

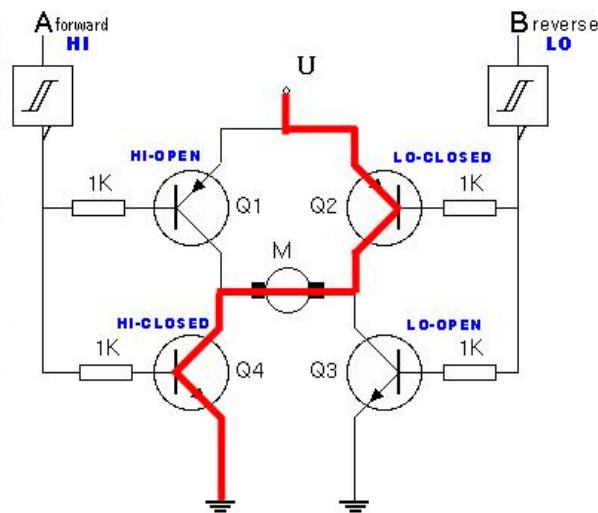
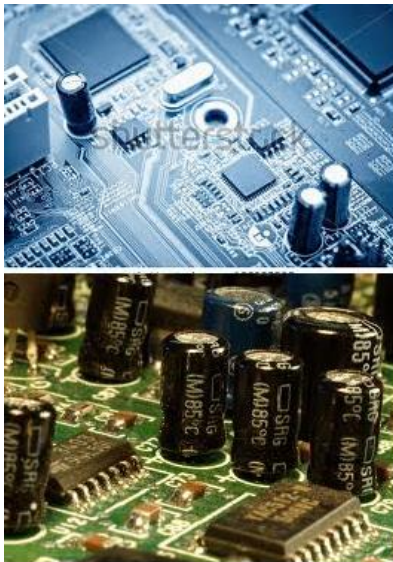
BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TỔNG CỤC DẠY NGHỀ

GIÁO TRÌNH

Tên môn học: Kỹ thuật điện tử
NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ
ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ

Ban hành kèm theo Quyết định số: 120/QĐ – TCDN Ngày 25 tháng 02 năm 2013 của Tổng cục trưởng Tổng cục dạy nghề



Hà Nội, 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 hoặc 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

Việc tổ chức biên soạn giáo trình giảng dạy phục vụ cho công tác đào tạo nghề tại các trường Cao đẳng và Trung cấp nghề là một cố gắng lớn của TCDN nhằm từng bước chuẩn hóa, thống nhất nội dung dạy và học trong các trường nghề trong phạm vi toàn quốc.

Nội dung của giáo trình được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung đã được giảng dạy nhiều năm ở các trường Đại học, cao đẳng cũng như ở các trường dạy nghề trên cả nước. Nội dung giáo trình tuân thủ theo nội dung của chương trình đào tạo cho nghề “Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí” trình độ Cao đẳng nghề, Trung cấp nghề mà TCDN đã thẩm định và cho phép ban hành trong phạm vi cả nước.

Giáo trình được biên soạn theo chương trình đào tạo có mã số MH18 với thời lượng đào tạo là 30 giờ giảng dạy gồm các nội dung cơ bản sau:

Chương 1: Các linh kiện điện tử thụ động cơ bản và ứng dụng.

Chương 2: Linh kiện điện tử bán dẫn rời rạc và ứng dụng.

Chương 3: Linh kiện điện tử bán dẫn tổ hợp (IC) và ứng dụng.

Nội dung giáo trình biên soạn theo tính chất của môn học trong chương trình đào tạo nhưng cũng hướng tới các bài tập thực hành của từng chương nhằm giúp cho sinh viên có được những kỹ năng về nhận dạng linh kiện, xác định được các thông số cơ bản của linh kiện và bước đầu có thể kiểm tra được chất lượng các linh kiện điện tử thông dụng được sử dụng trong các thiết bị của nghề kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí.

Nội dung của giáo trình có những phần viết mở rộng kiến thức nhằm giúp người học có thể tự mình nghiên cứu dưới sự hướng dẫn của giảng viên.

Tuy tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn cho phù hợp với thời lượng của môn học và cho đối tượng của sinh viên không chuyên ngành điện tử, nhưng giáo trình không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong các thầy, cô giáo, bạn đọc góp ý để những giáo trình được biên soạn tiếp hoặc giáo trình này có sự tái bản, bổ xung sau này có được chất lượng cao hơn.

Xin chân thành cảm ơn.

Hà Nội, ngày 15 tháng 1 năm 2013

Tham gia biên soạn

Chủ biên: Thạc sĩ Vũ Quang Vinh

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
1. Lời giới thiệu	1
2. Mục lục	2
3. Chương trình môn học Kỹ thuật điện tử	3
4. Chương 1: Các linh kiện điện tử thụ động cơ bản và ứng dụng	5
1. Điện trở	5
2. Tụ điện	12
3. Cuộn cảm	17
4. Thạch anh	20
5. Thực hành, bài tập	23
6. Câu hỏi ôn tập và bài tập	23
5. Chương 2: Các linh kiện điện tử bán dẫn rời rạc và ứng dụng	25
1. Chất bán dẫn điện	25
2. Mặt ghép p – n	28
3. Diode	30
4. Transistor công nghệ lưỡng cực (BJT - Bipolar Junction Transistor)	38
5. Các cách mắc và chế độ làm việc của Transistor BJT	43
6. Phân cực cho Transistor BJT	50
7. Transistor BJT làm việc ở chế độ khóa	53
8. Transistor công nghệ đơn cực (FET)	55
9. Thực hành, bài tập	60
10. Câu hỏi ôn tập và bài tập	60
6. Chương 3: Linh kiện điện tử bán dẫn tích hợp (IC)	63
1. Cấu tạo và các thông số cơ bản của IC tuyến tính	63
2. Khuếch đại thuật toán	64
3. IC số và các cổng logic cơ bản	69
4. Thực hành, bài tập	74
5. Câu hỏi ôn tập và bài tập	74
7. Tài liệu tham khảo	75

TÊN MÔN HỌC: KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

Mã môn học: MH 18

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:

+ Chương trình của môn học Kỹ thuật điện tử này được đưa vào sau khi học sinh đã được học môn học: "Cơ sở kỹ thuật điện" và để chuẩn bị cho học sinh, sinh viên tiếp tục nắm bắt được mô đun tiếp theo.

+ Đây là môn học bắt buộc.

Mục tiêu của môn học:

- Trình bày được các kiến thức cơ bản nhất về cấu tạo, nguyên lý làm việc của các linh kiện điện tử cơ bản, tính năng ứng dụng của linh kiện trong các mạch điện tử cơ bản thường dùng trong hệ thống lạnh.

- Nhận biết được một số linh kiện điện tử cơ bản dùng trong hệ thống lạnh;

- Xác định được các thông số cơ bản qua nhãn ghi trên linh kiện.

- Có được lòng yêu nghề, say mê tìm hiểu các kiến thức trong lĩnh vực điện tử.

Nội dung của môn học:

Số TT	Tên chương/ mục	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành Bài tập	Kiểm tra*(LT hoặc TH)
I	Linh kiện điện tử thụ động cơ bản và ứng dụng Điện trở Tụ điện Cuộn cảm Thạch anh Kiểm tra	8	5	2	1
II	Linh kiện điện tử bán dẫn rời rạc và ứng dụng Chất bán dẫn điện Mặt ghép p - n Diode Transistor công nghệ lưỡng cực (BJT) Các cách mắc và chế độ làm việc của Transistor BJT Phân cực cho Transistor BJT	14	12	1	1

	Transistor BJT làm việc ở chế độ khoá Transistor công nghệ đơn cực (FET) Kiểm tra				
III	Linh kiện điện tử bán dẫn tổ hợp (IC) và ứng dụng. Cấu tạo và các thông số cơ bản của IC tuyến tính Khuếch đại thuật toán. IC số và các cổng logic cơ bản Kiểm tra	8	7	0	1
	Cộng	30	24	3	3

CHƯƠNG 1: CÁC LINH KIỆN ĐIỆN TỬ THỤ ĐỘNG CƠ BẢN VÀ ỨNG DỤNG

Mã chương: MH18 – 01

Mục tiêu:

- Trình bày được các kiến thức cơ bản về đặc điểm cấu tạo, tính chất, cơ chế làm việc, qui cách đóng vỏ ghi nhãn và lĩnh vực ứng dụng của một số linh kiện điện tử thụ động cơ bản trong các mạch điện tử được ứng dụng trong hệ thống lạnh là điện trở, tụ điện, cuộn cảm và thạch anh;

- Có được lòng yêu nghề, say mê tìm hiểu các kiến thức trong lĩnh vực điện tử.

Nội dung chính:

1. ĐIỆN TRỞ:

1.1. Khái quát chung:

1.1.1. Khái niệm:

- Điện trở là sự cản trở dòng điện của một vật dẫn điện, nếu một vật dẫn điện tốt thì điện trở nhỏ, vật dẫn điện kém thì điện trở lớn, vật cách điện thì điện trở là vô cùng lớn.

- Điện trở là một linh kiện được sử dụng trong mạch điện đóng vai trò là phần tử cản trở dòng điện nhằm tạo ra các giá trị dòng điện và điện áp danh định theo yêu cầu của mạch.

- Điện trở có tác dụng như nhau trong cả mạch điện xoay chiều và một chiều. Chế độ làm việc của điện trở không bị ảnh hưởng bởi tần số của nguồn điện xoay chiều trong mạch.

1.1.2. Các thông số cơ bản:

a. Điện trở danh định:

- Là giá trị được được nhà sản xuất tính toán để áp dụng cho quá trình sản xuất điện trở. Giá trị này được ghi nhãn trên thân điện trở khi xuất xưởng. Giá trị danh định không không phải là giá trị thực của bản thân điện trở, mà chỉ là giá trị gần đúng.

- Đơn vị của điện trở biểu thị bằng Ôm (Ohm - Ω), bội số của đơn vị Ω là kilô Ôm ($k\Omega$); Mêga Ôm ($M\Omega$); giga Ôm ($g\Omega$)

$$- 1g\Omega = 1000 M\Omega = 1.000.000 k\Omega = 1.000.000.000 \Omega$$

b. Sai số.

- Sai số là giá trị sai lệch giữa giá trị thực với giá trị danh định của điện trở.

- Người ta thường sử dụng giá trị sai số tương đối và tính ra %.

- Dựa vào sai số, người ta thường chia điện trở thành các cấp chính xác:

Cấp I có sai số $\pm 5\%$; cấp II có sai số $\pm 10\%$; cấp III có sai số $\pm 20\%$.

c. Công suất chịu đựng:

- Khi làm việc với dòng điện chạy qua, điện trở bị nóng lên do nhiệt lượng tỏa ra, vì vậy mỗi loại điện trở chỉ chịu đựng được một giới hạn nhiệt độ nào đó tương ứng với một công suất nhất định. Vượt qua công suất này, điện trở sẽ không làm việc được lâu dài.

- Công suất chịu đựng là công suất tổn hao lớn nhất mà điện trở có thể chịu đựng được một thời gian dài mà không ảnh hưởng đến trị số của điện trở.

- Khi thay thế điện trở, nên chọn loại điện trở có công suất chịu đựng bằng hoặc lớn hơn điện trở cũ.

- Khi mắc điện trở vào một đoạn mạch, bản thân điện trở tiêu thụ một công suất P tính được theo công thức

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

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

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

- Thông thường người ta lắp điện trở vào mạch có công suất danh định ≥ 2 lần công suất mà nó sẽ tiêu thụ.

d. Hệ số nhiệt của điện trở:

- Khi nhiệt độ làm việc thay đổi thì trị số của điện trở cũng bị thay đổi. Sự thay đổi trị số tương đối khi nhiệt độ thay đổi 1°C gọi là hệ số nhiệt của điện trở.

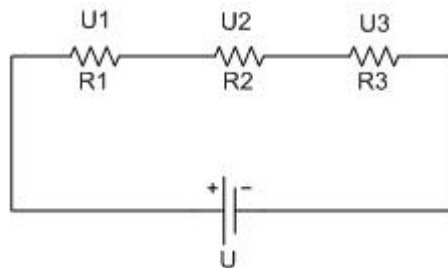
- Các loại điện trở bình thường (không phải loại điện trở nhiệt) thì khi làm việc, nhiệt độ tăng lên 1°C thì trị số điện trở của chúng tăng khoảng 0,2%

1.1.3. Phương thức đấu nối:

a. Mắc điện trở nối tiếp:

- Khái niệm: Mắc điện trở nối tiếp là cách nối các điện trở liên tiếp nhau trong đó điểm cuối của điện trở này được nối với điểm đầu của điện trở tiếp theo tạo thành một vòng khép kín với nguồn điện.

- Sơ đồ đấu nối:



Hình 1.1: Điện trở mắc nối tiếp trong mạch.

- Các đặc trưng:

+ Các điện trở mắc nối tiếp tương đương với một điện trở có giá trị bằng tổng các điện trở thành phần.

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

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

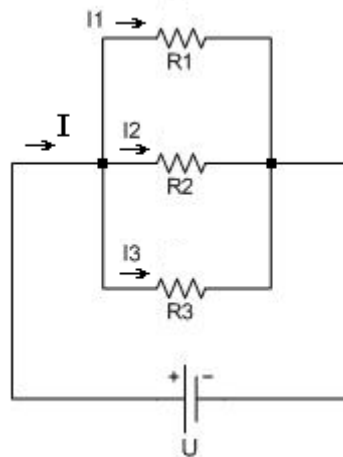
$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots = I_{Rn} = (U_1 / R_1) = (U_2 / R_2) = \dots = (U_n / R_n)$$

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

b. Mắc điện trở song song:

- Khái niệm: Mắc điện trở song song là cách nối trong đó tất cả các đầu-đầu của điện trở được nối chung với nhau, tất cả các đầu-cuối của điện trở được nối chung với nhau và nối với nguồn điện.

- Sơ đồ đầu nối.



Hình 1.2: Điện trở mắc song song trong mạch.

- Các đặc trưng:

+ Các điện trở mắc song song tương đương với một điện trở có giá trị nghịch đảo bằng tổng các nghịch đảo của các điện trở thành phần.

$$(1 / R_{td}) = (1 / R_1) + (1 / R_2) + (1 / R_3) + \dots + (1 / R_n)$$

+ Nếu mạch chỉ có 2 điện trở song song thì

$$R_{td} = R_1.R_2 / (R_1 + R_2)$$

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

$$U_{R1} = U_{R2} = \dots = U_{Rn} = U$$

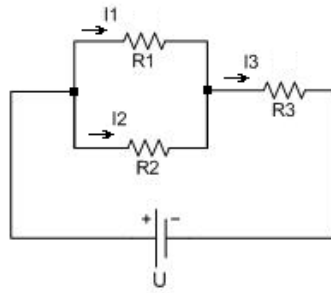
+ Dòng điện chạy qua các điện trở mắc song song tỷ lệ nghịch với giá trị điện trở

$$I_1 = (U / R_1) , \quad I_2 = (U / R_2) , \quad \dots , \quad I_n = (U / R_n)$$

c. Mắc điện trở hỗn hợp:

- Khái niệm: Mắc điện trở hỗn hợp là cách nối phối hợp cả cách mắc nối tiếp và cả cách mắc song song.

- Mạch đầu nối:



Hình 1.3: Điện trở mắc hỗn hợp trong mạch.

- Các đặc trưng:

+ Điện trở tương đương của toàn mạch được xác định kết hợp theo công thức tính của cả hai trường hợp nối tiếp và song song.

+ Mắc hỗn hợp cho phép tạo ra các giá trị điện trở theo tính toán mong muốn và là cách mắc tối ưu hay được sử dụng trong thực tế.

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

1.2. Các loại điện trở, cấu tạo và ký hiệu:

1.2.1. Các loại điện trở và ký hiệu.

a. Theo mục đích sử dụng:

* Điện trở cố định:

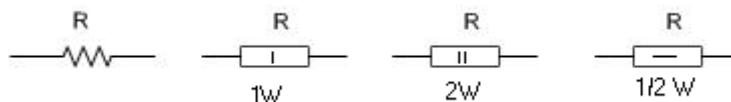
- Là loại điện trở có trị số cố định không thể thay đổi được trong quá trình sử dụng.

- Loại này còn được chia ra và có các tên gọi khác nhau

+ Điện trở cấp độ chính xác trung bình.

+ Điện trở cấp độ chính xác cao.

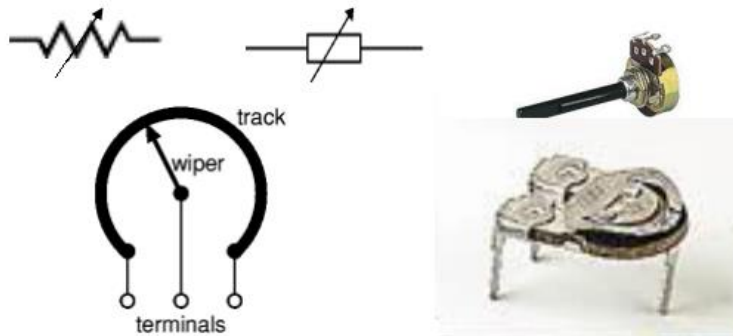
+ Điện trở công suất.



Hình 1.4: Ký hiệu điện trở, giá trị công suất điện trở.

* Điện trở có trị số thay đổi được.

- Biến trở: Là loại điện trở có trị số có thể thay đổi được



Hình 1.5: Ký hiệu, cấu tạo, hình dạng của biến trở.

- Nhiệt điện trở (Thermistor): Là loại điện trở mà trị số của nó thay đổi theo nhiệt độ Loại này có hai loại là
 - + Nhiệt trở dương (PTC - Positive Temperature Coefficient)
 - + Nhiệt trở âm (NTC - Negative Temperature Coefficient)
- Quang điện trở (Photoresistor): Là loại điện trở mà trị số của nó thay đổi theo cường độ ánh sáng chiếu vào (LDR = Light Dependent Resistor).



Hình 1.6: Ký hiệu, hình dáng của quang điện trở.

b. Theo cấu tạo của điện trở:

- Điện trở than: Người ta trộn bột than và bột đất sét theo một tỷ lệ nhất định để cho ra những trị số khác nhau. Sau đó, người ta ép lại và cho vào một ống Bakelite. Dùng hai miếng kim loại ép sát vào hai đầu và có hai dây ra được hàn vào để làm chân điện trở, bọc kim loại bên ngoài để giữ cấu trúc bên trong đồng thời chống cọ sát và ẩm. Ngoài cùng người ta sơn các vòng màu để ghi trị số điện trở. Loại điện trở này dễ chế tạo, độ chính xác khá tốt, do vậy loại này rẻ tiền và rất thông dụng.

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

+ Điện trở của dây quấn phụ thuộc vào chất liệu, độ dài và tiết diện của dây, được tính theo công thức sau:

$$R = \rho.L / S$$

Trong đó:

- + ρ là điện trở suất phụ thuộc vào chất liệu làm điện trở ($\Omega.m$).
- + L là chiều dài dây dẫn (m)
- + S là tiết diện dây dẫn (m^2)
- + R là điện trở đơn vị là Ohm (Ω)

1.3. Qui cách đóng vỏ và ghi nhãn:

1.3.1 Ghi trực tiếp:

- Trên thân linh kiện, người ta ghi trị số của linh kiện trực tiếp bằng các con số với đơn vị của điện trở là Ω , k Ω , M Ω .

- Ví dụ: Ghi 100 - đọc là 100 Ω
- Ghi 15K - đọc là 15k Ω
- Ghi 1M - đọc là 1M Ω

- Cách ghi trực tiếp giá trị điện trở thường được sử dụng trên các điện trở công suất, bán trở và một số loại điện trở dây quấn.

1.3.2. Ghi bằng luật số:

- Trên thân linh kiện, người ta thường ghi 3 con số thập phân, trong đó:

+ Hai chữ số đầu là chữ số có nghĩa.

+ Chữ số thứ ba là số các số không thêm vào (hệ số nhân của 10).

- Ví dụ: Ghi 103 - đọc $10 \times 1000 = 10000\Omega = 10k\Omega$.

Ghi 472 - đọc $47 \times 100 = 4700\Omega = 4,7k\Omega$

- Cách ghi theo luật số thường được sử dụng để ghi trên các bán trở, biến trở

1.3.3. Ghi theo luật màu:

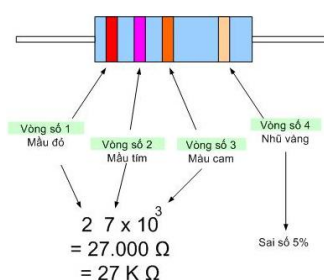
a. Quy định giá trị các vòng màu:

Màu sắc	Giá trị	Màu sắc	Giá trị
Đen	0	Xanh lơ	6
Nâu	1	Tím	7
Đỏ	2	Xám	8
Cam	3	Trắng	9
Vàng	4	Nhũ vàng	-1
Xanh lá	5	Nhũ bạc	-2

	Multiplier	Tolerance
0	.01 Silver	10% Silver
1	.1 Gold	5% Gold
2	1	1%
3	10	2%
4	100	
5	1K	0.5%
6	10K	0.25%
7	100K	0.1%
8	1M	
9	10M	

Hình 1.7: Quy định giá trị các vòng màu.

b. Cách đọc trị số điện trở 4 vòng màu:



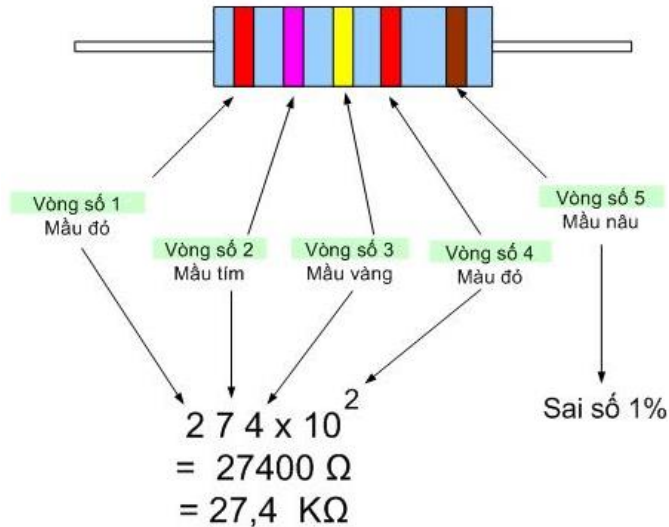
Hình 1.8: Điện trở 4 vòng màu và cách đọc.

- Vòng số 1 và vòng số 2 là hai con số có nghĩa.
- Vòng số 3 là bội số của cơ số 10 (là số con số không "0" thêm vào).
- Vòng số 4 là vòng ở cuối thường 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.

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

- 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.

c. Cách đọc trị số điện trở 5 vòng màu: (điện trở chính xác)

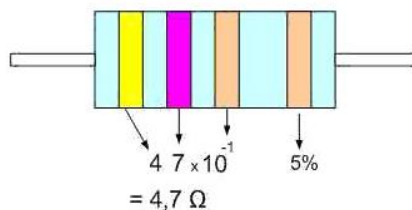


Hình 1.9: Điện trở 5 vòng màu và cách đọc.

- Vòng số 1, số 2 và vòng số 3 là ba con số có nghĩa.
- Vòng số 4 là bội số của cơ số 10 (là số con số không "0" thêm vào).
- Vòng số 5 là vòng ở cuối là vòng chỉ sai số của điện trở.

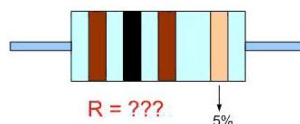
$$\text{Trị số} = (\text{vòng 1})(\text{vòng 2})(\text{vòng 3}) \times 10^{(\text{mũ vòng 4})}$$

d. Thực hành đọc trị số điện trở:



Hình 1.10: Các điện trở khác nhau ở vòng màu thứ 3

Khi các điện trở khác nhau ở vòng màu thứ 3, thì ta thấy vòng màu bội số này thường thay đổi từ màu nhũ bạc cho đến màu xanh lá, tương đương với điện trở < 1 Ω đến hàng MΩ..



Hình 1.11: Các điện trở có vòng màu số 1 và số 2 thay đổi

- Ở hình trên là các giá trị điện trở ta thường gặp trong thực tế, khi vòng màu số 3 thay đổi thì các giá trị điện trở trên tăng giảm 10 lần.

e. Các trị số điện trở thông dụng.

- Ta không thể kiếm được một điện trở có trị số bất kỳ, các nhà sản xuất chỉ đưa ra khoảng 150 loại trị số điện trở thông dụng, bảng dưới đây là màu sắc và trị số của các điện trở thông dụng.

ROW	GOLD	BLACK	BROWN	RED	ORANGE	YELLOW	GREEN
1 -	1R0	10R	100R	1K0	10K	100K	1M0
2 -	1R1	11R	110R	1K1	11K	110K	1M1
3 -	1R2	12R	120R	1K2	12K	120K	1M2
4 -	1R3	13R	130R	1K3	13K	130K	1M3
5 -	1R5	15R	150R	1K5	15K	150K	1M5
6 -	1R6	16R	160R	1K6	16K	160K	1M6
7 -	1R8	18R	180R	1K8	18K	180K	1M8
8 -	2R0	20R	200R	2K0	20K	200K	2M0
9 -	2R2	22R	220R	2K2	22K	220K	2M2
10 -	2R4	24R	240R	2K4	24K	240K	2M4
11 -	2R7	27R	270R	2K7	27K	270K	2M7
12 -	3R0	30R	300R	3K0	30K	300K	3M0
13 -	3R3	33R	330R	3K3	33K	330K	3M3
14 -	3R6	36R	360R	3K6	36K	360K	3M6
15 -	3R9	39R	390R	3K9	39K	390K	3M9
16 -	4R3	43R	430R	4K3	43K	430K	4M3
17 -	4R7	47R	470R	4K7	47K	470K	4M7
18 -	5R1	51R	510R	5K1	51K	510K	5M1
19 -	5R6	56R	560R	5K6	56K	560K	5M6
20 -	6R2	62R	620R	6K2	62K	620K	6M2
21 -	6R8	68R	680R	6K8	68K	680K	6M8
22 -	7R5	75R	750R	7K5	75K	750K	7M5
23 -	8R2	82R	820R	8K2	82K	820K	8M2
24 -	9R1	91R	910R	9K1	91K	910K	9M1
							10M

Hình 1.12: Luật màu của các điện trở thông dụng.

2. TỤ ĐIỆN:

2.1. Khái quát chung:

- 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..

- Tụ điện là phần tử có giá trị dòng điện qua nó tỷ lệ với tốc độ biến đổi của điện áp trên nó theo thời gian.

Biểu thức: $i = C \cdot dU_c / dt$

2.2. Các thông số cơ bản:

2.2.1. Điện dung:

a. 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 diện tích bản cực, vật liệu làm chất điện môi và khoảng cách giữa hai bản cực theo công thức

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

- Trong đó C: là điện dung tụ điện, đơn vị là Fara (F)
- ξ : 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.

b. 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 (μF), NanoFara (nF), PicoFara (pF).

- 1 Fara = 1000 μ Fara = 1000.000 n F = 1000.000.000 p F

- 1 μ Fara = 1000 n Fara

- 1 n Fara = 1000 p Fara

2.2.2 Dung kháng của tụ điện:

- Đối với dòng điện 1 chiều, tụ điện có tác dụng ngăn dòng điện chạy qua (*mặc dù có một dòng nạp ban đầu và lại ngưng ngay khi tụ nạp đầy*).

- Với dòng xoay chiều, dòng điện xuất liên tục với các chu kỳ của điện áp xoay chiều và được hiểu là tụ điện có tác dụng dẫn dòng xoay chiều đi qua.

- Tụ có trị số điện dung càng nhỏ, tần số cao của dòng điện đi qua càng dễ.

- Tụ có trị số điện dung càng lớn, tần số thấp của dòng điện sẽ dễ dàng đi qua.

- Dung kháng của tụ điện là một đại lượng đặc trưng cho sự cản trở của dòng điện theo tần số được ký hiệu là X_C , có biểu thức:

$$X_C = 1 / (2\pi.f.C)$$

Trong đó:

+ X_C được gọi là dung kháng của tụ, đơn vị ôm (Ω).

+ f là tần số của dòng điện (Hz).

