  $V_{CB} = \text{const}$ .
- Đặc tuyến ngõ ra  $I_C(V_{CB})$  ứng với  $I_E = \text{const}$ .

\*BJT mắc kiểu CC:

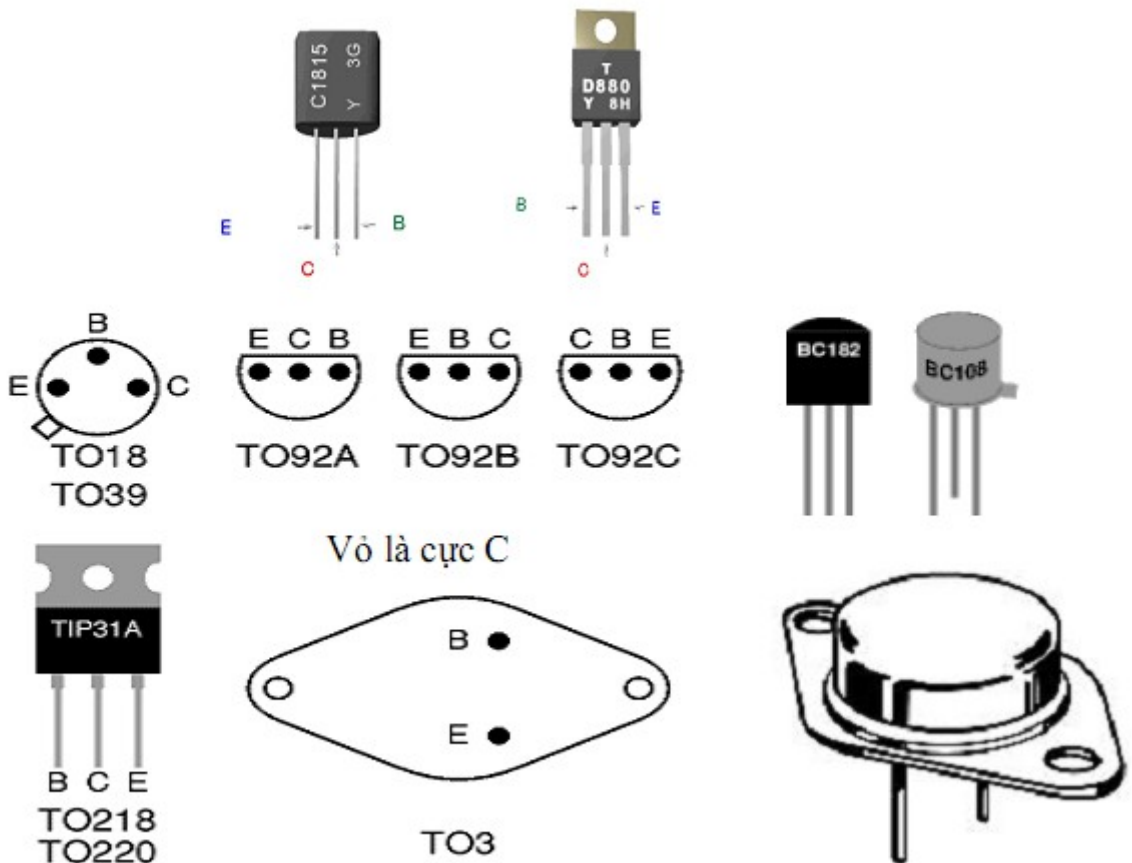
- Đặc tuyến ngõ vào  $I_B(V_{BC})$  ứng với  $V_{EC} = \text{const}$ .
- Đặc tuyến truyền dẫn  $I_E(V_{BC})$  ứng với  $V_{EC} = \text{const}$ .

- Đặc tuyến ngõ ra  $I_E(V_{EC})$  ứng với  $I_B = \text{const.}$

### 3.2. Ứng dụng cơ bản của BJT

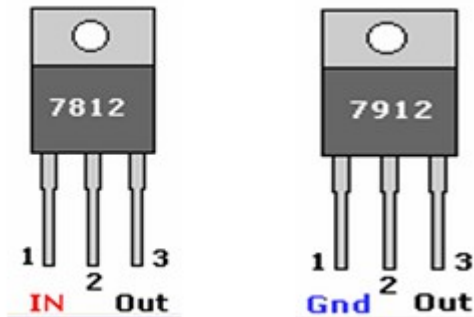
- BJT làm việc tần số thấp.
- BJT làm việc tần số cao.
- BJT có tần số cắt thấp.
- BJT có tần số cắt cao.
- BJT công suất nhỏ, tần số thấp.
- BJT công suất nhỏ, tần số trung bình.
- BJT công suất nhỏ, tần số cao.
- BJT công suất trung bình, tần số thấp.
- BJT công suất trung bình, tần số trung bình.
- BJT công suất trung bình, tần số cao.
- BJT công suất cao, tần số thấp.
- BJT công suất cao, tần số trung bình.
- BJT công suất cao, tần số cao.
- BJT số là loại BJT có kết hợp thêm các điện trở ở bên trong nó.
- BJT xuất ngang trong TV và monitor vi tính (sò ngang).
- BJT dán (gắn bề mặt) (BJT chip).
- BJT Darlington...

Khi dùng BJT, ta cần biết một số thông số của BJT:  $I_{Cmax}$ ,  $I_{Bmax}$ , điện áp đánh thủng, công suất cực đại cho phép, hệ số khuếch đại dòng, tần số cắt, loại BJT, ..., những thông số này dễ dàng biết được khi tìm hiểu, tra cứu BJT.



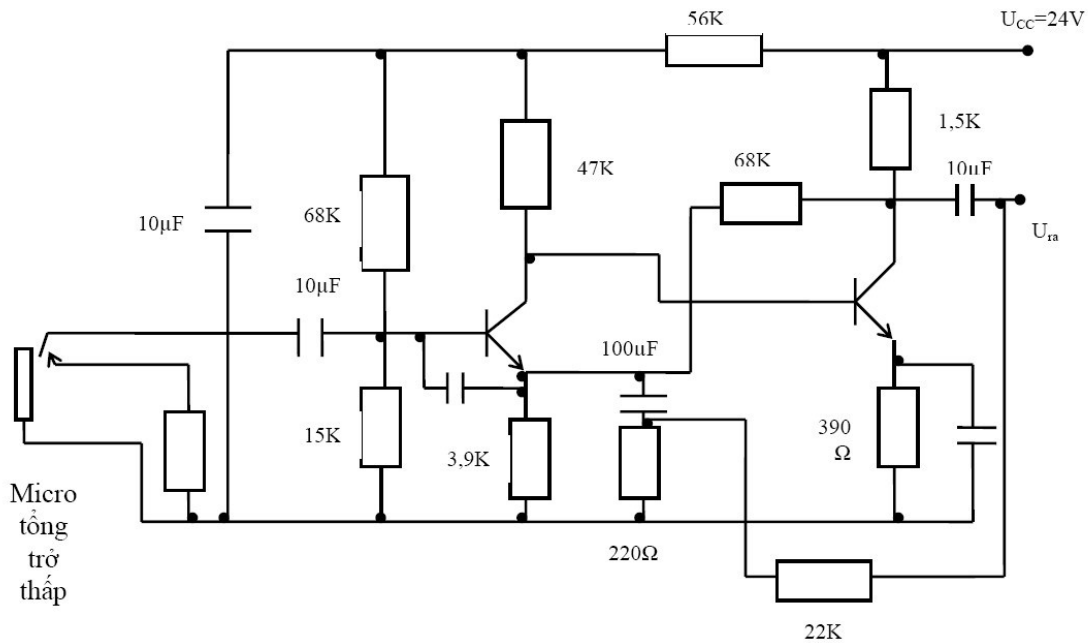
### Hình dạng và sơ đồ chân của một số loại BJT

BJT có chức năng đặc biệt là khuếch đại tín hiệu nên nó được dùng làm phần tử trong nhiều dạng mạch khuếch đại; BJT được dùng làm những mạch: Ổn áp, dao động, khóa,...; nó được tích hợp theo một sơ đồ nhất định để có những IC (Integrated Circuit) chuyên dụng:



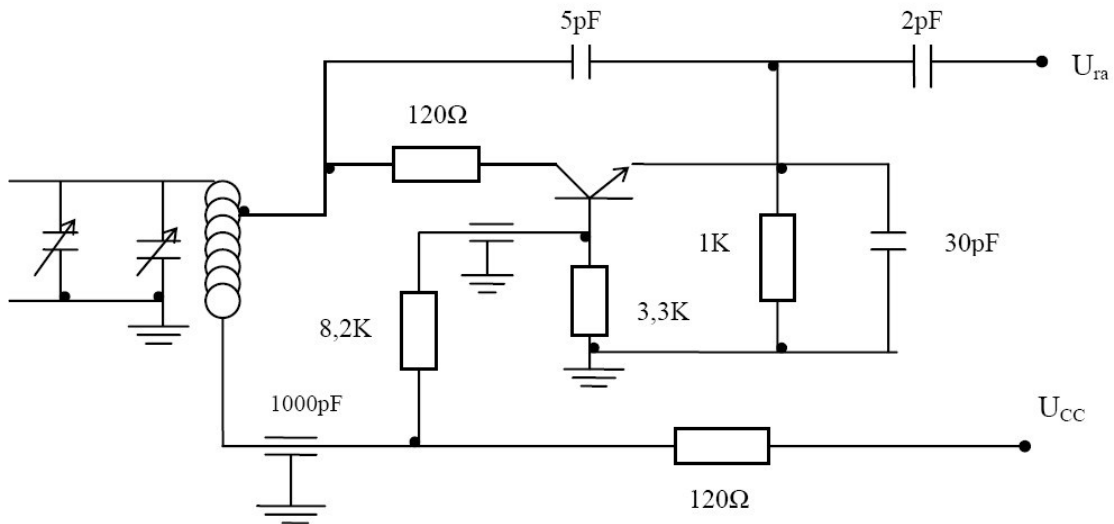
### Hình dạng và sơ đồ chân của một số loại IC

Mạch khuếch đại micro dùng cho máy tăng âm

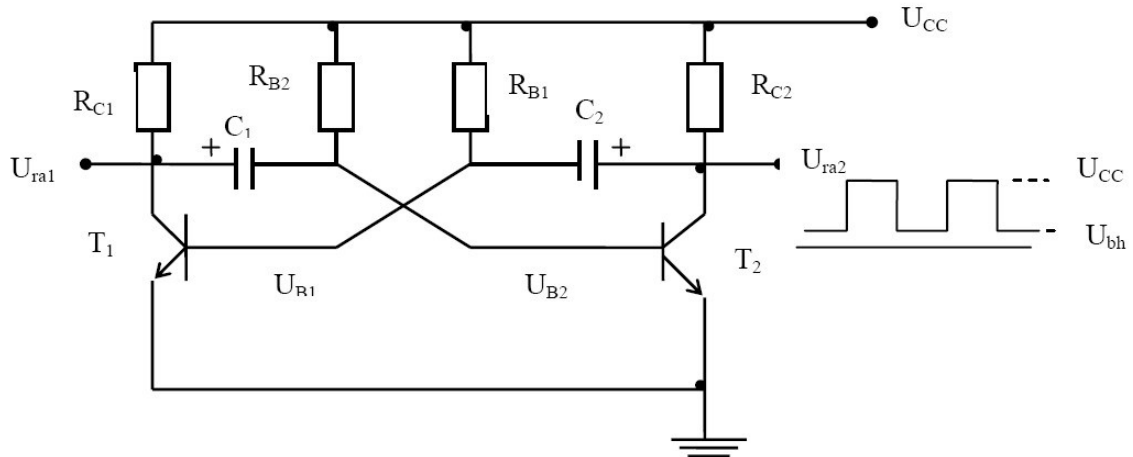


Mạch tạo dao động sóng hình sin





Mạch đa hài tự dao động dùng tranzito lưỡng cực



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.69R_{B2}C_1 + 0.69R_{B1}C_2}$$

#### 4. Transistor JFET

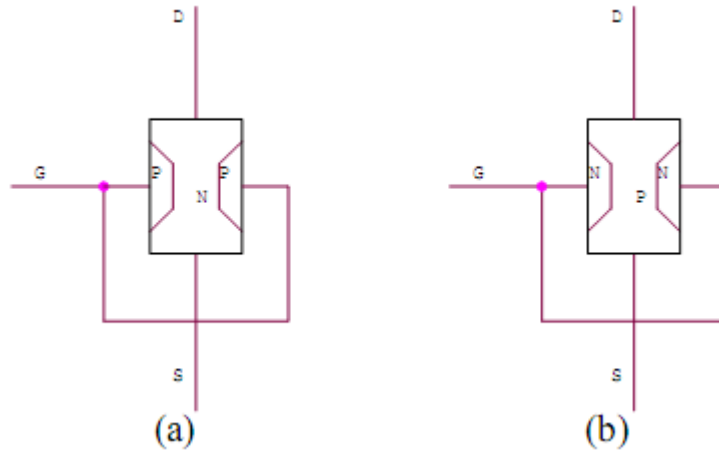
Mục tiêu:

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu, đặc tuyến của transistor JFET.

##### 4.1. Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của JFET

##### 4.1.1. Cấu tạo – kí hiệu

JFET (Junction Field Effect Transistor) được gọi là FET nối. JFET có cấu tạo như vẽ:



### Cấu tạo của JFET kênh N (a), JFET kênh P (b).

Trên thanh bán dẫn hình trụ có điện trở suất khá lớn (nồng độ tạp chất tương đối thấp), đáy trên và đáy dưới lần lượt cho tiếp xúc kim loại đưa ra hai cực tương ứng là cực máng (cực thoát) và cực nguồn.

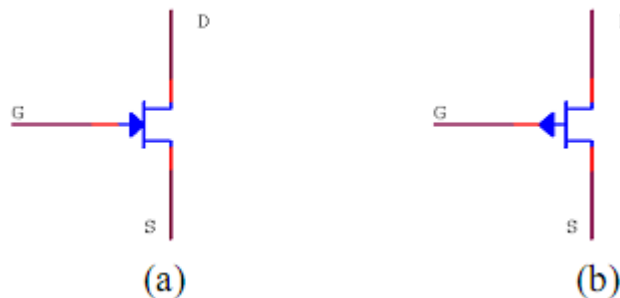
Vòng theo chu vi của thanh bán dẫn người ta tạo một mối nối P – N. Kim loại tiếp xúc với mẫu bán dẫn mới, đưa ra ngoài cực cổng (cửa).

D: Drain: cực máng (cực thoát).

G: Gate: cực cổng (cực cửa).

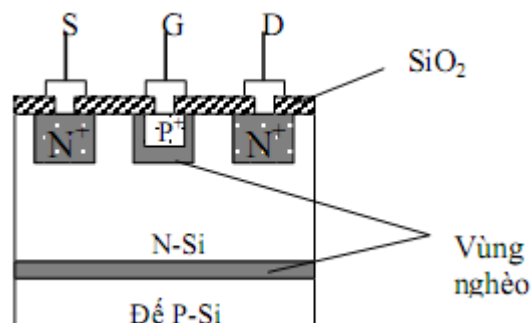
S: Source: cực nguồn.

Vùng bán dẫn giữa D và S được gọi là thông lộ (kênh). Tùy theo loại bán dẫn giữa D và S mà ta phân biệt JFET thành hai loại: JFET kênh N, JFET kênh P. Nó có kí hiệu như vẽ:



Kí hiệu của JFET kênh N (a), JFET kênh P (b).

Thực tế, cấu tạo của JFET phức tạp hơn. Điển hình là với công nghệ planar – epitaxy, cấu trúc JFET kênh N như hình vẽ



Cấu trúc JFET chế tạo theo công nghệ planar.

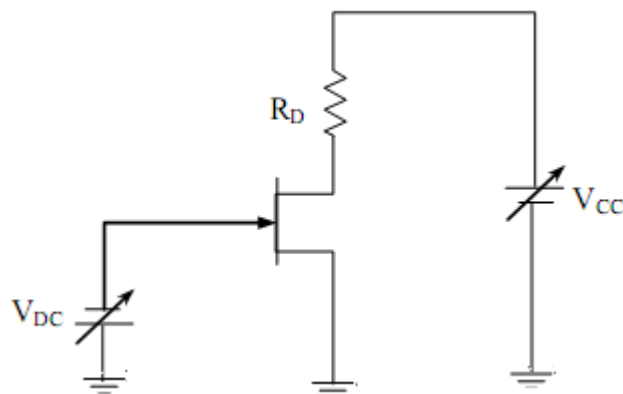
Các cực D, G, S đều lấy ra từ trên bề mặt của phiến bán dẫn. Các vùng N+ để tạo tiếp xúc không chỉnh lưu giữa cực máng, cực nguồn với kênh dẫn loại N. Vùng P+ đóng vai trò cực cổng. Lớp cách điện  $\text{SiO}_2$  để bảo vệ bề mặt.

#### 4.1.2. Nguyên lí vận chuyển

Giữa D và S đặt một điện áp  $V_{DS}$  tạo ra một điện trường có tác dụng đẩy hạt tải đa số của bán dẫn kênh chạy từ S sang D hình thành dòng điện  $I_D$ . Dòng  $I_D$  tăng theo điện áp  $V_{DS}$  đến khi đạt giá trị bão hòa  $I_{DSS}$  (saturation) và điện áp tương ứng gọi là điện áp thắt kênh  $V_{PO}$  (pinch off), tăng  $V_{DS}$  lớn hơn  $V_{PO}$  thì  $I_D$  vẫn không tăng.

Giữa G và S đặt một điện áp  $V_{GS}$  sao cho không phân cực hoặc phân cực nghịch mỗi nối P – N. Nếu không phân cực mỗi nối P – N ta có dòng  $I_D$  đạt giá trị lớn nhất  $I_{DSS}$ . Nếu phân cực nghịch mỗi nối P – N làm cho vùng tiếp xúc thay đổi diện tích. Điện áp phân cực nghịch càng lớn thì vùng tiếp xúc (vùng hiếm) càng nở rộng ra, làm cho tiết diện của kênh dẫn bị thu hẹp lại, điện trở kênh tăng lên nên dòng điện qua kênh  $I_D$  giảm xuống và ngược lại.  $V_{GS}$  tăng đến giá trị  $V_{PO}$  thì  $I_D$  giảm về 0.

