

**ỦY BAN NHÂN DÂN THÀNH PHỐ HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ VIỆT NAM - HÀN QUỐC THÀNH PHỐ HÀ NỘI**

**TRƯỜNG VĂN HỘI (Chủ biên)**  
**NGUYỄN ANH DŨNG – TRỊNH THỊ HẠNH**



**GIÁO TRÌNH LINH KIẾN VÀ ĐO LƯỜNG**  
**ĐIỆN TỬ**

**Nghề: Điện tử công nghiệp**

**Trình độ: Trung cấp**

*(Lưu hành nội bộ)*

**Hà Nội - Năm 2019**

## LỜI NÓI ĐẦU

Để cung cấp tài liệu học tập cho học sinh - sinh viên và tài liệu cho giáo viên khi giảng dạy, Khoa Điện tử Trường CĐN Việt Nam - Hàn Quốc thành phố Hà Nội đã chỉnh sửa, biên soạn cuốn giáo trình “**LINH ĐIỆN VÀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ**” dành riêng cho học sinh - sinh viên nghề Điện tử. Đây là mô đun trong chương trình đào tạo nghề Điện tử công nghiệp trình độ Trung cấp.

Nhóm biên soạn đã tham khảo các tài liệu: “*Linh kiện và đo lường điện tử*” dùng cho sinh viên các Trường Cao đẳng, Đại học kỹ thuật của tác giả Sổ tay linh kiện điện tử cho người thiết kế mạch. Giáo trình linh kiện điện tử và ứng dụng. Sổ tay tra cứu các tranzito Nhật Bản (*Nguyễn Kim Giao, Lê Xuân Thế*) và nhiều tài liệu khác.

Mặc dù nhóm biên soạn đã có nhiều cố gắng nhưng không tránh được những thiếu sót. Rất mong đồng nghiệp và độc giả góp ý kiến để giáo trình hoàn thiện hơn.

**Xin chân thành cảm ơn!**

*Hà Nội, ngày ... tháng 09 năm 2019*

**Chủ biên: Trương Văn Hợi**

# MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU .....	1
MỤC LỤC .....	2
<b>CHƯƠNG TRÌNH MÔ ĐUN .....</b>	<b>4</b>
<b>Bài 1 Mở đầu .....</b>	<b>7</b>
1.1. Vật liệu dẫn điện và cách điện .....	7
1.2. Các hạt mang điện và dòng điện trong môi trường.....	13
<b>Bài 2 Linh kiện thụ động.....</b>	<b>26</b>
2.1. Điện trở .....	26
2.2. Tụ điện. ....	48
2.3. Cuộn Cảm .....	57
<b>Bài 3 Diode.....</b>	<b>70</b>
3.1. Khái niệm chất bán dẫn .....	70
3.2. Tiếp giáp P-N và diode .....	73
<b>Bài 4 Transistor BJT.....</b>	<b>90</b>
4.1. Tổng quan về BJT .....	90
4.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của BJT .....	91
<b>Bài 5 Transistor hiệu ứng trường – FET .....</b>	<b>122</b>
5.1. Giới thiệu chung, phân loại và kí hiệu của FET .....	122
5.2. Transistor trường điều khiển bằng chuyển tiếp PN - JFET .....	122
5.3. Transistor trường loại cực cửa cách ly - MOSFET .....	129
<b>Bài 6 Linh kiện nhiều tiếp giáp và quang điện tử.....</b>	<b>139</b>
6.1. Điện trở quang, điốt quang và transistor quang.....	139
6.2. Thyristor (SCR).....	144
6.3. Triac .....	150
6.4. Diac .....	153
<b>Bài 7 Đơn vị đo .....</b>	<b>160</b>

7.1. Các đơn vị cơ hệ SI .....	160
7.2. Các đơn vị điện hệ SI .....	160
<b>Bài 8 Sai số đo.....</b>	<b>162</b>
8.1. Đo lường .....	162
8.2. Sai số.....	168
<b>Bài 9 Cơ cấu đo.....</b>	<b>172</b>
9.1. Thiết bị đo kiểu nam châm vĩnh cửu với cuộn dây quay.....	172
9.2. Ampe đo điện một chiều.....	174
9.3. Volt kế một chiều .....	177
9.4.VOM/DVOM .....	180
<b>Bài 10 Phương pháp đo các đại lượng điện.....</b>	<b>197</b>
10.1. Lý thuyết cầu xoay chiều.....	197
10.1.1. Cầu đo dòng xoay chiều.....	197
10.2. Cầu điện dung.....	198
10.3. Cầu điện cảm.....	202
<b>Bài 11 Phương pháp đo các đại lượng không điện .....</b>	<b>207</b>
11.1. Phương pháp đo.....	207
11.2. Volt kế.....	214
11.3. Ampe kế.....	215
11.4. Cầu Wheatstone.....	216
<b>Bài 12 Dao động ký.....</b>	<b>218</b>
12.1. Máy phát tần.....	218
12.2. Máy phát xung.....	222
<b>Bài 13 Đo lường bằng máy hiện sóng .....</b>	<b>227</b>
13.1 Đo lường AC.....	227
13.2. Đo thời gian và tần số.....	230
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>236</b>



## **CHƯƠNG TRÌNH MÔ ĐUN**

**Tên mô đun: Linh kiện và đo lường điện tử**

**Mã mô đun: 16**

**Thời gian thực hiện mô đun:** 120 giờ; (Lý thuyết: 40 giờ; Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập: 76 giờ; Kiểm tra: 4 giờ)

### **I. VỊ TRÍ TÍNH CHẤT CỦA MÔ ĐUN:**

\* Vị trí của mô đun: Mô đun được bố trí dạy sau khi học xong các môn học cơ bản và học trước khi học các mô đun chuyên sâu như vi xử lý, PLC...

\* Tính chất của mô đun: Là mô đun bắt buộc

### **III. MỤC TIÊU MÔ ĐUN:**

\* Về kiến thức:

- Phân tích được cấu tạo nguyên lý các linh kiện điện tử thông dụng.
- Nhận dạng chính xác ký hiệu của từng linh kiện, đọc chính xác trị số của chúng.
- Trình bày được khái niệm sai số trong đo lường, các loại sai số và biện pháp phòng tránh.
- Trình bày được các loại cơ cấu đo dùng trong kỹ thuật điện, điện tử.
- Trình bày được cơ cấu và cách sử dụng các loại máy đo thông dụng trong kỹ thuật: VOM, DVOM, máy hiện sóng.
- Trình bày được cơ cấu và cách sử dụng các loại máy phát: Âm tần, cao tần...

\* Về kỹ năng:

- Đo, kiểm tra được hư hỏng của các linh kiện điện tử
  - Đo được các thông số và các đại lượng cơ bản của mạch điện.
  - Sử dụng được các loại máy phát tín hiệu chuẩn
  - Thực hiện bảo trì, bảo dưỡng cho máy đo
- \* Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
- Chủ động, tư duy và sáng tạo trong học tập
  - Rèn luyện cho học sinh thái độ nghiêm túc, cẩn thận, chính xác trong học tập và thực hiện công việc

### III. NỘI DUNG MÔ ĐUN

Số TT	Tên chương mục	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra
1	Bài mở đầu: Tổng quan về mạch điện tử	1	1	0	
2	Linh kiện bán dẫn				
3	Diode	8	2	6	
4	Transistor BJT	22	4	17	1
5	Transistor trường - FET	12	3	9	
6	Linh kiện nhiều tiếp giáp và quang điện tử	9	2	6	1
7	Đơn vị đo	3	3	0	
	Các đơn vị cơ hệ SI		1,5		
	Các đơn vị điện hệ SI		1,5		
8	Sai số đo	5	5	0	
	Đo lường		2		
	Sai số trong đo lường		2		
	Thị sai		1		
9	Cơ cấu đo	26	7	19	
	Thiết bị đo kiểu nam châm vĩnh cửu với cuộn dây quay		1		
	Ampe kế đo điện 1 chiều		1,5		
	Vôn kế 1 chiều.		1,5		
	VOM/DVOM vạn năng		3	4	
	Phương pháp đo các đại lượng điện	6	4	1	1

10	Lý thuyết cầu xoay chiều.		1		
	Cầu điện dung.		1		
	Cầu điện cảm		2	1	
11	Phương pháp đo các đại lượng không điện	6	3	3	
	Phương pháp đo.		1	1	
	Vôn kế.		0,5	1	
	Ampe kế		0,5	1	
	Cầu Wheatstone		1		
12	Dao động ký	12	4	8	
	Máy phát tần		2	5	
	Máy phát xung		2	3	
13	Đo lường bằng máy hiện sóng	10	2	7	1
	Đo lường AC		1	2	
	Đo thời gian và tần số		1	5	
<b>Cộng</b>		<b>120</b>	<b>40</b>	<b>76</b>	<b>4</b>

# Bài 1

## Mở đầu

### Mục tiêu:

- Phát biểu đúng chức năng các loại vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu từ dùng trong lĩnh vực điện tử,
- Nhận dạng và xác định được chất lượng các loại vật liệu kể trên.
- Trình bày đúng phạm vi ứng dụng của các loại vật liệu kể trên.

### 1.1. Vật liệu dẫn điện và cách điện

#### 1.1.1. Vật liệu dẫn điện

Vật liệu dẫn điện là vật chất mà ở trạng thái bình thường có các điện tích tự do. Nếu đặt những vật liệu này vào trong một trường điện, các điện tích sẽ chuyển động theo hướng nhất định của trường và tạo thành dòng điện, người ta gọi vật liệu có tính dẫn điện.

Vật liệu dẫn điện dùng trong lĩnh vực điện tử gồm các kim loại và các hợp kim.

Các đặc tính kỹ thuật của vật liệu dẫn điện là:

- Điện trở suất
- Hệ số nhiệt
- Nhiệt độ nóng chảy
- Tỷ trọng

Các thông số và phạm vi ứng dụng của các vật liệu dẫn điện thông thường được giới thiệu trong bảng 1.1 dưới đây:

**Bảng 1.1: Vật liệu dẫn điện**

TT	Tên vật liệu	Điện trở suất $\rho$ $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	Hệ số nhiệt $\alpha$	Nhiệt độ nóng chảy $t_0\text{C}$	Tỷ trọng	Hợp kim	Phạm vi ứng dụng	Ghi chú
1	Đồng đỏ hay đồng kỹ thuật	0,0175	0,004	1080	8,9		Chủ yếu dùng làm dây dẫn	

2	Thau	(0,03 - 0,06)	0,002	900	3,5	Đồng với kẽm	- Các lá tiếp xúc - Các đầu nối dây	
3	Nhôm	0,028	0,0049	660	2,7		- Làm dây dẫn điện - Làm lá nhôm trong tụ xoay - Làm cánh toả nhiệt - Dùng làm tụ điện (tụ hoá)	- Bị ôxyt hoá nhanh, tạo thành lớp bảo vệ, nên khó hàn, khó ăn mòn - Bị hơi nước mặn ăn mòn
4	Bạc			960	10,5		- Mạ vỏ ngoài dây dẫn để sử dụng hiệu ứng mặt ngoài trong lĩnh vực siêu cao tần	
5	Nic ken	0,07	0,006	1450	8,8		- Mạ vỏ ngoài dây dẫn để sử dụng	Có giá thành rẻ hơn bạc

							hiệu ứng mặt ngoài trong lĩnh vực siêu cao tần	
6	Thiếc	0,115	0,0012	230	7,3	Hợp chất dùng để làm chất hàn gồm: - Thiếc 60% - Chì 40%	- Hàn dây dẫn. - Hợp kim thiếc và chì có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của từng kim loại thiếc và chì..	Chất hàn dùng để hàn trong khi lắp ráp linh kiện điện tử
7	Chì	0,21	0,004	330	11,4		- Cầu chì bảo vệ quá dòng - Dùng trong ac qui chì - Vỏ bọc cáp chôn	Dùng làm chất hàn (xem phần trên)
8	Sắt	0,098	0,0062	1520	7,8		- Dây sắt mạ kẽm làm dây dẫn với tải nhẹ - Dây	- Dây sắt mạ kẽm giá thành hạ hơn dây đồng - Dây

							lượng kim gồm lõi sắt vỏ bọc đồng làm dây dẫn chịu lực cơ học lớn	lượng kim dẫn điện gần như dây đồng do có hiệu ứng mặt ngoài
9	Magani n	0,5	0,00005	1200	8,4	Hợp chất gồm: - 80% đồng - 12% mangan - 2% nicken	Dây điện trở	
10	Contantan	0,5	0,000005	1270	8,9	Hợp chất gồm: - 60% đồng - 40% nicken - 1% Mangan	Dây điện trở nung nóng	
11	Niken - Crôm	1,1	0,00015	1400 (nhiệt độ làm việc: 900)	8,2	Hợp chất gồm: - 67% Nicken - 16% sắt - 15% crôm - 1,5% mangan	- Dùng làm dây đốt nóng (dây mỏ hàn, dây bếp điện, dây bàn là)	

### 1.1.2. Vật liệu cách điện

Các đặc tính kỹ thuật của vật liệu cách điện:

Độ bền về điện là mức điện áp chịu được trên đơn vị bề dày mà không bị đánh thủng.

Nhiệt độ chịu được,

Hằng số điện môi,

Góc tổn hao:  $\text{tg } \delta$

Tỷ trọng.

Các thông số và phạm vi ứng dụng của các vật liệu cách điện thông thường được giới thiệu trong Bảng sau

TT	Tên vật liệu	Độ bền về điện (kV/m m)	t <sup>0</sup> C chịu đựng	Hằng số điện môi	Góc tổn hao	Tỷ trọng	Đặc điểm	phạm vi ứng dụng
1	Mi ca	50-100	600	6-8	0,0004	2,8	Tách được thành từng mảnh rất mỏng	- Dùng trong tụ điện - Dùng làm vật cách điện trong thiết bị nung nóng (VD:bàn là)
2	Sứ	20-28	1500-1700	6-7	0,03	2,5		- Giá đỡ cách điện cho đường dây dẫn - Dùng trong tụ điện, đế đèn, cốt cuộn dây
3	Thủy tinh	20-30	500-1700	4-10	0,0005-0,001	2,2-4		



4	Gốm	không chịu được điện áp cao	không chịu được nhiệt độ lớn	1700-4500	0,02-0,03	4	- Kích thước nhỏ nhưng điện dung lớn	- Dùng trong tụ điện
5	Bakêlit	10-40		4-4,6	0,05-0,12	1,2		
6	Êbônit	20-30	50-60	2,7-3	0,01-0,015	1,2-1,4		
7	Pretspan	9-12	100	3-4	0,15	1,6		Dùng làm cốt biến áp
8	Giấy làm tụ điện	20	100	3,5	0,01	1-1,2		Dùng trong tụ điện
9	Cao su	20	55	3	0,15	1,6		- Làm vỏ bọc dây dẫn - Làm tấm cách điện
10	Lụa cách điện	8-60	105	3,8-4,5	0,04-0,08	1,5		Dùng trong biến áp
11	Sáp	20-25	65	2,5	0,0002	0,95		Dùng làm chất tản sấy biến áp, động cơ điện để chống ẩm
12	Paraphin	20-30	49-55		1,9-2,2			Dùng làm chất tản sấy biến áp, động cơ điện để chống ẩm

13	Nhựa thông	10-15	60-70	3,5	0,01	1,1		- Dùng làm sạch mối hàn - Hỗn hợp paraffin và nhựa thông dùng làm chất tẩm sấy biến áp, động cơ điện để chống ẩm
14	Êpoxi	18-20	1460	3,7-3,9	0,013	1,1-1,2		Hàn gắn các bộ kiện điện-điện tử
15	Các loại plastic (polyetylen, polyclovinin)							Dùng làm chất cách điện

## 1.2. Các hạt mang điện và dòng điện trong môi trường

### 1.2.1. Dòng điện trong kim loại

Trong kim loại ,các nguyên tử bị mất electron hóa trị trở thành các ion dương các ion dương sắp xếp một cách tuần hoàn trật tự tạo nên mạng tinh thể kim loại

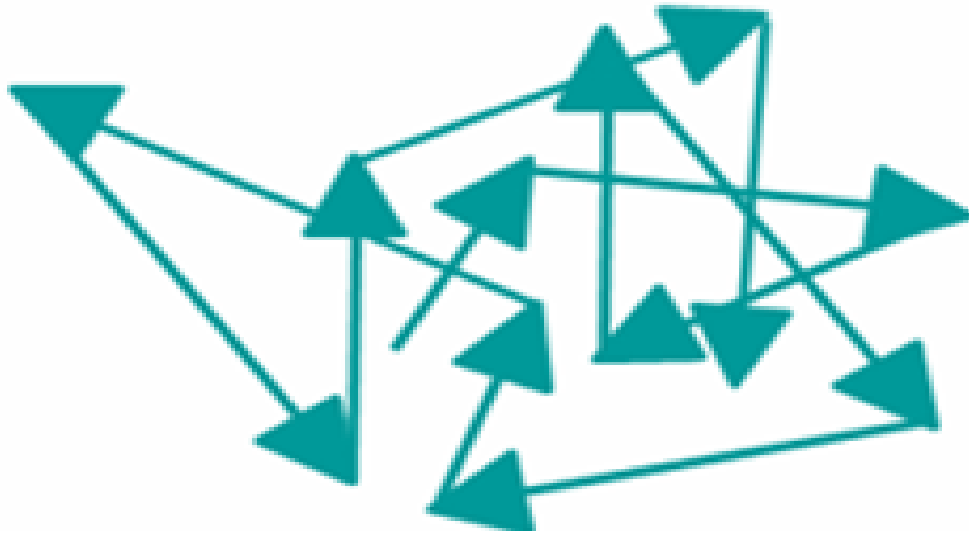
Các electron hóa trị tách khỏi nguyên tử chuyển động hỗn loạn trong mạng tinh thể , gọi là các electron tự do

Sự mất trật tự của mạng tinh thể đã cản trở chuyển động của các electron .

Electron chuyển động ngược chiều điện trường dưới tác dụng của lực điện trường.

#### ***a. Bản chất dòng điện trong kim loại :***

Khi không có điện trường ngoài : Các electron tự do chỉ chuyển động nhiệt hỗn loạn

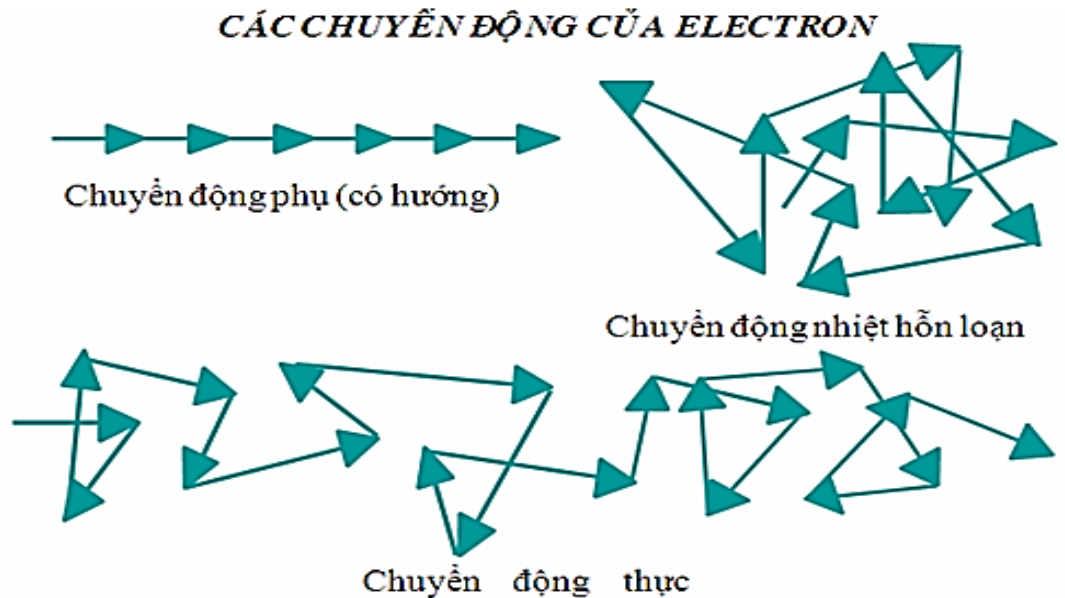


Hình 1.1: Dòng điện trong kim loại khi không có điện trường ngoài

Vậy : Khi không có điện trường ngoài, trong kim loại không có dòng điện

**b. Khi có điện trường ngoài (tức là đặt vào hai đầu vật dẫn một hiệu điện thế)**

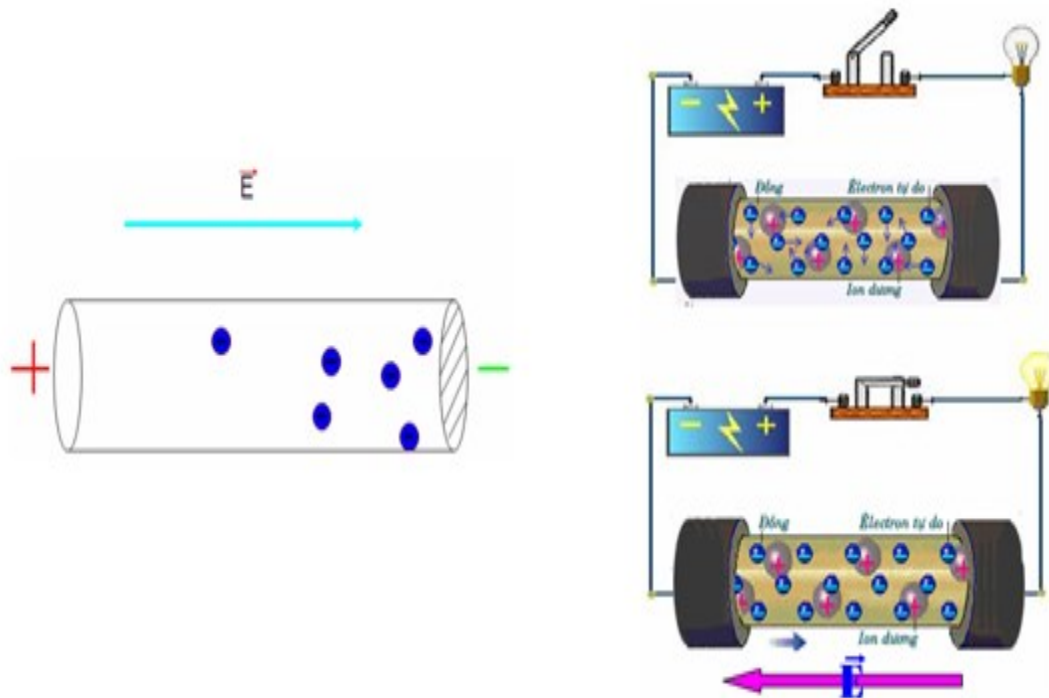
Các electron tự do chịu tác dụng của lực điện trường, chúng có thêm một chuyển động phụ theo một chiều xác định ngược chiều điện trường; đó là chuyển động có hướng của các electron; nghĩa là trong kim loại xuất hiện dòng điện



Hình 1.2: Dòng điện trong kim loại khi có điện trường ngoài

Khi có điện trường ngoài, trong kim loại sẽ xuất hiện dòng điện

Vậy : Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các electron tự do dưới tác dụng của điện trường ngoài.



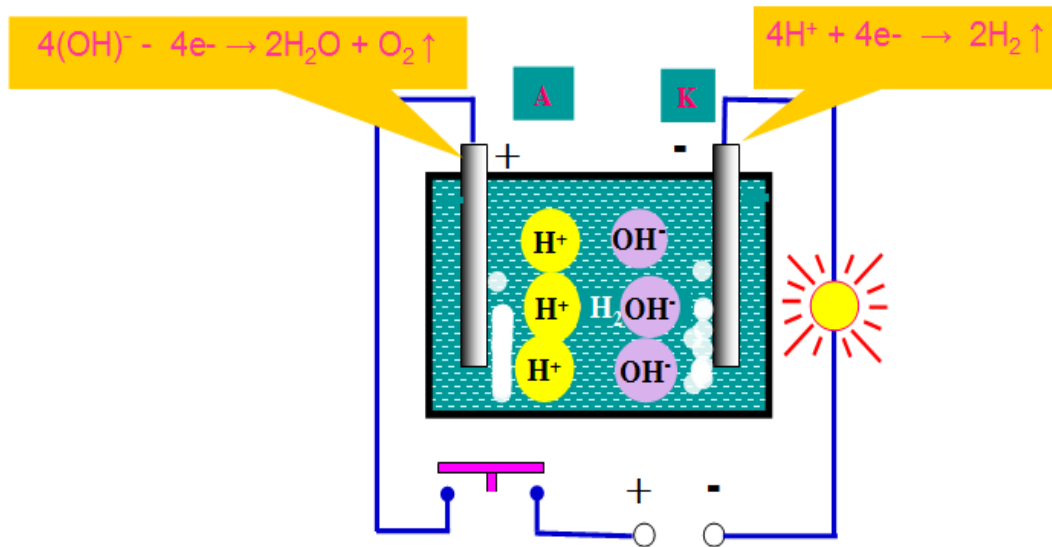
Hình 1.3: Dòng điện trong kim loại dưới tác dụng của điện trường ngoài

## 1.2.2. Dòng điện trong chất điện phân

### a. Bản chất dòng điện trong chất điện phân

Thí nghiệm

+ Khi chất điện phân là dd H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> và điện cực bằng inox:



Hình 1.4: Mô hình thí nghiệm dòng điện trong chất điện phân

Dòng điện trong chất điện phân là dòng chuyển dời có hướng của ion âm và ion dương theo hai chiều ngược nhau

- Tại âm cực:  $4\text{H}^+ + 4\text{e} \rightarrow 2\text{H}_2 \uparrow$

- Tại dương cực:  $4(\text{OH})^- - 4\text{e} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$

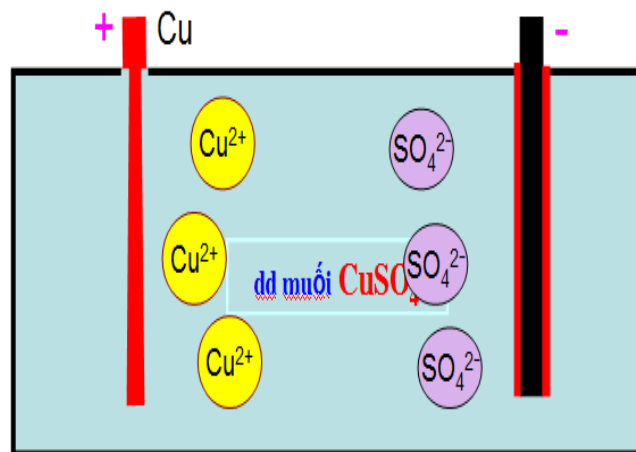
Kết quả có hiđrô và ôxy bay ra ở âm cực và dương cực.

### ***b. Hiện tượng cực dương tan:***

+ Khi chất điện phân là dd  $\text{CuSO}_4$  và dương cực là đồng (Cu)

- Tại dương cực:  $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{CuSO}_4$ : đi vào dung dịch dương cực bị tan dần

-Tại âm cực:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  : bám vào âm cực âm cực được bồi thêm.



Bản chất dòng điện trong chất điện phân: là dòng chuyển dời có hướng của ion âm ngược chiều điện trường và ion dương theo chiều điện trường.

### **1.2.3. Dòng điện trong chân không**

#### ***a. Bản chất của dòng điện trong chân không***

Chân không lý tưởng là một môi trường không có một phân tử khí nào.

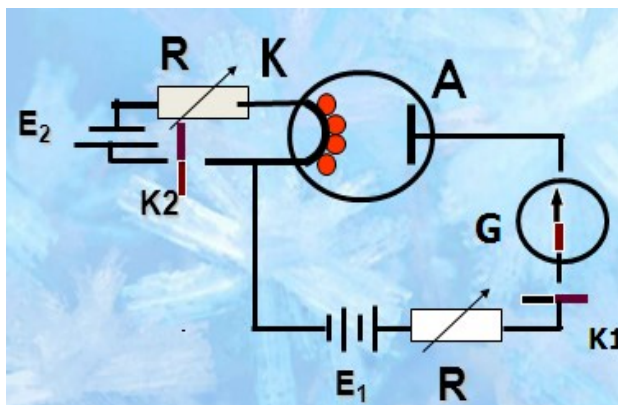
Trong thực tế, khi làm giảm áp suất chất khí trong một ống xuống dưới  $10^{-4}$  mmHg, lúc đó phân tử khí có thể chuyển động từ thành nọ đến thành kia của ống mà không va chạm với các phân tử khác thì trong ống được xem là chân không.

Do đó chân không là môi trường không có các hạt tải điện nên cách điện trong điều kiện thường.

Muốn tạo ra dòng điện trong chân không phải làm phát sinh các hạt tải điện tự do trong ống chân không .

Các kĩ thuật làm phát sinh các hạt electron là phải cung cấp năng lượng ngoài cho các electron ở đầu cực catot để chúng thoát ra khỏi bề mặt kim loại.

## b. Tiến hành thí nghiệm dòng điện trong chân không



Hình 1.5: Mô hình thí nghiệm dòng điện trong chân không

- Tiến hành thí nghiệm và kết quả

+ Đóng k<sub>1</sub>, mở k<sub>2</sub> : G chỉ số không, chứng tỏ không có dòng điện chạy qua chân không.

Vậy :Chân không là môi trường cách điện tốt.

+ Mở k<sub>1</sub>, đóng k<sub>2</sub> : K được đốt nóng bởi nguồn E<sub>2</sub>, G chỉ số không, qua đó chứng tỏ không có dòng điện qua chân không.

+ Đóng cả k<sub>1</sub> và k<sub>2</sub> :

Nguồn E<sub>1</sub> mắc như hình vẽ : G chỉ số khác không, chứng tỏ có dòng điện chạy qua chân không.

- Đảo cực nguồn E<sub>1</sub> : G chỉ số không, chứng tỏ không có dòng điện chạy qua chân không.

Vậy: Dòng điện chạy qua chân không (nếu có) chỉ theo một chiều từ A đến K.

Giải thích

+ Khi K được đốt nóng bởi nguồn E<sub>2</sub> : sẽ có sự phát xạ nhiệt electron tại K.

+ Khi chưa có điện trường ngoài (k<sub>1</sub> mở) : electron bứt ra khỏi K sẽ tụ tập gần K làm xuất hiện một điện trường hướng từ K (lúc này nhiễm điện dương) ra đám mây electron, có tác dụng kéo electron trở về K, sau một thời gian sẽ xảy ra trạng thái cân bằng động giữa hai quá trình : electron bị phát xạ nhiệt ra khỏi K và electron quay về K; tức là không có sự dịch chuyển có hướng của electron nên không có dòng điện.

Khi đặt vào giữa A và K một điện trường : giữa A và K có điện trường tổng hợp

Khi hướng từ A về K :

Nếu  $E_1 > E_2$  : có hướng từ A về K nên kéo electron từ K về A sinh ra dòng điện.

Nếu  $E_1 < E_2$  : có hướng từ K về A có tác dụng kéo electron quay về K nên không sinh ra dòng điện (thực ra vẫn có dòng điện nhưng rất nhỏ là do khi electron bứt ra khỏi K, nó có một động năng ban đầu nào đó).

Khi hướng từ K về A : có hướng từ K về A có tác dụng kéo electron quay về K nên không sinh ra dòng điện.

Vậy : Dòng điện trong chân không là dòng chuyển dời có hướng từ catốt đến anốt của các electron phát xạ nhiệt từ catốt dưới tác dụng của điện trường ngoài.

#### 1.2.4. Dòng điện trong chất bán dẫn

##### a. *Chất bán dẫn và tính chất cơ bản*

- Chất bán dẫn là gì ?

Bán dẫn là những chất có tính dẫn điện không thể xem là kim loại hay điện môi. Tiêu biểu là Silic ( $^{14}\text{Si}$ ) và Gecmani ( $^{32}\text{Ge}$ )

- Vài tính chất cơ bản của chất bán dẫn

+ Ở nhiệt độ thấp, điện trở suất của bán dẫn tinh khiết rất lớn. Khi nhiệt độ tăng, điện trở suất giảm nhanh, nghĩa là hệ số nhiệt điện trở của bán dẫn có giá trị âm.

+ Điện trở suất của chất bán dẫn phụ thuộc mạnh vào tạp chất. Chỉ cần có một lượng tạp chất nhỏ cũng làm điện trở suất của chất bán dẫn thay đổi đáng kể.

+ Điện trở suất của một số chất bán dẫn cũng giảm đáng kể khi nó bị chiếu sáng hoặc khi bị tác dụng của các tác nhân ion hóa khác.

##### b. *Dòng điện trong chất bán dẫn*

- Electron và lỗ trống trong bán dẫn tinh khiết

Khi một electron bị rút khỏi môi liên kết, trở thành một **electron tự do (electron dẫn)** thì nó để lại một **lỗ trống** thiếu  $e^-$  liên kết và được xem là hạt mang điện dương.

Electron và lỗ trống là 2 hạt tải điện trong BD tinh khiết.

Dòng điện trong chất BD tinh khiết là dòng các electron dẫn chuyển động ngược chiều điện trường và dòng các lỗ trống chuyển động đồng thời cùng chiều điện trường.

Trong BD tinh khiết hay BD loại i, electron dẫn và lỗ trống có mật độ bằng nhau nhưng nhỏ, chúng được gọi là những hạt tải điện thiểu số

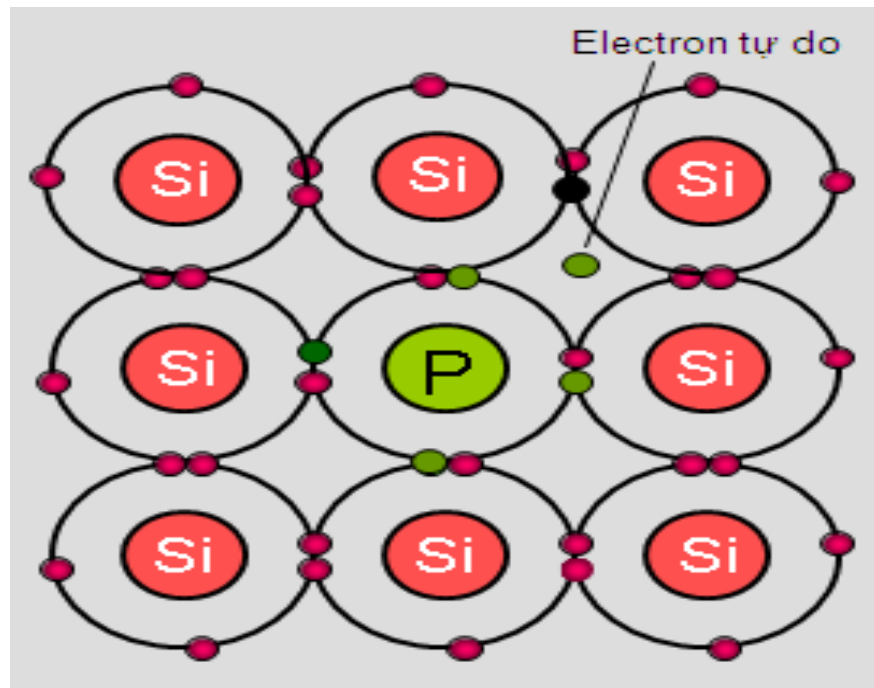
### c. Dòng điện trong chất bán dẫn loại N và loại P

- Bán dẫn loại n

Bán dẫn n là bán dẫn tạp chất có hạt tải điện mang điện âm. Khi pha tạp chất photpho (P), asen (As) hoặc antimon (Sb) là các nguyên tố có 5 e- hóa trị vào mẫu Silic thì e- thứ 5 của nguyên tử tạp trở thành e- tự do trong tinh thể BD, giúp nó dẫn điện ngay ở nhiệt độ thấp.

Mỗi nguyên tử tạp “cho” tinh thể bán dẫn một electron dẫn nên được gọi là tạp chất cho

Tạp chất cho (đônô) làm tăng đáng kể mật độ electron dẫn nhưng không tăng mật độ lỗ trống nên hạt tải điện chủ yếu trong BD loại n là electron dẫn



Hình 1.6: Cấu tạo chất bán dẫn loại N

### b. Bán dẫn loại P

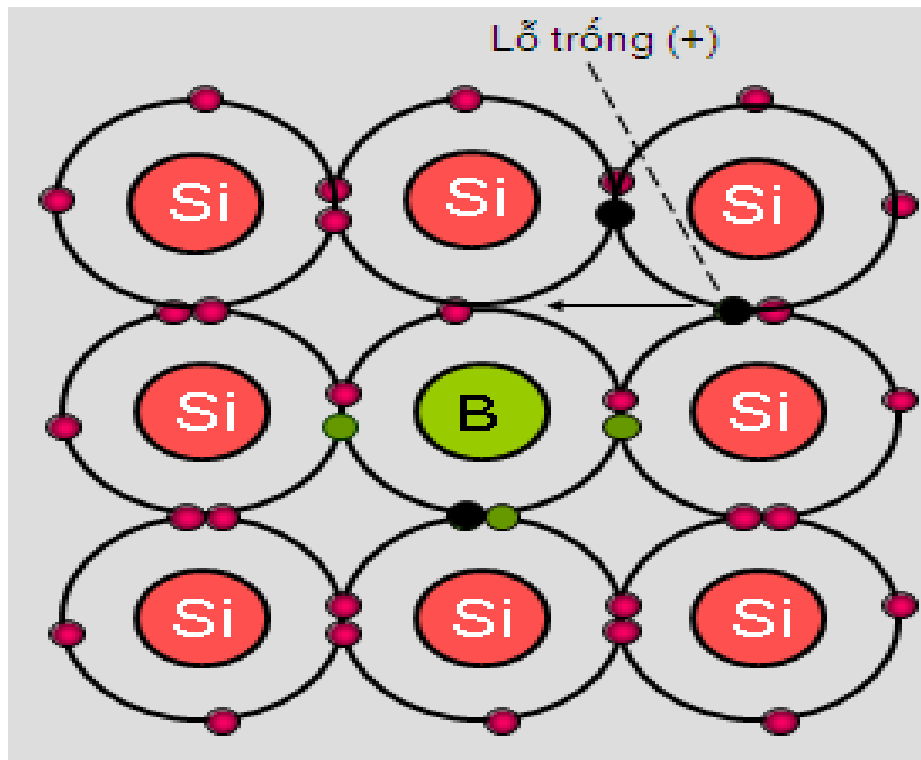
Bán dẫn p là BD tạp chất có hạt tải điện mang điện dương.

Khi pha tạp Bo (B), nhôm (Al) hoặc Gali (Ga) là các nguyên tố có 3 e- hóa trị vào mẫu Silic thì mỗi nguyên tử tạp sẽ lấy một e- liên kết của nguyên tử Silic lân cận và sinh ra một lỗ trống mang điện dương, giúp BD dẫn điện ngay ở nhiệt độ thấp.

Mỗi nguyên tử tạp “nhận” từ tinh thể một e- liên kết nên được gọi là tạp chất nhận

Tạp chất nhận (axepô) làm tăng đáng kể mật độ lỗ trống nhưng không tăng mật độ electron dẫn nên hạt tải điện chủ yếu trong BD loại p là lỗ trống.





Hình 1.7: Cấu tạo chất bán dẫn loại P

### c. Lớp chuyển tiếp P-N

Vị trí lớp chuyển tiếp p-n:

Lớp chuyển tiếp p-n là chỗ tiếp xúc của miền BD loại p và miền BD loại n được tạo ra trên một tinh thể BD

Lớp nghèo

Tại lớp chuyển tiếp p-n có sự trà trộn vào nhau của hai hạt tải điện là  $e^-$  dẫn và lỗ trống của hai BD; chúng nối lại liên kết và cùng biến mất. Kquả, ở đây hình thành *một lớp không có hạt tải điện, có điện trở rất lớn, gọi là lớp nghèo.*

Ở lớp nghèo, về phía BD n tích điện dương và về phía BD p tích điện âm

### d. Bài tập

Bài 1: Phát biểu nào dưới đây là chính xác ?

Người ta gọi Silic là chất bán dẫn vì

- Nó không phải là kim loại, cũng không phải là điện môi.
- Hạt tải điện trong đó có thể là electron hoặc lỗ trống.
- Điện trở suất của nó rất nhạy cảm với nhiệt độ, tạp chất và các tác nhân ion hóa khác.

Cả ba lí do trên.

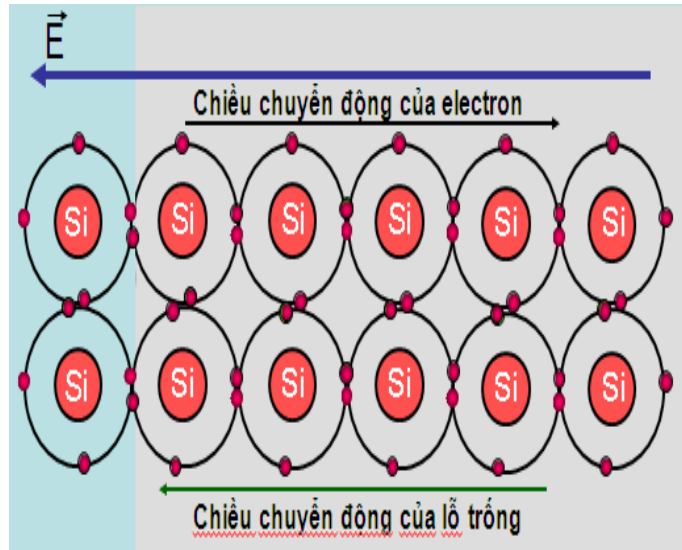
Bài 2: Hạt tải điện chủ yếu trong BD loại n, trong BD loại p là những hạt gì ?

**TRẢ LỜI:**

Bài 1: D. Cả ba lí do trên

Bài 2: Hạt tải điện chủ yếu trong BD loại n là electron.

Hạt tải điện chủ yếu trong BD loại p là lỗ trống



Hình 1.8: Chiều chuyển động của electron và lỗ trống trong điện trường

### **Bài tập thực hành của học viên**

Bài tập về các đặc điểm vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu từ.

**Bài 1.1\*.** Trình bày đặc tính điện trở suất của vật liệu dẫn điện.

**Bài 1.2\*:** Cho biết đặc tính độ bền cách điện của vật liệu cách điện.

**Bài 1.3\*:** Trình bày những đặc điểm cơ bản của vật liệu từ cứng, vật liệu từ mềm.

Bài tập về các chức năng và phạm vi ứng dụng của các vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu từ.

**Bài 1.4\*:** Đồng kỹ thuật, thau, bạc, nhôm, maganin chủ yếu được dùng làm gì trong các thiết bị điện tử? contantan, niken - crôm được dùng trong lĩnh vực nào?

**Bài 1.5\*:** Cho biết lĩnh vực ứng dụng của mica, gốm, sứ, nhựa thông?

Điện áp đánh thủng là gì?

**Bài 1.6\*:** Cho biết lĩnh vực ứng dụng của sắt từ cứng? sắt từ mềm?

Bài tập về cách nhận dạng các vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu từ.

**Bài 1.7\*:** Dây dẫn dùng để quán biến áp nguồn là đồng kỹ thuật hay là thau?

**Bài 1.8:** Nam châm vĩnh cửu được chế tạo bởi loại vật liệu từ mềm hay vật liệu từ cứng?

**Bài 1.9\*:** Trình bày các đặc tính của bạc và lĩnh vực ứng dụng.

Bộ câu hỏi trắc nghiệm: Tìm câu trả lời đúng

**Bài 1.10\*.** Đồng kỹ thuật được dùng để:

Dùng làm các lá tiếp xúc.

Dùng làm cốt biến áp.

Dùng làm dây dẫn điện.

**Bài 1.11.** Mica được dùng để:

Làm chất điện môi trong tụ điện.

Làm cốt biến áp.

Làm sạch môi hàn.

Làm vỏ bọc dây dẫn.

**Bài 1.12.** Bạc được dùng để:

Làm dây dẫn trong tần số cao.

Làm dây điện trở nung nóng.

Trong dụng cụ đo lường điện.

Làm vỏ bọc dây dẫn.

**Bài 1.13:** Đồng có những tính chất ưu việt nào mà nhờ đó người ta chế tạo được các đồng lá, các dây đồng mảnh (với đường kính có thể đạt đến 0,015m m).

**Bài 1.14.** Cho biết một số sản phẩm trên thương trường của đồng thau.

**Bài 1.15.** Thế nào là sắt từ cứng? Sắt từ mềm? Hãy nêu một số vật liệu điển hình của mỗi loại.

**Bài 1.16.** Khi sử dụng vật liệu gốm, sứ trong lĩnh vực siêu cao tần cần quan tâm đến đặc tính kỹ thuật nào của chúng?

**Bài 1.17.** Trong các thiết bị điện tử Niken được dùng trong các lĩnh vực nào? cho ví dụ cụ thể

Các bài từ 1.11 đến 1.17 là các bài nhằm phát triển tư duy của học viên.

### Trả lời các câu hỏi và bài tập

**Bài 1.1\*:** Điện trở suất  $\rho$ : là điện trở của dây dẫn có chiều dài là một đơn vị chiều dài và tiết diện là một đơn vị diện tích.

Trên thực tế, điện trở suất của dây dẫn được tính theo  $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  và trong một số trường hợp được tính bằng  $\mu \Omega \text{ cm}$ . Trong hệ CGS điện, điện trở suất được tính bằng  $\Omega \text{ cm}$ ; còn ở hệ MKSA, tính bằng  $\Omega \text{ m}$ .

Những đơn vị nêu trên, chúng được liên hệ qua biểu thức sau đây:

$$1 \Omega \text{ cm} = 10^4 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} = 10^6 \mu \Omega \text{ cm} = 10^{-2} \Omega \text{ m}.$$

(xem **Bảng 1.2**)

**Bài 1.2:** Độ bền cách điện là điện áp đánh thủng tính trên cách điện có bề dày 1 cm, đặt trong điện trường đồng nhất; thứ nguyên là kV/cm, hoặc kV/mm, độ bền cách điện không phải là trị số không đổi mà nó phụ thuộc vào bề dày cách điện tức là cách điện càng dày thì độ bền cách điện càng nhỏ. Đối với những loại cách điện thường được sử dụng với bề dày nhỏ, thì độ bền cách điện thường được tính với kV/mm.

**Bài 1.3\*:** Đặc điểm của vật liệu từ mềm là từ trường khử từ nhỏ (dưới 400A/m), hằng số từ môi lớn và tổn hao từ trễ nhỏ, vật liệu sắt từ mềm gồm có thép kỹ thuật, thép ít cacbon, thép lá kỹ thuật điện, hợp kim sắt kền có hằng số từ môi cao (permaloi) và oxit sắt từ (ferit và oxife)...

Đặc điểm của vật liệu từ cứng là có từ dư lớn. Thành phần, từ dư và từ trường khử của một số vật liệu từ cứng ở **Bảng 1.2**.

Vật liệu sắt từ cứng	Thành phần, % ( còn lại là sắt )							Từ trường khử từ He, A/m	C-ong độ từ cảm d-Br T
	Vonfram	Nhôm	Crom	Coban	Niken	Đồng	Silic		
Thép									
Vonfram	6							4800	1
Thép crom			3					4800	0,9
Thép coban			5	5				7200	0,9
Ami		14			25	5		44000	0,44
Hợp kim									
Gốm amico								45000	1,1
Ferit bari								130000	0,35

**Bài 1.4:** Đồng kỹ thuật, nhôm chủ yếu được dùng làm dây dẫn điện. Thau dùng làm các lá tiếp xúc, các đầu nối dây, maganin dùng làm dây điện trở, constantan dùng làm dây điện trở nung nóng, niken - crôm dùng làm dây mỏ hàn, bếp điện, bàn là.

**Bài 1.5\*:** Mica dùng làm tụ điện, dùng cách điện trong thiết bị nung nóng, gốm dùng làm tụ điện, kích thước nhỏ nhưng điện dung lớn, sứ dùng làm giá đỡ cách điện cho đường dây dẫn, dùng làm tụ điện, đế đèn, cốt cuộn dây....

Nhựa thông dùng làm sạch mối hàn. Hỗn hợp nhựa thông paraffin dùng để nhúng tấm chống ẩm.

Điện áp đánh thủng là điện áp làm cho bề dày cách điện có bề dày nhất định bị đánh thủng; kí hiệu là  $U_{Pd}$

**Bài 1.6:** Vật liệu từ cứng được dùng để chế tạo các nam châm vĩnh cửu trong các dụng cụ điện thanh. Vật liệu từ mềm dùng làm biến áp. Sắt silíc thường được đập thành những tấm  $E_1$ . Sắt si líc cũng còn được đập thành những băng dài và ghép lại thành lõi sắt.

**Bài 1.7\*:** Dây dùng để quấn biến áp nguồn dùng dây làm bằng đồng kỹ thuật, (dây êmay) còn thau chỉ để dùng làm các đầu nối dây vào và ra của biến áp.

**Bài 1.9\*:** Bạc là kim loại màu trắng và chiếu sáng; chiếu sáng này không bị mất đi trong môi trường không khí. Ở nhiệt độ thông thường và kể cả nhiệt độ cao thì bạc vẫn không bị oxyt hoá và do vậy nó là nhóm kim loại nằm trong nhóm kim loại quý.

Ở nhiệt độ ( $1400^0 \div 1600^0$ ) nó sẽ bay hơi.

Bạc là kim loại rất dễ vượt giãn và mềm dễ uốn cong

Bạc là kim loại có điện trở suất rất lớn và dẫn nhiệt tốt trong tất cả các kim loại.

### **Yêu cầu đánh giá kết quả học tập**

#### **Kiến thức**

Yêu cầu về học tập cá nhân:

Ôn tập các kiến thức của các môđun và môn học đã học trước đây có liên quan đến bài học về vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu từ để hiểu sâu sắc bài học và làm được các bài tập.

Tự học cá nhân:

+ Làm các bài tập từ 1.1 đến 1.3 về đặc điểm vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu từ.