+ C là điện dung của tụ điện (F).

+ π là hằng số = 3,14

2.2.3. Sai số:

- Cũng như điện trở, trị số điện dung của tụ được ghi nhãn trên thân tụ là trị số điện dung danh định, nó khác với giá trị điện dung thực của tụ. Do vậy điện dung của tụ cũng có sai số và thường được tính theo %.

- Theo cấp độ sai số, tụ điện cũng thường được phân chia theo nhiều cấp độ sai số khác nhau và tùy theo yêu cầu của mạch điện mà ta chọn loại tụ điện có cấp độ sai số thích hợp.

2.2.4. Điện áp làm việc:

- Là điện áp lớn nhất cho phép đặt lên hai đầu bản cực của tụ điện mà tụ vẫn làm việc được an toàn.

- Giá trị điện áp làm việc thường tính theo đơn vị vôn (V)

2.2.5. Tổn hao:

- Tụ điện lý tưởng khi làm việc không gây ra mất mát năng lượng điện. Trong thực tế, các vật liệu cấu tạo của tụ không hoàn toàn tuyệt đối lý tưởng nên khi làm việc sẽ gây ra không ít thì nhiều sự mất mát năng lượng điện, sự mất mát năng lượng điện này được đặc trưng bằng một đại lượng gọi là tổn hao.

- Hệ số tổn hao biểu thị chất lượng của tụ điện.

f. Hệ số nhiệt của tụ điện:

Khi nhiệt độ làm việc thay đổi sẽ làm kết cấu của tụ thay đổi, do đó điện dung thay đổi. Sự thay đổi trị số của điện dung theo % khi nhiệt độ thay đổi 1°C gọi là hệ số nhiệt của tụ điện.

2.2.6. Điện cảm tạp tán:

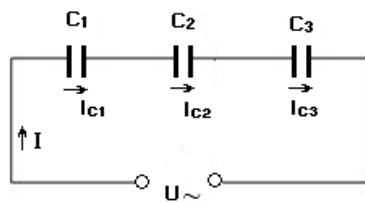
- Do cấu tạo của đa số tụ điện, các băng kim loại làm hai bản cực của tụ điện được cuốn tròn vào nhau tương đương như các vòng dây do vậy khi làm việc với dòng xoay chiều, sẽ có sự tham gia của thành phần điện cảm, tuy rằng với trị số nhỏ nhưng cũng làm ảnh hưởng ít nhiều đến tính chất của mạch điện. Thành phần điện cảm không mong muốn đó được gọi là điện cảm tạp tán.

- Trong các mạch điện cần có độ tin cậy cao của tụ điện, người ta phải tính đến thành phần điện cảm tạp tán này để có các biện pháp kỹ thuật xử lý thích hợp.

2.3. Phương thức đấu nối:

2.3.1. Mắc tụ điện nối tiếp:

- Mạch đấu nối:



Hình 1.13: Tụ điện mắc nối tiếp trong mạch.

- Khái niệm: Mắc tụ điện nối tiếp là cách nối các tụ liên tiếp nhau trong đó cực cuối của tụ điện này được nối với cực đầu của tụ điện tiếp theo tạo thành một vòng khép kín với nguồn điện.

- Các tụ điện mắc nối tiếp tương đương với một tụ điện có giá trị điện dung nghịch đảo bằng tổng các nghịch đảo của các điện dung thành phần.

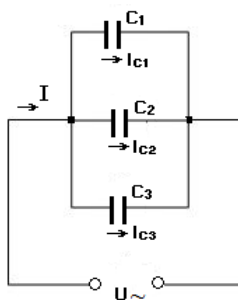
$$(1 / C_{td}) = (1 / C_1) + (1 / C_2) + (1 / C_3) + \dots + (1 / C_n)$$

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

$$I = I_{C1} = I_{C2} = \dots = I_{Cn}$$

2.3.2. Mắc tụ điện song song:

- Mạch đấu nối:



Hình 1.14: Tụ điện mắc song song.

- Khái niệm: Mắc tụ điện song song là cách nối trong đó tất cả các đầu-đầu của tụ điện được nối chung với nhau, tất cả các đầu-cuối của tụ điện được nối chung với nhau và nối với nguồn điện.

- Các tụ điện mắc song song tương đương với một tụ điện có giá trị điện dung bằng tổng các điện dung thành phần.

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

- Nếu mạch chỉ có 2 tụ điện song song thì

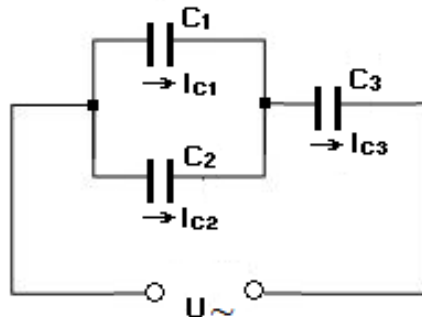
$$C_{td} = C_1 + C_2$$

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

$$U_{C1} = U_{C2} = \dots = U_{Cn} = U$$

2.3.3. Mắc tụ điện hỗn hợp:

- Mạch đầu nối:



Hình 1.15: Điện trở mắc hỗn hợp

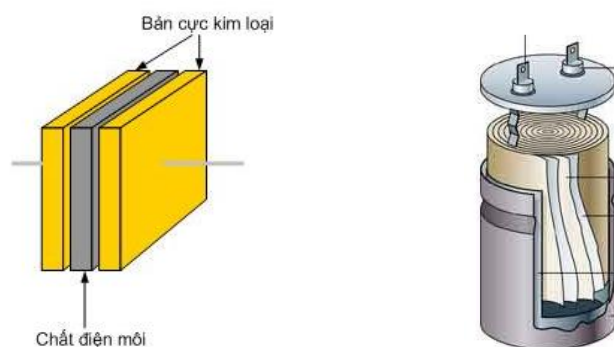
- Khái niệm: Mắc tụ điện hỗn hợp là cách nối phối hợp cả cách mắc nối tiếp và cả cách mắc song song.

- Điện dung tương đương của mạch tụ điện mắc hỗn hợp được tính toán phối hợp của cả hai cách mắc trên.

2.4. Các loại tụ điện, cấu tạo và ký hiệu

2.4.1. Cấu tạo chung của tụ điện:

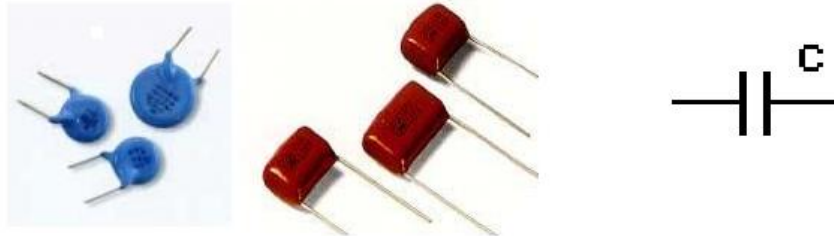
- Cấu tạo của tụ điện gồm hai bản cực đặt song song, ở giữa có một lớp cách điện gọi là điện môi. Người ta thường dùng giấy, gốm, mica, giấy tẩm hoá chất làm chất điện môi và tụ điện cũng được phân loại theo tên gọi của các chất điện môi này như Tụ giấy, Tụ gốm, Tụ hoá...



Hình 1.16 : Cấu tạo tụ gốm và tụ hoá

2.4.2. 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 1.17: Tụ không phân cực - ký hiệu.

2.4.3. Tụ hoá (Tụ có phân cực):

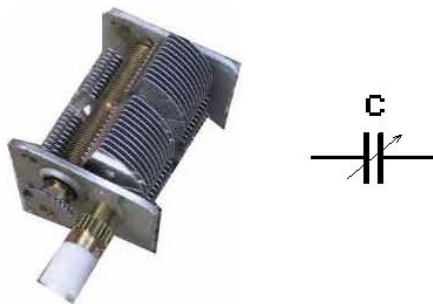
Tụ hoá là tụ có phân cực âm dương, tụ hoá có trị số lớn hơn và giá trị từ $0,47\mu\text{F}$ đến khoảng $4.700 \mu\text{F}$, tụ hoá thường được sử dụng trong các mạch có tần số thấp hoặc dùng để lọc nguồn, tụ hoá luôn luôn có hình trụ..



Hình 1.18: Tụ hoá - Là tụ có phân cực âm dương.

2.4.4. Tụ xoay:

Tụ xoay là tụ có thể thay đổi được điện tích các bản cực nhằm 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 1.19: Tụ xoay - ký hiệu

2.5. Quy cách đóng vỏ và ghi nhãn

2.5.1. 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.



Hình 1.20: Tụ hoá ghi điện dung là $185 \mu\text{F} / 320 \text{V}$

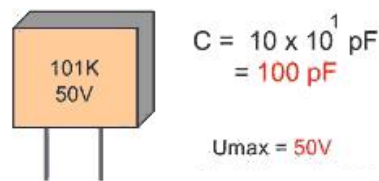
2.5.2. Với tụ giấy, tụ gốm: Tụ giấy và tụ gốm có trị số ghi bằng ký hiệu



Hình 1.21: Tụ gốm ghi trị số bằng ký hiệu.

- Cách đọc : Lấy hai chữ số đầu nhân với 10 (Mũ số thứ 3)
- Ví dụ tụ gốm bên phải hình ảnh trên ghi 474K nghĩa là
- Giá trị = $47 \times 10^4 = 470000 \text{ p}$ (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.

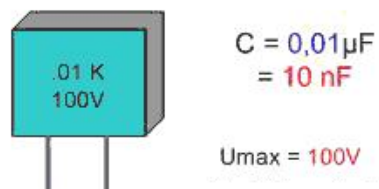
2.5.3. Thực hành đọc trị số của tụ điện:



Hình 1.22: Cách đọc trị số tụ giấy và tụ gốm.

Chú ý: chữ K là sai số của tụ. 50V là điện áp cực đại mà tụ chịu được.

* Tụ giấy và tụ gốm còn có một cách ghi trị số khác là ghi theo số thập phân và lấy đơn vị là MicroFara



Hình 1.23: Một cách ghi trị số khác của tụ giấy và tụ gốm.

* Ý nghĩa của giá trị điện áp ghi trên thân tụ:

- Ta thấy rằng bất kể tụ điện nào cũng được ghi trị số điện áp ngay sau giá trị điện dung, đây chính là giá trị điện áp cực đại mà tụ chịu được, quá điện áp này tụ sẽ bị nổ.

- Khi lắp tụ vào trong một mạch điện có điện áp là U thì bao giờ người ta

cũng lắp tụ điện có giá trị điện áp Max cao gấp khoảng 1,4 lần.

- Ví dụ mạch 12V phải lắp tụ 16V, mạch 24V phải lắp tụ 35V.vv...

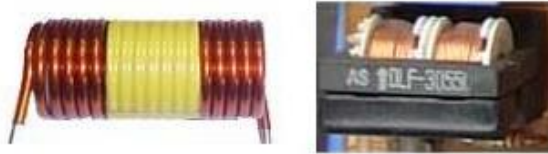
- Tụ điện có nhiều loại như Tụ giấy, Tụ gốm, Tụ mica, Tụ hoá nhưng về tính chất thì ta phân tụ là hai loại chính là tụ không phân cực và tụ phân cực

3. CUỘN CẢM:

3.1. *Khái quát chung:*

3.1.1. Cấu tạo:

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 1.24: Hình dạng thực tế cuộn dây lõi không khí và cuộn dây lõi Ferrit



Hình 1.25: Ký hiệu cuộn dây trên sơ đồ

L1 là cuộn dây lõi không khí, L2 là cuộn dây lõi ferrit,

L3 là cuộn dây có lõi chính, L4 là cuộn dây lõi thép kỹ thuật

3.1.2. Các thông số cơ bản :

a. Hệ số tự cảm (định luật Faraday):

Hệ số tự cảm là đại lượng đặc trưng cho sức điện động cảm ứng của cuộn dây khi có dòng điện biến thiên chạy qua.

$$L = (\mu_r \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot n^2 \cdot S \cdot 10^{-7}) / l$$

- L: là hệ số tự cảm của cuộn dây, đơn vị là Henry (H)

- n: là số vòng dây của cuộn dây.

- l: là chiều dài của cuộn dây tính bằng mét (m)

- S: là tiết diện của lõi, tính bằng m²

- μ_r : là hệ số từ thẩm của vật liệu làm lõi.

b. Cảm kháng:

Cảm kháng của cuộn dây là đại lượng đặc trưng cho sự cản trở dòng điện của cuộn dây đối với dòng điện xoay chiều .

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

Trong đó :

- X_L là cảm kháng, đơn vị là Ω

- f : là tần số đơn vị là Hz

- L: là hệ số tự cảm, đơn vị là Henry

c. Hệ số phẩm chất:

- Một cuộn cảm có chất lượng cao thì độ tổn hao năng lượng của nó càng nhỏ.

- Để đặc trưng cho chất lượng của cuộn dây với độ tổn hao của nó, người ta đặc trưng bằng một đại lượng gọi là hệ số phẩm chất, ký hiệu là Q .

- Để nâng cao hệ số phẩm chất của cuộn dây, đặc biệt khi cuộn dây công tác ở vùng tần số cao, người ta thường dùng lõi bằng vật liệu từ như: ferit, sắt các bon.

d. Điện dung tạp tán:

- Do cấu tạo của cuộn dây là những vòng dây xếp chồng lên nhau và có vỏ cách điện, chúng giống như các má của tụ điện và hình thành điện dung không mong muốn được gọi là điện dung tạp tán.

- Điện dung tạp tán ảnh hưởng đến chất lượng của cuộn cảm đặc biệt là khi cuộn dây công tác ở vùng tần số cao. Do vậy người ta thường khắc phục làm giảm điện dung tạp tán này bằng cách quấn cuộn dây theo kiểu tổ ong, quấn phân đoạn...

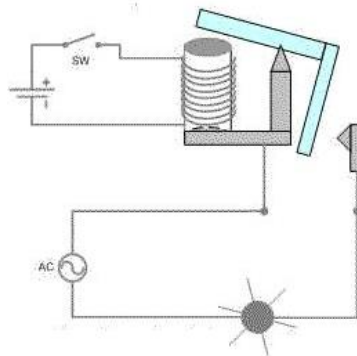
3.2. Các loại cuộn cảm, cấu tạo và ký hiệu:

3.2.1. Rơ le (Relay):



Hình 1.26: Hình dạng của một loại Rơ le

Rơ le cũng là một ứng dụng của cuộn dây trong sản xuất thiết bị điện tử, nguyên lý hoạt động của Rơ le là biến đổi dòng điện thành từ trường thông qua cuộn dây, từ trường lại tạo thành lực cơ học thông qua lực hút để thực hiện một động tác về cơ khí như đóng mở công tắc, đóng mở các hành trình của một thiết bị tự động vv...

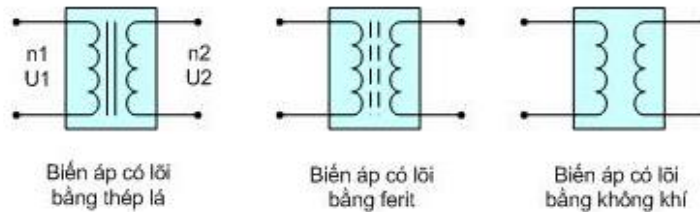


Hình 1.27: Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của Rơ le

3.2.2. Biến áp:

a. Khái niệm:

Biến áp là thiết bị để biến đổi điện áp xoay chiều, cấu tạo bao gồm một cuộn sơ cấp (đưa điện áp vào) và một hay nhiều cuộn thứ cấp (lấy điện áp ra sử dụng) cùng quấn trên một lõi từ có thể là lá thép hoặc lõi ferit.



Hình 1.28: Ký hiệu của biến áp

b. Các thông số cơ bản:

* Tỷ số vòng / vol của biến áp:

- Gọi n_1 và n_2 là số vòng của cuộn sơ cấp và thứ cấp.
- U_1 và I_1 là điện áp và dòng điện đi vào cuộn sơ cấp
- U_2 và I_2 là điện áp và dòng điện đi ra từ cuộn thứ cấp.

Ta có các hệ thức như sau:

$$U_1 / U_2 = n_1 / n_2$$

Điện áp ở trên hai cuộn dây sơ cấp và thứ cấp tỷ lệ thuận với số vòng dây quấn.

$$U_1 / U_2 = I_2 / I_1$$

Dòng điện ở trên hai đầu cuộn dây tỷ lệ nghịch với điện áp, nghĩa là nếu ta lấy ra điện áp càng cao thì cho dòng càng nhỏ.

* Công suất của biến áp:

Công suất của biến áp phụ thuộc tiết diện của lõi từ, và phụ thuộc vào tần số của dòng điện xoay chiều, biến áp hoạt động ở tần số càng cao thì cho công suất càng lớn.

c. Phân loại biến áp:

* Biến áp nguồn và biến áp âm tần:



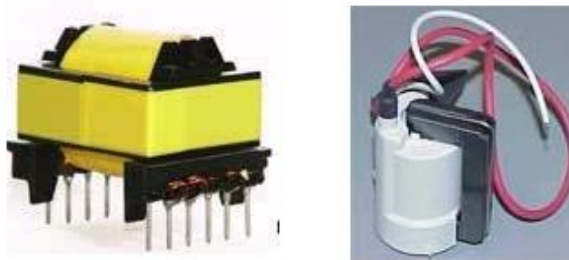
Hình 1.29: Hình dạng biến áp nguồn lõi E,I và lõi hình xuyên

- Biến áp nguồn hoạt động ở tần số điện lưới 50Hz, lõi biến áp sử dụng các lá Tônsilic hình chữ E và I ghép lại, biến áp này có tỷ số vòng / Vol lớn.
- Biến áp âm tần sử dụng làm biến áp đảo pha và biến áp ra loa trong các

mạch khuếch đại công suất âm tần, biến áp cũng sử dụng lá Tônsilic làm lõi từ như biến áp nguồn, nhưng lá tônsilic trong biến áp âm tần mỏng hơn để tránh tổn hao, biến áp âm tần hoạt động ở tần số cao hơn, vì vậy có số vòng vol thấp hơn, khi thiết kế biến áp âm tần người ta thường lấy giá trị tần số trung bình khoảng 1kHz - đến 3kHz.

* Biến áp xung & Cao áp:

Biến áp xung là biến áp hoạt động ở tần số cao khoảng vài chục kHz như biến áp trong các bộ nguồn xung, biến áp cao áp. Lõi biến áp xung làm bằng ferit, do hoạt động ở tần số cao nên biến áp xung cho công suất rất mạnh, so với biến áp nguồn thông thường có cùng trọng lượng thì biến áp xung có thể cho công suất mạnh gấp hàng chục lần.



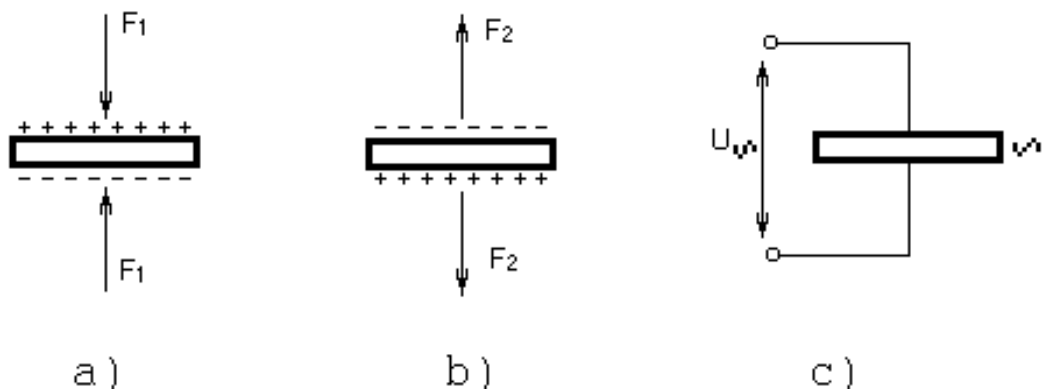
Hình 1.30: Hình dạng biến áp xung và biến áp cao áp

4. THẠCH ANH:

4.1. Khái quát chung:

- Trong tự nhiên, thạch anh là những tinh thể lớn có dạng hình lăng trụ, hai đầu chóp. Thạch anh sử dụng trong kỹ thuật điện tử bằng những miếng mỏng được cắt ra từ tinh thể thạch anh.

- Tính chất của thạch anh: Có tính chất áp điện



Hình 1.31: Tính chất áp điện của thạch anh.

- Tính chất áp điện của thạch anh được thể hiện:

+ (a) Khi cho tác dụng một lực nén F_1 vào hai mặt đối diện của thạch anh thì trên bề mặt của thạch anh sẽ xuất hiện các điện tích trái dấu.

+ (b) Khi đổi chiều tác dụng lực (là lực kéo F_2) cũng vào hai mặt đối diện của thạch anh thì trên bề mặt của thạch anh các điện tích trái dấu sẽ đổi chiều.

+ (c) Nếu đưa một điện áp xoay chiều U_{\sim} có tần số f_x vào hai mặt của thạch anh thì miếng thạch anh sẽ rung động cơ học với tần số bằng với tần số của nguồn U_{\sim} . Ngược lại, nếu ta cho miếng thạch anh rung động thì giữa hai mặt đối diện của thạch anh sẽ xuất hiện một sức điện động xoay chiều có tần số như tần số rung động cơ học.

Vậy, dưới tác dụng của điện trường xoay chiều thì thạch anh sẽ sinh ra một dao động cơ học và ngược lại, khi thạch anh chịu rung động cơ học thì sẽ phát sinh ra sức điện động xoay chiều cảm ứng. Thạch anh được sử dụng trong kỹ thuật điện tử với vai trò là khung cộng hưởng tín hiệu điện.

4.2. Các loại thạch anh, cấu tạo và ký hiệu:



Hình 1.32: Hình dạng thực tế của một số loại thạch anh.

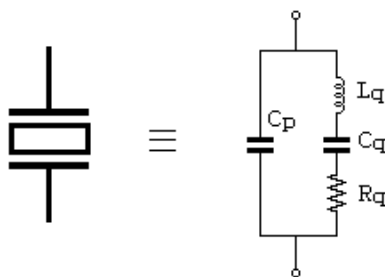
- Linh kiện thạch anh được sử dụng trong kỹ thuật điện tử có dạng bản mỏng, hai mặt đối diện được tráng lớp kim loại mỏng và hàn hai điện cực ra ngoài (chân linh kiện). Bên ngoài thường được đóng vỏ bằng kim loại để bảo vệ đồng thời có tác dụng che chắn ảnh hưởng của các nhiễu điện từ trường cũng như các rung động cơ học. Đôi khi cũng có hình thức đóng vỏ bằng chất dẻo.

- Thạch anh được ký hiệu như hình vẽ, nó tương đương với một khung cộng hưởng bao gồm các thành phần C_p , L_q , C_q , R_q , đây chính là các thông số của thạch anh. Các tham số này phụ thuộc vào kích thước của miếng thạch anh, miếng thạch anh càng mỏng thì các tham số C_p , L_q , C_q , R_q càng có trị số nhỏ, do vậy tần số công tác của nó càng lớn. Các tham số của thạch anh có tính ổn định rất cao.

- Thạch anh có hai tần số cộng hưởng, đó là:

+ Tần số cộng hưởng nối tiếp (do nhánh L_q , C_q)

$$f_q = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_q \cdot C_q}}$$



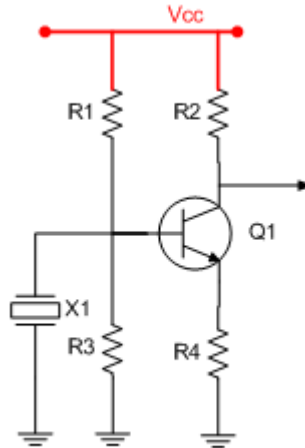
Hình 1.33: Ký hiệu, mạch tương đương của thạch anh

+ Tần số cộng hưởng song song:

$$f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_q \frac{C_p \cdot C_q}{C_p + C_q}}}$$

4.3. Ứng dụng.

4.3.1. Mạch dao động hình sin dùng thạch anh:



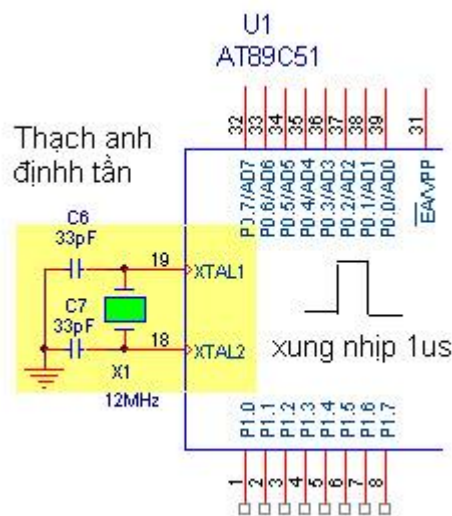
Hình 1.34: Mạch tạo dao động bằng thạch anh .

- X1 : là thạch anh tạo dao động , tần số dao động được ghi trên thân của thạch anh, khi thạch anh được cấp điện thì nó tự dao động ra sóng hình sin. thạch anh thường có tần số dao động từ vài trăm KHz đến vài chục MHz.

- Đèn Q1 khuếch đại tín hiệu dao động từ thạch anh và cuối cùng tín hiệu được lấy ra ở chân C.

- R1 vừa là điện trở cấp nguồn cho thạch anh vừa định thiên cho đèn Q1
R2 là trở gánh tạo ra sụt áp để lấy ra tín hiệu.

4.3.2. Mạch định tần số dùng thạch anh cho IC:



Hình 1.35: Thạch anh tạo xung nhịp cho IC vi điều khiển 89C51.

- Để chạy các câu lệnh trong IC vi điều khiển, ta cần tạo ra xung nhịp. Tần số xung nhịp phụ thuộc vào thạch anh gắn trên chân 18, 19 của IC AT89C51. Với thạch anh 12MHz, ta sẽ có xung nhịp 1MHz, như vậy chu kỳ lệnh sẽ là 1 μ s.

- Để tăng độ ổn định tần số, người ta dùng thêm 2 tụ nhỏ C6, C7 (33pF x2), tụ bù nhiệt ổn tần.

- Ta cũng có thể thay đổi nhịp nhấp nháy của đèn nếu dùng thạch anh có tần số khác.

5. THỰC HÀNH, BÀI TẬP:

5.1. Thực hành nhận biết các loại điện trở về:

a. Giá trị điện trở:

- Kiểu ghi thẳng đọc thẳng.
- Kiểu ghi theo luật số.
- Kiểu ghi theo luật 4 vòng màu.
- Kiểu ghi theo luật 5 vòng màu.

b. Sai số của điện trở

c. Công suất chịu đựng của điện trở.

d. Các vật liệu làm điện trở.

5.2 Thực hành nhận biết các loại tụ điện về :

a. Giá trị điện dung tụ điện:

- Kiểu ghi theo luật số.
- Kiểu ghi theo luật màu.

b. Các vật liệu làm tụ điện.

c. Giá trị điện áp làm việc.

5.3 Thực hành nhận biết các loại cuộn dây về :

- Hình dáng cấu tạo
- Tần số công tác.

5.4 Thực hành nhận biết các loại thạch anh về:

- Qui cách đóng vỏ
- Tần số công tác

6. CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP:

6.1. Ghi nhớ và tự viết lại bảng thang giá trị điện trở, tụ điện có trong thực tế do các nhà sản xuất chế tạo ra.

6.2. Ghi nhớ quy luật màu để đọc các giá trị của điện trở, của tụ điện cũng như dung sai của nó.

6.3. Ghi nhớ đặc điểm về giá trị điện trở tương đương, tính chất của dòng điện và điện áp trên các thành phần của từng điện trở trong hai trường hợp

a/ Mắc liên tiếp các điện trở với nhau.

b/ Mắc song song các điện trở với nhau.

6.4. Ghi nhớ đặc điểm về giá trị điện dung tương đương, tính chất của dòng điện và điện áp trên các thành phần của từng tụ điện trong hai trường hợp

a/ Mắc liên tiếp các tụ điện với nhau trong mạch điện xoay chiều.

b/ Mắc song song các tụ điện với nhau trong mạch điện xoay chiều.

6.5. Ghi nhớ các thông số cơ bản của cuộn cảm. Ứng dụng của cuộn cảm trong việc chế tạo các linh kiện thông dụng trong thực tế.