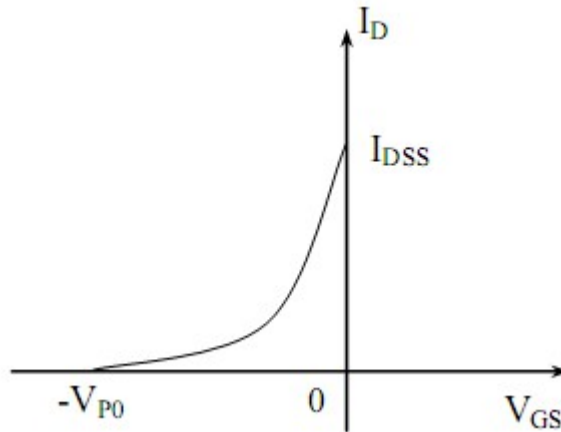
#### 4.1.3. Đặc tuyến của JFET



#### Mạch khảo sát đặc tuyến của JFET.

Khảo sát sự thay đổi dòng thoát  $I_D$  theo hiệu điện thế  $V_{DS}$  và  $V_{GS}$ , từ đó người ta đưa ra hai dạng đặc tuyến của JFET.  $V_{DS}$  là hiệu điện thế giữa cực D và cực S.  $V_{GS}$  là hiệu điện thế giữa cực G và cực S.

**a. Đặc tuyến truyền dẫn  $I_D(V_{GS})$  ứng với  $V_{DS} = \text{const}$ .**



### Đặc tuyến truyền dẫn của JFET.

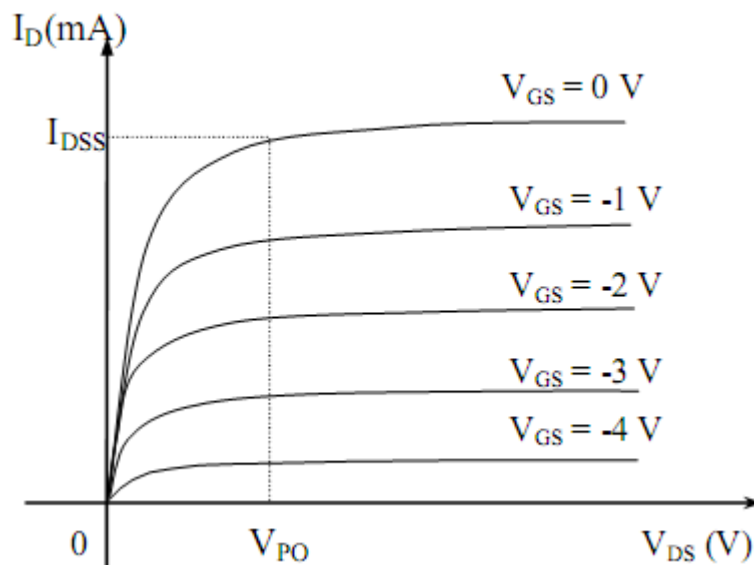
Giữ  $V_{DS} = \text{const}$ , thay đổi  $V_{GS}$  bằng cách thay đổi nguồn VDC, khảo sát sự biến thiên của dòng thoát  $I_D$  theo  $V_{GS}$ . Ta có:

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_{PO}} \right)^2$$

- Khi  $V_{GS} = 0V$ , dòng điện  $I_D$  lớn nhất và đạt giá trị bão hòa, kí hiệu:  $I_{DSS}$ .
- Khi  $V_{GS}$  âm thì dòng  $I_D$  giảm,  $V_{GS}$  càng âm thì dòng  $I_D$  càng giảm.

Khi  $V_{GS} = V_{PO}$  thì dòng  $I_D = 0$ .  $V_{PO}$  lúc này được gọi là điện thế thắt kênh (nghẽn kênh).

### b. Đặc tuyến ngõ ra $I_D(V_{DS})$ ứng với $V_{GS} = \text{const}$ .



### Họ đặc tuyến ngõ ra của JFET.

Giữ nguyên  $V_{GS}$  ở một trị số không đổi (nhất định). Thay đổi  $V_{CC}$  và khảo sát sự biến thiên của dòng thoát  $I_D$  theo  $V_{DS}$ .

- Giả sử chỉnh nguồn  $V_{DC}$  về 0V, không thay đổi nguồn  $V_{DC}$ , ta có  $V_{GS} = 0V = \text{const}$ . Thay đổi nguồn  $V_{CC} \rightarrow V_{DS}$  thay đổi  $\rightarrow I_D$  thay đổi. Đo dòng  $I_D$  và  $V_{DS}$ . Ta thấy lúc đầu  $I_D$  tăng nhanh theo  $V_{DS}$ , sau đó  $I_D$  đạt giá trị bão hòa,  $I_D$  không tăng mặc dù  $V_{DS}$  cứ tăng.

- Chỉnh nguồn  $V_{DC}$  để có  $V_{GS} = 1V$ . Không thay đổi nguồn  $V_{DC}$ , ta có  $V_{GS} = 1V = \text{const}$ . Thay đổi nguồn  $V_{CC} \rightarrow V_{DS}$  thay đổi  $\rightarrow I_D$  thay đổi. Đo dòng  $I_D$  và  $V_{DS}$  tương ứng. Ta thấy lúc đầu  $I_D$  tăng nhanh theo  $V_{DS}$ , sau đó  $I_D$  đạt giá trị bão hòa,  $I_D$  không tăng mặc dù  $V_{DS}$  cứ tăng.

- Lặp lại tương tự như trên ta vẽ được họ đặc tuyến ngõ ra  $I_D(V_{DS})$  ứng với  $V_{GS} = \text{const}$ .

## 4.2. Ứng dụng cơ bản của JFET

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...

## 5. Transistor MOSFET

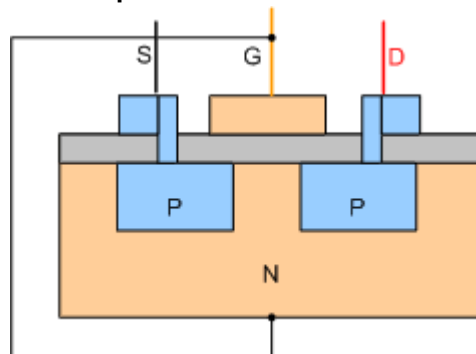
Mục tiêu:

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu, đặc tuyến của transistor MOSFET.

### 5.1. Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của MOSFET

#### a. Cấu tạo của Mosfet

Khác với BJT, Mosfet có cấu trúc bán dẫn cho phép điều khiển bằng điện áp với dòng điện điều khiển cực nhỏ.



Cấu tạo của Mosfet ngược Kênh N

G : Gate gọi là cực cổng

S : Source gọi là cực nguồn

D : Drain gọi là cực máng

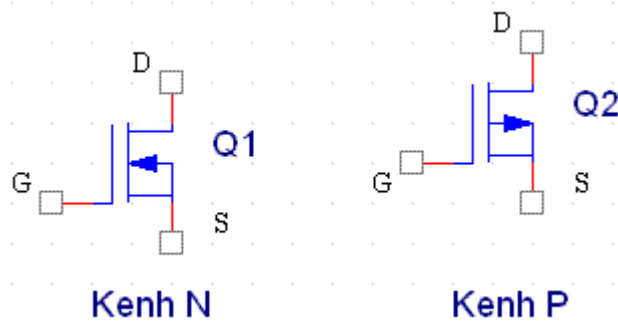
Trong đó : G là cực điều khiển được cách lý hoàn toàn với cấu trúc bán dẫn còn lại bởi lớp điện môi cực mỏng nhưng có độ cách điện cực lớn dioxit-silic ( $\text{SiO}_2$ ). Hai cực còn lại là cực gốc (S) và cực máng (D). Cực máng là cực đón các hạt mang điện.

Mosfet có điện trở giữa cực G với cực S và giữa cực G với cực D là vô cùng lớn, còn điện trở giữa cực D và cực S phụ thuộc vào điện áp chênh lệch giữa cực G

và cực S ( UGS )

Khi điện áp  $U_{GS} = 0$  thì điện trở RDS rất lớn, khi điện áp  $U_{GS} > 0 \Rightarrow$  do hiệu ứng từ trường làm cho điện trở RDS giảm, điện áp  $U_{GS}$  càng lớn thì điện trở RDS càng nhỏ.

## Ký hiệu

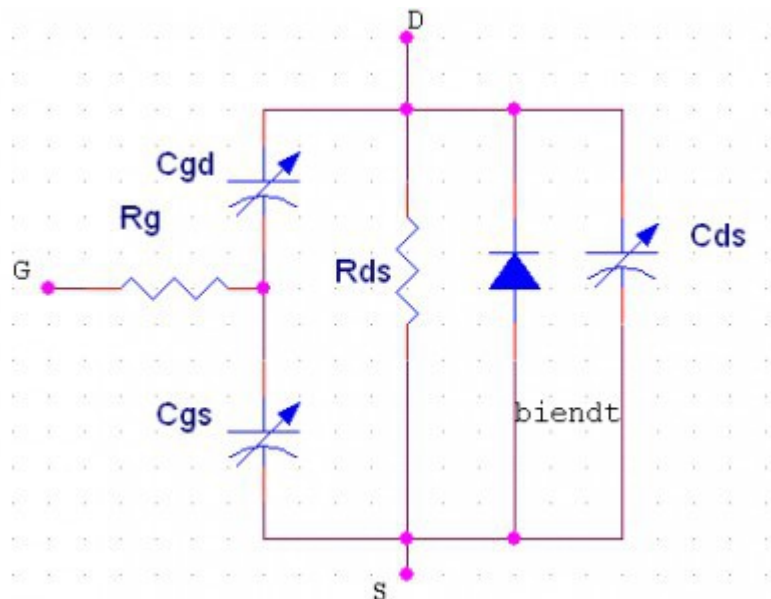


Qua đó ta thấy Mosfet này có chân tương đương với Transistor

- + Chân G tương đương với B
- + Chân D tương đương với chân C
- + Chân S tương đương với E

## b. Nguyên lý hoạt động

Mosfet hoạt động ở 2 chế độ đóng và mở. Do là một phần tử với các hạt mang điện cơ bản nên Mosfet có thể đóng cắt với tần số rất cao. Nhưng mà để đảm bảo thời gian đóng cắt ngắn thì vấn đề điều khiển lại là vấn đề quan trọng .



Mạch điện tương đương của Mosfet . Nhìn vào đó ta thấy cơ chế đóng cắt phụ thuộc vào các tụ điện ký sinh trên nó.

Ở đây tôi không nói rõ chi tiết cấu trúc bán dẫn của nó để nó đóng hoặc mở. Các bác nên hiểu nôm na là :

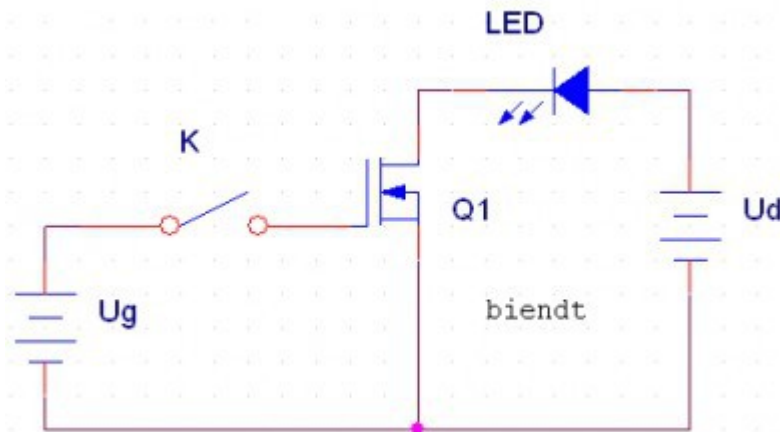
+ Đối với kênh P : Điện áp điều khiển mở Mosfet là  $U_{gs} > 0$ . Dòng điện sẽ đi từ S đến D

+ Đối với kênh N : Điện áp điều khiển mở Mosfet là  $U_{gs} > 0$ . Điện áp điều khiển đóng là  $U_{gs} \leq 0$ . Dòng điện sẽ đi từ D xuống S.

Do đảm bảo thời gian đóng cắt là ngắn nhất người ta thường : Đối với Mosfet Kênh N điện áp khóa là  $U_{gs} = 0$  V còn Kênh P thì  $U_{gs} = -0$ .

**\* Thí nghiệm về nguyên lý hoạt động của Mosfet**

Mạch thí nghiệm



Cấp nguồn một chiều UD qua một bóng đèn D vào hai cực D và S của Mosfet Q (Phân cực thuận cho Mosfet ngược) ta thấy bóng đèn không sáng nghĩa là không có dòng điện đi qua cực DS khi chân G không được cấp điện.

Khi công tắc K đóng, nguồn UG cấp vào hai cực GS làm điện áp  $U_{GS} > 0$  V  $\Rightarrow$  đèn Q1 dẫn  $\Rightarrow$  bóng đèn D sáng.

Khi công tắc K ngắt, Nguồn cấp vào hai cực GS = 0V nên. Q1 khóa  $\Rightarrow$  Bóng đèn tắt.

$\Rightarrow$  Từ thực nghiệm trên ta thấy rằng : điện áp đặt vào chân G không tạo ra dòng GS như trong Transistor thông thường mà điện áp này chỉ tạo ra từ trường  $\Rightarrow$  làm cho điện trở RDS giảm xuống

**\* Các thông số thể hiện khả năng đóng cắt của Mosfet**

Thời gian trễ khi đóng/mở khóa phụ thuộc giá trị các tụ ký sinh  $C_{gs}, C_{gd}, C_{ds}$ . Tuy nhiên các thông số này thường được cho dưới dạng trị số tụ  $C_{iss}, C_{rss}, C_{oss}$ . Nhưng dưới điều kiện nhất định như là điện áp  $U_{gs}$  và  $U_{ds}$ . Ta có thể tính được giá trị các tụ đó.

## 5.2. Ứng dụng cơ bản của MOSFET

Mosfet có khả năng đóng nhanh với dòng điện và điện áp khá lớn nên nó được sử dụng nhiều trong các bộ dao động tạo ra từ trường Vì do đóng cắt nhanh làm cho dòng điện biến thiên. Nó thường thấy trong các bộ nguồn xung và cách mạch điều khiển điện áp cao.

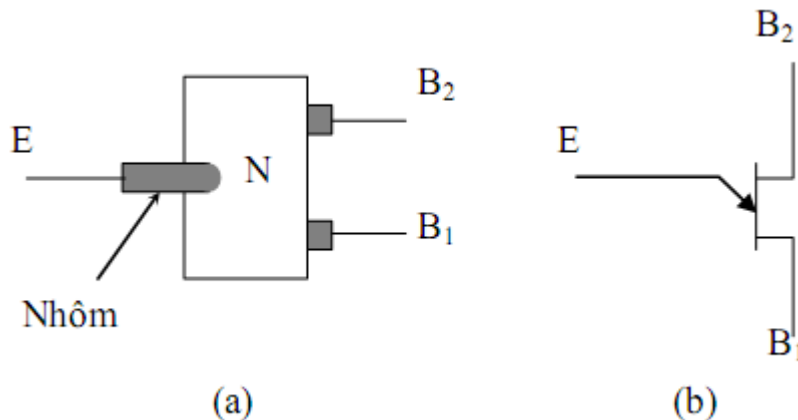
## 6. Transistor đơn nối UJT

Mục tiêu:

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu, đặc tuyến của transistor UJT.

### 6.1. Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của UJT

#### a. Cấu tạo – kí hiệu



Cấu tạo (a), kí hiệu (b) của UJT.

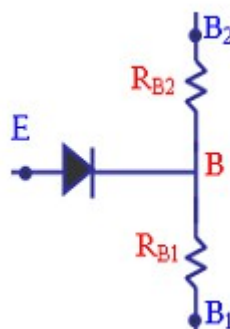
Transistor đơn nối gồm một nền là thanh bán dẫn loại N pha nồng độ rất thấp. Hai cực kim loại nối vào hai đầu thanh bán dẫn loại N gọi là cực nền  $B_1$  và  $B_2$ . Một dây nhôm nhỏ có đường kính nhỏ cỡ 0,1 mm được khuếch tán vào thanh N tạo thành một vùng chất P có mật độ rất cao, hình thành mối nối P-N giữa dây nhôm và thanh bán dẫn, dây nhôm nối chân ra gọi là cực phát E.

UJT  $\equiv$  Uni Junction Transistor là transistor đơn nối.

$B_1$ : Base 1: cực nền 1.

$B_2$ : Base 2: cực nền 2.

E: Emitter: cực phát.



#### Mạch tương đương với cấu tạo của UJT

Transistor đơn nối có thể vẽ mạch tương đương gồm 2 điện trở  $R_{B1}$  và  $R_{B2}$  nối từ cực  $B_1$  đến cực  $B_2$  gọi chung là điện trở liên nền  $R_{BB}$  và một diode nối từ cực E vào thanh bán dẫn ở điểm B.

Ta có :

$$R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$$

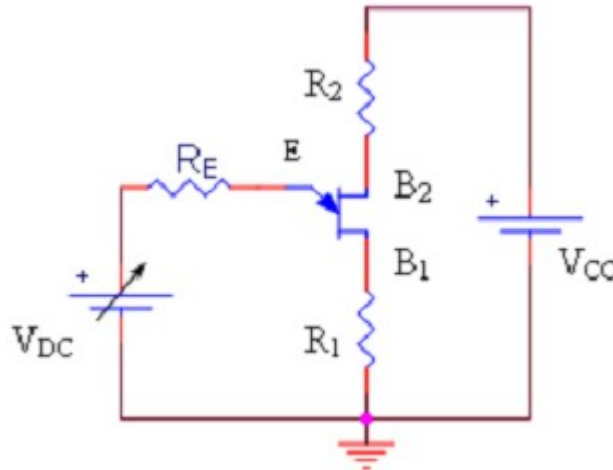


Điểm B thường ở gần cực B<sub>2</sub> hơn nên  $R_{B1} > R_{B2}$ . Mỗi transistor đơn nối có tỉ số điện trở khác nhau gọi là  $\eta$ .

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{BB}}; (\eta = 0,5 \div 0,8)$$

### b. Đặc tuyến

Xét mạch như hình vẽ



Mạch khảo sát đặc tuyến của UJT.

$R_{BB}$  có trị số từ vài k $\Omega$  đến 10 k $\Omega$ , ta có:

$$V_B \approx \frac{R_{B1}}{R_{BB}} \cdot V_{CC}$$

$$\Leftrightarrow V_B = \eta \cdot V_{CC} > 0$$

(Vì  $R_1, R_2 \ll R_{CC}$ )

$$\text{Dòng } I_B: I_B = \frac{V_{CC}}{R_{BB} + R_1 + R_2} \approx \frac{V_{CC}}{R_{BB}}$$

$I_B$  khoảng vài mA vì  $R_{BB}$  lớn.