+ Làm các bài tập từ 1.4 đến 1.6 về chức năng và phạm vi ứng dụng của các vật liệu dẫn điện và vật liệu cách điện.

+ Làm các bài tập từ 1.7 đến 1.10 về nhận dạng các vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu từ.

+ Làm các bài tập nâng cao và/hoặc các bài tập do giáo viên giao cho

### **Kỹ năng**

Thực hành tại xưởng theo nhóm 2 đến 3 người:

Nhận dạng, xác định chất lượng các loại vật liệu: dẫn điện, cách điện và vật liệu từ.

Nhận dạng các loại vật liệu: dẫn điện, cách điện và vật liệu từ bằng trực quan, quan sát hình dạng.

Xác định chất lượng các loại vật liệu bằng trực quan, quan sát hình dạng thực tế và bằng VOM.

Thảo luận nhóm về cách nhận dạng, xác định chất lượng và phạm vi ứng dụng của các loại vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu từ. Ghi kết quả thảo luận của nhóm nộp giáo viên.

### **Thái độ :**

Nghiêm túc trong học tập lý thuyết và cẩn thận, tỉ mỉ, chính xác trong thực hành.

## Bài 2

### Linh kiện thụ động

#### Mục tiêu:

Phân biệt được điện trở, tụ điện, cuộn cảm với các linh kiện khác theo các đặc tính của linh kiện.

Đọc đúng trị số điện trở, tụ điện, cuộn cảm theo qui ước quốc tế.

Đo kiểm tra chất lượng điện trở, tụ điện, cuộn cảm theo giá trị của linh kiện.

Thay thế, thay tương đương điện trở, tụ điện, cuộn cảm theo yêu cầu kỹ thuật của mạch điện công tác.

Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo trong học tập

#### 2.1. Điện trở

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

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

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

- Điện trở hợp chất cacbon:

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

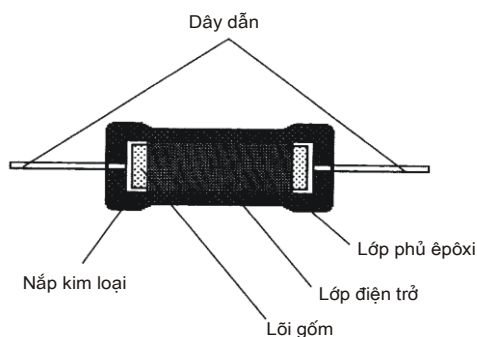
Các loại điện trở hợp chất bột than này có trị số từ 10 đến hàng chục megôm, công suất từ 1/4 W tới vài W.

- Điện trở màng cacbon:

Các điện trở có cấu tạo màng cacbon được giới thiệu trên Hình 1.1. Các điện trở màng cacbon đã thay thế hầu hết các điện trở hợp chất cacbon trong các mạch điện tử. Đáng lẽ lấp đầy các hợp chất cacbon, điện trở màng cacbon gồm một lớp chuẩn xác màng cacbon bao quanh một ống phủ gốm mỏng. Độ dày của lớp màng

bao này tạo nên trị số điện trở, màng càng dày, trị số điện trở càng nhỏ và ngược lại. Các dây dẫn kim loại được kết nối với các nắp ở cả hai đầu điện trở.

Toàn bộ điện trở được bao bằng một lớp keo êpôxi, hoặc bằng một lớp gốm. Các điện trở màng cacbon có độ chính xác cao hơn các điện trở hợp chất cacbon, vì lớp màng được lắng một lớp cacbon chính xác trong quá trình sản xuất. Loại điện trở này được dùng phổ biến trong các máy tăng âm, thu thanh, trị số từ  $1\Omega$  tới vài chục megôm, công suất tiêu tán từ  $1/8\text{ W}$  tới hàng chục W; có tính ổn định cao, tạp âm nhỏ, nhưng có nhược điểm là dễ vỡ.



Hình 1.1: Mặt cắt của điện trở màng cacbon

#### - Điện trở dây quấn:

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

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

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

#### - Điện trở màng kim loại:

Điện trở màng kim loại được chế tạo theo cách kết lắng màng niken-crôm trên thân gốm chất lượng cao, có xẻ rãnh hình xoắn ốc, hai đầu được lắp dây nối và thân được phủ một lớp sơn. Điện trở màng kim loại ổn định hơn điện trở than



nhưng giá thành đắt gấp khoảng 4 lần. Công suất danh định khoảng 1/10W trở lên. Phần nhiều người ta dùng loại điện trở màng kim loại với công suất danh định 1/2W trở lên, dung sai  $\pm 1\%$  và điện áp cực đại 200 V.

- Điện trở ôxyt kim loại:

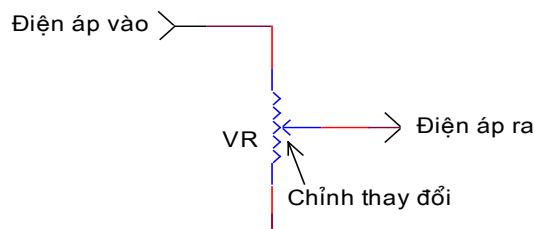
Điện trở ôxyt kim loại được chế tạo bằng cách kết lắng màng ôxyt thiếc trên thanh thủy tinh đặc biệt. Loại điện trở này có độ ẩm rất cao, không bị hư hỏng do quá nóng và cũng không bị ảnh hưởng do ẩm ướt. Công suất danh định thường là 1/2W với dung sai  $\pm 2\%$ .



Hình 1.2. Kí hiệu điện trở trên sơ đồ mạch

- Biến trở:

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



Hình 1.3: Cấu trúc của biến trở

- Kí hiệu của biến trở:

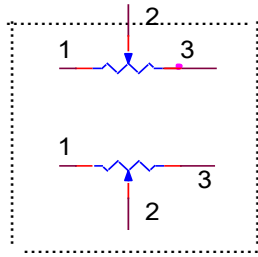
- Kí hiệu của biến trở trên sơ đồ nguyên lý được minh họa trên Hình 2.4.



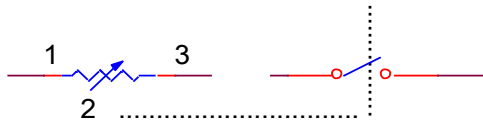
+ Loại tinh chỉnh thay đổi rộng



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



+ Loại tích hợp chung, nhưng riêng trục điều chỉnh



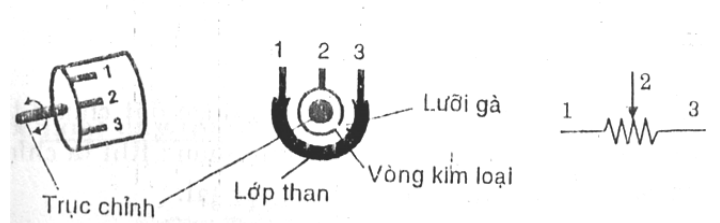
Hình 1.4: Các loại biến trở

- Loại biến trở có công tắc

Hình dạng thực tế:

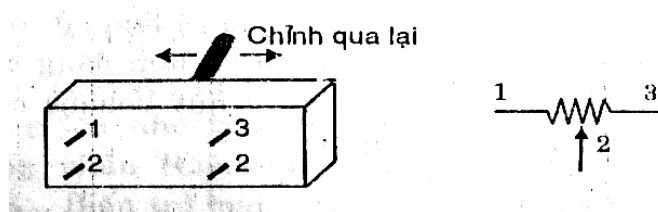
+ Biến trở than: khi vặn trục chỉnh biến trở, thanh trượt là một lá kim loại quét lên đoạn mặt than giữa hai chân 1 – 3, làm điện trở lấy ra ở chân 1 - 2 và 2 - 3 thay đổi theo.

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



Hình 1.5: Hình ảnh của biến trở

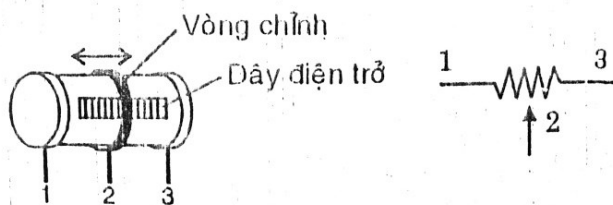
+ Trên Hình 1.6 khi thanh gạt được gạt qua, gạt lại làm cho điện trở ở cặp chân 1 - 2 và 2 - 3 sẽ thay đổi tương ứng.



Hình 1.6: Hình ảnh của biến trở thanh gạt

- Loại biến trở dây quấn:

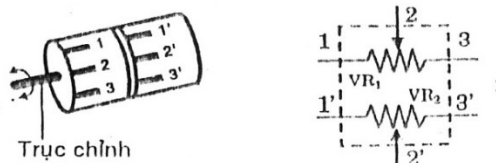
Hình 1.7 minh hoạ loại biến trở dây quấn.



Hình 1.7: Hình ảnh biến trở dây quấn

- Loại biến trở đồng trục:

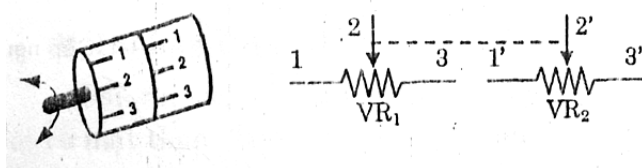
Hình 1.8 minh hoạ loại biến trở đồng trục. Loại này gồm hai biến trở  $VR_1$  và  $VR_2$  được đặt chung trong một khối và thiết kế 2 trục chỉnh riêng độc lập nhau: khi ta chỉnh  $VR_1$  vẫn không làm ảnh hưởng đến  $VR_2$  và ngược lại.



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

- Loại biến trở đồng chỉnh:

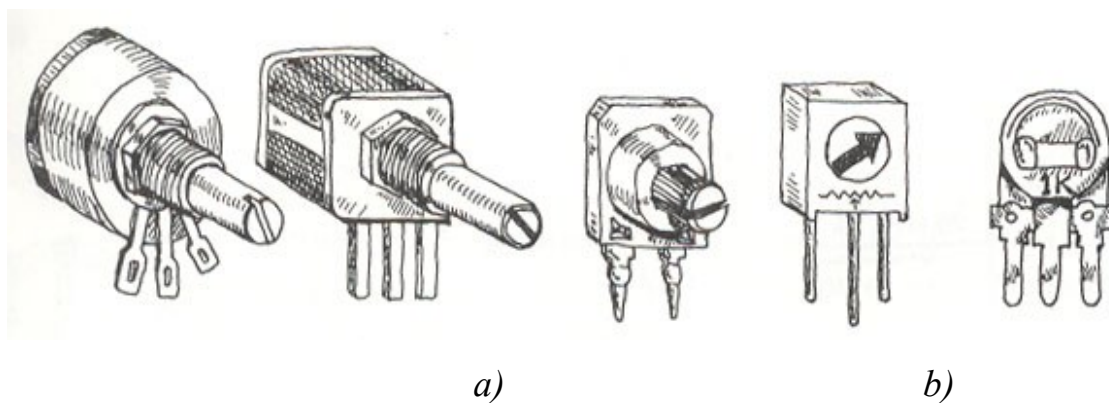
- Hình 1.9 minh hoạ loại biến trở đồng chỉnh. Loại này gồm 2 biến trở đặt chung trong một khối và có chung một trục chỉnh, vì vậy mỗi lần chỉnh  $VR_1$  thì  $VR_2$  cũng ảnh hưởng theo.



Hình 1.9: Hình ảnh của biến trở đồng chỉnh

- Loại biến trở có công tắc:

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



Hình 1.10: Hình ảnh của biến trở:

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

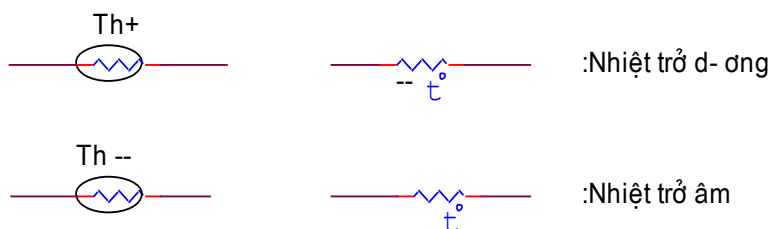
- Điện trở nhiệt (thermistor):

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

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

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

Hình 1.11 là các ký hiệu của điện trở nhiệt.

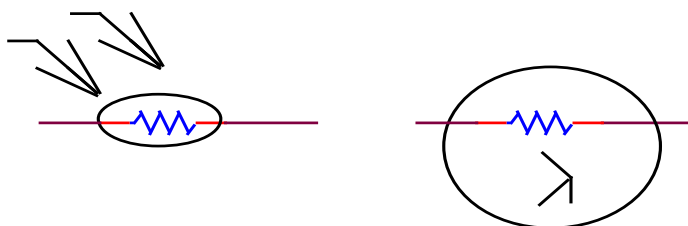


Hình 1.11: Ký hiệu của các điện trở nhiệt (themisto)

Themisto được dùng ở các mạch công suất cao nhằm mục đích cân bằng lại dòng điện qua mạch khi mạch hoạt động trong thời gian dài. Thường trong các máy tăng âm, khi máy hoạt động lâu, các tranzito khuếch đại công suất (thường gọi là sò) bị nóng, làm tăng nhiệt độ của mạch, nhưng nhờ có themisto có trị số điện trở thay đổi theo nhiệt độ, nên hiệu chỉnh lại dòng điện qua sò công suất, làm cho sò bớt nóng. Themisto còn được ứng dụng rất nhiều trong các mạch điều khiển nhiệt độ ở nhiều lĩnh vực, ví dụ điều khiển nhiệt độ trong phòng mổ (giữ nhiệt độ phòng mổ không đổi); điều khiển nhiệt độ trong kho vũ khí (giữ nhiệt độ trong kho vũ khí không đổi), điều khiển nhiệt độ trong các phản ứng hoá học (giữ nhiệt độ phản ứng không đổi).

### - Điện trở quang

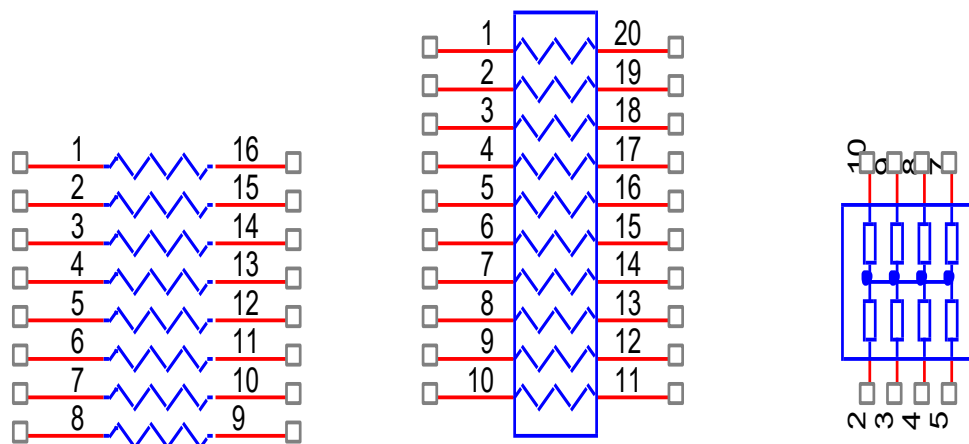
Điện trở quang (còn gọi là quang trở) là điện trở có cấu tạo đặc biệt để khi có chùm ánh sáng rọi vào làm thay đổi trị số của điện trở. Hình 1.12 là ký hiệu của điện trở quang.



Hình 1.12: Ký hiệu điện trở quang

### - Loại điện trở tích hợp:

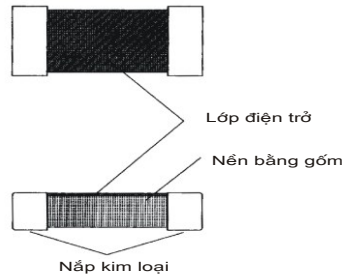
Điện trở tích hợp là điện trở được chế tạo gồm nhiều điện trở trong một khối, các điện trở tương ứng với các chân. Hình 1.13 là ký hiệu điện trở tích hợp.



Hình 1.13: Ký hiệu của điện trở tích hợp

### - Điện trở hàn bề mặt:

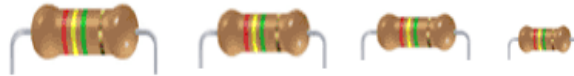
Điện trở hàn bề mặt được mô tả trên hình 1.14. Cũng như các điện trở màng carbon, điện trở hàn bề mặt được chế tạo bằng cách lắng một lớp màng carbon lên lớp nền mỏng bằng gốm. Dải kim loại được gắn vào hai đầu điện trở. Điện trở hàn bề mặt được hàn trực tiếp vào phần mặt trên hoặc mặt dưới của phiến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



Hình 1.14: Điện trở hàn bề mặt được phóng to

Phân loại điện trở.

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



Các điện trở : 2W - 1W - 0,5W - 0,25W



Hình 1.15: Điện trở sứ hay trở nhiệt

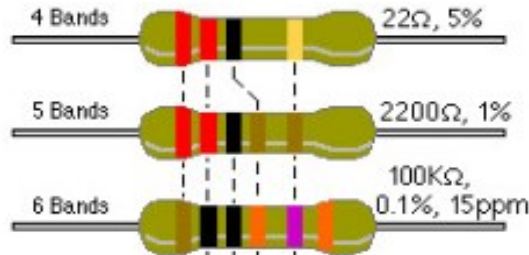
## 2.1.2. Cách đọc, đo, cách mắc điện trở

### a. Cách đọc trị số điện trở.

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



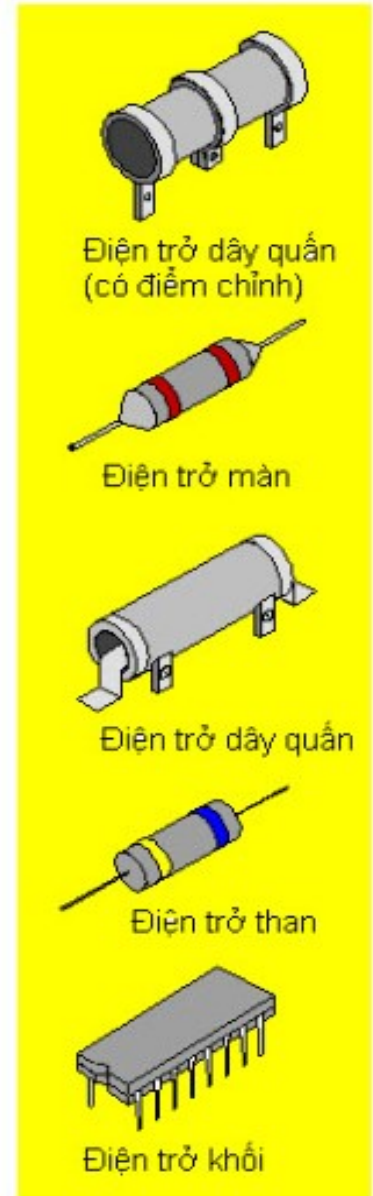
Các điện trở than thông dụng



	Silver			0.01	10%	
	Gold			0.1	5%	
Đen 0	0	0	0	1		
Nâu 1	1	1	1	10	1%	100ppm
Đỏ 2	2	2	2	100	2%	50ppm
Cam 3	3	3	3	1K		15ppm
Vàng 4	4	4	4	10K		25ppm
Lục 5	5	5	5	100k	0.5%	
Lam 6	6	6	6	1M	0.25%	
Tím 7	7	7	7	10M	0.1%	
Xám 8	8	8	8			
Trắng 9	9	9	9			

Significant Figures      số nhân      gia giảm      Hệ số nhiệt độ

Luật màu dùng ghi trị của các điện trở



Vòng thứ 4 chỉ % sai số như sau

Màu của than điện trở ( không xòng màu)

Vòng nhũ bạc

Vòng nhũ vàng

Vòng đỏ

Vòng nâu

Ví dụ :

Cách đọc trị số điện trở 4 vòng màu :

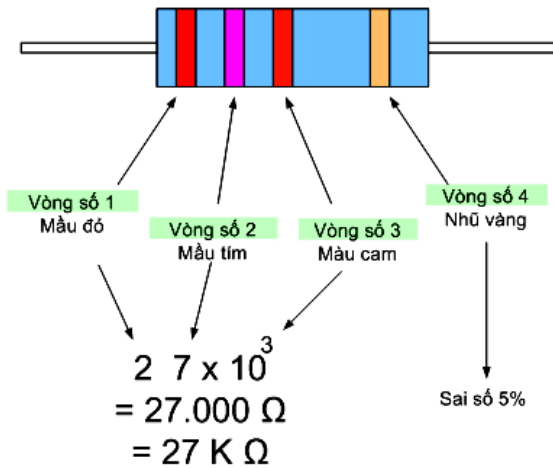
- sai số 20%

- sai số 10%

- sai số 5%

- sai số 2%

- sai số 1%



Hình 1.16.: Cách đọc trở 4 vạch màu

Vòng số 4 là vòng ở cuối luôn luôn có màu nhũ vàng hay nhũ bạc, đây là vòng chỉ sai số của điện trở, khi đọc trị số ta bỏ qua vòng này.

Đối diện với vòng cuối là vòng số 1, tiếp theo đến vòng số 2, số 3

Vòng số 1 và vòng số 2 là hàng chục và hàng đơn vị

Vòng số 3 là bội số của cơ số 10.

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

Có thể tính vòng số 3 là số con số không "0" thêm vào

Màu nhũ chỉ có ở vòng sai số hoặc vòng số 3, nếu vòng số 3 là nhũ thì số mũ của cơ số 10 là số âm.

Lưu ý:

Trường hợp chỉ có 3 vòng màu mà vòng thứ 3 có màu nhũ vàng hay nhũ bạc thì đó là điện trở có trị số nhỏ hơn 10Ω.

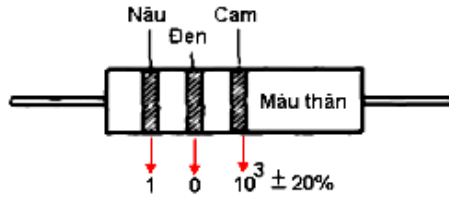
Vòng kim nhũ thì ta nhân : (1/10)

Vòng ngân nhũ thì ta nhân: (1/100)

### Cách đọc trở 3 vòng màu

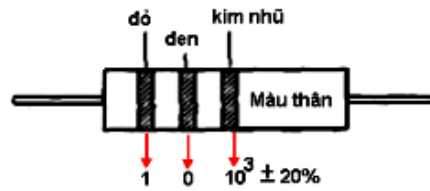






$$R = 10 \cdot 10^3 \pm 20\% = 10000\Omega + 20\% \text{ của } 10000\Omega = 8000\Omega \div 12000\Omega$$

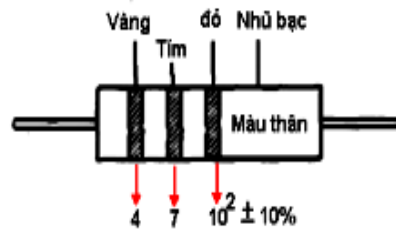
$$R = 8000 \Omega \div 12000\Omega = 8k\Omega \div 12k\Omega$$



$$R = 20 * \frac{1}{10} = 10\Omega$$

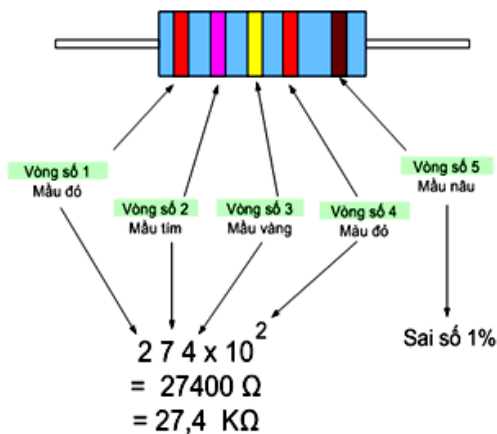
Hình 1.17:: Cách đọc điện trở nhỏ hơn 10Ω

Ví dụ:



$$R = 4700\Omega$$

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



Hình 1.18:: Cách đọc trở 5 vạch màu

Cách đọc điện trở có ghi chữ cái trên thân điện trở

Người ta sử dụng cách ghi trực tiếp trên thân điện trở giá trị điện trở được tính theo

$\Omega$ . Với chữ cái là bội số của  $\Omega$ .

$$R = 10^0 \Omega$$

$$K = 10^3 \Omega$$

$$M = 10^6 \Omega$$

Chữ cái tiếp theo chỉ sai số

$$M = 2\%$$

$$K = 10\%$$

$$J = 5\%$$

$$H = 2.5\%$$

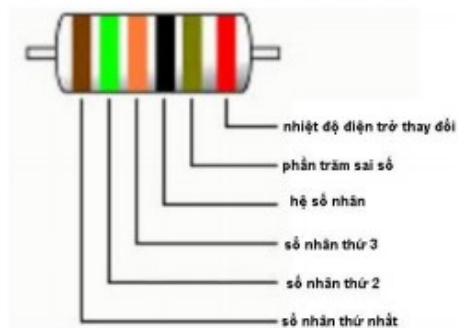
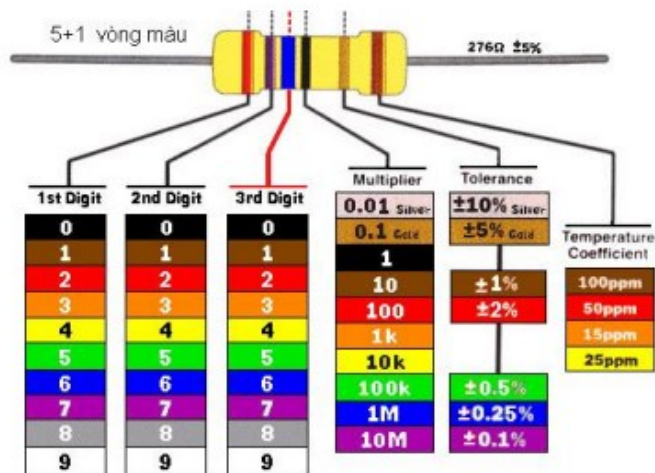
$$G = 2\%$$

$$F = 1\%$$

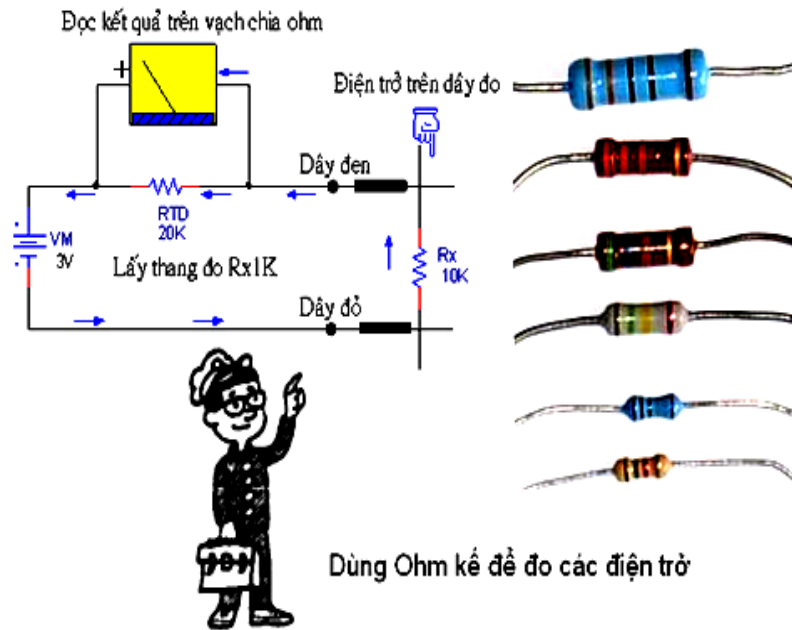
Ví dụ: trên than điện trở có ghi

4K7J tức là:  $R = 4.7K\Omega$

Cách đọc điện trở 6 vòng màu



## b. Cách đo điện trở

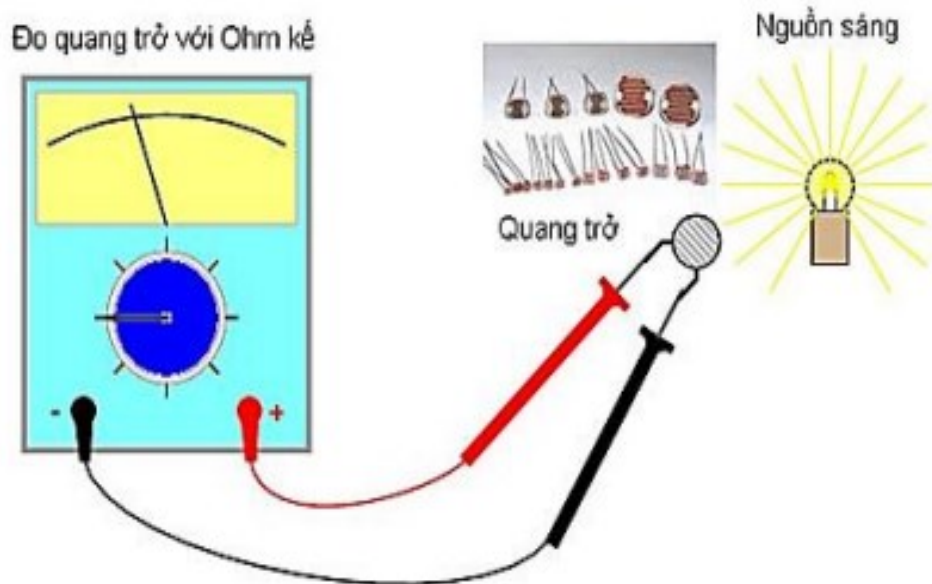


Hình 1.19:: Hướng dẫn cách đo điện trở

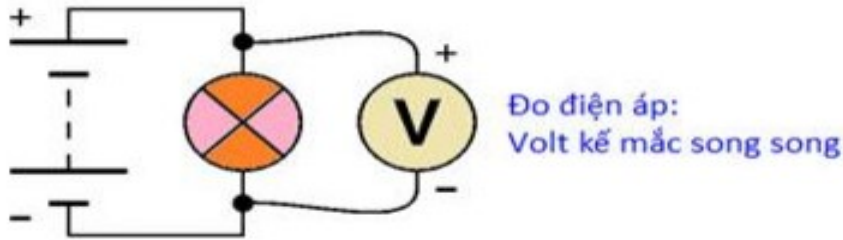
Trước hết, lấy thang đo Rx1K, chạm hai dây đo, chỉnh kim về ngay vị trí 0 Ohm.

Khi đo, dòng điện của nguồn pin 3V trong máy đo sẽ bơm dòng ra ở dây đỏ, dòng qua điện trở Rx=10K trở vào ở dây đen, kim sẽ lên chỉ ngay vạch số 10, vì điện trở đang đo là 10K. Kết luận: điện trở tốt.

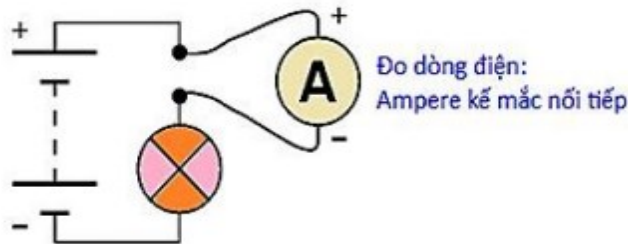
Dùng ohm kế để đo quang trở



Đo điện áp: Volt kế mắc song song

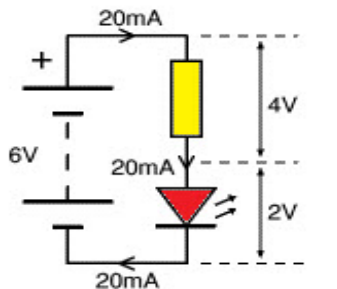


Đo dòng điện

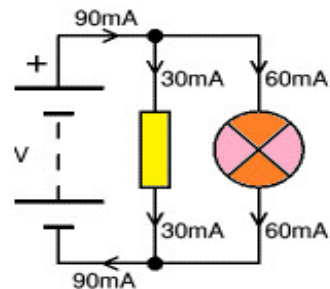


Trong một mạch điện có 2 tham số trạng thái quan trọng mà chúng ta luôn muốn biết, đó là: Mức áp V trên các đường mạch và cường độ dòng điện I chảy qua các linh kiện. Để đo điện áp chúng ta dùng Volt kế cho mắc song song vào hai điểm đo để biết áp, do khi đo áp dùng cách mắc song song nên để máy đo ít ảnh hưởng vào hoạt động của mạch ta phải dùng máy đo Volt có nội trở lớn, càng lớn càng tốt. Khi đo dòng chúng ta dùng Ampere kế cho mắc nối tiếp vào mạch, do khi đo dòng dùng cách mắc nối tiếp nên để máy đo ít ảnh hưởng vào hoạt động của mạch Bạn phải dùng máy đo Ampere có nội trở nhỏ, càng nhỏ càng tốt.

### c. Cách mắc điện trở



Điện trở mắc nối tiếp dùng để hạn dòng

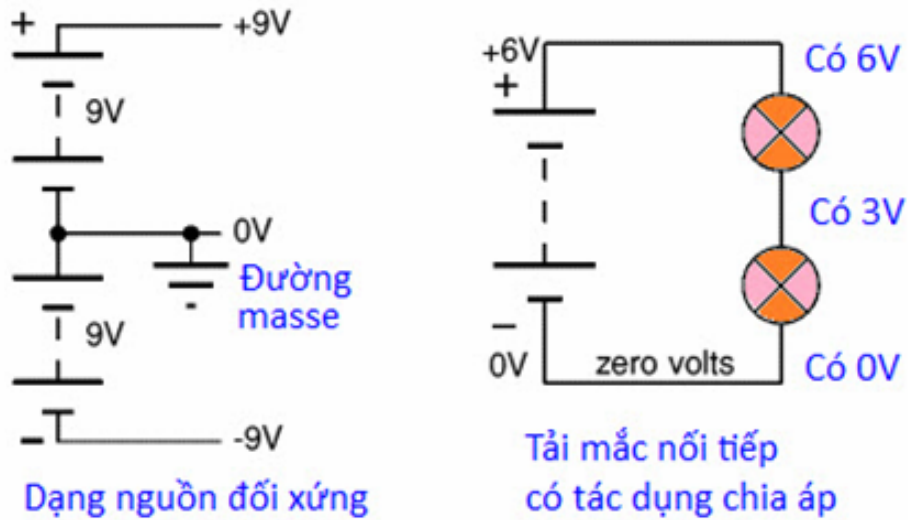


Điện trở mắc song song dùng để chia dòng

Hình 1.20: Hướng dẫn cách mắc điện trở

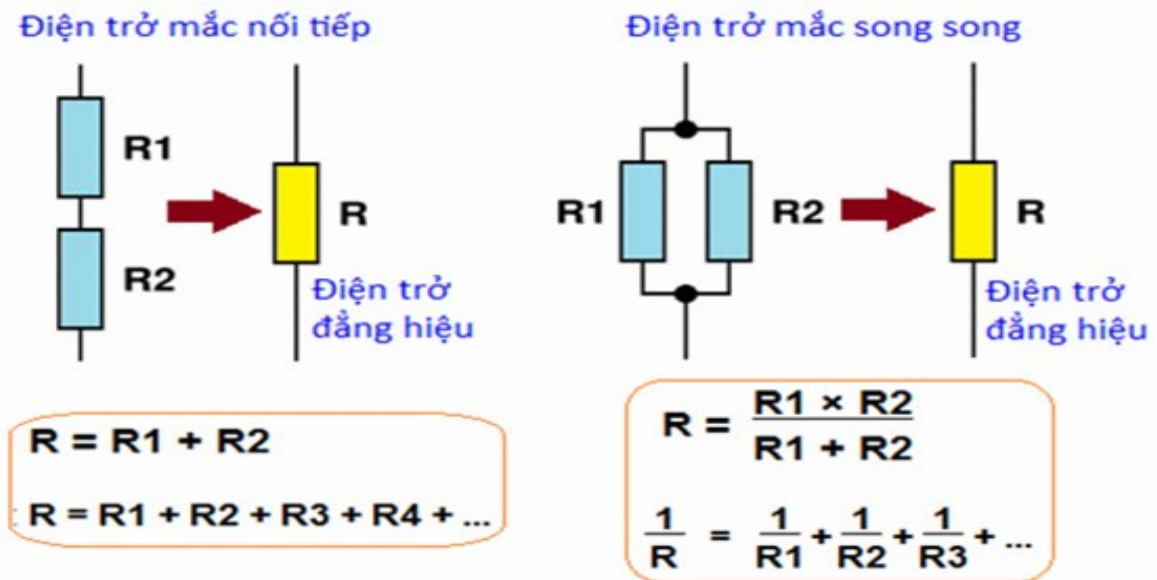
Cách 1: Cho mắc nối tiếp, trong hình, người ta dùng một điện trở nối tiếp để hạn dòng, làm giảm cường độ dòng điện chảy qua Led.

Cách 2: Cho mắc song song, trong hình, người ta dùng một điện trở mắc song song để chia dòng, làm giảm cường độ dòng điện chảy qua bóng đèn



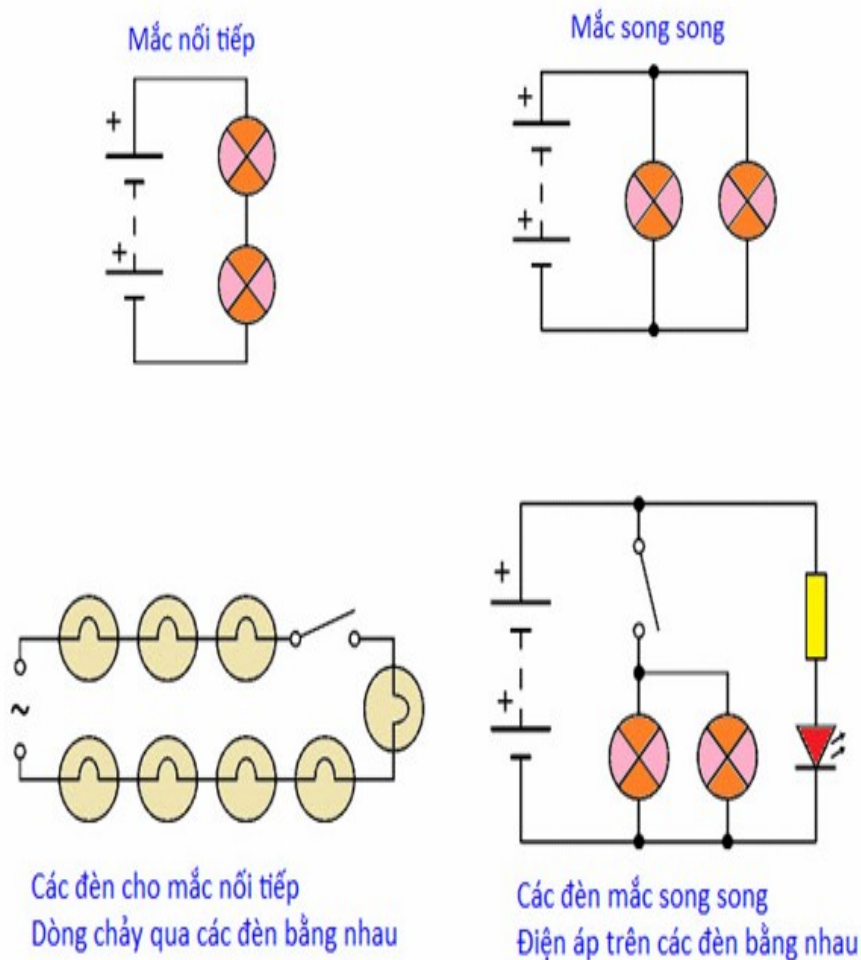
Hình 1.21: Cách mắc nguồn đối xứng và cách mắc tải có tác dụng chia áp

Tùy theo cách đặt đường masse, đường masse là đường có mức áp qui định là 0V. Nếu đặt đường masse ở điểm giữa, chúng ta sẽ có nguồn đối xứng, +9V và -9V. Với các bóng đèn giống nhau cho mắc nối tiếp, mức áp sẽ chia đều trên các bóng đèn

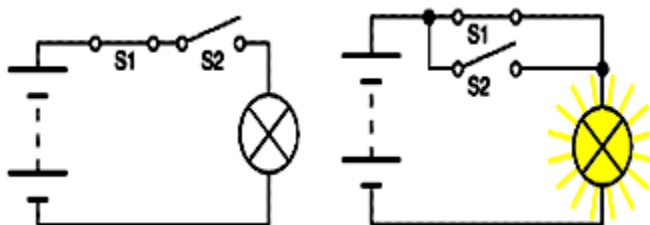


Hình 1.22: Cách mắc điện trở nối tiếp song song và cách mắc tương đương

Các hình vẽ này cho thấy cách mắc các bóng đèn theo kiểu nối tiếp và theo kiểu song song. Khi mắc nối tiếp thì dòng chảy qua các bóng đèn sẽ bằng nhau và khi đứt một bóng thì toàn nhánh mất dòng, tất cả các bóng khác đều tắt. Khi mắc song song thì mức áp trên các bóng đèn sẽ bằng nhau, và khi đứt một bóng thì các bóng khác vẫn được cấp dòng và vẫn sáng. Với cách mắc nối tiếp thì mạch bị mất dòng khi có một linh kiện bị đứt, với cách mắc song song thì mạch sẽ bị mất áp khi có một linh kiện bị chạm.



Hình 1.23: Các kiểu mắc hỗn hợp



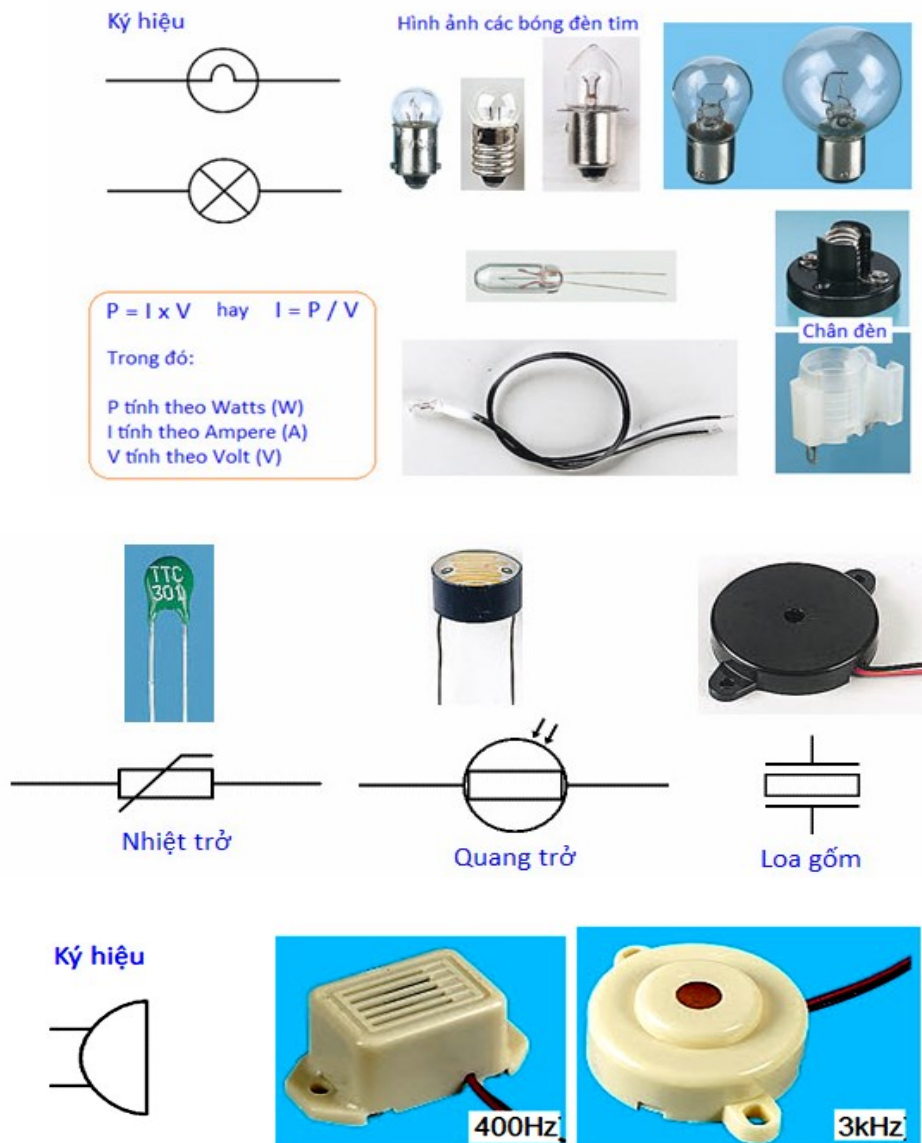
Hình trên cho thấy: Cách mắc các khóa điện theo kiểu nối tiếp và theo kiểu song song:

\* Ở kiểu mắc nối tiếp, thì chỉ khi cả 2 khóa điện cùng kín, đèn mới sáng, chỉ cần cho hở một khóa điện thì đèn sẽ tắt. Người ta định nghĩa cách mắc này là cách mắc theo logic AND.

\* Ở kiểu mắc song song, thì chỉ khi cả 2 khóa điện cùng hở, đèn mới tắt, chỉ cần cho kín một khóa điện là đèn sẽ sáng. Người ta gọi cách mắc này là cách mắc theo logic O

### 2.1.3. Các linh kiện khác cùng nhóm và ứng dụng

#### a. Các linh kiện khác cùng nhóm



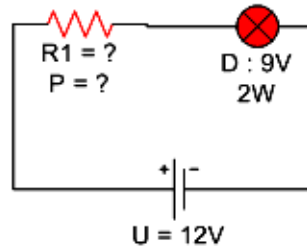


Hình 1.24: Các linh kiện khác tương đương như điện trở

**b. Ứng dụng của điện trở**

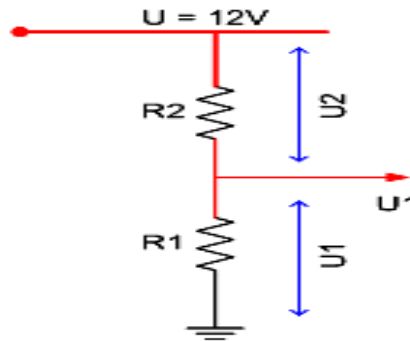
- Không chế dòng điện qua tải cho phù hợp.

Ví dụ có một bóng đèn 9V, nhưng ta chỉ có nguồn 12V, ta có thể đấu nối tiếp bóng đèn với điện trở để sụt áp bớt 3V trên điện trở



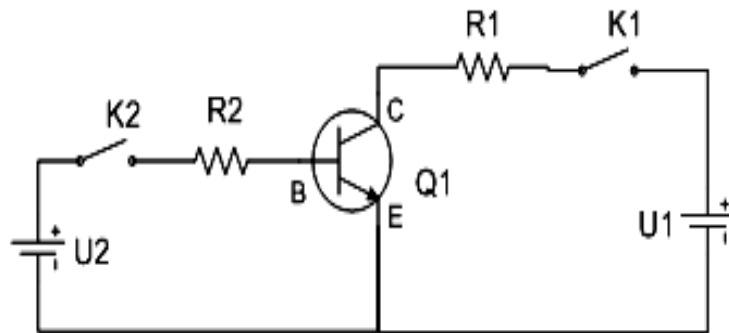
Hình 1.25: Mạch không chế dòng điện cho tải

- Mắc điện trở thành cầu phân áp: để có được một điện áp theo ý muốn từ một điện áp cho trước.



Hình 1.26: Mạch chia áp

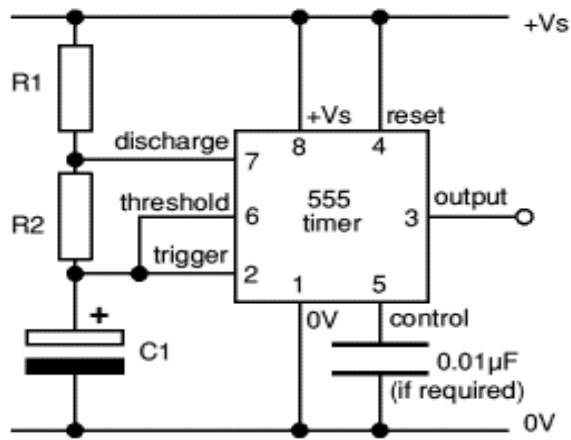
- Phân cực cho bóng bán dẫn hoạt động



Hình 1.27: Mạch phân cực cho bóng bán dẫn



- Tham gia vào các mạch tạo dao động R C

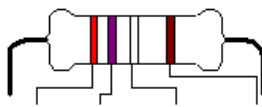
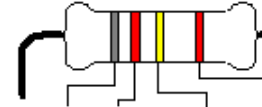
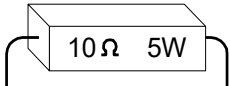



Hình 1.28: Mạch dao động

Bài Thực hành

Bài tập 1 : Bạn hãy đoán nhanh trị số trước

<p>Đỏ Tím Nâu Đỏ Xanh lá</p> <p>.....</p> <p>R = .....</p>	<p>Nâu Đỏ Vàng Ngân nhũ</p> <p>.....</p> <p>R = .....</p>
<p>Đỏ Đỏ Đỏ Vàng Ngân nhũ</p> <p>.....</p> <p>R = .....</p>	<p>Vàng Tím Đỏ Đen Tím</p> <p>.....</p> <p>R = .....</p>
<p>Nâu Đen Đỏ Nhũ vàng</p> <p>.....</p> <p>R = .....</p>	<p>Đỏ Tím Vàng Nhũ bạc</p> <p>.....</p> <p>R = .....</p>

 Đỏ Tím Nhũ bạc Nâu ..... R = .....	 Xám Đỏ Nhũ vàng Đỏ ..... R = .....
 ..... R = .....	 ..... R = .....

Bài tập 2: Thực hành đọc điện trở trên vi mạch. Báo cáo nộp về cho giáo viên .