6.6. Cho một điện trở có giá trị $2,2\text{k}\Omega$. Hãy lựa chọn giá trị của điện trở trong thực tế để bổ xung và nêu cách mắc phối hợp với điện trở trên để có được một điện trở tương đương là:

a/ $R_{td} = 1,5\text{ k}\Omega$ (Làm tròn và lấy giá trị hai chữ số sau dấu phẩy).

b/ $R_{td} = 2.4\text{ k}\Omega$ (Làm tròn và lấy giá trị hai chữ số sau dấu phẩy).

c/ $R_{td} = 0.2\text{ k}\Omega$ (Làm tròn và lấy giá trị hai chữ số sau dấu phẩy).

d/ $R_{td} = 4.9\text{ k}\Omega$ (Làm tròn và lấy giá trị hai chữ số sau dấu phẩy).

6.7. Hãy lựa chọn giá trị của các tụ điện trong thực tế và nêu cách mắc phối hợp để có được một tụ điện có điện dung tương đương là $C = 0,55\mu\text{F}$. Tính giá trị dung kháng của tụ điện tương đương nói trên trong mạch điện có tần số $f = 50\text{Hz}$.

6.8. Một mạch điện yêu cầu tải là một tụ điện có $C = 0,47\mu\text{F}/60\text{V}$. Hãy nêu biện pháp thực hiện để đảm bảo an toàn khi chúng ta chỉ có loại tụ điện $C = 0,47\mu\text{F}/35\text{V}$.

6.9. Cho 3 cuộn dây có $L_1 = 4\text{mH}$, $L_2 = 500\mu\text{H}$ và $L_3 = 30\mu\text{H}$. Hãy tính giá trị cảm kháng của khi chúng làm việc với nguồn điện áp có tần số là $f = 50\text{Hz}$.

CHƯƠNG 2: LINH KIỆN ĐIỆN TỬ BÁN DẪN RỜI RẠC VÀ ỨNG DỤNG

Mã chương: MH18 – 02

Mục tiêu:

- Trình bày được các kiến thức cơ bản về cấu tạo, đặc tính của vật liệu bán dẫn, cấu tạo, nguyên lý làm việc, tính chất, qui cách vỏ và ghi nhãn của một số linh kiện bán dẫn rời rạc và một số ứng dụng cơ bản.

- Có được lòng yêu nghề, say mê tìm hiểu các kiến thức trong lĩnh vực điện tử.

1. CHẤT BÁN DẪN ĐIỆN:

1.1. Chất bán dẫn thuần khiết:

1.1.1. Cấu trúc vùng năng lượng của chất rắn tinh thể:

Cấu trúc năng lượng của một nguyên tử đứng cô lập có dạng là các mức rời rạc. Khi đưa các nguyên tử lại gần nhau, do tương tác, các mức này bị suy biến thành những dải gồm nhiều mức sát nhau được gọi là các vùng năng lượng. Đây là dạng cấu trúc năng lượng điển hình của vật rắn tinh thể.

Tùy theo tình trạng các mức năng lượng trong một vùng có bị điện tử chiếm chỗ hay không, người ta phân biệt 3 loại vùng năng lượng khác nhau.

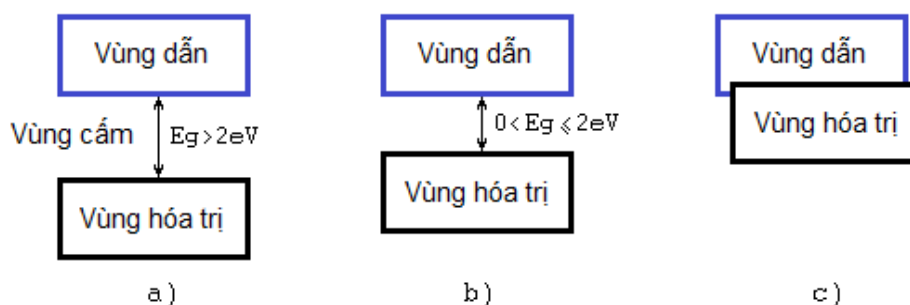
- Vùng hóa trị (hay còn gọi là vùng đầy): Là vùng mà trong đó tất cả các mức năng lượng đều đã bị chiếm chỗ, không còn trạng thái (mức) năng lượng tự do.

- Vùng dẫn (vùng trống): là vùng mà trong đó các mức năng lượng đều còn bỏ trống hay chỉ bị chiếm chỗ một phần.

- Vùng cấm: Là vùng mà trong đó không còn tồn tại một mức năng lượng nào để điện tử có thể chiếm chỗ hay có thể nói là xác suất tìm hạt tại đây bằng 0.

Tùy theo vị trí tương đối giữa 3 loại vùng kể trên và xét theo tính chất dẫn điện của mình, các chất rắn cấu trúc tinh thể được chia thành 3 loại (xét ở 0K).

- Chất cách điện.
- Chất dẫn điện.
- Chất bán dẫn điện.



Hình 2.1 Phân loại vật rắn theo cấu trúc vùng năng lượng

a) Chất cách điện $E_g > 2eV$; b) Chất bán dẫn điện $0 < E_g \leq 2eV$;

c) Chất dẫn điện

Muốn tạo dòng điện trong vật rắn cần hai quá trình đồng thời:

- Quá trình tạo ra hạt dẫn tự do nhờ được kích thích năng lượng.
- Quá trình chuyển động có hướng của các hạt dẫn điện này dưới tác dụng của năng lượng trường ngoài.

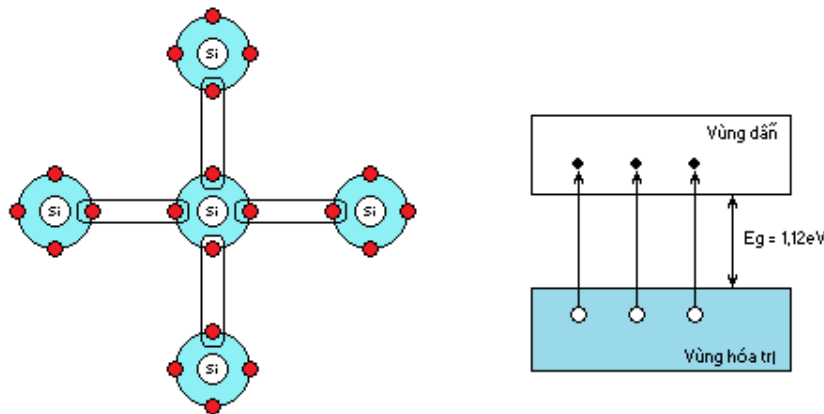
Dưới đây ta xét tới cách dẫn điện của chất bán dẫn nguyên chất (bán dẫn thuần) và chất bán dẫn tạp chất mà điểm khác nhau chủ yếu liên quan tới quá trình sinh (tạo ra) các hạt dẫn tự do trong mạng tinh thể.

1.1.2. Chất bán dẫn thuần:

Hai chất bán dẫn thuần điển hình là Germanium (Ge) và Silicium (Si) có cấu trúc vùng năng lượng với $E_g = 0,72\text{eV}$ và $E_g = 1,12\text{eV}$, thuộc nhóm bốn bảng tuần hoàn Mendeleev.

Mô hình cấu trúc mạng tinh thể của chúng có dạng là các liên kết ghép đôi điện tử hóa trị vòng ngoài. Ở 0K chúng là các chất cách điện. Khi được một nguồn năng lượng ngoài kích thích, sẽ xảy ra hiện tượng ion hóa các nguyên tử nút mạng và sinh từng cặp hạt dẫn tự do: điện tử bứt khỏi liên kết ghép đôi trở thành hạt tự do và để lại 1 liên kết bị khuyết (lỗ trống).

Trên đồ thị vùng năng lượng, nó tương ứng với sự chuyển điện tử từ một mức năng lượng trong vùng hóa trị lên một mức trong vùng dẫn để lại một mức tự do (trống) trong vùng hóa trị. Các cặp hạt dẫn tự do này dưới tác dụng của một năng lượng trường ngoài chúng có khả năng dịch chuyển có hướng trong lòng tinh thể tạo nên dòng điện trong.



Hình 2.2: (a) Cấu trúc mạng tinh thể của chất bán dẫn thuần Si.

(b) Đồ thị vùng năng lượng với cơ chế phát sinh từng cặp hạt dẫn tự do.

Kết quả là:

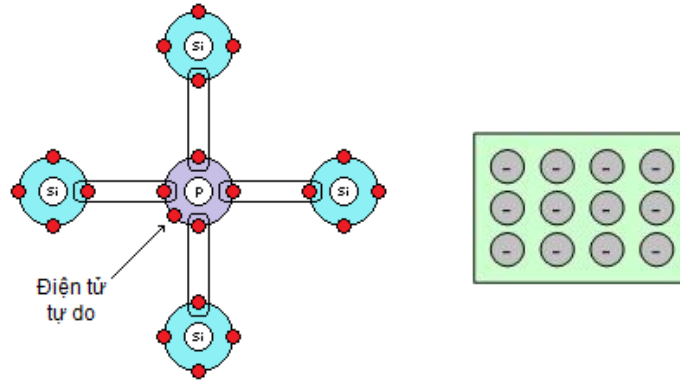
1) Muốn tạo hạt dẫn tự do trong chất bán dẫn thuần cần có năng lượng kích thích đủ lớn $E_{kt} \geq E_g$

2) Dòng điện trong chất bán dẫn thuần gồm hai thành phần tương đương nhau do quá trình phát sinh từng cặp hạt dẫn tạo ra ($n_i = p_i$).

1.2. Chất bán dẫn tạp:

1.2.1. Chất bán dẫn tạp loại n:

Pha một lượng nhỏ chất có hoá trị 5 như Phospho (P) vào chất bán dẫn Si thì một nguyên tử P liên kết với 4 nguyên tử Si theo liên kết cộng hoá trị, nguyên tử Phospho chỉ có 4 điện tử tham gia liên kết và còn dư một điện tử và trở thành điện tử tự do (mang điện âm) => Chất bán dẫn lúc này trở thành thừa điện tử và được gọi là bán dẫn N (Negative : âm).

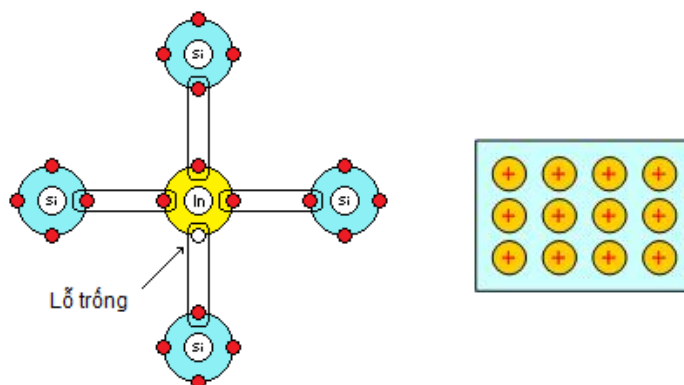


Hình 2.3: Mạng tinh thể của chất bán dẫn tạp loại N - Si

Vậy, chất bán dẫn tạp loại n là chất bán dẫn có thành phần dẫn điện cơ bản - thành phần dẫn điện đa số là các điện tử mang điện tích âm, còn các thành phần dẫn điện không cơ bản - thành phần dẫn điện thiểu số là các lỗ trống mang điện tích dương.

1.2.2. Chất bán dẫn tạp loại p:

Pha một lượng nhỏ chất có hoá trị 3 như Indium (In) vào chất bán dẫn Si thì 1 nguyên tử Indium sẽ liên kết với 4 nguyên tử Si theo liên kết cộng hoá trị, liên kết này bị thiếu một điện tử và trở thành lỗ trống (mang điện dương) => Chất bán dẫn lúc này trở thành thừa lỗ trống và được gọi là chất bán dẫn P (Positive - dương).



Hình 2.4: Mạng tinh thể của chất bán dẫn tạp loại P-Si

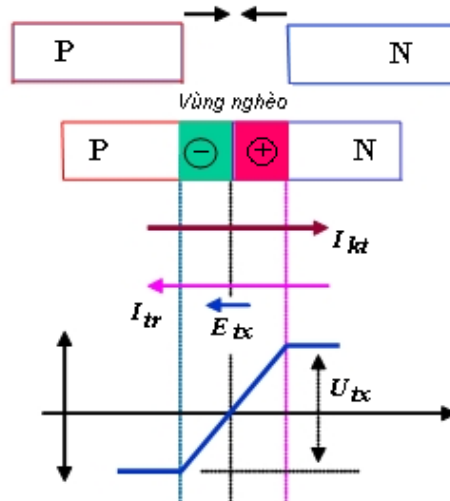
Vậy, chất bán dẫn tạp loại p là chất bán dẫn có thành phần dẫn điện cơ bản - thành phần dẫn điện đa số là các lỗ trống mang điện tích dương, còn các thành phần dẫn điện không cơ bản - thành phần dẫn điện thiểu số là các điện tử mang điện tích âm.

2. MẶT GHÉP P – N:

2.1. Mặt ghép p-n khi chưa có điện áp ngoài:

Khi cho hai đơn tinh thể bán dẫn tạp chất loại n và loại p tiếp giáp với nhau, các hiện tượng vật lý xảy ra tại nơi tiếp giáp là cơ sở cho hầu hết các dụng cụ bán dẫn điện hiện đại.

Hình vẽ dưới biểu diễn mô hình lý tưởng hóa một mặt ghép p - n khi chưa có điện áp ngoài đặt vào. Với giả thiết ở nhiệt độ phòng, các nguyên tử tạp chất đã bị ion hóa hoàn toàn. Các hiện tượng xảy ra tại vùng tiếp giáp có thể mô tả tóm tắt như sau:



Hình 2.5: Mặt ghép p- n khi chưa có điện áp ngoài

Do có sự chênh lệch lớn về nồng độ của các hạt dẫn điện tại vùng tiếp giáp, sẽ có hiện tượng khuếch tán các hạt đa số qua nơi tiếp giáp, tức là xuất hiện 1 dòng điện khuếch tán I_{kt} hướng từ P sang N.

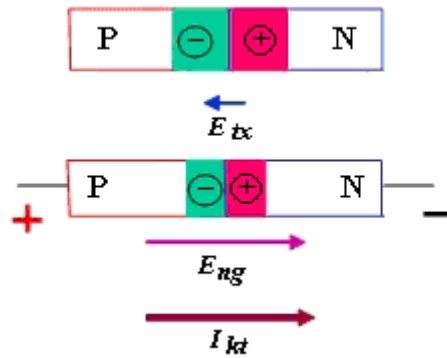
Tại vùng lân cận hai bên mặt tiếp giáp, xuất hiện một lớp điện tích khối do ion tạp chất tạo ra, lớp này nghèo hạt dẫn đa số và có điện trở lớn (lớn hơn nhiều so với các vùng còn lại), do vậy làm xuất hiện 1 điện trường nội bộ hướng từ vùng N (lớp ion dương) sang vùng P (lớp ion âm) gọi là điện trường tiếp xúc E_{tx} . Hay có thể nói đã xuất hiện 1 hàng rào điện thế hay một hiệu thế tiếp xúc U_{tx} .

Điện trường E_{tx} sẽ cản trở chuyển động của dòng khuếch tán và gây ra chuyển động gia tốc của các hạt thiểu số qua miền tiếp xúc (dòng trôi - I_{tr}), có chiều ngược lại với dòng khuếch tán. Quá trình này tiếp diễn sẽ dẫn tới 1 trạng thái cân bằng động $I_{kt} = I_{tr}$ và không có dòng điện qua tiếp xúc p - n.

Với những điều kiện tiêu chuẩn, ở nhiệt độ phòng, U_{tx} tại vùng tiếp giáp p - n có giá trị khoảng 0,3V với loại làm từ Ge và 0,6V với loại làm từ Si.

2.2. Mặt ghép p-n khi có điện áp ngoài đặt vào:

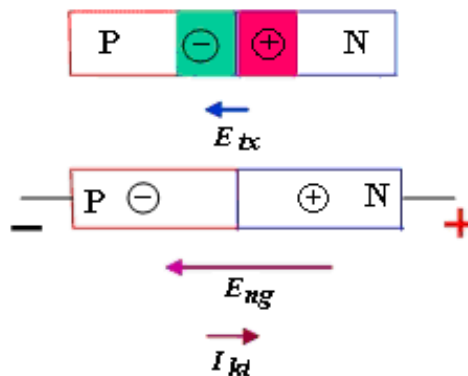
2.2.1. Điện áp ngoài phân cực thuận:



Hình 2.6: Mặt ghép p - n khi có điện áp phân cực thuận

Khi điện trường ngoài E_{ng} ngược chiều với E_{tx} (tức là có cực tính dương đặt vào P, âm đặt vào N) khi đó E_{ng} chủ yếu đặt lên vùng nghèo và xếp chồng với E_{tx} nên cường độ trường tổng cộng tại vùng tiếp giáp giảm đi do đó làm gia tăng chuyển động khuếch tán I_{kt} , người ta gọi đó là hiện tượng phun hạt đa số qua miền tiếp giáp p - n. Còn dòng điện trôi do E_{xt} gây ra gần như giảm không đáng kể do nồng độ hạt thiểu số nhỏ. Trường hợp này gọi là phân cực thuận cho tiếp giáp p - n. Khi đó bề rộng vùng nghèo giảm đi.

2.2.2. Điện áp ngoài phân cực ngược:



Hình 2.7: Mặt ghép p - n khi có điện áp phân cực ngược

Khi E_{ng} cùng chiều với E_{tx} (nguồn ngoài có cực dương đặt vào N và âm đặt vào P), tác dụng xếp chồng điện trường tại vùng nghèo, dòng I_{kt} giảm tới không, dòng I_{tr} có tăng chút ít và nhanh đến một giá trị bão hòa gọi là dòng điện ngược bão hòa của tiếp giáp p - n. Bề rộng vùng nghèo tăng lên so với trạng thái cân bằng. Người ta gọi đó là sự phân cực ngược cho tiếp giáp p - n.

2.2.3. Tính dẫn dòng của mặt ghép p - n:

Kết quả là mặt ghép p - n khi đặt trong 1 điện trường ngoài có tính chất van- là tính chất dẫn điện không đối xứng theo 2 chiều hay có thể nói chỉ dẫn điện theo một chiều. Người ta gọi đó là hiệu ứng chỉnh lưu của tiếp giáp p - n.

- Theo chiều phân cực thuận, dòng có giá trị lớn tạo bởi dòng hạt đa số phun qua tiếp giáp p - n mở.

- Theo chiều phân cực ngược, dòng có giá trị nhỏ hơn do hạt thiểu số trôi qua tiếp giáp p - n khóa.

3. DIODE:

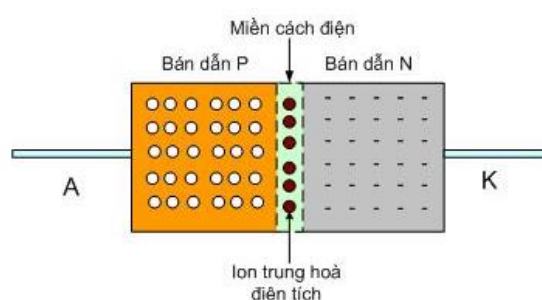
3.1. Cấu tạo và phân loại Diode:

3.1.1. Tiếp giáp p - n và cấu tạo của Diode bán dẫn:

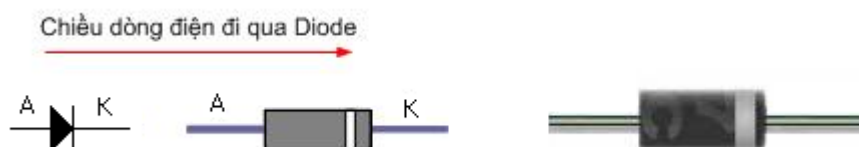
a. Cấu tạo của diode:

Hai khối bán dẫn P và N được ghép với nhau tại hai bề mặt của mỗi khối để tạo thành một tiếp giáp p - n, hai đầu kia gắn các điện cực để đưa ra ta có được cấu trúc của một Diode. Điện cực nối với bán dẫn P được gọi là cực Anot (A), điện cực nối với khối bán dẫn N được gọi là cực Katot (K).

Tiếp giáp p - n có đặc điểm: Tại bề mặt tiếp giáp, các điện tử dư thừa trong bán dẫn N khuếch tán sang vùng bán dẫn P để lấp vào các lỗ trống => tạo thành một lớp Ion trung hoà về điện => lớp Ion này tạo thành miền cách điện giữa hai chất bán dẫn.



Hình 2.8: Cấu tạo cơ bản của Diode bán dẫn



Hình 2.9: Ký hiệu và hình dáng của Diode bán dẫn.

b. Phân cực thuận cho Diode:

Khi ta cấp điện áp dương (+) vào Anôt (vùng bán dẫn P) và điện áp âm (-) vào Katôt (vùng bán dẫn N), khi đó dưới tác dụng tương tác của điện áp, miền cách điện thu hẹp lại, khi điện áp chênh lệch giữ hai cực đạt 0,6V (với Diode loại Si) hoặc 0,2V (với Diode loại Ge) thì điện tích miền cách điện giảm bằng không => Diode bắt đầu dẫn điện. Nếu tiếp tục tăng điện áp nguồn thì dòng qua Diode tăng nhanh nhưng chênh lệch điện áp giữa hai cực của Diode không tăng (vẫn giữ ở mức 0,6V)

c. Phân cực ngược cho Diode:

Khi phân cực ngược cho Diode tức là cấp nguồn (+) vào Katôt (bán dẫn N), nguồn (-) vào Anôt (bán dẫn P), dưới sự tương tác của điện áp ngược, miền cách điện càng rộng ra và ngăn cản dòng điện đi qua mỗi tiếp giáp, Diode có thể chịu được điện áp ngược rất lớn khoảng 1000V thì diode mới bị đánh thủng.

3.1.2. Phân loại diode:

Người ta phân loại diode theo nhiều quan điểm khác nhau.

a. Theo vật liệu bán dẫn sử dụng có diode Si, diode Ge.

b. Theo đặc điểm cấu tạo có diode tiếp điểm, diode tiếp mặt.

+ Diode tiếp điểm (thường gọi là diode tách sóng): diode này có cấu tạo diện tích của tiếp giáp p - n rất nhỏ, chỉ tại một điểm. Dòng qua diode loại này nhỏ chỉ khoảng vài chục mA, điện áp ngược không vượt quá vài chục Volt nhưng thích ứng làm việc ở tần số cao.

+ Diode tiếp mặt (gọi là diode nắn điện): diode này có cấu tạo diện tích tiếp giáp p - n rộng, cả một mặt rộng của hai khối bán dẫn. Dòng qua diode loại này lớn, cỡ khoảng vài chục đến hàng trăm Ampere, điện áp ngược đạt tới vài trăm Volt nhưng bị giới hạn tần số làm việc, chỉ làm việc ở vùng tần số thấp.

c. Theo công suất chịu đựng (P_{Acf}) có diode công suất lớn, diode công trung bình hoặc diode công suất nhỏ ($I_{Acf} < 300mA$).

d. Theo nguyên lý làm việc hay phạm vi ứng dụng:

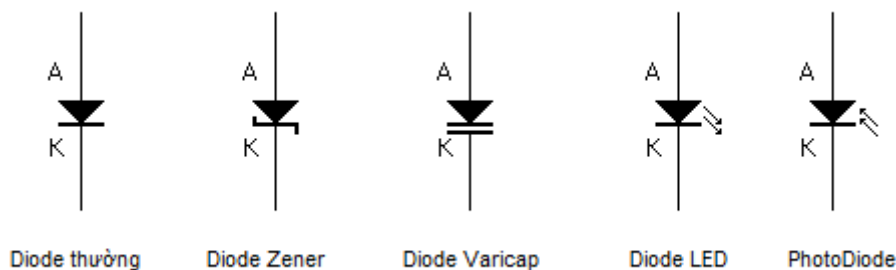
+ Diode chỉnh lưu: Là loại diode tiếp mặt được dùng để biến đổi dòng, áp xoay chiều (tần số thấp) thành dòng, áp một chiều.

+ Diode tách sóng: Là loại diode tiếp điểm cũng dùng để biến đổi dòng, áp xoay chiều nhưng ở tần số cao thành dòng, áp một chiều.

+ Diode ổn áp (Zener): Là loại diode có cấu tạo đặc biệt chịu đựng được dòng điện ngược có giá trị lớn trong phạm vi cho phép trong khoảng thời gian dài mà tiếp giáp p - n của nó không bị phá hủy. Diode zener được sử dụng trong mạch ở chế độ điện áp phân cực ngược nhằm tạo ra một giá trị điện áp cố định theo mục đích sử dụng.

+ Diode biến dung (Varicap): Cũng là loại diode có cấu tạo đặc biệt nhưng sử dụng diện tiếp giáp p - n như là một tụ điện. Varicap được sử dụng trong mạch ở chế độ điện áp phân cực ngược và có giá trị điện dung thay đổi theo giá trị điện áp phân cực ngược đặt vào.

+ Diode phát quang (LED): Sử dụng các vật liệu bán dẫn có tính chất của hiệu ứng điện quang, tức là khi có một năng lượng điện trường ngoài kích thích, các điện tử sẽ chuyển mức năng lượng từ mức cao xuống mức thấp giải phóng ra một năng lượng dưới dạng các photon ánh sáng trong vùng ánh sáng nhìn thấy.



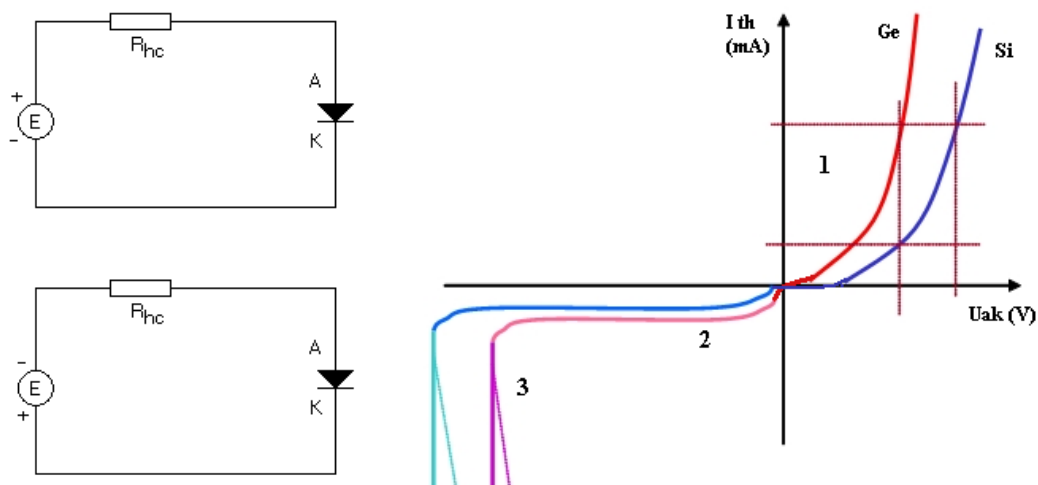
Hình 2.10: Ký hiệu một số Diode thông dụng.

+ Diode thu quang (Photodiode): Sử dụng các vật liệu bán dẫn có tính chất của hiệu ứng quang điện, tức là khi có một năng lượng chùm photon ánh sáng chiếu vào, các điện tử sẽ hấp thụ năng lượng để bứt ra khỏi môi liên kết mạng tinh thể để trở thành điện tử tự do và di chuyển theo chiều điện trường ngoài tạo thành dòng điện.

3.2. Đặc tuyến Volt-ampere và các thông số cơ bản của Diode:

3.2.1. Đặc tuyến Volt - Ampere:

Diode bán dẫn có cấu tạo là một chuyển tiếp p - n với hai điện cực nối ra phía miền p là anốt, phía miền n là katốt.



Hình 2.9: Mạch khảo sát và đặc tuyến Volt - Ampere của diode bán dẫn.

Nối tiếp điốt bán dẫn với 1 nguồn điện áp ngoài qua 1 điện trở hạn chế dòng, biến đổi cường độ và chiều của điện áp ngoài, người ta thu được đặc tuyến Von-Ampe của điốt có dạng như hình 2.9. Đây là 1 đường cong có dạng phức tạp, chia làm 3 vùng rõ rệt: Vùng (1) ứng với trường hợp phân cực thuận vùng (2) tương ứng với trường hợp phân cực ngược và vùng (3) được gọi là vùng đánh thủng tiếp xúc p - n.