Khi chỉnh nguồn  $V_{DC}$  về 0, ta có  $V_E = 0$ ,  $V_E < V_B$  nên diode EB bị phân cực nghịch và có dòng điện rỉ đi từ B  $\rightarrow$  E, dòng điện rỉ có trị số rất nhỏ.

Khi chỉnh nguồn  $V_{DC}$  tăng sao cho điện thế  $0 < V_E < V_B$  thì dòng điện rỉ giảm dần và khi  $V_E = V_B$  thì dòng  $I_E = 0$ .

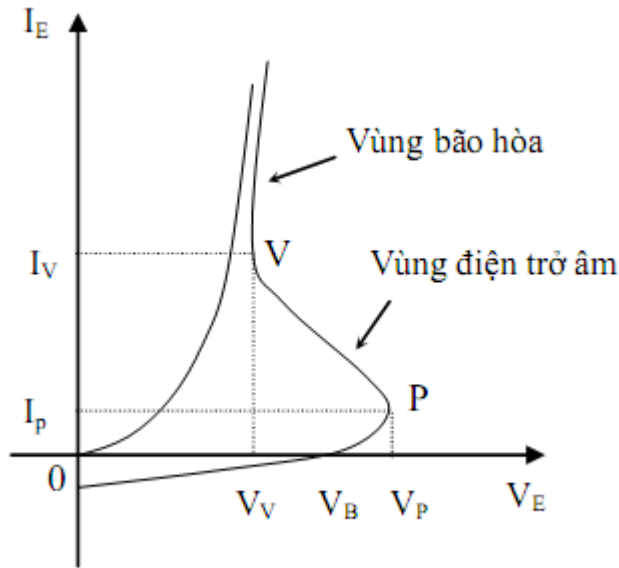
Tiếp tục tăng  $V_{DC}$  sao cho  $V_B < V_E < V_B + V_\gamma$  thì diode EB được phân cực thuận nhưng dòng không đáng kể. Đến khi  $V_E = V_P = V_B + V_\gamma$  thì diode EB được phân cực thuận nên dẫn điện và dòng IE tăng lên cao, chiều IE từ E  $\rightarrow$  B.  $V_P = V_B + V_\gamma$ : được gọi là điện thế đỉnh.

Do vùng bán dẫn P của diode EB có mật độ rất cao, khi diode EB được phân cực thuận, lỗ trống từ P đổ dồn sang thanh bán dẫn N, kéo điện tử từ cực âm của nguồn  $V_{BB}$  vào cực nền B<sub>1</sub> tái hợp với lỗ trống. Lúc đó hạt tải trong thanh bán dẫn N tăng cao đột ngột làm cho điện trở  $R_{B1}$  giảm xuống và

$V_B$  cũng bị giảm xuống kéo theo  $V_E$  giảm xuống trong khi dòng  $I_E$  cứ tăng cao.

Trên đặc tuyến  $I_E(V_E)$  có khoảng điện thế  $V_E$  bị giảm trong khi dòng điện  $I_E$  lại tăng nên người ta gọi đây là vùng điện trở âm.

Khi  $R_{B1}$  giảm thì điện trở liên nền  $R_{BB}$  cũng bị giảm và dòng  $I_B$  tăng lên gần bằng hai lần trị số ban đầu vì bây giờ điện trở liên nền xem như :  $R_{BB} \approx R_{B2}$  và

$$I_B = \frac{V_{CC}}{R_{B2}}$$


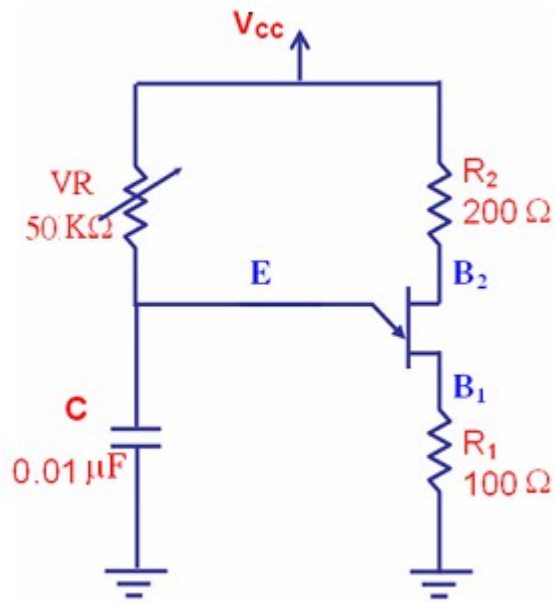
### Đặc tuyến của UJT.

Dòng điện  $I_E$  tiếp tục tăng và điện thế  $V_E$  giảm đến một trị số thấp nhất là điện thế thung lũng  $V_V$  (valley) thì dòng điện  $I_E$  và  $V_E$  sẽ tăng lên như đặc tuyến của một diode thông thường.

Vùng này gọi là vùng bão hòa. Trên hình vẽ có điểm  $P(V_P; I_P)$  là điểm đỉnh; điểm  $V(V_V; I_V)$  là điểm trũng (thung lũng); đoạn  $P_V$  là vùng điện trở âm, xảy ra rất nhanh.

### 6.2. Ứng dụng cơ bản của UJT

Do UJT có tính chất đặc biệt là khi  $V_E < V_P$  thì dòng  $I_E = 0$  và dòng  $I_B$  rất nhỏ, nhưng khi  $V_E = V_P$  thì dòng  $I_E$  tăng cao đột ngột và dòng  $I_B$  cũng tăng lên khoảng gấp đôi nên UJT thường được dùng trong các mạch tạo xung.



### Mạch dao động tích thoát dùng UJT

Mạch như hình vẽ dùng UJT có điện trở  $R_{BB} = 10\text{ k}$ ;  $\eta = 0,6$ ;  $R_1, R_2$  để nhận tín hiệu xung ra ( $R_2$  còn có tác dụng ổn định nhiệt cho điện thế đỉnh  $V_p$ ), tụ điện  $C$  và biến trở  $VR$  là mạch nạp để tạo điện thế tăng dần cho cực  $E$ . Khi thay đổi trị số điện trở  $VR$  là thay đổi hằng số thời gian nạp - xả của tụ. Ta có :

$$R_{B1} = \eta R_{BB}$$

$$R_{B1} = 0,6 \cdot 10\text{ k} = 6\text{ k}$$

$$R_{B2} = R_{BB} - R_{B1}$$

$$R_{B2} = 10\text{ k} - 6\text{ k} = 4\text{ k}$$

Khi mới cấp điện thì tụ  $C$  coi như nối tắt nên  $V_E = 0\text{ V}$ . Lúc đó diode  $EB$  bị phân cực ngược nên chỉ có dòng  $I_B$  đi từ nguồn  $V_{CC}$  xuống mass.

$$\text{Dòng } I_B = \frac{V_{CC}}{R_p + R_{B1} + R_{B2} + R_2}$$

$$I_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_{BB} + R_2} = \frac{10}{100 + 10\text{ k} + 200} \approx 1\text{ (mA)}$$

Điện thế ở các cực nền:

$$V_{B1} = I_B \cdot R_1$$

$$V_{B1} = 1 \cdot 100 = 0,1\text{ (V)} (\approx 0\text{ V})$$

$$V_{B2} = V_{CC} - I_B R_2$$

$$V_{B2} = 10\text{ V} - 1 \cdot 200 \approx 9,8\text{ V} (\approx V_{CC})$$

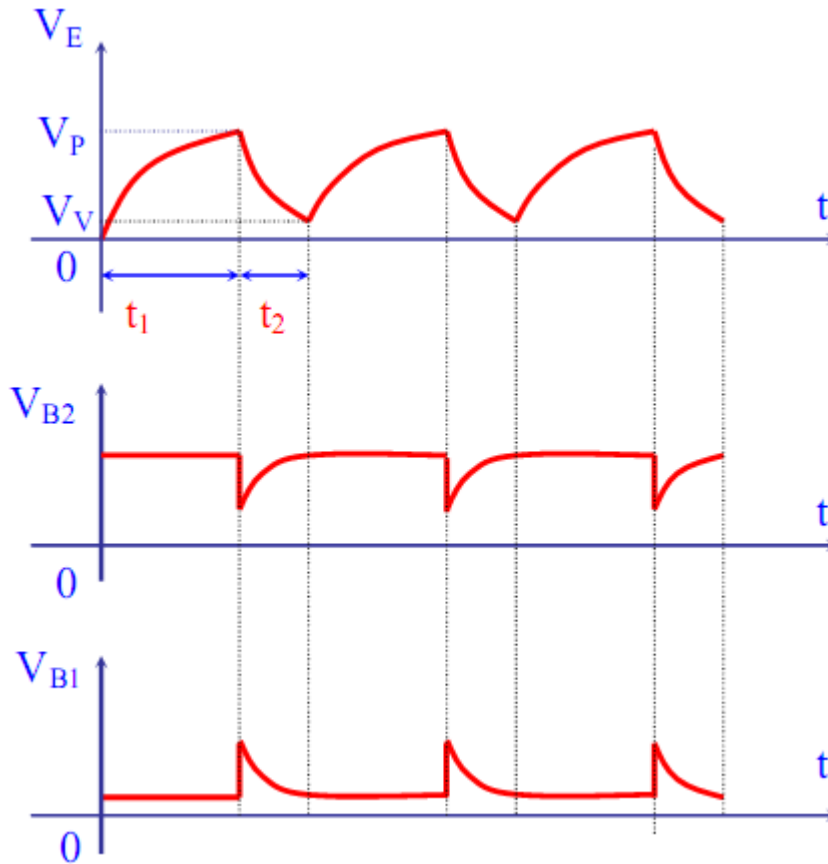
Điện thế tại điểm  $B$  trong thanh bán dẫn:

$$V_B = V_{CC} \frac{R_1 + R_{B1}}{R_1 + R_{BB} + R_2} = 10 \cdot \frac{100 + 6\text{ k}}{100 + 10\text{ k} + 200} \approx 6\text{ (V)}$$

Khi tụ điện  $C$  nạp điện qua  $VR$  làm điện thế tăng lên đến trị số đỉnh  $V_p$  thì diode  $EB$  sẽ dẫn điện.

$$V_P = V_B + V_\gamma = 6 + 0,6 = 6,6 \text{ (V)}$$

Khi diode EB dẫn điện, lỗ trống từ cực E đổ sang thanh bán dẫn làm  $R_{B1}$  giảm trị số nên  $V_B$  giảm kéo theo  $V_E$  giảm làm tụ xả điện qua diode EB và điện trở  $R_{B1}$  xuống mass.



#### Dạng sóng của $V_E$ , $V_{B1}$ , $V_{B2}$ .

Khi  $R_{B1}$  giảm  $\rightarrow I_B$  tăng gần gấp đôi ( $\approx 2 \text{ mA}$ ) nên điện thế:

$$V_{B2} = V_{CC} - I_B \cdot R_2 = 10 - 2 \cdot 200 \approx 9,6 \text{ (V)}$$

Ở cực  $B_2$  có xung âm ra với biên độ là  $9,6 - 9,8 = -0,2 \text{ (V)}$ . Đồng thời lúc đó dòng điện qua  $R_{B1}$  và  $R_1$  là  $I_B$  và  $I_E$  do tụ xả ra nên điện thế  $V_{B1}$  tăng cao. Cực  $B_1$  có xung dương ra nhưng biên độ lớn hơn xung âm ở cực  $B_2$  nhiều lần vì  $I_E$  có trị số lớn hơn  $I_B$ .

Khi tụ C xả điện từ điện thế VP xuống trị số VV thì diode EB ngưng dẫn và ở hai cực  $B_1$ ,  $B_2$  không còn xung ra. Xung ra ở hai cực  $B_1$ ,  $B_2$  có dạng xung nhọn dương và âm.

Sau khi tụ xả xong thì điện thế các chân trở lại bình thường và tụ C lại nạp điện qua VR, hiện tượng trên được tiếp tục.

#### Tần số dao động của mạch:

Khi vừa mới đóng điện thì tụ sẽ nạp điện từ 0 V lên đến  $V_P$  rồi sau đó tụ xả điện đến  $V_V$ . Những lần sau tụ nạp từ  $V_V$  đến  $V_P$  rồi lại xả từ điện thế  $V_P$  xuống  $V_V$ . Thời gian nạp và xả của tụ được tính giữa hai điện thế này. Tụ C nạp điện theo công thức:

$$V_C = V_V + (V_{CC} - V_V) (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$V_C = V_{CC} + (V_{CC} - V_V) e^{-\frac{t}{RC}}$$

$t_1$  là thời gian để tụ nạp từ  $V_V$  lên  $V_P$ . Khi đó  $V_C = V_P$ :

$$\Rightarrow V_P = V_{CC} - (V_{CC} - V_V) e^{-\frac{t_1}{RC}}$$

$$\Leftrightarrow (V_{CC} - V_V) e^{-\frac{t_1}{RC}} = V_{CC} - V_P$$

$$\Leftrightarrow e^{-\frac{t_1}{RC}} = \frac{V_{CC} - V_P}{V_{CC} - V_V}$$

$$\Leftrightarrow e^{\frac{t_1}{RC}} = \frac{V_{CC} - V_V}{V_{CC} - V_P}$$

$$\Rightarrow t_1 = RC \cdot \ln \frac{V_{CC} - V_V}{V_{CC} - V_P}$$

Tụ C xả điện theo công thức: v

$$V_C = V_P \cdot e^{-\frac{t}{(R_{B1} + R_1)C}}$$

$t_2$ : thời gian để tụ xả từ  $V_P \rightarrow V_V$ , khi đó  $V_C = V_V$

$$\Rightarrow V_V = V_P \cdot e^{-\frac{t_2}{(R_{B1} + R_1)C}}$$

$$\Leftrightarrow t_2 = (R_{B1} + R_1)C \cdot \ln \frac{V_P}{V_V}$$

Chu kỳ dao động là:  $T = t_{\text{nạp}} + t_{\text{xả}} = t_1 + t_2$

Trường hợp  $(R_{B1} + R_1)C$  có trị số nhỏ thì có thể coi như  $T \approx t_1$ , đồng thời do  $V_V \ll V_C$  và  $V_P = \eta V_{CC}$  nên:

$$T \approx RC \cdot \ln \frac{1}{1 - \eta}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{RC \ln \frac{1}{1 - \eta}}$$

## THỰC HÀNH

### I. Phân biệt, đọc các thông số linh kiện tích cực

#### 1. Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, vật liệu

STT	Loại linh kiện	Số lượng
1	Diode các loại	100
2	Transistor các loại	50
3	SCR các loại	20
4	Triac các loại	20

#### 2. Trình tự thực hiện

Các bước công việc	Nội dung	Yêu cầu kỹ thuật
Bước 1: Phân biệt các loại linh kiện tích cực với nhau	Nhặt riêng các loại linh kiện cùng chủng loại, cùng nhóm với nhau	- Đúng chủng loại - Đúng nhóm linh kiện
Bước 2: Đọc các thông số ghi trên thân các linh kiện tích cực	Đọc, ghi lại các thông số linh kiện tích cực	- Ghi chính xác các thông số của linh kiện

### II. Dùng thang đo ohm để đo Transistor

#### 1. Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, vật liệu

##### a. Thiết bị:

- Đồng hồ VOM
- Đồng hồ DVOM

##### b. Linh Kiện:

STT	Loại linh kiện	Số lượng
1	Transistor các loại	100

#### 2. Trình tự thực hiện:

Các bước công việc	Nội dung	Yêu cầu kỹ thuật

Bước 1: Chọn thang đo	Chuyển thang đo của đồng hồ VOM về thang x1 hay x10	- Chọn đúng thang đo
Bước 2: Xác định cực B và loại transistor	Thực hiện sáu phép đo giữa hai que đo của đồng hồ với ba chân của transistor, từ đó xác định cực B và loại transistor	- Xác định được cực B - Xác định được loại transistor
Bước 3: Xác định cực C, cực E	Tiến hành đo vào hai chân còn lại của transistor có đảo que đo. Trong mỗi lần đo dùng tay thấm ướt kích vào cực B, từ đó xác định cực C và cực E	- Xác định chính xác cực C, cực E

## BÀI TẬP

1. FET là gì? Có mấy loại? Kể tên và vẽ kí hiệu tương ứng của FET.
2. Điều kiện để FET dẫn điện là gì? Nêu nguyên lí hoạt động của FET.
3. FET có mấy cách mắc cơ bản? Nêu cách nhận dạng kiểu mắc của FET.
4. Nêu cách khảo sát đặc tuyến của FET, vẽ dạng đặc tuyến của FET.
5. Vẽ mạch phân cực JFET dạng tự động? Ứng với mỗi mạch hãy thiết lập công thức xác định tọa độ điểm phân cực Q, điện thế tại các cực của FET. Đường tải tĩnh là gì? Viết phương trình đường tải tĩnh. Vẽ đường tải tĩnh. Xác định điểm Q trên đường tải tĩnh.
6. Vẽ mạch phân cực MOSFET kênh gián đoạn dạng dùng cầu phân thế? Ứng với mỗi mạch hãy thiết lập công thức xác định tọa độ điểm phân cực Q, điện thế tại các cực của MOSFET kênh gián đoạn. Đường tải tĩnh là gì? Viết phương trình đường tải tĩnh. Vẽ đường tải tĩnh. Xác định điểm Q trên đường tải tĩnh.
7. Vẽ mô hình tương đương của FET đối với tín hiệu xoay chiều biên độ nhỏ, tần số thấp. Nêu ý nghĩa của các tham số trong mô hình tương đương.
8. UJT là gì? Có mấy loại? Kể tên và vẽ kí hiệu tương ứng của UJT.
9. Nêu nguyên lí hoạt động của UJT.
10. Nêu cách khảo sát đặc tuyến của UJT, vẽ dạng đặc tuyến của UJT.
11. Hãy vẽ dạng mạch dao động tích thoát dùng UJT. Giải thích nguyên lí hoạt động của mạch này.

## BÀI 3

### MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ

MÃ BÀI : MĐ14-04

**Mục tiêu:**

- Hiểu được nguyên lý hoạt động các mạch khuếch đại
- Lắp ráp được các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ
- Rèn luyện tính chính xác, cẩn thận trong công việc.