Bài tập 3: Thực hành đo điện trở bằng đồng hồ VOM. So sánh kết quả đọc vạch màu với kết quả đo được. Cho nhận xét?.

Bài 4. Trắc nghiệm

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

T	Nội dung câu hỏi				
.1	<b>Điện trở có tính chất gì?</b> a. Dẫn điện DC b. Dẫn điện AC c. Dẫn điện DC và AC. d. Không cho dòng điện đi qua.				
.2	<b>Trong mạch điện, điện trở làm nhiệm vụ gì?</b> a. Giảm áp. b. Hạn dòng. c. Phân cực. d. Cả ba yếu tố trên.				
.3	<b>Căn cứ vào đâu để phân loại điện trở?</b> a. Cấu tạo. b. tính chất. c. Công dụng.				

	d. Cấp chính xác.				
.4	<b>Điện trở mắc nối tiếp có tính chất gì?</b> a. Tăng giá trị b. Giảm giá trị c. Giá trị không thay đổi. d. Cả ba đều sai				
.5	<b>Điện trở mắc song song có tính chất gì?</b> a. Tăng giá trị b. Giảm giá trị c. Tăng công suất d. Cả ba đều đúng				
.6	<b>Thông thường người ta mắc điện trở song song để làm gì?</b> a. Tăng công suất chịu tải b. Giảm giá trị điện trở trên mạch c. Tăng diện tích tỏa nhiệt trên mạch d. Cả ba điều trên				
.7	<b>Biến trở trong mạch điện dùng để làm gì?</b> a. Thay đổi giá trị của điện trở. b. Thay đổi điện áp phân cực c. Thay đổi dòng phân cực d. Cả ba đều sai				
.8	<b>Trong kĩ thuật biến trở than dùng để làm gì?</b> a. Hạn chế dòng điện qua mạch b. Giảm điện áp cung cấp cho mạch c. Phân cực cho mạch điện d. Cả ba điều trên.				
.9	<b>Trong kĩ thuật biến trở dây quấn dùng để làm gì?</b> a. Hạn chế dòng qua mạch điện. b. Giảm điện áp cung cấp cho mạch điện c. Phân cực cho mạch điện				

	d. Gồm a,b				
--	------------	--	--	--	--

Bài 5: Trình bày kí hiệu quy ước của: Điện trở, Biến trở, điện trở nhiệt, trên sơ đồ mạch nguyên lý.

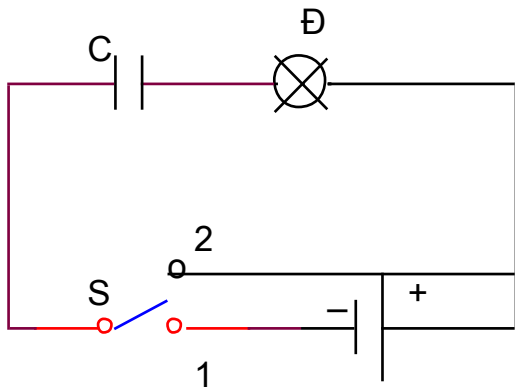
Bài 6: Giá trị các điện trở là:  $220\Omega$ ;  $1k\Omega$ ;  $5,6k\Omega$ ;  $120k\Omega$ ;  $1M\Omega$  cho biết thứ tự các vạch màu trên thân điện trở tương ứng với các giá trị trên.

Bài 7: Trình bày các quy định ký mã số biểu diễn trị số tụ điện, cách đọc trị số tụ điện, cho một vài ví dụ cụ thể ứng với mỗi loại trên.

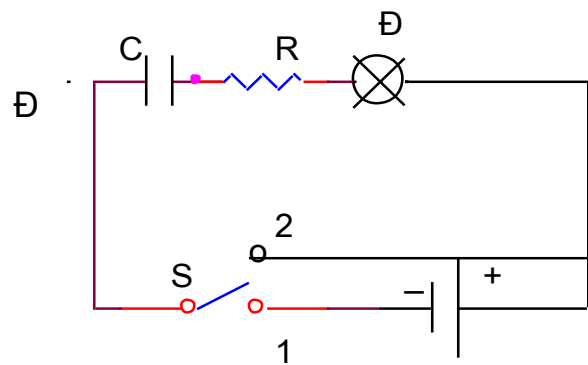
Bài tập về nhận dạng và xác định chất lượng các linh kiện thụ động

Bài 8: Trình bày cách nhận dạng và xác định chất lượng của các loại biến trở bằng VOM.

Bài 9: Cho sơ đồ như hình vẽ, giải thích hoạt động của các sơ đồ khi công tắc S cùng đóng ở vị trí 1 và cùng đóng ở vị trí 2.



a



b

Bài 10: Khi hệ số vòng dây  $n$  của biến áp lớn hơn 1 thì biến áp:

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

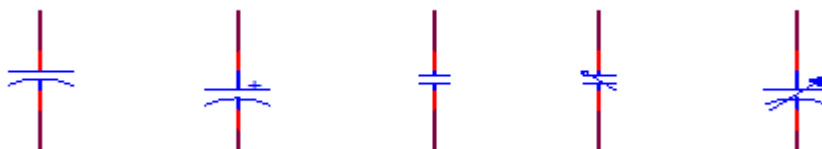
Bài 11: Khi đã có sẵn điện trở giá trị  $2,2k\Omega$ , nhưng trong mạch điện thực tế cần điện trở có giá trị sau:

- a.  $1,4k\Omega$
- b.  $2,4k\Omega$

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

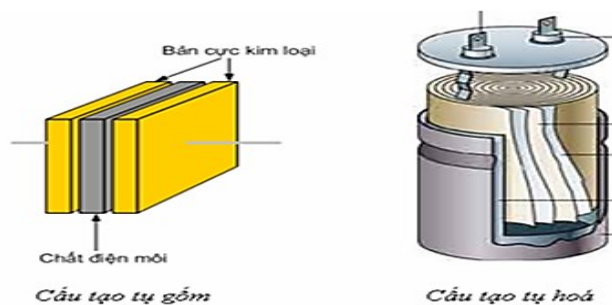
## 2.2. Tụ điện.

### 2.2.1. Ký hiệu, phân loại, cấu tạo.



Hình 2.13 Ký hiệu tụ điện

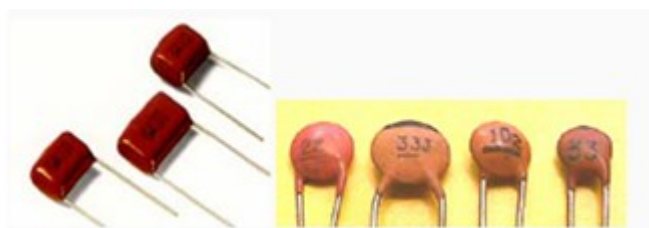
#### a. Cấu tạo của tụ điện



Hình 1.30: Nguyên lý cấu tạo của tụ điện

#### b. Phân loại tụ điện

- Tụ gốm



Hình 1.31: Hình ảnh tụ gốm

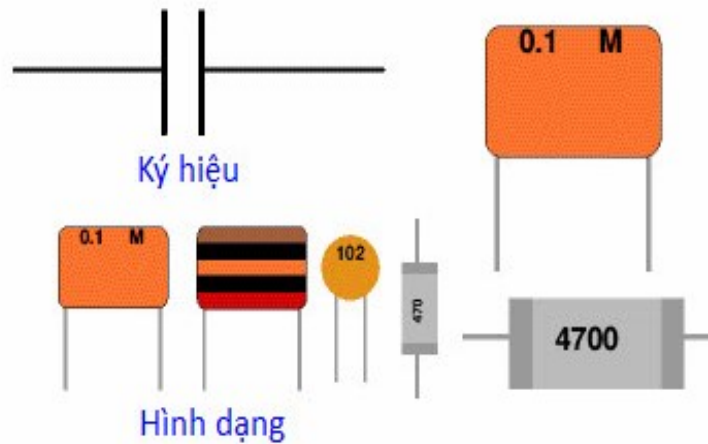
- Tụ hóa



Hình 1.33: Hình ảnh tụ hóa

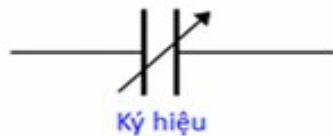
- Tụ không cực tính có điện dung nhỏ hơn 1 $\mu$ F

Tụ không cực tính, có điện dung nhỏ hơn 1 $\mu$ F



Hình 1.32: Hình ảnh tụ gốm có điện dung nhỏ hơn  $\mu$ F

Tụ xoay:  
có điện dung thay đổi



Hình dạng

Tụ tinh chỉnh:  
có điện dung chỉnh được



Hình dạng

Hình 1.34: Hình ảnh tụ có điện dung điều chỉnh được

- Tụ này có bản cực nhôm và dùng gel tantal làm dung môi, có trị số rất lớn với thể tích nhỏ



Hình 1.35: Hình ảnh tụ tantalium

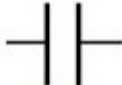
## 2.2.2. Cách đọc, đo và cách mắc tụ điện

### a. Cách đọc



Hình 1.36: Tụ hoá ghi điện dung là  $185 \mu\text{F} / 320 \text{V}$

Với các tụ dùng màu ghi trị điện dung, cách đọc trị điện dung cũng tương tự như điện trở.



Ký hiệu



Colour Code	
Colour	Number
Black	0
Brown	1
Red	2
Orange	3
Yellow	4
Green	5
Blue	6
Violet	7
Grey	8
White	9

Cách ghi điện dung theo luật màu

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

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



*Hình 1.37: Hình dáng tụ giấy*

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

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

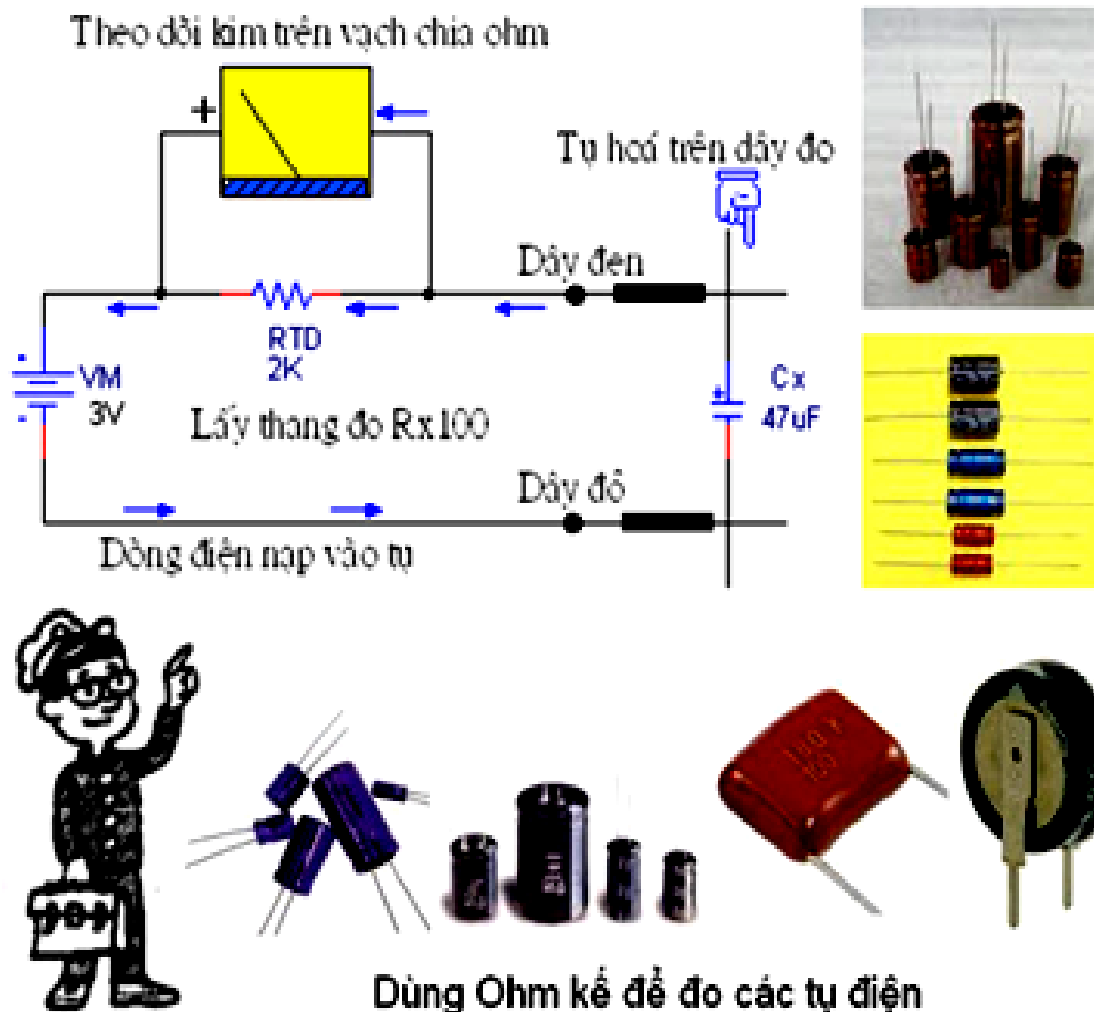
$$\begin{aligned} \text{Giá trị} &= 47 \times 10^4 = 470000\text{p} \quad (\text{Lấy đơn vị là picô Fara}) \\ &= 470 \text{ n Fara} = 0,47 \mu\text{F} \end{aligned}$$

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

### ***b. Cách đo tụ điện***

Dùng Ohm kế để kiểm tra tính rỉ điện của các tụ điện





Hình 1.38: Sơ đồ hướng dẫn cách đo tụ điện

Khi đo tụ điện hoá học, đặt cực dương của tụ hoá phải trên dây đen, khi đặt tụ lên hai dây đo, dòng điện từ của nguồn pin 3V sẽ cho nạp dòng vào tụ điện, ở thời điểm đầu, dòng nạp rất mạnh, kim bực lên cao, kim sẽ giảm dần về vị trí vô cực khi tụ đã nạp đầy áp (3V).

Việc chọn thang đo: nếu lấy thang đo lớn, điện trở thang đo lớn, dòng điện chảy trên dây đo nhỏ, thời gian tụ nạp đầy sẽ lâu hơn, kim trở về vị trí vô cực chậm. nếu lấy thang đo nhỏ, thời gian tụ nạp đầy sẽ nhanh, kim về vô cực rất nhanh, do vậy, khi kiểm tra tụ điện có điện dung nhỏ để thang đo lớn để kịp thấy được dòng nạp vào tụ.

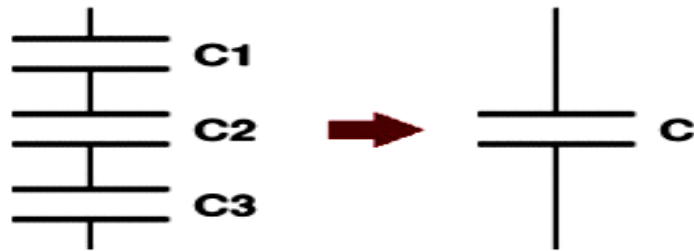
Kim lên không về: tụ chập

Kim lên không về hết: tụ rĩ

Kim không lên: tụ đứt

**c. Cách mắc tụ**

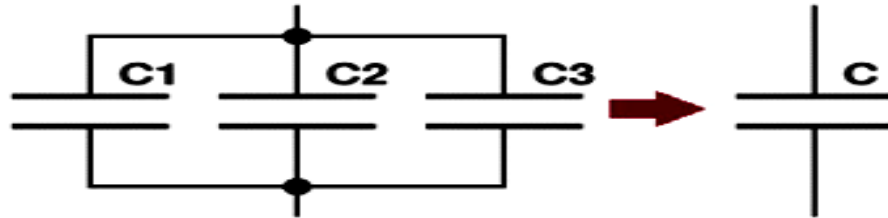
**Cách mắc tụ theo kiểu nối tiếp**



**Hệ thức tính trị của điện đẳng hiệu:**

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \dots$$

**Cách mắc tụ theo kiểu song song**



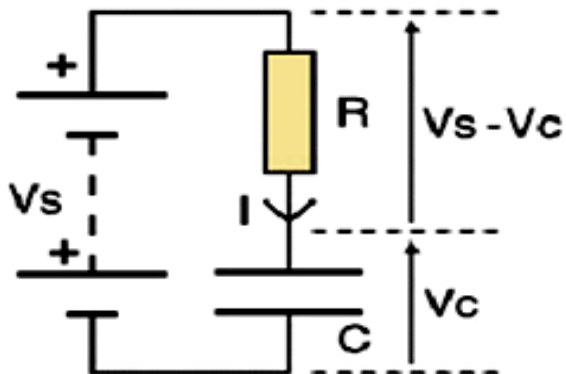
**Hệ thức tính trị của điện đẳng hiệu:**

$$C = C1 + C2 + C3 + \dots$$

*Hình 1.39: Các kiểu cách mắc tụ điện*

Khi mắc các tụ nối tiếp, trị điện dung C của tụ tương đương nhỏ, "nghịch đảo của tụ tương đương bằng tổng nghịch đảo của các tụ mắc nối tiếp", nhưng sức chịu áp của tụ đẳng hiệu tăng.

Khi mắc các tụ song song, trị điện dung C của tụ tương đương lớn, "điện dung của tụ tương đương bằng tổng trị điện dung của các tụ trong mạch", nhưng sức chịu áp của tụ phải tính theo sức chịu áp nhỏ nhất



Hệ thức tính dòng điện chảy vào tụ

$$I = (V_s - V_c) / R$$

Khi mức áp trên tụ  $V_c$  tăng dần lên thì dòng điện  $I$  chảy vào tụ giảm dần xuống

Với mức áp  $V_c = 0V$ , thì dòng nạp vào tụ  $C$  sẽ lớn nhất

$$I_0 = V_s / R$$

Thời hằng:  $\tau = R \times C$

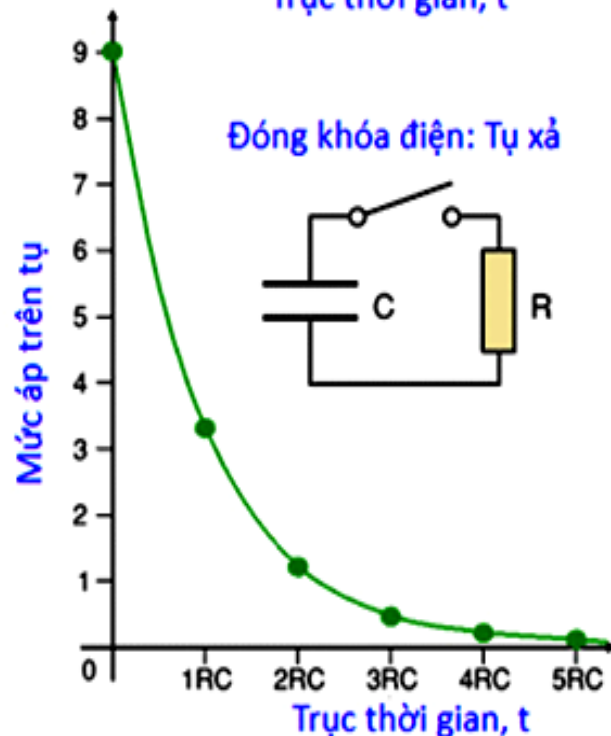
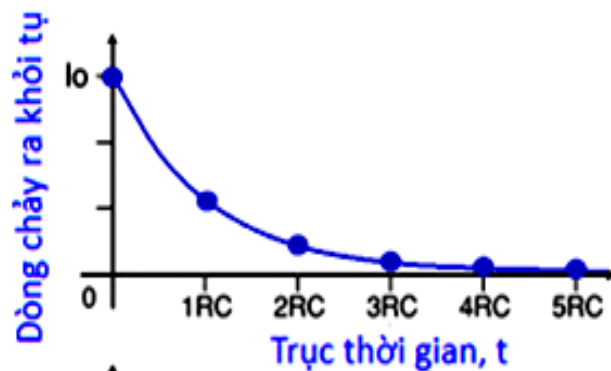
Trong đó:

$\tau$ : là thời hằng, tính theo giây (s)

$R$ : là điện trở, tính theo Ohm ( $\Omega$ )

$C$ : là điện dung tính theo Faraday

Time	Voltage	Charge
0RC	9.0V	100%
1RC	3.3V	37%
2RC	1.2V	14%
3RC	0.4V	5%
4RC	0.2V	2%
5RC	0.1V	1%



Thời hằng:  $\tau = R \times C$

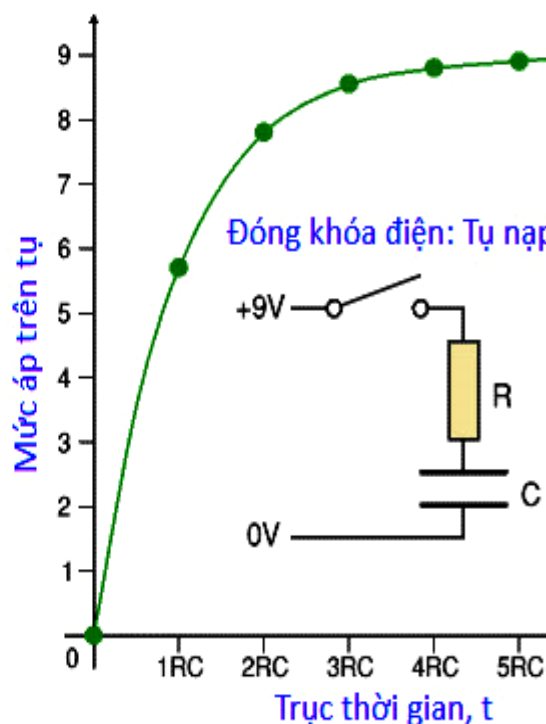
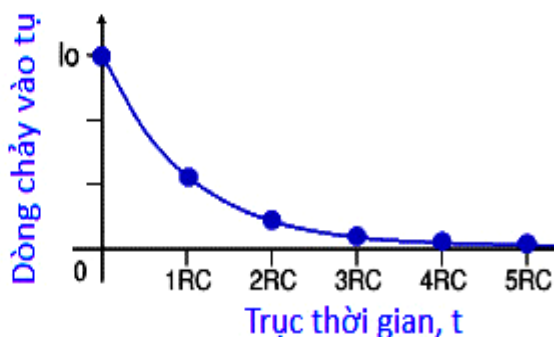
Trong đó:

$\tau$ : là thời hằng, tính theo giây (s)

R: là điện trở, tính theo Ohm ( $\Omega$ )

C: là điện dung tính theo Faraday

Time	Voltage	Charge
0RC	0.0V	0%
1RC	5.7V	63%
2RC	7.8V	86%
3RC	8.6V	95%
4RC	8.8V	98%
5RC	8.9V	99%



Hình 1.40: Mô tả giá trị thời hằng nạp xả của tụ điện

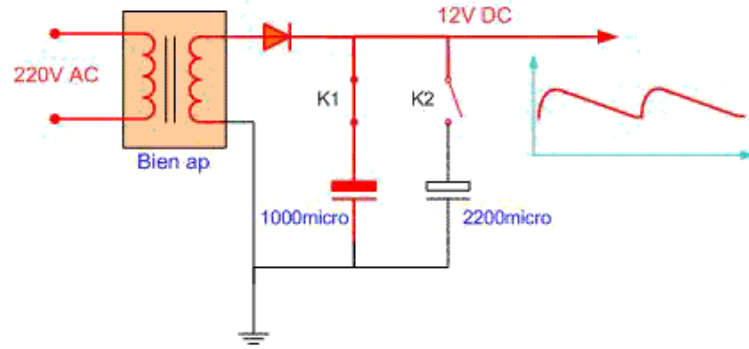
#### d. Ứng dụng của tụ điện

Tụ điện được sử dụng rất nhiều trong kỹ thuật điện và điện tử, trong các thiết bị điện tử, tụ điện là một linh kiện không thể thiếu được, mỗi mạch điện tụ đều có một công dụng nhất định như truyền dẫn tín hiệu, lọc nhiễu, lọc điện nguồn, tạo dao động...vv...

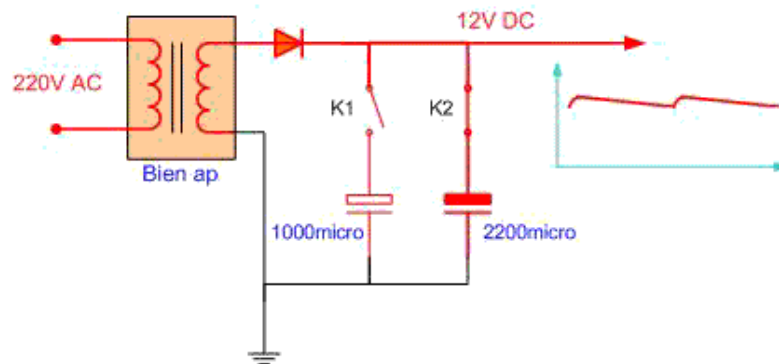
Dưới đây là một số những hình ảnh minh họa về ứng dụng của tụ điện.

Tụ điện trong mạch lọc nguồn

Trong mạch lọc nguồn như hình trên, tụ hoá có tác dụng lọc cho điện áp một chiều sau khi đã chỉnh lưu được bằng phẳng để cung cấp cho tải tiêu thụ, ta thấy nếu không có tụ thì áp DC sau đi ốt là điện áp nhấp nhô, khi có tụ điện áp này được lọc tương đối phẳng, tụ điện càng lớn thì điện áp DC này càng phẳng



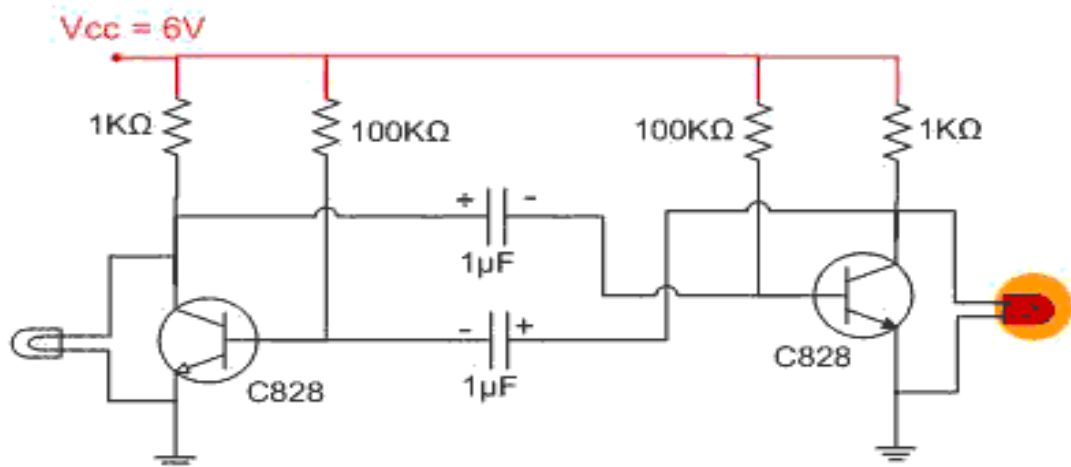
TH1: Khi K1 đóng



TH2: Khi K2 đóng

Hình 1.41: Các trạng thái lọc của tụ điện

- Tụ điện trong mạch dao động đa hài tạo xung vuông

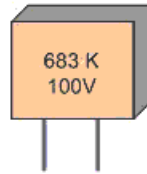


Hình 1.42: Mạch dao động đa hài dùng 2 transistor

Hai đèn báo sáng sử dụng đèn Led đấu song song với cực CE của hai Transistor, chú ý đấu đúng chiều âm dương

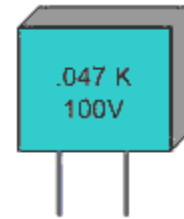
## Bài tập

**Bài 1:** đọc các trị số của tụ điện sau



$$C = ? \text{ pF}$$

$$U_{lv} = ? \text{ V}$$



$$C = ? \text{ uF} = ? \text{ nF}$$

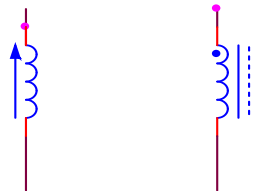
$$U_{lv} = ? \text{ V}$$

Bài tập 2: đọc và ghi các tụ điện trên vi mạch. Báo cáo kết quả cho giáo viên hướng dẫn

### 2.3. Cuộn Cảm

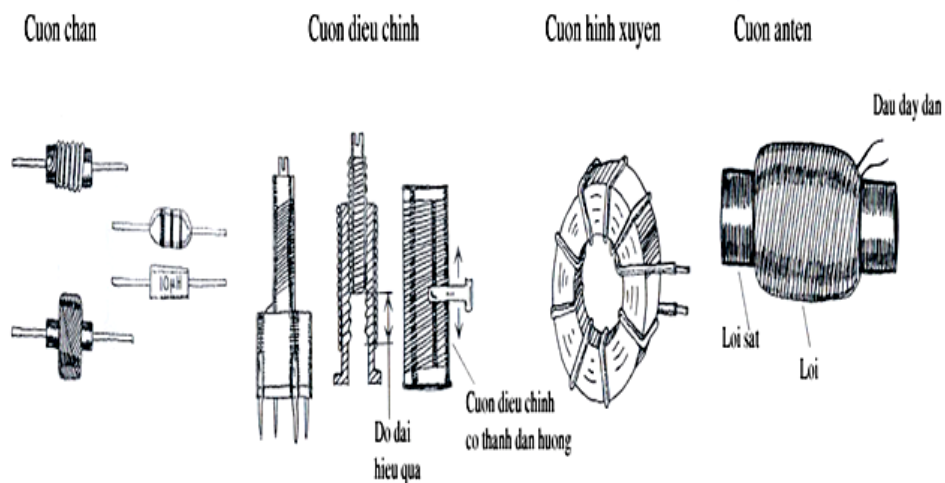
#### 2.3.1. Ký hiệu, phân loại, cấu tạo

##### a. Cấu tạo



Hình 1.43: Ký hiệu cuộn cảm

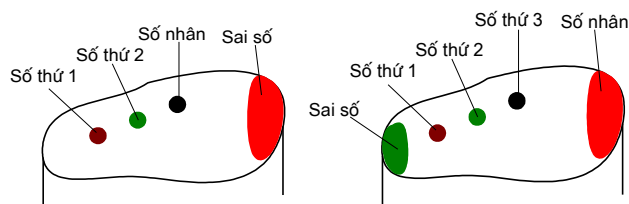
##### b. Phân loại



Hình 1.44: Các loại cuộn cảm

### 2.3.2. Cách đọc, đo và cách mắc cuộn cảm.

- Cách đọc trị số.



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

### 2.3.3. Các linh kiện khác cùng nhóm

- Biến áp nguồn và biến áp âm tần



*Biến áp nguồn*



*Biến áp nguồn hình xuyên*

*Hình 1.45: Hình dạng biến áp nguồn và biến áp âm tần*

- Biến áp xung & Cao áp



*Biến áp xung*

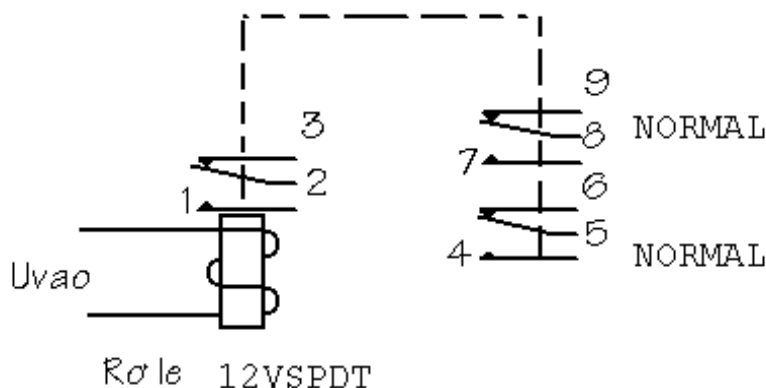


*Cao áp*

*Hình 1.46: Hình dáng biến áp xung và cuộn cao áp*

## Role

Từ trường do cuộn dây sinh ra được ứng dụng vào việc chế tạo chuyển mạch điều khiển bằng điện, thay cho việc đóng mở bằng tay, trong kỹ thuật người ta gọi linh kiện này là role. Loại role thường được gọi là role điện từ và có sơ đồ biểu diễn như trên Hình 2.41. Nhìn vào sơ đồ ta biết hai thông số quan trọng là: áp hoạt động của cuộn dây là 12V, các tiếp điểm chịu dòng là 3A.



Hình 1.47: Cấu tạo relay

### Bài tập của thực hành của học viên

**Bài 2.1:** Trình bày kí hiệu quy ước của: điện trở, Biến trở, điện trở nhiệt, các loại tụ điện và cuộn cảm trên sơ đồ mạch điện nguyên lý

**Bài 2.2:** Trình bày các đặc tính kỹ thuật của điện trở, tụ điện; các đặc tính trên có ý nghĩa như thế nào trong công việc của người thợ sửa chữa.

**Bài 2.3:** Trình bày kí hiệu của các loại cuộn cảm, biến áp trên sơ đồ nguyên lý.

**Bài 2.4:** Giá trị các điện trở là:  $220\Omega$ ;  $1k\Omega$ ;  $5,6k\Omega$ ;  $120k\Omega$ ;  $1M\Omega$  cho biết thứ tự các vạch màu trên thân điện trở tương ứng với các giá trị trên

**Bài 2.5:** Trình bày các quy định ký mã số biểu diễn trị số tụ điện, cách đọc trị số tụ điện; cho một vài ví dụ cụ thể ứng với mỗi loại.

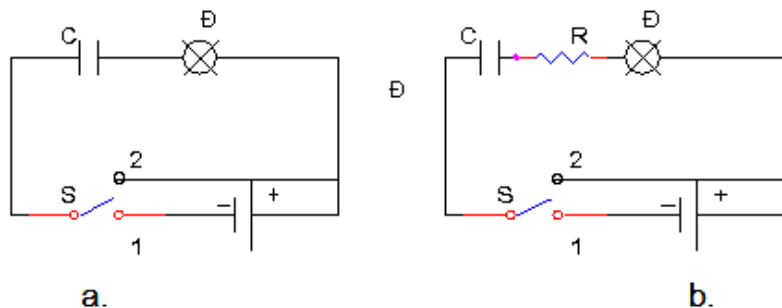
*Bài tập về nhận dạng và xác định chất lượng các linh kiện thụ động*

**Bài 2.6:** Trình bày cách nhận dạng và xác định chất lượng của các loại biến trở bằng VOM.

**Bài 2.7:** Nếu có 2 linh kiện thụ động có hình dáng bên ngoài khi quan sát bằng mắt ta chưa nhận dạng chính xác được là loại linh kiện gì; muốn xác định chính xác được các linh kiện trên phải dùng phương pháp nào?



**Bài 2.8\*:** Cho sơ đồ như hình 2.42, giải thích hoạt động của sơ đồ khi công tắc S cùng đóng ở vị trí 1 và cùng đóng ở vị trí 2 .



**Bài 2.9:** Khi hệ số vòng dây  $n$  của biến áp lớn hơn 1 thì biến áp:

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

*Bộ câu hỏi trắc nghiệm* Tìm câu trả lời đúng

**Bài 2.10:** Có cùng một số điện trở, trị số điện trở sẽ tăng khi:

Mắc song song các điện trở

- Mắc nối tiếp các điện trở
- Vừa mắc song song và nối tiếp các điện trở

**Bài 2.11:** Có cùng một số tụ điện, trị số tụ điện sẽ tăng khi:

- Mắc song song các tụ điện

Mắc nối tiếp các tụ điện

- Vừa mắc song song và nối tiếp các tụ điện

**Bài 2.12:** Tụ điện bị chạm khi đo:

- Kim vọt lên  $0\Omega$
- Kim vọt lên rồi trả về hết
- Kim vọt lên nhưng trả về không hết
- Kim vọt lên và trả về lơ lơ
- Kim không lên

**Bài 2.13:** Hãy phân biệt tính chất của điện trở, tụ điện và của cuộn dây trong các trường hợp sau:

- Trong mạch điện xoay chiều tần số thấp

## TRẢ LỜI CÁC CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

**BÀI 2.8: Hình a.** Khi S đóng ở vị trí 1 tụ điện nạp làm cho đèn loé sáng lên đến khi C nạp đầy thì đèn tắt . Khi S ở vị trí 2 tụ C xả làm cho đèn loé sáng lên đến khi tụ C xả hết thì đèn tắt .

**Hình b.** Khi S ở vị trí 1, 2 thì đèn loé sáng chậm hơn so với hình a bởi vì sự nạp xả của tụ bị cản trở bởi R.

HỌC TẬP TẠI XƯỞNG THỰC HÀNH THEO NHÓM VỀ CÁC NỘI DUNG NHẬN DẠNG, ĐỌC TRỊ SỐ VÀ XÁC ĐỊNH CHẤT LƯỢNG CÁC LINH KIỆN THU ĐỘNG

*Học lý thuyết (của thực hành) tại xưởng:*

*Nhận dạng và đọc trị số linh kiện*

- Nhận dạng các loại R, C, L, bằng cấu trúc và kí hiệu
- Đọc trị số linh kiện bằng các mã quy ước

*Đọc trị số điện trở theo mã quy ước:*

MÃ MÀU	T RI SỐ	SAI SỐ
Đen	0	0%
Nâu	1	1%
Đỏ	2	2%
Cam	3	3%
Vàng	4	4%
Xanh lục	5	5%
Xanh lam	6	6%
Tím	7	7%
Xám	8	8%
Trắng	9	9%
Không màu		20%

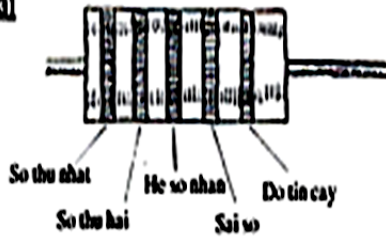
Bạc kim		10 %
Vàng kim		5%

Các điện trở mã màu đang được thay thế bằng các điện trở hàn bề mặt. Các điện trở hàn bề mặt có kích thước nhỏ hơn nhiều so với điện trở mã màu. Mã của điện trở hàn bề mặt có ba con số được sử dụng thay cho mã màu (mặc dù chúng ta có thể phải dùng đến kính lúp để đọc các con số).

Mỗi con số tương ứng với một trong ba dải đánh dấu đầu tiên trên điện trở mã màu. Hai con số đầu tiên là các số chỉ thị trị số điện trở và con số thứ ba là hệ số nhân.

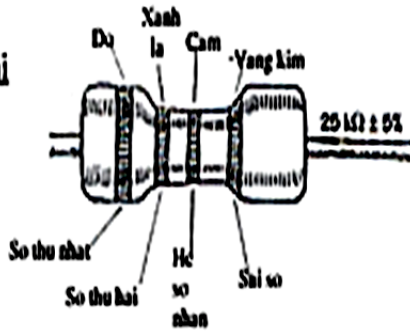
### Hop chat cacbon

5 Dai

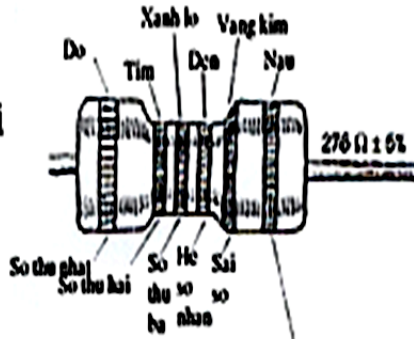


### Oxit kim loai va mang cacbon

4 Dai



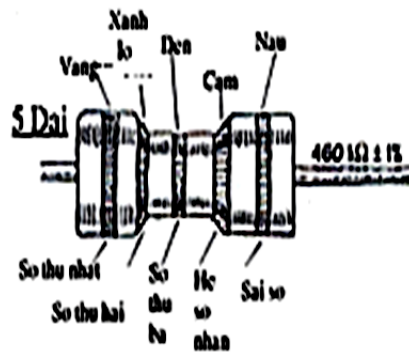
6 Dai



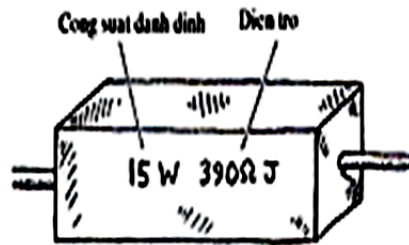
### He so nhiet

Dai mau	He so nhiet
Nau	100 ppm
Do	50 ppm
Cam	15 ppm
Vang	25 ppm

### Oxit kim loai va mang cacbon



### Day quan



### Do tin cay (%/1000 HR)

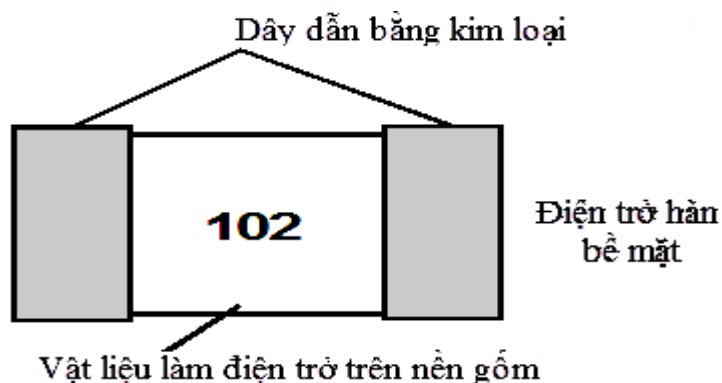
Dai mau	Do tin cay
Nau	1%
Do	0.1%
Cam	0.01%
Vang	0.001%

### Sai so

Dai mau	Sai so (%)
Bac kim	±10%
Vang kim	±5%
Nau	±1%
Do	±2%
Xanh la	±0.5%
Xanh lo	±0.25%
Tim	±0.1%

### Con so / He so nhan

Dai mau	Con so	He so nhan
Den	0	x1
Nau	1	x10
Do	2	x100
Cam	3	x1K
Vang	4	x10K
Xanh la	5	x100K
Xanh lo	6	x1M
Tim	7	x10M
Xam	8	x100M
Trang	9	x1000M
Bac kim	—	x0.01
Vang kim	—	x0.1



Hình 1.48: Ký hiệu trị số của điện trở hàn bề mặt

- Quy định ký mã số biểu diễn trị số tụ điện, cách đọc trị số tụ điện

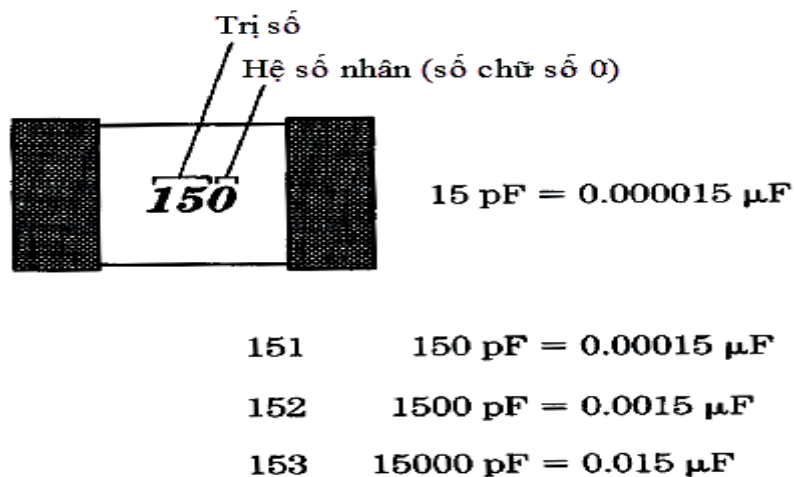
Cũng giống như điện trở, các tụ điện đều được ký hiệu để xác định các thông số của chúng. Khi nắm vững được các ký mã số của tụ điện, chúng ta xác định được các trị số của tụ điện. Tụ điện thường được ký hiệu bằng hai cách: ký hiệu nhận rõ và ký mã số.

Ký hiệu nhận rõ được dùng với các tụ có kích cỡ lớn, đủ diện tích để ghi các trị số của tụ. Các tụ lớn làm bằng gốm có dạng hình đĩa, tụ mylar (một loại polyeste) và tụ hoá có dư thừa diện tích để ghi các ký hiệu. Chú ý rằng các tụ phân cực không kể các kích cỡ, đều phải hết sức quan tâm đến các cực âm và cực dương của tụ. Cần xác định đúng cực tính của tụ phân cực một cách nghiêm ngặt, nếu không sẽ làm hỏng tụ khi lắp ráp hoặc thay thế tụ mới vào mạch điện.

Ngày nay, người ta dùng ký mã số các tụ cỡ nhỏ, không phân cực và các tụ hàn bề mặt có các kích cỡ khác nhau. Các ký mã số dễ dàng nhận biết vì chúng tương tự như kỹ thuật lập ký mã số của các điện trở. Một dãy ba số được sử dụng như sau: hai con số đầu tiên là trị số của tụ điện và con số thứ ba là hệ số nhân (có bao nhiêu con số 0 được thêm vào sau trị số được đặc trưng bằng hai con số đầu tiên). Ký mã số của tụ điện được trình bày như trên Hình 2.44. Hầu hết các ký mã số của tụ điện đều dựa trên cơ sở đơn vị đo lường là pF. Do đó, một tụ có ký mã số là 150 được đọc là trị số 15 và không có số 0 nào được thêm vào (có nghĩa là tụ có trị số là 15 pF). Nếu ký mã số của tụ là 151 có nghĩa là 15 và thêm một số 0 vào bên phải, trị số của tụ là 150 pF. Nếu ký mã số của tụ là 152, có nghĩa là trị số của tụ là 1500 pF v.v... Một ký mã số 224 có nghĩa là số 22 có thêm 4 con số 0 vào bên phải, trị số của tụ là 220000 pF. Vị trí thập phân luôn luôn dịch sang phải.

Mặc dù hệ thống ký mã số dựa trên cơ sở đơn vị pF, mỗi trị số có thể được biểu thị bằng micrôfara ( $\mu\text{F}$ ) đơn giản bằng cách chia trị số picofara cho một triệu

(1000000). Ví dụ, một tụ có trị số là 15 pF được gọi là tụ 0,000015  $\mu\text{F}$ . Việc điện dung của một tụ rất nhỏ, ví dụ 15 pF, chuyển sang đơn vị  $\mu\text{F}$  không thuận tiện, trong khi ghi ở đơn vị pF lại thuận tiện khi ghi trị số trên thân tụ và dễ dàng khi đọc trị số tụ. Các tụ có trị số điện dung lớn thường được thể hiện bằng đơn vị  $\mu\text{F}$ . Để khẳng định ước đoán về trị số tụ, chúng ta có thể đo trị số điện dung của tụ điện bằng đồng hồ đo điện dung.



Hình 1.49: Đọc ký hiệu mã số trên thân tụ điện

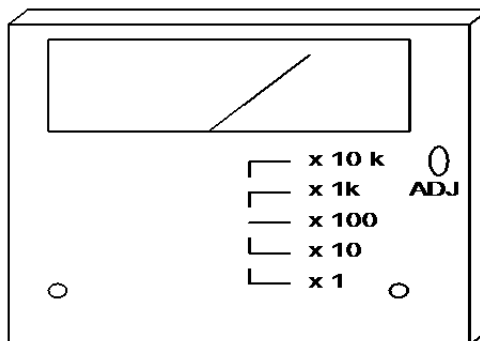
Xác định chất lượng các loại linh kiện thụ động:

- Xác định bằng trực quan, quan sát hình dạng, màu sắc để xác định sơ bộ chất lượng của các loại linh kiện thụ động.

- Dùng VOM để kiểm tra, xác định chất lượng các linh kiện thụ động.

Dưới đây trình bày phương pháp xác định chất lượng linh kiện bằng VOM

Dùng thang đo điện trở của đồng hồ đo vạn năng VOM để đo điện trở:



Ta có các thang đo:  $\times 1$ ,  $\times 10$ ,  $\times 100$ ,  $\times 1\text{k}\Omega$ ,  $\times 10\text{k}\Omega$  là khu vực để đo điện trở. Khi vặn núm chọn thang đo ở vị trí nào thì giá trị thực của điện trở chính bằng giá trị đọc được trên vạch chia của đồng hồ nhân với giá trị của thang đo.

Thí dụ 1: Khi vặn ở thang đo  $\times 100$ , đo thấy kim chỉ thị vạch 20 thì giá trị thực của điện trở đó là:  $20 \times 100 = 2000 = 2k\Omega$ .

Thí dụ 2: Khi vặn ở thang đo  $\times 1k\Omega$ , đo thấy kim chỉ thị vạch 20 thì giá trị của điện trở đo được là:  $20 \times 1K = 20 k\Omega$

Trước khi đo điện trở, ta lưu ý chập 2 que đo lại và quan sát kim đồng hồ chỉ ở vạch  $0\Omega$ , nếu bị lệch phải chỉnh nút ADJ cho đúng. Nếu chỉnh nút ADJ rồi mà vẫn không làm kim đồng hồ về  $0\Omega$  được thì phải thay pin nuôi trong đồng hồ

Lúc đo điện trở lưu ý không được chạm tay vào 2 que đo sẽ gây ra sai số, bởi vì thực tế bản thân con người ta cũng có điện trở khoảng vài chục  $k\Omega$  đến vài  $M\Omega$  tùy khu vực tiếp xúc của cơ thể. Điều này có thể tự kiểm tra bằng cách đặt thang đo ở vị trí  $R \times 10k$ , rồi thử chạm tay vào 2 đầu que đo sẽ thấy kim đồng hồ thay đổi.

Những hư hỏng thường gặp của điện trở:

- Đứt: đo trị số điện trở, kim không chuyển động.
- Cháy: do làm việc quá công suất chịu đựng

Cách đo biến trở: Vặn đồng hồ ở thang đo ôm

Đo cặp chân 1 - 3 rồi đổi chiều với giá trị ghi trên thân biến trở xem có đúng không.

Đo tiếp hai cặp chân 1 - 2 rồi dùng tay chỉnh thử, nếu kim đồng hồ chuyển động chứng tỏ linh kiện còn tốt: nếu thay đổi chậm, ta xác định là VR loại A; nếu thay đổi nhanh, ta xác định VR loại B.