Qua việc phân tích đặc tính Von - Ampe giữa lí thuyết và thực tế người ta rút được các kết luận chủ yếu sau:

- Tại vùng mở (phân cực thuận).

+ Dòng điện thuận (I_{th}) tăng theo điện áp thuận U_{AK} . Khi U_{AK} còn nhỏ, dòng qua diode tăng chậm do hiện tượng phun hạt đa số qua tiếp giáp p - n còn nhỏ. Khi U_{AK} có giá trị lớn, dòng qua diode tăng nhanh

+ Dòng điện ngược (I_{ng}) bão hòa phụ thuộc vào nhiệt độ và khi giữ cho dòng điện thuận qua diode không đổi, điện áp thuận sẽ giảm tỉ lệ theo nhiệt độ.

- Tại vùng khóa (phân cực ngược).

+ Dòng điện qua tiếp giáp p - n là dòng điện ngược nên có giá trị nhỏ và phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng, dòng điện ngược cũng tăng theo và gần như tăng gấp đôi khi gia số nhiệt độ tăng 10°C

+ Các kết luận vừa nêu chỉ rõ hoạt động của điốt bán dẫn phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ và trong thực tế các mạch điện tử có sử dụng tới điốt bán dẫn hoặc tranzito sau này, người ta cần có nhiều biện pháp nghiêm ngặt để duy trì sự ổn định của chúng khi làm việc với môi trường gia tăng nhiệt độ.

- Tại vùng đánh thủng (khi $U_{AK} < 0$ và có trị số đủ lớn) dòng điện ngược tăng đột ngột trong khi điện áp giữa anốt và katốt không tăng. Tính chất van của điốt khi đó bị phá hoại. Tồn tại hai dạng đánh thủng chính:

+ Đánh thủng vì nhiệt do tiếp xúc p - n bị nung nóng cục bộ, vì va chạm của hạt thiểu số được gia tốc trong trường mạnh. Điều này dẫn tới quá trình sinh hạt ô ạt (ion hóa nguyên tử chất bán dẫn thuần, có tính chất thác lũ) làm nhiệt độ nơi tiếp xúc tiếp tục tăng. Dòng điện ngược tăng đột biến và mặt ghép p - n bị phá hỏng.

+ Đánh thủng vì điện do hiệu ứng ion hóa do va chạm giữa hạt thiểu số được gia tốc trong trường mạnh cỡ $105V/cm$ với nguyên tử của chất bán dẫn; do hiện tượng nhảy mức trực tiếp của điện tử hóa trị bên bán dẫn P xuyên qua rào thế tiếp xúc sang vùng dẫn bên bán dẫn N.

3.2.2. Các thông số cơ bản của diode:

- Điện áp ngược cực đại - U_{ngmax} (V): Là giá trị điện áp ngược lớn nhất cho phép đặt trên 2 cực diode mà diode chưa bị đánh thủng.

- Dòng cho phép cực đại qua diode khi mở - I_{Acf} (A)

- Công suất tiêu hao cực đại cho phép trên diode để chưa bị hỏng vì nhiệt - P_{Acf}

- Tần số giới hạn của điện áp (dòng điện) đặt lên diode để nó vẫn còn tính chất van - f_{max} (Hz)

- Điện trở một chiều của diode (Ω): $R_d = U_{AK}/I_A$.

- Điện trở vi phân xoay chiều của diode (Ω): $r_d = dU_{AK}/dI_A$.

- Điện dung tiếp giáp p-n: Cấu trúc của diode gồm hai khối bán dẫn N và P tiếp xúc với nhau, cấu trúc đó tương đương với cấu trúc của một tụ điện và có điện dung của mặt ghép p - n. $C_{p-n} = C_{kt} + C_{vào}$

Trong đó:

+ $C_{vào}$ là thành phần điện dung chỉ phụ thuộc vào điện áp ngược đặt lên tiếp giáp có giá trị khoảng vài chục pF.

+ C_{kt} là thành phần chỉ phụ thuộc vào điện áp thuận có giá trị vài pF

Ở tần số làm việc cao, cần phải chú ý đến ảnh hưởng của C_{p-n} tới các tính chất của mạch điện nhất là sử dụng diode để đóng mở ở tần số nhịp cao, vì khi đó diode cần một thời gian quá độ để hồi phục lại tính chất van lúc chuyển từ mở sang khóa.

3.3. Các ứng dụng thực tế:

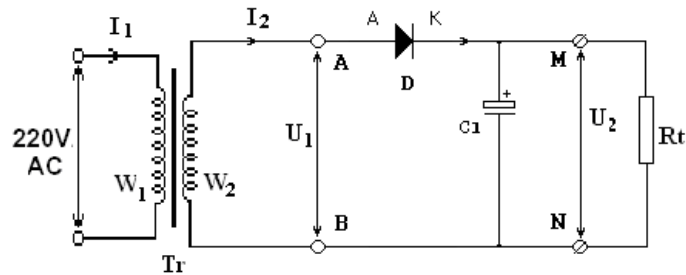
3.3.1. Diode nắn điện:

Là Diode tiếp mặt được sử dụng trong các mạch chỉnh lưu nguồn xoay

chiều ($AC\ 50Hz$) thành một chiều. Diode này thường có kích thước tỷ lệ với dòng điện chỉnh lưu qua nó, là loại 1A, 2A và 5A ... Diode có thể được tích hợp thành Diode cầu.

a. Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ:

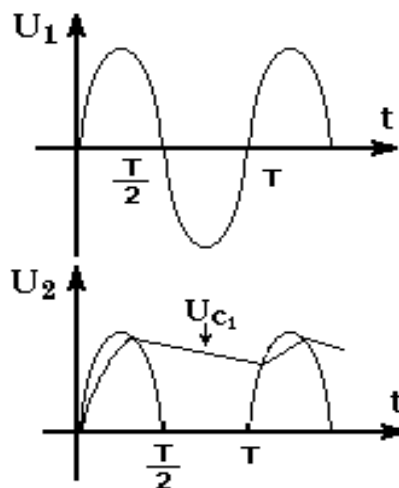
Biến áp Tr chuyển đổi nguồn điện áp xoay chiều 220VAC đầu vào thành mức điện áp thấp theo mong muốn ($6V, 9V, 12V, 24V$ v v ...) để đưa vào mạch chỉnh lưu cả chu kỳ hình cầu.



Hình 2.10: Sơ đồ mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ dùng 1 diode.

Diode D là các Diode công suất loại tiếp mặt có nhiệm vụ nắn dòng điện xoay chiều đầu vào thành dòng điện một chiều đưa ra.

Tụ điện C_1 là tụ lọc nguồn có trị số điện dung lớn khoảng vài trăm, vài nghìn μF được mắc tại đầu ra của mạch làm nhiệm vụ lọc san bằng điện áp một chiều dạng đập mạch đưa ra từ bộ nắn cầu thành điện áp một chiều ổn định để cung cấp cho tải là R_t .



Hình 2.11: Dạng điện áp vào - ra của mạch nắn nửa chu kỳ.

Khi đưa điện áp xoay chiều (U_1) vào mạch nắn điện sử dụng diode D:

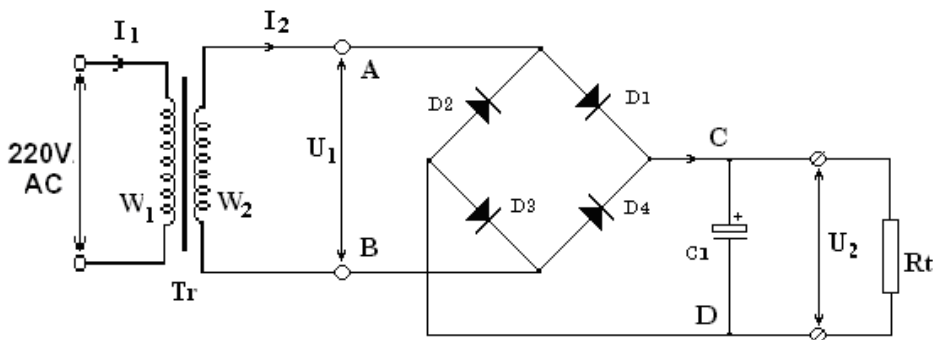
- Giả sử ứng với bán chu kỳ dương của điện áp vào U_1 . Điểm A có điện thế (+), điểm B có điện thế (-). Diode D được phân cực thuận nên sẽ thông, dòng điện sẽ qua D để đưa ra cung cấp cho tải và tương ứng sẽ là điện áp ra U_2 có điện thế (+) tại điểm M và có điện thế (-) tại điểm N.

- Khi ứng với bán chu kỳ âm của điện áp vào U_1 . Điểm A có điện thế (-), điểm B

có điện thế (+). Diot D bị phân cực ngược nên sẽ không thông, không có dòng điện qua D để đưa ra cung cấp cho tải.

- Kết quả là trong hai nửa chu kỳ của điện áp xoay chiều đầu vào (U_1) điện áp ra (U_2) là điện áp một chiều chỉ tồn tại trong đúng một nửa chu kỳ và có dạng đập mạch lớn. Để san bằng dạng điện áp đập mạch này, người ta mắc thêm một tụ điện C_1 tại đầu ra của mạch nhằm tạo ra sự phóng và nạp điện trên tụ C_1 . Khi điện áp U_{MN} lớn hơn điện áp trên tụ, tụ điện sẽ được nạp và khi điện áp U_{MN} nhỏ hơn điện áp trên tụ, tụ điện sẽ phóng điện. Kết quả là điện áp ra $U_2 = U_{MN}$ là dạng điện áp trên tụ điện C_1 và có biên độ tương đối bằng phẳng.

b. Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ hình cầu:



Hình 2.12: Sơ đồ mạch chỉnh lưu cả chu kỳ hình cầu

Bốn Diode (D_1, D_2, D_3, D_4) được nối với nhau thành mạch cầu (hình vẽ). Hai đầu của cầu được nối với nguồn điện vào (U_1) là nguồn điện xoay chiều. Hai đầu còn lại của cầu để lấy điện áp một chiều đưa ra (U_2).

Các Diode D_1, D_2, D_3, D_4 là các Diode công suất loại tiếp mặt có nhiệm vụ dẫn dòng điện xoay chiều đầu vào thành dòng điện một chiều đưa ra.

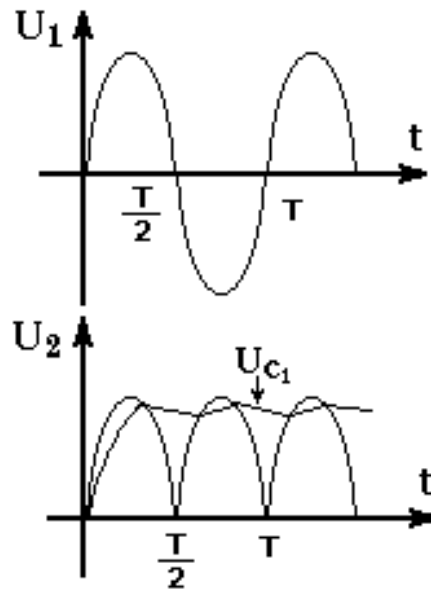
Tụ điện C_1 là tụ lọc nguồn có trị số điện dung lớn khoảng vài trăm, vài nghìn μF làm nhiệm vụ lọc san bằng điện áp một chiều dạng đập mạch đưa ra từ bộ nắn cầu thành điện áp một chiều ổn định để cung cấp cho tải là R_t

Khi đưa điện áp xoay chiều (U_1) vào hai đầu của cầu nắn điện

- Giả sử ứng với bán chu kỳ dương của điện áp vào U_1 . Điểm A có điện thế (+), điểm B có điện thế (-). Các Diot D_2, D_3 được phân cực thuận nên sẽ thông, còn D_1, D_4 bị phân cực ngược nên không thông. Dòng điện sẽ qua D_2, D_3 để đưa ra cung cấp cho tải và tương ứng sẽ là điện áp ra U_2 có điện thế (+) tại điểm C và có điện thế (-) tại điểm D.

- Khi ứng với bán chu kỳ âm của điện áp vào U_1 . Điểm A có điện thế (-), điểm B

có điện thế (+). Các Diot D_2, D_3 bị phân cực ngược nên sẽ không thông, còn D_1, D_4 được phân cực thuận nên sẽ thông. Dòng điện sẽ qua D_4, D_1 để đưa ra cung cấp cho tải và tương ứng sẽ là điện áp ra U_2 có điện thế (+) vẫn tại điểm C và có điện thế (-) tại điểm D.

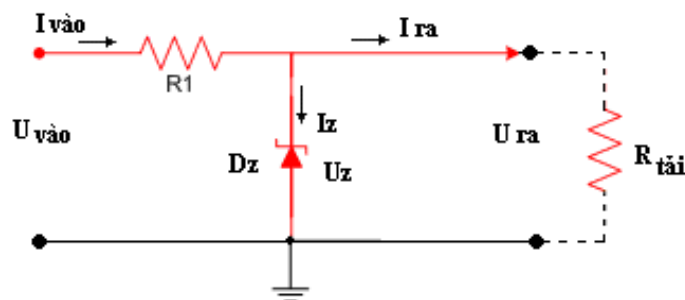


Hình 2.13: Dạng điện áp vào - ra của mạch nắn cả chu kỳ.

- Kết quả là trong cả hai nửa chu kỳ của điện áp xoay chiều đầu vào (U_1) điện áp ra (U_2) là điện áp một chiều tuy nhiên có dạng đập mạch. Để san bằng dạng điện áp đập mạch này, người ta mắc thêm một tụ điện tại đầu ra của mạch nắn cầu tạo ra sự phóng và nạp điện trên tụ C_1 . Khi điện áp U_{CD} lớn hơn điện áp trên tụ, tụ điện sẽ được nạp và khi điện áp U_{CD} nhỏ hơn điện áp trên tụ, tụ điện sẽ phóng điện. Kết quả là điện áp ra $U_2 = U_{CD}$ là dạng điện áp trên tụ điện C_1 và có biên độ tương đối bằng phẳng.

3.3.2. Diode Zener:

Diode zener được ứng dụng trong chế độ phân cực ngược, khi phân cực thuận Diode zener như diode thường nhưng khi phân cực ngược Diode zener sẽ gim lại một mức điện áp cố định bằng giá trị ghi trên diode.



Hình 2.14: Sơ đồ nguyên lý mạch ổn áp dùng đi ốt Zener

- Diode zener Dz làm việc ở chế độ cho dòng điện ngược đi qua.
- Điện trở R1 đóng vai trò là là phân tử điều chỉnh.
- Giá trị điện áp ổn định là giá trị được ghi trên nhãn của Diode Zener

Một số giá trị ổn định điện áp của Diode Zener							
2.4V	2.7V	3.0V	3.3V	3.6V	3.9V	4.3V	4.7V

5.1V	5.6V	6.2V	6.8V	7.5V	8.2V	9.1V	10V
11V	12V	13V	15V	16V	18V	20V	22V
24V	27V	30V	33V	36V	39V	43V	47V

- Nếu không có Diode ổn áp Zener thì khi điện áp đầu vào biến thiên sẽ dẫn đến, điện áp đầu ra sẽ cũng biến thiên theo.

- Khi có Diode ổn áp Zener được vào mạch thì:

+ Giả sử khi điện áp đầu vào tăng, dòng ngược qua Dz tăng, dòng qua điện trở R1 tăng dẫn đến sụt áp trên R1 tăng, khi đó $U_{ra} = U_{vào} - U_{R1}$ sẽ không thể tăng được hay nói một cách khác, điện áp tăng tại đầu vào đã được đặt toàn bộ trên R1 khiến U_{ra} giữ được ở một giá trị không đổi.

+ Giả sử khi điện áp đầu vào giảm, dòng ngược qua Dz giảm, dòng qua điện trở R1 giảm dẫn đến sụt áp trên R1 giảm, khi đó $U_{ra} = U_{vào} - U_{R1}$ sẽ không thể giảm được hay nói một cách khác, điện áp giảm tại đầu vào đã được đặt toàn bộ trên R1 khiến U_{ra} giữ được ở một giá trị không đổi.

- Khi thiết kế một mạch ổn áp như trên ta cần tính toán điện trở hạn dòng R1 sao cho dòng điện ngược cực đại qua Dz phải nhỏ hơn dòng mà Dz chịu được, dòng cực đại qua Dz là khi dòng qua $R_{tải} = 0$

$$R1 = \frac{U_{vào} - U_{ra}}{I_z} = \frac{U_{vào} - U_z}{I_z}$$

- I_z là giá trị dòng ngược cho phép lớn nhất qua Diode Zener. Giá trị này được tra trong sổ tay linh kiện.

- Ví dụ: Lắp mạch ổn áp 12V từ nguồn cấp 15V sử dụng Dz 12VDC-3W

+ Dòng điện ngược cực đại qua Dz:

$$I_z = \frac{P_z}{U_z} = \frac{3 \text{ (w)}}{12 \text{ (V)}} = 0.25 \text{ (A)}$$

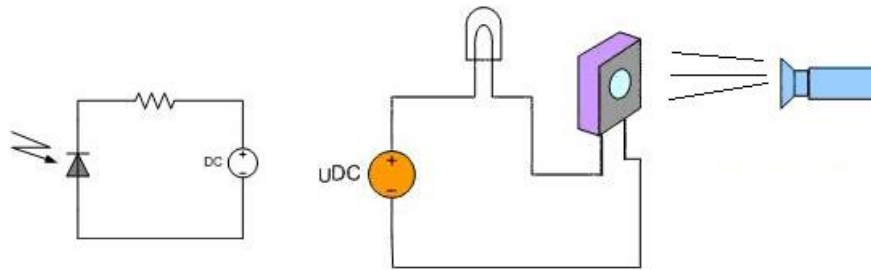
+ Giá trị điện trở R1:

$$R1 = \frac{U_{vào} - U_z}{I_z} = \frac{15V - 12V}{0.25 \text{ A}} = 12 \Omega$$

Mạch ổn áp dùng Diode Zener như trên có ưu điểm là đơn giản nhưng nhược điểm là cho dòng điện nhỏ.

3.3.3. Diode thu quang. (Photodiode):

Diode thu quang hoạt động ở chế độ phân cực nghịch, vỏ diode có một miếng thủy tinh để ánh sáng chiếu vào tiếp giáp p - n, dòng điện ngược qua diode tỷ lệ thuận với cường độ ánh sáng chiếu vào diode



Hình 2.15: Ký hiệu và minh họa hoạt động của photodiode

3.3.4. Diode Phát quang (LED - Light Emitting Diode):

- Diode phát quang là Diode phát ra ánh sáng khi được phân cực thuận, điện áp làm việc của LED khoảng 1,7 \Rightarrow 2,2V dòng qua Led khoảng từ 5mA đến 20mA

- Led được sử dụng để làm đèn báo nguồn, đèn nháy trang trí, báo trạng thái có điện . vv...



Hình 2.16: Hình dạng thực tế của diode phát quang (LED)

4. TRANSISTOR CÔNG NGHỆ LƯỠNG CỰC (BJT - Bipolar Junction Transistor):

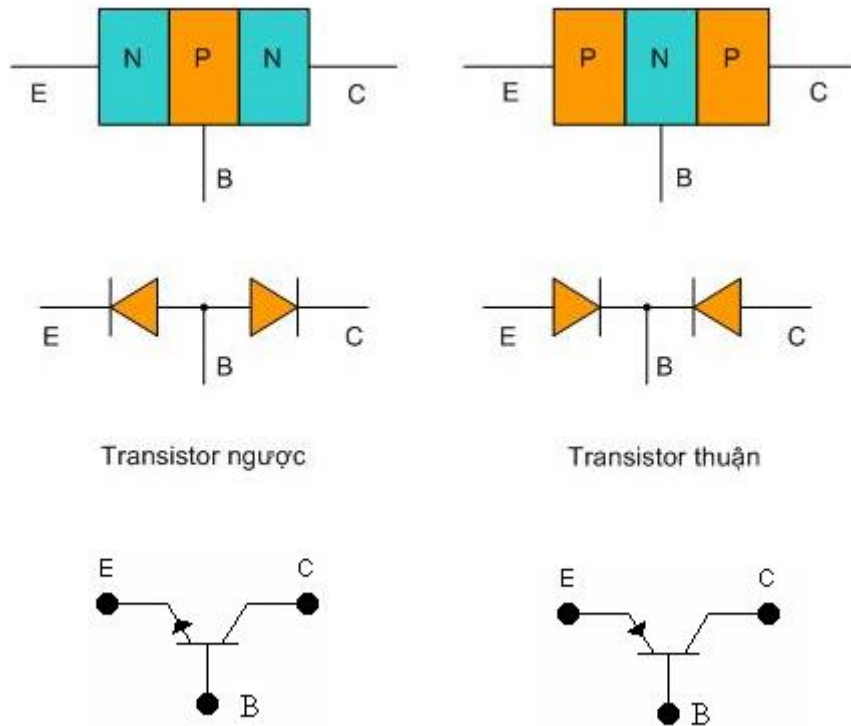
4.1. Cấu trúc, nguyên lý làm việc và ký hiệu:

4.1.1. Cấu trúc của transistor:

Tranzito có cấu tạo gồm các miền bán dẫn P và N xen kẽ nhau, tùy theo trình tự sắp xếp các miền p và n mà ta có hai loại cấu tạo điển hình là P - N - P và N - P - N như trên hình vẽ. Để cấu tạo ra các cấu trúc này người ta áp dụng những phương pháp công nghệ khác nhau như phương pháp hợp kim, phương pháp khuếch tán, phương pháp epitaxi...

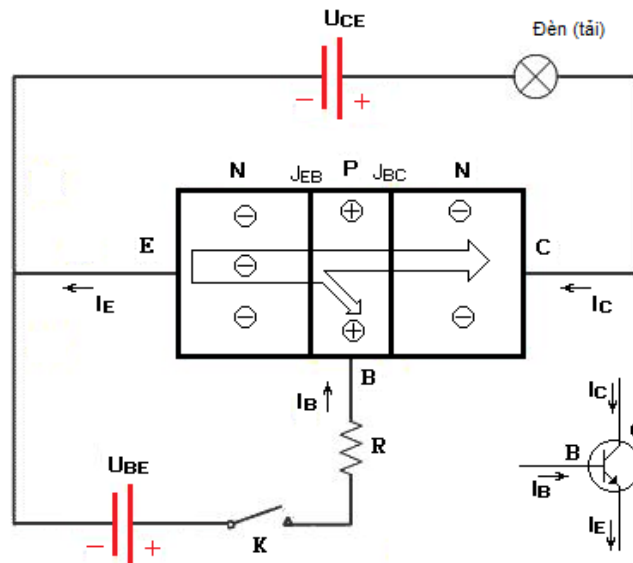
- Transistor gồm ba lớp bán dẫn ghép với nhau hình thành hai mối tiếp giáp p - n, nếu ghép theo thứ tự P - N - P ta được Transistor thuận, nếu ghép theo thứ tự N - P - N ta được Transistor ngược. Về phương diện cấu tạo Transistor tương đương với hai Diode đấu ngược chiều nhau.

- Ba lớp bán dẫn được nối ra thành ba cực, lớp giữa gọi là cực gốc ký hiệu là B (Base), lớp bán dẫn B rất mỏng và có nồng độ tạp chất thấp. Hai lớp bán dẫn bên ngoài được nối ra thành cực phát (Emitter) viết tắt là E, và cực thu hay cực góp (Collector) viết tắt là C, vùng bán dẫn E và C có cùng loại bán dẫn (loại N hay P) nhưng có kích thước và nồng độ tạp chất khác nhau nên không hoán vị cho nhau được.



Hình 2.17: Cấu tạo và ký hiệu của transistor lưỡng cực - BJT.

4.1.2. Nguyên lý hoạt động của Transistor N – P - N:



Hình 2.18: Mạch khảo sát về nguyên tắc hoạt động của transistor N-P-N.

- Cấp một nguồn một chiều U_{CE} vào hai cực C và E trong đó (+) nguồn vào cực C và (-) nguồn vào cực E.

- Cấp nguồn một chiều U_{BE} đi qua công tắc K và điện trở hạn dòng R vào hai cực B và E, trong đó cực (+) vào chân B, cực (-) vào chân E.

- Khi công tắc K mở, ta thấy rằng mặc dù hai cực C và E đã được cấp điện nhưng vẫn không sáng, điều này chứng tỏ không có dòng điện trong mạch ngoài (dòng các điện tử). Ta nói dòng $I_C = 0$.

- Khi công tắc K đóng, tiếp giáp J_{EB} được phân cực thuận do đó sẽ có một

dòng các điện tử chạy từ khối bán dẫn N của cực E vượt qua tiếp giáp J_{EB} tới miền cực B. Theo qui ước chiều dòng điện ngược với chiều chuyển động của các điện tử, điều này tương đương với việc có một dòng điện chạy từ cực (+) nguồn U_{BE} qua công tắc K \Rightarrow qua R hạn dòng \Rightarrow qua tiếp giáp J_{BE} về cực (-) của nguồn U_{BE} tạo thành dòng I_B .

- Ngay khi dòng I_B xuất hiện \Rightarrow lập tức cũng có dòng I_C chạy qua tiếp giáp CE làm tải là bóng đèn phát sáng và dòng I_C lớn gấp nhiều lần dòng I_B .

- Như vậy rõ ràng dòng I_C hoàn toàn phụ thuộc vào dòng I_B và được xác định qua công thức:

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

- Trong đó:

I_C là dòng chạy qua tiếp giáp CE

I_B là dòng chạy qua tiếp giáp BE

β là hệ số tăng ích cho dòng I_C của transistor được gọi là hệ số khuếch đại dòng điện của transistor.

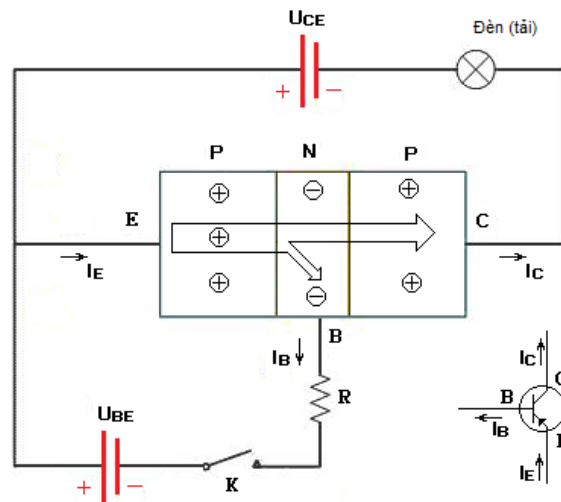
- Giải thích: Khi có điện áp U_{CE} , điện trường của U_{CE} không thể thắng được hàng rào điện thế U_{tx} tại tiếp giáp J_{EB} nên các điện tử và lỗ trống không thể vượt qua tiếp giáp p - n để tạo thành dòng điện, khi xuất hiện điện áp U_{BE} phân cực thuận cho tiếp giáp J_{EB} , điện trường của U_{BE} sẽ kéo các thành phần dẫn điện cơ bản tại miền cực E và B sang nhau, sẽ có dòng các điện tử tự do từ lớp bán dẫn N tại cực E sẽ vượt qua tiếp giáp J_{EB} sang lớp bán dẫn P tại cực B với số lượng lớn, một phần nhỏ trong số các điện tử đó tái hợp với lỗ trống tại miền cực B tạo thành dòng I_B còn phần lớn số điện tử tiếp tục đi tới tiếp giáp J_{BC} và bị hút về phía cực C, vượt qua tiếp giáp J_{BC} dưới tác dụng của điện trường tăng tốc bởi điện áp U_{CE} \Rightarrow tạo thành dòng I_{CE} chạy qua Transistor.

Qua việc phân tích trên và qua qui ước chiều dòng điện ngược với chiều chuyển động của các điện tử nên dòng điện sẽ xuất phát từ cực E, qua tiếp giáp J_{EB} tạo thành dòng I_B và tiếp tục qua tiếp giáp J_{BC} tạo thành dòng I_C . Từ đó, ta rút ra hệ thức cơ bản về các dòng trong transistor:

$$I_E = I_B + I_C$$

4.1.3. Nguyên lý hoạt động của Transistor P - N - P:

Sự hoạt động của Transistor P - N - P hoàn toàn tương tự Transistor N - P - N nhưng cực tính của các nguồn điện U_{CE} và U_{BE} ngược lại. Dòng I_C đi từ E sang C còn dòng I_B đi từ E sang B.