**Nội dung chính:**

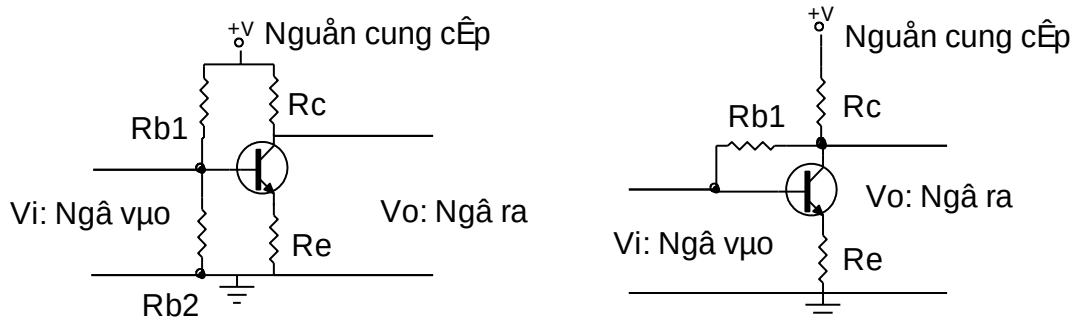
**1. Mạch khuếch đại E chung**

*Mục tiêu:*

- Trình bày được nguyên lý hoạt động mạch khuếch đại E chung.

**1.1. Sơ đồ mạch**

**1.1.1. Mạch điện cơ bản:**



**sơ đồ cấu tạo mạch tranzito mắc theo kiểu e chung (e-c) thực tế**

Trong đó:

$v_i$ : ngõ vào

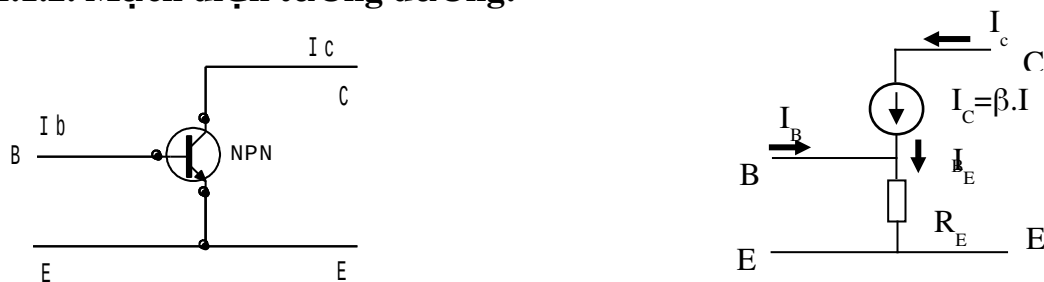
$v_o$ : ngõ ra.

$R_c$ : điện trở tải để lấy tín hiệu ra.

$R_e$ : điện trở ổn định nhiệt.

$R_1; R_2$ : điện trở phân cực b

**1.1.2. Mạch điện tương đương:**





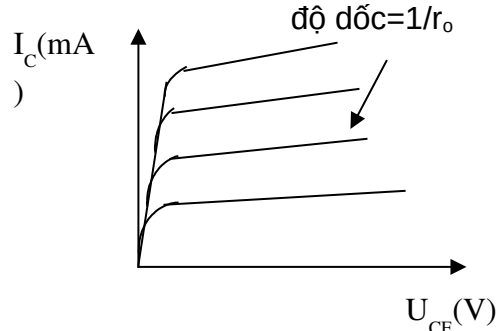
## Cách mắc mạch theo kiểu e-c

## Sơ đồ tương đương mạch

Theo sơ đồ trên ta có:

$$Z_v = \frac{U_v}{I_v} = \frac{U_{BE}}{I_B} = \frac{I_B \cdot R_E}{I_B} = R_E$$

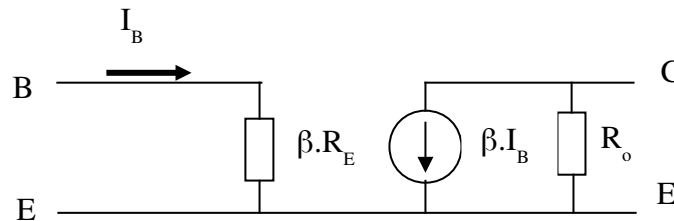
Trên sơ đồ tương đương không xác định được trở kháng ra của mạch. thực tế được xác định theo độ dốc của đường đặc tuyến ra hình vẽ



### Đặc tuyến ra của mạch e-c

Giả sử trở kháng ra của mạch e-c là  $z_r=r_o$ .

Với trở kháng vào là  $\beta \cdot R_e$ , trở kháng ra là  $R_o$  ta vẽ lại được sơ đồ tương đương của mạch như hình vẽ



### Sơ đồ tương đương cách mắc e-c khi có tải

## 1.2. Tính toán phân cực

Tổng trở ngõ vào:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_{be}}{I_b}$$

Tổng trở ngõ ra:

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{V_{ce}}{I_c}$$

## 1.3. Tính công suất khuếch đại và độ lợi

Độ khuếch đại dòng điện:

$$a_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_c}{I_b} =$$

Độ khuếch đại điện áp:

$$a_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{ce}}{V_{be}} = - \frac{R_c}{R_i}$$

Tín hiệu được đưa vào cực b và lấy ra trên cực c.

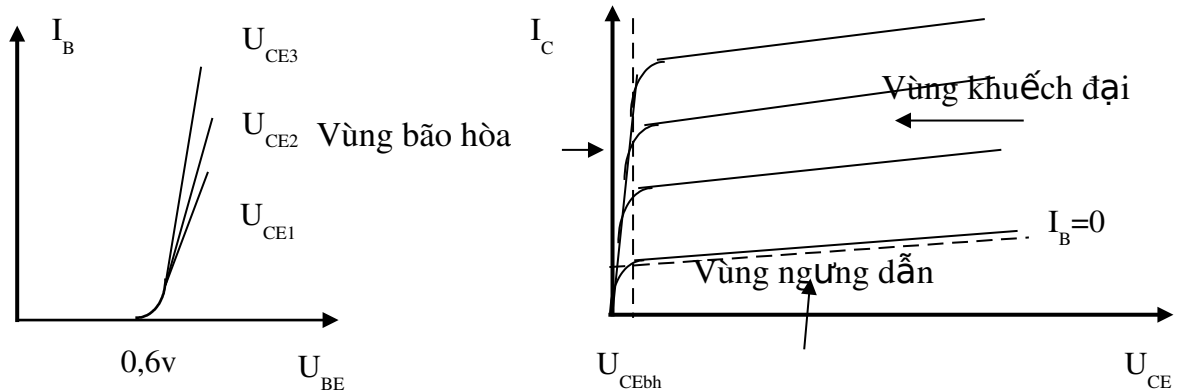
Tín hiệu ngõ vào và ngõ ra ngược pha (đảo pha)

Hệ số khuếch đại dòng điện  $\approx 1$  và khuếch đại điện áp  $< 1$ .

Tổng trở ngõ vào khoảng vài trăm ohm đến vài k .

Tổng trở ngõ ra khoảng vài k đến hàng trăm k .

Trong cách mắc e-c, đặc tuyến ra là quan hệ giữa dòng ra  $i_c$  và điện áp ra  $u_{ce}$ , ứng với khoảng giá trị dòng vào  $i_b$ . Đặc tuyến vào là quan hệ giữa dòng vào  $i_b$  và điện áp vào  $u_{be}$ , ứng với khoảng giá trị của điện áp ra  $u_{ce}$  được trình bày ở hình vẽ sau:



### a: Đặc tuyến vào

Trên sơ đồ a: đặc tuyến vào của tranzito, cho ta thấy tranzito chỉ bắt đầu dẫn điện khi điện áp  $u_{be}$  vượt qua khỏi giá trị điện áp phân cực 0,6 v. Dòng điện phân cực  $i_b$  phụ thuộc vào nguồn cung cấp  $v_{ce}$ , nguồn cung cấp càng cao thì dòng phân cực  $i_b$  càng lớn.

Trên sơ đồ hình b: đặc tuyến ra của tranzito, cho thấy tranzito được chia làm ba vùng làm việc gồm có:

+ Vùng ngưng dẫn: là vùng nằm dưới đường  $i_b = 0$ . lúc này điện áp phân cực  $v_{be}$  nằm dưới mức phân cực 0,6v.

+ Vùng khuếch đại: là vùng tiếp giáp bc phân cực thuận, tiếp giáp bc phân cực ngược. vùng này dùng để khuếch đại tín hiệu dòng điện, điện áp hay công suất.

+ vùng bão hòa: là vùng nằm bên trái đường  $u_{cebh}$  lúc này cả hai mối nối be và bc đều được phân cực thuận.

Theo đặc tuyến ra hình b khi  $i_b = 0$ . thì dòng  $i_c \neq 0$  điều này được giải thích như sau:

ta có:

$$\begin{aligned} I_C &= I_E - I_{CBO} \\ I_C &= (I_C + I_B) - I_{CBO} \end{aligned}$$

suy ra: 
$$I_C = \frac{I_B}{1} = \frac{I_{CBO}}{1}$$

+Hệ số  $\beta$ : trong chế độ một chiều, để đánh giá khả năng điều khiển của dòng  $i_b$  đối với dòng  $i_c$  người ta định nghĩa hệ số khuếch đại dòng điện  $\beta$ :

$${}_{dc} \frac{I_C}{I_B}$$

Với  $i_c$  và  $i_b$  là giá trị tại điểm làm việc. thông thường  $\beta$  nằm trong khoảng từ 50 đến 400.

Trong chế độ xoay chiều, hệ số khuếch đại  $\beta$  được định nghĩa:

$${}_{ac} \frac{I_C}{I_B} |_{u_{ce} = \text{const}}$$

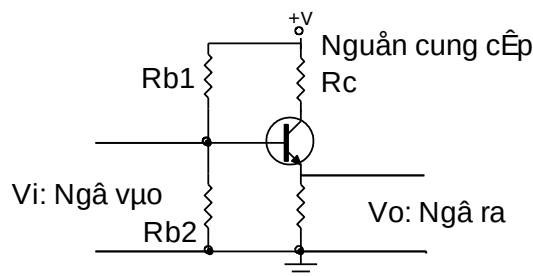
## 2. Mạch khuếch đại C chung

Mục tiêu:

- Trình bày được nguyên lý hoạt động mạch khuếch đại C chung.

### 2.1. Sơ đồ mạch

#### 2.1.1. Mạch điện cơ bản:



#### Sơ đồ cấu tạo mạch mắc theo kiểu c-c

Trong đó:

$v_i$ : ngõ vào

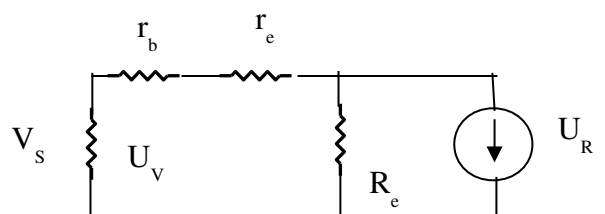
$v_o$ : ngõ ra

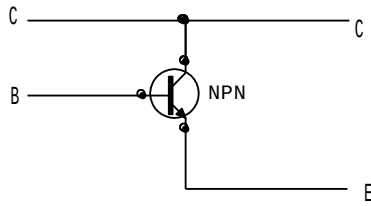
$R_c$ : điện trở tải

$R_e$ : điện trở ngõ ra

$R_{b1}, R_{b2}$ : điện trở phân cực

#### 2.1.2. Mạch điện tương đương:





a: Cách mắc mạch c-c

b: Mạch tương đương cách mắc c-c

## 2.2. Tính toán phân cực

Tính tổng trở ngõ vào:

$$R_i = \frac{U_V}{I_V} = \frac{I_b \cdot r_b + i_e \cdot r_e + i_e \cdot R_e}{I_b}$$

$$R_i = r_b + r_e + R_e$$

$$R_i = h_{ie} + R_e \quad (\text{vài trăm } \Omega)$$

Tính tổng trở ngõ ra:

Điện trở  $R_b$  là điện trở của cầu phân áp  $R_{b1}$  song song  $R_{b2}$ . Đứng từ ngõ vào nhìn vào mạch ta thấy điện trở  $R_b$  song song nội trở nguồn  $R_s$ . Thường điện trở  $R_b$  rất lớn so với  $R_s$  nên điện trở tương đương của  $R_b$  song song với  $R_s$  cũng chính là  $R_s$  như mạch tương đương hình 1-3-2b. nên tổng trở ngõ ra là:

$$R_o = \frac{U_R}{I_R} = \frac{V_e}{I_e}$$

Theo mạch tương đương thì các điện trở  $R_s$ ,  $R_b$  và  $r_e$  mắc nối tiếp nhau và mắc song song với điện trở  $R_e$ . ta có:

$$V_e = I_e \cdot R_e = I_b \cdot (R_s + r_b + r_e)$$

suy ra:

$$R_o = \frac{V_e}{I_e} = \frac{I_b \cdot (R_s + r_b + r_e)}{I_b} = R_s + r_b + r_e$$

$$R_o = r_s + \frac{1}{\beta} (r_b + R_s) \quad (\text{vài chục } \Omega)$$

Tổng trở ngõ vào:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_b}{I_b}$$

Tổng trở ngõ ra:

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{V_e}{I_e}$$

## 2.3. Tính công suất khuếch đại và độ lợi

Tính độ khuếch đại dòng điện:

$$A_i = \frac{I_R}{I_V} = \frac{I_s}{I_b} = \frac{(1) \cdot I_b}{I_b}$$

$$A_i = 1$$

Tính độ khuếch đại điện áp:

$$A_v = \frac{U_R}{U_V} = \frac{V_e}{V_b} = \frac{I_e \cdot R_e}{I_b \cdot r_b} = \frac{I_e \cdot R_e}{I_e \cdot r_e} = \frac{R_e}{r_b + r_e} \approx 1$$

Xét góc pha: khi  $V_b$  tăng làm cho  $i_b$  tăng và  $i_e$  tăng nên  $V_e$  cũng tăng theo, nên điện áp của tín hiệu vào và ra đồng pha.

Độ khuếch đại dòng điện:

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_e}{I_b} = 1$$

Độ khuếch đại điện áp:

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

Tín hiệu được đưa vào cực b và lấy ra trên cực e.

Tín hiệu ngõ vào và ngõ ra đồng pha.

Hệ số khuếch đại dòng điện  $\approx 1$ , hệ số khuếch đại điện áp  $\approx 1$ .

Tổng trở ngõ vào từ vài k đến vài chục k.

Tổng trở ngõ ra nhỏ từ vài chục đến vài trăm.

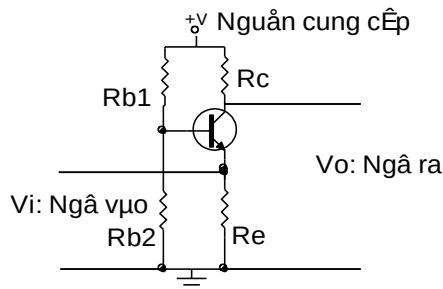
### 3. Mạch khuếch đại B chung

Mục tiêu:

- Trình bày được nguyên lý hoạt động mạch khuếch đại B chung.

#### 3.1. Sơ đồ mạch

##### 3.1.1. Mạch điện cơ bản:



#### Sơ đồ cấu tạo mạch tranzito mắc theo kiểu b-c

Trong đó:  $v_i$ : ngõ vào

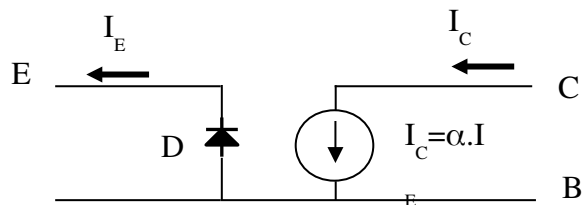
$v_o$ : ngõ ra

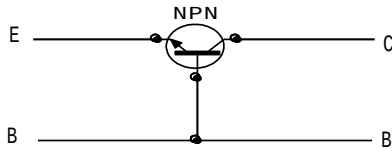
$R_c$ : điện trở tải

$R_e$ : điện trở ngõ vào

$R_{b1}, R_{b2}$ : điện trở phân cực

##### 3.1.2. Mạch điện tương đương:





### a: Cách mắc mạch b-c

Trên sơ đồ mạch hình a là sơ đồ mạch tranzito mắc theo kiểu b-c của tranzito npn. như cấu tạo của tranzito được kết hợp từ ba khối bán dẫn tạo nên hai tiếp giáp pn. có thể coi tiếp giáp be như một điốt d, ngoài ra vì  $I_C \approx I_E$  nên giữa hai cực b và c được thay thế bằng một nguồn dòng có giá trị là  $\alpha \cdot i_e$ . với sự thay thế đó ta có sơ đồ tương đương như hình b

### b: Sơ đồ tương đương mạch b-c

### 3.2. Tính toán phân cực

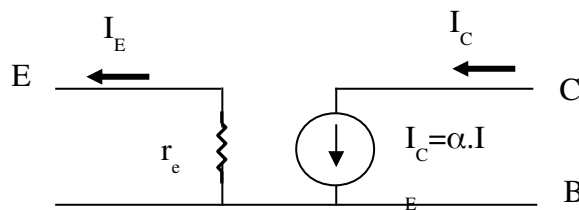
Khi tranzito được phân cực và hoạt động ở vùng khuếch đại thì tiếp giáp be được phân cực thuận. khi đó điốt d tương đương với một điện trở có giá trị bằng điện trở thuận của điốt, điện trở này được ký hiệu là  $r_e$  và được tính:

$$r_e = \frac{U_T}{I_E}$$

Với  $U_T$  là điện áp nhiệt, ở nhiệt độ bình thường  $U_T = 26\text{mV}$ , do đó:

$$r_e = \frac{26\text{mV}}{I_E}$$

Như vậy sơ đồ tương đương được vẽ lại như hình vẽ



### Sơ đồ tương đương mạch mắc b-c

Với sơ đồ tương đương hình vẽ có thể tính được trở kháng vào ra của mạch như sau:

Trở kháng vào :  $Z_v = r_e$  giá trị  $r_e$  rất nhỏ, tối đa khoảng 50

Trở kháng ra được  $Z_r$  được tính khi cho tín hiệu vào bằng không, vì thế  $i_e = 0$  nên

$i_c = \alpha \cdot i_e$  có nghĩa ngõ ra của hình 1.10 hở mạch, do đó:  $Z_r = \infty$

Thực tế trở kháng ra của mạch c-b khoảng vài M .