**Dùng đồng hồ đo vạn năng để kiểm tra chất lượng tụ điện:**

- Kiểm tra chất lượng tụ điện theo kiểu đo nguội

+ Vặn VOM, DDM ở thang đo  $\Omega$

.  $\times 1$  khi đo tụ có trị số lớn hơn  $100 \mu F$ .

.  $\times 10$  khi đo tụ có trị số từ  $10 \mu F \div 100 \mu F$ .

.  $\times 1k$  khi đo tụ có trị số từ  $104 \div 10 \mu F$ .

.  $\times 10k$  khi đo tụ có trị số từ  $102 \div 104$ .

.  $\times 1M$  khi đo tụ có trị số từ  $100pF \div 102$ .

.  $\times 10M$  khi đo tụ có trị nhỏ hơn  $100pF$ .

+ Đo hai lần có đổi que đo:

- . Nếu kim vọt lên rồi trả về hết, chứng tỏ khả năng nạp xả của tụ còn tốt.
- . Nếu kim vọt lên  $0\Omega$ , chứng tỏ tụ bị nối tắt (còn gọi là tụ bị đánh thủng, bị chập)
- . Nếu kim vọt lên, nhưng trả về không hết, chứng tỏ tụ bị rò rỉ.
- . Nếu kim vọt lên và trả về lơ lửng, chứng tỏ tụ bị khô.
- . Nếu kim không lên, chứng tỏ tụ bị đứt. Chú ý, khi đo chúng ta không bị nhầm với trường hợp các tụ giá trị có trị số nhỏ hơn  $1\mu F$  mà ta vặn thang đo ở thang  $R \times 1k\Omega$ ?, nguồn của đồng hồ không đủ kích cho tụ nạp xả được .

*Lưu ý:*

Khi áp dụng cách đo trên, chúng ta đã sử dụng nguồn pin trong đồng hồ ở thang đo ôm để nạp, xả cho tụ điện, đồng hồ chỉ cho độ chính xác tương đối mà thôi. Bởi vì nguồn pin bên trong đồng hồ thực tế dẫn ra hai đầu que đo có trị số bé, nhất là đối với các đồng hồ VOM nội trở lớn hơn  $10k\Omega$  do đó khi đo tụ theo phương pháp trên tuy vẫn cho kết quả tốt, nhưng khi gắn vào các mạch thực tế đúng điện áp hoạt động, tụ lại gây nên các sai lỗi (pan).

Do đó ta nhớ lưu ý điểm sau:

+ Nếu đo tụ có áp chịu đựng lớn hơn  $50V$ , ta nên thực hiện phương pháp đo nóng, đo nóng là đo linh kiện trong mạch đang được cấp nguồn .

+ Đo tụ theo phương pháp nạp, xả ở thang đo  $\Omega$  (còn gọi là đo nguội) ta nên dùng VOM, DDM có nội trở nhỏ hơn  $10k\Omega$  .

- Kiểm tra chất lượng tụ điện theo kiểu đo nóng:

+ Dùng thang đo DC có giá trị gần bằng áp chịu đựng ghi trong thân tụ rồi ghép nối tiếp với tụ (nếu là tụ hóa ta nhớ lưu ý cực tính +, -)

+ Đặt VOM, DDM ở thang đo VDC (cao hơn nguồn E) rồi đặt que đen của đồng hồ vào âm nguồn E, que đỏ đấu với một đầu của tụ còn đầu kia của tụ đấu vào dương nguồn E:

- . Nếu kim vọt lên rồi trả về, chứng tỏ chất lượng tụ còn tốt.
- . Nếu kim vọt lên bằng giá trị nguồn cấp và không trả về, chứng tỏ tụ đã bị nối tắt.
- . Nếu kim vọt lên nhưng trả về không hết, chứng tỏ tụ bị rò rỉ.
- . Nếu kim vọt lên rồi trả về lơ lửng, chứng tỏ tụ đã bị khô.
- . Nếu kim không lên, chứng tỏ tụ đã bị đứt.



Nên lấy chính nguồn cấp trên mạch tại chỗ mắc tụ để thực hiện phép đo nóng.

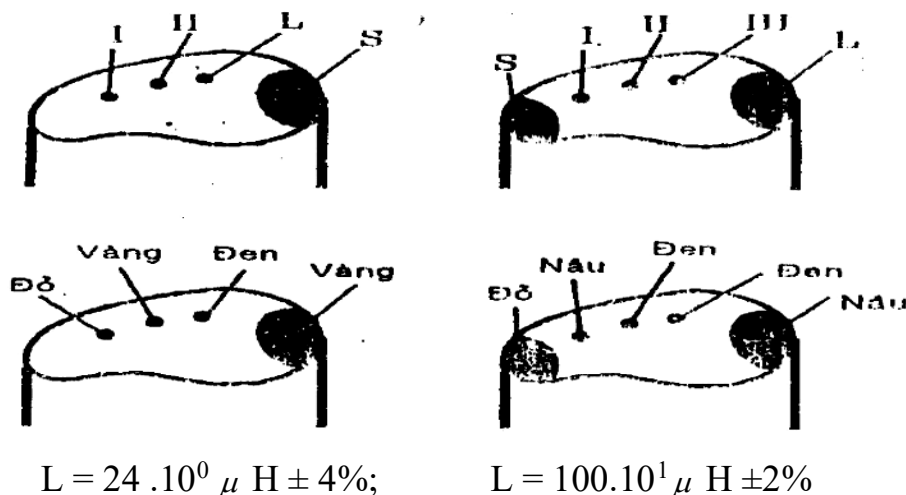
- Kiểm tra hư hỏng của tụ biến đổi:

. Dùng VOM, DDM vặn ở thang đo  $R \times 1$ .

. Đo hai chân CV rồi xoay trục hết vòng qua lại mà không bị rò rỉ, chạm, chứng tỏ chất lượng tụ còn tốt.

Đo hai chân CV với trục không được chạm nhau.

Đọc trị số cuộn cảm như Hình 2.45



I, II, III: ghép số theo vòng màu giống như ở điện trở, đơn vị là  $\mu H$ .

L: Số lũy thừa số 10

S: Sai số

Dùng đồng hồ đo vạn năng để kiểm tra chất lượng cuộn cảm:

Thực tế hư hỏng thường gặp ở cuộn dây là:

- Trường hợp cuộn cảm bị đứt, khi dùng đồng hồ VOM đặt ở thang đo điện trở để đo, kim không chuyển động.

- Trường hợp cuộn cảm bị cháy, khi quan sát chúng ta thấy nám đen.

- Trường hợp cuộn cảm bị chạm các vòng dây quấn với nhau, hoạt động vào mạch điện một chút cuộn cảm bị nóng và bốc cháy.

Nói chung, để đo kiểm tra cuộn dây, ta vặn đồng hồ VOM ở thang đo  $R \times 1$  hoặc  $R \times 10$  để đo xác định cuộn cảm có bị đứt hay không mà thôi, còn đo cuộn cảm có bị chạm vòng dây chỉ khi nào biết được trị số điện trở do người chế tạo cung cấp. Trong thực tế, để xác định cuộn dây bị chạm, chúng ta thường căn cứ vào

hoạt động trên mạch điện để xác định xem cuộn dây mau nóng hay không, từ đó xác định chất lượng của cuộn dây. Để đo trị số điện trở của cuộn dây ta nhớ đo trị số điện trở của dây dẫn với vỏ máy và trị số của cuộn dây với lõi sắt (nếu có) để xác định xem cuộn dây có bị rò chạm với lõi sắt hoặc với vỏ không.

### **Yêu cầu về đánh giá hoàn thành môn học**

Thực hành tại xưởng theo nhóm từ 2 đến 3 người:

Thực hành nhận dạng, đọc trị số các loại linh kiện: R, C, L, Biến áp

Thực hành xác định chất lượng các linh kiện bằng trực quan, quan sát hình dáng của linh kiện thụ động

Thực hành xác định chất lượng linh kiện bằng VOM

Thảo luận của các nhóm về:

- Cách nhận dạng và xác định chất lượng linh kiện thụ động bằng đồng hồ đo vạn năng VOM.

### **Lựa chọn bài xuất sắc nộp giáo viên:**

Sau khi thảo luận, mỗi cá nhân học viên viết một bản báo cáo về cách đọc trị số, cách xác định chất lượng và các ứng dụng của các loại linh kiện thụ động trong các mạch điện tử. Nhóm lựa chọn một vài bản báo cáo xuất sắc (không phải là chép lại bài giảng của giáo viên) theo các tiêu chí sau:

+ Nội dung trình bày đảm bảo thực hiện được yêu cầu về đọc trị số, xác định chất lượng linh kiện và phạm vi ứng dụng của linh kiện thụ động.

+ Trình bày mạch lạc, ngắn gọn, dễ hiểu,

+ Bản báo cáo có những phần sáng tạo về nội dung trình bày và có những kiến thức bổ sung chính xác.

## Bài 3

### Diode

#### Mục tiêu:

- Khái niệm về chất bán dẫn, cơ sở tạo nên linh kiện bán dẫn trong kỹ thuật;
- Trình bày cấu tạo, ký hiệu, tính chất, công dụng, các thông số kỹ thuật cơ bản của các loại Diode;
- Đánh giá, xác định được tính dẫn điện trên mạch điện, linh kiện phù hợp theo yêu cầu kỹ thuật.
- Phát biểu tính chất, điều kiện làm việc của dòng điện trên các linh kiện điện tử khác theo nội dung bài đã học.
- Phân tích một số mạch ứng dụng diode đơn giản;

### 3.1. Khái niệm chất bán dẫn

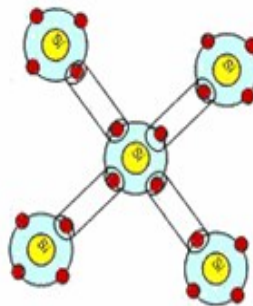
#### 3.1.1. Khái niệm

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

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

Từ các chất bán dẫn ban đầu ( tinh khiết) người ta phải tạo ra hai loại bán dẫn là bán dẫn loại N và bán dẫn loại P, sau đó ghép các miếng bán dẫn loại N và P lại ta thu được Diode hay Transistor.

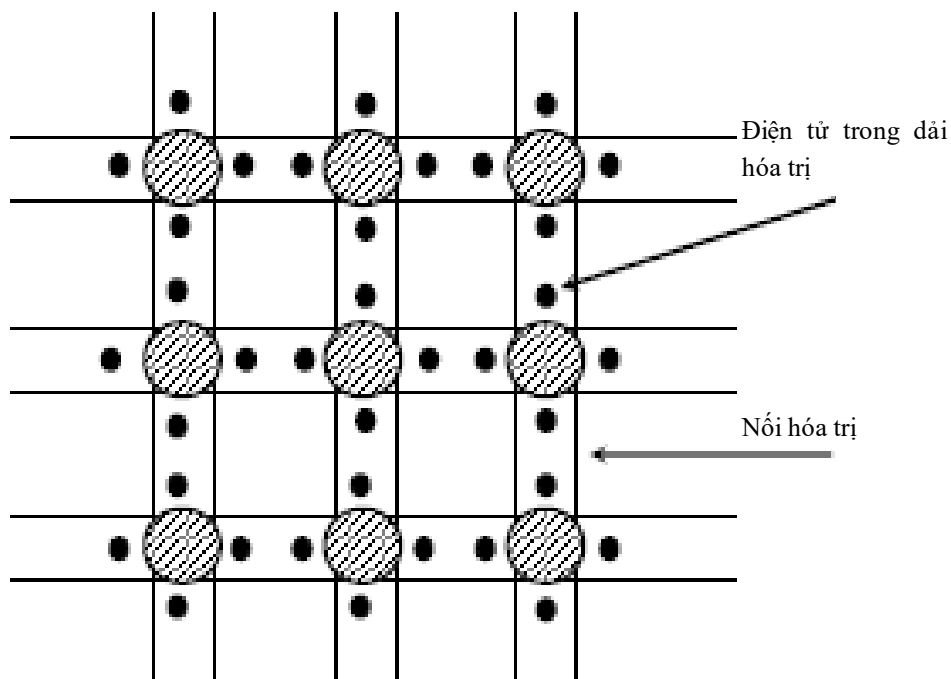
Si và Ge đều có hoá trị 4, tức là lớp ngoài cùng có 4 điện tử, ở thể tinh khiết các nguyên tử Si (Ge) liên kết với nhau theo liên kết cộng hoá trị như hình dưới.



Hình 2.1a: Chất bán dẫn tinh khiết

### 3.1.2. Chất bán dẫn thuần

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



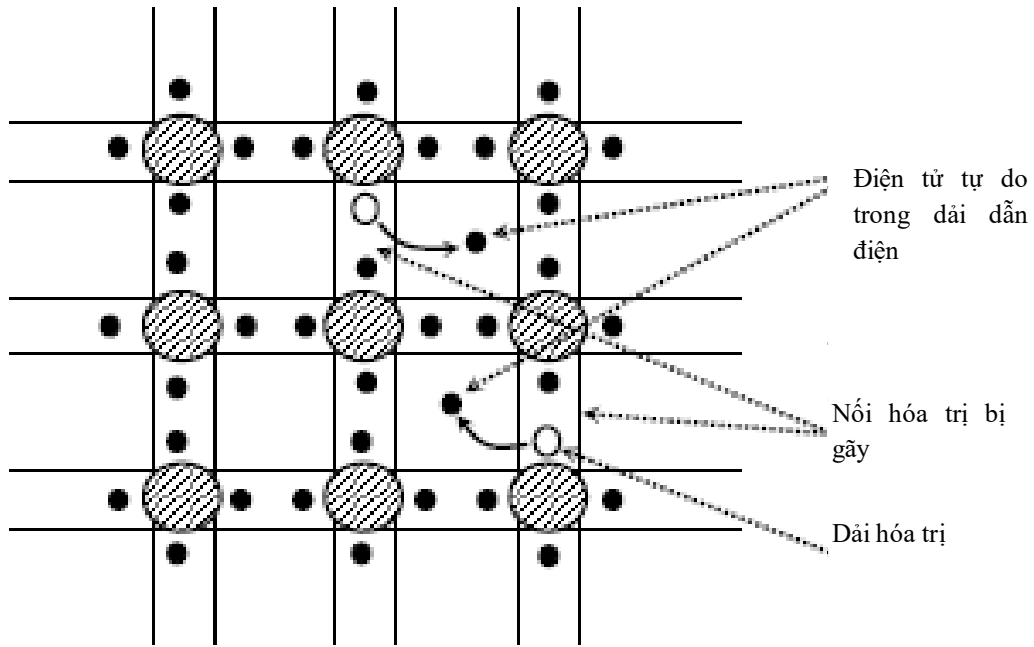
Hình 2.1b. Tinh thể chất bán dẫn ở nhiệt độ thấp ( $T = 0^0K$ )

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

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

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

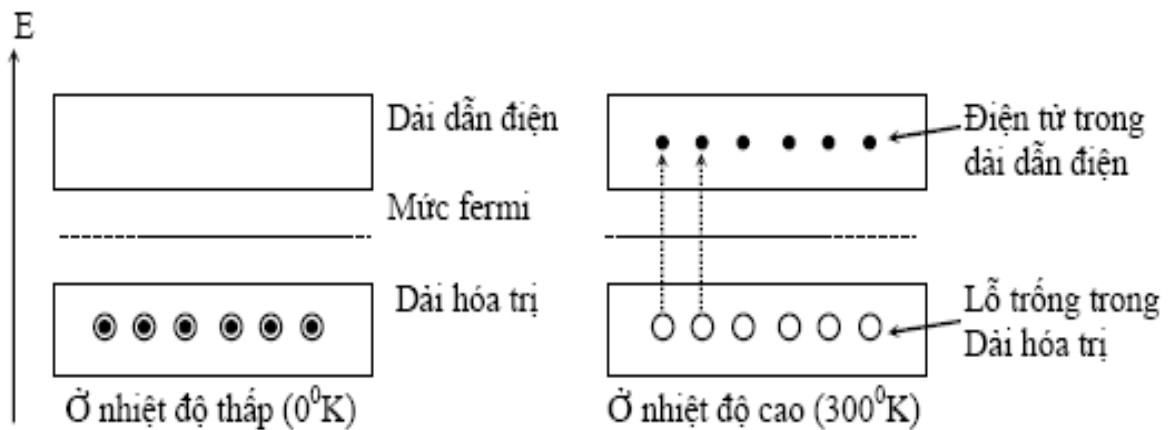
Khi năng lượng này lớn hơn năng lượng của dải cấm (0,7eV đối với Ge và 1,12eV đối với Si), điện tử có thể vượt dải cấm vào dải dẫn điện và chừa lại những lỗ trống (trạng thái năng lượng trống trong dải hóa trị). Ta nhận thấy số điện tử trong dải dẫn điện bằng số lỗ trống trong dải hóa trị.



Hình 2.1b. Tinh thể chất bán dẫn ở nhiệt độ cao ( $T = 300^{\circ}\text{K}$ )

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

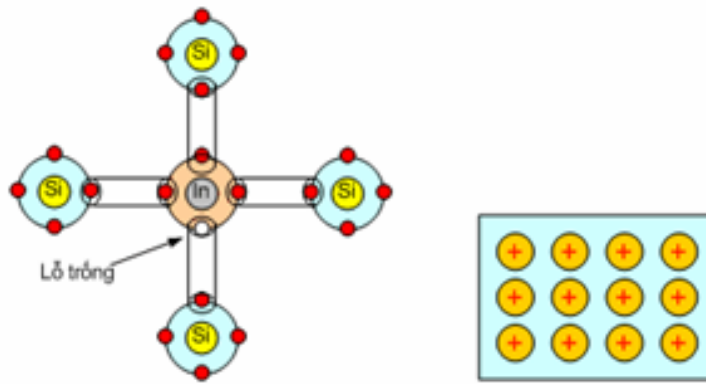
Chất bán dẫn loại P



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

### 3.1.3. Chất bán dẫn loại P

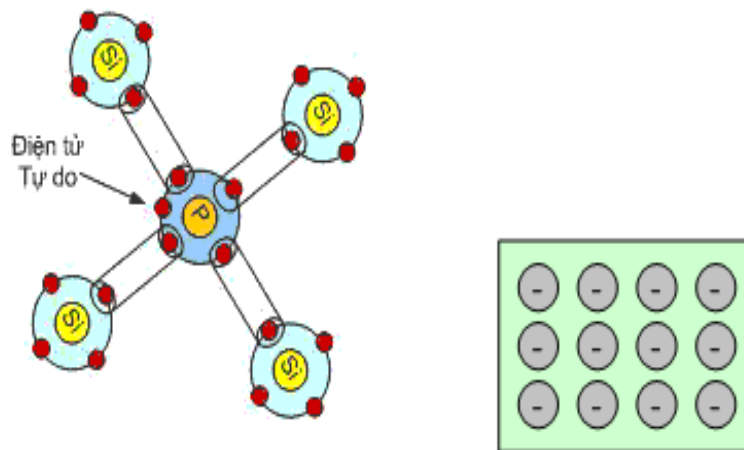
Ngược lại khi ta pha thêm một lượng nhỏ chất có hoá trị 3 như Indium (In) vào chất bán dẫn Si thì 1 nguyên tử Indium sẽ liên kết với 4 nguyên tử Si theo liên kết cộng hoá trị và liên kết bị thiếu một điện tử  $\Rightarrow$  trở thành lỗ trống ( mang điện dương) và được gọi là chất bán dẫn P.



Hình 2.2: Chất bán dẫn loại P

### 3.1.4. Chất bán dẫn loại N.

Khi ta 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 => Chất bán dẫn lúc này trở thành thừa điện tử ( mang điện âm) và được gọi là bán dẫn N ( Negative : âm ).

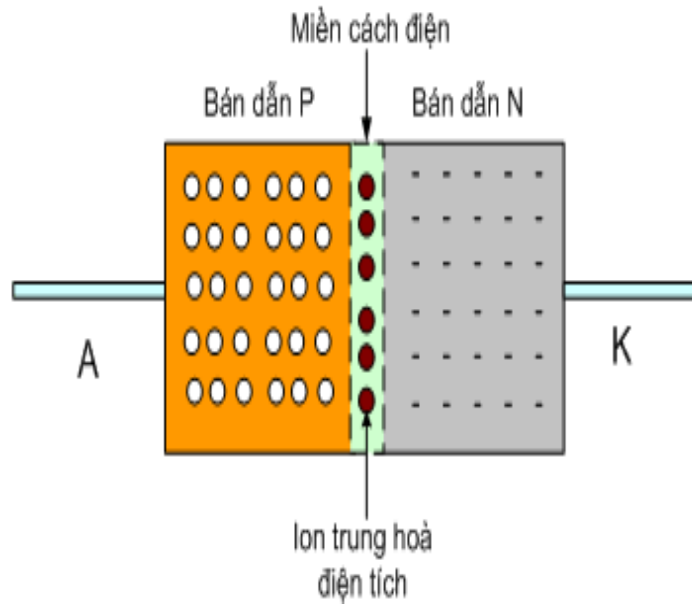


Hình 2.3: Chất bán dẫn loại N

## 3.2. Tiếp giáp P-N và diode

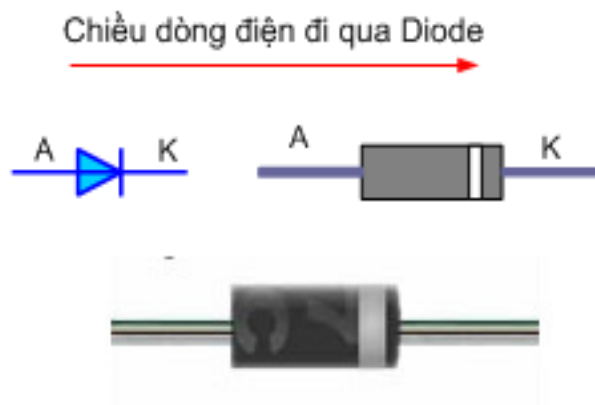
### 3.2.1. Tiếp giáp P-N

Khi đã có được hai chất bán dẫn là P và N , nếu ghép hai chất bán dẫn theo một tiếp giáp P - N ta được một Diode, tiếp giáp P -N có đặc điểm : Tại bề mặt tiếp xúc, 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 2.4: Mối tiếp xúc P - N => Cấu tạo của Diode .

Ở hình trên là mối tiếp xúc P - N và cũng chính là cấu tạo của Diode bán dẫn



Hình 2.5: Ký hiệu và hình dáng của Diode bán dẫn.

Một số hình dạng của diode khác

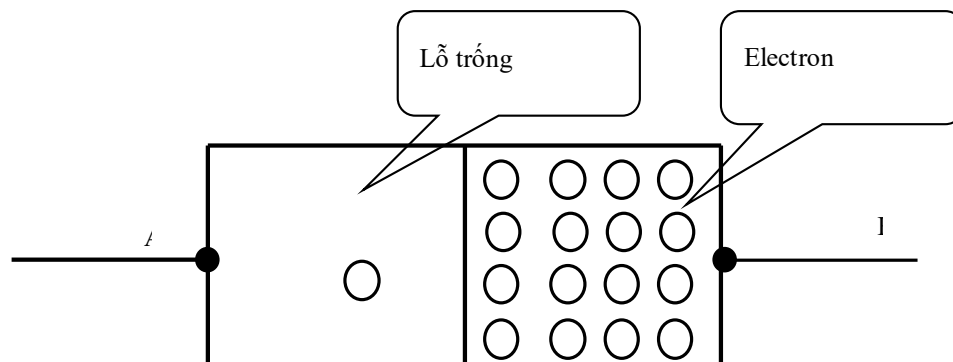


Hình dạng các cầu diode

Hình 2.6: Các dạng diode khác thường gặp

### 3.1.2. Diode bán dẫn.

#### a. Cấu tạo



Hình 2.7 Cấu tạo của diode

Điốt tiếp mặt gồm hai bán dẫn loại P và loại N tiếp giáp nhau và hình thành mối nối P-N. Đầu bán dẫn P là cực Anốt, đầu bán dẫn N là cực Katốt. Điốt tiếp mặt có nhiều cỡ to nhỏ, hình thức khác nhau.

. Trong vùng bán dẫn loại P có nhiều lỗ trống, trong vùng bán dẫn loại N có nhiều electron thừa. Khi ghép hai bán dẫn P và N với nhau thì electron thừa của N chạy sang P và ngược lại. Chúng gặp nhau ở vùng tiếp giáp tái hợp với nhau và trở lên trung hoà về điện.

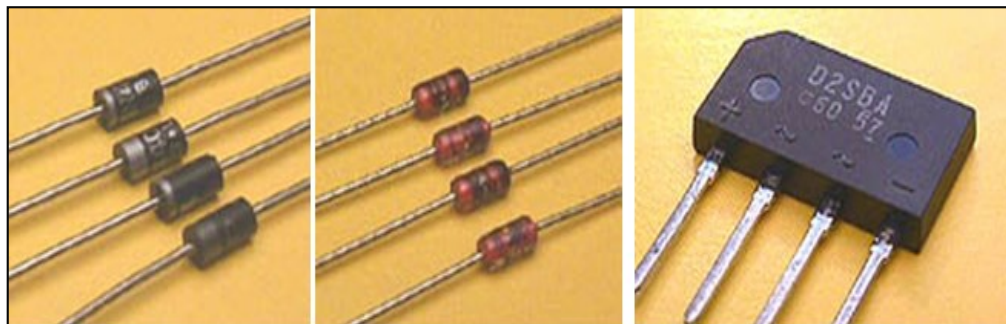
Ở vùng tiếp giáp phía P do mất lỗ trống chỉ còn lại ion âm vì vậy vùng đó có điện tích âm. Ở vùng tiếp giáp phía N do mất điện tử thừa nên chỉ còn lại những ion dương vì vậy vùng đó có điện tích dương và tạo thành mối nối P-N

Đến đây sự khuếch tán qua lại giữa P và N dừng lại. Vùng tiếp giáp trở thành một hàng rào ngăn cản ( hàng rào điện áp )

#### b. Ký hiệu quy ước.



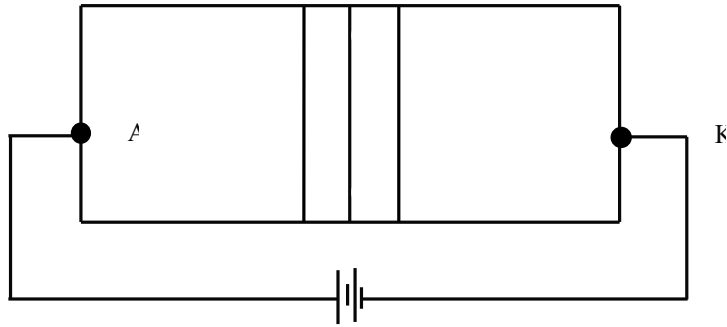
#### c. Hình dạng thực tế





#### ***d. Nguyên lý hoạt động***

##### **\* Phân cực thuận cho điốt**



*Hình 2.8a. Phân cực thuận cho điốt*

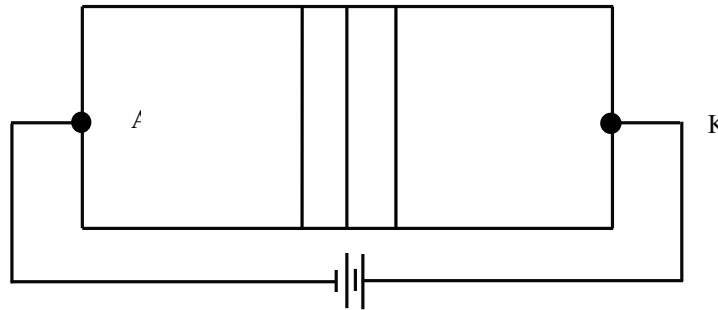
Dùng một nguồn điện DC nối cực dương của nguồn vào miền P và cực âm của nguồn vào miền N của điốt.

Lúc đó điện tích dương của nguồn sẽ đẩy lỗ trống trong vùng P và điện tích âm của nguồn sẽ đẩy electron trong vùng N làm cho electron và lỗ trống lại gần mỗi nối hơn. Khi lực đẩy tĩnh điện đủ lớn thì electron từ N sẽ qua mỗi nối sang P và tái hợp với lỗ trống

Như vậy đã có một dòng electron chạy liên tục từ cực âm của nguồn qua đi ốt từ N sang P về cực dương của nguồn. Nói cách khác có dòng điện đi qua đi ốt theo chiều từ P sang N

##### **\* Phân cực ngược cho điốt**

Dùng một nguồn điện DC nối cực âm của nguồn vào miền P và cực dương vào miền N của điốt.



*Hình 2.8b. Phân cực ngược cho điốt*

Lúc đó điện tích âm của nguồn sẽ hút lỗ trống của vùng P và điện tích dương của nguồn sẽ hút electron của vùng N làm cho lỗ trống và electron hai bên mỗi nối ngày càng xa nhau hơn nên hiện tượng tái hợp giữa electron và lỗ trống ngày càng khó khăn.

Tuy nhiên trường hợp này vẫn có một dòng điện rất nhỏ đi qua điốt từ vùng N sang vùng P gọi là dòng điện rỉ trị số khoảng nA (dòng điện rỉ còn gọi là dòng điện bão hoà nghịch  $I_s$ )

### 3.1.3. Các loại diode khác

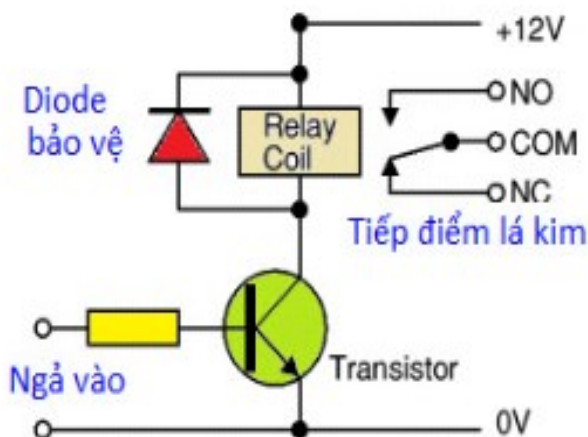
#### a. Diode Zener

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



Hình 2.9: Diode zener

Diode zener có tính ổn áp. Trong mạch diode zener luôn ở trạng thái phân cực ngược và làm việc ở trạng thái bị đánh thủng. Khi diode zener bị đánh thủng, nó sẽ có tính ghim áp, lúc này mức áp đưa vào có thay đổi nhưng mức áp lấy ra trên diode zener là không đổi. Trong mạch diode zener luôn dùng với một điện trở hạn dòng để tránh bị quá công suất. Trong nhiều mạch điện người ta dùng diode zener không có điện trở hạn dòng để làm mạch bảo vệ tránh trường hợp thiết bị bị quá áp.

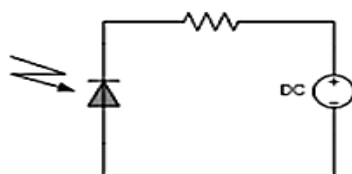


Trong mạch này, người ta dùng diode cho mắc ngang cuộn dây của relay để bảo vệ transistor. Bảo vệ ra sao? Chúng ta biết, khi transistor dẫn điện, nó cấp dòng cho cuộn dây để tạo ra sức hút nam châm, hút lá kim để thay đổi vị trí của tiếp điểm. Nhưng khi transistor ngưng dẫn, nó cắt dòng cấp cho cuộn dây của relay, chính ngay lúc này, từ cuộn dây của relay sẽ "bung ra điện áp ứng", mức áp này thường có biên độ rất cao và dễ đánh thủng làm hư các mối nối bán dẫn. Để tránh điều tai hại này, người ta mắc ngang cuộn dây một diode dùng chống mức áp nghịch, diode sẽ vào trạng thái dẫn điện do có tính ghim áp, diode đã giữ cho mức áp ngang cuộn dây không thể tăng cao.

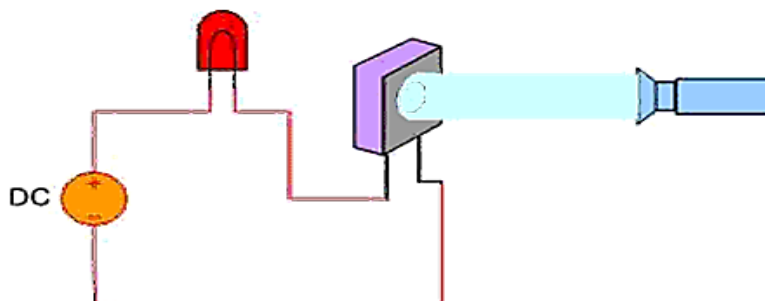
Diode	Dòng tối đa	Điện áp nghịch
1N4001	1A	50V
1N4002	1A	100V
1N4007	1A	1000V
1N5401	3A	100V
1N5408	3A	1000V

### ***b. Diode Thu quang. ( Photo Diode )***

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



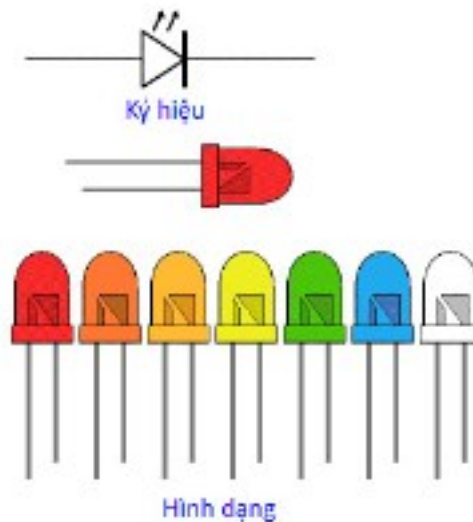
Ký hiệu của Photo Diode



Minh họa sự hoạt động của Photo Diode

Hình 2.10: Hình ảnh minh họa của diode thu quang

### c. Diode Phát quang ( Light Emitting Diode : LED )



Diode phát quang là Diode phát ra ánh sáng khi được phân cực thuận, điện áp làm việc của LED khoảng 1,7 => 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...



Diode phát quang LED

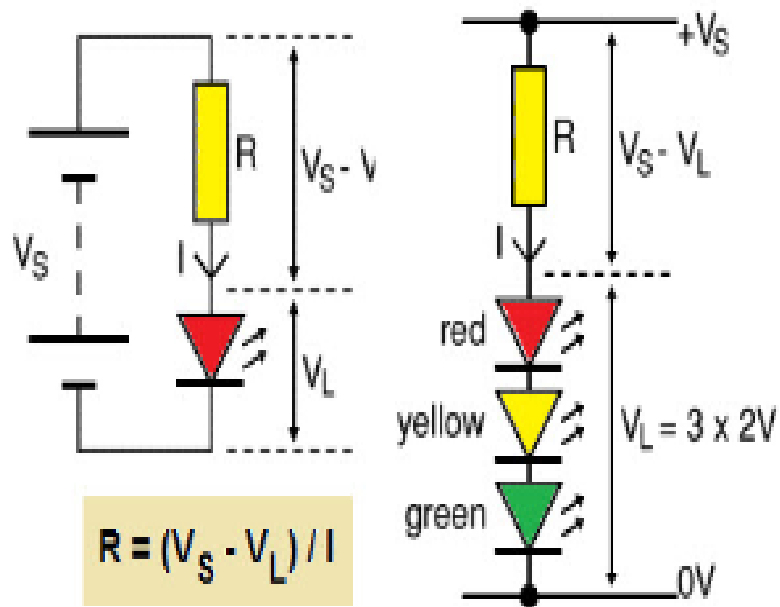
Hình 2.11: Hình ảnh diode phát quang

Bảng tham khảo thường dùng cho các loại led

Loại	Màu	$I_F$ max.	$V_F$ typ.	$V_F$ max.	$V_R$ max.	Dòng làm việc	Góc chiếu	Bước sóng
Standard	Red	30mA	1.7V	2.1V	5V	5mcd @ 10mA	60°	660nm
Standard	Bright red	30mA	2.0V	2.5V	5V	80mcd @ 10mA	60°	625nm
Standard	Yellow	30mA	2.1V	2.5V	5V	32mcd @ 10mA	60°	590nm
Standard	Green	25mA	2.2V	2.5V	5V	32mcd @ 10mA	60°	565nm
High intensity	Blue	30mA	4.5V	5.5V	5V	60mcd @ 20mA	50°	430nm
Super bright	Red	30mA	1.85V	2.5V	5V	500mcd @ 20mA	60°	660nm
Low current	Red	30mA	1.7V	2.0V	5V	5mcd @ 2mA	60°	625nm

- $I_F \text{ max.}$  Dòng lớn nhất
- $V_F \text{ typ.}$  Mức ghim áp làm việc
- $V_F \text{ max.}$  Mức ghi áp lớn nhất
- $V_R \text{ max.}$  Điện áp ngược

### Cách mắc đèn led



Trong đó:  
 $V_S$  là mức áp nguồn  
 $V_L$  là mức áp trên Led  
 $I$  là dòng chảy qua Led

### Led 7 đoạn và led ma trận



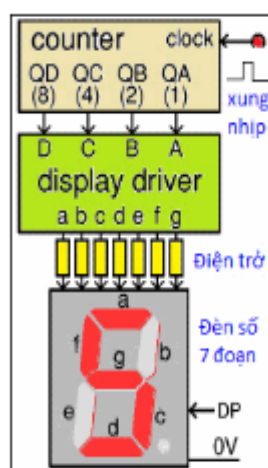
Thanh led

Led số 7 đoạn

Led số chữ

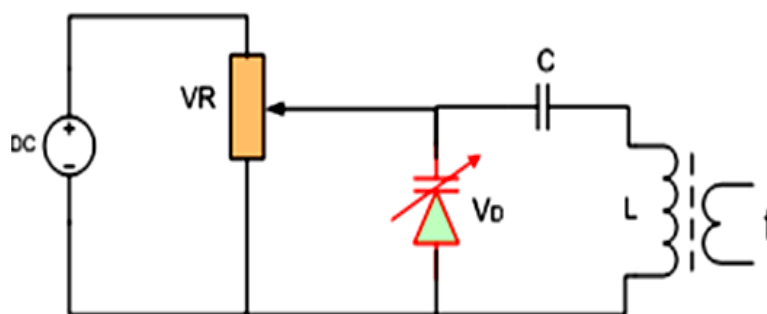
Led điểm ma trận

## Cách hiển thị led 7 đoạn



### Diode Varicap ( Diode biến dung )

Diode biến dung là Diode có điện dung như tụ điện, và điện dung biến đổi khi ta thay đổi điện áp ngược đặt vào Diode.



Ứng dụng của Diode biến dung Varicap ( $V_0$ )  
trong mạch cộng hưởng

Hình 2.12: Ứng dụng của diode biến dung trong mạch cộng hưởng

Ở hình trên khi ta chỉnh triết áp VR, điện áp ngược đặt vào Diode Varicap thay đổi, điện dung của diode thay đổi  $\Rightarrow$  làm thay đổi tần số cộng hưởng của mạch.

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

### e. Diode xung

Trong các bộ nguồn xung thì ở đầu ra của biến áp xung, ta phải dùng Diode xung để chỉnh lưu. diode xung là diode làm việc ở tần số cao khoảng vài chục KHz, diode bán dẫn thông thường không thể thay thế vào vị trí diode xung được, nhưng

ngược lại diode xung có thể thay thế cho vị trí diode thường, diode xung có giá thành cao hơn diode thường nhiều lần.

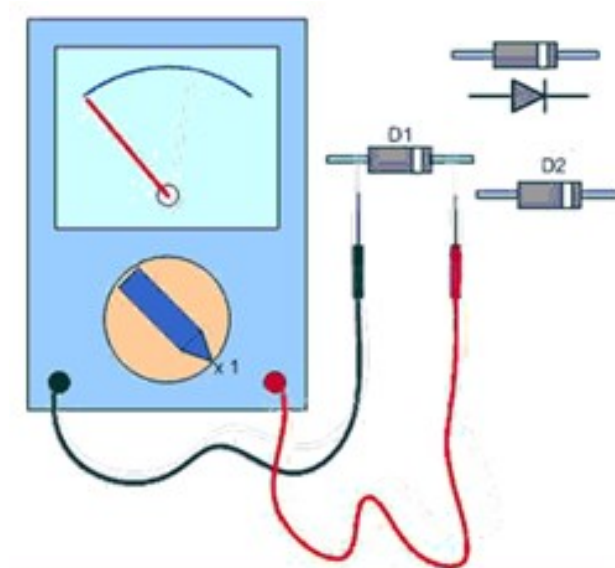
Về đặc điểm, hình dáng thì Diode xung không có gì khác biệt với Diode thường, tuy nhiên Diode xung thường có vòng đánh dấu đứt nét hoặc đánh dấu bằng hai vòng



### Ký hiệu của Diode xung

Hình 2.13: Ký hiệu của diode xung

- Đo và kiểm tra diode



Hình 2.14: Hướng dẫn cách đo diode

Đặt đồng hồ ở thang  $\times 1\Omega$ , đặt hai que đo vào hai đầu Diode, nếu:

Đo chiều thuận que đen vào Anôt, que đỏ vào Katôt  $\Rightarrow$  kim lên, đảo chiều đo kim không lên là  $\Rightarrow$  Diode tốt

Nếu đo cả hai chiều kim lên  $= 0\Omega \Rightarrow$  là Diode bị chập.

Nếu đo thuận chiều mà kim không lên  $\Rightarrow$  là Diode bị đứt.

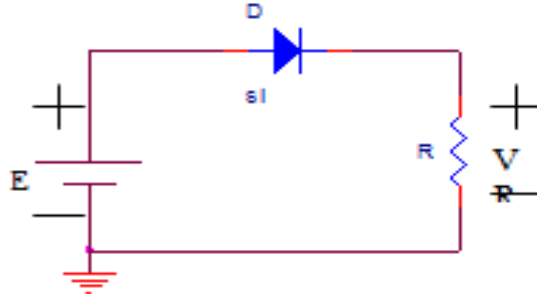
Ở phép đo trên thì Diode D1 tốt, Diode D2 bị chập và D3 bị đứt

Nếu để thang  $1K\Omega$  mà đo ngược vào Diode kim vẫn lên một chút là Diode bị dò.

### 3.1.4. Các mạch ứng dụng dùng diode

#### a. Nối tiếp

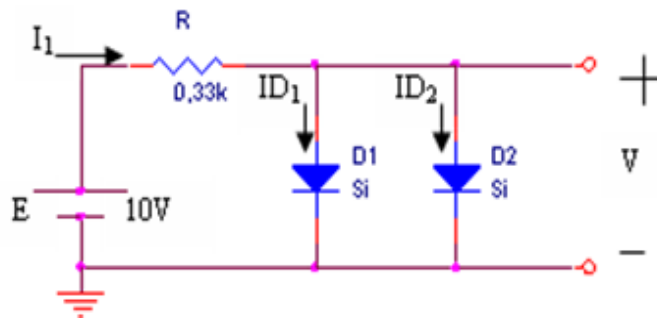
Trong phần này mạch tương đương được sử dụng để nghiên cứu các cấu hình mạch mắc nối tiếp các diode với tín hiệu vào dc.



Hình 2.15: Cấu hình diode mắc nối tiếp

Mạch điện nối tiếp trong hình 2.15, ta thay diode bằng một điện trở R, khi đó chiều dòng điện chạy trong điện trở R cùng chiều với chiều dòng điện thuận của diode và  $E > V_\gamma$  nên diode ở trạng thái dẫn.

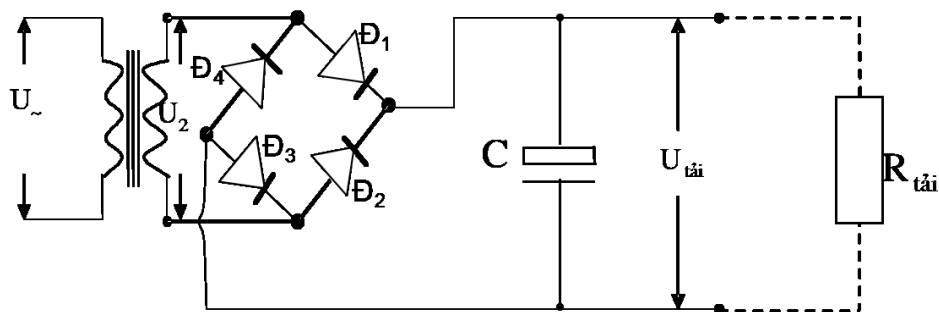
#### b. Mắc song song



Hình 2.16: Mắc song song

#### c. Lắp mạch nguồn một chiều đơn giản

. Lựa chọn sơ đồ thiết kế



Hình 2.17: Sơ đồ mạch nguồn một chiều



Khi thiết kế mạch nguồn điện một chiều, việc lựa chọn sơ đồ chỉnh lưu là quan trọng nhất. Trong thực tế người ta thường chọn mạch chỉnh lưu cầu để chỉnh lưu trong mạch nguồn điện một chiều

### CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

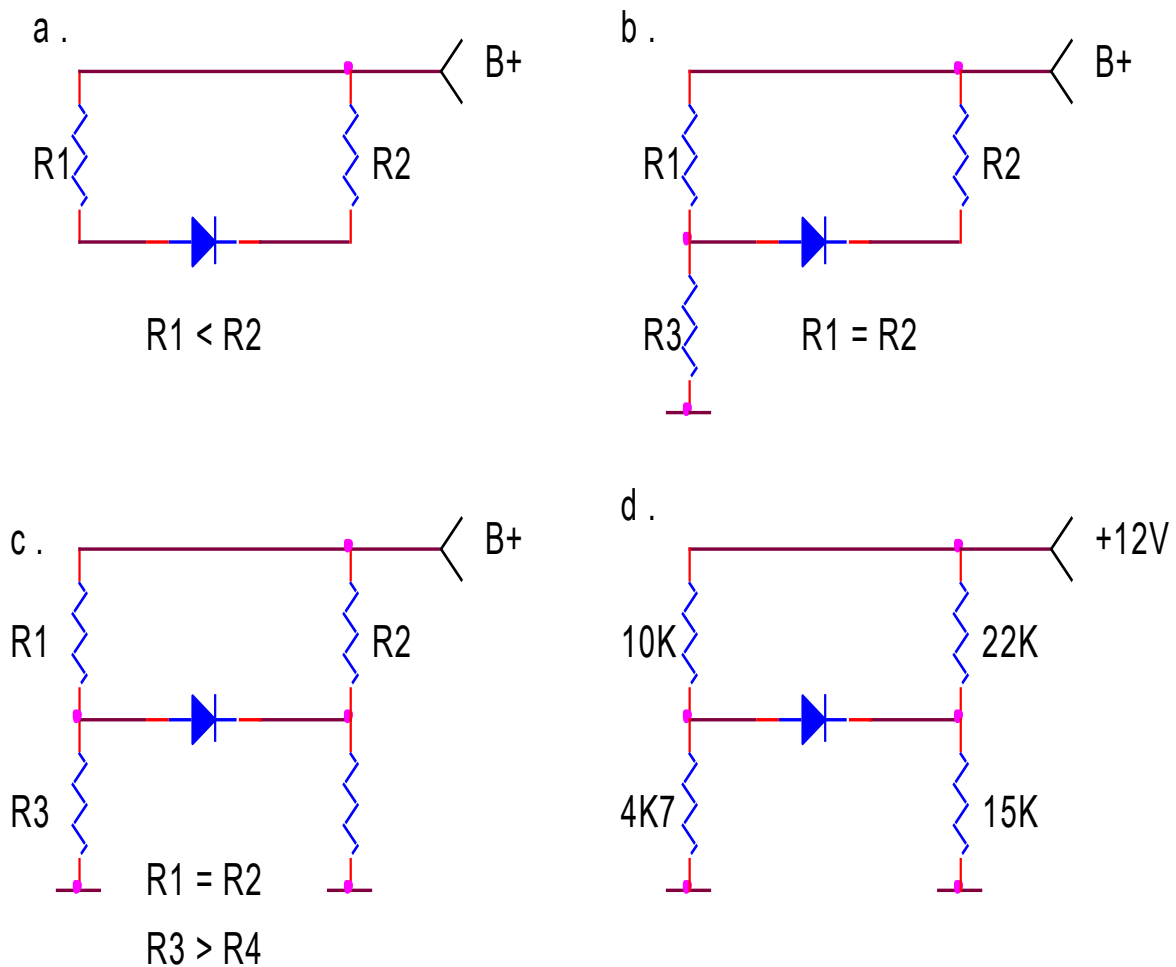
**Bài 3.1:** Phát biểu định nghĩa về chất bán dẫn, trình bày các tính chất của chất bán dẫn.

**Bài 3.2:** Trình bày sự dẫn điện trong chất bán dẫn tinh khiết, chất bán dẫn tạp N, chất bán dẫn tạp P .

**Bài 3.3:** Trình bày cấu tạo, kí hiệu quy ước của điốt tiếp điểm, điốt tiếp mặt .

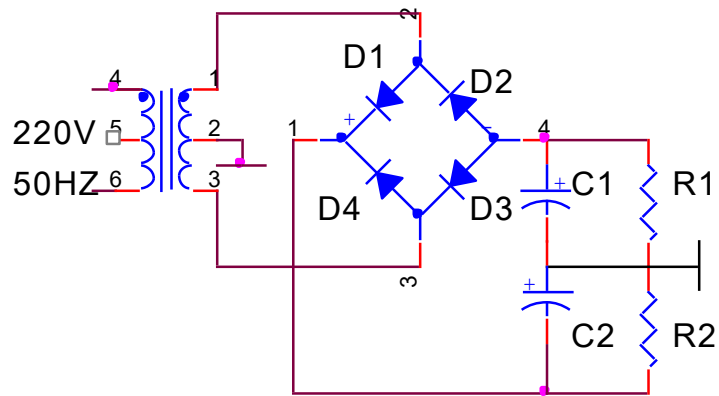
**Bài 3.4:** Trình bày nguyên lý hoạt động của điốt ; các nhận xét quan trọng rút ra từ phân tích nguyên lý hoạt động của điốt là gì ?