Hình 2.19: Mạch khảo sát về nguyên tắc hoạt động của transistor P – N - P.

4.2. Phân loại, cấu tạo thực tế và các thông số cơ bản:

4.2.1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của Transistor:

- Dòng điện cực đại : Là dòng điện giới hạn của transistor, vượt qua dòng giới hạn này Transistor sẽ bị hỏng.

- Điện áp cực đại : Là điện áp giới hạn của transistor đặt vào cực CE , vượt qua điện áp giới hạn này Transistor sẽ bị đánh thủng.

- Tần số cắt : Là tần số giới hạn mà Transistor làm việc bình thường, vượt quá tần số này thì độ khuếch đại của Transistor bị giảm .

- Hệ số khuếch đại : Là tỷ lệ biến đổi của dòng I_{CE} lớn gấp bao nhiêu lần dòng I_{BE}

- Công suất cực đại : Khi hoạt động Transistor tiêu tán một công suất

$$P = U_{CE} \cdot I_{CE}$$

Nếu công suất này vượt quá công suất cực đại của Transistor thì Transistor sẽ bị hỏng.

4.2.2. Phân loại, cấu tạo thực tế:

a. Phân loại: Người ta phân loại transistor theo nhiều quan điểm khác nhau.

- Theo cấu trúc của các khối bán dẫn tạo thành mặt ghép: có hai loại transistor là

+ Transistor có cấu trúc n – p - n còn được gọi là transistor ngược.

+ Transistor có cấu trúc p – n - p còn được gọi là transistor thuận.

- Theo công suất tiêu tán lớn nhất cho phép của transistor, thông số này liên quan đến dòng điện, điện áp giới hạn của transistor.

+ Transistor công suất nhỏ.

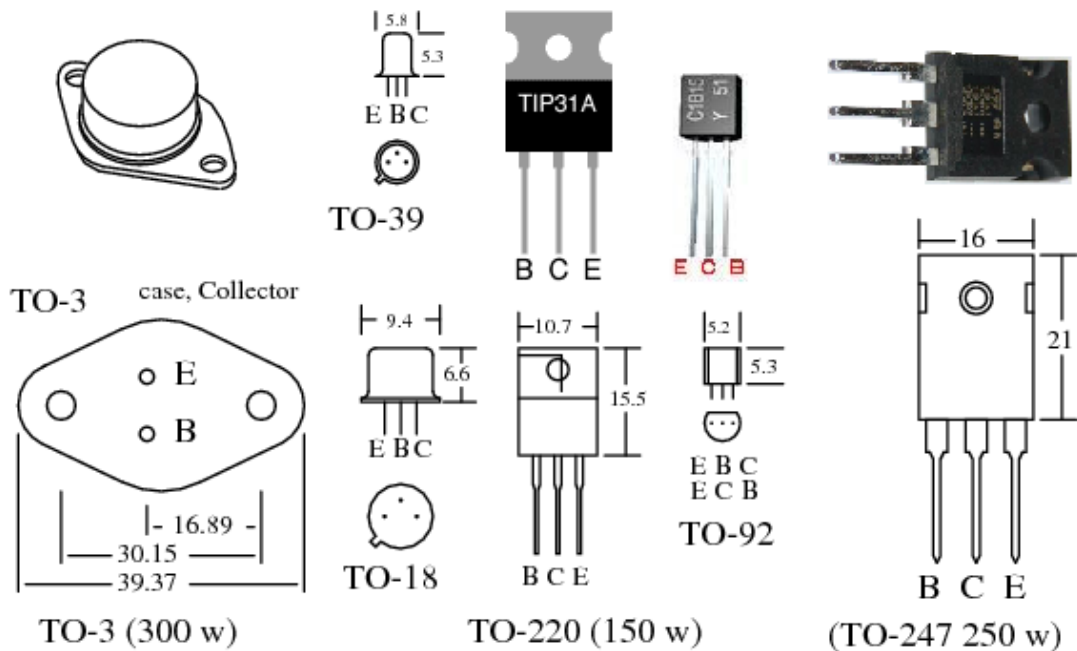
+ Transistor công suất trung bình.

+ Transistor công suất lớn.

- Theo tần số giới hạn mà transistor có thể làm việc được bình thường mà không ảnh hưởng đến các thông số khác.

- + Transistor làm việc ở tần số thấp còn gọi là transistor âm tần.
- + Transistor làm việc ở tần số cao còn gọi là transistor cao tần

b. Cấu tạo thực tế của transistor:



Hình 2.20: Một số hình dạng và qui cách đóng vỏ của transistor.

* Sau khi tạo được các mặt ghép bán dẫn của ba khối bán dẫn P và N, người ta đưa ra ba điện cực còn gọi là chân của transistor và đóng vỏ cho transistor.

- Vỏ của transistor thực tế chủ yếu gồm hai loại vật liệu là Plastic và kim loại.

- Dạng hình học của transistor có hình bán trụ, hình hộp dẹt, loại này thường đóng vỏ bằng Plastic. Dạng hình trụ tròn dẹt thường có vỏ bằng kim loại.

- Transistor thực tế có kích thước phong phú và đa dạng.

- Trên bề mặt của transistor có ghi các mã số ký hiệu đặc trưng cho đặc tính kỹ thuật của transistor để người dùng có thể tra cứu trong các sổ tay kỹ thuật.

* Mã số, hình dáng Transistor: Hiện nay trên thị trường có nhiều loại Transistor của nhiều nước sản xuất nhưng thông dụng nhất là các transistor của Nhật bản, Mỹ và Trung quốc.

- Transistor Nhật bản : thường ký hiệu là A..., B..., C..., D...

Ví dụ A564, B733, C828, D1555 trong đó các

+ Transistor ký hiệu là A và B là Transistor thuận PNP.

+ Transistor ký hiệu là C và D là Transistor ngược NPN.

+ Các Transistor A và C thường có công suất nhỏ và tần số làm việc cao.

+ Các Transistor B và D thường có công suất lớn và tần số làm việc thấp hơn.

- Transistor do Mỹ sản xuất. thường ký hiệu là 2N...

Ví dụ 2N3055, 2N4073 vv...

- Transistor do Trung quốc sản xuất: Bắt đầu bằng số 3, tiếp theo 2 chữ cái.

+ Chữ cái thứ nhất cho biết loại bóng:

Chữ A và B là bóng thuận,

Chữ C và D là bóng ngược,

+ Chữ thứ hai cho biết đặc điểm:

X và P là bóng âm tần,

A và G là bóng cao tần.

- Các chữ số ở sau chỉ thứ tự sản phẩm.

Ví dụ : 3CP25, 3AP20 vv..

b. Qui định chân cho Transistor.

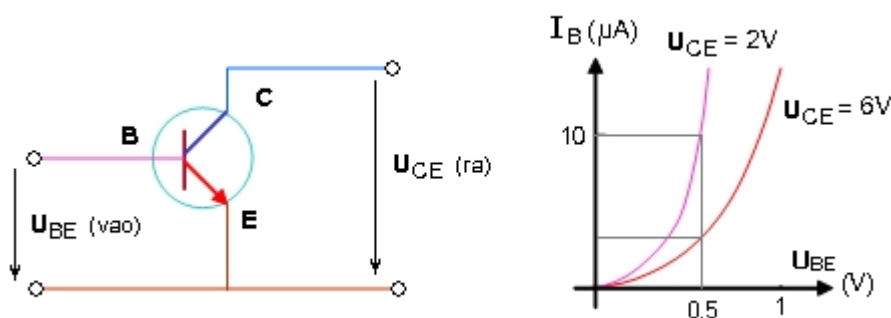
5. CÁC CÁCH MẮC VÀ CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA TRANSISTOR BJT:

5.1. Các cách mắc mạch cơ bản:

5.1.1. Mạch emitter chung (EC - Emitter Common):

a. Đặc điểm:

Trong cách mắc EC, điện áp vào được mắc giữa cực bazơ và cực emitter, còn điện áp ra lấy từ cực collector và cực emitter.



Hình 2.21: Sơ đồ mắc theo kiểu EC và họ đặc tuyến vào.

b. Đặc tuyến vào:

Đặc tuyến vào biểu thị mối quan hệ giữa điện áp vào U_{BE} với dòng điện vào I_B khi giữ nguyên điện áp U_{CE} .

- Cách xác định: Giữ nguyên điện áp U_{CE} , thay đổi trị số điện áp U_{BE} ghi các trị số I_B tương ứng sau đó dựng đồ thị quan hệ này. Thay đổi U_{CE} đến một giá trị cố định khác và làm lại tương tự sẽ được đường cong thứ hai. Tiếp tục làm như vậy sẽ có một họ đặc tuyến vào của tranzito mắc chung emitter.

- Từ sơ đồ, ta có nhận xét đặc tuyến vào của tranzito mắc chung emitter giống như đặc tuyến của chuyển tiếp p - n phân cực thuận, vì dòng I_B trong trường hợp này là một phần của dòng tổng I_E chảy qua chuyển tiếp emitter phân cực thuận.

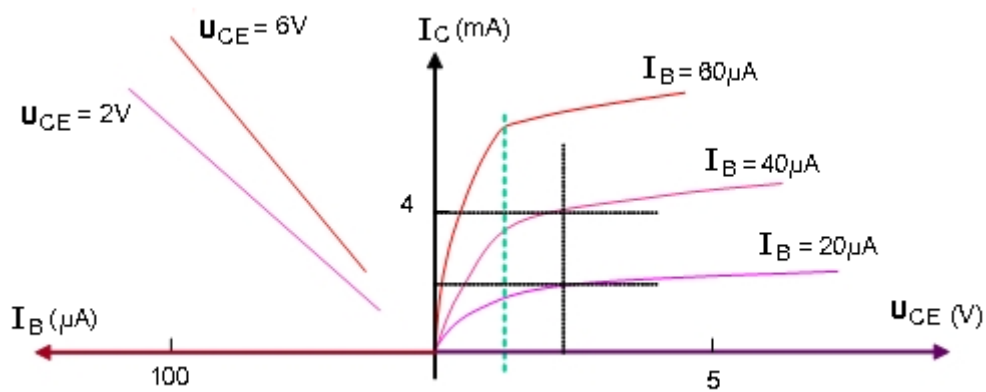
- Ứng với một giá trị U_{BE} nhất định dòng I_B càng nhỏ khi U_{CE} càng lớn vì

khi tăng U_{CE} tức là tăng U_{CB} (ở đây giá trị điện áp là giá trị tuyệt đối) làm cho miền điện tích không gian của chuyển tiếp colector rộng ra chủ yếu về phía miền bazơ pha tạp yếu. Điện áp U_{CB} càng lớn thì tỉ lệ hạt dẫn đến colector càng lớn, số hạt dẫn bị tái hợp trong miền bazơ và đến cực bazơ để tạo thành dòng bazơ càng ít, do đó dòng bazơ nhỏ đi.

c. Đặc tuyến ra:

Đặc tuyến ra biểu thị mối quan hệ giữa điện áp ra U_{CE} với dòng điện ra I_C khi giữ nguyên dòng điện vào I_B .

- Để vẽ đặc tuyến ra của tranzito mắc CE, cần giữ dòng I_B ở một trị số cố định nào đó, thay đổi điện áp U_{CE} và ghi lại giá trị tương ứng của dòng I_C kết quả vẽ được đường cong sự phụ thuộc của I_C vào U_{CE} với dòng I_C coi dòng I_B là tham số.



Hình 2.22: Đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt của tranzito mắc EC

- Từ họ đặc tuyến này có nhận xét sau:

+ Tại miền khuếch đại độ dốc của đặc tuyến khá lớn vì trong cách mắc này dòng I_E không giữ cố định khi tăng U_{CE} độ rộng hiệu dụng miền bazơ hẹp lại làm cho hạt dẫn đến miền colector nhiều hơn do đó dòng I_C tăng lên.

+ Khi U_{CE} giảm xuống 0 thì I_C cũng giảm xuống 0 (các đặc tuyến đều qua gốc tọa độ). Sở dĩ như vậy vì điện áp ghi trên trục hoành là $U_{CE} = U_{CB} + U_{BE}$ như vậy tại điểm uốn của đặc tuyến, U_{CB} giảm xuống 0, tiếp tục giảm U_{CE} sẽ làm cho chuyển tiếp colector phân cực thuận. Điện áp phân cực này đẩy những hạt dẫn thiểu số tạo thành dòng colector quay trở lại miền bazơ, kết quả khi $U_{CE} = 0$ thì I_C cũng bằng 0.

+ Nếu tăng U_{CE} lên quá lớn thì dòng I_C sẽ tăng lên đột ngột (đường đứt đoạn trên hình), đó là miền đánh thủng tiếp giáp J_{BC} của tranzito. (Tương tự như đặc tuyến ngược của diốt, khi U_{CE} tăng quá lớn tức là điện áp phân cực ngược U_{CB} lớn tới một giá trị nào đó, tại chuyển tiếp colector sẽ xảy ra hiện tượng đánh thủng do hiệu ứng thác lũ và hiệu ứng Zener làm dòng I_C tăng đột ngột). Bởi vì khi tranzito làm việc ở điện áp U_{CE} lớn cần có biện pháp hạn chế dòng I_C để phòng tránh tranzito bị hủy bởi dòng I_C quá lớn.

d. Đặc tuyến truyền đạt:

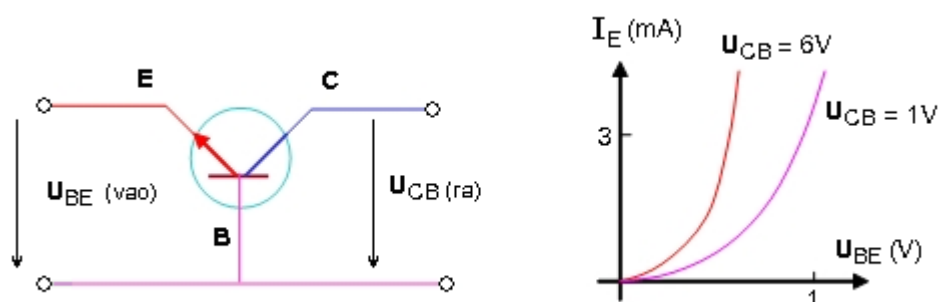
Đặc tuyến truyền đạt biểu thị mối quan hệ giữa dòng ra I_C và dòng vào I_B khi U_{CE} cố định.

- Đặc tuyến này có thể nhận được bằng cách giữ nguyên điện áp U_{CE} , thay đổi dòng bazơ I_B ghi lại giá trị tương ứng I_C trên trục tọa độ, thay đổi các giá trị của U_{CE} làm tương tự như trên có họ đặc tuyến truyền đạt, cũng có thể suy ra họ đặc tuyến này từ các đặc tuyến ra. Cách làm như sau: tại vị trí U_{CE} cho trước trên đặc tuyến ra vẽ đường song song với trục tung, đường này cắt họ đặc tuyến ra ở những điểm khác nhau. Tương ứng với các giao điểm này tìm được giá trị I_C . Trên hệ tọa độ I_C, I_B có thể vẽ được những điểm thoả mãn cặp trị số I_C, I_B vừa tìm được, nối các điểm này với nhau sẽ được đặc tuyến truyền đạt cần tìm.

5.1.2. Mạch chung bazơ (BC - Base Common):

a. Đặc điểm:

Tranzito nối mạch theo kiểu chung bazơ là cực bazơ dùng chung cho cả đầu vào và đầu ra. Tín hiệu vào được đặt giữa hai cực emitor và bazơ, còn tín hiệu ra lấy từ cực colectơ và bazơ.



Hình 2.23: Sơ đồ mắc theo kiểu BC và họ đặc tuyến vào.

b. Đặc tuyến vào:

Biểu thị mối quan hệ giữa điện áp vào U_{EB} với dòng điện vào I_E khi điện áp ra U_{CB} không đổi.

- Giữ U_{CB} ở một giá trị không đổi, thay đổi giá trị U_{BE} sau đó ghi lại giá trị dòng I_E tương ứng. Biểu diễn kết quả này trên trục tọa độ sẽ nhận được đặc tuyến vào ứng với trị U_{CB} đã biết. Thay đổi các giá trị cố định của U_{CB} làm tương tự như trên sẽ được họ đặc tuyến vào.

- Vì chuyển tiếp emitor luôn phân cực thuận cho nên đặc tuyến vào của mạch chung bazơ cơ bản giống như đặc tuyến thuận của điốt. Ứng với điện áp vào U_{EB} cố định dòng vào I_E càng lớn khi điện áp U_{CB} càng lớn, vì điện áp U_{CB} phân cực ngược chuyển tiếp colectơ khi nó tăng lên làm miền điện tích không gian rộng ra, làm cho khoảng cách hiệu dụng giữa emitor và colectơ ngắn lại do đó làm dòng I_E tăng lên.

c. Đặc tuyến ra:

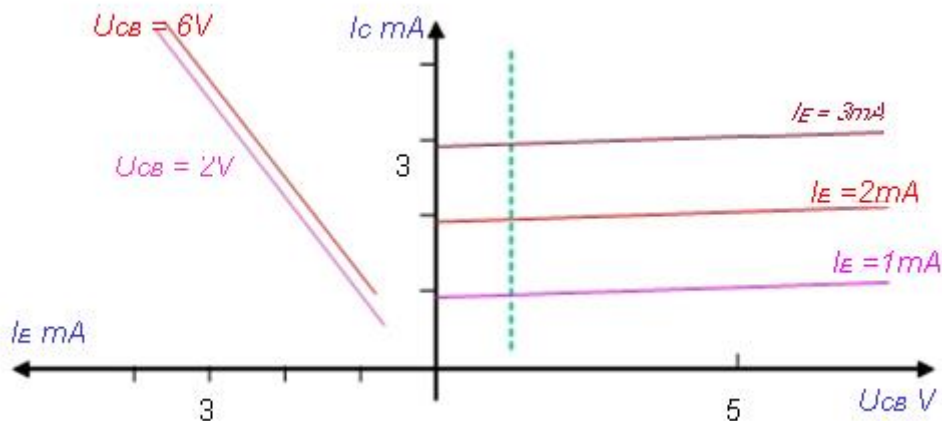
Biểu thị mối quan hệ giữa I_C với U_{CB} khi giữ dòng vào I_E ở một giá trị cố

định.

- Giữ dòng I_E ở một giá trị cố định nào đó, biến đổi giá trị của U_{CB} ghi lại các giá trị I_C tương ứng, sau đó biểu diễn kết quả trên trục tọa độ sẽ được đặc tuyến ra. Thay đổi các giá trị I_E sẽ được họ đặc tuyến ra.

- Từ hình vẽ ta có nhận xét là đối với I_E cố định, I_C gần bằng I_E . Khi U_{CB} tăng lên I_C tăng không đáng kể điều này nói lên rằng hầu hết các hạt dẫn được phun vào miền bazơ từ miền emitor đều đến được colectơ. Dĩ nhiên dòng I_C bao giờ cũng phải nhỏ hơn dòng I_E . Khi U_{CB} tăng làm cho độ rộng miền điện tích không gian colectơ lớn lên, độ rộng hiệu dụng của miền bazơ hẹp lại, số hạt dẫn đến được miền colectơ so với khi U_{CB} nhỏ hơn, nên dòng I_C lớn lên. Khác với trường hợp đặc tuyến ra mắc CE khi điện áp tạo ra U_{CB} giảm tới 0. Điều này có thể giải thích như sau:

- Khi điện áp ngoài U_{CB} giảm đến 0, bản thân chuyển tiếp colectơ vẫn còn điện thế tiếp xúc, chính điện thế tiếp xúc colectơ đã cuốn những hạt dẫn từ bazơ sang colectơ làm cho dòng I_C tiếp tục chảy. Để làm dừng hẳn I_C thì chuyển tiếp colectơ phải được phân cực thuận với giá trị nhỏ nhất là bằng điện thế tiếp xúc, khi ấy điện thế trên chuyển tiếp colectơ sẽ bằng 0 hoặc dương lên, làm cho các hạt dẫn từ bazơ không thể chuyển sang colectơ ($I_C = 0$).



Hình 2.24: Đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt của sơ đồ mắc BC.

- Nếu tăng điện áp ngược U_{CB} đến một giá trị nhất định nào đó (gọi là điện áp đánh thủng) dòng I_C tăng lên đột ngột có thể dẫn đến làm hỏng tranzito hiện tượng đánh thủng này do một trong hai nguyên nhân: Hoặc là do hiệu ứng thác lũ hoặc hiệu ứng Zener như trường hợp điốt, hoặc là do hiện tượng xuyên thủng (do điện áp ngược U_{CB} lớn làm miền điện tích không gian của miền chuyển tiếp colectơ mở rộng ra tới mức tiếp xúc với miền điện tích không gian chuyển tiếp emitor, kết quả làm dòng I_C tăng lên đột ngột).

d. Đặc tuyến truyền đạt:

Biểu thị quan hệ giữa dòng ra I_C và dòng vào I_E khi điện áp ra giữ cố định.

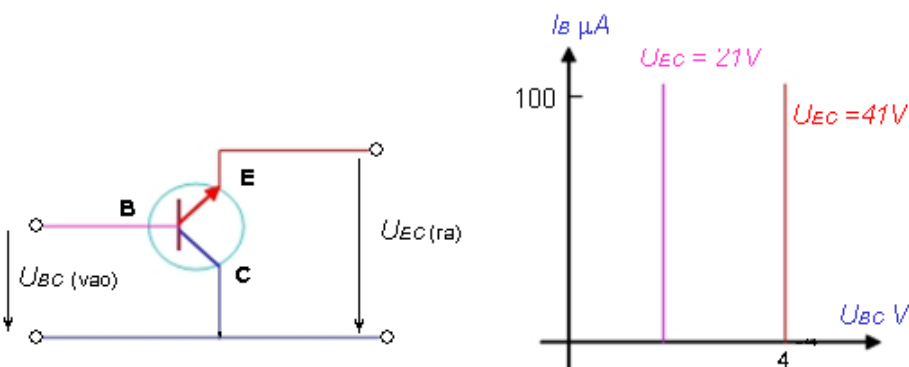
- Để vẽ đặc tuyến này có thể làm bằng hai cách: giữ nguyên điện áp U_{CB} thay đổi dòng vào I_E , ghi lại các kết quả tương ứng dòng I_C , sau đó biểu diễn các

kết quả thu được trên tạo độ sẽ được đặc tuyến truyền đạt. Thay đổi giá trị cố định U_{CB} sẽ được họ đặc tuyến truyền đạt như hình. Hoặc bằng cách suy ra từ đặc tuyến ra : từ điểm U_{CB} cho trước trên đặc tuyến ta vẽ đường song song với trục tung, đường này sẽ cắt họ đặc tuyến ra tại các điểm ứng với I_E khác nhau từ các giao điểm này có thể tìm được trên trục tung các giá trị I_C tương ứng. Căn cứ vào các cặp giá trị I_E, I_C này có thể vẽ đặc tuyến truyền đạt ứng với một điện áp U_{CB} cho trước, làm tương tự với các giá trị U_{CB} khác nhau sẽ được họ đặc tuyến truyền đạt như hình

5.1.3. Mạch chung collector (CC - Collector Common):

a. Đặc điểm:

Mạch chung collector của transistor là mạch có cực collector dùng chung cho cả tín hiệu vào và tín hiệu ra.



Hình 2.25: Sơ đồ mắc theo kiểu CC và họ đặc tuyến vào.

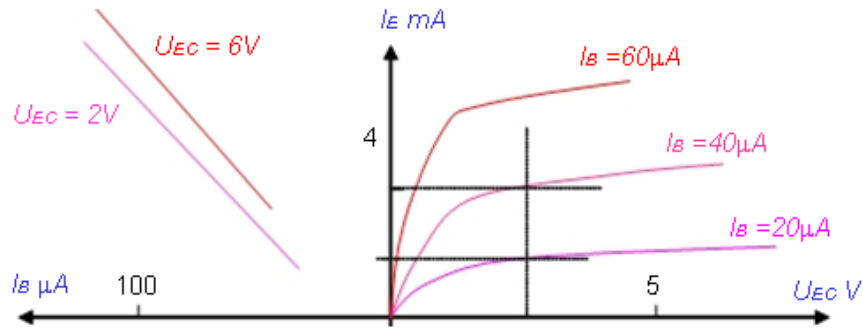
b. Đặc tuyến vào:

Biểu thị mối quan hệ giữa dòng điện vào I_B với điện áp vào U_{CB} khi điện áp ra U_{CE} không đổi.

Nó có dạng khác hẳn so với các đặc tuyến vào của hai cách mắc EC và BC xét trước đây. Đó là vì trong kiểu mắc mạch này điện áp vào U_{CB} phụ thuộc rất nhiều vào điện áp ra U_{CE} (khi làm việc ở chế độ khuếch đại, điện áp U_{CB} đối với transistor Silic luôn giữ khoảng 0.7V, còn transistor Gecmani vào khoảng 0.3V trong khi đó điện áp U_{CE} biến đổi trong khoảng rộng).

b. Đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt:

Đặc tuyến ra của tranzito mắc CC mô tả quan hệ giữa dòng I_E và điện áp U_{CE} khi dòng vào I_B không đổi. Đặc tuyến truyền đạt trong trường hợp này mô tả quan hệ giữa dòng ra I_E và dòng vào I_B khi điện áp U_{CE} không đổi. Trong thực tế có thể coi $I_C \approx I_E$ cho nên đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt trường hợp mắc chung collector tương tự như trường hợp mắc chung emitter.



Hình 2. 26: Đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt của mạch mắc CC.

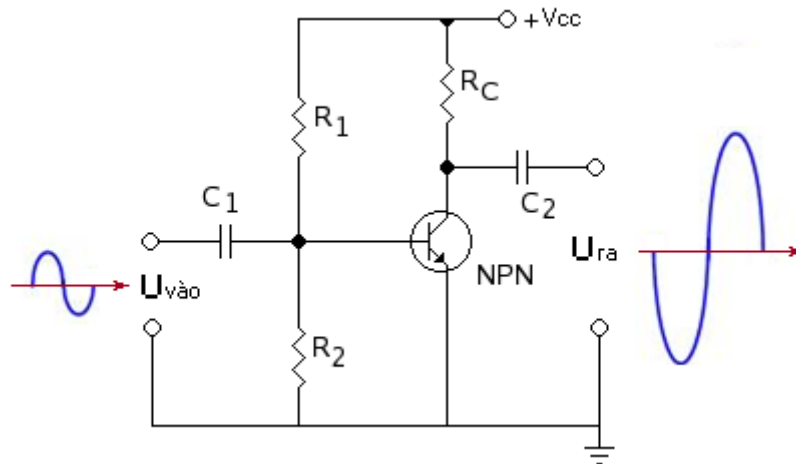
5.2. Các chế độ làm việc:

5.2.1. Khái quát chung:

Các chế độ hoạt động của mạch khuếch đại là phụ thuộc vào chế độ phân cực cho Transistor, tùy theo mục đích sử dụng mà mạch khuếch đại được phân cực để KĐ ở chế độ A, chế độ B, chế độ AB hoặc chế độ C

5.2.2. Mạch khuếch đại ở chế độ A:

- Là các mạch khuếch đại cần lấy ra tín hiệu hoàn toàn giống với tín hiệu ngõ vào.



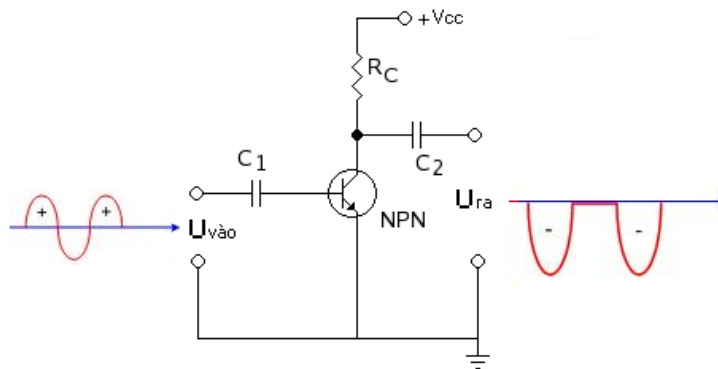
Hình 2.27: Mạch khuếch đại chế độ A với dạng tín hiệu vào/ra.