Tổng trở ngõ vào:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_{be}}{I_e}$$

Tổng trở ngõ ra:

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{V_{cb}}{I_c}$$

### 3.3. Tính công suất khuếch đại và độ lợi

Độ khuếch đại dòng điện:

$$a_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_c}{I_b} = 1$$

Độ khuếch đại điện áp:

$$a_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{cb}}{V_{be}} =$$

Tín hiệu được đưa vào cực e và lấy ra trên cực c.

Tín hiệu ngõ vào và ngõ ra đồng pha.

Hệ số khuếch đại dòng điện , hệ số khuếch đại điện áp .

Tổng trở ngõ vào nhỏ từ vài chục đến vài trăm .

Tổng trở ra rất lớn từ vài chục k đến hàng m .

## THỰC HÀNH

**Lắp ráp các mạch khuếch đại công suất.**

### 1. Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, vật liệu

a. Thiết bị:

- Đồng hồ VOM
- Đồng hồ DVOM
- Nguồn 12V
- Test board

b. Linh Kiện:

STT	Loại linh kiện	Số lượng
1	Transistor các loại	100
2	Điện trở các loại	100
3	Tụ điện các loại	100
4	Biến trở các loại	100

### 2. Trình tự thực hiện:

Bước 1: Kiểm tra linh kiện

Bước 2: Lắp ráp mạch

Bước 3: Kiểm tra mạch

Bước 4: Kết nối mạch với nguồn điện

Bước 5: Dùng đồng hồ đo điện áp vào và ra của mạch

## BÀI 4

### MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

MÃ BÀI: MĐ14-05

#### Mục tiêu:

- Hiểu được nguyên lý hoạt động các mạch khuếch đại công suất
- Lắp ráp được các mạch khuếch đại.
- Tính tư duy khoa học, suy luận chắc chắn. Tính chính xác trong công việc.

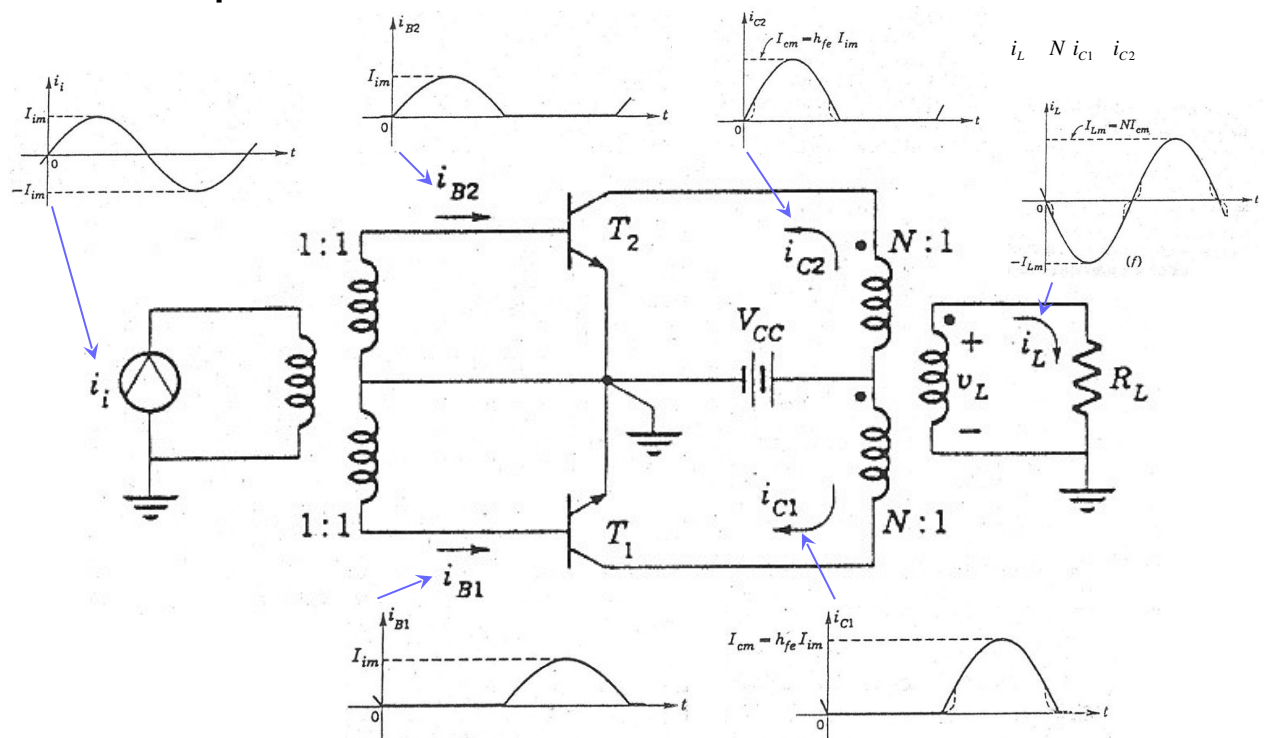
#### Nội dung chính:

#### 1. Mạch khuếch đại đẩy kéo

##### Mục tiêu:

- Vẽ sơ đồ mạch và tính được công suất của mạch khuếch đại đẩy kéo.

#### 1.1. Sơ đồ mạch

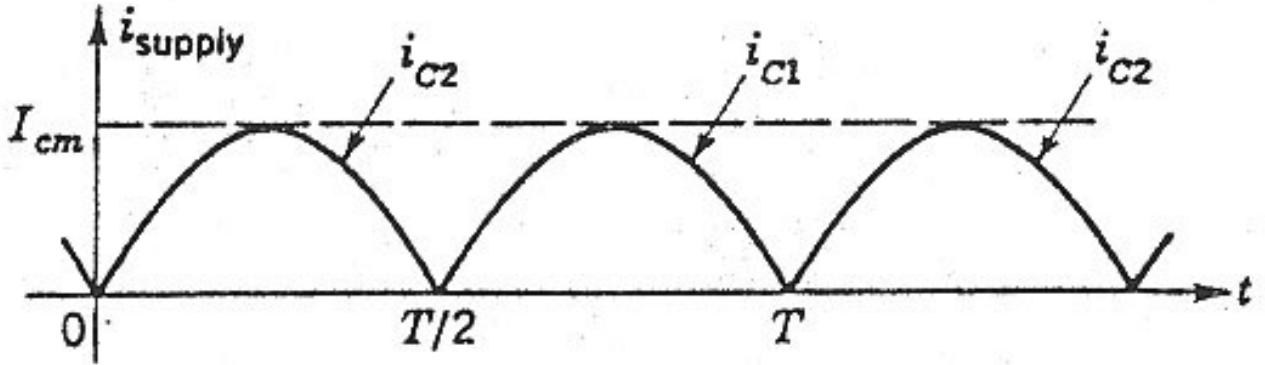




## Mạch khuếch đại đẩy kéo

### 1.2. Tính toán công suất

#### 1.2.1. Công suất cung cấp



$$P_{CC} = V_{CC} \frac{1}{T} \int_0^{T/2} i_{c1} dt + \int_{T/2}^T i_{c2} dt = \frac{2}{T} V_{CC} I_{cm} \int_0^{T/2} \sin \omega t dt$$

$$P_{CC,max} = \frac{2}{T} V_{CC} \frac{V_{CC}}{R_L'} = \frac{2V_{CC}^2}{R_L'}$$

#### 1.2.2. Công suất ngõ ra

$$P_L = \frac{I_{Lm}^2 R_L}{2} = \frac{I_{cm}^2 N^2 R_L'}{2}$$

$$P_{L,max} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L'}$$

#### 1.2.3. Công suất tiêu tán

$$2P_C = P_{CC} - P_L = \frac{2}{T} V_{CC} I_{cm} \int_0^{T/2} \sin \omega t dt - \frac{R_L' I_{cm}^2}{2}$$

$$P_{C,max} = \frac{1}{2} \frac{V_{CC}^2}{R_L'} - 0.1 \frac{V_{CC}^2}{R_L'} \quad \text{khi } I_{cm} = \frac{2}{T} \frac{V_{CC}}{R_L'}$$

### Hiệu suất

$$\frac{P_L}{P_{CC}} = \frac{\frac{1}{2} R_L' I_{cm}^2}{\frac{2}{T} V_{CC} I_{cm}} = \frac{I_{cm}}{4} \frac{R_L'}{V_{CC}}$$

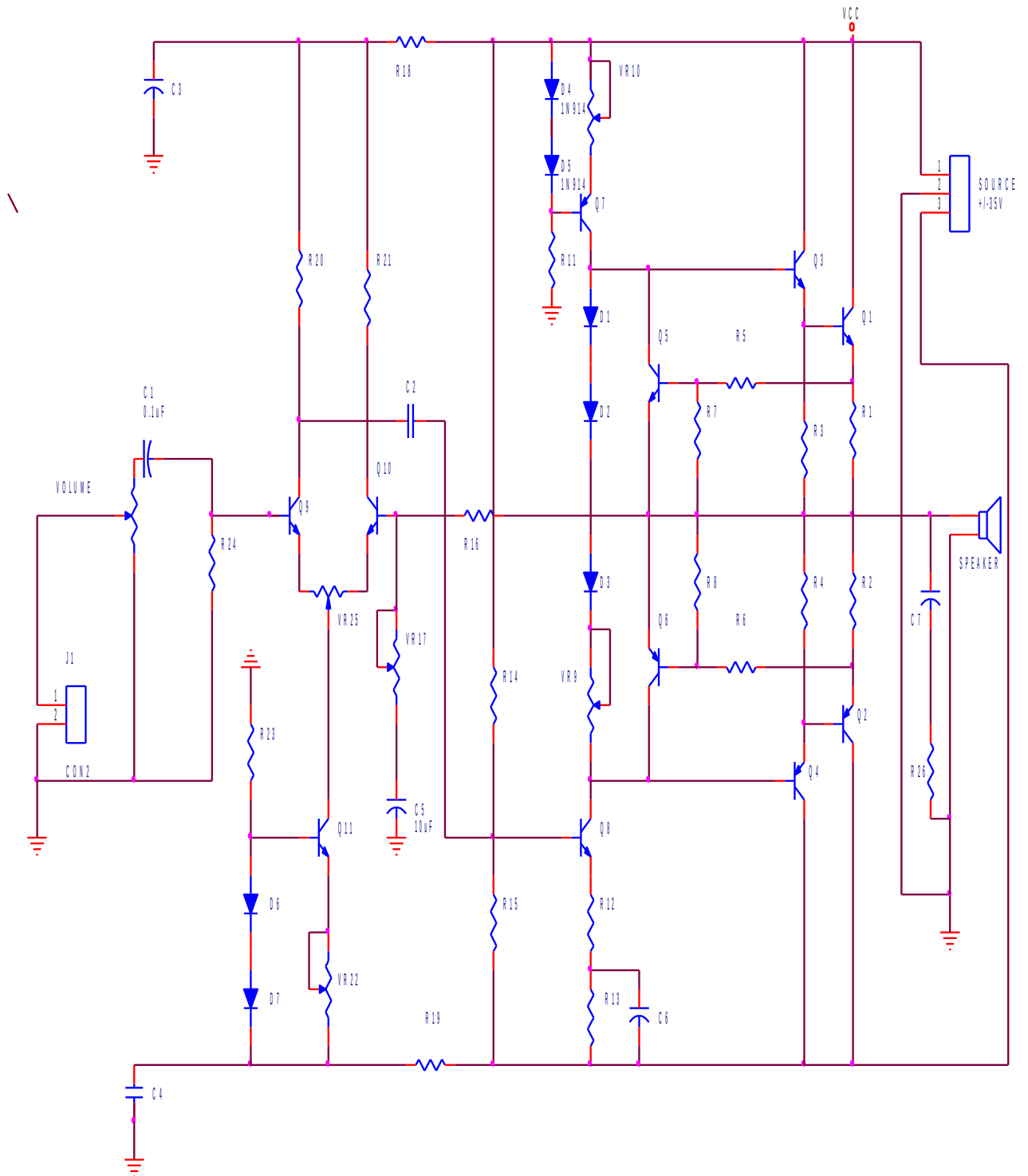
$$\text{max} = \frac{1}{4} = 78.5\%$$

## 2. Mạch khuếch đại OCL

Mục tiêu:

- Vẽ sơ đồ mạch và tính được công suất của mạch khuếch đại OCL.

### 2.1. Sơ đồ mạch



MACH KHUECH DAI CONG SUAT OCL NGO VAO VI SAI

## 2.2. Tính toán công suất

### 2.2.1. Công suất cung cấp

**Biên độ tín hiệu ra loa:**

Tín hiệu vào của mạch khuếch đại có dạng sin:  $v = V \sin t$ .

Xem hệ thống là tuyến tính thì tín hiệu ra trên tải:

$$\begin{aligned} v_L &= V_L \sin t - V_{CE0} \\ i_L &= I_L \sin t - I_{C0} \end{aligned}$$

với  $V_L, I_L$ : là biên độ điện áp và dòng ra trên tải.

$V_{CE0}, I_{C0}$ : là điện áp và dòng điện DC trên tải.

Do tăng công suất làm việc ở chế độ AB nên dòng tĩnh và điện áp tĩnh rơi trên tải không đáng kể.

Do vậy:

$$\begin{aligned} v_L &= V_L \sin t \\ i_L &= I_L \sin t \end{aligned}$$

-Dòng cung cấp trung bình:

$$I_{CCb} = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} I_L \sin t \cdot dt = \frac{1}{\pi} I_L \cos t \Big|_0^{\pi} = \frac{I_L}{\pi}$$

Công suất nguồn cung cấp:

$$P_{CC} = V_{CC} \frac{I_L}{\pi}$$

**2.2.2. Công suất ngõ ra**

$$P_L = R_L I_{Lhd}^2 = \frac{1}{2} R_L I_L^2$$

Gọi  $V_{Lhd}, I_{Lhd}$ : là điện áp hiệu dụng và dòng điện hiệu dụng trên tải.

$$V_{Lhd} = \frac{V_L}{\sqrt{2}}, I_{Lhd} = \frac{I_L}{\sqrt{2}}$$

Khi đó công suất trên tải:

$$P_L = R_L \cdot I_{Lhd}^2 = \frac{V_{Lhd}^2}{R_L} = \frac{V_L^2}{2}$$

$$V_L = \sqrt{2P_L R_L}$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L}$$

**2.2.3. Công suất tiêu tán**

Công suất tiêu tán của  $R_1, R_2$ :  $P_R = 2P_{R1} = \frac{1}{2} R_1 I_L^2$

Vậy công suất tiêu tán của hai BJT  $Q_1, Q_2$  là:

$$P_{tt} = P_{CC} - P_L - P_R = \frac{V_{CC} I_L}{2} - \frac{1}{2} R_L I_L^2 - \frac{1}{2} R_1 I_L^2$$

Công suất tiêu tán của một BJT, chẳng hạn BJT  $Q_1$  là:

$$P_{tt/Q1} = P_{tt/Q2} = \frac{P_{tt}}{2} = \frac{V_{CC} I_L}{2} - \frac{1}{4} (R_L + R_1) I_L^2$$

Ta thấy công suất tiêu tán của BJT  $Q_1$  phụ thuộc vào  $I_L$  theo hàm bậc hai. Để tìm công suất tiêu tán cực đại ta lấy đạo hàm của  $P_{tt/Q1}$  theo  $I_L$  và cho bằng 0.

$$\frac{dP_{t/Q1}}{dI_L} = \frac{V_{CC}}{2} - \frac{1}{2}(R_L + R_1)I_L = 0$$

$$I_L = \frac{V_{CC}}{(R_L + R_1)}$$

$$P_{t \max/Q1} = \frac{V_{CC}I_{L0}}{2} = \frac{1}{4}(R_L + R_1)I_{L0}^2$$

Công suất tiêu tán tĩnh trên  $Q_1$ :

$$P_{DC/Q1} = V_{CE/Q1} \cdot I_{C/Q1} = \frac{V_{CC}}{2} I_{EQ}$$

Vậy công suất tiêu tán cực đại trên  $Q_1$  là:

$$P_{t \max/Q1} = P_{t \max/Q1} + P_{DC/Q1}$$

Vì  $Q_1, Q_2$  là cặp BJT bổ phụ nên ta chọn  $Q_1, Q_2$  thỏa mãn điều kiện:

$$I_C = I_{E1p}$$

$$V_{CE0} = V_{CC}$$

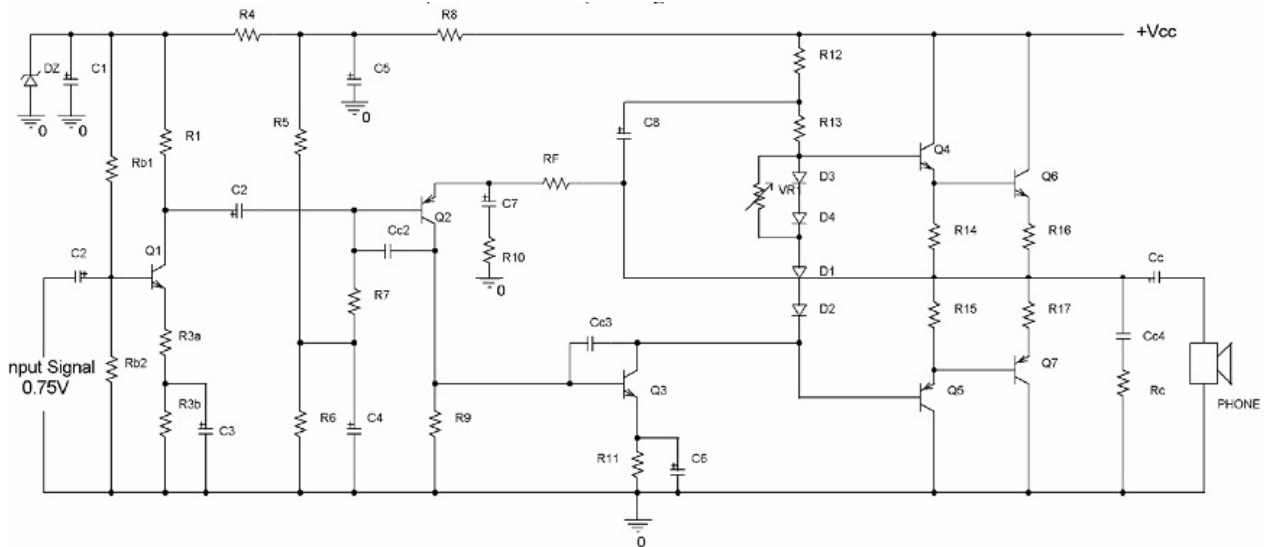
$$P_C = (2 \text{--} 3)P_{t \max}$$

### 3. Mạch khuếch đại OTL

Mục tiêu:

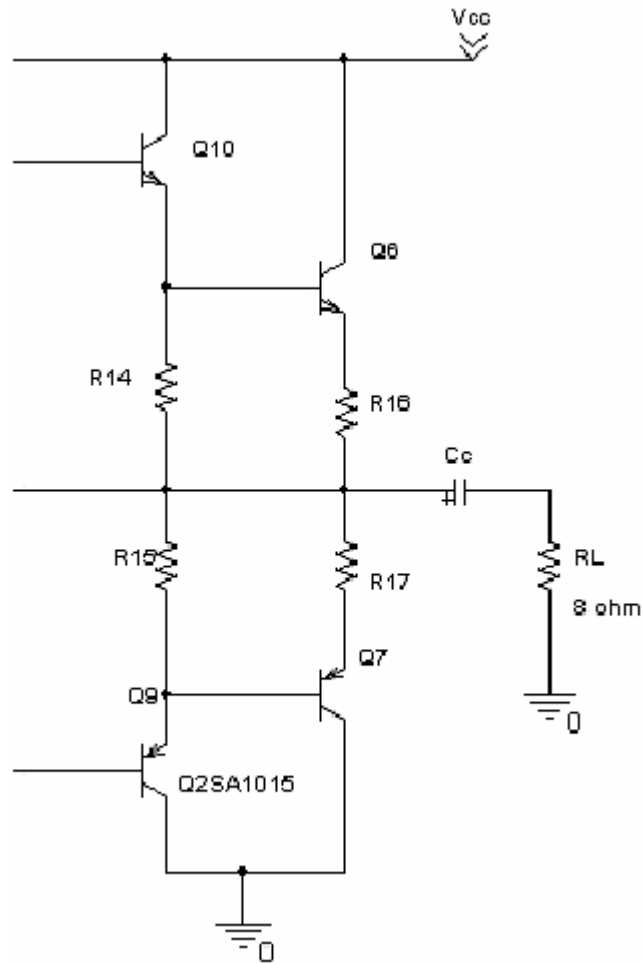
- Vẽ sơ đồ mạch và tính được công suất của mạch khuếch đại OTL.