**Bài 3.5\*:** Cho sơ đồ hình 3.23, sơ đồ nào điốt được phân cực thuận:



Hình 3.23

**Bài 3.6:** Cho mạch điện như hình 3. 24 . Phân tích nguyên lý hoạt động của mạch



Hình 3.24

**Bài 3.7:** Trình bày phương pháp xác định các cực Anốt , ca tốt của điốt bằng VOM ..

**Bài 3.8:** Một điốt có nội trở:

- $R_{th} = R_{ngh}$
- $R_{ngh} \gg R_{th}$
- $R_{th} = R_{ngh} = 0$

Cho biết chất lượng của điốt ứng với các trường hợp trên.

**Bài 3.9:** Khi sử dụng điốt mà dòng qua điốt quá lớn sẽ xảy ra hiện tượng gì ? giải thích vì sao ?

**Bài 3.10:** Nếu phải đấu nối tiếp một số điốt thì phải đấu song song với các điốt một điện trở vì sao ? trị số điện trở đó có giá trị lớn hay nhỏ?

*Câu hỏi trắc nghiệm:* Tìm câu trả lời đúng

**Bài 3.11:** Sự dẫn điện của chất bán dẫn sẽ tăng khi:

Ở chất bán dẫn thuần khiết

Ở Chất bán dẫn tạp

Nhiệt độ giảm

Nhiệt độ tăng

**Bài 3.12:** Điốt bán dẫn là linh kiện:

Chỉ dẫn điện một chiều

Dẫn điện cả hai chiều (xoay chiều)

Dẫn điện có điều kiện

**Bài 3.13:** Điều kiện để cho điốt dẫn điện:

$$U_A > U_K$$

$$U_A = U_K$$

$$U_A < U_K$$

**Bài 3.14:** Công dụng của điốt:

Chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều

Tách sóng

Tạo dao động

Khuếch đại

*Kiểm tra kỹ năng xác định cực tính và chất lượng của điốt*

**Bài 3.15:** Chọn các trường hợp đúng nhất để điền vào các chỗ trống:

a. Khi đo một điốt có các giá trị như sau:

-  $R_{th} \leq R_{ng}$  thì điốt.....

-  $R_{th} = R_{ng}$  thì điốt .....

-  $R_{th} \gg R_{ng}$  thì điốt .....

-  $R_{th} = R_{ng} = \infty$  thì điốt .....

b. Khi đo một điốt:

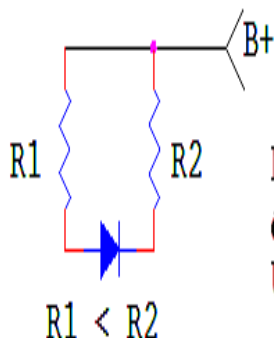
Có trị số  $R_{th}$  thì cực ..... (anôt, catôt) của điốt là que ..... của đồng hồ đo.

Có trị số  $R_{ng}$  thì cực..... (anôt, catôt) của điốt là que..... của đồng hồ đo.

TRẢ LỜI CÁC CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

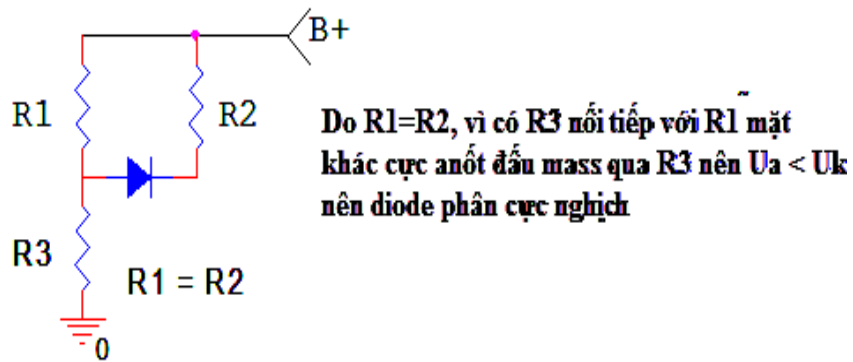
BÀI 3.5\*:

Hình a:

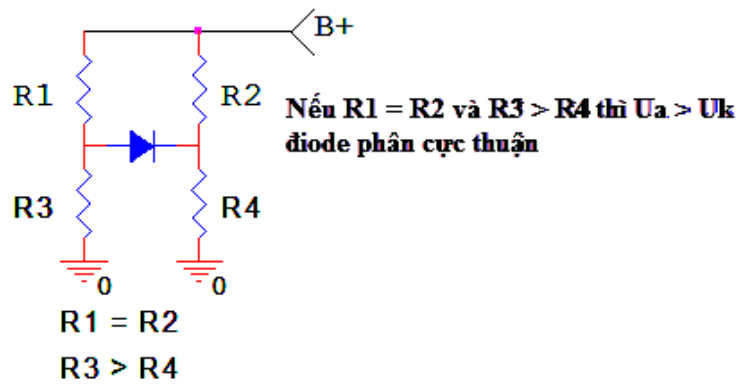


Nếu  $R_1 < R_2$  thì cực anôt của diode có điện thế dương và hở cực catôt tức là  $U_A > U_K$  điốt phân cực thuận.

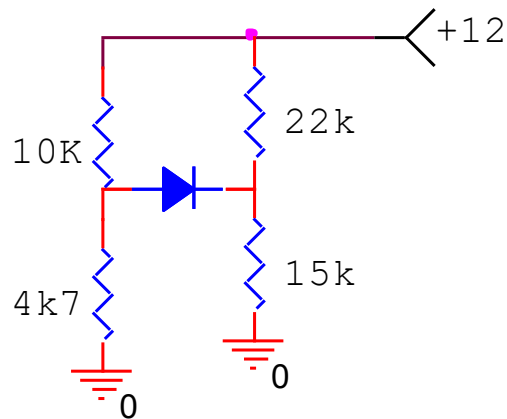
Hình b:



Hình c:



Hình d:



$$U_a = \frac{10K}{10K + 4K7} \times 12K = 8,16V$$

$$U_k = \frac{22K}{22K + 15K} \times 12K = 7,13 V$$

Vậy  $U_a > U_k$  do đó điốt phân cực thuận.

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP:

**Bài 4.1:** Trình bày cấu tạo và kí hiệu quy ước của các điốt ổn áp, biến dung.

**Bài 4.2:** Trình bày cấu tạo và kí hiệu quy ước của điốt tu nen

**Bài 4.3:** Trình bày cấu tạo và kí hiệu quy ước của điốt phát sáng và thu sáng.

**Bài 4.4** Trình bày nguyên lý hoạt động, các tham số cơ bản, công dụng của điốt ổn áp .

**Bài 4.5:** Đặc tuyến Von - Ampe của điốt tunen có những đặc điểm nào khác với điốt thông thường

**Bài 4.6:** Trình bày các tính chất cơ bản của điốt biến dung và lĩnh vực ứng dụng

**Bài 4.7:** Trình bày cách xác định các cực của điốt phát sáng và thu sáng

**Bài 4.8:** Trình bày phương pháp xác định chất lượng điốt ổn áp biến dung, tu nen.

*Câu hỏi trắc nghiệm:* Tìm câu trả lời đúng

**Bài 4.9:** Điốt ổn áp dùng để:

- Nắn điện
- Khuếch đại
- Tạo bộ ổn định điện áp
- Tự động điều chỉnh của các mạch điều hướng

**Bài 4.10:** Điốt biến dung dùng để:

Tách sóng

Tạo dao động siêu cao tần

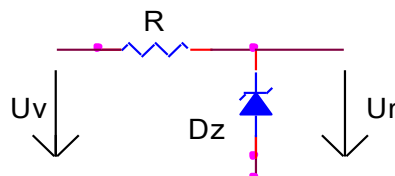
Điều chỉnh điện dung trong các mạch cộng hưởng

Làm chuyển mạch ánh sáng

**Bài 4.11:** Điốt đường hầm có các đặc tính:

- Đặc tuyến von - ampe không phụ thuộc vào nhiệt độ
- Đặc tuyến biểu lộ có trị số điện trở âm
- Đặc tuyến von - ampe có dạng hình chữ S

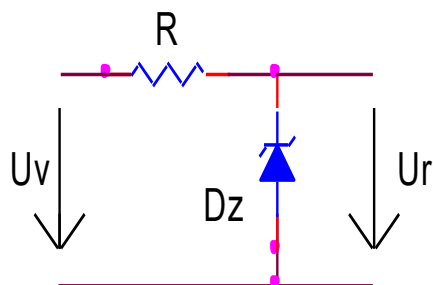
**Bài 4.12\*:** Mạch điện ổn áp bằng điốt zene. Vì sao người ta gọi mạch ổn định điện áp bằng điốt zene là mạch ổn áp tham số ?



**Bài 4.13\*:** Tìm một vài ứng dụng thực tế của điốt quang.

## TRẢ LỜI CÁC CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

**Bài 4.12\*:**



Người ta gọi mạch ổn áp bằng điốt zene là mạch ổn áp tham số là vì: Hệ số ổn định của mạch phụ thuộc vào tham số của điốt zene. Nghĩa là phụ thuộc vào điện trở vi phân của điốt zene  $r_i = \frac{\partial u_z}{\partial i_z}$ ,  $r_i$  càng nhỏ thì ổn áp càng tốt.

**Bài 4.13\* .** Một vài ứng dụng thực tế của điốt quang.

Điốt quang chủ yếu dùng làm các dụng cụ hiển thị, ví dụ người ta ghép các điốt quang thành điốt bảy đoạn để làm bộ hiển thị số. Tất cả các số từ 0 đến 9 đều có thể hiển thị được bằng cách cho dòng điện đi qua các điốt thích hợp.

Điốt quang còn được dùng trong các thiết bị đo lường, tính toán để hiển thị trực tiếp số và chữ.

Yêu cầu đánh giá kết quả học tập

Yêu cầu về học tập cá nhân:

Ôn tập các kiến thức của các môn học đã học trước đây có liên quan đến bài học để hiểu sâu sắc bài học và làm được các bài tập.

- Tự đánh giá năng lực tiếp thu kiến thức thông qua việc trả lời đúng các câu hỏi trên tổng số các câu hỏi đã trả lời và làm đúng các bài tập trên tổng số các bài tập đã làm.

Tự học cá nhân:

Làm các bài tập về định nghĩa, tính chất của chất bán dẫn ; cấu tạo kí hiệu quy ước của điốt

Làm các bài tập về nguyên lý hoạt động và ứng dụng của điốt

Làm các bài tập số . về nhận dạng, cực tính và chất lượng điốt

## Bài 4

### Transistor BJT

#### Mục tiêu:

- Trình bày cấu tạo, ký hiệu, tính chất, công dụng, các thông số kỹ thuật cơ bản của BJT;
- Phân tích nguyên lý làm việc của transistor NPN và PNP;
- Phân tích một số mạch ứng dụng BJT đơn giản
- Có ý thức chủ động, sáng tạo trong học tập.

#### 4.1. Tổng quan về BJT

Transistor là chìa khóa cho hầu hết các hoạt động của các thiết bị điện tử hiện đại, từ các bộ vi xử lý cao cấp với hàng tỉ transistor trên mỗi  $\text{cm}^2$  cho tới những cục sạc điện thoại bạn vẫn dùng hàng này. Nhiều người coi nó là một trong những phát minh quan trọng nhất thế kỉ XX, sánh ngang với mạng Internet.

Mặc dù ngày nay, có hàng tỉ con transistor được sản xuất ra mỗi năm, phần lớn số transistor lại được tích hợp trong các vi mạch tích hợp mà chúng ta hay gọi là IC (Intergrated-Circuit) cùng với các linh kiện khác như điện trở, tụ điện,... Vi điều khiển trên các mạch Arduino được cấu thành từ những thứ như thế. Nếu không có transistor, sẽ chẳng thể có những khái niệm như "tính toán" hay "xử lý thông tin" như hiện nay.

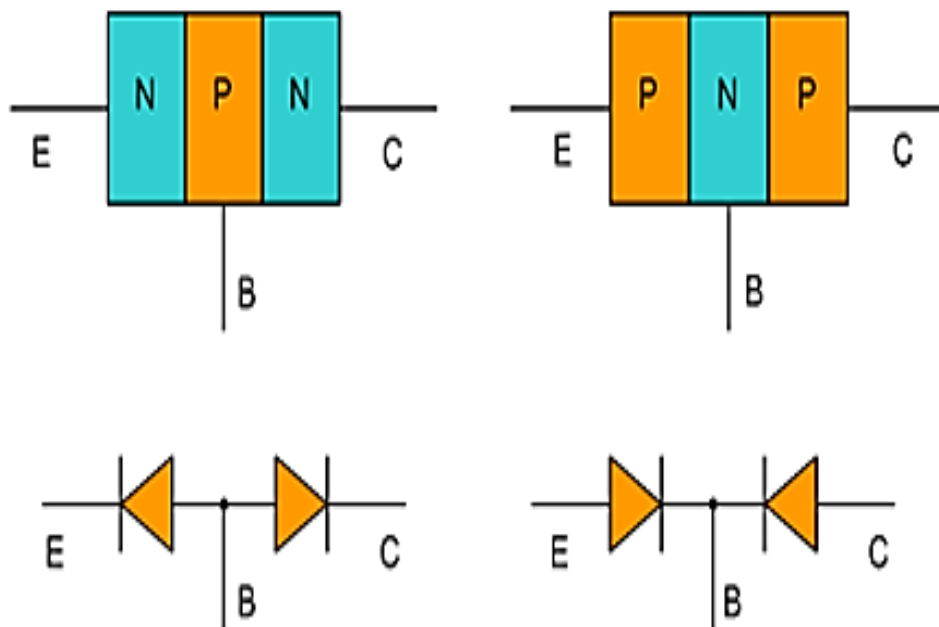
Thống kê vào năm 2002, nếu lấy tất cả transistor loài người sản xuất được đem chia cho dân số toàn thế giới thì mỗi người sẽ được khoảng ... 60 triệu cái. Hiện nay, năm 2014, con số ấy ắt hẳn hơn thế nhiều.

Giá thành, sự linh hoạt trong cách sử dụng và độ bền cao đã giúp transistor len lỏi đến mọi góc ngách trong cuộc sống của con người. Có thể lấy một ví dụ nhỏ về vai trò của transistor, đó là sự phát triển của đồng hồ. Trước đây, đồng hồ là một khối cơ khí phức tạp, hay hỏng hóc, cồng kềnh, đòi hỏi người dùng phải bảo dưỡng thường xuyên cũng như hàng ngày phải lên dây cót cho nó,... và hàng tá phiên phức khác. Nhờ có transistor, giờ đây bạn đã chứng kiến một sự thay đổi đáng kinh ngạc của cái gọi là "đồng hồ". Như thế nào thì chắc hẳn bạn cũng đã biết.

## 4.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của BJT

### 4.2.1. Cấu tạo

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



Hình 3.1: Cấu tạo bên trong transistor

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.

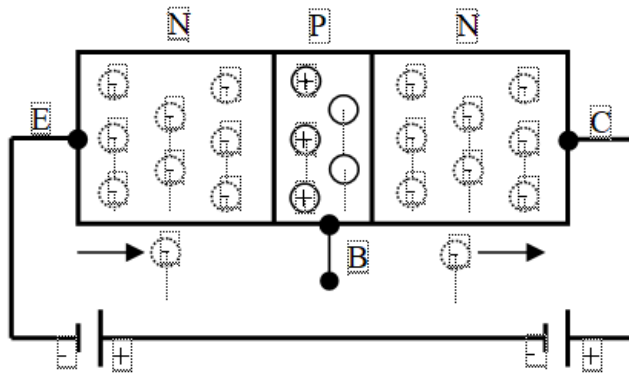
### 4.2.2. Nguyên lý làm việc của BJT

#### a. Xét hoạt động của Transistor NPN.

\* Thí nghiệm 1:

Cực E nối vào cực âm, cực C nối vào cực dương của nguồn DC, cực B để hở.



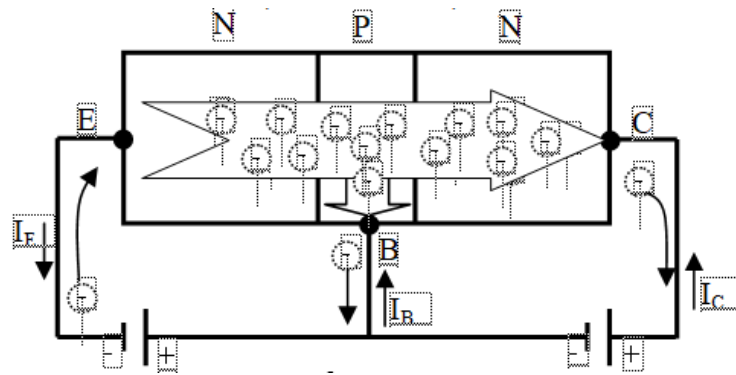


Hình 3 cực B hở

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

\*Thí nghiệm 2

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



Hình 3.3 cực B nối nguồn

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

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

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

Ta có:  $I_E = I_B + I_C$

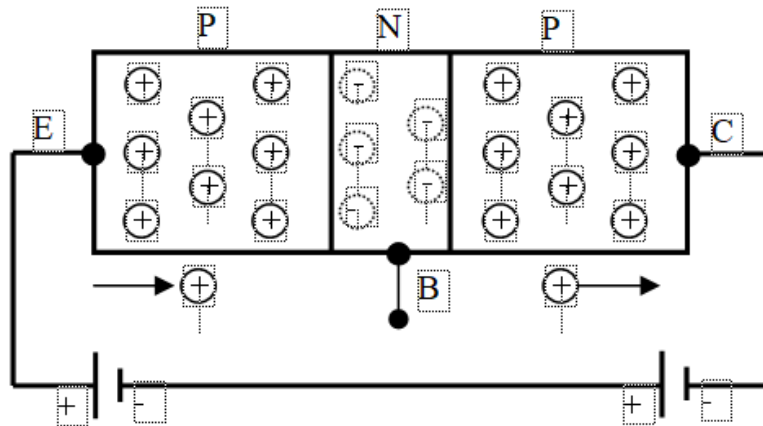
**b. Xét Transistor loại PNP**

\* Thí nghiệm 3:

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

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

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

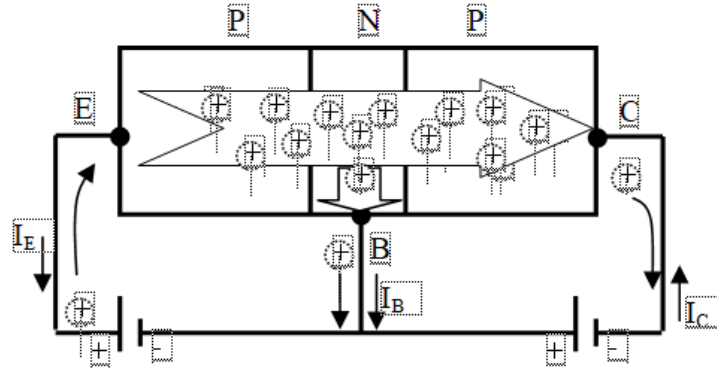


Hình 3.4 cực B hở

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

### \*Thí nghiệm 4

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



Hình 3.5 cực B nối nguồn

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

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

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

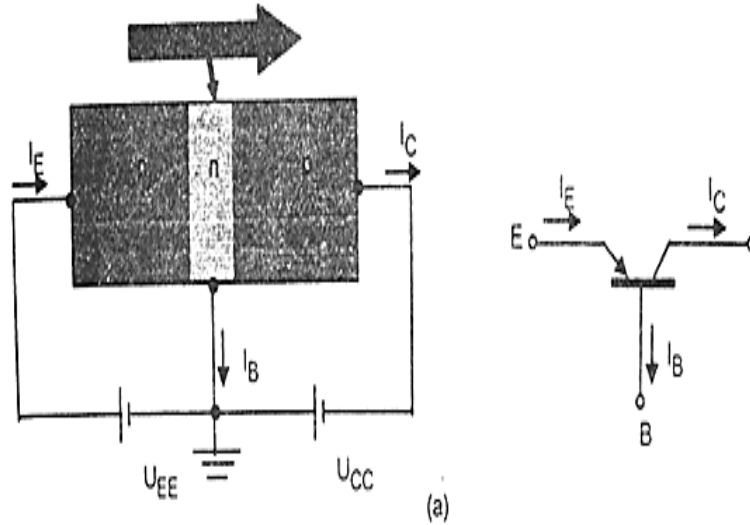
$$\text{Ta có: } I_E = I_B + I_C$$

### 4.2.3. Các cách mắc BJT và các họ đặc tuyến tương ứng

#### a. Cách mắc Bazo chung (CB)

Tín hiệu vào hai cực E- B, tín hiệu ra lấy trên hai cực C - B, cực B chung cho cả tín hiệu vào và tín hiệu ra. Cực B đấu mát với tín hiệu xoay chiều. Cách mắc sơ đồ CB được minh họa trên Hình 3.18.

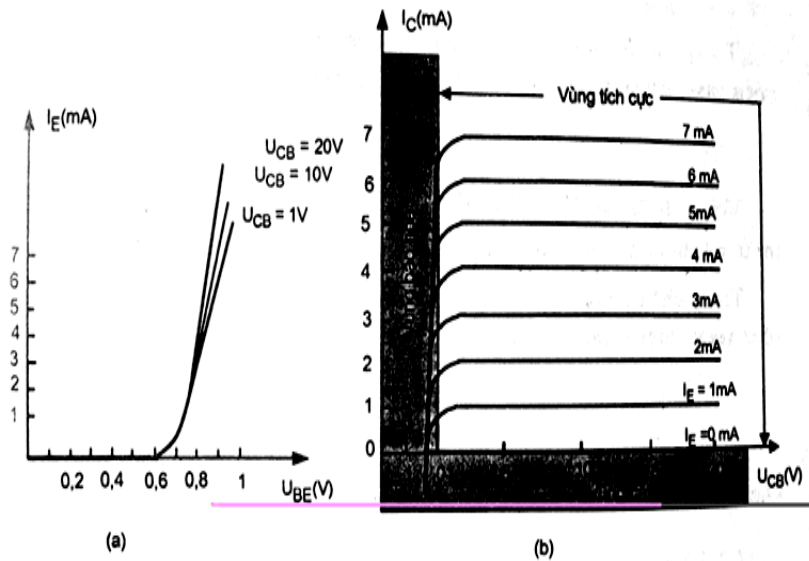
Trên hình vẽ mũi tên chỉ chiều của dòng điện trên các cực của tranzito. Để thấy rõ quan hệ giữa 3 cực của tranzito trong cách mắc CB người ta dùng hai đặc tuyến: đặc tuyến vào và đặc tuyến ra. Đặc tuyến vào cho Hình 5.16.a mô tả quan hệ giữa dòng vào  $I_E$  với điện áp vào  $U_{BE}$ , ứng với các giá trị khác nhau của điện áp ra  $U_{CB}$ .



a. Tranzito PNP; b. Tranzito NPN

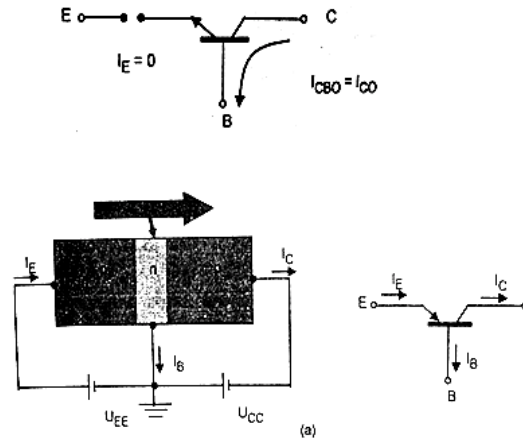
Hình 3.6.: Sơ đồ cách mắc CB

Đặc tuyến ra (Hình 3.19) mô tả quan hệ giữa dòng điện  $I_C$  với điện áp ra  $U_{CB}$  ứng với các giá trị khác nhau của dòng điện vào  $I_E$ . Trên đặc tuyến này được chia làm 3 vùng: vùng tích cực, vùng cắt, vùng bão hoà



a. Đặc tuyến vào; b. Đặc tuyến ra

Hình 3.7: Đặc tuyến của cách mắc CB



Hình 3.8: Dòng bão hoà ngược  $I_{co}$

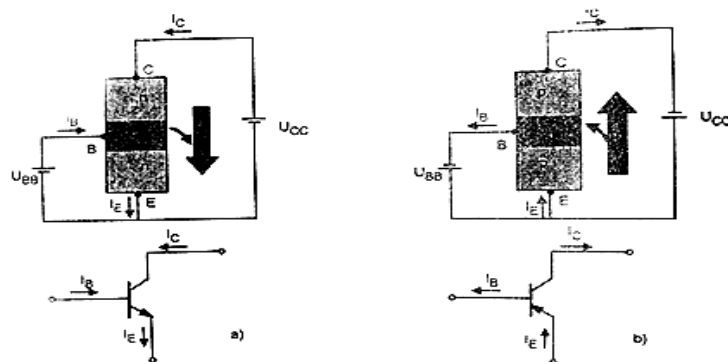
Vùng tích cực được dùng để khuếch đại tín hiệu (nên còn được gọi là vùng khuếch đại), trong vùng tích cực chuyển tiếp emitor được phân cực thuận, chuyển tiếp colectơ được phân cực ngược. Ở phần thấp nhất của vùng tích cực (đường  $I_E = 0$ ), dòng  $I_C$  là dòng bão hoà ngược, dòng  $I_{CO}$  rất nhỏ cỡ ( $\mu A$ ) và thường được kí hiệu thay cho  $I_{CBO}$  (Hình 3.20)

Khi tranzito hoạt động trong vùng tích cực có quan hệ gần đúng  $I_E = I_C$ . Vùng cắt là vùng mà ở đó dòng  $I_C = 0$ . Trong vùng cắt chuyển tiếp emitor và colectơ đều phân cực ngược.

Vùng bão hoà là vùng ở bên trái đường  $U_{CB} = 0$  trên đặc tuyến ra. Trong vùng bão hoà chuyển tiếp emitor và colectơ đều phân cực thuận

### b. Cách mắc Emitor chung (CE):

Tín hiệu vào hai cực B - E, tín hiệu ra lấy trên hai cực C - E, cực E chung cho cả tín hiệu vào và tín hiệu ra. Cực E đấu mát với tín hiệu xoay chiều.

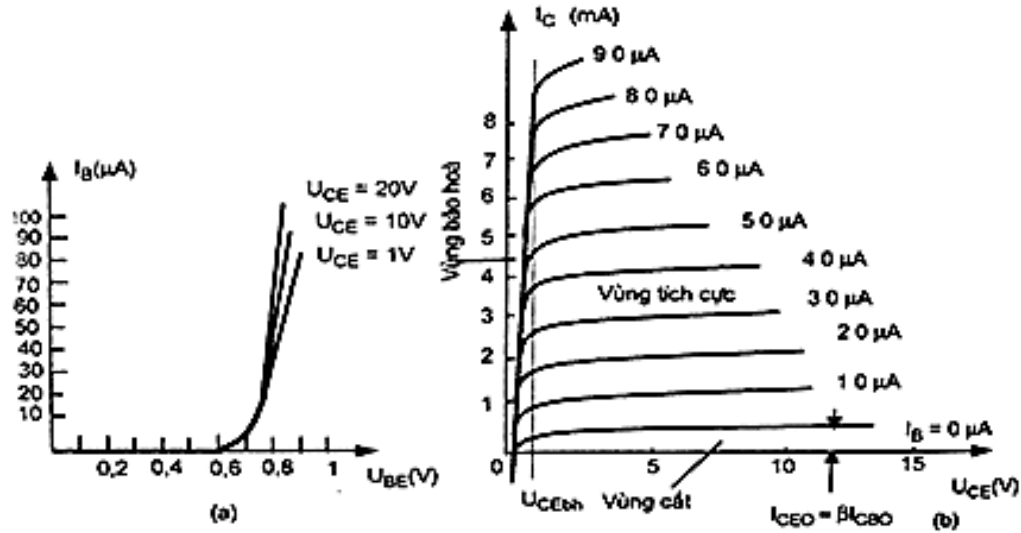


a. Tranzito NPN; b. Tranzito PNP

Hình 3.9: Sơ đồ cách mắc CE

Trong cách mắc CE, đặc tuyến ra là quan hệ giữa dòng  $I_C$  và điện áp ra  $U_{CE}$ , ứng với khoảng giá trị của dòng vào  $I_B$ . Đặc tuyến vào là quan hệ giữa dòng vào  $I_B$  và điện áp vào  $U_{BE}$ , ứng với khoảng giá trị của điện áp ra  $U_{CE}$ .

Chú ý rằng trên hình 3.21, độ lớn của  $I_B$  khoảng  $\mu A$ , còn độ lớn của  $I_C$  cỡ mA. Vùng tích cực của cách mắc CE là miền ở bên phải của nét đứt  $U_{CEbh}$  và phía trên dòng  $I_B = 0$ .



a. Đặc tuyến vào ; b. Đặc tuyến ra

Hình 3.10: Đặc tuyến của cách mắc CE

Vùng phía trái đường  $U_{CEbh}$  là vùng bão hoà. Vùng cắt là vùng ở phía dưới dòng  $I_B = 0$ .

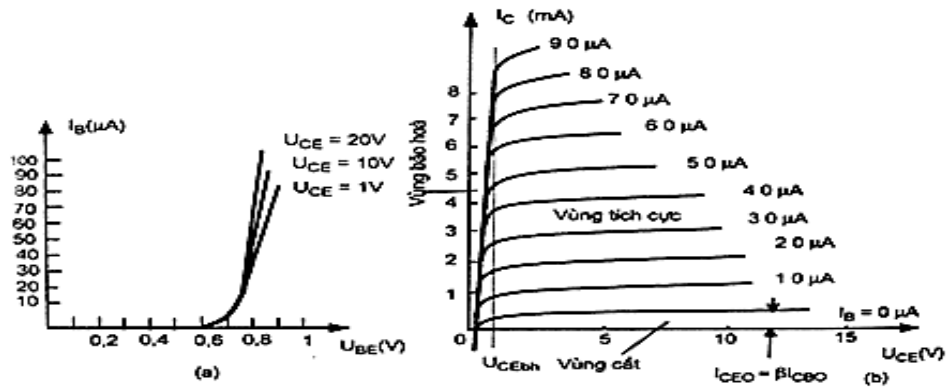
Trong vùng tích cực chuyển tiếp emitor được phân cực thuận, chuyển tiếp colectơ được phân cực ngược, vùng này được dùng để khuếch đại điện áp, dòng điện hoặc công suất. Theo đặc tuyến Hình 3.21 b khi  $I_B = 0$  thì dòng  $I_C \approx 0$ . điều này được giải thích như sau:

Ta có:  $I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$

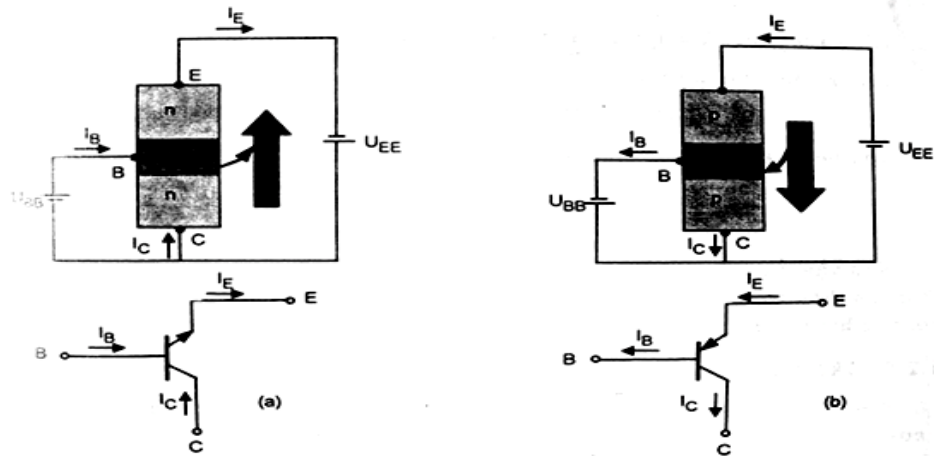
$$I_C = \alpha (I_C + I_E) + I_{CBO} \tag{3.1}$$

+ Hệ số  $\beta$ :

Trong chế độ một chiều, để đánh giá khả năng điều khiển của dòng  $I_B$  đối với dòng  $I_C$ , người ta định nghĩa hệ số đại dòng điện  $\beta$ :



Tín hiệu vào hai cực B - C, tín hiệu ra lấy trên hai cực E - C. Cực C đấu mass với tín hiệu xoay chiều. Sơ đồ cách mắc CC được cho trên Hình 5.10



a. Tranzito NPN; b. Tranzito PNP

Hình 3.11: Sơ đồ cách mắc CC

Đặc tuyến vào và đặc tuyến ra của cách mắc CC tương tự nh cách mắc CE, bằng cách thay  $I_C$  bởi  $I_E$ ,  $U_{CE}$  bởi  $U_{EC}$ .

#### 4.2.4. Các tham số cực đại và giới hạn vùng làm việc của BJT

Khi sử dụng tranzito cần lưu ý các tham số của nó. các tham số này đều có ghi trong sổ tay tra cứu. Sau đây là các tam số chính

Dòng góp lớn nhất cho phép ( $I_{Cm}$ ): nếu dòng góp một chiều vượt quá trị số cho phép thì tranzito có thể bị hỏng.

Điện áp góp lớn nhất cho phép ( $U_{cm}$ ): cả hai điện áp  $U_{CE}$  và  $U_{CB}$  đều phải dưới mức cho phép, nếu vượt quá thì tranzito có thể bị hỏng.

Công suất tiêu tán tối đa cho phép ( $P_{tt}$ ) là mức công suất lớn nhất tiêu tán ở tiếp giáp góc - góp trong một thời gian dài mà tranzito vẫn làm việc bình thường.

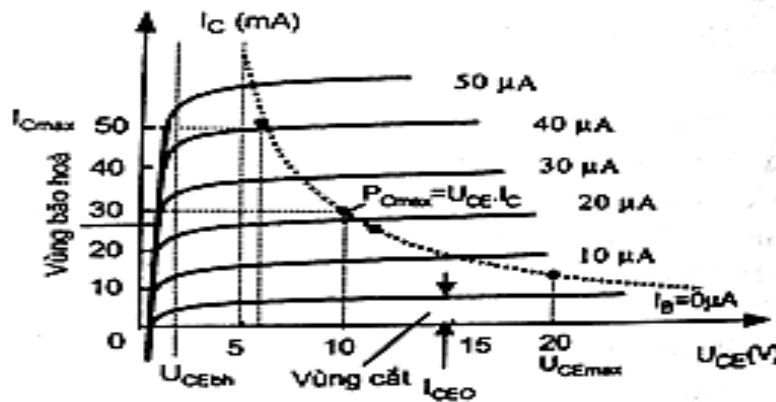
Hệ số khuếch đại dòng điện ở (mạch gốc chung) hay ở (mạch phát chung): ở hay ở càng lớn thì khả năng khuếch đại tín hiệu của nó càng lớn.

Tần số cắt  $f_c$  là tần số khi tranzito làm việc thì hệ số khuếch đại dòng điện của nó giảm đi 0,7 lần trị số lúc nó làm việc ở tần số thấp. Ở tần số cao hơn thì hệ số khuếch đại dòng điện càng giảm nhanh. Người ta còn xác định tần số tới hạn  $f_T$  là tần số mà hệ số khuếch đại dòng điện ở của tranzito còn bằng 1

Dòng góp ngược hay dòng dò  $I_{Co}$ ; là dòng góp khi mạch vào hở mạch, đối với mạch gốc chung ta có dòng  $I_{Co}$  (tức là  $I_{Cbo}$ ). Với mạch phát chung ta có  $I_{Ce}$ . Dòng này càng nhỏ thì tranzito càng tốt, tranzito silic có dòng dò nhỏ rất nhiều so với tranzito gecmani.

- Giới hạn nhiệt độ làm việc: nhiệt độ càng tăng thì  $I_{Co}$  tăng,  $I_{Cm}$ ,  $U_{Cm}$ ,  $P_{tt}$  đều giảm và tranzito làm việc không ổn định. Do đó, phải có giới hạn nhiệt độ của tranzito. Tranzito chế tạo bằng silic có giới hạn nhiệt độ làm việc cao hơn tranzito chế tạo bằng gecmani.

Hệ số tạp âm: Hệ số tạp âm của các loại tranzito đều có ghi trong sổ tay và tính theo dB. Tranzito có hệ số tạp âm càng nhỏ thì trị số dB càng lớn.



Hình 3.12: Vùng hoạt động của tranzitor

Đối với mỗi tranzito có một vùng làm việc trên đặc tuyến ra, nếu tranzito hoạt động trong vùng này sẽ có tỷ lệ tín hiệu ra trên tín hiệu vào là lớn nhất với độ méo nhỏ nhất. Vùng này sẽ bị giới hạn bởi một vài tham số như dòng  $I_C$  lớn nhất  $I_{Cmax}$  (đối với cách mắc CE).

Với tranzito có đặc tuyến ra như Hình 3.23 có  $I_{Cmax} = 50$  mA,  $U_{CEmax} = 20$  V.

Đường  $U_{CEbh}$  trên đặc tuyến là giá trị nhỏ nhất của  $U_{CE}$ , thông thường  $U_{CEbh} = 0,3$  V.



Công suất tiêu hao lớn nhất được định nghĩa:

$$P_{Cmax} = U_{CE} \cdot I_C$$

Với tranzito cho trên Hình 5.22 thì  $P_{Cmax} = 300mW$ .

Ví dụ, chọn  $I_C = I_{Cmax} = 50mA$  suy ra  $U_{CE} = 6 V$ . Chọn  $U_{CE} = U_{CEmax} = 20V$ , suy ra  $I_C = 15mA$ . Nếu chọn  $I_C$  nằm giữa hai khoảng trên,  $I_C = 25mA$  thì  $U_{CE} = 12V$ . Với 3 điểm trên ta có thể vẽ được đường cong công suất (có thể lấy thêm các điểm khác).

Như vậy, vùng hoạt động của tranzito bị giới hạn bởi các tham số:

$$I_{CEO} \leq I_C \leq I_{Cmax}$$

$$U_{CEbh} \leq U_{CE} \leq U_{CEmax}$$

$$U_{CE} \cdot I_C \leq P_{Cmax}$$

Chú ý với cách mắc CB thì  $P_{Cmax} = U_{CB} \cdot I_C$

#### 4.2.5. Phân cực cho BJT

Để tranzito lưỡng cực hoạt động ta phải phân cực cho nó, nghĩa là cấp một điện áp một chiều từ bên ngoài vào chuyển tiếp emitor và colector với giá trị và cực tính thích hợp. Điện áp một chiều này sẽ thiết lập chế độ một chiều cho tranzito. Khi phân cực nếu:

- Chuyển tiếp emitor phân cực thuận, chuyển tiếp colector phân cực nghịch tranzito sẽ hoạt động trong vùng tích cực. Khi tính toán chế độ một chiều trong vùng này ta thường sử dụng các công thức:

$$U_{BE} = 0,7 V$$

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

$$I_C = \beta I_B$$

- Chuyển tiếp emitor phân cực ngược, tranzito sẽ hoạt động trong vùng cắt.  
- Chuyển tiếp emitor và colector phân cực thuận, tranzito sẽ hoạt động trong vùng bão hoà

+ Điểm làm việc tĩnh:

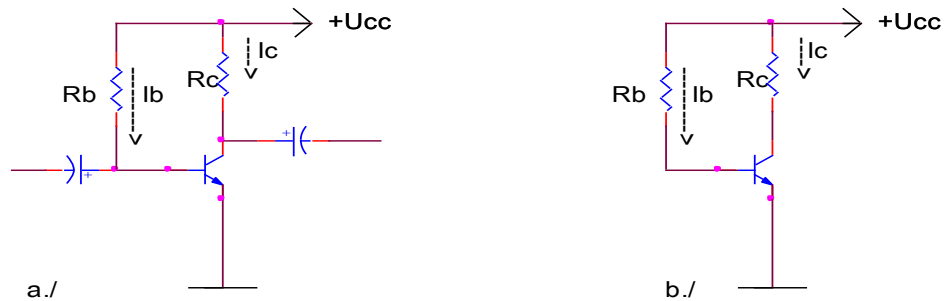
Khi phân cực cho tranzito, dòng điện và điện áp một chiều sẽ thiết lập cho tranzito một điểm làm việc cố định trên đặc tuyến ra, điểm này gọi là điểm làm việc tĩnh (còn gọi là điểm công tác tĩnh và thường kí hiệu là điểm Q). Để tranzito

khuếch đại được tín hiệu, điểm làm việc tĩnh Q phải nằm trong vùng tích cực, nếu chọn điểm Q thích hợp thì biên độ tín hiệu ra có thể lớn mà không bị méo (thường là giữa đặc tuyến ra).

**a. Mạch định thiên cố định (phân cực cố định)**

Sơ đồ mạch định thiên cố định được cho trên (Hình 3.13).

Với tranzito PNP, sơ đồ, các công thức và cách tính toán hoàn toàn tương tự, bằng cách thay đổi chiều dòng điện và cực của các điện áp cung cấp.

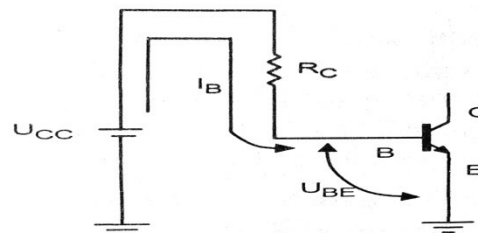


Hình 3.13: Sơ đồ mạch định thiên cố định

a. Sơ đồ mạch ; b. Sơ đồ tương đương

Để phân tích chế độ một chiều ta có thể bỏ qua các tụ điện và sử dụng sơ đồ tương đương

- Xét vòng bazơ – emitor



Hình 3.14. Vòng bazơ - emitor

Viết định luật Kirchhoff cho vòng điện áp ta được:

$$U_{CC} - I_B R_B - U_{BE} = 0$$

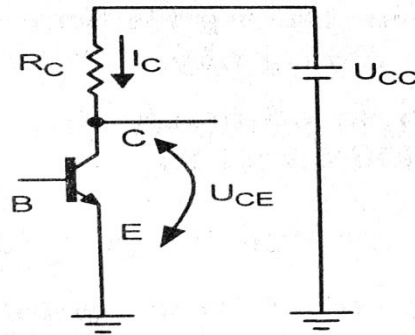
$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B}$$

Theo công thức trên, điện áp  $U_{CC}$ ,  $U_{BE}$  luôn không đổi, vì thế giá trị  $R_B$  sẽ quyết định dòng  $I_B$ , và dòng  $I_B$  này sẽ không đổi (vì vậy nên gọi là phân cực cố định)

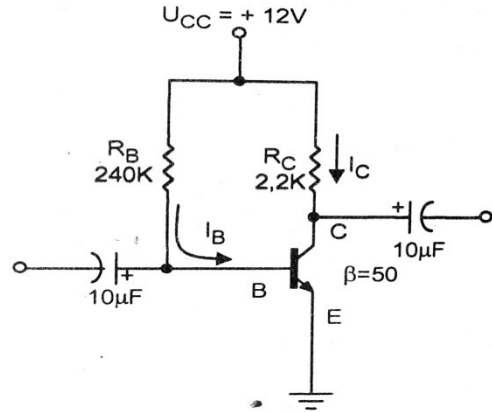
- Xét vòng collector - emitter (Hình 3.15)

Giá trị dòng  $I_C$  chạy qua điện trở  $R_C$  được tính theo công thức:

$$I_C = \beta I_B$$



Hình 3.15: Vòng collector - emitter



Hình 3.16: Mạch điện ví dụ

Chú ý rằng, dòng  $I_B$  phụ thuộc vào giá trị  $R_B$ , mà  $I_C$  tỷ lệ với  $I_B$  theo một hằng số  $\beta$ , vì vậy giá trị của  $I_C$  không phụ thuộc vào điện trở  $R_C$ . Khi thay đổi  $R_C$  dòng  $I_B$  và  $I_C$  không đổi.

Tuy vậy, ta sẽ thấy giá trị của  $R_C$  quyết định giá trị  $U_{CE}$  mà  $U_{CE}$  là một tham số rất quan trọng.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho vòng collector - emitter (Hình 3.15) ta có:

$$U_{CE} + I_C R_C - U_{CC} = 0$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C$$

$$\text{Ta có: } U_{CE} = U_C - U_E$$

Với  $U_C$ ,  $U_E$  lần lượt là điện thế các cực collector và emitter.

Trong trường hợp này:  $U_E = 0$ , nên,  $U_{CE} = U_C$ , ngoài ra  $U_{BE} = U_B - U_E$

Suy ra  $U_{BE} = U_B$ .

Ví dụ 1: Cho mạch điện như Hình 3.16. Hãy tính các giá trị của chế độ một chiều  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $U_{CE}$ ,  $U_C$ ,  $U_{BC}$ .

Giải:

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B} = \frac{12V - 0,7V}{240K\Omega} = 47,08 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 50 \cdot 47,08 \mu A = 2,35 \text{ mA}$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C = 6,83 \text{ V}$$

$$U_B = U_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$U_C = U_{CE} = 6,83 \text{ V}$$

$$U_{BC} = U_B - U_C = 0,7 - 6,83 = -6,13 \text{ V}$$

Giá trị  $U_{BC}$  âm, chứng tỏ chuyển tiếp collector phân cực ngược.

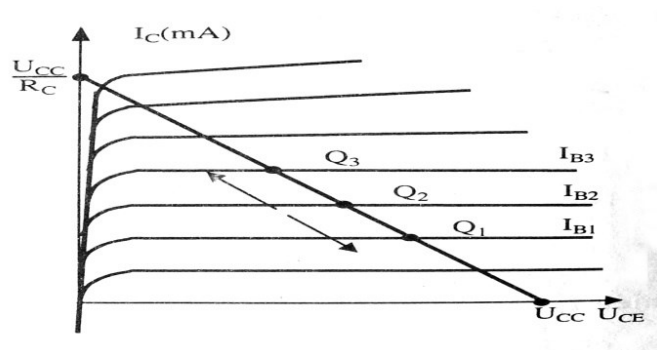
*\* Đường tải tĩnh*

Đường tải tĩnh là đường quan hệ giữa dòng điện ra và điện áp ra trong chế độ một chiều. Đường tải tĩnh được vẽ trên đặc tuyến ra, điểm làm việc tĩnh Q sẽ nằm trên đường này.

Đối với sơ đồ Hình 3.15, quan hệ giữa dòng điện ra  $I_C$  và điện áp ra  $U_{CE}$  khi có tải  $R_C$ :

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C$$

Phương trình trên chính là phương trình đường tải tĩnh. Để vẽ đường tải tĩnh ta cần xác định hai điểm: Điểm thứ nhất cho ta  $U_{CE} = 0$  suy ra  $I_C = \frac{U_{CC}}{R_C}$ , điểm thứ 2 cho ta  $I_C = 0$  suy ra  $U_{CE} = U_{CC}$ . Với hai điểm này ta vẽ được đường tải tĩnh như hình 3.16

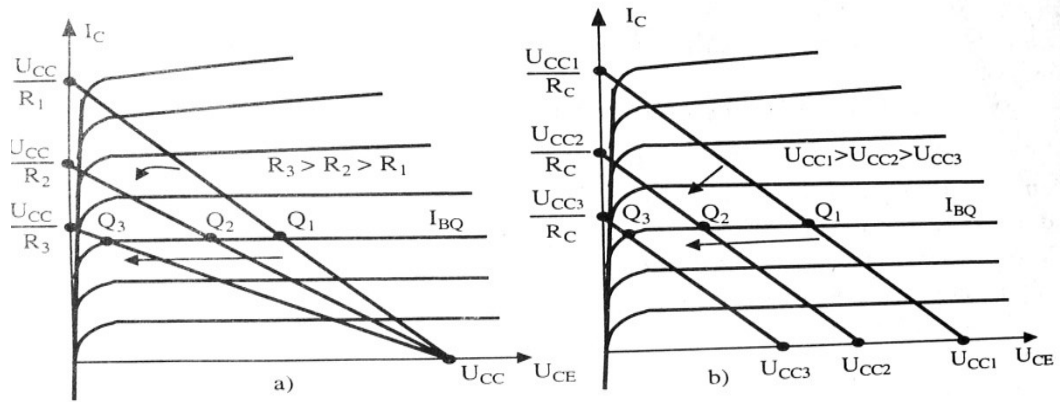


Hình 3.17 Đường tải tĩnh

Nếu thay đổi giá trị của điện trở  $R_B$  sẽ làm thay đổi  $I_B$ , khi đó đường tải tĩnh không đổi, nhưng điểm làm việc tĩnh Q sẽ dịch lên hoặc xuống (Hình 2.25).

Khi giữ nguyên giá trị  $R_C$  và thay đổi nguồn  $U_{CC}$  thì đường tải tĩnh sẽ dịch chuyển như Hình 3.18

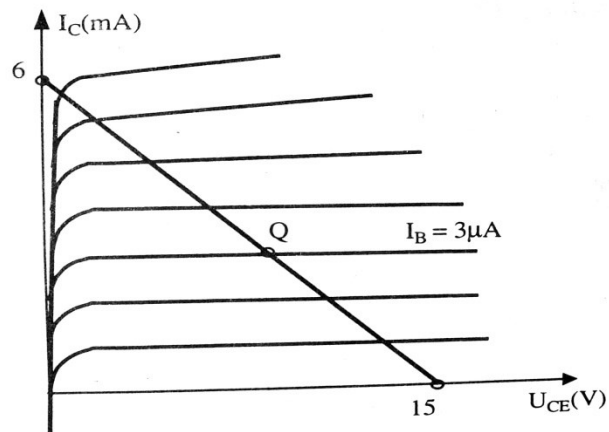
Trong trường hợp thay đổi giá trị  $R_C$  và giữ nguyên nguồn  $U_{CC}$  sẽ làm đường tải tĩnh thay đổi như Hình 3.19



Hình 3.19: Đường tải tĩnh:

a. Khi  $R_C$  thay đổi; b. Khi  $U_{CC}$  thay đổi

Ví dụ 2: Cho mạch phân cực cố định có đường tải tĩnh và điểm làm việc Q như Hình 3.20. Hãy tìm các giá trị  $U_{CC}$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ .



Hình 3.20

Giải: Từ Hình 3.20 ta có:

$$\text{Tại } I_C = 0$$

$$U_{CE} = U_{CC} = 15V$$

Tại  $U_{CE} = 0$

$$I_C = \frac{U_{CC}}{R_C} = 6mA \rightarrow R_C = \frac{U_{CC}}{I_C} = \frac{15V}{6mA} = 2,5 K\Omega$$

Lấy  $U_{BE} = 0,7V$  ta có:

$$R_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{I_B} = \frac{15V - 0,7V}{3\mu A} = 4,77 M\Omega$$

**b. Tranzito bão hoà**

Theo đặc tuyến của tranzito, khi transistor bão hoà thì  $U_{CE} \approx 0$  do đó dòng điện collector bão hoà  $I_{C_{bh}}$  sẽ là dòng  $I_{C_{max}}$  và được tính theo công thức:

$$I_{C_{bh}} = I_{C_{max}} = \frac{U_{CC}}{R_C}$$

\* Mạch phân cực ổn định cực emitter

Mạch phân cực ổn định cực emitter như hình 3.21. Điện trở  $R_E$  được mắc thêm để tăng độ ổn định hơn so với mạch phân cực cố định. Trước hết xét vòng emitter – collector

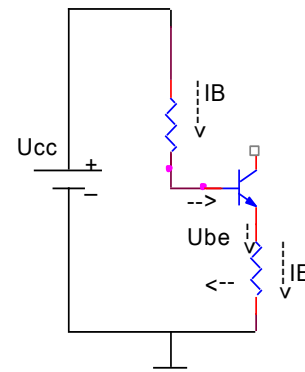
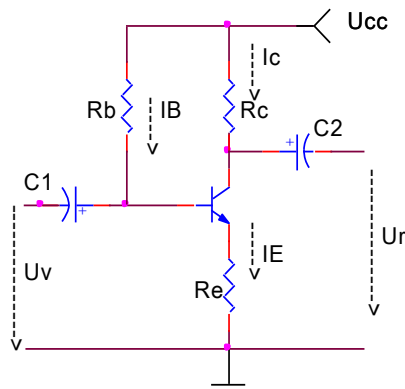
- Vòng base – collector.

Theo định luật Kirchhoff ta có phương trình :

$$+U_{CC} - I_B R_B - U_{BE} - I_E R_E = 0 . \text{ Ta đã biết } I_E = (\beta + 1) I_B.$$

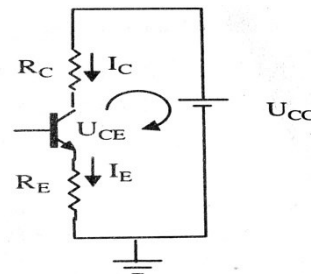
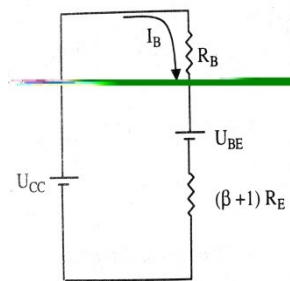
Thay vào phương trình trên ta có:  $+U_{CC} - I_B R_B - U_{BE} - (\beta + 1) I_B R_E = 0$

$$\text{Rút } I_B \text{ ta được: } I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$



Hình 3.21 Sơ đồ phân cực ổn định emitter ; Hình 3.22. Vòng base – collector

Với công thức trên ta có thể vẽ một mạch nối tiếp như Hình 3.22



Hình 3.23: Mạch vòng emitter – collector

- Vòng emitor – colectơ.

Theo định luật Kirchhoff ta có kết quả:  $I_E R_E + U_{CE} + I_C R_C - U_{CC} = 0$

Thay thế  $I_E = I_C$  và nhóm các số hạng ta có:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

Điện áp  $U_E$  được xác định bằng:  $U_E = I_E R_E$

Trong khi điện áp từ cực C tới mát là:  $U_C = U_{CE} + U_E$  hoặc  $U_C = U_{CC} - I_C R_C$

Điện áp tại cực B có thể xác định từ:  $U_B = U_{CC} - I_B R_B$  hoặc  $U_B = U_{BE} + U_E$ .

- Mức bão hoà

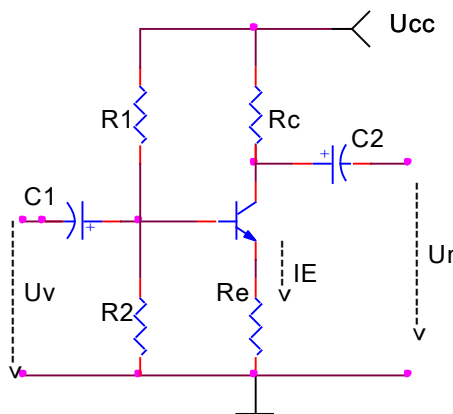
Mức bão hoà cực C hoặc dòng cực C cực đại với mạch phân cực emitor có thể xác định tương tự như mạch phân cực cố định:

$$I_{C_{bbh}} = I_{C_{max}} = \frac{U_{CC}}{R_C + R_E}$$

- Đường tải tĩnh xác định giống như phương pháp xác định đường tải 3.18

\*.Mạch định thiên hồi tiếp dòng điện (mạch phân cực phân áp)

Trong các mạch phân cực trước, sự phân cực dòng điện  $I_{CQ}$  và điện áp  $U_{CEQ}$  là một hàm số của hệ số khuếch đại dòng điện ( $\beta$ ). Trong khi đó,  $\beta$  là nhạy cảm với nhiệt độ, đặc biệt là chất silicon, giá trị thực tế của  $\beta$  thồng không được xác định chính xác. Vì thế, xây dựng một mạch phân cực mà ít phụ thuộc, hoặc độc lập với  $\beta$  là vô cùng quan trọng. Với sơ đồ phân áp như Hình 3.16, nếu chọn được các tham số của mạch hoàn hảo thì dòng  $I_{CQ}$  và điện áp  $U_{CEQ}$  có thể hoàn toàn độc lập với  $\beta$



Hình 3.24. Mạch định thiên hồi tiếp dòng điện(phân áp)

Mạch định thiên hồi tiếp dòng điện có độ ổn định cao hơn mạch định thiên cố định.  $R_1$  và  $R_2$  nối với nhau và đấu trực tiếp giữa hai đầu nguồn cung cấp ( $U_{CC}$ ), nên dòng điện  $I$  chạy qua không phụ thuộc sự biến đổi nhiệt độ của tranzito. Trên  $R_1$  còn có dòng  $I_B$  chạy qua. Thông thường  $I_B$  nhỏ. Do đó điện áp cực gốc tranzito chủ yếu phụ thuộc dòng  $I$  chạy qua  $R_1, R_2$  mà không phụ thuộc sự biến đổi tranzito.

$$\text{Ta có: } U_B \sim U_{R2} = \frac{R_2 U_{CC}}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Dòng điện } I = \frac{U_{CC}}{R_1 + R_2}$$

$$I_B = \frac{U_{R2} - U_{BE}}{R_{td} + (\beta + 1)R_E}$$

$$\text{Trong đó } R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

Muốn cho điện áp cực gốc  $U_B$  ổn định thì phải chọn điện trở  $R_2$  nhỏ một cách hợp lý, để có dòng  $I$  lớn khá nhiều so với dòng gốc  $I_B$ .

Dòng phát  $I_E$  qua điện trở  $R_E$  gây nên  $U_E = I_E R_E$ .

Ta có:  $U_{BE} = U_B - U_E$

Khi nhiệt độ tăng làm dòng góp  $I_C$  tăng,  $I_E$  tăng làm cho  $U_E$  tăng,  $U_B$  lại không đổi do đó  $U_{BE}$  giảm làm cho  $I_B$  giảm và  $I_C$  giảm. Như vậy  $I_C$  không tăng được.

Tóm lại mạch đã có tác dụng làm cho  $I_C$  không thay đổi, do đó  $U_C$  cũng không đổi. Điểm công tác xác định bởi ( $I_C, U_C$ ) nhờ đó cũng ổn định.

- Tranzito bão hoà : Dòng  $I_{Cbh}$  trong mạch phân áp tương tự nh mạch phân cực emitơ. Khi tranzito bão hoà  $U_{CE} = 0$  V do đó:

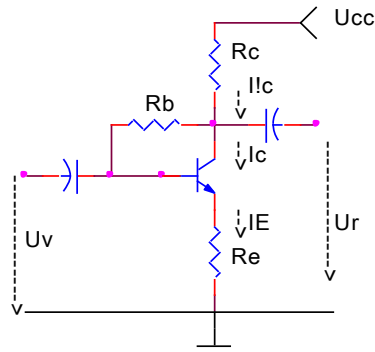
$$I_{Cbh} = I_{Cmax} = \frac{U_{CC}}{R_C + R_E}$$

- Đường tải tĩnh xác định giống hình 2.24

\* Mạch định thiên hồi tiếp âm điện áp (mạch phân cực hồi tiếp âm điện áp)

Mạch định thiên hồi tiếp tiếp âm điện áp được cho trên Hình 3.25.

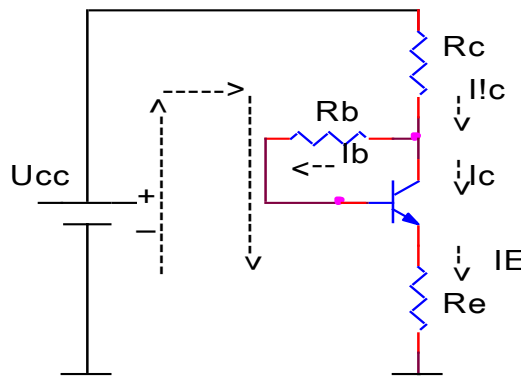




Hình 3.25: Mạch định thiên hồi tiếp âm điện áp

Một đường hồi tiếp từ cực C về cực B làm cho mạch đạt được sự ổn định đáng kể. Tuy nhiên điểm làm việc Q (được xác định bởi  $I_{CQ}$  và  $U_{CE}$ ) không hoàn toàn độc lập  $\beta$ , nhưng ổn định hơn so với mạch phân cực cố định hoặc phân cực emitter.

- Vòng bazơ – emitter.



Hình 3.26: Vòng bazơ – emitter.

Theo định luật Kirchoff ta có kết quả sau:

$U_{CC} - I'_c R_C - I_B R_B - U_{BE} - I_E R_E = 0$ . Mặt khác  $I'_c = I_C + I_B$ . Tuy nhiên dòng  $I_C$  và Dòng  $I'_c$

quá lớn so với  $I_B$  nên  $I'_c \approx I_C \approx \beta I_B$  và  $I_E \approx I_C$  sẽ có kết quả là:

$$U_{CC} - \beta I_B R_C - I_B R_B - U_{BE} - \beta I_B R_E = 0$$

Rút gọn ta có:  $U_{CC} - U_{BE} - \beta I_B (R_C + R_E) - I_B R_B = 0$

$$\text{Vậy dòng } I_B \text{ là: } I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)}$$

Kết quả trên cho ta thấy phản hồi của điện trở  $R_C$  trở lại đầu vào, tương đương với sự phản hồi của  $R_E$ .

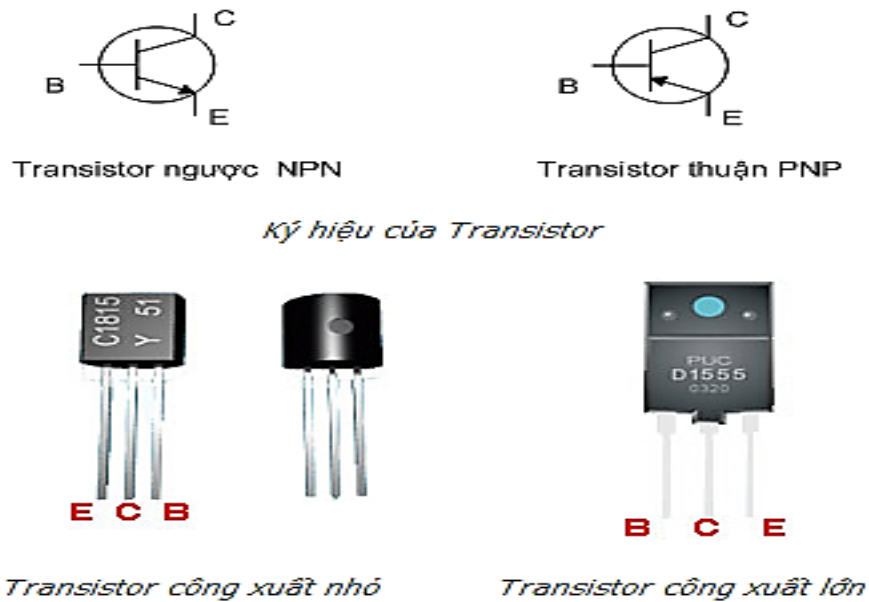
- Chế độ bão hoà: Lấy xấp xỉ  $I_C \approx I_{Cmax}$ , phương trình của dòng bão hoà giống như mạch phân áp và phân cực emitor đó là:

$$I_{Cbh} = I_{Cmax} = \frac{U_{cc}}{R_c + R_e}$$

- Đường tải tĩnh: Nếu  $I_C \approx I_{Cmax}$ , đường tải tĩnh của mạch hồi tiếp điện áp được xác định tương tự như mạch phân áp và mạch phân cực emitor.

#### 4.2.6. Bài tập

##### a. Thực hành nhận dạng transistor



Hình 3.27: Hình dáng transistor thực tế

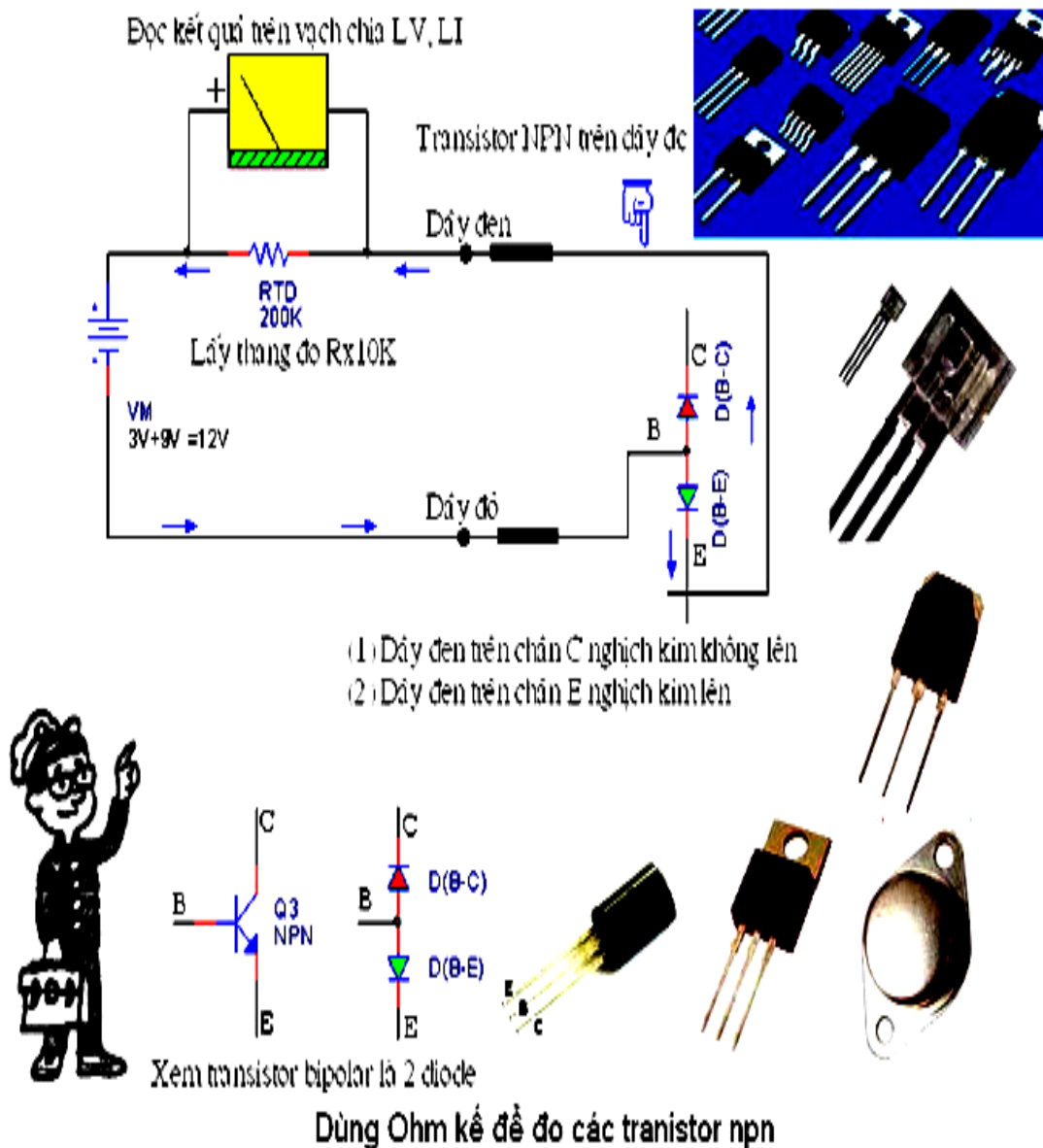
\* Hiện nay trên thị trường có nhiều loại Transistor của nhiều nước sản xuất nhưng thông dụng nhất là các transistor của Nhật bản, Mỹ và Trung quốc.

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

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

Transistor do Trung quốc sản xuất : Bắt đầu bằng số 3, tiếp theo là hai chữ cái. Chữ cái thứ nhất cho biết loại bóng : Chữ A và B là bóng thuận , chữ C và D

là bóng ngược, chữ thứ hai cho biết đặc điểm : X và P là bóng âm tần, A và G là bóng cao tần. Các chữ số ở sau chỉ thứ tự sản phẩm. Thí dụ : 3CP25 , 3AP20 vv..



Hình 3.28: Sơ đồ đo và kiểm tra chân B của BJT NPN

### b. Thực hành đo transistor

Hãy tìm chân B.

Bạn lấy thang đo Rx1, tìm đo trên hai chân của transistor, đo chiều này kim không lên, rồi cho đảo dây đo kim cũng không lên, Bạn kết luận hai chân đang đo là chân E (Emitter, chân phun dòng) và chân C (Collector, chân thu gom dòng), vậy chân còn lại chính là chân B (Base, chân nền) của transistor.

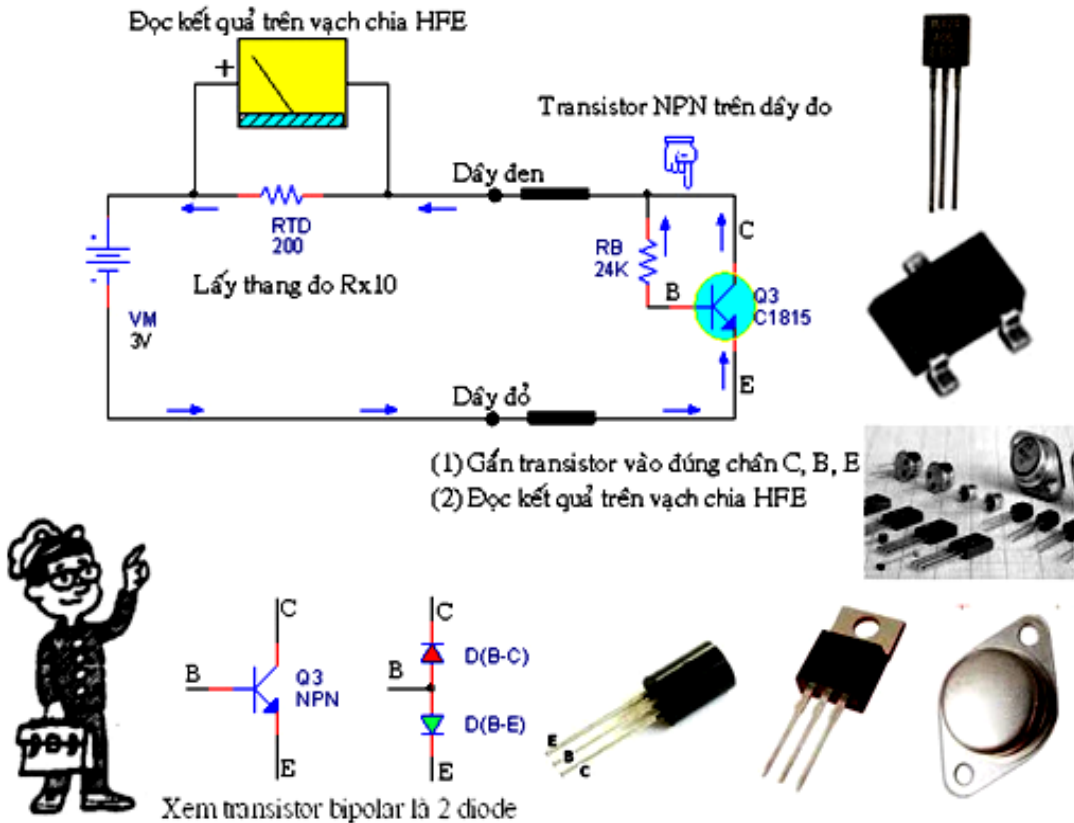
Do đó, Bạn hãy lấy thang đo ohm Rx10K, lúc này trên dây đo sẽ có 12V (từ nguồn pin 9V + với nguồn pin 3V), dùng mức áp này đo nghịch trên mỗi nối B-C (kim sẽ không lên) và đo nghịch trên mỗi nối B-E, kim sẽ lên, vì sao có khác biệt này? vì mỗi nối B-E chịu áp 9V đã bị đánh thủng ở mức áp 12V của máy đo. Qua dấu hiệu này Bạn dễ dàng xác định được chân C và chân E.

(4) Hãy xác định độ lợi dòng điện của transistor.

Lấy thang đo ohm Rx10, chập hai dây đo, chỉnh kim về vạch 0 Ohm.

Cắm transistor C1815 vào đúng chân C, B, E của 3 lỗ cắm NPN trên máy đo. Kim lên, Bạn đọc kết quả trên vạch chia HFE. Kim chỉ 200, có nghĩa là độ lợi dòng điện của transistor 2SC1815 là 200 lần (nó có nghĩa dòng điện  $I_c$  chảy ra trên chân C lớn hơn dòng điện  $I_B$  chảy ra trên chân B là 200 lần). Tham số HFE còn gọi là hệ số beta của transistor

Với transistor PNP cũng làm tương tự, cắm transistor vào 3 chân C, B, E của bộ chân cắm PNP và đọc kết quả trên vạch chia HFE, Bạn sẽ biết được độ lợi dòng điện HFE của transistor



Xem transistor bipolar là 2 diode

Dùng Ohm kế để đo các transistor npn

Hình 3.29 Sơ đồ xác định độ lợi của transistor

## **Bài tập thực hành**

Mục tiêu:

- Biết được phương pháp xác định chân tranzito bằng VOM
- Điều chỉnh điện trở định thiên để phân cực cho tranzito đúng chỉ tiêu kỹ thuật.
- Tính toán được chế độ 1 chiều của các mạch định thiên.

Hình thức tổ chức:

- Học viên được biên chế vào từng nhóm 5 người tiến hành làm bài tập:
- Viết báo cáo chi tiết về bài tập đã làm.

Sau khi khảo sát xong cả nhóm cùng nhau xây dựng đề cương báo cáo chung của nhóm. Từng thành viên trong nhóm sẽ được phân công thực hiện một khía cạnh của bài tập. Trong nhóm sẽ có một người chịu trách nhiệm điều hành và ghép nối để hoàn thành bản báo cáo tổng thể.

Từng bài sẽ trình bày trước cả lớp để các nhóm khác cùng đánh giá và cho điểm nộp giáo viên.

### **Yêu cầu:**

- + Nắm vững nội dung được phân công (cách điều chỉnh tranzito thông mạch, yếu, xác định dòng tải tĩnh...)
- + Tính toán chế độ tĩnh cho các kiểu mạch định thiên
- + Trình bày phải đầy đủ và mạch lạc, có tính thực tiễn.

**Bài 3.1.** Trình bày cấu tạo, kí hiệu quy ước và nguyên lý hoạt động của tranzito lưỡng cực (BJT)

**Bài 3.2:** Tranzito có mấy kiểu mắc mạch cơ bản? Trình bày cụ thể các kiểu mạch trên và phân biệt các thành phần dòng điện, điện áp ngõ vào và ngõ ra trong mỗi cách mắc.

**Bài 3.3:** Các thành phần dòng điện quan trọng nhất của BJT và các hệ thức liên hệ giữa các dòng điện này.

**Bài 3.4:** Mạch định thiên cho BJT nhằm mục đích gì? Có mấy kiểu mạch định thiên? trình bày cụ thể các kiểu mạch định thiên trên.

**Bài 3.5:** Đặc tuyến tải 1 chiều của BJT là gì? Cách xác định đặc tuyến này? Hãy chỉ ra điểm làm việc một chiều Q trên đường tải này; nếu thay đổi giá trị  $R_c$  thì điểm làm việc tĩnh sẽ thay đổi nh thế nào trên đặc tuyến?

**Bài 3.6:** Đặc tuyến Von – Ampe vào và ra của BJT trong 3 kiểu mắc EC, BC, CC biểu hiện quan hệ đến các tham số nào của tranzito?

**Bài 3.7:** Trình bày cách nhận dạng các loại tranzito BJT bằng mã số ghi trên thân tranzito.

**Bài 3.8:** Khi dùng VOM để xác định các cực E, B, C của tranzito thì sử dụng thang đo nào? trình bày cách xác định các cực E,B,C của tranzito bằng VOM.

**Bài 3.9:** Để nhận biết tranzito tốt, xấu thì dùng phương pháp nào? Trình bày cụ thể phương pháp đó.

**Bài 3.10:** Tìm câu trả lời đúng:

Tranzito PNP sẽ dẫn điện khi:

$$U_E < U_B < U_C$$

$$U_E > U_B > U_C$$

$$U_E > U_B < U_C$$

$$|U_C| > |U_B| > |U_E|$$

Tranzito NPN sẽ dẫn điện khi:

$$U_C > U_B > U_E$$

$$U_C < U_B < U_E$$

$$U_C > U_B > U_E$$

$$|U_C| > |U_B| > |U_E|$$

Tranzito BJT dùng để:

Khuếch đại

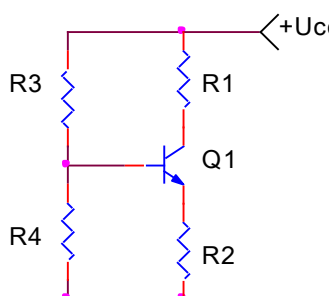
Chỉ lưu dòng xoay chiều

Tạo dao động

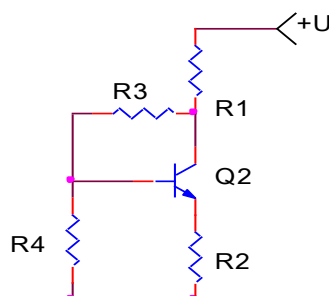
Tách sóng

**Bài 3.11\*:** Cho mạch CE, trình bày cách điều chỉnh cho Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> thông mạnh, thông yếu trong từng trường hợp trên Hình a, Hình b và Hình c.

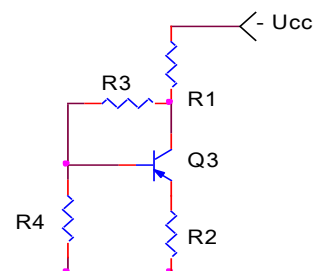
Hình a



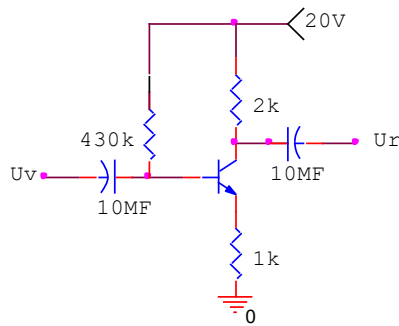
Hình b



Hình c



**Bài 3.12\*:** Cho mạch như Hình dưới đây:



Tính các trị số của:  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $U_{CE}$ ,  $U_C$ ,  $U_E$ ,  $U_B$ ,  $U_B$

Trả lời các câu hỏi và bài tập

**Bài 5.11\*:**

Mạch Hình a

- Để chỉnh cho  $Q_1$  thông mạnh, ta có 2 cách: làm tăng điện thế  $U_B$  của tranzito hoặc làm giảm điện thế  $U_E$ .

+ Muốn tăng  $U_B$  ta giảm  $R_3$  hoặc tăng  $R_4$

+ Muốn giảm  $U_E$  ta giảm  $R_2$

- Để chỉnh cho  $Q_1$  thông yếu, ta có 2 cách: làm giảm điện thế  $U_B$  của tranzito hoặc làm tăng điện thế  $U_E$

+ Muốn giảm  $U_B$  ta tăng  $R_3$  hoặc giảm  $R_4$

+ Muốn tăng  $U_E$  ta tăng  $R_2$

Như vậy muốn cho  $Q_1$  thông mạnh ta tăng điện thế cực B để có điện áp phân cực thuận của tiếp giáp phát gốc ( $U_{BE}$ ) tăng. Chỉnh  $Q_1$  thông yếu thì ngược lại.

Mạch Hình b

- Để chỉnh  $Q_2$  thông mạnh ta có 2 cách: làm tăng điện thế  $U_B$  của tranzito hoặc làm giảm điện thế  $U_E$

+ Muốn chỉnh  $U_B$  tăng ta chỉ có một cách duy nhất là tăng trị số  $R_4$ , còn  $R_3$  không có tác dụng nhiều bởi do lấy hồi tiếp từ chân C về: Nếu giả sử làm giảm  $R_3$  để có  $U_B$  tăng dẫn đến  $Q_2$  thông mạnh,  $U_C$  giảm hồi tiếp qua  $R_3$  về làm giảm  $U_B$   $Q_2$  thông yếu trở lại.

+ Muốn chỉnh  $U_E$  giảm ta giảm  $R_2$

- Để chỉnh  $Q_2$  thông yếu thì ngược lại.

Như vậy muốn Q<sub>2</sub> chạy mạnh ta tăng điện trở phân áp hoặc giảm điện trở E (R<sub>E</sub>), muốn chỉnh Q<sub>2</sub> chạy yếu thì ngược lại.

Mạch hình c.

- Để chỉnh Q<sub>3</sub> thông mạnh ta có 2 cách: tăng điện thế cực B hoặc giảm điện thế cực E

+ Muốn giảm U<sub>B</sub> ta có thể tăng R<sub>4</sub> để điện áp dương (mass dương) ở cực B giảm, riêng R<sub>3</sub> ta cân chỉnh không hiệu quả bởi vì R<sub>3</sub> mắc hồi tiếp từ cực C về cực B. Thật vậy, giả sử ta giảm R<sub>3</sub> để điện áp âm (- U<sub>CC</sub>) tác động vào cực B lớn, thì U<sub>B</sub> giảm Q<sub>3</sub> thông mạnh sụt áp trên R<sub>1</sub> nhiều, U<sub>C</sub> của Q<sub>3</sub> bớt âm do đó hồi tiếp qua R<sub>3</sub> bớt âm, điện thế cực B (U<sub>B</sub>) bớt âm, vì thế Q<sub>3</sub> thông yếu đi.

+ Muốn chỉnh U<sub>E</sub> tăng, ta giảm trị số điện trở R<sub>2</sub>, để điện áp dương cực E (U<sub>E</sub>) tăng lên.

- Để chỉnh Q<sub>3</sub> thông yếu thì thực hiện các bước cân chỉnh ngược lại.

### **Bài 5.12\*:**

$$: \quad I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B + (\beta + 1)} = \frac{20V - 0,7}{430K + 51K} = 40,1 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = (50)(40,1 \mu A) = 2,01mA$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 20V - (2,01mA)(2K + 1K) = 13,9V$$

$$U_C = U_{CC} - I_C R_C = 20V - (2,01mA)(2K) = 20V - 4,02 V = 15,98V$$

$$U_E = U_C - U_{CE} = 15,9V - 13,97V = 2,01V$$

hoặc ta có thể tính theo công thức:

$$U_E = I_E R_E = I_C R_E = (2,01mA)(1K) = 2,01V$$

$$U_B = U_{BE} + U_E = 0,7V + 2,01V = 2,71V$$

$$U_{BC} = U_B - U_C = 2,71V - 15,98V = - 13,27V$$

**Nhận dạng, xác định các cực, chất lượng tranzito, Lắp ráp, cân chỉnh các kiểu mạch cơ bản, các kiểu mạch định thiên**

Học lý thuyết thực hành tại xưởng:

*Nhận dạng tranzito BJT*

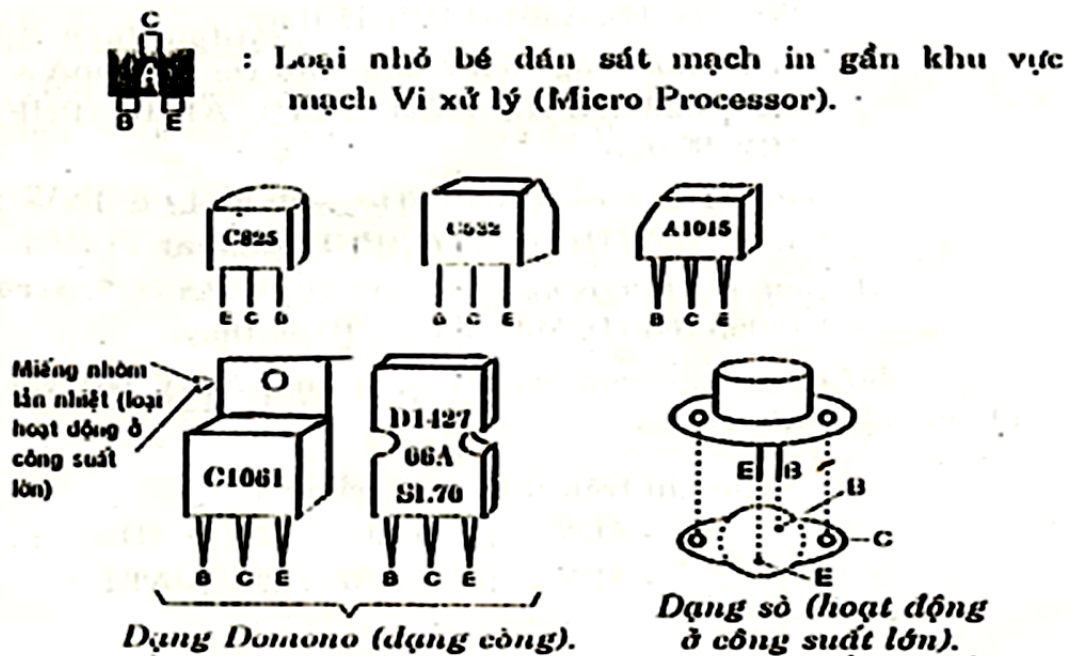
Các mã số ghi trên thân BJT gồm:



AC.....;	ACY.....;	ACZ..... ;	AD.....
AF.....;	ASY.....;	ASZ..... ;	AT.....
AU.....;	AUY.....;	AYZ.....;	BC.....
BCP.....;	BCY.....;	BCW.....;	BCZ.....
BD.....;	BDX.....;	BDY..... ;	BF.....
BFJ.....;	BFR.....;	BFS.....;	BFW....
BFX.....;	BFY.....;	BLW.....;	BLX.....
BLY.....;	BSV.....;	BSW.....;	BSY.....
BSX.....;	BU.....;	BU..... ;	BUX.....
EFT....;	GC.....;	GD.....;	GF.....
GT.....;	GS.....;	GTA.....;	GTE.....
GTS...;	GTV.....	KC .....;	KF.....
KT.....;	KU.....;	KUY.....;	LC.....
LF.....;	OC.....;	SC.....;	SE.....

SF....;	SFT.....;	SS..... ;	SSY...
T.....;	TG.....;	TK..... ;	TZ.....
Г T...;	KT.....;	МП.....;	Π....
1T....;	2T.....;	2SA.....;	2SB....
2SC.;	2SD.....;	2N.....	

Một số hình dạng thực tế BJT:



*Xác định vị trí các cực, chất lượng tranzito.*

Để khỏi nhầm lẫn làm hỏng đèn hoặc phân tích mạch không đúng...một số tranzito có ghi vị trí các chân ngay ở thân đèn E hay là cực phát, B là cực gốc, C hay K là cực góp. Nếu trên thân đèn không ghi vị trí các chân thì dùng VOM, DDM ở thang đo điện trở đo điện trở để xác định các cực. Khi dùng đo giữa hai cực thì tiếp giáp đó phân cực bằng nguồn pin 1,5V trong đồng hồ. Khi tiếp giáp được phân cực thuận thì có điện trở nhỏ. Khi phân cực nghịch thì nó có điện trở lớn.

Dựa trên cơ sở đó, ta rút ra cách xác định các cực và chất lượng tranzito. Trước hết ta đánh số các chân là 1, 2, 3, và đa từng đôi dây từ hai cực dương (+) và âm (-) của ôm mét tiếp với từng đôi chân. Đồng hồ đặt ở thang đo R ì 100 hoặc R ì 1000 để có dòng nhỏ và điện áp thấp cho khỏi làm hỏng tranzito.

Đôi với đôi chân ta có một điện trở thuận (R nhỏ) và một điện trở ngược (R lớn).

Khi đo hai chân nào mà có điện trở thuận lớn nhất thì chân còn lại không tham gia.. là cực gốc.

Ví dụ:

Đo giữa chân 1 và chân 2 được:  $120\Omega$  (thuận),  $50\text{ k}\Omega$  (ngược).

Đo giữa chân 2 và chân 3 được  $140\Omega$  (thuận),  $48\text{ k}\Omega$  (ngược).

Đo giữa chân 1 và chân 3 được  $5\text{ k}\Omega$  (thuận),  $120\text{ k}\Omega$  (ngược).

Khi đo giữa hai chân 1 và 3 có điện trở thuận lớn nhất - nên chân 2 là cực gốc.

Tiếp đó đấu que âm (--) với dương pin trong đồng hồ nếu là các đồng hồ có que dương là âm nguồn pin và que âm là dương nguồn pin), với cực gốc, que kia đấu với bất kỳ cực nào còn lại nếu có điện trở ngược thì đó là tranzito PNP, có điện trở nhỏ thì đó là tranzito NPN.

Sau cùng, đấu hai que đo với cực phát và cực góp sao cho có điện trở thuận. Nếu là tranzito PNP thì cực đấu về cực âm của nguồn pin trong đồng hồ là cực góp. Nếu là tranzito NPN thì cực đấu về cực dương của pin trong đồng hồ là cực góp.

Một tranzito tốt thì phải có ba điện trở thuận, ba điện trở ngược và khi đo kim đồng hồ phải lên và đứng ổn định.

Nếu kim đồng hồ lên từ từ là tranzito hỏng. Nếu không đủ ba điện trở thuận, ba điện trở ngược thì tranzito cũng hỏng.

*Lắp ráp và cân chỉnh các mạch cơ bản, các mạch định thiên*

- Lắp ráp và cân chỉnh mạch CE, CB và CC: Muốn lắp ráp được một mạch điện nói chung, trước tiên phải vẽ mạch in cho mạch điện và hoàn thiện bo mạch trước khi lắp ráp. Khi đã hoàn thiện mạch lắp ráp thì bước tiếp theo là hàn gắn linh kiện vào bo mạch. Trước khi hàn nối các linh kiện vào bo mạch cần kiểm tra cẩn thận trị số, chất lượng linh kiện, khi đã lắp ráp xong cần vệ sinh và cắt các chân linh kiện quá dài để mạch điện gọn, đẹp.

- Cân chỉnh mạch điện: Cấp nguồn DC cho mạch và dùng VOM, DDM ở thang đo VDC rồi thực hiện các thao tác cơ bản:

- Que đen kẹp mass (nếu là mass âm).
- Que đỏ đo điện áp tại cực C, cực B và cực E.
- Thực hiện đo điện áp  $U_{CC}$  và điện áp trên các cực của tranzito ( $U_E$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ ).

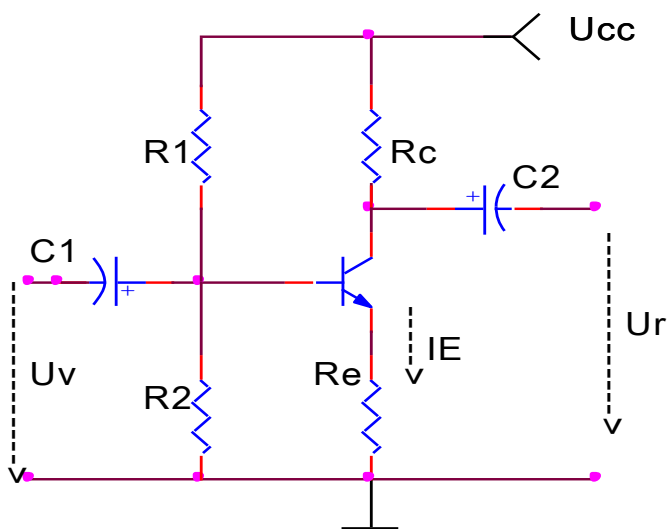
Khi xác định được trị số điện áp cực E, cực B, cực C suy ra  $U_{BE}$ ,  $U_{BC}$  để xác định tiếp giáp emitor - bazơ tranzito đã phân cực thuận, Tiếp giáp Bazơ -colector phân cực nghịch. Nghĩa là phải thoả mãn biểu thức:  $U_C > U_B > U_E$  đối với NPN ; còn với PNP thì:

$$U_E > U_B > U_C$$

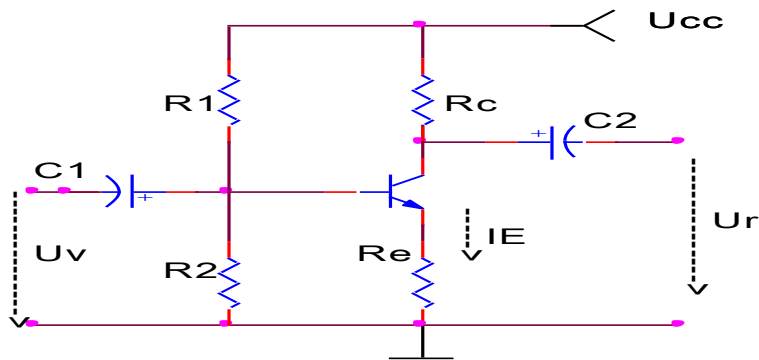
Với tranzito PNP  $U_{BE} = (0,1 - 0,3)V$ . Với tranzito NPN  $U_{BE} = (0,2 - 0,7)V$ .

Tùy theo tranzito thông mạnh hay yếu mà cân chỉnh  $U_{BE}$  với các giá trị khác nhau bằng cách điều chỉnh điện trở định thiên để có trị số  $U_{BE}$  mong muốn.

Đối với các mạch định thiên quá trình lắp ráp và cân chỉnh tương tự như các mạch cơ bản đã nêu ở trên nhưng chú ý dùng VR (điện trở định thiên) để điều chỉnh phân cực cho  $U_{BE}$ .



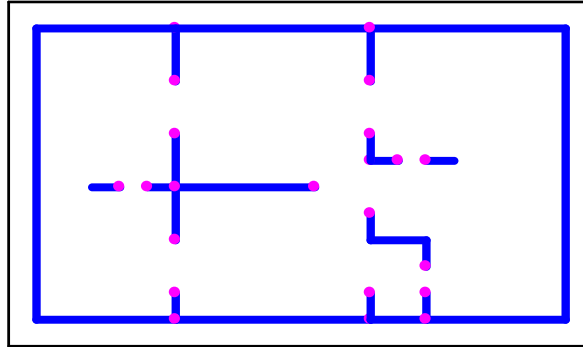
Ví dụ: lắp ráp và cân chỉnh chế độ tĩnh của mạch điện như hình sau



Trình tự các bước thực hiện:

- Vẽ mạch điện lắp ráp từ sơ đồ mạch điện nguyên lý sau

Sơ đồ mạch lắp ráp



- Hoàn thiện bo mạch (ngâm bo mạch vào dung dịch ôxít sắt, khoan lỗ hàn linh kiện)

- Chọn các linh kiện:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_c$ ,  $R_e$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ . Chọn  $R_1$  bằng VR có trị số  $50\text{ K}\Omega$ ,  $R_2 = 3,9\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 10\text{ K}\Omega$ ,  $R_e = 1,5\text{ K}\Omega$ ,  $C_1 = C_2 = 10\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_E = 50\text{ }\mu\text{F}$

- Hàn gắn các linh kiện vào bo mạch

- Cân chỉnh chế độ tĩnh:

+ Cấp nguồn  $U_{DD} = 22\text{ V}$ , điều chỉnh VR và thực hiện:

+ Đo điện áp các chân tranzito có các giá trị:  $U_C = 13,33\text{ V}$ ,  $U_B = 2\text{ V}$ ,  $U_E = 1,3\text{ V}$

+ Đo trị số VR mà tại đó trị số các điện áp các chân tranzito có các giá trị nh trên

$$VR_1 = 39\text{ K}\Omega.$$

Như vậy ta có:  $U_{BE} = 2\text{ V} - 1,3\text{ V} = 0,7\text{ V}$  (phân cực thuận)

$$U_{BC} = 2\text{ V} - 13,33\text{ V} = -11,33\text{ V} \text{ (phân cực nghịch)}$$

### **Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập**

Thực hành tại xởng theo nhóm 2 đến 3 người:

Nhận dạng các loại BJT bằng mã chữ ghi trên thân và hình dạng thực tế của chúng

Xác định chân và chất lượng tranzito BJT bằng VOM

Lắp ráp và cân chỉnh các mạch cơ bản, các kiểu mạch định thiên dùng BJT theo các bài tập:

- Lắp ráp và cân chỉnh mạch E chung định thiên cố định, định thiên bằng hồi tiếp dòng điện dùng nguồn đơn (tranzito, trị số các R, C trong mạch điện học viên tự chọn) .

- Lắp ráp và cân chỉnh mạch E chung định thiên cố định, định thiên bằng hồi tiếp dòng điện dùng nguồn đối xứng (tranzito, trị số các R, C trong mạch điện học viên tự chọn) .

- Lắp ráp và cân chỉnh mạch B chung định thiên cố định, định thiên bằng hồi tiếp dòng điện dùng nguồn đơn (tranzito, trị số các R, C trong mạch điện học viên tự chọn).

- Lắp ráp và cân chỉnh mạch C chung định thiên cố định, định thiên bằng hồi tiếp dòng điện dùng nguồn đơn (tranzito, trị số các R, C trong mạch điện học viên tự chọn)

Yêu cầu: Trong quá trình thực hành học viên cần tự giác thực hiện bài tập do giáo viên giao cho, đồng thời tích cực trao đổi nhóm để có kết quả tốt nhất.

## Bài 5

### Transistor hiệu ứng trường – FET

#### Mục tiêu:

- Trình bày cấu tạo, ký hiệu, tính chất, công dụng, các thông số kỹ thuật cơ bản của FET;
- Phân tích nguyên lý làm việc của transistor NPN và PNP;
- Phân tích một số mạch ứng dụng FET đơn giản;
- Có ý thức chủ động, sáng tạo trong học tập

#### 5.1. Giới thiệu chung, phân loại và kí hiệu của FET

Chúng ta đã khảo sát qua transistor thường được gọi là transistor lưỡng cực vì sự dẫn điện của nó dựa vào hai loại hạt tải điện: hạt tải điện đa số trong vùng phát và hạt tải điện thiểu số trong vùng nền. Ở transistor NPN, hạt tải điện đa số là điện tử và hạt tải điện thiểu số là lỗ trống trong khi ở transistor PNP, hạt tải điện đa số là lỗ trống và hạt tải điện thiểu số là điện tử.

Điện trở ngõ vào của BJT ( nhìn từ cực E hoặc cực B ) nhỏ, từ vài trăm  $\Omega$  đến vài  $K\Omega$ , trong lúc điện trở ngõ vào của đèn chân không rất lớn, gần như vô hạn. Lý do là ở BJT , nối nền phát luôn luôn được phân cực thuận trong lúc ở đèn chân không, lưới khiển luôn luôn được phân cực nghịch so với Catod. Do đó, ngay từ lúc transistor BJT mới ra đời, người ta nghĩ đến việc phát triển một loại transistor mới. Điều này dẫn đến sự ra đời của transistor trường ứng.

Ta phân biệt hai loại transistor trường ứng:

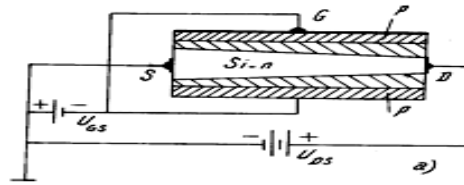
- Transistor trường ứng loại nối : Junction FET – JFET
- Transistor trường ứng loại có công cách điện : Isulated gate FET – IGFET hay metal – oxyt semiconductor FET – MOSFET.