* Để Transistor hoạt động ở chế độ A, ta phải tính toán các thông số của mạch sao cho điện áp $U_{CE} \approx 60\% \div 70\% V_{cc}$.

* Mạch khuếch đại ở chế độ A được sử dụng trong các mạch trung gian như khuếch đại cao tần, khuếch đại trung tần, tiền khuếch đại v v..

5.2.3. Mạch khuếch đại ở chế độ B, AB:

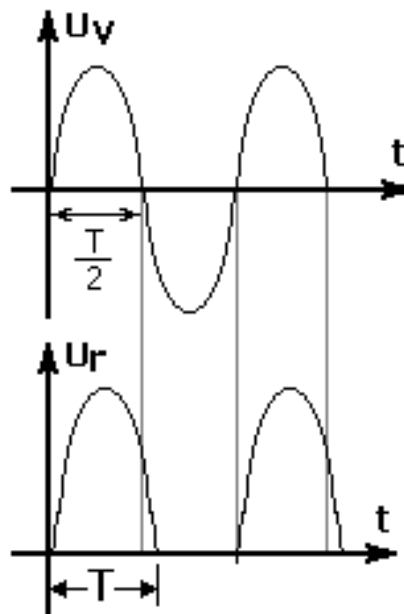
- Mạch khuếch đại chế độ B là mạch chỉ khuếch đại một nửa chu kỳ của tín hiệu, nếu khuếch đại bán kỳ dương ta dùng transistor N – P - N, nếu khuếch đại bán kỳ âm ta dùng transistor P – N - P, mạch khuếch đại ở chế độ B không có điện áp phân cực thuận cho tiếp giáp J_{BE} từ nguồn một chiều cố định mà điện áp phân cực thuận cho tiếp giáp J_{BE} lấy từ điện áp của tín hiệu đầu vào.



Hình 2.28: Mạch khuếch đại chế độ B với dạng tín hiệu vào/ra.

- Mạch khuếch đại chế độ B thường được sử dụng trong các mạch khuếch đại công suất đẩy kéo như công suất âm tần, công suất màn hình của Ti vi, trong các mạch công suất đẩy kéo, người ta dùng hai đèn N – P - N và P – N - P mắc nối tiếp, mỗi đèn sẽ khuếch đại một bán chu kỳ của tín hiệu, hai đèn trong mạch khuếch đại đẩy kéo phải có các thông số kỹ thuật như nhau.

- Mạch khuếch đại ở chế độ AB: Mạch khuếch đại ở chế độ AB là mạch khuếch đại mà tín hiệu ở đầu ra tồn tại trong khoảng thời gian lớn hơn quá nửa chu kỳ tín hiệu vào. Mạch này khắc phục hiện tượng méo giao điểm của mạch khuếch đại chế độ B, mạch này cũng được sử dụng trong các mạch công suất đẩy kéo.

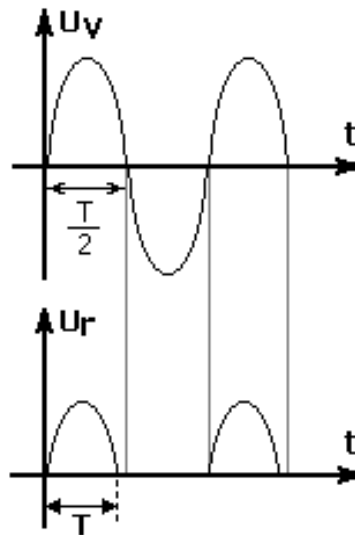


Hình 2.9: Dạng sóng ra chế độ AB lớn hơn nửa chu kỳ tín hiệu vào.

5.2.4. Mạch khuếch đại ở chế độ C:

- Mạch khuếch đại ở chế độ C là mạch khuếch đại mà tín hiệu ở đầu ra tồn tại trong khoảng thời gian nhỏ hơn nửa chu kỳ tín hiệu vào. Mạch này thường sử dụng trong các mạch tách tín hiệu: Thí dụ mạch tách xung đồng bộ trong ti vi màu.

- Mạch này có điện áp U_{BE} được phân cực ngược.



Hình 2.30: Dạng sóng ra chế độ C nhỏ hơn nửa chu kỳ tín hiệu vào.

6. PHÂN CỰC CHO TRANSISTOR BJT:

6.1. Phương pháp chung:

Muốn tranzito làm việc như một phần tử tích cực thì các phần tử của transistor phải thỏa mãn điều kiện thích hợp. Những tham số này của transistor như ở mục trước đã biết, phụ thuộc rất nhiều vào điện áp phân cực các chuyển tiếp colectơ và emitor. Nói một cách khác các giá trị tham số phụ thuộc vào điểm công tác của transistor. Một cách tổng quát, dù transistor được mắc mạch theo kiểu nào, muốn nó làm việc ở chế độ khuếch đại cần có các điều kiện sau:

- Chuyển tiếp emitor - bazơ luôn phân cực thuận.
- Chuyển tiếp bazơ - colectơ luôn phân cực ngược.

Có thể minh họa điều này qua ví dụ xét transistor loại p – n - p. Nếu gọi U_E , U_B , U_C lần lượt là điện thế của emitor, bazơ, colectơ, căn cứ vào các điều kiện phân cực kể trên thì giữa các điện thế này phải thỏa mãn điều kiện:

$$U_E > U_B > U_C$$

Hãy xét điều kiện phân cực cho từng loại mạch.

- Từ mạch chung bazơ với chiều mũi tên là hướng dương của điện áp và dòng điện, có thể xác định được cực tính của điện áp và dòng điện các cực khi tranzito mắc CB như sau:

$$U_{EB} = U_E - U_B > 0 \quad I_E > 0$$

$$U_{CB} = U_C - U_B > 0 \quad I_C < 0$$

Căn cứ vào đẳng thức điều kiện, điện áp U_{CB} âm, dòng I_C cũng âm có nghĩa là hướng thực tế của điện áp và dòng điện này ngược với hướng mũi tên trên hình.

- Từ mạch chung emitor hình, lý luận tương tự như trên, có thể xác định được cực tính của điện áp và dòng điện các cực như sau:

$$U_{BE} = U_B - U_E < 0 \quad I_B < 0$$

$$U_{CE} = U_C - U_E < 0 \quad I_C < 0$$

- Với mạch chung collector, căn cứ vào chiều qui định trên sơ đồ và đẳng thức điều kiện có thể viết:

$$U_B - U_C > 0 \quad I_B < 0$$

$$U_{CE} = U_C - U_E < 0 \quad I_E < 0$$

Đối với tranzito n - p - n điều kiện phân cực để nó làm việc ở chế độ khuếch đại là:

$$U_E < U_B < U_C$$

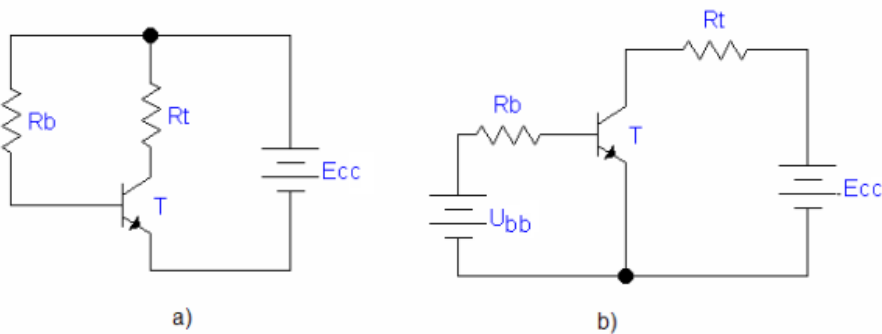
6.2. Phương pháp định dòng bazơ:

Nếu transistor được mắc như hình vẽ, dòng I_B từ nguồn một chiều cung cấp cho transistor sẽ không đổi, bởi vậy người ta gọi điều kiện phân cực này là phân cực bằng dòng không đổi. Có thể có hai cách tạo ra dòng cố định.

- Trường hợp thứ nhất như hình 2.31a dùng một nguồn một chiều E_{CC} . Dòng I_B được cố định bằng E_{CC} và R_B . Từ hình vẽ, ta tính được:

$$I_B = (E_{CC} - U_{BE})/R_B$$

Với $U_{BE} \ll E_{CC}$ nên biểu thức có thể viết lại $I_B \approx E_{CC}/R_B$



Hình 2.31: Mạch phân cực dòng I_B cố định

(a) Mạch một nguồn; (b) Mạch hai nguồn.

- Trường hợp thứ hai như hình 2.31b. Người ta dùng hai nguồn một chiều. Hai mạch này hoàn toàn tương đương nhau. Nếu $E_{CC} = U_{bb}$ có thể suy ra từ những biểu thức cho việc tính toán thiết kế mạch phân cực dòng cố định áp dụng định luật Kiếckhốp (Kirchhoff cho vòng mạch bazơ và chú ý rằng ở đây $U_{bb} = E_{CC}$ có thể viết

$$E_{CC} = I_B \cdot R_B + U_{BE}$$

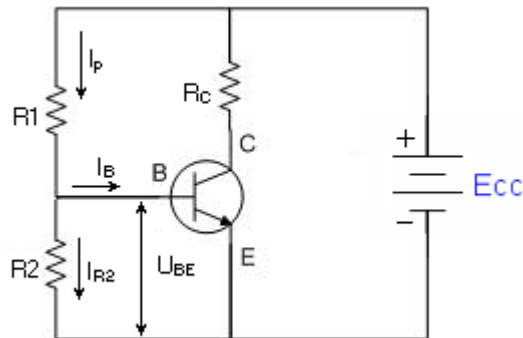
- Khi làm việc, chuyên tiếp emitter luôn phân cực thuận cho nên U_{BE} thường rất nhỏ (từ 0,2v đến 0,7V) và trong biểu thức có thể bỏ qua, như vậy có thể viết:

$$E_{CC} = I_B \cdot R_B \rightarrow I_B \approx E_{CC} / R_B$$

- Sơ đồ phân cực tranzito bằng dòng cố định có hệ số ổn định nhiệt S phụ thuộc vào hệ số khuếch đại dòng tĩnh, nghĩa là khi dùng loại mạch này muốn thay đổi độ ổn định nhiệt chỉ có một cách là thay đổi tranzito thường lớn cho nên hệ số S của loại mạch này lớn và do đó ổn định nhiệt kém. Trong thực tế cách phân cực cho tranzito như hình chỉ dùng khi yêu cầu ổn định nhiệt không cao.

6.3. Phương pháp định áp bazơ:

- Để có thể khuếch đại được nhiều nguồn tín hiệu mạnh yếu khác nhau, mạch định thiên sử dụng R_1 và R_2 là cầu phân áp mắc vào nguồn E_{cc} , trong đó phần sụt áp trên điện trở R_2 được đưa vào phân cực cho cực B của transistor.



Hình 2.32: Mạch định thiên bằng định áp Bazo

- Điện áp định thiên cho tiếp giáp BE của transistor: $U_{BE} = I_{R2} \cdot R_2$
 mà $I_{R2} = I_P - I_B$; do dòng $I_B \ll I_P$ nên có thể bỏ qua I_B và tính gần đúng

$$U_{BE} \approx I_P \cdot R_2$$

- Mặt khác dòng I_P được xác định: $I_P = E_{cc} / (R_1 + R_2)$

Nên giá trị U_{BE} được xác định: $U_{BE} = E_{cc} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$

- Trong biểu thức, các giá trị E_{cc} ; R_1 ; R_2 là những trị số cố định nên U_{BE} có giá trị cố định.

- Trong thực tế, để định thiên cho một transistor đã biết với các thông số của nó và nguồn cung cấp E_{cc} cho trước, ta phải xác định giá trị của R_1 và R_2 để đảm bảo cho dòng I_P tạo nên sụt áp U_{BE} .

+ Thông thường, giá trị I_P được chọn lớn hơn I_B khoảng 20 lần $\rightarrow I_P = 20I_B$

+ Ta có: $I_P = 20 \cdot I_C / \beta$ (β là hệ số khuếch đại dòng điện, tra trong sổ tay đèn)

+ Do vậy ta có: $(R_1 + R_2) = E_{cc} \cdot \beta / 20I_C$

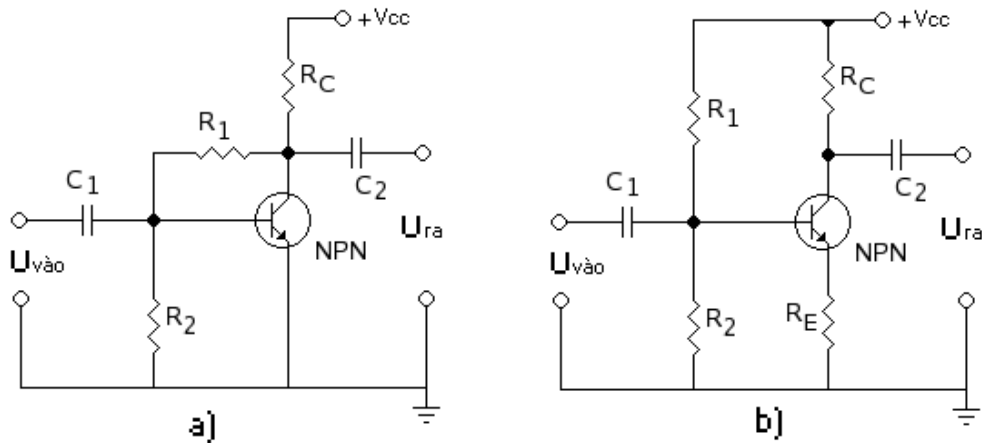
+ Mặt khác ta có: $R_2 / (R_1 + R_2) = U_{BE} / E_{cc}$.

+ Suy ra: $R_2 = \beta \cdot U_{BE} / 20I_C$

$$R_1 = \beta \cdot (E_{cc} - U_{BE}) / 20I_C$$

* Mạch định thiên có hồi tiếp:

Là mạch có sử dụng cách lấy hồi tiếp âm từ đầu ra quay trở về đầu vào có tác dụng tăng độ ổn định nhiệt cho transistor khi làm việc.



Hình 2.33: Mạch định thiên kiểu có hồi tiếp

a) Hồi tiếp âm điện áp; b) Hồi tiếp âm dòng điện.

- Với mạch sử dụng hồi tiếp âm điện áp, điện trở R_1 không được mắc về $+V_{cc}$ mà được mắc về cực C của transistor nhằm lấy điện áp đầu ra của đèn quay trở về để cung cấp nguồn cho cầu phân áp.

- Với mạch sử dụng hồi tiếp âm dòng điện, người ta mắc thêm điện trở R_E tại chân E của transistor.

- Cả hai mạch đều có tác dụng ổn định nhiệt cho transistor. Khi làm việc, nhiệt độ trên transistor sẽ biến thiên khiến dòng ra I_C không ổn định. Thông qua sự tham chiếu của dòng ra I_C này, lượng điện áp sụt trên R_C (mạch a) hoặc sụt trên R_E (mạch b) sẽ quay về bù trừ cho điện áp phân cực U_{BE} của transistor có tác dụng điều chỉnh độ mở của transistor ngược với sự tăng giảm của dòng ra I_C và luôn giữ cho I_C ở một giá trị ổn định.

7. TRANSISTOR BJT LÀM VIỆC Ở CHẾ ĐỘ KHÓA:

7.1. Khái quát chung:

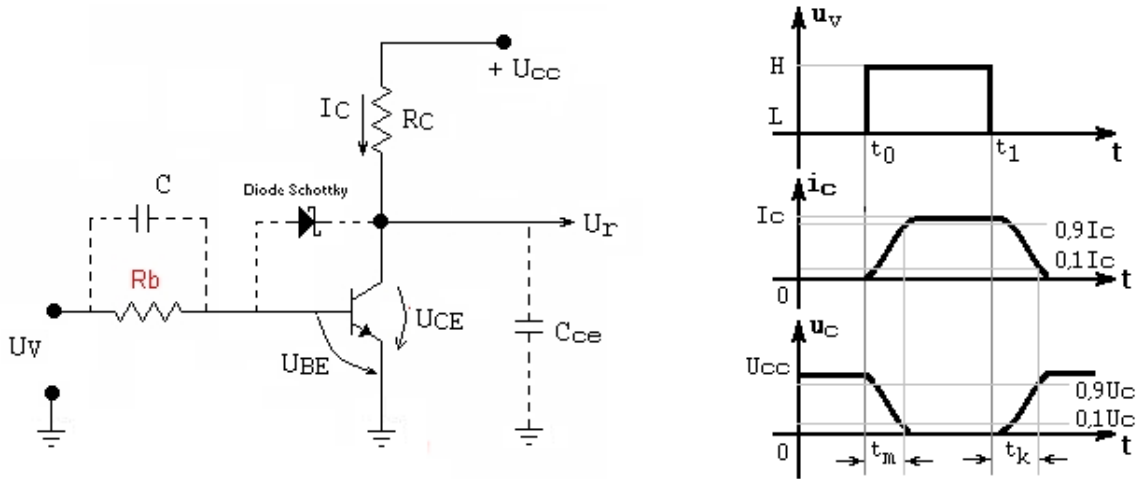
- Khóa Transistor là những phần tử cơ bản của kỹ thuật xung - số. Transistor dùng làm khóa có thể là Transistor lưỡng cực (BJT) hoặc Transistor trường MOS. Khi sử dụng, Transistor như một khóa đóng /cắt, tùy theo tín hiệu điều khiển ở đầu vào, Transistor có thể làm việc ở một trong hai chế độ:

- Chế độ dẫn bão hòa, dòng qua Transistor đạt tới giá trị lớn nhất cho phép, ta nói Transistor mở (dẫn).

- Chế độ khóa, dòng qua Transistor coi như bằng 0, ta nói Transistor khóa.

7.2. Nguyên lý làm việc:

- Mạch điện:



Hình 2.34: Mạch transistor ở chế độ khóa và đồ thị quan hệ dòng áp vào/ra

- U_V là điện áp điều khiển đầu vào.

- Sơ đồ sử dụng transistor loại Si có dòng cực góp ở chế độ khóa rất nhỏ

$$i_c = I_{c0} \approx 0$$

Trong đó I_{c0} là dòng ngược của miền tiếp giáp gốc - phát.

- Điện áp khóa của transistor: $U_{BE} = U_{Khóa} \approx (0.6 - 0.7) V$ là đủ lớn.

- Tại thời điểm t_0 , khi U_V ở mức cao (H) sao cho điện áp U_{BE} lớn hơn điện áp khóa $U_{khóa} = U_K$ thì transistor chuyển từ chế độ khóa với $I_C \approx 0$ sang chế độ dẫn bão hòa.

- Ở chế độ bão hòa, hai miền tiếp giáp của transistor đều được thiên áp thuận và điện áp trên các cực sẽ là:

$$U_{BE} \approx 0.7V ; U_{BC} \approx 0.5V ; U_{CE} \approx 0.1V$$

- Dòng cực góp khi đó đạt giá trị giới hạn:

$$i_c = I_C = (U_{CC} - U_{CE}) / R_C \approx U_{CC} / R_C$$

- Dòng cực gốc i_B cũng đạt tới giá trị tương ứng với điểm giới hạn bão hòa:

$$i_B = I_B = I_C / \beta = U_{CC} / \beta \cdot R_C$$

Trong đó β là hệ số khuếch đại dòng tĩnh của transistor. Để bảo đảm transistor làm việc ở chế độ bão hòa sâu, khi tính toán ta chọn dòng cực gốc i_B ở chế độ bão hòa lớn hơn giá trị I_B tính theo biểu thức trên.

- Điện áp ra chính là điện áp trên cực góp U_C . Khi bão hòa thì:

$$U_C = U_{CE} = 0.1 V \approx 0$$

- Từ biểu đồ thời gian, cần thiết phải có một thời gian quá độ t_m để transistor chuyển từ trạng thái bão hòa sang trạng thái mở (dẫn bão hòa). Tại thời điểm t_1 , khi U_V ở mức thấp (L) sao cho $U_{BE} < U_K \approx 0.6 V$, transistor sẽ chuyển sang trạng thái khóa với:

$$i_c = I_{c0} \approx 0 \text{ và } u_c = U_{CC} - i_c \cdot R_C \approx +U_{CC}$$

- Để chuyển từ trạng thái khóa sang trạng thái mở cũng cần thời gian quá độ t_k . Thời gian này là cần thiết để triệt tiêu các hạt mang điện trong miền tiếp giáp p-n

của transistor và để tụ ký sinh C_{ce} được nạp đầy. Thời gian khóa t_k lớn hơn thời gian mở t_m và chúng thường trong khoảng từ vài chục ns đến dưới 100ns ($1ns=10^{-9}s$).

7.3. Tăng tốc độ chuyển trạng thái của khóa Transistor BJT:

Để tăng tốc độ chuyển trạng thái cho khóa transistor, người ta thường sử dụng hai phương pháp:

- Nối song song với điện trở cực gốc R_B một điện dung C . Nó sẽ làm ngắn mạch cho dòng i_B ngay tại thời điểm đầu khi U_V xuất hiện nhảy từ mức thấp lên mức cao, làm cho dòng i_B tăng đột biến để kích mở nhanh cho transistor, và sau đó sẽ giảm về giá trị làm việc ổn định. Tức là nó làm giảm được thời gian t_m . Mặt khác khi U_V chuyển từ mức H xuống mức L, tụ C này sẽ lập tức phóng điện qua nguồn tín hiệu điều khiển và qua tiếp giáp phát-gốc của transistor, có tác dụng triệt tiêu nhanh dòng cực gốc và dòng cực góp, làm giảm thời gian quá độ t_k khi transistor chuyển từ dẫn bão hòa sang khóa.

- Đặt một diode schottky phân cực ngược nối giữa cực C với cực B của transistor để dẫn thoát dòng gốc-góp cho transistor khi transistor chuyển từ trạng thái dẫn sang trạng thái khóa, giúp làm giảm được thời gian t_k .

8. TRANSISTOR CÔNG NGHỆ ĐƠN CỰC (FET):

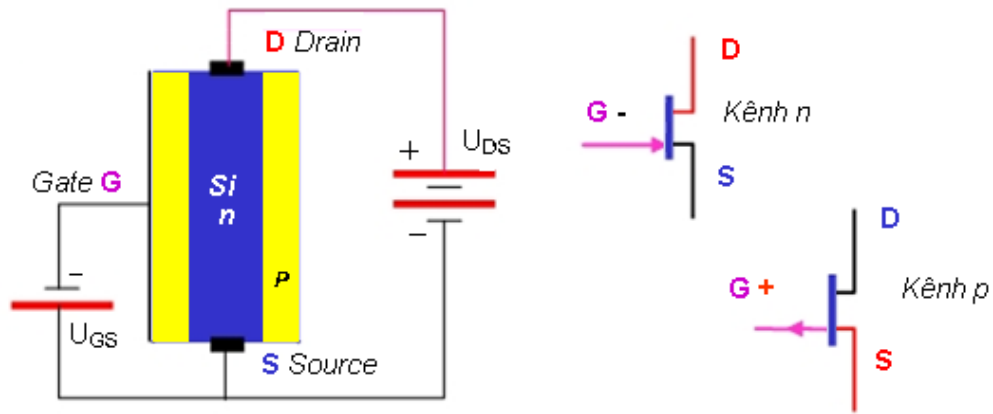
8.1. Khái quát chung:

Khác với tranzito lưỡng cực đã xét ở phần trên có đặc điểm chủ yếu là dòng điện trong chúng do cả hai loại hạt dẫn (điện tử và lỗ trống tự do) tạo nên qua một hệ thống gồm hai mặt ghép p - n. Tranzito trường (còn gọi là tranzito đơn cực FET) hoạt động dựa trên nguyên lý ứng trường, điều khiển độ dẫn điện của đơn tinh thể bán dẫn nhờ tác dụng của 1 điện trường ngoài. Dòng điện trong FET chỉ do một loại hạt dẫn tạo ra. Công nghệ bán dẫn, vì điện tử càng tiến bộ, FET càng tỏ rõ nhiều ưu điểm quang trọng trên hai mặt là xử lý gia công tín hiệu với độ tin cậy cao và mức tiêu hao năng lượng cực bé. Phần này sẽ trình bày tóm tắt những đặc điểm quang trọng nhất của FET về cấu tạo, nguyên lý hoạt động và các tham số đặc trưng đối với hai nhóm chủng loại: FET có cực cửa là tiếp giáp p - n (JFET) và FET có cực cửa cách li (MOSFET hay IGFET).

8.2. Transistor trường có cực cửa tiếp giáp – JFET:

8.2.1. Cấu tạo và ký hiệu qui ước:

Trên đế tinh thể bán dẫn Si - n người ta tạo xung quanh nó 1 lớp bán dẫn p (có tạp chất nồng độ cao hơn so với đế) và đưa ra 3 điện cực là cực nguồn S (Source), cực máng D (Drain) và cực cửa G (Gate). Như vậy hình thành một kênh dẫn điện loại n nối giữa hai cực D và S, cách li với cực cửa G (dùng làm điện cực điều khiển) bởi 1 lớp tiếp xúc p - n bao quanh kênh dẫn. Hoàn toàn tương tự, nếu xuất phát từ đế bán dẫn loại p, ta có loại JFET kênh p với các ký hiệu quy ước phân biệt.



Hình 2.35: Cấu tạo của JFET và ký hiệu qui ước.

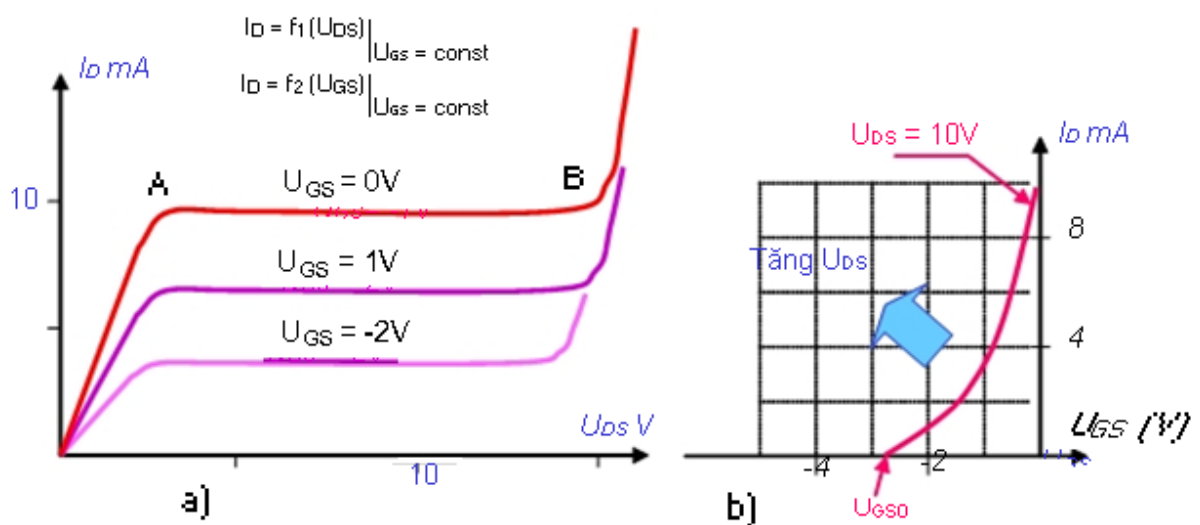
8.2.2. Nguyên lý làm việc:

Để phân cực JFET, người ta dùng hai nguồn điện áp ngoài là $U_{DS} > 0$ và $U_{GS} < 0$ như hình vẽ (với kênh P, các chiều điện áp phân cực sẽ ngược lại, sao cho tiếp giáp p-n bao quanh kênh dẫn luôn được phân cực ngược). Do tác dụng của các điện trường này, trên kênh dẫn xuất hiện 1 dòng điện (là dòng điện tử với kênh n) hướng từ cực D tới cực S gọi là dòng điện cực máng I_D . Dòng I_D có độ lớn tùy thuộc vào các giá trị U_{DS} và U_{GS} vì độ dẫn điện của kênh phụ thuộc mạnh cả hai điện trường này.

Xét đường đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt của JFET để tìm hiểu nguyên lý làm việc nó.