#### 3.1. Sơ đồ mạch



Sơ đồ mạch khuếch đại OTL

#### 3.2. Tính toán công suất



### Sơ đồ tầng khuếch đại công suất

#### 3.2.1. Công suất cung cấp

Trong mạch OTL,  $V_{Lp\max} = \frac{V_{cm}}{2}$ , với hệ số sử dụng điện áp:

$$\xi = \frac{V_{cm}}{V_{cc}}$$

ta chọn nguồn

$$V_{cc} = \frac{V_{cm}}{\xi} = \frac{2 \times V_{Lp\max}}{\xi}$$

#### 3.2.2. Công suất ngõ ra

Công suất trung bình phân phối trên tải được tính theo công thức:

$$P_L = \frac{1}{2} I_{pL}^2 \cdot R_L = \frac{1}{2} I_{Lm}^2 \cdot R_L = \frac{V_p^2 \cdot R_L}{2(R_{16} + R_L)^2}$$

Ta sẽ chọn giá trị của  $R_{16} \ll R_L$ , bởi vậy, có thể tính gần đúng:

$$V_{Lp\max} = \sqrt{2R_L P_L}$$

#### 3.2.3. Công suất tiêu tán

Công suất tiêu tán tối đa trên 2 Transistor  $Q_6, Q_7$

Ta có:  $P_C = P_{CC} - P_L$  mà  $P_{CC} = P_{STB} = V_{CC} \cdot I_{STB}$

$$= \frac{V_{CC} \cdot V_p}{\pi(R_{16} + R_L)}$$

$$\rightarrow P_C = \frac{V_{CC} \cdot V_p}{\pi(R_{16} + R_L)} - \frac{V_p^2 \cdot R_L}{2(R_{16} + R_L)^2}$$

$$\rightarrow P_{C_{\max}} = \frac{V_{CC}^2}{2\pi^2 R_L}$$

→ Công suất tối đa mà mỗi Transistor  $Q_6, Q_7$  phải chịu:

$$P_{C3_{\max}} = P_{C4_{\max}} = \frac{V_{CC}^2}{4\pi^2 R_L}$$

## THỰC HÀNH

**Lắp ráp các mạch khuếch đại công suất.**

1. **Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, vật liệu**

a. *Thiết bị:*

- Đồng hồ VOM
- Đồng hồ DVOM
- Nguồn 12V
- Test board

b. *Linh Kiện:*

STT	Loại linh kiện	Số lượng
1	Transistor các loại	100
2	Điện trở các loại	100
3	Tụ điện các loại	100
4	Biến trở các loại	100

2. **Trình tự thực hiện:**

Bước 1: Kiểm tra linh kiện

Bước 2: Lắp ráp mạch

Bước 3: Kiểm tra mạch

Bước 4: Kết nối mạch với nguồn điện

Bước 5: Dùng đồng hồ đo điện áp vào và ra của mạch

## BÀI 5 MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

MÃ BÀI : MĐ14 – 06

### Mục tiêu:

- Hiểu được nguyên lý hoạt động các mạch vi sai
- Lắp ráp được các mạch
- Tính tư duy khoa học, suy luận chắc chắn. Tính chính xác trong công việc.

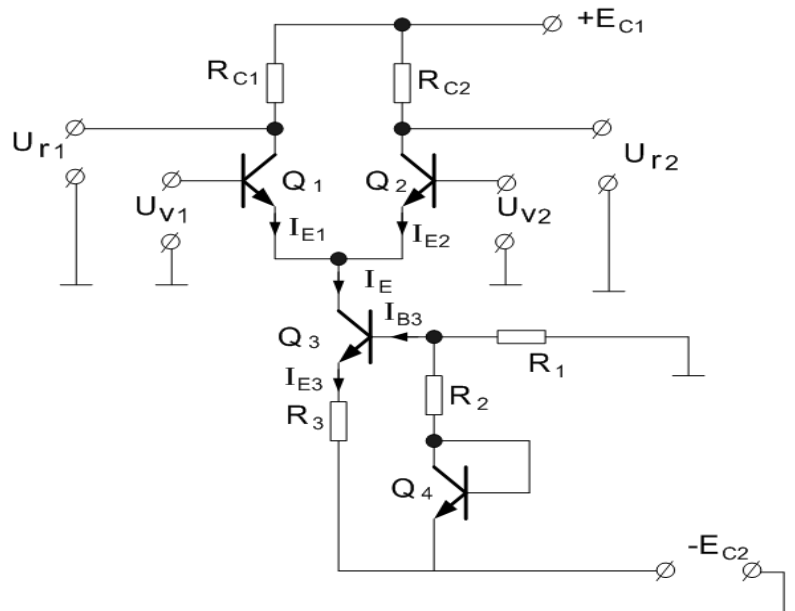
### Nội dung chính:

#### 1. Mạch khuếch đại vi sai cơ bản

##### Mục tiêu:

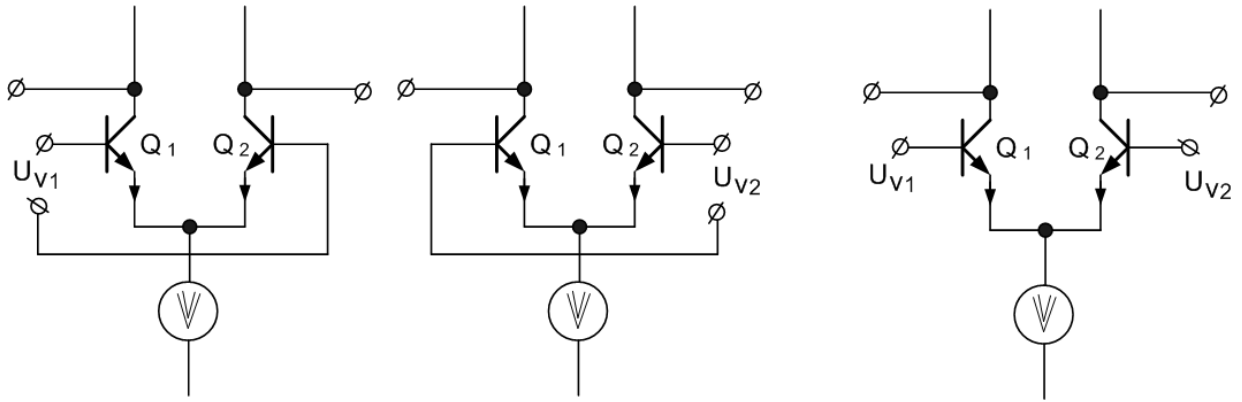
- Phân tích được tín hiệu vào mạch khuếch đại vi sai cơ bản.

#### 1.1. Sơ đồ nguyên lý



#### 1.2. Phương pháp đưa tín hiệu vào

Tín hiệu  $U_a$  vào từng kênh  $Q_1$  vi sai cả thốt hai nguồn riêng biệt hoặc thốt một nguồn vự cả thốt  $U_{\text{đ}} \text{ nh sau:}$



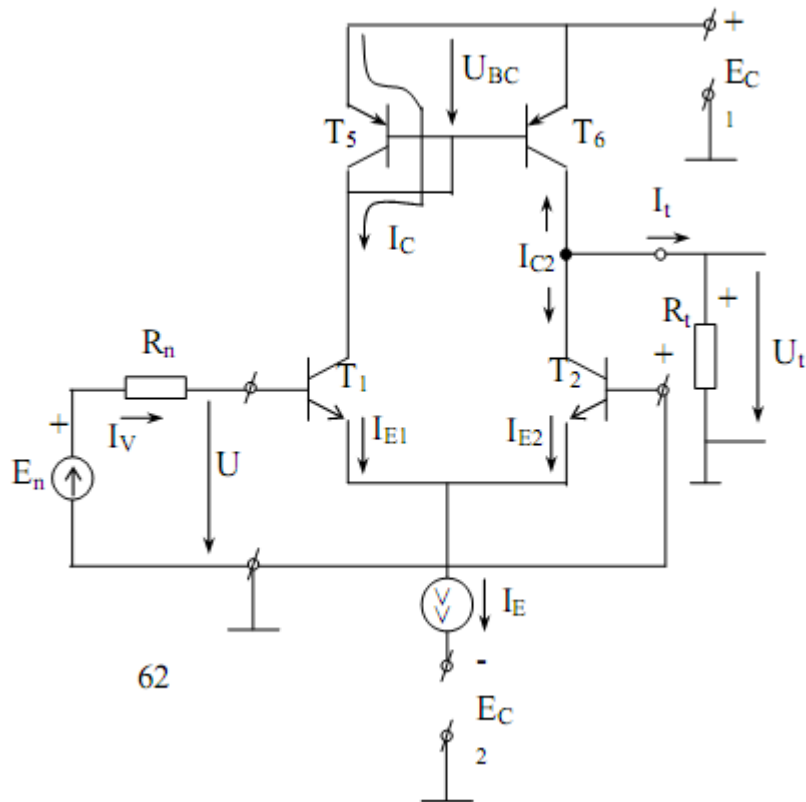
**Tỷ lệ hiệu @a vμo mét @Çu vμo**  
**Tỷ lệ hiệu @a vμo hai @Çu vμo**

**2. Các loại mạch vi sai**

*Mục tiêu:*

- Trình bày được các mạch khuếch đại vi sai.

**2.1. Khuếch đại vi sai có tải kiểu gương dòng điện**



**Sơ đồ tầng vi sai có tải động kiểu gương dòng điện**

Trong tầng khuếch đại vi sai của các IC thuật toán, người ta thường thay  $R_{C1}$ ,  $R_{C2}$  bằng Tranzito, thực hiện chức năng tải động của tầng. Sơ đồ này có hệ số khuếch đại  $K_{VS}$  lớn hơn nhiều lần so với sơ đồ đã khảo sát có tải RC. Điều này rất

quan trọng khi thiết kế bộ khuếch đại một chiều nhiều tầng. Một trong những sơ đồ như vậy vẽ trên hình vẽ. Tranzito T5, T6 dùng làm tải động của tầng có tham số giống nhau, T5 được mắc thành điôt. Cách mắc như vậy



còn được gọi là sơ đồ gương dòng điện. Dòng IC của T1 chảy qua T5 tạo nên điện áp  $U_{BE5}$  xác định điện áp vào  $U_{BE6}$ . Vì T5 và T6 có tham số giống nhau nên  $I_{C6}$  giống  $I_{C1}$ . Tín hiệu vi sai lấy ở cực góp T2. Khi  $E_n = 0$  sơ đồ ở chế độ

$$I_{C1} = I_{C2} = I_{C6} = \frac{I_E}{2}$$

cân bằng tĩnh, dòng

Dòng  $I_{C6}$  chảy qua T2 nên  $U_{ra} = 0$  vì  $i_{tai} = 0$ .

Giả thiết tín hiệu vào có cực tính như ở hình vẽ. Dưới tác dụng của  $E_n$  dòng  $I_{B1}$  tăng, và như vậy làm giảm dòng  $I_{B2}$  Sự thay đổi dòng cực gốc làm thay đổi dòng cực góp.

$$I_{C1} = \frac{I_E}{2} + \beta \cdot I_V$$

$$I_{C2} = \frac{I_E}{2} - \beta \cdot I_V$$

Bởi vì dòng  $I_{C6} = I_{C1}$  nên

$$I_{C6} = \frac{I_E}{2} + \beta \cdot I_V$$

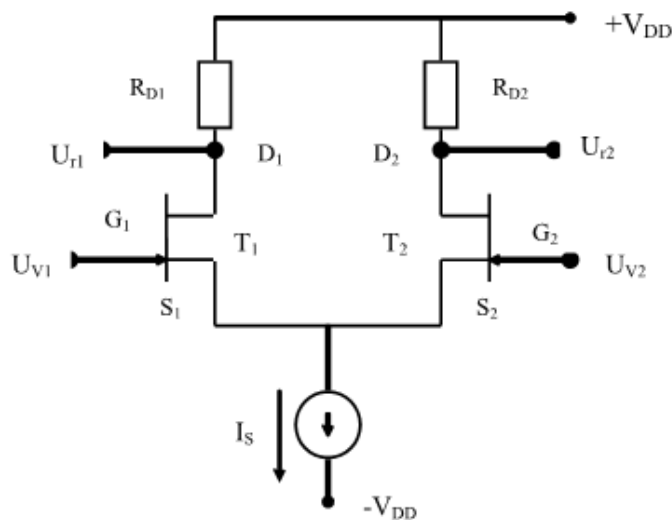
Nếu tải tín hiệu vào đổi dấu thì làm đổi chiều  $I_V$ ,  $I_{tai}$  và cực tính điện áp ra. Hệ số khuếch đại điện áp của tầng.

$$K = \frac{U_m}{E_n} = \frac{2 \cdot \beta \cdot R_t}{R_n + 2 \cdot r_V} = \frac{2 \cdot \beta \cdot R_t}{R_n + 2 \cdot [r_B + (1 + \beta) \cdot r_E]}$$

Khi  $R_n = 0$ :

$$K = \frac{\beta \cdot R_t}{r_B + (1 + \beta) \cdot r_E}$$

## 2.2. Khuếch đại vi sai dùng tranzito trường



Khuếch đại vi sai dùng tranzito trường

VỀ nguyên lý hoạt động của mạch khuếch đại vi sai không có gì khác với mạch dùng tranzito lưỡng cực, chỉ có trở kháng vào của mạch dùng FET thì lớn hơn nhiều (có thể tới hàng trăm lần cao hơn so với dùng BJT).

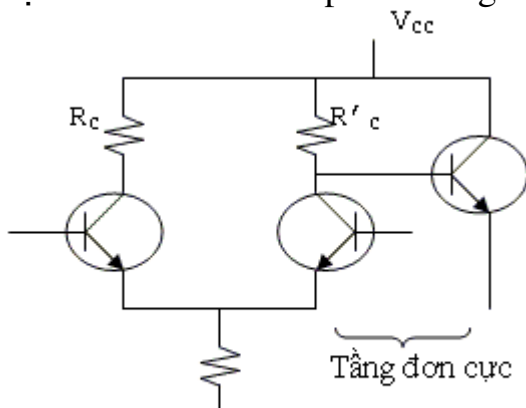
### 2.3.Khuếch đại một chiều có biến đổi trung gian

Người ta thường dùng tầng đơn cực để:

- Dễ sử dụng.
- Dễ tạo mạch công suất.

Nhưng mạch đơn cực sẽ làm phát sinh một số vấn đề mới:

- Làm mất cân bằng tầng vi sai, nên hai điện trở RC của tầng vi sai đôi khi phải có trị số khác nhau để bù trừ cho sự mất cân bằng.
- Làm tăng cả  $A_{VS}$  và  $A_C$  nên (1 có thể thay đổi, do đó chỉ nên dùng tầng đơn cực ở nơi đã có thành phần chung thật nhỏ (sau hai hoặc ba tầng vi sai)



Trong đó:

$$R_c = R'_c // Z_V$$

Với:  $Z_V$  là tổng trở vào của tầng đơn cực.

## 3.Vi mạch thuật toán

Mục tiêu:

- Phân tích được các vi mạch thuật toán.

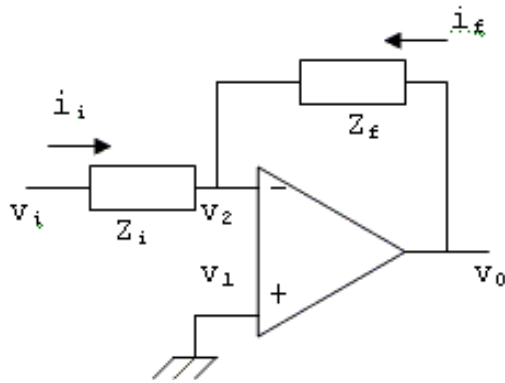
### 3.1.Khái niệm chung

**Mạch khuếch đại thuật toán** ([tiếng Anh](#): operational amplifier), thường được gọi tắt là **op-amp** là một mạch khuếch đại một chiều nối tầng trực tiếp với hệ số khuếch đại rất cao, có đầu vào vi sai, và thông thường có đầu ra đơn. Trong những ứng dụng thông thường, đầu ra được điều khiển bằng một mạch hồi tiếp âm sao cho có thể xác định độ lợi đầu ra, tổng trở đầu vào và tổng trở đầu ra.