#### 5.2. Transistor trường điều khiển bằng chuyển tiếp PN - JFET

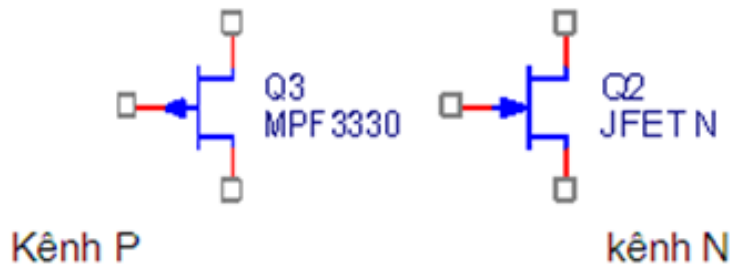
##### 5.2.1. Cấu tạo

Hình 4.1 đưa ra một cấu trúc JFET kiểu kênh N: trên đế tinh thể bán dẫn Si - N người ta tạo xung quanh một 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 ly với cực cửa G (dung làm cực điều khiển) bởi một 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 kênh JFET kênh P với các kí hiệu quy ước như Hình 3.35

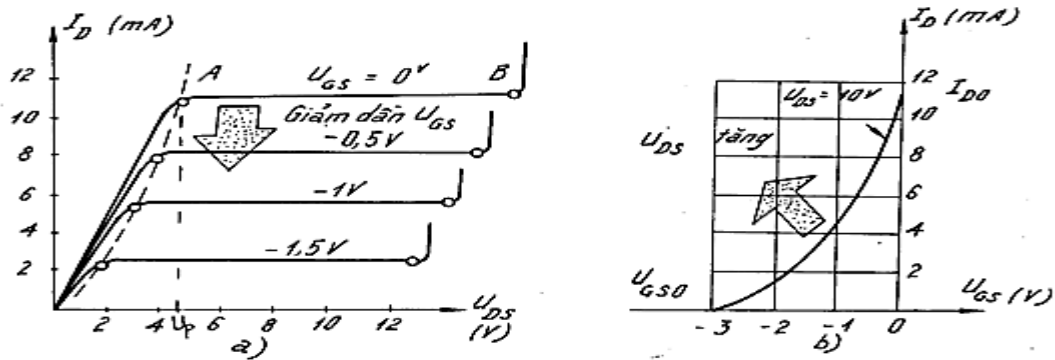


Hình 4.1: Cấu tạo JFET kiểu kênh N



Hình 4.2: Ký hiệu quy ước JFET kênh P và kênh N

### 5.2.2. Nguyên lý hoạt động - đặc tuyến Von - Ampe của JFET



a. Học đặc tuyến ra

b. Đặc tuyến truyền đạt

Hình 3.37 Học đặc tuyến ra của JFET

- Vùng gần gốc, khi  $U_{DS}$  nhỏ,  $I_D$  tăng nhanh 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 3.37a 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 về phía gốc toạ độ. Hoành độ điểm A (ứng với một trị số nhất định của  $U_{GS}$ ) cho xác định một 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 giống hệ đặc tuyến anốt lưới của đèn 5 cực chân không, xuất phát từ một giá trị  $U_{GS0}$ , tại đó  $I_D = 0$ , gọi là điện áp khoá (còn kí hiệu là  $U_p$ ). Độ lớn của  $U_{GS0}$  bằng  $U_{DS0}$  ứng với đường  $U_{GS} = 0$  trên họ đặc tuyến ra. Khi tăng  $U_{GS}$ ,  $I_D$  tăng gần như tỷ 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.

#### 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  $\leq 50$  mA;

+ Điện áp máng - nguồn cực đại cho phép và điện áp cửa nguồn  $U_{GSm\max}$

$$U_{Dmax} = \frac{U_B}{1,2 \div 1,5} \text{ cỡ vài chục vôn}$$

+ 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 phân đầu ra  $r_i = \left. \frac{\partial U_{DS}}{\partial I_D} \right|_{U_{GS} = const} (c\Omega, 5M\Omega)$

$r_i$  thể hiện độ dốc của đặc tuyến ra trong vùng bão hoà.

+ Đặc tuyến truyền đạt:

$$S = \left. \frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}} \right|_{U_{DS} = const}$$

Cho biết tác dụng điều khiển của điện áp cực cửa tới dòng cực máng, giá trị điển hình với JFET hiện nay là  $S = (0,7 \div 10) \text{ mA/V}$

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 3.37 b))

+ Điện trở vi phân đầu vào:

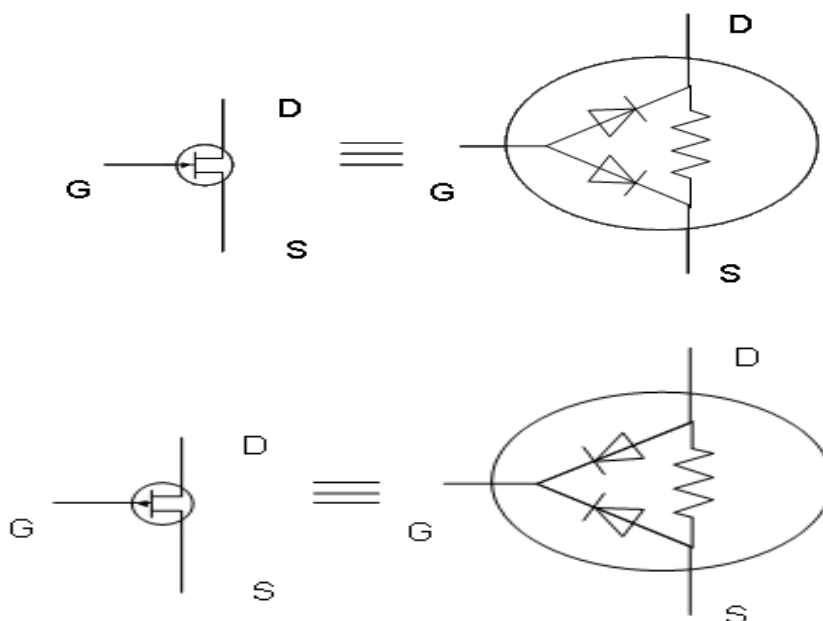
$$r_{vào} = \frac{\partial U_{GS}}{\partial I_G}$$

$r_{vào}$  do tiếp giáp P - N quyết định, có giá trị khoảng  $10\text{G}\Omega$ .

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

### a. Đo, kiểm tra transistor FET

Trường hợp đo ngược



Hình 4.3. JFET và sơ đồ tương đương

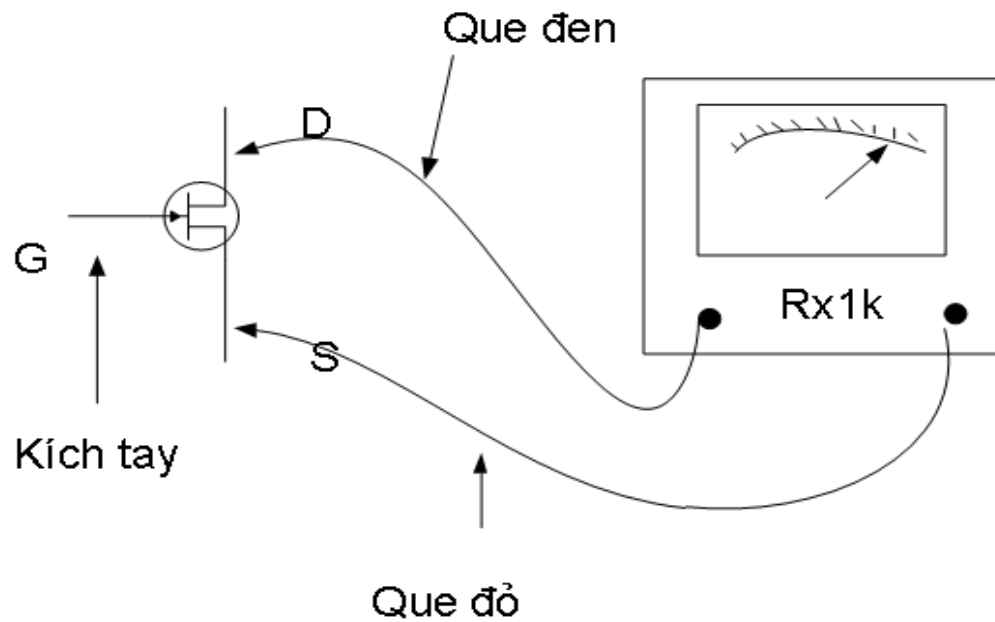
Dùng VOM thang đo x1k

Đo cặp chân GS và GD giống như diode

Đo cặp chân DS điện trở vài trăm ohm đến vài chục k $\Omega$ .

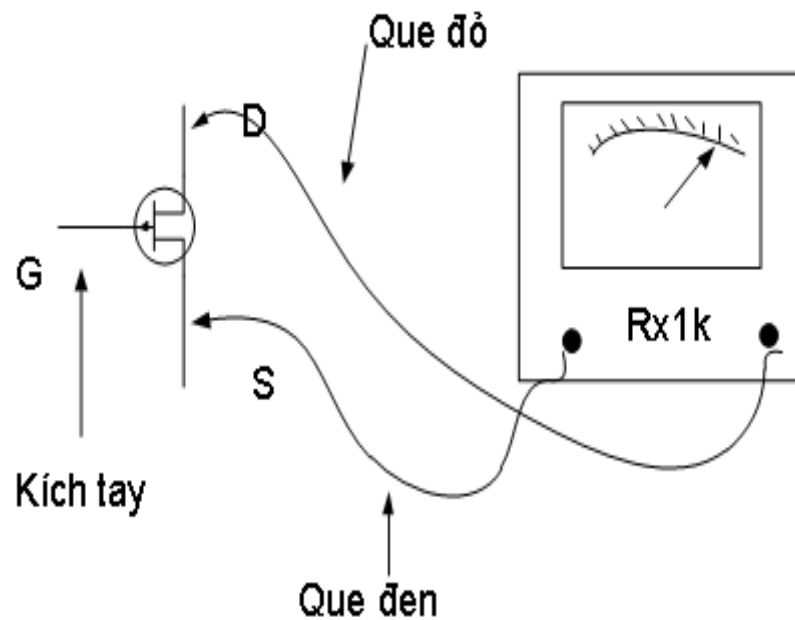
Ta thử khả năng khuếch đại của JFET như sau:

Với loại kênh N:



Hình 4.4: Kiểm tra độ khuếch đại JFET kênh N

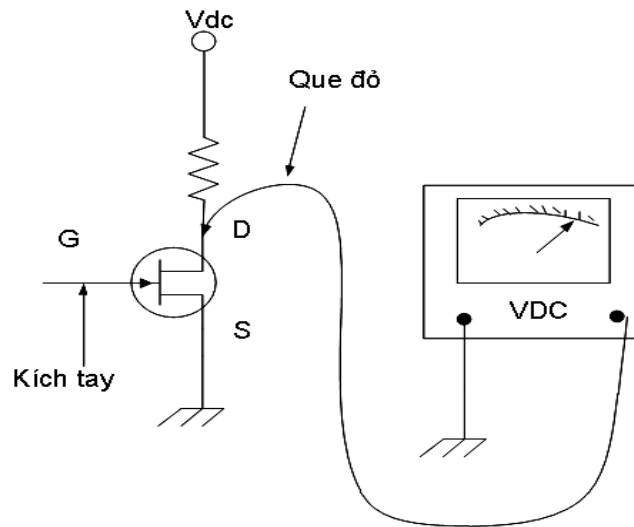
Với loại kênh P



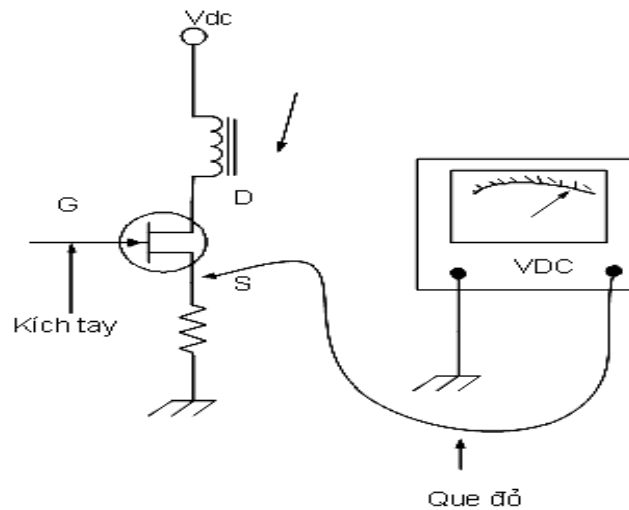
Hình 4.5: Kiểm tra độ khuếch đại JFET kênh P

Đặt que đỏ vào D que đen vào cực S

Kích tay vào cực G, quan sát thấy kim đồng hồ vọt lên và tự giữ thì ta kết luận ; tốt.



Trường hợp đo nóng



Vặn VOM ở thang đo VDC

Đo áp tại cực D và cực S . sau đó chạm ngón tay cái vào mass hay nguồn Vdc. Rồi kích tay vào cực G nếu kim thay đổi là tốt.

Lưu ý cơ bản khi sử dụng JFET

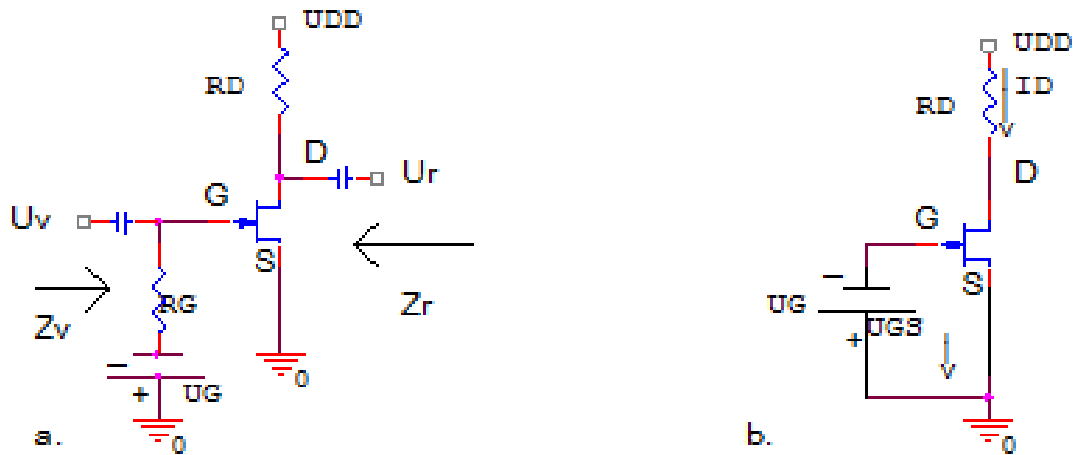
Đúng loại kênh N hay P

Tần số cắt ( dựa vào tra cứu số tay linh kiện )

Dòng tải tối đa  $I_D$

➤ Áp chịu đựng :  $U_{Ds}$

**b. Mạch phân cực cố định**



Mạch phân cực cố định; b. Sơ đồ tương đương ở chế độ tĩnh ở chế độ tĩnh (khi chưa có tín hiệu xoay chiều):

$$I_G = 0 \text{ A và } U_{RG} = I_G R_G = 0 \text{ A} \cdot R_G = 0 \text{ V}$$

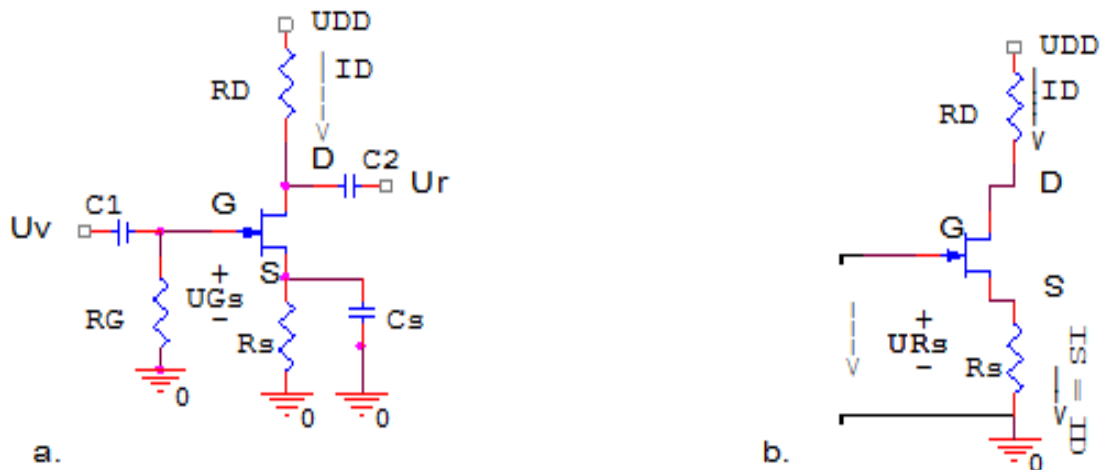
Dòng cực máng:  $I_D = I_{D0} [1 - U_{GS} / U_P]^2$

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D R_D$$

Vì cực S nối đất nên  $U_{GS} = 0$

$$U_D = U_{DS}$$

Sơ đồ tự phân cực



a: Sơ đồ tự phân cực JFET;

b: Sơ đồ tương đương ở chế độ 1 chiều

Sơ đồ tự phân cực loại trừ 2 nguồn 1 chiều. Điện áp điều khiển  $U_{GS}$  được xác định bởi điện áp đặt trên điện trở  $R_S$  đưa vào cực S ở chế độ tĩnh (1 chiều) tụ điện có thể thay thế bằng hở mạch và điện trở  $R_G$  được ngắn mạch vì  $I_G = 0$  A. Kết quả ta có sơ đồ tương đương như hình b.

Dòng chạy qua  $R_S$  là dòng  $I_S$ , nhưng  $I_S = I_D$  nên:

$$U_{RS} = I_D R_S$$

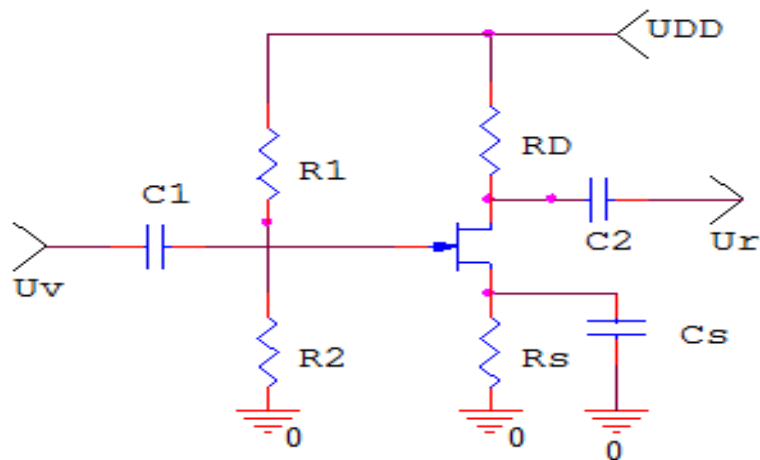
Chọn chiều của vòng như mũi tên ở hình b, ta có:

$$- U_{GS} - U_{RS} = 0 \text{ hay } U_{GS} = - U_{RS}$$

Suy ra phương trình tải tĩnh:

$$U_{GS} = - I_D R_S$$

Sơ đồ phân cực phân áp



Sơ đồ phân cực phân áp đối với transistor FET ở trạng thái tĩnh  $I_G = 0$  và  $U_{GS}$  chính là đại lượng liên hệ giữa cửa vào và cửa ra.

Khi  $I_G = 0$  A thì  $I_{R1} = I_{R2}$  và điện áp chính là điện áp đặt trên  $R_2$ :

$$U_G = \frac{R_2 U_{DD}}{R_1 + R_2}$$

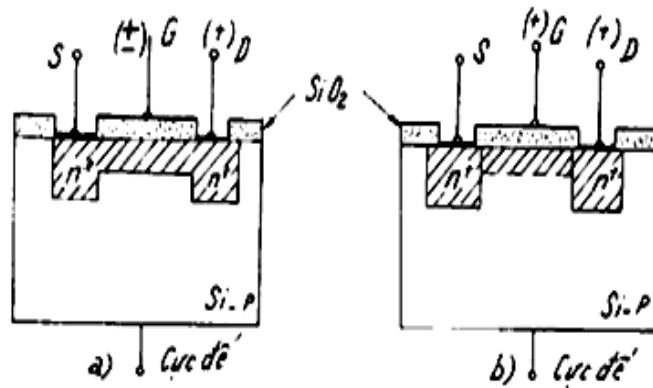
Theo Kirchoff:  $U_G - U_{GS} - U_{RS} = 0$  mà  $U_{RS} = I_S R_S = I_D R_S$

$$U_{GS} = U_G - I_D R_S$$

### 5.3. Transistor trường loại cực cửa cách ly - MOSFET

#### 5.3.1. Cấu tạo và kí hiệu quy ước:

Đặc điểm cấu tạo của MOSFET có hai loại cơ bản thể hiện (Hình 3.41)



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

Hình 4.6: Cấu tạo của MOSFET

Kí hiệu quy ước của MOSFET trong các mạch điện tử như Hình 3.42



Hình 4.7: Kí hiệu quy ước của MOSFET kênh N và kênh P

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 (plana, Epitaxi hay khuếch tán ion) để tạo ra hai vùng bán dẫn n+ (nồng độ pha tạp cao hơn so với đế) và lấy ra hai điện cực 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 Hình 3.41.a) hay chỉ hình thành sau khi đã có một điện trường ngoài (lúc làm việc trong mạch điện) tác động loại kênh cảm ứng Hình 3.41.b. 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 một lớp cách điện mỏng SiO<sub>2</sub>. Từ đó MOSFET còn có tên là FET có cực cửa cách li (IGFET). Kênh dẫn được cách li với đế nhờ tiếp giáp pn thường được phân cực ngược nhờ một điện áp phụ đưa tới cực thứ tư là cực đế.

### 5.3.2. Nguyên lí hoạt động và đặc tuyến Von - Ampe của MOSFET.

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

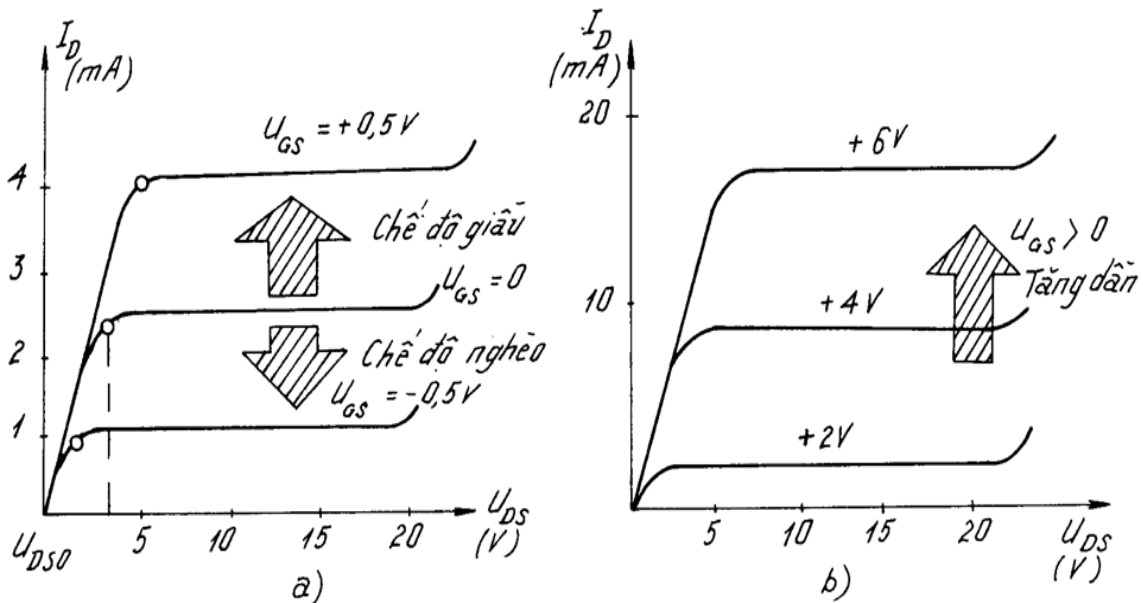
Với loại kênh đặt sẵn, xuất hiện dòng điện tử trên kênh dẫn nối giữa S và D và trong mạch ngoài có dòng cực máng  $I_D$  (chiều đi vào cực D), ngay cả khi chưa có điện áp đặt vào cực cửa ( $U_{GS} = 0$ ).

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  $I_D = f(U_{DS})$ , 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 Hình 3.43a.

- Với loại kênh cảm ứng, khi đặt tới cực cửa điện áp  $U_{GS} \leq 0$  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 với cực 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 điện 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 một loại cực tính của  $U_{GS}$  và chỉ ở chế độ làm giàu kênh. Biểu diễn quan hệ hàm  $I_D = f(U_{DS})$ , lấy các giá trị  $U_{GS}$  khác nhau ta có họ đặc tuyến ra của MOSFET kênh n cảm ứng Hình 3.43b.



a. Với loại kênh đặt sẵn; b. Với loại kênh cảm ứng

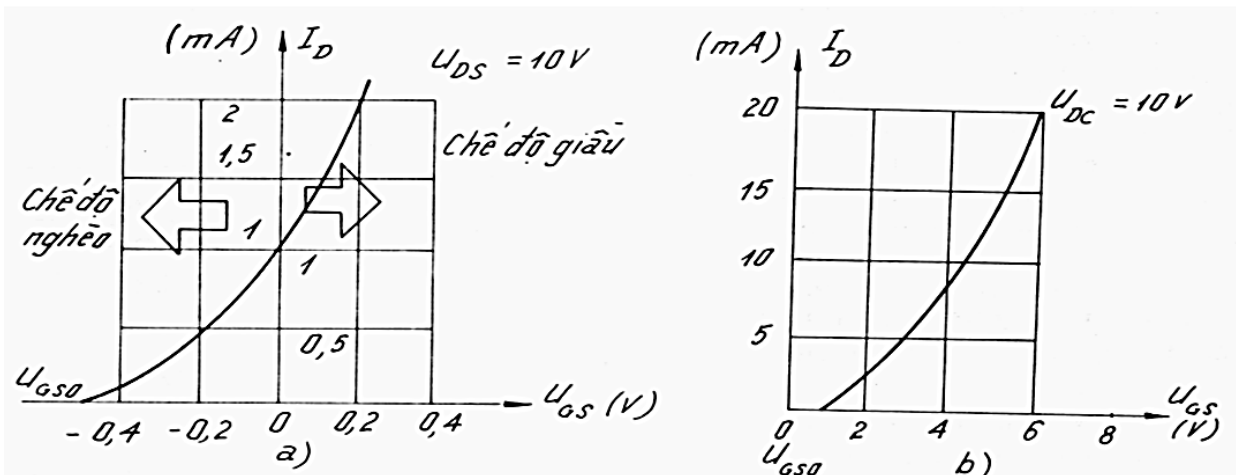
Hình 4.8 : Họ đặc tuyến ra của MOSFET



- Từ họ đặc tuyến ra của MOSFET với cả hai loại kênh đặt ản và kênh cảm ứng giống như đặc tuyến ra của JFET đã xét, thấy rõ ba 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 hoà (vùng thắt) lúc đó  $I_D$  chỉ phụ thuộc mạnh  $U_{GS}$ , phụ thuộc yếu vào  $U_{DS}$  và vùng đánh thủng lúc đó  $U_{DS}$  có giá trị khá lớn.

- Giải thích vật lí chi tiết các quá trình điều chế kênh dẫn điện bằng các điện áp  $U_{DS}$  và  $U_{GS}$  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 - đế 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 một điểm ứng với điểm uốn tại ranh giới hai vùng tuyến tính và bão hoà trên đặc tuyến ra. Điện áp tương ứng với điểm này gọi là điện áp bão hoà  $U_{DS0}$  (hay điện áp thắt kênh).

Hình 4.9a và Hình 3.9b là đường biểu diễn quan hệ  $I_D = f(U_{GS})$  ứng với mỗi giá trị cố định của  $U_{DS}$  với hai kênh đặt ản và kênh cảm ứng được gọi là đặc tuyến truyền đạt của MOSFET



kênh đặt ản (a) và kênh cảm ứng (b)

Hình 4.9: Đặc tuyến truyền đạt của MOSFET

Các tham số của MOSFET được định nghĩa và xác định giống như JFET gồm có: hồ dẫn S của đặc tính truyền đạt, điện trở động  $r_i$  (hay còn gọi là  $r_{DS}$ ), điện trở vào  $r_v$ ... và nhóm các tham số giới hạn : điện áp khoá  $U_{GS0}$  (ứng với một giá trị  $U_{DS}$  xác định), điện áp thắt kênh hay điện áp máng - nguồn bão hoà  $U_{DS0}$  (ứng với  $U_{GS} = 0$ ), dòng  $I_{Dmaxcf}$   $U_{DSmaxcf}$ ...

Khi sử dụng FET trong các mạch điện tử, cần lưu ý tới một số đặc điểm chung nhất sau đây:

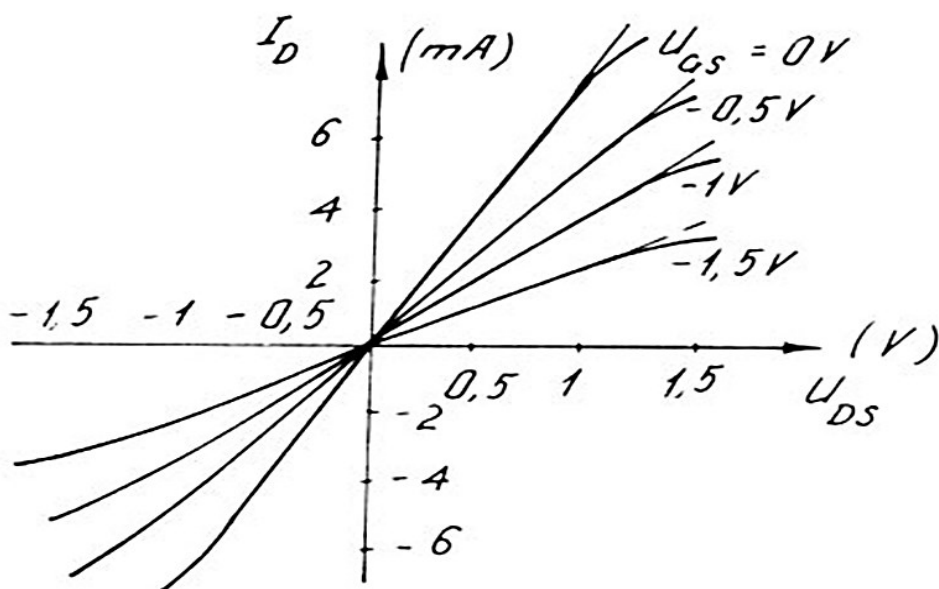
+ Việc điều khiển điện trở kênh dẫn bằng điện áp  $U_{GS}$  trên thực tế gần như không làm tổn hao công suất của tín hiệu, điều này có được do cực điều khiển hầu như cách li về điện với kênh dẫn hay điện trở lồi vào cực lớn ( $10^{9\pm} 10^{13}\Omega$ ), so với tranzito bipolar dòng điện rò đầu vào gần như bằng không, với

công nghệ CMOS điều này gần đạt tới lý tưởng. Nhận xét này đặc biệt quan trọng với các mạch điện tử analog phải làm việc với những tín hiệu yếu và với mạch điện tử digital khi đòi hỏi cao về mật độ tích hợp các phần tử cùng với tính phản ứng nhanh và chi phí năng lượng đòi hỏi thấp của chúng.

+ Đa số các FET có cấu trúc đối xứng giữa 2 cực máng (D) và nguồn (S). Do đó các tính chất của FET hầu như không thay đổi khi đổi lẫn vai trò hai cực này.

+ Với JFET và MOSFET chế độ nghèo dòng cực máng đạt cực đại  $I_D = I_{Dmax}$  lúc điện áp đặt vào cực cửa bằng không  $U_{GS} = 0$ . Do vậy chúng được gọi chung là họ FET thường mở. Ngược lại với MOSFET chế độ giàu, dòng  $I_D = 0$  lúc  $U_{GS} = 0$  nên nó được gọi là họ FET thường khoá. Nhận xét này có ý nghĩa khi xây dựng các sơ đồ khoá (mạch logic số) dựa trên công nghệ MOS.

+ Trong vùng gần gốc của họ đặc tuyến ra của FET khi  $U_{DS} \leq 1,5V$ , dòng cực máng  $I_D$  tỉ lệ với  $U_{GS}$ . Lúc đó, FET tương đương như một điện trở thuần có giá trị thay đổi được theo  $U_{GS}$  (Hình 3.45). Dòng  $I_D$  càng nhỏ khi  $U_{GS}$  càng âm với loại kênh n, hoặc ngược lại  $I_D$  càng nhỏ khi  $U_{GS} > 0$  càng nhỏ với loại kênh p.

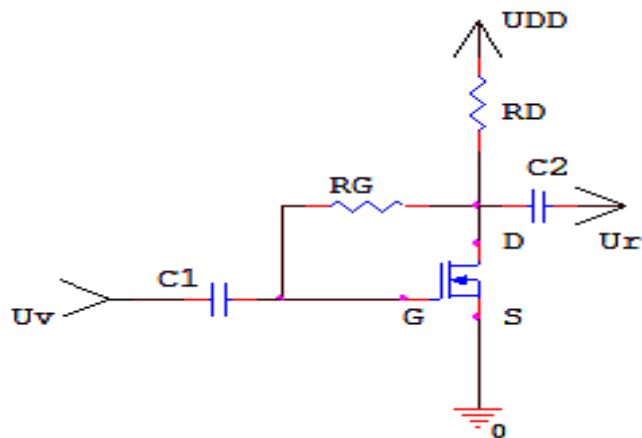


Hình 4.10: Mô tả họ đặc tuyến ra của FET ở vùng gần gốc như một điện trở thuần theo  $U_{GS}$

Công dụng của MOSFET giống như BJT

**a. Phân cực cho Mosfet**

- Phân cực bằng hồi tiếp



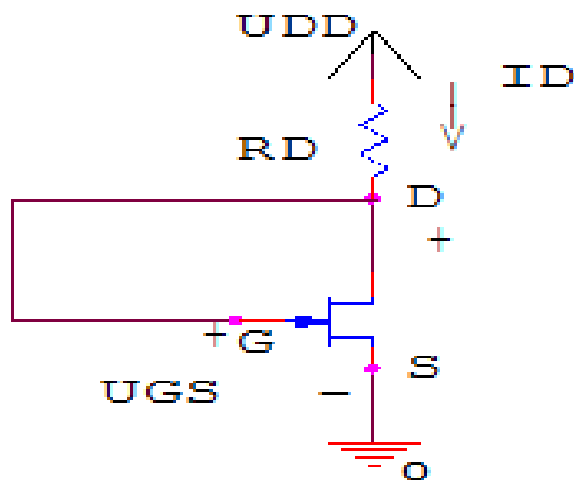
Ở chế độ tĩnh, khi  $I_G = 0\text{mA}$  và  $U_{RG} = 0\text{V}$  ta vẽ lại sơ đồ như hình 6.16. Một sự kết nối giữa cực D và cực G sẽ được tạo ra, kết quả  $U_D = U_G$  và  $U_{DS} = U_{GS}$ .

Ở đầu ra:  $U_{DS} = U_{DD} - I_D R_D \rightarrow U_{GS} = U_{DD} - I_D R_D$  đây phương trình của một đường thẳng, chính là đường tải tĩnh, để xác định nó ta cũng xác định 2 điểm:

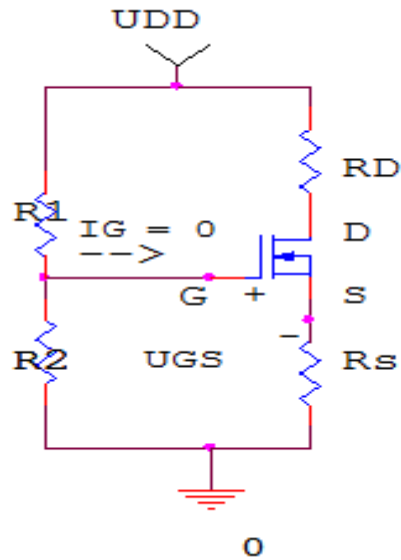
$$U_{GS} = U_{DD} \mid I_D = 0\text{mA}$$

$$I_D = \frac{U_{DD}}{R_D} \mid U_{GS} = 0$$

Xác định giao điểm của đường thẳng này với đặc tuyến tĩnh ta sẽ xác định được điểm làm việc tĩnh.



## Phân cực bằng điện áp phân áp



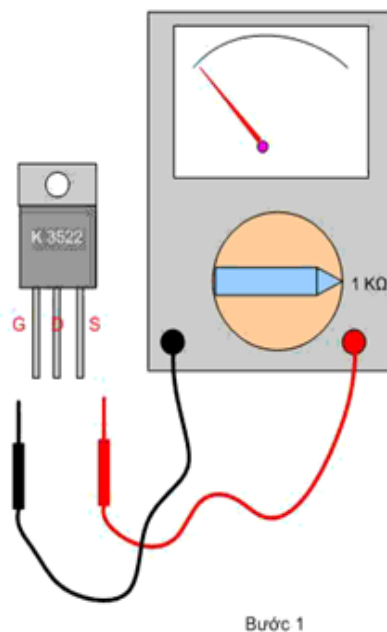
### 5.3.3. Đo, kiểm tra transistor MOSFET

#### a. Đo và kiểm tra Mosfet

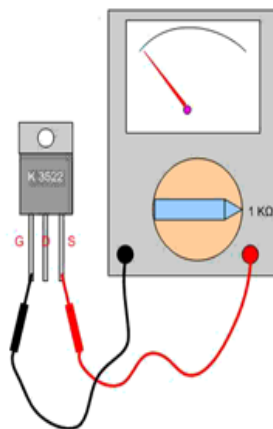
Một Mosfet còn tốt : Là khi đo trở kháng giữa G với S và giữa G với D có điện trở bằng vô cùng ( kim không lên cả hai chiều đo) và khi G đã được thoát điện thì trở kháng giữa D và S phải là vô cùng.

Các bước kiểm tra như sau :

Bước 1 : Chuẩn bị để thang x1KW

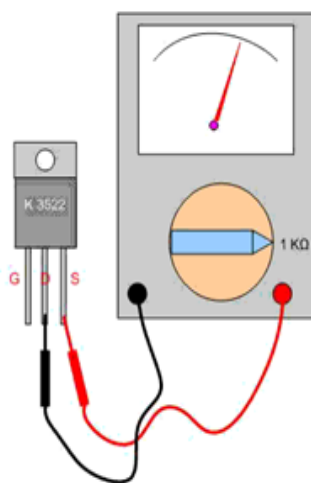


Bước 2 : Nạp cho G một điện tích ( để que đen vào G que đỏ vào S hoặc D )

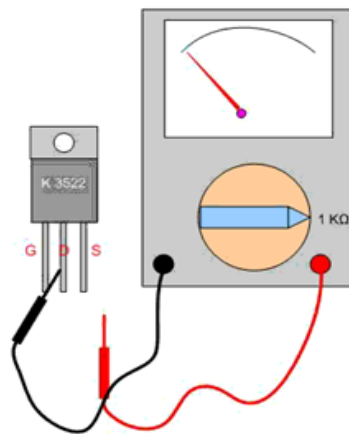


Bước 2

Bước 3 : Sau khi nạp cho G một điện tích ta đo giữa D và S ( que đen vào D que đỏ vào S ) => kim sẽ lên.

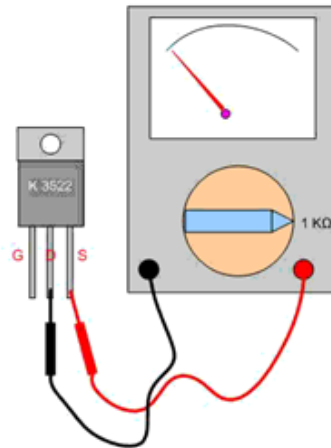


Bước 4 : Chập G vào D hoặc G vào S để thoát điện chân G.



Bước 4

Bước 5 : Sau khi đã thoát điện chân G đo lại DS như bước 3 kim không lên



=> Kết quả như vậy là Mosfet tốt.

Chú ý:Đo kiểm tra Mosfet ngược thấy bị chập

Bước 1 : Để đồng hồ thang x 1KW

Đo giữa G và S hoặc giữa G và D nếu kim lên = 0 W là chập

Đo giữa D và S mà cả hai chiều đo kim lên = 0 W là chập D S

Lưu ý cơ bản khi sử dụng MOSFET:

Xác định loại N hay loại P

Xác định tần số cắt

Xác định dòng tải  $I_D$

Xác định áp chịu đựng  $U_{SD}$

#### 4.1. Bài tập

Bài 1. Trình bày cấu tạo, kí hiệu quy ước và nguyên lý hoạt động của transistor JFET và MOSFET

Bài 2: Transistor Trường (FET) có mấy kiểu mắc mạch cơ bản ? Trình bày cụ thể các kiểu mạch trên và phân biệt các đại lượng đầu vào và ra của mỗi cách mắc.

Bài 3\*: Trình bày sự khác nhau của FET với BJT.

Bài 4: Mạch phân cực cho FET nhằm mục đích gì ?Có mấy kiểu mạch phân cực ? trình bày cụ thể các kiểu mạch phân cực trên.

Bài 5: Trình bày quan hệ điện áp điều khiển  $U_{GS}$  với dòng  $I_G$  ,  $I_D$  và  $U_{DD}$  đối với JFET.

Bài 6: Đặc tuyến Von – Ampe vào và ra của JFET và MOSFET có sự giống nhau ở loại nào ?

Bài 7\*: Cần lưu ý những điểm nào khi sử dụng FET vào trong các mạch điện tử ?

Bài 8: Khi dùng VOM để xác định các cực S, G, D của FET cần lưu ý những điểm gì để tránh làm hỏng transistor.

Bài 9: Trình bày cách nhận dạng các loại transistor FET bằng mã số ghi trên thân transistor.

*Câu hỏi trắc nghiệm:* Tìm câu trả lời đúng:

Bài 10: Transistor JFET có:

- a. Trở kháng vào rất lớn, trở kháng ra nhỏ
- b. Trở kháng vào rất nhỏ, trở kháng ra lớn
- c. Trở kháng vào gần bằng trở kháng ra lớn
- d. Trở kháng vào bằng trở kháng ra lớn

Bài 11: Dòng  $I_D$ ,  $I_S$  của JFET kênh P do:

- a. Lỗ trống sinh ra
- b. Điện tử sinh ra
- c. Cả điện tử và lỗ trống

Bài 12: Transistor FET có:

- a. Tụ nhiều nhỏ hơn BJT
- b. Tụ nhiều lớn hơn BJT
- c. Tụ nhiều gần bằng BJT

## Bài 6

### Linh kiện nhiều tiếp giáp và quang điện tử

#### Mục tiêu:

- Phân biệt được các linh kiện quang điện tử theo các đặc tính của linh kiện;
- Phân tích sơ đồ, kí hiệu của linh kiện điện tử nhiều tiếp giáp;
- Phân tích một số mạch ứng dụng FET đơn giản;

#### 6.1. Điện trở quang, điốt quang và transistor quang

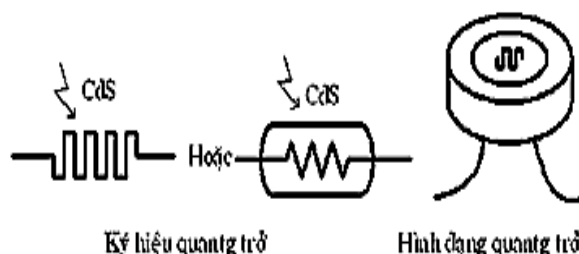
##### 6.1.1. Điện trở quang (Photoresistor)

###### a. Cấu tạo- ký hiệu- hình dạng:

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

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

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

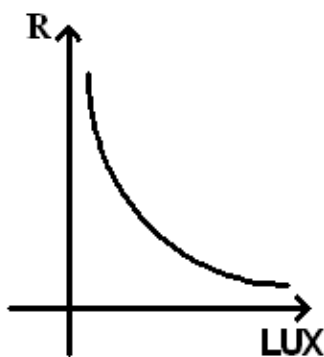


Hình 6.1: Ký hiệu và hình dạng của điện trở quang

###### b. Đặc tính của điện trở quang

Quang trở có trị số điện trở thay đổi không tuyến tính theo độ sáng chiếu vào nó. Độ chiếu sáng càng mạnh thì điện trở có trị số càng nhỏ và ngược lại. Điện trở khi bị che tối khoảng vài trăm  $K\Omega$  đến vài  $M\Omega$ . Điện trở khi bị chiếu sáng khoảng vài trăm  $\Omega$  đến vài  $K\Omega$ . Quang trở có hai loại: loại sử dụng ánh sáng thường và loại sử dụng ánh sáng hồng ngoại.





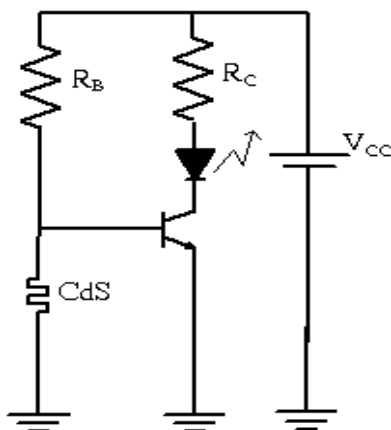
Hình 6.2 Đặc tính của điện trở quang

### c. Ứng dụng:

Quang trở được sử dụng nhiều trong các mạch điện tử, mạch tự động điều khiển bằng ánh sáng, đóng mở, đèn mờ, bộ cảnh báo lửa. . . .

#### - Mạch tự động sáng khi trời tối

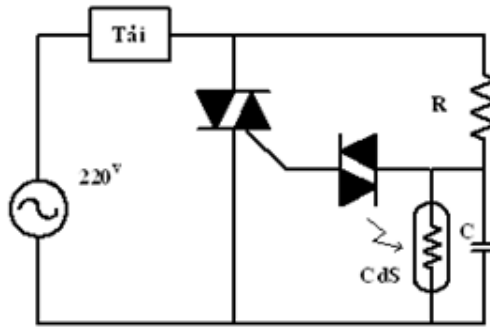
Hình 6.3: Mạch tự động sáng khi trời tối. Khi trời sáng thì cds có trị số điện trở nhỏ nên transistor không dẫn đèn led tắt. Trời tối thì cds có trị số điện trở lớn nên transistor dẫn thì đèn led sáng.



Hình 6.3: Mạch tự động sáng khi trời tối.

#### - Mạch điều khiển qua tải dùng triac

Hình 6.3 : Mạch điều khiển dòng điện qua tải dùng triac, Diac kết hợp với quang trở để tác động theo ánh sáng. Khi cds bị che tối sẽ có trị số điện trở lớn làm điện áp trên tụ C tăng cao đến mức ( khoảng  $32^V$  ) đủ để Diac dẫn điện và Triac được kích dẫn điện cho dòng điện qua tải. Tải ở đây có thể là các loại đèn chiếu sáng lõi đi hay chiếu sáng bảo vệ, khi trời tối đèn tự động sáng. Khi trời sáng cds có trị số nhỏ làm điện áp trên tụ nhỏ không đủ để dẫn diac.

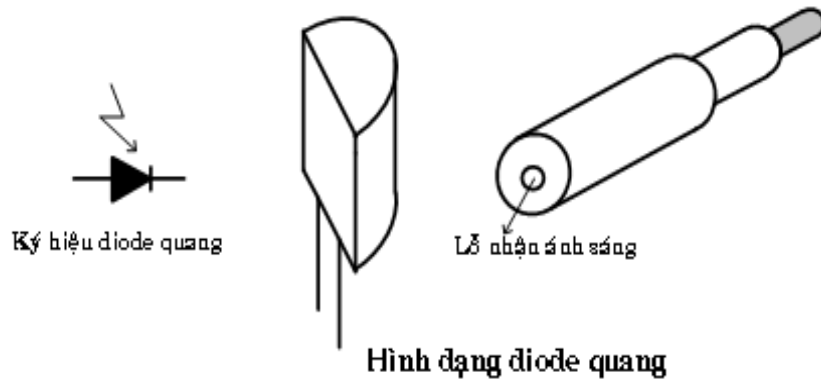


Hình 5.4 : Mạch điều khiển qua tải dùng triac

## 6.1.2. Diode quang

### a. Cấu tạo ký hiệu hình dạng

Có cấu tạo gồm hai lớp bán dẫn PN như diode thường, nhưng chất bán dẫn ở đây dùng loại có hiệu ứng quang điện cao. Tiếp giáp PN được đặt trong vỏ cách điện có một mặt là nhựa hay thủy tinh trong suốt để nhận ánh sáng chiếu vào, có loại dùng thấu kính hội tụ để tập trung ánh sáng.



Hình 5.5: Ký hiệu và hình dạng của diode quang

### b. Nguyên lý làm việc - Đặc tính của diode quang

Đối với diode thường khi phân cực thuận thì dòng điện thuận qua diode lớn. Khi phân cực ngược thì dòng điện ngược rất nhỏ qua diode.

Đối với diode quang

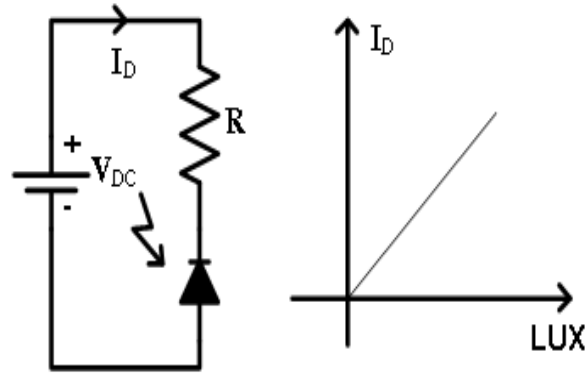
Khi phân cực thuận thì hai trường hợp diode được chiếu sáng hay che tối dòng điện thuận qua diode hầu như không thay đổi.

Khi phân cực ngược nếu diode được chiếu sáng thì dòng điện ngược tăng lớn hơn nhiều lần khi bị che tối. Dòng điện qua diode bị phân cực ngược sẽ biến đổi một cách tuyến tính với cường độ sáng ( lux) chiếu vào diode

Trị số điện trở của diode quang trong trường hợp được chiếu sáng và bị che tối.

Khi bị che tối:  $R_{ngược} = \infty \Omega$ ,  $R_{thuận} = \text{rất lớn}$

Khi chiếu sáng  $R_{ngược} = 10 \text{ K}\Omega \rightarrow 100 \text{ K}\Omega$ ,  $R_{thuận} = \text{vài trăm } \Omega$ .