Đường biểu diễn f_1 ứng với vài giá trị không đổi của U_{GS} ta thu được họ đặc tuyến ra của JFET.

Đường biểu diễn f_2 ứng với một giá trị không đổi của U_{DS} cho ta họ đặc tuyến truyền đạt của JFET. Dạng điển hình của các họ đặc tuyến này được cho trên hình 2.36.



Hình 2.36: Họ đặc tuyến ra (a) và đặc tuyến truyền đạt (b) của JFET.

Đặc tuyến ra của JFET chia làm 3 vùng rõ rệt:

- Vùng gần gốc, khi U_{DS} nhỏ, I_D tăng mạnh tuyến tính theo U_{DS} và ít phụ thuộc vào U_{GS} . Đây là vùng làm việc ở đó JFET giống như một điện trở thuần cho tới lúc đường cong bị uốn mạnh (điểm A trên hình 2.36 a ứng với đường $U_{GS} = 0V$).

- Vùng ngoài điểm A được gọi là vùng thắt (vùng bão hoà) khi U_{DS} đủ lớn, I_D phụ thuộc rất yếu vào U_{DS} mà phụ thuộc mạnh vào U_{GS} . Đây là vùng ở đó JFET làm việc như một phần tử khuếch đại, dòng I_D được điều khiển bằng điện áp U_{GS} . Quan hệ này đúng cho tới điểm B.

- Vùng ngoài điểm B gọi là vùng đánh thủng, khi U_{DS} có giá trị khá lớn, I_D tăng đột biến do tiếp giáp p-n bị đánh thủng thác lũ xảy ra tại khu vực gần cực D do điện áp ngược đặt lên tiếp giáp p-n tại vùng này là lớn nhất.

Qua đồ thị đặc tuyến ra, ta rút ra mấy nhận xét sau:

- Khi đặt trị số U_{GS} âm dần, điểm uốn A xác định ranh giới hai vùng tuyến tính và bão hoà dịch gần về phía gốc toạ độ. Hoành độ điểm A (ứng với 1 trị số nhất định của U_{GS}) cho xác định 1 giá trị điện áp gọi là điện áp bão hoà cực máng U_{DS0} (còn gọi là điện áp thắt kênh). Khi $|U_{GS}|$ tăng, U_{DS0} giảm.

- Tương tự với điểm B: ứng với các giá trị U_{GS} âm hơn, việc đánh thủng tiếp giáp p-n xảy ra sớm hơn, với những giá trị U_{DS} nhỏ hơn.

- Đặc tuyến truyền đạt của JFET xuất phát từ 1 giá trị U_{GS0} , tại đó $I_D = 0$, gọi là điện áp khoá (còn ký hiệu là UP). Độ lớn U_{GS0} bằng U_{DS0} ứng với đường $U_{GS} = 0$ trên họ đặc tuyến ra.

- Khi tăng U_{GS} , I_D tăng hầu như tỉ lệ do độ dẫn điện của kênh tăng theo mức độ giảm phân cực ngược của tiếp giáp p - n. Lúc $U_{GS} = 0$, $I_D = I_{D0}$. Giá trị I_{D0} là dòng tĩnh cực máng khi không có điện áp cực cửa. Khi có $U_{GS} < 0$, $I_D < I_{D0}$ và được xác định bởi $I_D = I_{D0} (1 - U_{GS} / U_{GS0})$

8.2.3. Các tham số cơ bản của JFET:

Các tham số chủ yếu của JFET gồm hai nhóm:

* Tham số giới hạn gồm có:

- Dòng cực máng cực đại cho phép I_{Dmax} là dòng điện ứng với điểm B trên đặc tuyến ra (đường ứng với giá trị $U_{GS} = 0$); Giá trị I_{Dmax} khoảng $< 50mA$;

- Điện áp máng - nguồn cực đại cho phép và điện áp của nguồn U_{GSmax}

$U_{DSmax} = U_B / (1,2 \text{ :-} 1,5)$ (cỡ vài chục Vôn)

ở đây U_B là điện áp máng nguồn ứng với điểm B.

- Điện áp khoá U_{GS0} (hay U_p) (bằng giá trị U_{DS0} ứng với đường $U_{GS} = 0$)

* Tham số làm việc gồm có:

- Điện trở trong hay điện trở vi phần đầu ra $r_i = \partial U_{DS} / \partial I_D | U_{GS} = \text{const}$ (cỡ 0,5 MΩ) r_i thể hiện độ dốc của đặc tuyến ra trong vùng bão hoà.

- Hồ dẫn của đặc tuyến truyền đạt (S): cho biết tác dụng điều khiển của điện áp cực cửa tới dòng cực máng, giá trị điển hình với JFET hiện nay là $S = (7$

- 10)mA/V.

- Cần chú ý giá trị hõ dẫn S đạt cực đại $S = S_0$ lúc giá trị điện áp U_{GS} lân cận điểm 0 (xem dạng đặc tuyến truyền đạt của JFET hình 2.36b) và được tính bởi $S_0 = 2I_{D0}/U_{GS0}$.

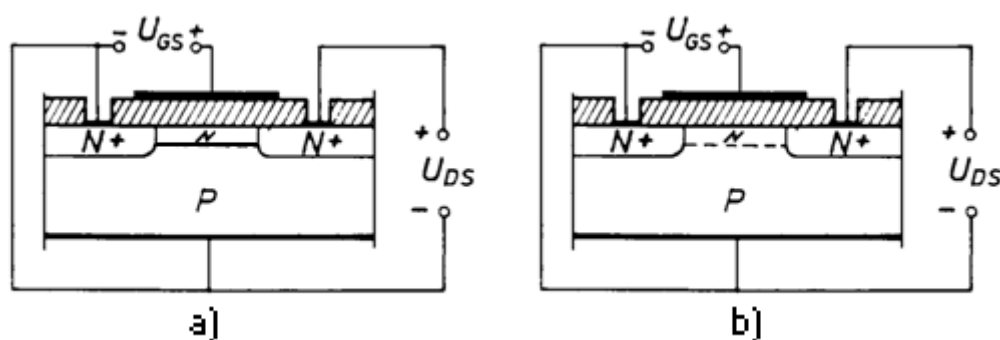
- Điện trở vi phân đầu vào: r vào do tiếp giáp p-n quyết định, có giá trị khoảng 109Ω .

- Ở tần số làm việc cao, người ta còn quan tâm tới điện dung giữa các cực C_{DS} và C_{GD} (cỡ pF).

8.3. Transistor trường có cực cửa cách ly – MOSFET:

8.3.1. Cấu tạo và ký hiệu qui ước:

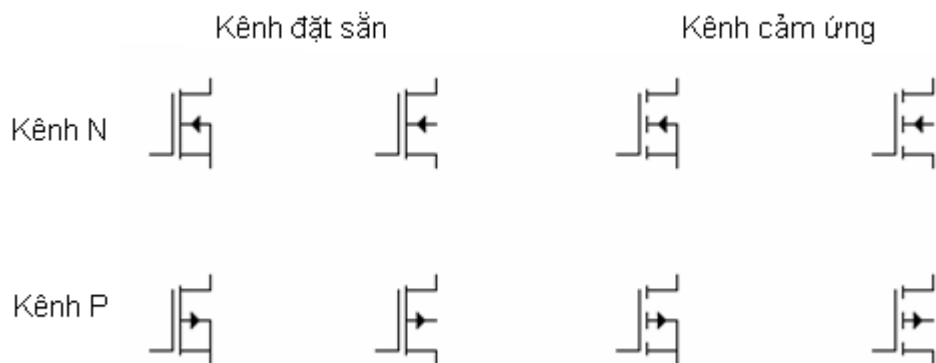
Đặc điểm cấu tạo của MOSFET có hai loại cơ bản được thể hiện trên hình vẽ



Hình 2.37: Cấu tạo của MOSFET

a) Loại kênh đặt sẵn; b) Loại kênh cảm ứng

Kí hiệu quy ước của MOSFET trong các mạch điện tử được cho trên hình.



Hình 2.38: Ký hiệu qui ước của MOSFET.

Trên nền đế là đơn tinh thể bán dẫn tạp chất loại p (Si - p), người ta pha tạp chất bằng phương pháp công nghệ đặc biệt (*Epitaxi hay khuếch tán ion*) để tạo ra 2 vùng bán dẫn loại n+ (*nồng độ pha tạp cao hơn so với đế*) và lấy ra hai điện cực là D và S. Hai vùng này được nối thông với nhau nhờ một kênh dẫn điện loại n có thể hình thành ngay trong quá trình chế tạo (*loại kênh đặt sẵn*) hay chỉ hình thành sau khi đã có 1 điện trường ngoài (*lúc làm việc trong mạch điện*) tác động (*loại kênh cảm ứng*). Tại phần đối diện với kênh dẫn, người ta tạo ra điện cực thứ ba là cực cửa G sau khi đã phủ lên bề mặt kênh 1 lớp cách điện

mỏng SiO_2 . Từ đó MOSFET còn có tên là loại FET có cực cửa cách li (IGFET). Kênh dẫn được cách li với đế nhờ tiếp giáp p - n thường được phân cực ngược nhờ 1 điện áp phụ đưa tới cực thứ 4 là cực đế.

8.3.2. Nguyên lý làm việc:

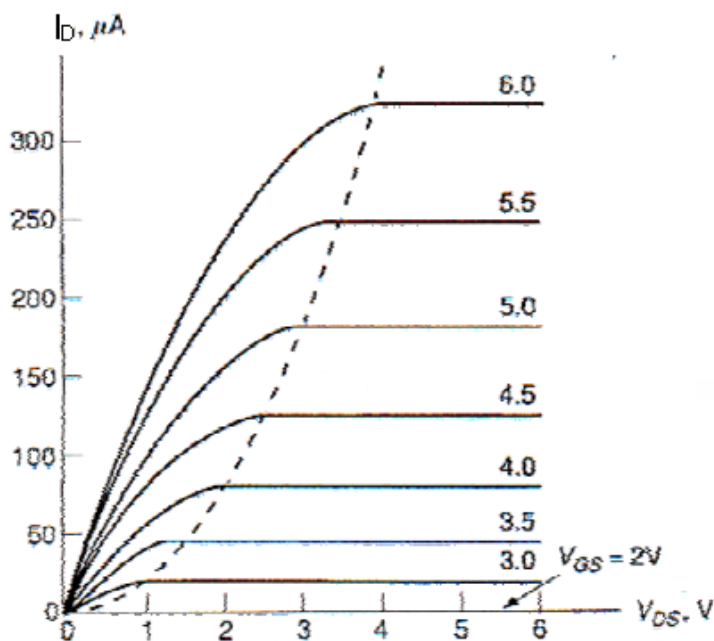
Để phân cực MOSFET người ta đặt 1 điện áp $U_{DS} > 0$. Cần phân biệt hai trường hợp:

- Với loại kênh đặt sẵn, xuất hiện dòng điện tử trên kênh dẫn nối giữa S và D và trong mạch ngoài có dòng cực máng I_D (chiều đi vào cực D), ngay cả khi chưa có điện áp đặt vào cực cửa ($U_{GS} = 0$).

+ Nếu đặt lên cực cửa điện áp $U_{GS} > 0$, điện tử tự do có trong vùng đế (là hạt thiểu số) được hút vào vùng kênh dẫn đối diện với cực cửa làm giàu hạt dẫn cho kênh, tức là làm giảm điện trở của kênh, do đó làm tăng dòng cực máng I_D . Chế độ làm việc này được gọi là chế độ giàu của MOSFET.

Nếu đặt tới cực cửa điện áp $U_{GS} < 0$, quá trình trên sẽ ngược lại, làm kênh dẫn bị nghèo đi do các hạt dẫn (là điện tử) bị đẩy xa khỏi kênh. Điện trở kênh dẫn tăng tùy theo mức độ tăng của U_{GS} theo chiều âm sẽ làm giảm dòng I_D . Đây là chế độ nghèo của MOSFET.

+ Nếu xác định quan hệ hàm số $I_D = f_3(U_{DS})$ lấy với những giá trị khác nhau của U_{GS} bằng lí thuyết thay thực nghiệm, ta thu được họ đặc tuyến ra của MOSFET loại kênh n đặt sẵn như trên hình vẽ.



Hình 2.39: Đặc tuyến ra của MOSFET.

- Với loại kênh cảm ứng, khi đặt tới cực cửa điện áp $U_{GS} < 0$, không có dòng cực máng ($I_D = 0$) do tồn tại hai tiếp giáp p-n mắc đối nhau tại vùng máng - đế và nguồn - đế, do đó không tồn tại kênh dẫn nối giữa máng - nguồn.

+ Khi đặt $U_{GS} > 0$, tại vùng đế đối diện cực cửa xuất hiện các điện tử tự

do (do cảm ứng tĩnh điện) và hình thành một kênh dẫn điện nối liền hai cực máng và nguồn. Độ dẫn của kênh tăng theo giá trị của U_{GS} do đó dòng điện cực máng I_D tăng. Như vậy MOSFET loại kênh cảm ứng chỉ làm việc với 1 loại cực tính của U_{GS} và chỉ ở chế độ làm giàu kênh.

+ Biểu diễn quan hệ hàm $I_D = f_4(U_{DS})$, lấy với các giá trị U_{GS} khác nhau, ta có họ đặc tuyến ra của MOSFET kênh n cảm ứng như trên hình.

- Từ họ đặc tuyến ra của MOSFET với cả hai loại kênh đặt sẵn và kênh cảm ứng giống như đặc tuyến ra của JFET đã xét, thấy rõ có 3 vùng phân biệt : vùng gần gốc ở đó I_D tăng tuyến tính theo U_{DS} và ít phụ thuộc vào U_{GS} , vùng bão hòa (vùng thắt) lúc đó I_D chỉ phụ thuộc mạnh vào U_{GS} , phụ thuộc yếu vào U_{DS} và vùng đánh thủng lúc U_{DS} có giá trị khá lớn.

- Giải thích vật lý chi tiết các quá trình điều chế kênh dẫn điện bằng các điện áp U_{GS} và U_{DS} cho phép dẫn tới các kết luận tương tự như đối với JFET. Bên cạnh hiện tượng điều chế độ dẫn điện của kênh còn hiện tượng mở rộng vùng nghèo của tiếp giáp p-n giữa cực máng - để khi tăng dần điện áp U_{DS} . Điều này làm kênh dẫn có tiết diện hẹp dần khi đi từ cực nguồn tới cực máng và bị thắt lại tại 1 điểm ứng với điểm uốn tại ranh giới hai vùng tuyến tính và bão hòa trên đặc tuyến ra. Điện áp tương ứng với điểm này gọi là điện áp bão hòa U_{DSO} (hay điện áp thắt kênh).

9. THỰC HÀNH, BÀI TẬP:

9.1. Nhận dạng các loại Diode bán dẫn thông dụng, đo kiểm tra xác định được chất lượng của diode.

9.2. Nhận dạng các loại transistor BJT, ký hiệu, qui cách đóng vỏ và cách bố trí chân của các dạng transistor BJT đặc trưng thường dùng.

9.3. Nhận dạng các loại transistor FET, ký hiệu, qui cách đóng vỏ và cách bố trí chân của các dạng transistor FET đặc trưng thường dùng.

9.4. Nhận dạng các loại transistor MOSFET, ký hiệu, qui cách đóng vỏ và cách bố trí chân của các dạng transistor MOSFET đặc trưng thường dùng.

10. CÂU HỎI ÔNG TẬP VÀ BÀI TẬP:

10.1. Hãy phân biệt 3 loại chất bán dẫn điện thường gặp: chất bán dẫn điện thuần khiết, chất bán dẫn điện tạp chất loại N và chất bán dẫn điện tạp chất loại P về các mặt:

- Đồ thị vùng năng lượng.
- Cấu trúc tinh thể.
- Tính dẫn điện.

10.2. Giải thích hiện tượng vật lý xảy ra tại miền tiếp giáp khi cho tiếp xúc 2 miếng bán dẫn khác loại N và P tiếp xúc với nhau.

10.3. Giải thích hiện tượng vật lý xảy ra tại miền tiếp giáp khi mắc một điện áp ngoài phân cực thuận cho lớp tiếp giáp p - n.

10.4. Giải thích hiện tượng vật lý xảy ra tại miền tiếp giáp khi mắc một điện áp ngoài phân cực ngược cho lớp tiếp giáp p - n. Kết luận về tính chất van của hệ thống mặt ghép p - n.

10.5. Vẽ cấu trúc, ký hiệu của đi ốt nắn điện, giải thích nguyên lý làm việc cơ bản của đi ốt.

10.6. Ghi nhớ ký hiệu, bản chất vật lý cơ bản của các loại đi ốt thông dụng. Ghi nhớ hình dạng của đặc tuyến V - A của đi ốt và đơn vị của hệ trục tọa độ.

10.7. Các nhận xét cơ bản và quan trọng rút ra từ đặc tuyến Von - Ampe của đi ốt là gì? Qua đó cần lưu ý những tính chất này trong thực tế như thế nào để sử dụng nó tốt nhất.

10.8. Trong mạch điện chỉnh lưu nửa chu kỳ dùng 1 đi ốt bán dẫn. Giải thích chế độ làm việc của đi ốt khi có tụ lọc C mắc song song với tải R? Khi giá trị của C tăng lên thì thời gian dẫn dòng điện của đi ốt tăng lên hay giảm đi? Giải thích.

10.9. Giải thích nguyên lý của mạch ổn áp cơ bản dùng đi ốt Zener mắc phối hợp với một điện trở đóng vai trò điều chỉnh.

10.10. Ghi nhớ được cấu trúc bán dẫn cơ bản, ký hiệu của 2 loại Transistor BJT là p - n - p và n - p - n.

10.11. Ghi nhớ phân cực của nguồn ngoài cấp cho các cực của Transistor BJT cho hai loại p - n - p và n - p - n. Giải thích tổng quát nguyên lý làm việc của chúng.

10.12. Ghi nhớ đặc điểm của các kiểu mắc BJT theo điện áp vào, điện áp ra. Phân biệt được các chế độ làm việc của BJT về mạch điện và đặc điểm về tín hiệu vào/ra?

10.13. Nêu ý nghĩa của việc phân cực cho BJT. Nêu được đặc điểm của mạch trong từng kiểu phân cực.

10.14. Nêu được khái niệm chế độ khóa, đặc điểm của dòng điện và điện áp ra của Transistor ở chế độ khóa này.

10.15. Phân biệt được sự khác nhau về mặt cấu tạo giữa BJT và JFET. Ghi nhớ ký hiệu của JFET kênh N và kênh P.

10.16. Các nhận xét cơ bản và quan trọng rút ra từ đặc tuyến ra, đặc tuyến truyền đạt của JFET là gì?

10.17. Phân biệt được sự giống và khác nhau về mặt cấu tạo giữa JFET với MOSFET. Ghi nhớ ký hiệu của MOSFET kênh N, kênh P, kênh đặt sẵn, kênh cảm ứng.

10.18. Các nhận xét cơ bản và quan trọng rút ra từ đặc tuyến ra của MOSFET là gì?

CHƯƠNG 3: LINH KIỆN ĐIỆN TỬ BÁN DẪN TÍCH HỢP (IC)

Mã chương: MH18 – 03

Mục tiêu:

- Phân tích được về cấu tạo, nguyên lý làm việc, tính chất, qui cách đóng vỏ và ghi nhãn của linh kiện bán dẫn tích hợp (IC) và một số ứng dụng cơ bản;
- Có được lòng yêu nghề, say mê tìm hiểu các kiến thức trong lĩnh vực điện tử.

1. CẤU TẠO VÀ CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA IC TUYẾN TÍNH:

1.1. Khái niệm:

Khái niệm tổng quát, IC (*Intergated - Circuit*) là một mạch điện tử thực hiện một chức năng hoặc nhiều chức năng theo mục đích của con người, được thu nhỏ tối đa về mặt thể tích, có các điện cực đưa ra để kết nối bên ngoài (*chân IC*) và được đóng vỏ theo các qui chuẩn kỹ thuật.

IC tuyến tính là IC trong chế độ làm việc, mối quan hệ giữa dòng điện, điện áp đưa ra với dòng điện và điện áp vào được biểu thị theo qui luật tuyến tính (*đồ thị quan hệ là đường chéo thẳng trên hệ trục tọa độ*).

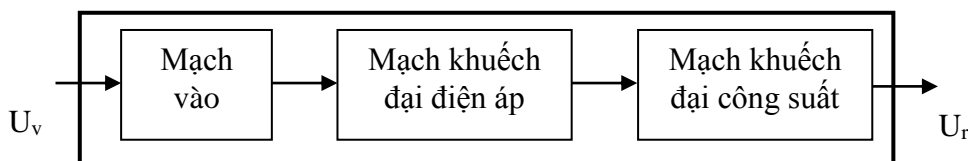
1.2. Cấu tạo chung:

- IC có cấu trúc cơ bản và điển hình bao gồm 3 tầng mạch chủ yếu là: Tầng mạch đầu vào, tầng mạch khuếch đại điện áp và tầng mạch khuếch đại công suất.

- Tầng đầu vào thường là một mạch khuếch đại vi sai (*Khuếch đại các sai lệch rất nhỏ của điện áp tín hiệu đầu vào*) có tải động và phần tử nguồn dòng ổn định cỡ $20\mu\text{A}$.

- Tầng khuếch đại điện áp kiểu phức hợp mắc theo sơ đồ Darlington cũng có tải động.

- Tầng khuếch đại công suất đầu ra thường mắc theo kiểu đẩy kéo có độ ổn định cao.



Hình 3.1: Cấu trúc cơ bản của IC tuyến tính.

1.3. Các thông số cơ bản:

1.3.1. Hệ số khuếch đại điện áp lúc hở mạch (*không chứa mạch hồi tiếp âm*):

Ta có: $A_0 = U_r / U_v$

Đây là 1 giá trị tương đối lớn đối với mọi IC tuyến tính.

- Với IC μA 741, giá trị $A_0 = 200.000$ lần.

- U_v ở đây là giá trị điện áp vi sai đặt giữa 2 cổng vào P và N $\rightarrow U_v = U_P - U_N$. Tùy theo giá trị điện áp của U_P và U_N mà giá trị U_v có giá trị dương hay âm.

+ Nếu $U_P > U_N$, khi đó $U_v > 0$, điện áp đưa ra $U_r > 0$

+ Nếu $U_P < U_N$, khi đó $U_V < 0$, điện áp đưa ra $U_r < 0$

- Như vậy, IC chỉ khuếch đại thành phần điện áp vi sai giữa 2 cổng vào, các thành phần cùng dấu không được khuếch đại mà làm bị yếu đi với mức độ tương đương. Ta gọi đây là tính chất nén đồng pha của IC tuyến tính.

1.3.2. Giá trị bão hòa:

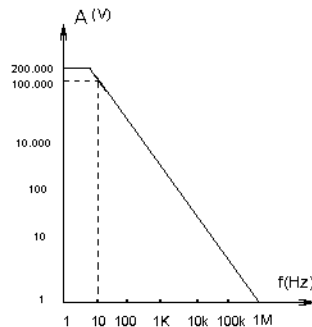
Ta có quan hệ điện áp ra/vào $U_r = A_0.U_v$ chỉ thể hiện trong một vùng U_v có biên độ rất nhỏ. Khi biên độ U_v tăng, U_r sẽ không tăng theo mà giữ ở 1 trong 2 giá trị giới hạn dương ở mức cố định là U_{max} gọi là mức bão hòa dương hay ở giới hạn âm ở mức cố định là U_{min} gọi là mức bão hòa âm. Giá trị U_{max} , U_{min} phụ thuộc vào giá trị nguồn 1 chiều $\pm U_{CC}$ cung cấp cho IC và thường thấp hơn giá trị nguồn khoảng vài vôn.

1.3.3. Sai số:

Với IC lý tưởng, các dòng điện vào 1 chiều ở các lối vào P và N bằng 0 do trở kháng vào vô cùng lớn, trên thực tế luôn tồn tại dòng sai số. Giá trị dòng sai số I^+_B hay I^-_B thường từ $10^{-7}A$:- $10^{-9}A$ tùy thuộc chất lượng của IC.

1.3.4. Đặc tuyến tần số của IC:

Hệ số truyền đạt A_0 phụ thuộc vào tần số công tác, mối quan hệ này được biểu thị bằng một đồ thị được gọi là đặc tuyến tần số của IC. Qua đồ thị đặc tuyến tần số, ta thấy khi tần số tăng, hệ số khuếch đại A_0 giảm đi với tốc độ tiêu chuẩn 20dB/decac và đạt tới giá trị 1 ở tần số khuếch đại đơn vị $f_T = 1 \text{ MHz}$



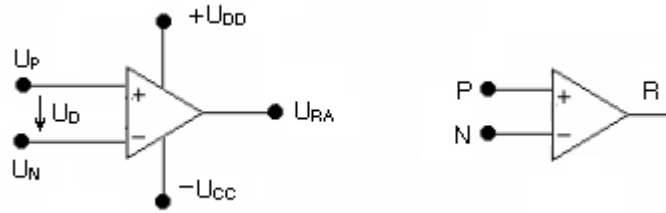
Hình 3.2: Đặc tuyến tần số của khuếch đại thuật toán.

2. KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN:

2.1. Khái quát chung:

Danh từ “khuếch đại thuật toán” (*OA - Operational Amplifier*) thuộc về bộ khuếch đại dòng một chiều có hệ số khuếch đại lớn, có hai đầu vào vi sai và một đầu ra chung. Tên gọi này có quan hệ tới việc ứng dụng đầu tiên của chúng chủ yếu để thực hiện các phép toán cộng, trừ, tích phân v.v...

Hiện nay các bộ khuếch đại thuật toán (*tồn tại dưới dạng IC khuếch đại thuật toán*) đóng vai trò quan trọng và được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật khuếch đại, tạo tín hiệu hình sin và xung, trong bộ ổn áp và bộ lọc tích cực v.v...



Hình 3.3: Ký hiệu qui ước của khuếch đại thuật toán.

Kí hiệu quy ước một bộ khuếch đại thuật toán (OA) cho trên hình:

- Có hai đầu vào là U_P (hay U_{v+} ; U_{vk}) gọi là đầu vào không đảo và đầu vào thứ hai là U_N (hay U_{v-} ; $U_{vđ}$) gọi là đầu vào đảo.

- Nguồn nuôi cho bộ khuếch đại thuật toán là nguồn nuôi lưỡng cực với $+U_{DD}$ và $-U_{CC}$. Cũng có thể dùng nguồn đơn cực cấp cho KĐT, khi đó đầu $-U_{CC}$ được nối với đất (GND).

- Hiệu của tín hiệu tại hai lối vào này là $U_D = U_P - U_N$ được gọi là điện áp vi sai.

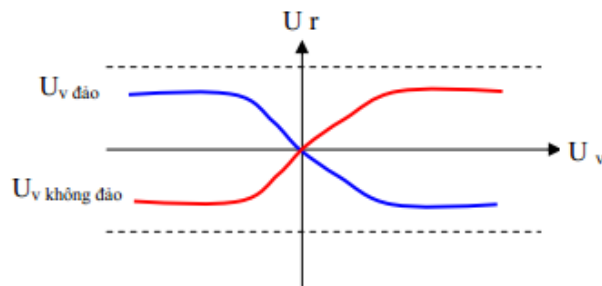
- Mạch có thể hoạt động với một tín hiệu vào là U_P hoặc U_N . Khi có tín hiệu vào tại đầu vào không đảo thì điện áp tín hiệu ra sẽ cùng dấu (cùng pha) với tín hiệu vào. Nếu tín hiệu được đưa vào đầu đảo thì điện áp tín hiệu ra sẽ ngược dấu (ngược pha) so với tín hiệu vào. Đầu vào đảo thường được dùng để thực hiện hồi tiếp âm bên ngoài vào cho OA.

- Để đơn giản, trên sơ đồ người ta thường ký hiệu KĐT với 2 đầu vào và 1 đầu ra cho tín hiệu.

- Đặc điểm của KĐT là có hệ số khuếch đại vi sai A_D rất lớn (thường $A_D \approx 10^5$:- 10^6) và điện trở vào vi sai rất lớn, thường từ $10M\Omega$:- $100M\Omega$ với loại dùng transistor BJT, với loại MOSFET thì nó vào khoảng $10^{12}\Omega$:- $10^{13}\Omega$.