Các mạch khuếch đại thuật toán có những ứng dụng trải rộng trong rất nhiều các thiết bị điện tử thời nay từ các thiết bị điện tử dân dụng, công nghiệp và khoa học. Các mạch khuếch đại thuật toán thông dụng hiện nay có giá bán rất rẻ. Các thiết kế hiện đại đã được điện tử hóa chặt chẽ hơn trước đây, và một số thiết kế cho phép mạch điện chịu đựng được tình trạng ngắn mạch đầu ra mà không làm hư hỏng.

### 3.2.Bộ khuếch đại đảo

Dạng mạch căn bản.



- .  $Z_i, Z_f$  có thể có bất kỳ dạng nào.
- . Tín hiệu đưa vào ngõ vào (-).
- .  $v_i$  có thể xoay chiều hoặc một chiều.

Do op-amp lý tưởng nên:

$$v_1 = v_2 = 0$$

$$i_i = -i_f \Rightarrow \frac{v_i}{Z_i} = -\frac{v_o}{Z_f}$$

Suy ra độ lợi điện thế của mạch:

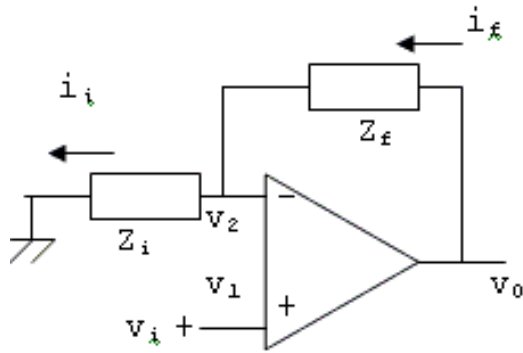
$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{Z_f}{Z_i}$$

Nhận xét:

- Khi  $Z_f$  và  $Z_i$  là điện trở thuần thì  $v_o$  và  $v_i$  sẽ lệch pha  $180^\circ$  (nên được gọi là mạch khuếch đại đảo và ngõ vào (-) được gọi là ngõ vào đảo).
- $Z_f$  đóng vai trò mạch hồi tiếp âm.  $Z_f$  càng lớn (hồi tiếp âm càng nhỏ) độ khuếch đại của mạch càng lớn.
- Khi  $Z_f$  và  $Z_i$  là điện trở thuần thì op-amp có tính khuếch đại cả điện thế một chiều.

### 3.3. Bộ khuếch đại không đảo

Dạng mạch căn bản.



Ta có:

$$v_1 = v_2 = v_i$$

Và  $i_f = i_i$

$$i_f = \frac{v_o - v_2}{Z_f}$$

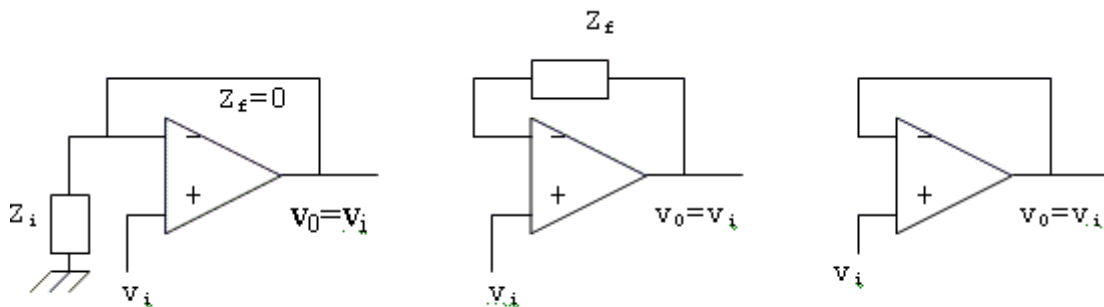
$$i_i = \frac{v_2}{Z_i} \Rightarrow \frac{v_o - v_2}{Z_f} = \frac{v_2}{Z_i}$$

Suy ra:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{Z_f}{Z_i}$$

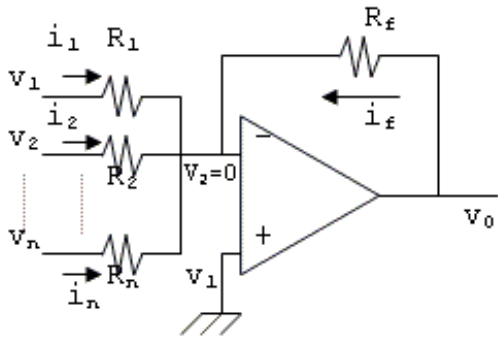
Nhận xét:

- $Z_f, Z_i$  có thể có bất kỳ dạng nào.
- $v_o$  và  $v_i$  cũng có thể có bất kỳ dạng nào.
- Khi  $Z_f, Z_i$  là điện trở thuần thì ngõ ra  $v_o$  sẽ có cùng pha với ngõ vào  $v_i$  (nên mạch được gọi là mạch khuếch đại không đảo và ngõ vào (+) được gọi là ngõ vào không đảo).
- $Z_f$  cũng đóng vai trò hồi tiếp âm. Để tăng độ khuếch đại  $A_v$ , ta có thể tăng  $Z_f$  hoặc giảm  $Z_i$ .
- Mạch khuếch đại cả tín hiệu một chiều khi  $Z_f$  và  $Z_i$  là điện trở thuần. Mạch cũng giữ nguyên tính chất không đảo và có cùng công thức với trường hợp của tín hiệu xoay chiều.
- Khi  $Z_f=0$ , ta có:  $A_v=1 \Rightarrow v_o=v_i$  hoặc  $Z_i=\infty$  ta cũng có  $A_v=1$  và  $v_o=v_i$ . Lúc này mạch được gọi là mạch “voltage follower” thường được dùng làm mạch đệm (buffer) vì có tổng trở vào lớn và tổng trở ra nhỏ như mạch cực thu chung ở BJT.



### 3.4. Mạch cộng

#### 3.4.1. Mạch cộng đảo



Các dòng điện chạy qua các điện trở là:

$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}; i_2 = \frac{v_2}{R_2}; \dots; i_n = \frac{v_n}{R_n}$$

Tổng các dòng điện này chạy qua  $R_f$  và tạo thành  $v_0$  nên ta có:

$$v_0 = -R_f \left( \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \dots + \frac{v_n}{R_n} \right)$$

$$\Rightarrow v_0 = \sum_{j=1}^n k_j v_j$$

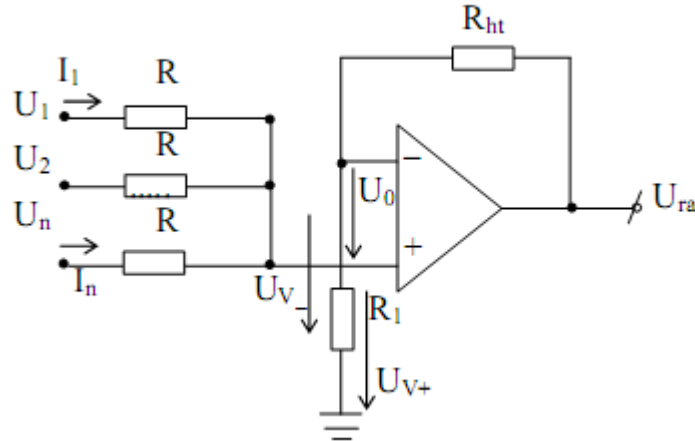
Trong đó:  $k_1 = -\frac{R_f}{R_1}; k_2 = -\frac{R_f}{R_2}; \dots; k_n = -\frac{R_f}{R_n}$

Nếu:  $R_f = R_1 = R_2 = \dots = R_n$  thì ta có:

$$v_0 = -\sum_{j=1}^n v_j$$

Tín hiệu ngõ ra bằng tổng các tín hiệu ngõ vào nhưng ngược pha. Ta chú ý là vi là một điện thế bất kỳ có thể là một chiều hoặc xoay chiều.

### 3.4.2. Mạch cộng không đảo



#### Mạch cộng không đảo

Sơ đồ mạch điện ở hình vẽ, ở đây các tín hiệu vào đưa tới cửa thuận. Khi  $U_0 = 0$  điện áp ở hai đầu vào bằng nhau và bằng.

$$U_{v+} = U_{v-} = \frac{R_1}{R_1 + R_{ht}} \cdot U_{ra}$$

Khi dòng vào đầu thuận bằng không ( $R_V = \infty$ ) ta có:

$$\frac{U_1 - U_{V-}}{R} + \frac{U_2 - U_{V-}}{R} + \dots + \frac{U_n - U_{V-}}{R} = 0$$

Hay:  $U_1 + U_2 + \dots + U_n = n \cdot U_{V-}$

$$\rightarrow U_1 + U_2 + \dots + U_n = n \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_{ht}} \cdot U_{ra}$$

Từ đó

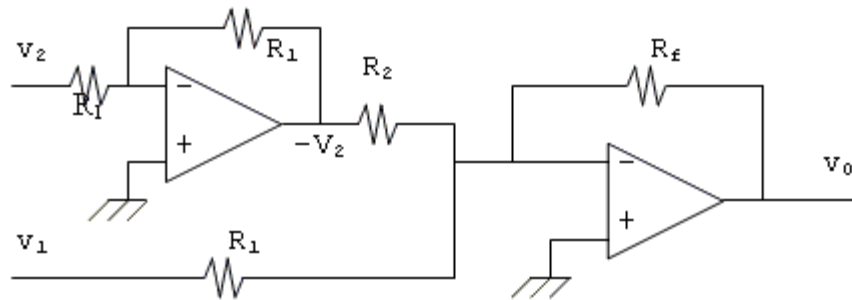
$$U_{ra} = \frac{R_1 + R_{ht}}{n \cdot R_1} \cdot (U_1 + \dots + U_n) = \frac{R_1 + R_{ht}}{n \cdot R_1} \cdot \sum_{i=1}^n U_i$$

### 3.5 Mạch trừ

Ta có 2 cách tạo mạch trừ.

\* **Trừ bằng phương pháp đổi dấu:**

Để trừ một số, ta cộng với số đối của số đó.



$v_2$  đầu tiên được làm đảo rồi cộng với  $v_1$ . Do đó theo mạch ta có:

$$v_0 = -\left[ \frac{R_f}{R_1} v_1 + \left( -\frac{R_f}{R_2} \right) v_2 \right]$$

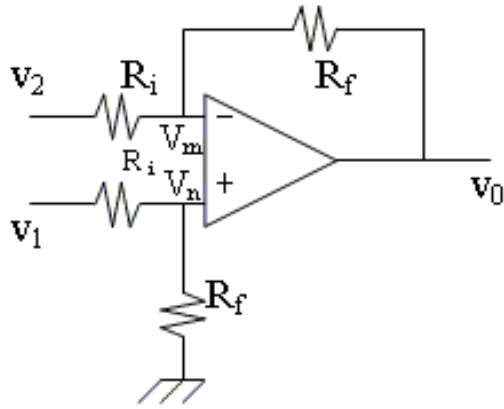
Nếu ta chọn  $R_f = R_1 = R_2$ , ta được:

$$v_0 = -(v_1 - v_2)$$

Như vậy tín hiệu ở ngõ ra là hiệu của 2 tín hiệu ngõ vào nhưng đổi dấu.

\* **Trừ bằng mạch vi sai:**

Dạng cơ bản



Ta có:

$$v_m = v_n = v_1 \cdot \frac{R_f}{R_f + R_i}$$

Dòng điện vào từ  $v_2$  qua  $R_i$  sẽ qua  $R_f$  nên:

$$\frac{v_2 - v_m}{R_i} = \frac{v_m - v_0}{R_f}$$

Thay trị số của  $v_m$  vào biểu thức trên ta tìm được:

$$v_0 = \frac{R_f}{R_i} (v_1 - v_2)$$

Nếu  $R_f = R_i$  ta có:  $v_0 = (v_1 - v_2)$

## THỰC HÀNH

**Lắp ráp mạch khuếch đại thuật toán.**

1. Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, vật liệu

*a. Thiết bị:*

- Đồng hồ VOM
- Đồng hồ DVOM
- Nguồn 12V
- Test board

*b. Linh Kiện:*

STT	Loại linh kiện	Số lượng
1	IC 741	20
2	Điện trở các loại	100

**2. Trình tự thực hiện:**

Bước 1: Kiểm tra linh kiện

Bước 2: Lắp ráp mạch

Bước 3: Kiểm tra mạch

Bước 4: Kết nối mạch với nguồn điện

Bước 5: Dùng đồng hồ đo điện áp vào và ra của mạch

## BÀI 6 THYRISTOR

MÃ BÀI: MĐ14-07

**Mục tiêu:**

- Hiểu được nguyên lý hoạt động của họ Thyristor
- Xác định được chân linh kiện
- Xác định được linh kiện còn tốt hay hỏng
- Tính tư duy khoa học, suy luận chắc chắn. Tính chính xác trong công việc.



## Nội dung chính:

### 1.SCR

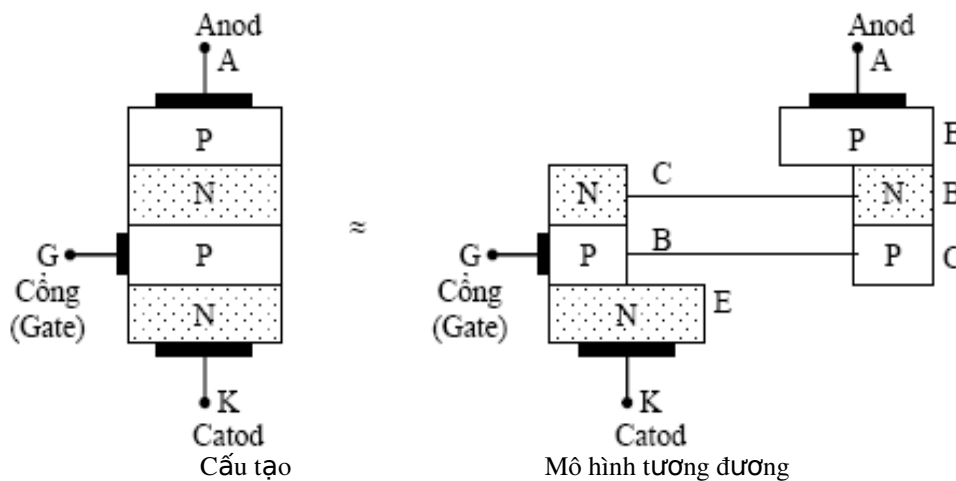
#### Mục tiêu:

- Phân tích được nguyên lý hoạt động của họ Thyristor
- Xác định được chân linh kiện.

a. *Cấu tạo và đặc tính:* SCR được cấu tạo bởi 4 lớp bán dẫn PNPN (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 cấu tạo ra các cực Anod A, Catot K và cổng G. (Hình 2.36)

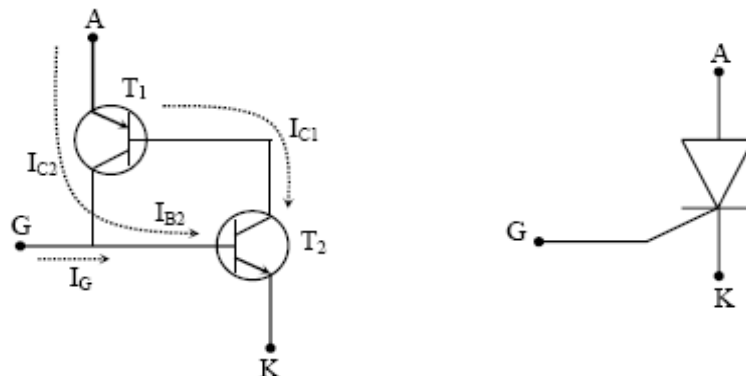
#### b. Nguyên lý làm việc

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 động điện anod  $I_A$  qua SCR lớn hơn nhiều. Nếu ta đổi chiều dòng nguồn  $V_{AA}$  (cực dương nối với catot 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.



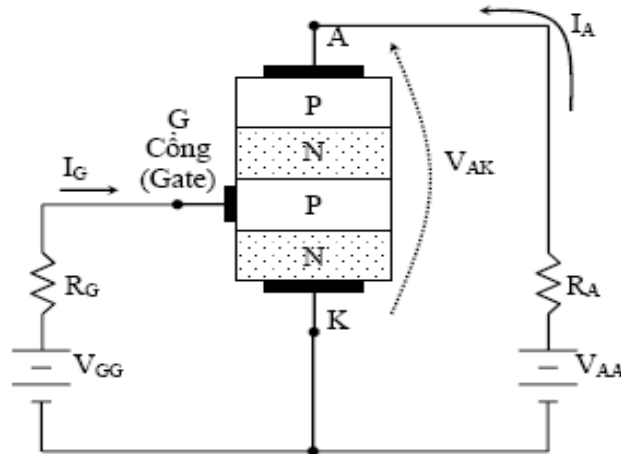
**Hình . Mô hình cấu tạo của SCR**

Ta thấy SCR có thể coi như tương đương với hai transistor PNP và NPN liên kết nhau qua ngõ nền và thu.



**Hình . Mô hình tương đương và ký hiệu của SCR**

Khi có một dòng điện nhỏ  $I_G$  kích vào cực cửa transistor NPN  $T_1$  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  $T_2$  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  $R_A$ .



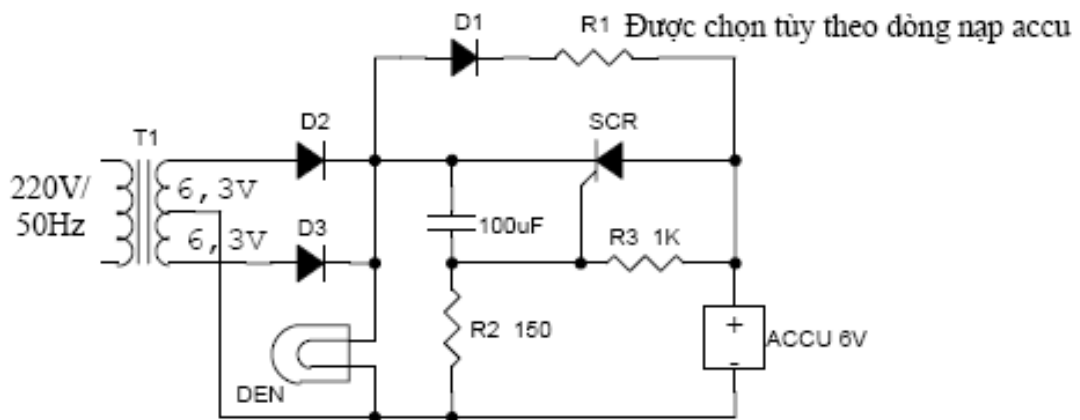
**Hình . Phân cực cho SCR**

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 ngắt 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).