- Điện trở ra có trị số nhỏ, vào khoảng 100Ω :- $1k\Omega$.

- Dòng chảy vào các lối vào đầu vào vi sai P và N rất nhỏ có thể coi = 0.



Hình 3.4: Đặc tuyến truyền đạt của IC khuếch đại thuật toán.

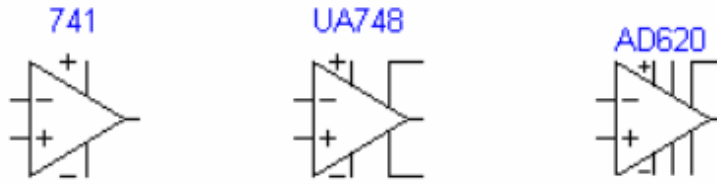
- Đường đặc tính truyền đạt của KĐT được biểu thị trên hình vẽ với hai vùng làm việc rõ ràng:

+ Vùng tuyến tính: ứng với giá trị của U_D rất nhỏ và khi đó: $U_{ra} = A_D \cdot U_D$

+ Vùng bão hòa ứng với U_D có trị số khoảng từ vài chục μA trở lên. Lúc đó, U_{ra} ở vùng bão hòa và có giá trị không đổi:

$$U_{ra} = \pm U_{bh} ; \pm U_{bh} = U_{CC} - (2 \text{ :- } 3)V$$

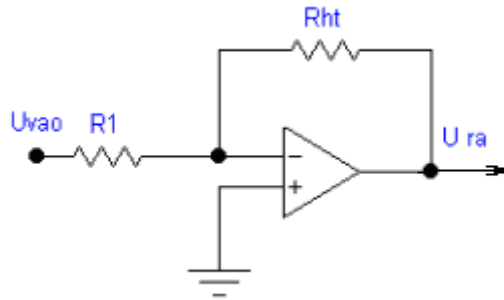
- Một số kiểu IC KĐTT cho ở hình vẽ dưới.



Hình 3.5: Một số kiểu IC khuếch đại thuật toán.

2.2. Khuếch đại không đảo:

- Mạch điện:



Hình 3.6: Khuếch đại đảo dùng IC KĐTT.

- Bộ khuếch đại đảo cho trên hình có thực hiện hồi tiếp âm song song điện áp ra qua R_{ht} . Đầu vào không đảo được nối với điểm chung của sơ đồ (nối đất). Tín hiệu vào qua R_1 đặt vào đầu đảo của OA. Nếu coi OA là lý tưởng thì điện trở vào của nó vô cùng lớn $R_v \rightarrow \infty$, và dòng vào OA vô cùng bé $I_0 = 0$, khi đó tại nút N có phương trình nút dòng điện: $I_v \approx I_{ht}$. Từ đó ta có :

$$\frac{U_v - U_0}{R_1} = \frac{U_0 - U_{ra}}{R_{ht}}$$

- Khi $K \rightarrow \infty$, điện áp đầu vào $U_0 = U_r/K \rightarrow 0$, do vậy: $U_v / R_1 = -U_r / R_{ht}$

- Do đó hệ số khuếch đại điện áp K_d của bộ khuếch đại đảo có hồi tiếp âm song song được xác định bằng tham số của các phần tử thụ động trong sơ đồ :

$$K_d = U_r / U_v = -R_{ht} / R_1$$

Nếu chọn $R_{ht} = R_1$, thì $K_d = -1$, sơ đồ có tính chất tầng đảo lặp lại điện áp (đảo tín hiệu). Nếu $R_1 = 0$ thì từ phương trình $I_v \approx I_{ht}$ ta có

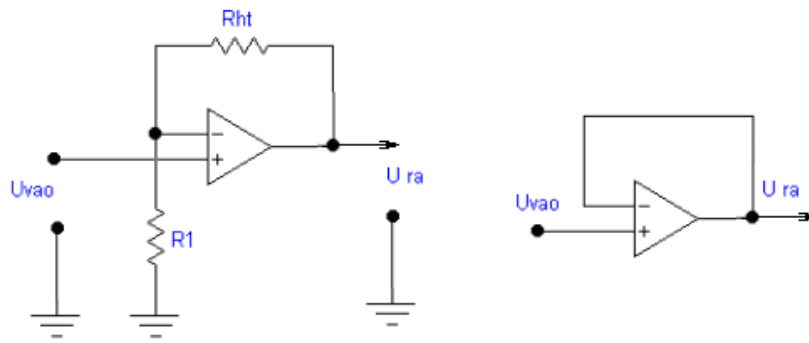
$$I_v = -U_{ra} / R_{ht} \quad \text{hay} \quad U_{ra} = -I_v \cdot R_{ht}$$

tức là điện áp ra tỉ lệ với dòng điện vào (bộ biến đổi dòng thành áp).

Vì $U_0 \rightarrow 0$ nên $R_v = R_1$, khi $K \rightarrow \infty$ thì $R_r = 0$.

2.3. Khuếch đại đảo:

- Mạch điện: (Hình 3.7)



Hình 3.7: Khuếch đại không đảo dùng IC KĐT.

- Bộ khuếch đại không đảo gồm có mạch hồi tiếp âm điện áp đặt vào đầu đảo, còn tín hiệu đặt tới đầu vào không đảo của OA.
- Vì điện áp giữa các đầu vào OA bằng 0 ($U_0 = 0$) nên quan hệ giữa U_v và U_r xác định bởi:

$$U_v = U_r \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_{ht}}$$

Hệ số khuếch đại không đảo có dạng :

$$K_k = \frac{U_{ra}}{U_{vao}} = \frac{R_{ht} + R_1}{R_1} = 1 + \frac{R_{ht}}{R_1}$$

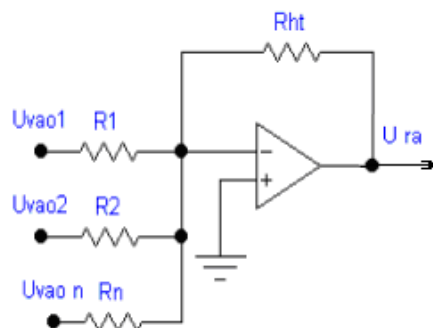
- Lưu ý khi đến vị trí giữa lối vào và lối ra tức là thay thế U_{ra} bằng U_{vao} và ngược lại trong sơ đồ (hình 3.7a), ta có bộ suy giảm điện áp:

$$U_{ra} = \frac{U_{vao}}{(R_{ht} + R_1)} \cdot R_1$$

- Khi $R_{ht} = 0$ và $R_1 = \infty$ thì ta có sơ đồ bộ lặp lại điện áp (hình 3.7b) với $K_k = 1$. Điện trở vào của bộ khuếch đại không đảo bằng điện trở vào OA theo đầu vào đảo và khá lớn, điện trở ra $R_r \rightarrow 0$.

2.4. Một số ứng dụng cơ bản:

2.4.1. Mạch cộng đảo:



Hình 3.8: Mạch cộng đảo.

- Sơ đồ hình vẽ có dạng là bộ khuếch đại đảo với các nhánh song song ở đầu vào bằng số lượng tín hiệu cần cộng.
- Coi các điện trở là bằng nhau : $R_{ht} = R_1 = R_2 = \dots = R_n < R_v$

- Biểu thức điện áp đầu ra:

+ Ta có: $R_{ht} = R_1 = R_2 = \dots = R_n < R_v$

+ Khi $I_v = 0$ thì $I_{ht} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

+ Hay ta có:

$$U_r = -(U_1 + U_2 + \dots + U_n) = -\sum_{i=1}^n U_i$$

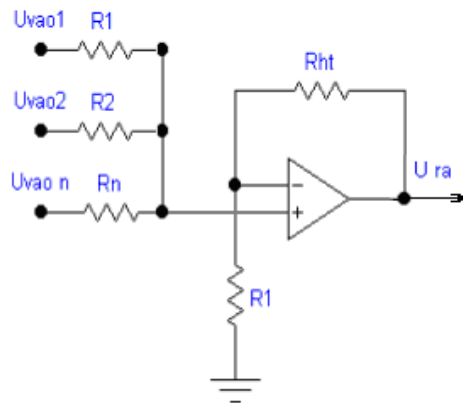
- Công thức trên phản ánh sự tham gia giống nhau của các số hạng trong tổng.

Tổng quát:

Khi $R_1 \neq \dots \neq R_n$ có :

$$\begin{aligned} U_r &= -\left(\frac{R_{ht}}{R_1}U_1 + \frac{R_{ht}}{R_2}U_2 + \dots + \frac{R_{ht}}{R_n}U_n\right) \\ &= -R_{ht}\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \dots + \frac{U_n}{R_n}\right) = -\sum_{i=1}^n \alpha_i U_i \text{ với } \alpha_i = \frac{R_{ht}}{R_i} \end{aligned}$$

2.4.2. Mạch cộng không đảo:



Hình 3.9: Mạch cộng không đảo.

- Sơ đồ nguyên lý của mạch cộng không đảo vẽ trên hình. Khi $U_0 = 0$, điện áp ở hai đầu vào bằng nhau và bằng:

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

- Khi dòng vào đầu không đảo bằng không ($I_v = 0$), ta có:

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

$$\text{hay } U_1 + U_2 + \dots + U_n = n \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_{ht}} U_r$$

$$\text{từ đó } U_r = \frac{R_1 + R_{ht}}{n \cdot R_1} \cdot (U_1 + U_2 + \dots + U_n) = \left(\frac{R_1 + R_{ht}}{n \cdot R_1} \sum_{i=1}^n U_i \right)$$

- Chọn các tham số của sơ đồ thích hợp sẽ có thừa số đầu tiên của vế phải công thức bằng 1

$$(R_1 + R_{nt})/(n.R_1) = 1 \text{ và } U_{ra} = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \sum_{i=1}^n U_i$$

3. IC SỐ VÀ CÁC CÔNG LOGIC CƠ BẢN:

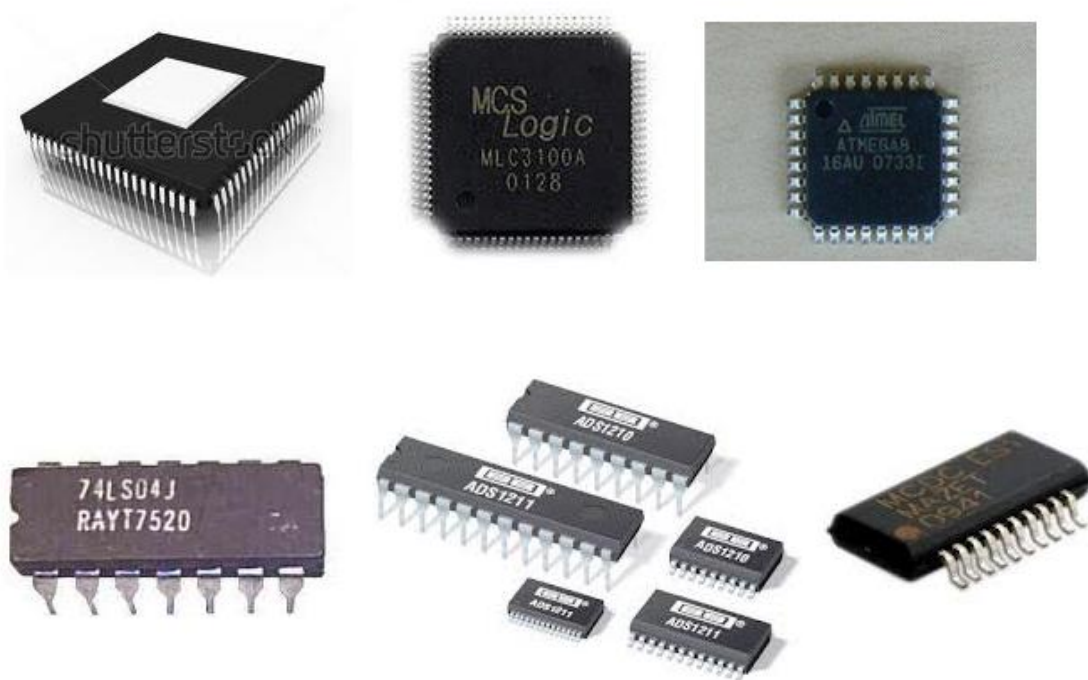
3.1. Tổng quan về IC số:

3.1.1. Khái quát chung:

- IC số là các vi mạch tổ hợp làm việc với tín hiệu số (Digital), tức là tín hiệu vào và ra trên IC số là các tín hiệu xung số của điện áp, dòng điện.

- IC số được ứng dụng rộng rãi trong các mạch điện số, thiết bị số đảm nhận những chức năng từ đơn giản đến phức tạp trong quá trình xử lý tín hiệu số, trong quá trình điều khiển, quá trình đo lường, thu thập thông tin v.v...

- Cũng như IC tương tự, IC số tồn tại với nhiều kiểu dáng, nhiều kích thước, nhiều chất liệu vỏ bên ngoài.



Hình 3.10: Hình dạng và qui cách đóng vỏ của một số IC số.

3.1.2. Những đặc trưng kỹ thuật cơ bản của IC số:

a. IC số họ TTL: Họ TTL là họ có cấu trúc bên trong là các transistor lưỡng cực (BJT).

* Nguồn nuôi:

- $V_{cc} = +5V$

- GND: điện thế nối đất, nối với cực âm của nguồn điện (có điện áp 0V)

* Mức điện áp:

Là mức điện áp qui định cho tín hiệu số nhị phân tương ứng với 2 mức logic là 'logic 0' và 'logic 1'. Để mạch số làm việc được bình thường người ta

cần phải định ra tiêu chuẩn về điện áp cho 2 mức logic trên và phân biệt trong cả 2 trường hợp tín hiệu vào và tín hiệu ra

- Điện áp vào ở trạng thái thấp (V_{IL}): $V_{IL} = V_{\max} = 0,8V$

- Điện áp vào ở trạng thái cao (V_{IH}): $V_{IH} = V_{\min} = 2.7V$

- Điện áp ra ở trạng thái thấp (V_{OL}): $V_{OL} = V_{\max} = 0.5V$

- Điện áp ra ở trạng thái cao (V_{OH}): $V_{OH} = V_{\min} = 3.4V$

* Thời gian trễ trung bình (t_{pd}):

Là khoảng thời gian chênh lệch giữa thời điểm xuất hiện tín hiệu ở đầu ra so với thời điểm tín hiệu đưa vào tại đầu vào (*không phân biệt sự chuyển mức logic*)

* Công suất tiêu tán (P_d):

Là công suất tổn hao trên các phân tử bên trong IC.

* Tải vào, tải ra (Fan in, Fan out):

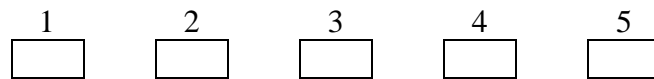
Đánh giá khả năng lối vào, lối ra của IC có thể nối được tối đa là bao nhiêu các đường vào, đường ra trên cơ sở vẫn đảm bảo IC làm việc được bình thường.

* Nhiệt độ môi trường làm việc:

Là khoảng nhiệt độ cho phép của môi trường xung quanh IC mà vẫn đảm bảo IC làm việc được bình thường.

* Mã số qui định ghi trên IC:

Mã số trên IC thường được chia làm 5 nhóm mã:



1- Biểu thị hãng(công ty) sản xuất:

Ví dụ: SN : C.ty Texas
 MC: C.ty Môtorola
 HD: C.ty Hitachi
 CT: Các C.ty Trung quốc

2- Biểu thị phạm vi nhiệt độ:

Ví dụ: 74: 0 :- +70⁰C
 54: -55:- 125⁰C

3- Biểu thị hệ:

Ví dụ: Không ghi: *Hệ tiêu chuẩn*
 H: *Hệ tốc độ cao*
 S: *Hệ Schottky*
 AS: *Hệ Schottky tiên tiến.*
 L: *Hệ công suất tiêu hao thấp*
 LS: *Hệ Schottky công suất tiêu hao thấp*
 ALS: *Hệ Schottky công suất tiêu hao thấp tiên tiến*

4- Biểu thị chức năng:

Ví dụ: 00 → IC 4 cổng NAND 2 đầu vào
02 → IC 4 cổng NOR 2 đầu vào

5- Biểu thị qui cách đóng vỏ và vật liệu

Ví dụ: J: 2 hàng vuông góc vỏ gốm
N: 2 hàng vuông góc vỏ plastic (nhựa)
W: Kiểu dẹt vỏ gốm
T: Kiểu dẹt vỏ kim loại

b/ IC số họ CMOS:

Họ CMOS là họ có cấu trúc bên trong là các transistor trường MOSFET (PMOS và NMOS).

* Các loại hình của IC số họ CMOS:

- IC CMOS loại tiêu chuẩn: Gồm 2 hệ tiêu biểu
- + Hệ 4000B (Tiêu biểu là hệ CD 4000 của công ty RCA – công ty vô tuyến điện Mỹ)
- + Hệ 4500B (Tiêu biểu là hệ MC14500 của hãng Motorola)
- IC CMOS loại tốc độ cao:
- + Hệ 40H
- IC CMOS loại tốc độ cao mới:
- + Hệ 74HC4000 (cấu trúc chân giống như CD 4000 của RCA)
- + Hệ 74HC4500 (cấu trúc chân giống như MC14500 của Motorola)
- + Hệ 74HCxxx (cấu trúc chân giống như họ TTL 74)
- + Hệ 74ACxxx

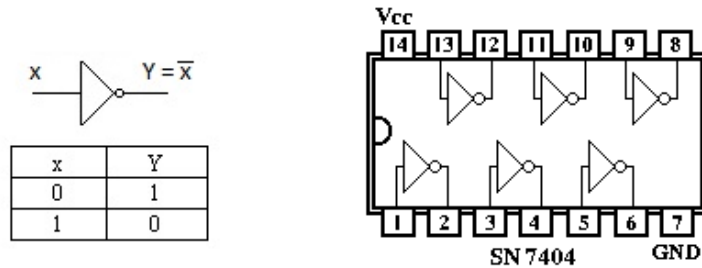
Họ Các Tham số	4000B	4500B	40H	74HC	74AC	
Điện áp làm việc	(3-:-18)V	(3-:-15)V	(2-:-8)V	(2-:-6)V	(2-:-5,5)V	
Nhiệt độ làm việc	(-40-:-+85)°C	(-40-:-+85)°C	(-40-:-+85)°C	(-40-:-+85)°C	(-40-:-+85)°C	
Mức điện áp logic với nguồn nuôi +5V	V _{IL}	1,5Vmax	1,5Vmax	1Vmax	1Vmax	1,35Vmax
	V _{IH}	3,5Vmin	3,5Vmin	4Vmin	3,5Vmin	3,15Vmin
	V _{OL}	0,05Vmax	0,05Vmax	0,05Vmax	0,1Vmax	0,1Vmax
	V _{OH}	4,95Vmin	4,95Vmin	4,95Vmin	4,9Vmin	4,9Vmin

Bảng 3.1: Bảng các thông số cơ bản của IC số họ CMOS

3.2. Các cổng logic cơ bản:

3.2.1. Cổng NOT:

a. Khái niệm: Là mạch thực hiện chức năng của phép phủ định logic $Y = \bar{x}$



Hình 3.11: Ký hiệu, bảng chân lý, cấu trúc IC cổng NOT

b. Ký hiệu:

c. Hoạt động:

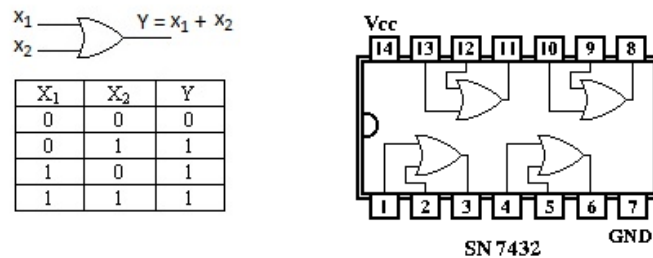
Nếu đầu vào của mạch có tín hiệu (logic1) thì ở đầu ra không có tín hiệu (logic0) và ngược lại.

d. Bảng chân lý:

3.2.2. Cổng OR:

a. Khái niệm:

Là mạch thực hiện chức năng phép cộng logic $Y = x_1 + x_2$



Hình 3.12: Ký hiệu, bảng chân lý, cấu trúc IC cổng OR

b. Ký hiệu:

c. Hoạt động:

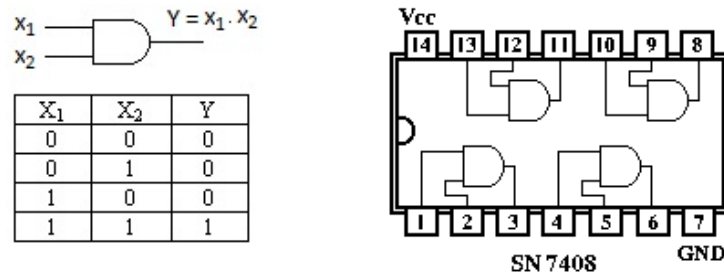
Nếu một trong hai đầu vào hoặc cả hai có tín hiệu (logic1) thì lối ra sẽ có tín hiệu. Còn nếu cả hai đầu vào không có tín hiệu thì lối ra sẽ không có tín hiệu (logic0).

d. Bảng chân lý:

3.2.3. Cổng AND:

a. Khái niệm:

Là mạch thực hiện chức năng phép nhân logic $Y = x_1 \cdot x_2$



Hình 3.13: Ký hiệu, bảng chân lý, cấu trúc IC cổng AND

b. Ký hiệu:

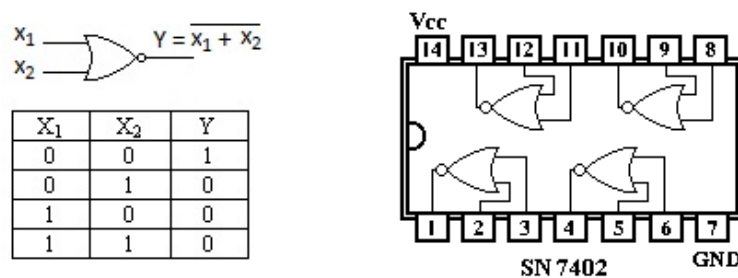
c. Hoạt động:

Nếu hai đầu vào cùng có tín hiệu (logic1) thì lối ra sẽ có tín hiệu. Còn nếu một trong hai đầu vào hoặc cả hai không có tín hiệu (logic0) thì lối ra sẽ không có tín hiệu.

d. Bảng chân lý:

3.2.4. Cổng NOR:

a. Khái niệm: Là mạch thực hiện chức năng của phép tính logic $Y = \overline{x_1 + x_2}$



Hình 3.14: Ký hiệu, bảng chân lý, cấu trúc IC cổng NOR

b. Ký hiệu:

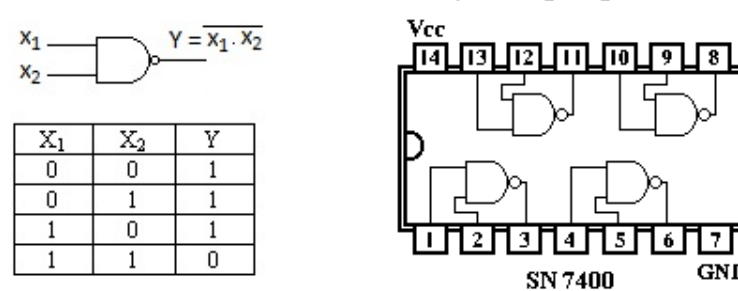
c. Hoạt động:

Nếu hai đầu vào cùng không có tín hiệu (logic0) thì lối ra sẽ có tín hiệu. Còn nếu một trong hai đầu vào hoặc cả hai có tín hiệu (logic1) thì lối ra sẽ không có tín hiệu.

d. Bảng chân lý:

3.2.5 Cổng NAND:

a. Khái niệm: Là mạch thực hiện chức năng của phép tính logic $Y = \overline{x_1 \cdot x_2}$



Hình 3.15: Ký hiệu, bảng chân lý, cấu trúc IC cổng NAND

b. Ký hiệu:

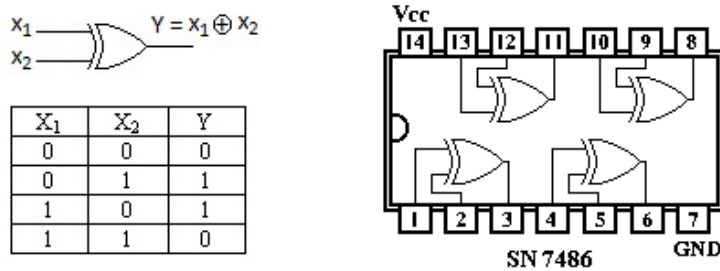
c. Hoạt động:

Nếu một trong hai đầu vào hoặc cả hai không có tín hiệu (logic0) thì lỗi ra sẽ có tín hiệu. Còn nếu cả hai đầu vào có tín hiệu (logic1) thì lỗi ra sẽ không có tín hiệu.

d. Bảng chân lý:

3.2.6. Cổng EX – OR:

a. Khái niệm: Là mạch thực hiện chức năng của phép tính $Y = x_1 \oplus x_2$ logic



Hình 3.16: Ký hiệu, bảng chân lý, cấu trúc IC cổng EX-OR

b. Ký hiệu:

c. Hoạt động:

Nếu hai đầu vào có cùng trạng thái tín hiệu thì đầu ra sẽ không có tín hiệu (logic0). Còn nếu như hai đầu vào khác trạng thái tín hiệu thì đầu ra sẽ có tín hiệu (logic1).

d. Bảng chân lý:

4. THỰC HÀNH, BÀI TẬP:

4.1. Thực hành nhận biết một số IC tuyến tính thông dụng trong thực tế về hình dáng, qui cách đóng vỏ, số lượng và cách bố trí chân của chúng.

4.2. Thực hành nhận biết một số IC khuếch đại thuật toán (OA) thông dụng trong thực tế về hình dáng, qui cách đóng vỏ, số lượng và cách bố trí chân của các chủng loại.

4.3. Thực hành nhận biết một số IC số chứa đựng mạch cổng logic thông dụng trong thực tế về hình dáng, qui cách đóng vỏ, mã số ghi trên thân IC.

5. CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP:

5.1. Ký hiệu, chức năng của các đầu vào ra, đặc điểm hoạt động của khuếch đại thuật toán về tín hiệu vào/ra, hệ số khuếch đại, đặc tuyến truyền đạt.

5.2. Mạch cơ bản của khuếch đại thuật toán ở chế độ không đảo. Viết biểu thức tính hệ số khuếch đại và biện luận về giá trị của các điện trở mắc ngoài.

5.3. Mạch cơ bản của khuếch đại thuật toán ở chế độ đảo. Viết biểu thức tính hệ số khuếch đại và biện luận về giá trị của các điện trở mắc ngoài.

5.4. Vẽ ký hiệu, viết biểu thức logic của các cổng logic cơ bản tương ứng với từng ký hiệu.

5.5. Xây dựng được các bảng chân lý của từng cổng logic cơ bản, trên cơ sở đó giải thích sự hoạt động của chúng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Dương Minh Trí – Sơ đồ chân linh kiện bán dẫn – NXB Sở giáo dục thành phố Hồ Chí Minh – 1989.
- [2] Đại học Thanh hoa Bắc Kinh – Cơ sở kỹ thuật điện tử số (bản dịch của Vũ Đức Thọ) - NXB giáo dục – 1998.
- [3] Đỗ Xuân Thụ - Kỹ thuật điện tử - NXB Đại học và giáo dục chuyên nghiệp – 1990.
- [4] H.Schreiber – Kỹ thuật điện tử qua sơ đồ (bản dịch của Lê Văn Doanh) – NXB Khoa học và kỹ thuật – 1997.
- [5] Lương Ngọc Hải – Giáo trình kỹ thuật xung số - NXB Giáo dục – 2005.
- [6] Nguyễn Việt Nguyên - Giáo trình linh kiện điện tử và ứng dụng – NXB Giáo dục – 2002.
- [7] R.H.Warring – Linh kiện điện tử cho người thiết kế mạch (bản dịch của Đoàn Thanh Huệ) – NXB Thông kê – 1996.
- [8] Võ Thạch Sơn – Linh kiện bán dẫn và vi điện tử - NXB Khoa học và kỹ thuật – 2001.