### c. Ứng dụng của SCR.

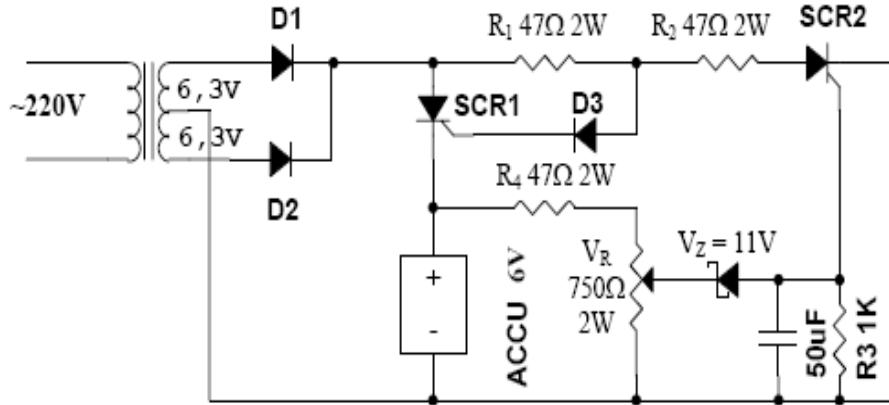
- Mạch đèn khẩn cấp khi mất điện.



**Hình . Mạch đèn khẩn cấp khi mất điện**

Bình thường đèn 6V cháy sáng nhờ nguồn điện qua mạch chỉnh lưu. Lúc này SCR ngừng 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 qua SCR và thắp sáng điện.

- Mạch nạp accu tự động.



**Hình : Mạch nạp accu tự động**

- Khi accu nạp chưa đầy, SCR<sub>1</sub> dẫn, SCR<sub>2</sub> ngừng
- Khi accu đã nạp đầy, điện thế cực dương lên cao, kích SCR<sub>2</sub> dẫn, chia bớt dòng nạp bảo vệ accu.
- VR dùng để chỉnh mức bảo vệ ( giảm nhỏ dòng nạp)

## 2. DIAC

*Mục tiêu:*

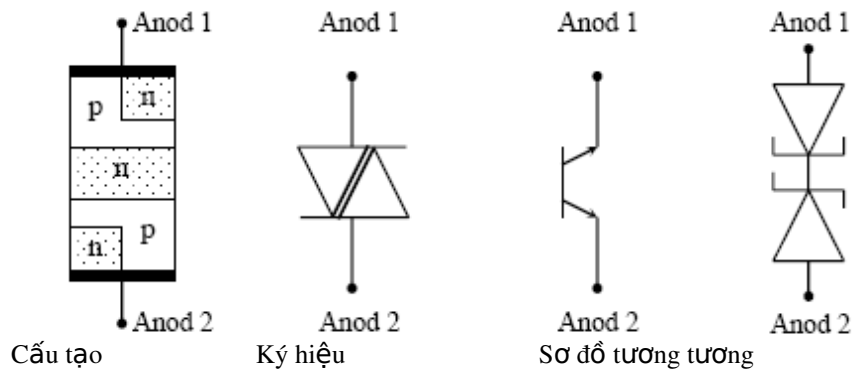
- Phân tích được nguyên lý hoạt động của DIAC
- Xác định được chân linh kiện.

*a. Cấu tạo.*

DIAC giống như một SCR không có cực công hay đúng hơn là một transistor không có cực nền. Hình sau đây mô tả cấu tạo, kí hiệu và mạch tương đương của DIAC.

*b. Nguyên lý làm việc.*

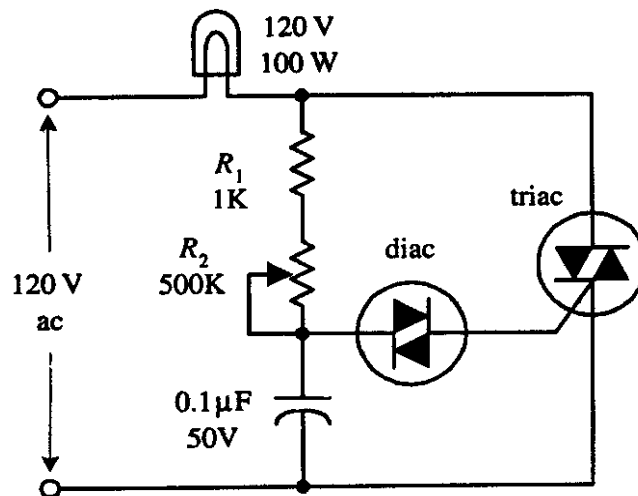
Khi áp một hiệu điện thế một chiều theo một chiều nhất định thì khi đến điện thế  $V_{BO}$ , DIAC dẫn điện và khi áp hiệu thế theo chiều ngược lại thì đến trị số  $-V_{BO}$ , DIAC cũng dẫn điện, DIAC thể hiện một điện trở âm ( điện thế hai đầu DIAC giảm khi dòng điện qua DIAC tăng). Từ các tính chất 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. Trong ứng dụng, DIAC thường dùng để mở Triac.



**Hình . Mô hình cấu tạo của Diac**

c. Ứng dụng của Diac.

- Mạch điều chỉnh độ sáng của bóng đèn AC.

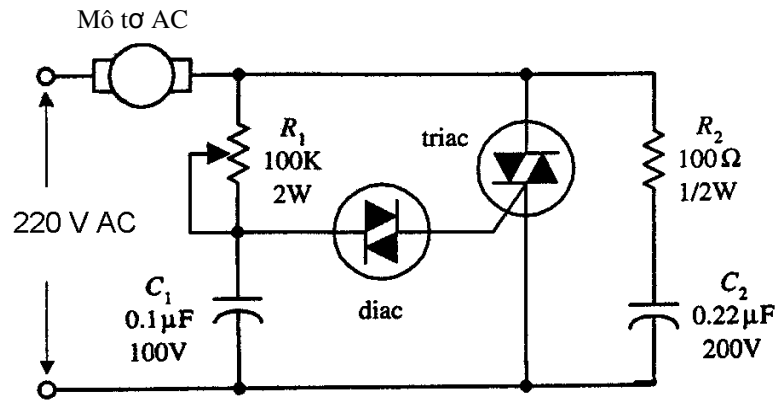


**Hình . Mạch ứng dụng dùng Diac**

Mạch này được sử dụng làm các đèn mờ trong gia đình. DIAC hoạt động để đảm bảo khởi động TRIAC chính xác. (DIAC hoạt động như là chuyển mạch để cho dòng đi qua khi điện áp qua các cực của DIAC đạt được trị điện áp đánh xuyên. Một khi đạt được điện áp đánh xuyên, DIAC giải phóng xung dòng). Tuy nhiên, khi dòng đủ lớn đi qua điện trở và các điện tích tăng lên trên tụ để điện áp tăng vượt điện áp khởi động, DIAC đột ngột giải phóng các điện tích đi vào cực cổng của TRIAC. Lúc này TRIAC dẫn và làm cho đèn sáng. Sau khi tụ phóng điện đến dưới điện áp đánh xuyên của DIAC, DIAC ngưng dẫn, làm cho TRIAC cũng ngưng dẫn và đèn tắt. Chu kỳ lại được lặp lại. Đèn lúc này có vẻ sáng (hoặc sáng mờ ở mức nào đó) vì các chu kỳ dẫn ngưng dẫn xảy ra rất nhanh. Độ sáng của đèn được R2 điều khiển.

- Điều khiển môđơ AC

Mạch này có cấu trúc gần giống với mạch đèn mờ, chỉ bổ sung thêm phần mạch R2C2. Tốc độ của môđơ được điều chỉnh bằng chiết áp R1.



Hình : Mạch điều khiển mô tơ AC

### 3.TRIAC

#### Mục tiêu:

- Phân tích được nguyên lý hoạt động của TRIAC.
- Xác định được chân linh kiện.

#### a. Cấu tạo.

- 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 PNP dẫn điện theo chiều từ trên xuống dưới, kích bởi dòng cổng dương và một SCR NPN dẫn điện theo chiều từ dưới lên kích bởi dòng cổng âm. Hai cực còn lại gọi là hai đầu cuối chính (main terminal).

#### b. Nguyên lý làm việc.

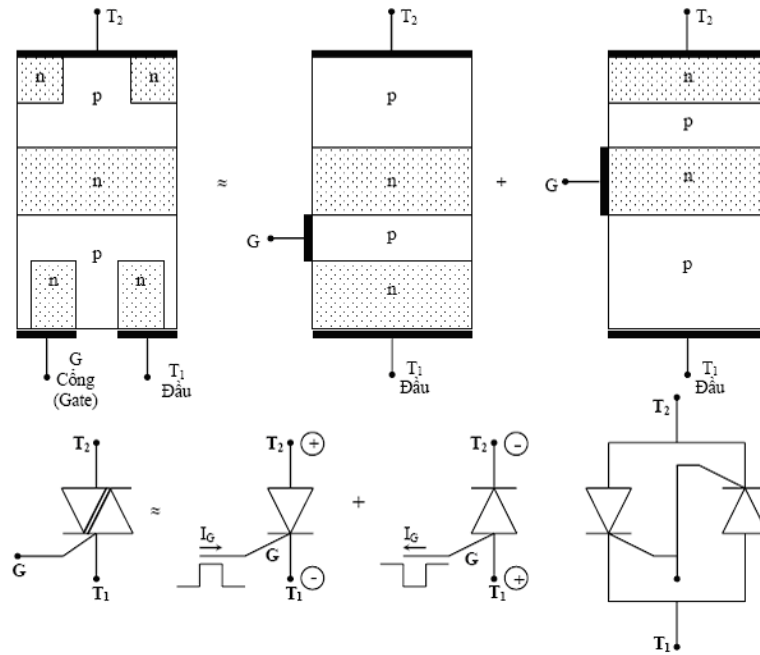
Hình dưới đây giới thiệu mô hình silicon loại n / loại p của TRIAC. Linh kiện được lắp ráp hai SCR đảo chiều và đặt song song với nhau. Mạch tương đương mô tả cách làm việc của TRIAC.

#### - TRIAC ngưng dẫn:

Khi sử dụng mạch tương đương, khi không có dòng / áp đặt vào cực cổng, cổng của các SCR không có điện áp khởi động, do đó dòng không thể chảy qua T1 và T2.

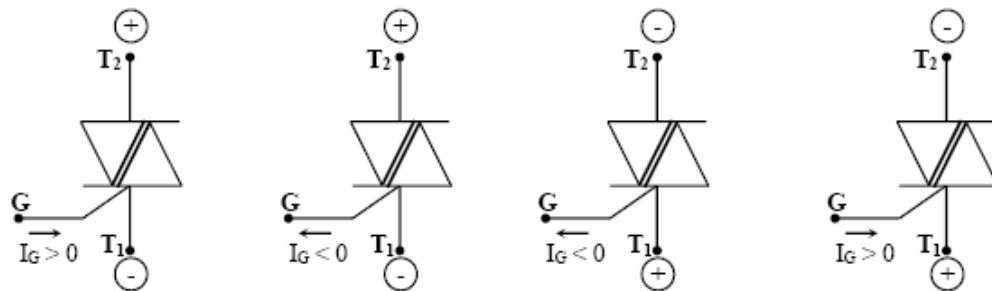
#### - TRIAC dẫn:

Khi có dòng / áp khởi động đặt vào cổng, cả hai SCR nhận được điện áp đủ lớn để khởi động cho mạch dẫn. Một khi cả hai SCR dẫn, dòng có thể chảy theo hướng từ T1 đến T2 hoặc từ T2 đến T1. Nếu loại bỏ điện áp cổng, cả hai SCR sẽ chuyển sang trạng thái ngưng dẫn, khi dạng sóng AC đặt vào T1 và T2 đi qua điện áp zêrô.



**Hình . Mô hình cấu tạo của Triac**

- Do đầu  $T_2$  dương hơn đầu  $T_1$ , để Triac dẫn điện ta có thể kích dòng cổng dương và khi đầu  $T_2$  âm hơn  $T_1$  ta có thể kích dòng cổng âm.



Cách 1

Cách 2

Cách 3

Cách 4

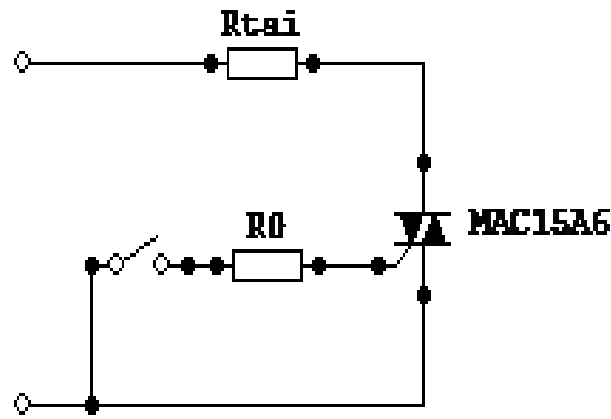
**Hình .Phương pháp kích mở cho Triac**

- Cách (1) và cách (2) nhạy nhất, kể đến là cách (2) và cách (4). Do tính chất dẫn điện cả hai chiều. Triac dùng trong mạng xoay chiều thuận lợi hơn SCR. Thí dụ sau đây cho thấy ứng dụng của Triac trong mạng điện xoay chiều.

*c. Ứng dụng của Triac.*

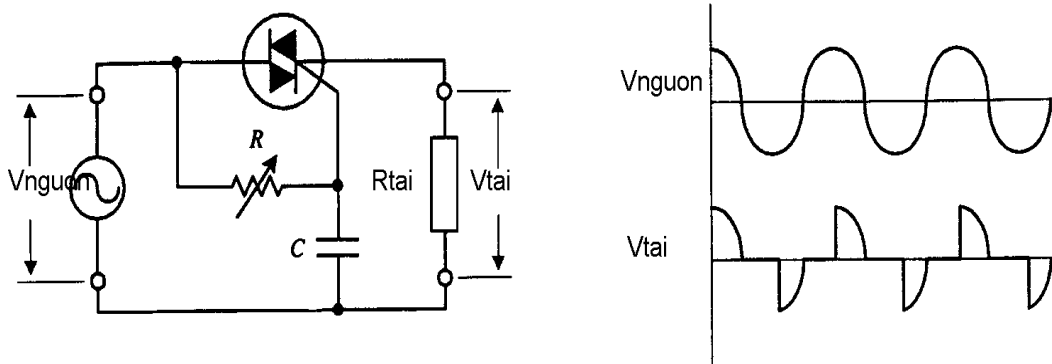
- Chuyển mạch đơn giản

Mạch đơn giản giới thiệu TRIAC hoạt động để cho phép hoặc ngăn cản dòng đến tải. Khi hở mạch chuyển mạch cơ, không có dòng vào mạch, TRIAC duy trì trạng thái ngưng dẫn và không có dòng qua tải. Khi kín mạch chuyển mạch cơ, một dòng nhỏ trượt qua RG, kích hoạt cho TRIAC dẫn (cung cấp dòng cổng và áp cổng tăng vượt qua các đòi hỏi khởi động của TRIAC). Bây giờ dòng xoay chiều có thể đi qua TRIAC và qua tải. Nếu chuyển mạch lại hở mạch, TRIAC ngưng dẫn, dòng bị ngăn không cho qua tải.



**Hình : Chuyển mạch đơn giản**

- Mạch chỉnh lưu kép.



**Hình : Mạch chỉnh lưu kép**

TRIAC cùng với chiết áp, tụ điện được sử dụng để cấu tạo nên mạch chỉnh lưu toàn chu kỳ điều chỉnh được. Điện trở  $R$  của chiết áp xác lập thời gian tại đó TRIAC được kích hoạt đến trạng thái dẫn. Khi tăng làm cho TRIAC được kích hoạt trễ hơn và do đó dẫn đến dạng sóng bị xén. Dung lượng tụ  $C$  cũng làm cho dạng sóng bị xén (tụ lưu trữ các điện tích cho đến khi đạt được điện áp khởi động của TRIAC, tại thời điểm đó, tụ sẽ phóng điện tích). Các dạng sóng càng bị xén thì năng lượng đưa đến tải càng giảm.

**THỰC HÀNH**

## Dùng thang đo ohm để đo SCR

### 1. Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, vật liệu

#### a. Thiết bị:

- Đồng hồ VOM
- Đồng hồ DVOM

#### b. Linh Kiện:

STT	Loại linh kiện	Số lượng
1	SCR các loại	100

### 2. Trình tự thực hiện:

Các bước công việc	Nội dung	Yêu cầu kỹ thuật
Bước 1: Chọn thang đo	Chuyển thang đo của đồng hồ VOM về thang x1 hay x10	- Chọn đúng thang đo
Bước 2: Xác định cực G, A, K	Thực hiện sáu phép đo giữa hai que đo của đồng hồ với ba chân của SCR, từ đó xác định cực G, A, K.	- Xác định chính xác cực G, A, K.
Bước 3: Kiểm tra chất lượng của SCR	Tiến hành đặt que đen vào cực A, que đỏ vào cực K. Sau đó kích từ A sang G rồi nhả G ra, dựa vào vị trí của kim xác định chất lượng của SCR	- Tốc độ kích nhả cực G càng nhanh càng tốt



**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- Lê Phi Yến, Lưu Phú, Nguyễn Như Anh. *Kỹ thuật điện tử*. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật. 2005.
- GS.TS Đặng Lương Mô, *Mô hình MOSFET trong spice*, Nxb Phương Đông, 2006.
- PGS.TS Nguyễn Hữu Phương, *giáo trình Điện tử căn bản*, trung tâm ĐT&MT – ĐHKHTN Tp.HCM.
- PGS.TS Đinh Sỹ Hiền, *Linh kiện bán dẫn*, Nxb ĐHQG Tp.HCM, 2007.
- Hồ Trung Mỹ, *giáo trình Dụng cụ linh kiện điện tử*, ĐH BK Tp. HCM.
- Lê Phi Yến, Lưu Phú, Nguyễn Như Anh, *Kỹ thuật điện tử*, Nxb KH & KT.

**GHJ**