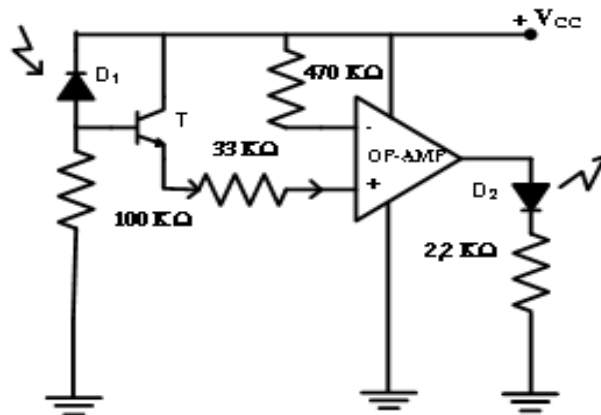
Hình 6.6: Đặc tính của diode quang

Các thông số kỹ thuật của diode quang:

- Điện áp ngược cực đại  $V_{Rmax} = 30V$ .
- Dòng điện ngược khi tối;  $I_R = 2 \mu A$  ( 0 lux )
- Dòng điện ngược khi có ánh sáng  $I_R = 7 \mu A$  (100 lux )
- Tần số làm việc cực đại  $f = 1 \text{ MHz}$
- Công suất tiêu tán cực đại  $P_{max} = 50 \text{ mw}$

### c. Mạch điều khiển từ xa dùng diode quang

Diode quang được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống tự động điều khiển theo ánh sáng, báo động cháy, điều khiển từ xa (Remote control )...



Hình 6.7: Mạch điều khiển từ xa dùng diode quang

Hình 6.7\_: Khi diode quang bị che tối, transistor không được phân cực nên ngưng dẫn, OP- AMP có điện áp  $V_i^- > V_i^+$  nên  $V_{ra} = 0^V$  Led không sáng. Khi diode quang được chiếu sáng thì transistor được phân cực thuận nên dẫn điện, OP-AMP có điện áp  $V_i^+ > V_i^-$  nên  $V_{ra} = V_{CC}$  đèn Led sáng.

### 6.1.3. Transistor quang (Phototransistor)

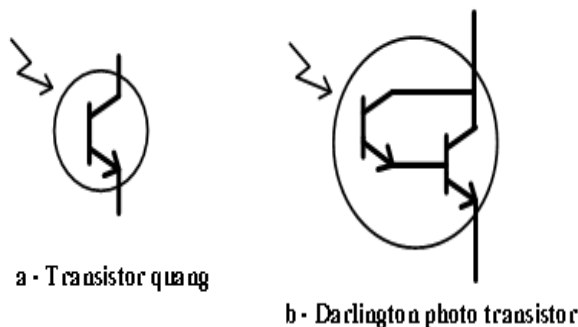
#### a. Cấu tạo:

Về cấu tạo quang transistor coi như gồm có một quang diode và một transistor. Trong đó quang diode làm nhiệm vụ cảm biến quang điện và transistor làm nhiệm vụ khuếch đại.

Độ khuếch đại của photo transistor từ 100  $\rightarrow$  1000 lần và độ khuếch đại không tuyến tính theo cường độ ánh sáng chiếu vào mỗi nói.

Tần số làm việc của photo transistor khoảng vài trăm KHz , trong khi đó tần số làm việc của photo diode khoảng vài MHz .

Độ nhạy của photo transistor gấp vài trăm lần so với photo diode .



Hình 6.8: Cấu tạo và ký hiệu quang transistor

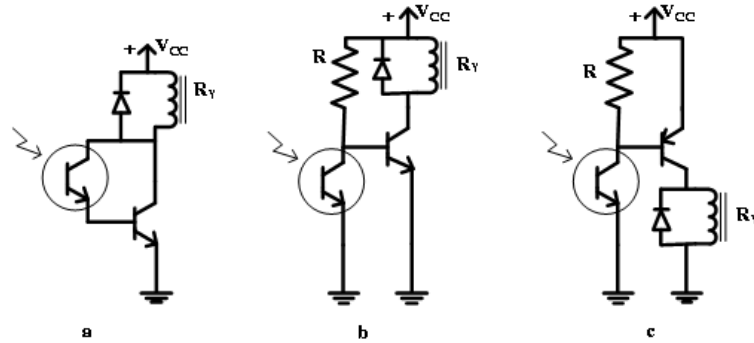
#### b. Các mạch ứng dụng dung quang transistor

Trường hợp bỏ hở cực B thì mạch làm việc theo nguyên lý transistor quang, nếu bỏ hở cực E thì mạch làm việc theo nguyên lý của quang diode.

Hình 6.9a: Dùng transistor quang để ghép darlington với transistor công suất để điều khiển role  $R_Y$ . Khi được chiếu sáng quang transistor dẫn làm transistor công suất dẫn cấp điện cho role.

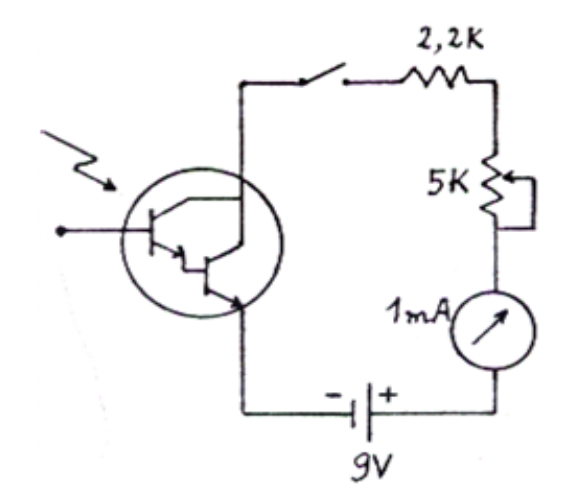
Hình 6.9b: Lấy điện thế  $V_C$  của quang transistor để phân cực cho cực B của transistor công suất. Khi quang transistor được chiếu sáng sẽ dẫn điện làm  $V_C$  giảm, cực B của transistor công suất không được phân cực nên ngưng dẫn và role  $R_Y$  không được cấp điện.;

Hình 6.9c: Dùng transistor công suất loại PNP. Khi quang transistor được chiếu sáng sẽ dẫn điện tạo sụt áp trên điện trở R để phân cực cho B cực transistor công suất loại PNP dẫn điện cấp điện cho rơle



Hình 6.9: Các mạch ứng dụng quang transistor

Đồng hồ ánh sáng ( quang kế ) : Trong nhiếp ảnh và trong phòng thí nghiệm khi cần một quang kế ta có thể lắp mạch đơn giản như hình 20-2d . Ở đây dùng quang transistor loại Darlington. Biến trở 5KΩ là để chỉnh điểm chuẩn cho quang kế.



Hình 6.10: Quang kế

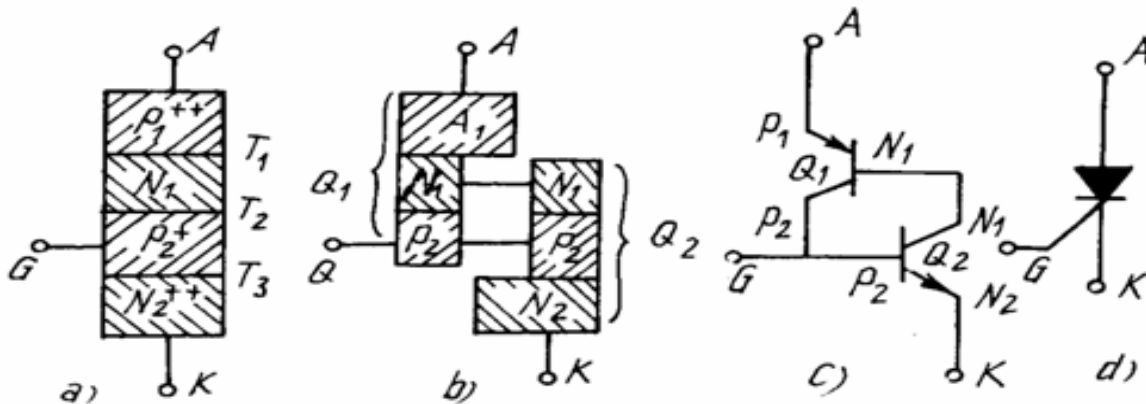
## 6.2. Thyristor (SCR)

### 6.2.1 Cấu tạo và kí hiệu quy ước

Thyristo được chế tạo từ bốn lớp bán dẫn  $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$  đặt xen kẽ nhau (trên đế  $N_1$  điện trở cao, tạo ra hai lớp  $P_{1++}$  và  $P_{2+}$ , sau đó tiếp  $N_{2++}$ ). Giữa các lớp bán dẫn này hình thành các chuyển tiếp p - n lần lượt là  $J_1, J_2, J_3$  và lấy ra ba cực là anốt (A), catốt (K), và cực không chế (G).

Để tiện cho việc phân tích nguyên lý làm việc của thyristo hãy tưởng tượng 4 lớp bán dẫn của thyristo có thể chia thành hai cấu trúc transistor  $p_{1n_1p_2}$  và  $n_{1p_2n_2}$

như Hình 3.46b với sự nối thông các miền  $N_1$  và  $P_2$  giữa chúng. Từ đó có thể vẽ được sơ đồ tương đương như Kí hiệu quy ước như



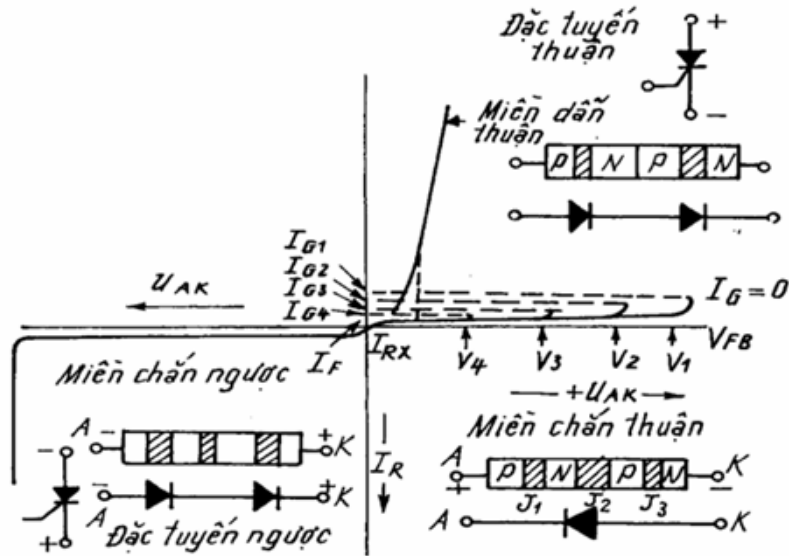
a, b. Cấu tạo; c. Sơ đồ tương đương ; d. Kí hiệu quy ước

Hình 6.13: Cấu tạo và kí hiệu quy ước của SCR

### 6.2.2. Đặc tuyến Vôn - A mpe

Đặc tuyến chia thành bốn vùng rõ rệt. Trước tiên hãy xét trường hợp phân cực ngược thyristo với  $U_{AK} < 0$ . Đặc tính ở đoạn này có thể coi như của 2 điốt phân cực ngược mắc nối tiếp ( $J_1$  và  $J_3$ ). Dòng qua thyristo chính là dòng dò ngược của điốt (giống hệt như dòng ngược bão hoà của điốt). Nếu tăng điện áp ngược dần đến một giá trị nhất định thì hai chuyển tiếp  $J_1, J_3$  sẽ lần lượt bị đánh thủng theo cơ chế thác lũ và cơ chế Zener, dòng ngược qua thyristo tăng lên đột ngột (dòng này là do cơ chế đánh thủng  $J_3$  quyết định). Nếu không có biện pháp ngăn chặn thì dòng ngược này sẽ làm hỏng thyristo. Vùng đặc tuyến ngược của thyristo trước khi bị đánh thủng gọi là vùng chặn ngược.

Khi phân cực thuận thyristo (với  $U_{AK} > 0$ ), Đầu tiên hãy xét trường hợp cực G hở mạch ( $I_G = 0$ ), chuyển tiếp  $J_1$  và  $J_3$  lúc này được phân cực thuận còn  $J_2$  phân cực ngược. Khi  $+U_{AK}$  còn thyristo thì dòng điện chảy qua thyristo lúc này là dòng dò thuận  $I_{tx}$ . Giá trị điển hình của dòng dò ngược ( $I_{Rx}$ ) và dòng dò thuận  $I_{tx}$  khoảng  $100\mu A$ . Nếu  $I_G = 0$  thì dòng dò thuận sẽ giữ  $J_2$ . Điện áp thuận ứng với giá trị này gọi là điện áp đánh thủng thuận  $U_{BE}$ . Nói một cách khác, khi điện áp thuận tăng đến giá trị này, dòng  $I_{C0}$  trong thyristo đủ lớn dẫn tới làm cho  $Q_1$  và  $Q_2$  mở và lập tức chuyển sang trạng thái bão hoà. Thyristo chuyển sang trạng thái mở. Nội trở của nó đột ngột giảm đi, điện áp sụt trên hai cực A và K cũng giảm xuống đến giá trị  $U_E$  gọi là điện áp dẫn thuận. Phương pháp chuyển thyristo từ khoá sang mở bằng cách tăng dần  $U_{AK}$  gọi là kích mở bằng điện áp thuận.



Hình 6.14: Đặc tuyến von – ampe của thyristor

Nếu  $I_G$  khác 0, dòng  $I_G$  do  $U_{GK}$  cung cấp sẽ cùng với dòng ngược vốn có trong Thyristo  $I_{C0}$  làm cho  $Q_2$  có thể mở ngay điện áp  $U_{AK}$  nhỏ hơn nhiều giá trị kích mở lúc  $I_G = 0$ . Dòng  $I_G$  càng lớn khi thì  $U_{AK}$  cần thiết tương ứng để mở thyristo càng nhỏ. (ở đây cũng cần nói thêm rằng cho dù ngay từ đầu tiên điện áp  $U_{GK}$  đã cung cấp một dòng  $I_G$  lớn hơn dòng mở cực tiểu của  $Q_2$ , nhưng điện áp  $U_{AK}$  vẫn chưa đủ lớn để phân cực thuận  $Q_1$  và  $Q_2$  thì thyristo vẫn chưa mở).

Như đặc tuyến đã cho Hình 6.1.2 mức dòng không chế  $I_G$  tăng từ  $I_{G1}$  đến  $G_4$  tương ứng với mức điện áp  $U_{AK}$  giảm xuống từ  $U_1$  đến  $U_4$ . Đây là phương pháp kích mở thyristo bằng dòng trên cực điều khiển. Điện áp dẫn thuận  $U_F$  có thể viết  $U_F = U_{BE1} + U_{BE2} = U_{BE2} + U_{CE1}$ . Đối với vật liệu silic thì điện áp bão hoà của transistor silic vào cỡ 0,2V cong  $U_{BE}$  như đã biết vào 0,7V; như vậy suy ra  $U_F = 0,9V$ . Trên phần đặc tuyến thuận, phần mà thyristo chưa mở gọi là miền chặn thuận, miền thyristo đã mở gọi là miền dẫn thuận. Quan sát miền chặn thuận và miền chặn ngược của thyristo thấy nó có dạng giống như đặc tuyến ngược của điốt chỉnh lưu thông thường.

Sau khi các điều kiện kích mở kết thúc, muốn duy trì cho thyristo luôn mở thì phải đảm bảo cho dòng thuận  $I_F$  lớn hơn một giá trị nhất định gọi là dòng ghim  $I_A$  (là giá trị cực tiểu của dòng thuận  $I_E$ ). Nếu trong quá trình thyristo mở,  $I_G$  vẫn được duy trì thì giá trị dòng ghim tương ứng sẽ giảm đi khi dòng  $I_G$  tăng. Trong các sổ tay thuyết minh các nhà sản xuất còn kí hiệu  $I_{HC}$  để chỉ dòng ghim khi cực g hở mạch và  $H_{HX}$  để chỉ dòng ghim đặc biệt khi giữa cực G và K được nối với nhau bằng điện trở phân cực đặc biệt.

### 6.2.3. Các tham số quan trọng của SCR

- Hai cặp tham số cần chú ý khi chọn SCR là dòng điện và điện áp cực đại mà thyristo có thể làm việc không bị đánh thủng ngược và đánh thủng thuận đã trình bày ở phần trên. Điện áp dẫn thuận cực đại đảm bảo cho thyristo chưa mở theo chiều thuận chính là điện áp thuận, điện áp này thường được kí hiệu là  $U_{oM}$  hoặc  $U_{FXM}$  đối với trường hợp G nối với điện trở phân cực. Với ý nghĩa tương tự, người ta định nghĩa điện áp chặn ngược cực đại  $V_{RoM}$  và  $I_{RxM}$  dòng điện thuận cực đại. Công suất tổn hao cực đại  $F_{aM}$  và công suất lớn nhất cho phép khi thyristo làm việc, điện áp cực không chế  $U_G$  là mức điện áp ngưỡng cần để mở thyristo khi  $U_{AK} = 6V$ .

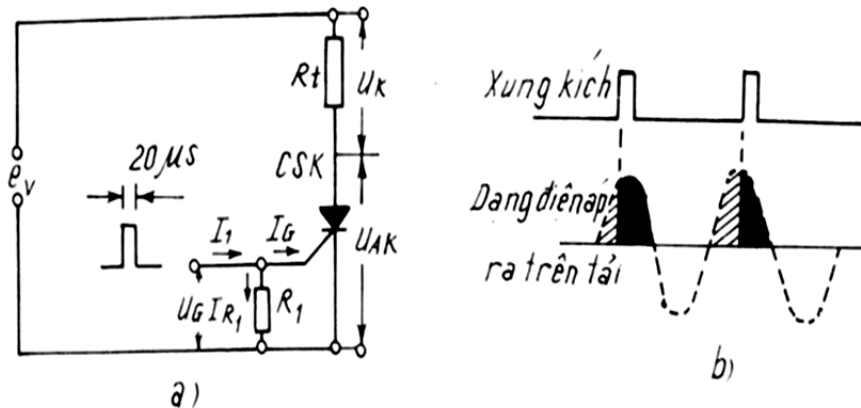
Những tham số vừa nêu trên thường được cho trong các sổ tay ở nhiệt độ  $25^0$ .

Với các thyristo làm việc ở chế độ xung tần số cao còn phải quan tâm đến thời gian đóng mở thyristo  $t_m$  là thời gian chuyển từ trạng thái đóng sang trạng thái mở và  $t_q$  là thời gian chuyển từ trạng thái mở sang trạng thái đóng của thyristo.

### 6.2.4. Một vài ứng dụng của thyristo (SCR):

#### a. Mạch không chế xung đơn giản

Mạch không chế đơn xung giản nhất được trình bày như Hình 3.48. Nếu cực G của thyristo trong mạch kể trên luôn luôn được phân cực để cho thyristo thông thì vai trò của thyristo cũng giống như một van chỉnh lưu thông thường. Khi đặt cực G một chuỗi xung kích thích làm thyristo chỉ mở tại những thời điểm nhất định (cùng với chu kỳ dương của điện áp nguồn đặt vào anốt) thì dạng điện áp ra trên tải của thyristo không phải là toàn bộ các nửa chu kỳ dương như ở các mạch chỉnh lưu thông thường mà tùy theo quan hệ pha giữa xung kích và điện áp nguồn, chỉ có từng phần của nửa chu kỳ dương như Hình 5.6 b

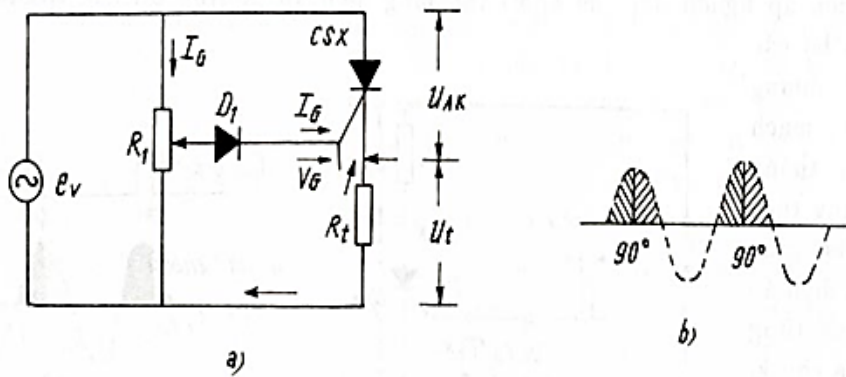


a. Sơ đồ nguyên lý ; b. Dạng điện áp

Hình 6.16: Mạch không chế xung đơn giản



**a. Mạch không chế pha  $90^0$**

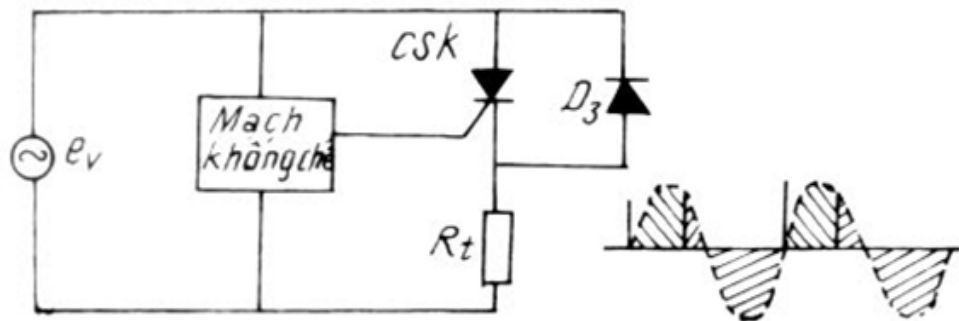


Hình 6.17: Mạch không chế pha  $90^0$

Dòng kích mở cực G được lấy từ nguồn cung cấp qua điện trở  $R_1$ . Nếu  $R_1$  được điều chỉnh đến giá trị điện trở nhỏ thì thyristo sẽ mở hầu như đồng thời với nửa chu kỳ dương đặt vào anôt. Nếu  $R_1$  được điều chỉnh đến một giá trị lớn thích hợp thì thyristo chỉ mở ở nửa chu kỳ dương lúc  $e_v$  đến giá trị cực đại. Điều chỉnh điện trở  $R_1$  trong khoảng 2 giá trị này thyristo có thể mở với góc pha từ  $0 \div 90^0$ . Nếu tại góc pha  $90^0$  mà  $I_G$  không mở thyristo thì nó cũng thể mở được bất cứ ở góc pha nào vì tại góc pha  $90^0$  dòng  $I_G$  có cường độ lớn nhất.

Điốt  $D_1$  để bảo vệ thyristo khi nửa chu kỳ âm của nguồn điện đặt vào cực G.

**c. Mạch không chế pha  $180$**



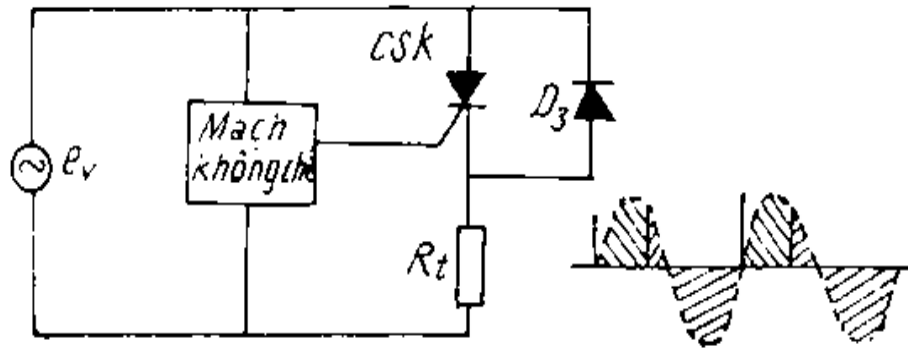
Hình 6.18: Mạch không chế pha  $180^0$

Mạch này tương tự như mạch không chế pha  $90^0$  ở Hình 3.49 chỉ khác là thêm vào điốt  $D_2$  và tụ  $C_1$ . Khoảng nửa chu kỳ âm của điện áp đặt vào, tụ  $C_1$  được nạp theo chiều âm như dạng điện áp trình bày trên Hình 3.50. quá trình nạp tiếp diễn tới giá trị cực đại của nửa chu kỳ âm. Khi điểm cực đại của nửa chu kỳ âm đi qua điốt  $D_2$  được phân cực âm (vì anôt của nó được nối với tụ  $C_1$  có điện thế âm so với catôt). Sau đó tụ  $C_1$  phóng điện qua điện trở  $R_1$ . Tùy theo giá trị của  $R_1$  mà  $C_1$  có

thể phóng hêt (điện áp trên hai cực của tụ bằng 0), ngay khi bắt đầu nửa chu kì dương của nguồn đặt vào thyristo, hoặc có thể duy trì một điện áp âm nhất định trên cực của nó cho mãi tới góc pha  $180^0$  của chu kì dương tiếp sau đặt vào thyristo. Khi tụ tụ  $C_1$  tích điện theo chiều âm thì điốt  $D_2$  cũng bị phân cực ngược và xung dương không thể đưa vào để kích mở thyristo. Như vậy bằng cách điều chỉnh  $R_1$  hoặc  $C_1$  hoặc cả hai có thể làm cho thyristo mở ở bất kỳ góc nào trong khoảng từ  $0 \div 180^0$  của chu kì dương nguồn điện áp đặt vào thyristo

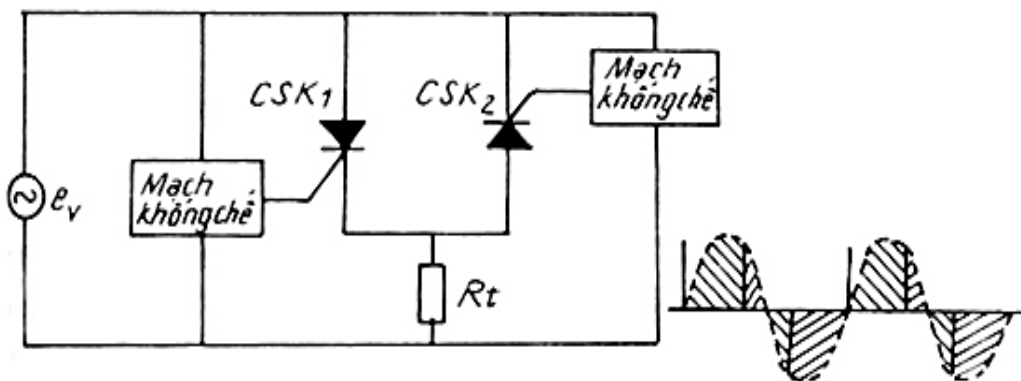
**d. Mạch khống chế pha với điốt chỉnh lưu**

Mạch này chỉ khác với mạch 3.50 chỉ thay đổi đôi chút về kết cấu mạch để được dạng điện áp ra trên tải theo ý mong muốn. Hình 3.51 điốt  $D_3$  được mắc thêm vào làm cho trên tải xuất hiện cả nửa chu kì âm của điện áp nguồn cung cấp, sự khống chế chỉ thực hiện đối với nửa chu kì dương của nguồn



Hình 6.19: Mạch khống chế pha với điốt chỉnh lưu

**e. Mạch khống chế đảo mắc song song**



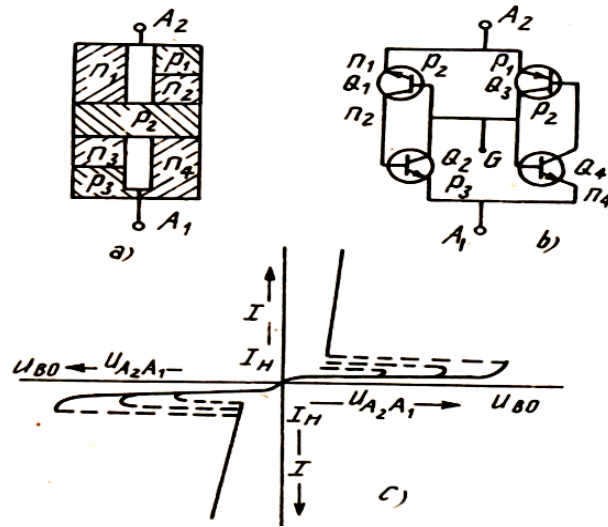
Hình 6.20: Mạch khống chế đảo mắc song song

Bằng cách mắc ta được mạch chỉnh có khống chế dòng thyristo mắc song song ngược chiều. Bằng cách mắc như vậy có thể thực hiện khống chế được cả nửa chu kì dương lẫn chu kì âm.

### 6.3. Triac

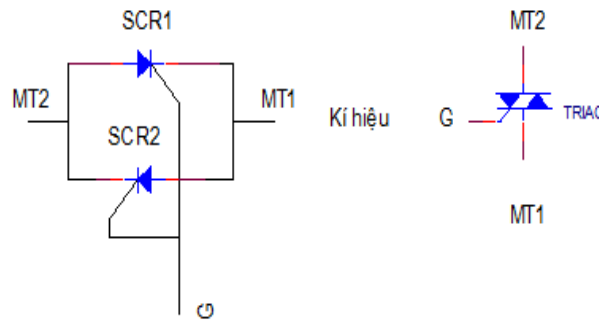
#### 6.3.1. Cấu tạo - kí hiệu quy ước

Cấu tạo, sơ đồ tương đương của triac. Các cực của nó là MT<sub>1</sub>, MT<sub>2</sub> và G. MT<sub>2</sub> đóng vai trò anốt, MT<sub>1</sub> đóng vai trò ca tốt khi  $V_{MT2} > V_G > V_{MT1}$ . MT<sub>1</sub> đóng vai trò anốt, MT<sub>2</sub> đóng vai trò catốt khi  $V_{MT2} < V_G < V_{MT1}$



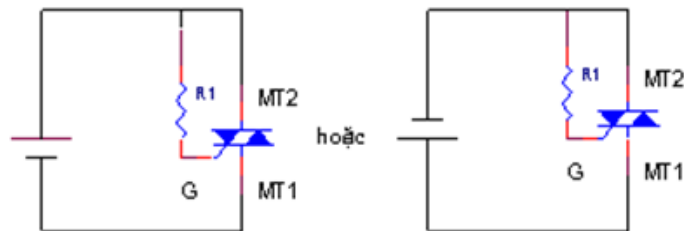
Hình 6.21: Cấu tạo, sơ đồ tương đương và kí hiệu quy ước của Triac

Thực chất Triac được chế tạo bởi ghép song song 2 SCR với nhau như



Hình: 6.21: Triac được chế tạo bởi 2 SCR ghép song song (a) và kí hiệu triac (b)

Mạch mô tả:



Hình 6.22: Mạch điện mô tả nguyên lý hoạt động triac

### 6.3.2. Nguyên lý hoạt động

Theo cách mắc trên, rõ ràng là khi mỗi xung dương vào cực G  $\rightarrow$  thì cả 2 SCR<sub>1</sub> và SCR<sub>2</sub> đều hoạt động  $\rightarrow$  dòng điện dẫn thông cả 2 chiều từ MT<sub>2</sub> $\rightarrow$  MT<sub>1</sub> và ngược lại từ MT<sub>1</sub> $\rightarrow$  MT<sub>2</sub>. Ta lưu ý quan trọng là khi cấp phân cực cho triac hoạt động, đó là:

$$V_{MT2} > V_G > V_{MT1} \quad \text{hoặc} \quad V_{MT2} < V_G < V_{MT1}$$

**Lưu ý:** Khi sử dụng Triac để thiết kế mạch, lắp ráp, thay tương đương... điều ta cần quan tâm là:

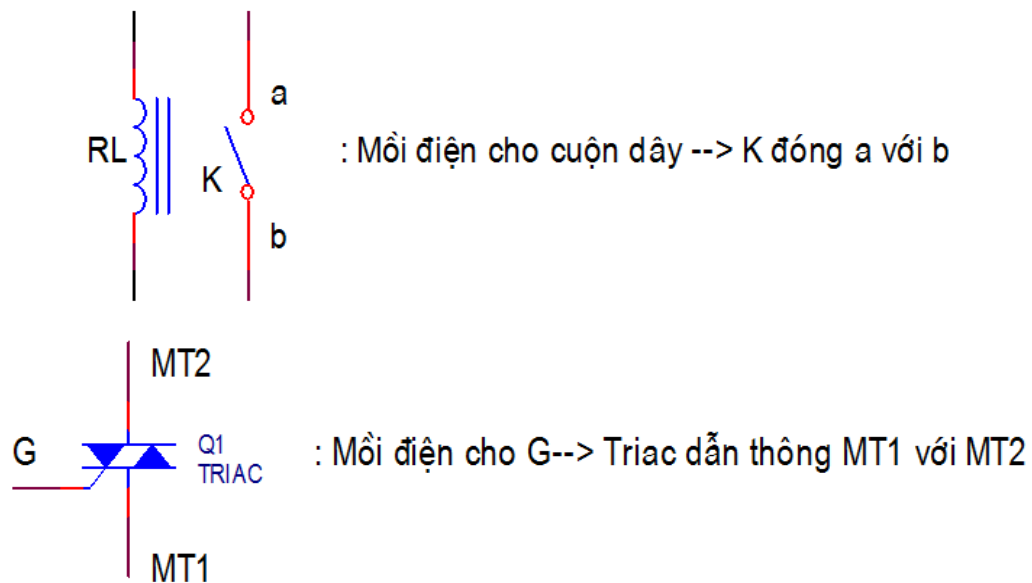
- Dòng kích I<sub>G</sub> ? Bằng cách tra cứu sổ tay linh kiện (căn cứ mã số ghi trên - Áp U<sub>MT2</sub> - M<sub>T1</sub>)
- Dòng tải I<sub>MT2</sub>

### 6.3.3. Ứng dụng triac

- Như một role không tiếp điểm Hình 3.55

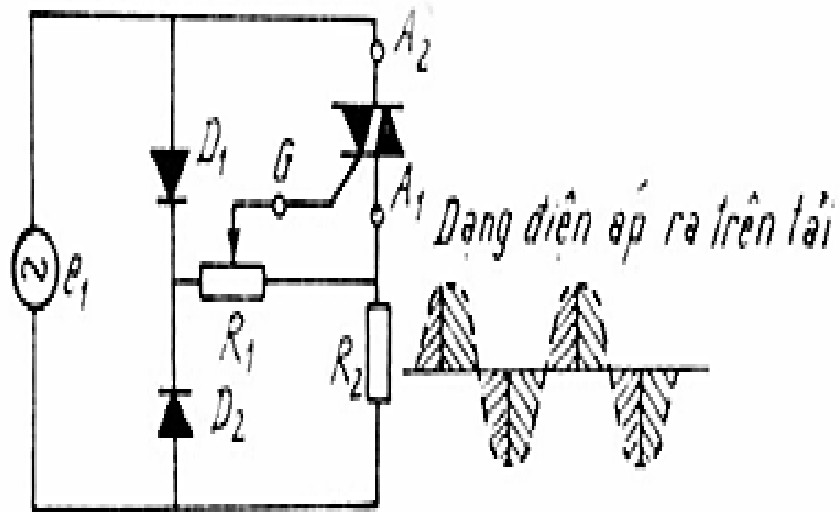
Mỗi điện cho cuộn dây  $\rightarrow$  k đóng a với b. ở role cuộn dây, khi công tắc K đóng, mở liên tục  $\rightarrow$  gây tiếng ồn và dễ làm sinh ra phóng lửa hồ quang (nhất là sử dụng ở mạch cấp dòng lớn)  $\rightarrow$  tiếp điểm mau hỏng.

Nếu ta sử dụng Triac thì sẽ tránh được hai khuyết điểm trên. Chính vì vậy Triac còn có tên gọi là role AC không tiếp điểm:



Hình 6.23: Triac như một role

Mạch không chế dùng triac

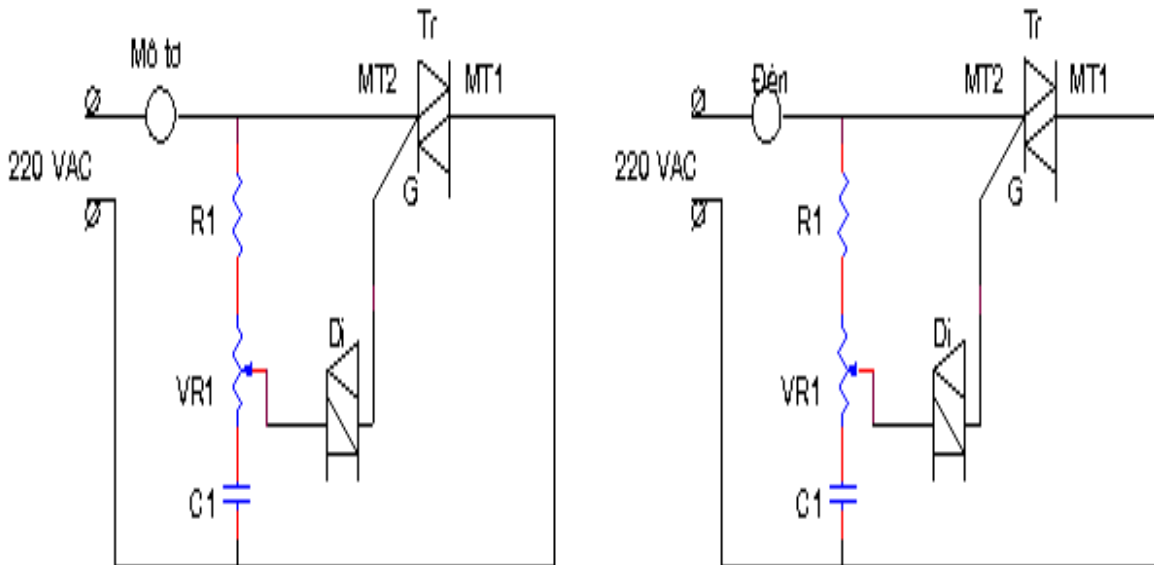


Hình 6.24: Mạch không chế dùng triac

- Mạch điều chỉnh tốc độ quạt điện

Chỉnh độ sáng của đèn Hình 6.24

Ta mắc nối tiếp quạt M (hoặc bóng đèn Đ) với triac như hình vẽ. Điện áp môi cho cực G của triac qua R<sub>1</sub>, VR<sub>1</sub> và Diac, ta thấy rằng khi chỉnh thay đổi VR<sub>1</sub> → C<sub>1</sub> nạp, xả áp mở thông Diac với thời gian dài, ngắn → cực G của triac được kích thông trùng nhịp với MT<sub>2</sub> nhiều ít → Motor quạt quay nhanh, chậm tương ứng hoặc đèn sáng nhiều, ít tương ứng theo chỉnh VR<sub>1</sub>.



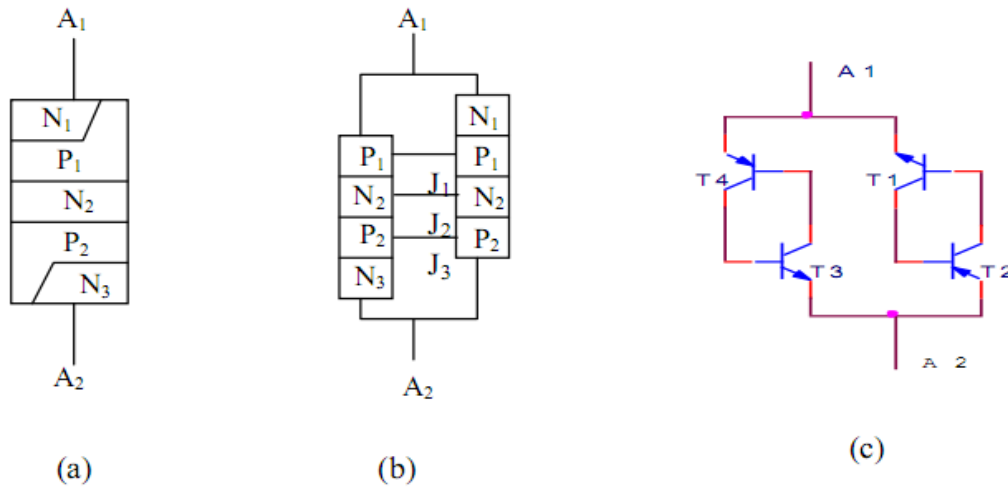
Hình 6.25: Mạch điện điều chỉnh tốc độ quạt điện ; độ sáng của đèn

## 6.4. Diac

### 6.4.1. Cấu tạo, kí hiệu quy ước

Cấu tạo diac tương tự triac nhưng không có cực khống chế G, gồm 2 cực MT<sub>1</sub> và MT<sub>2</sub> hoàn toàn đối xứng nhau như Hình 7.14. khi lắp vào mạch AC, ta không cần phân biệt thứ tự. Thực tế khi sử dụng Diac, ta nhớ quan tâm hai thông số: dòng tải và áp giới hạn. Thực tế áp giới hạn của Diac khoảng 20V ÷ 40V (cụ thể ta tra cứu sổ tay linh kiện để biết chính xác).

Kí hiệu



Hình 6.26. Cấu tạo (a), mạch tương đương với cấu tạo (b), (c).

DIAC (Diode Alternative Current) có cấu tạo gồm 4 lớp PNPN, hai cực A1 và A2, cho dòng chảy qua theo hai chiều dưới tác động của điện áp đặt giữa hai cực A1 và A2. DIAC được gọi là công tắc bán dẫn xoay chiều hai cực (Diode AC Semiconductor Switch).

Cấu tạo của DIAC tương đương bốn BJT mắc như hình 5.16c.

Kí hiệu của DIAC.

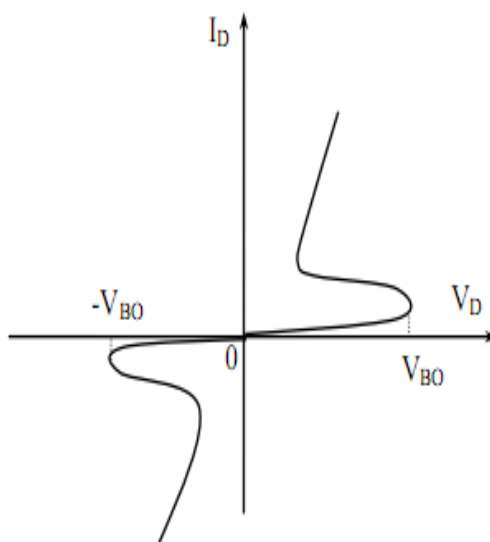


Hình 6.27 cấu tạo diac

Đặc tuyến

Khi A1 có điện thế dương thì J1 và J3 phân cực thuận J2 phân cực ngược VCC có giá trị nhỏ thì DIAC ở trạng thái ngưng dẫn (khóa). Nếu tăng VCC đủ lớn để  $V_D = V_{BO}$  thì DIAC chuyển sang trạng thái mở, dòng qua DIAC tăng nhanh.

Khi A1 có điện thế âm thì hiện tượng tương tự nhưng xuất hiện dòng điện có chiều ngược lại, đặc tuyến như sau

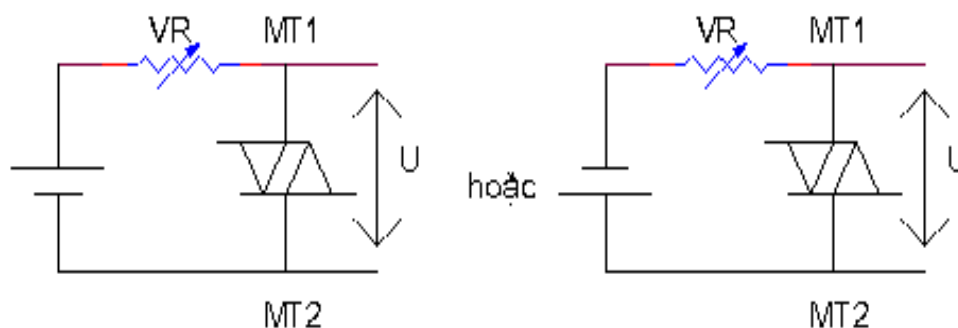


Hình 6.28 đặc tuyến diac

VBO (Break over): điện thế ngấp, dòng điện qua DIAC ở điểm VBO là dòng điện ngấp IBO. Điện áp VBO có trị số trong khoảng từ 20 V đến 40 V. Dòng tương ứng IBO có trị trong khoảng từ vài chục microampe đến vài trăm microampe. Ta thường dùng DIAC trong mạch tạo xung kích công TRIAC.

#### 6.4.2. Nguyên lý hoạt động của Diac

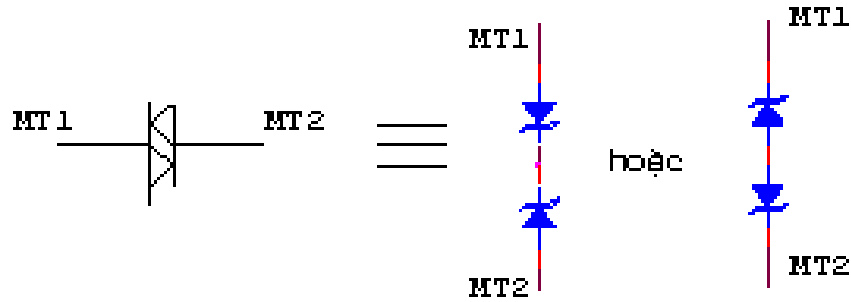
Mạch mô tả nguyên lý hoạt động của Diac như Hình 5.17



Hình 6.29 Nguyên lý hoạt động của Diac

Ta thấy khi U đạt đến giá trị  $U_{Bo}$  hoặc  $-U_{Bo}$  thì dòng I tăng vọt với giá trị  $|U_{Bo}|$  xác lập, tức ngưỡng ổn áp. Giống đặc tuyến làm việc của 2 Diốt zene ổn áp dương và ổn áp âm.

Vì vậy, ta có thể ghép đôi tiếp (nối tiếp và đối đầu) 2 diốt Zene để thay thế Diac khi cần thiết Hình 6.29



Hình 6.29. Thay thế Diac bằng nối tiếp đôi đầu hai điốt zener

**c. Nhận dạng, kiểm tra và xác định cực tính và chất lượng của SCR, TRIAC, DIAC**

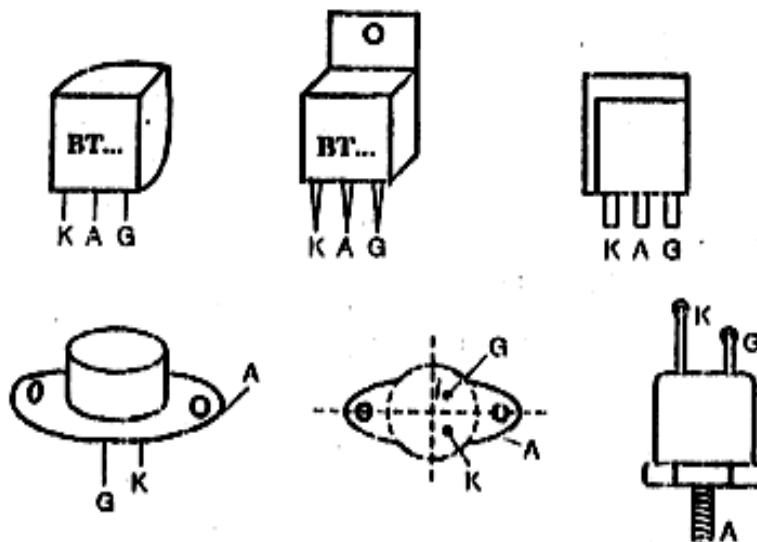
\* Nhận dạng các linh kiện bằng mã chữ cái

Mã số ghi trên thân SCR dùng cho việc tra cứu:

- |            |            |            |
|------------|------------|------------|
| - BR.....  | - BRX..... | - Bry..... |
| - BTW..... | - C.....   | - ESM..... |
| - RTJ..... | - S.....   | - TAG..... |
| - TIC..... | - 2N.....  |            |

Phía sau các dấu chấm là các mã số sản xuất của hãng, căn cứ vào đó ta tra cứu sổ tay linh kiện để biết được dòng, áp hoạt động của SCR một cách chính xác.

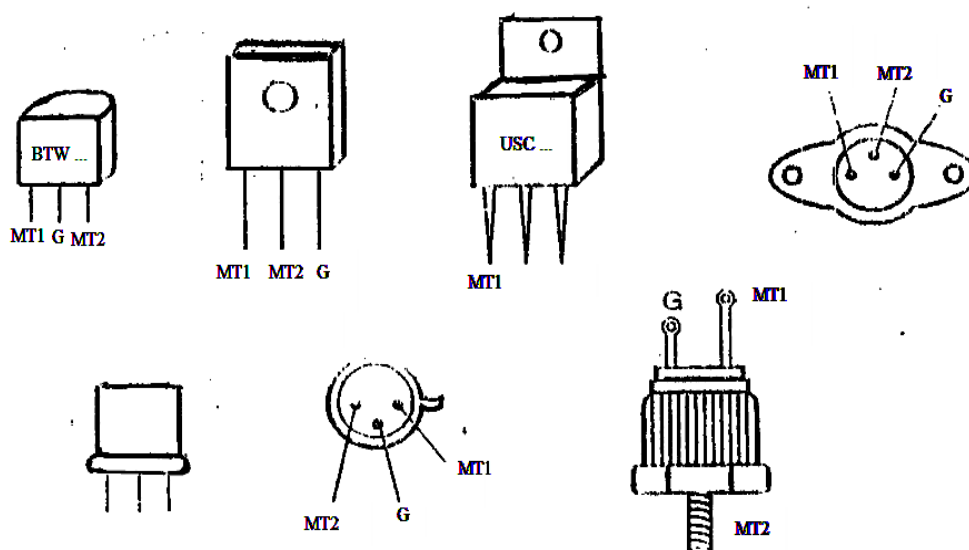
Một số Hình dạng thực tế của SCR như Hình 6.30



Hình 6.30: Một số hình dạng thực tế của SCR



Một số hình dạng thực tế của Triac như Hình 6.31

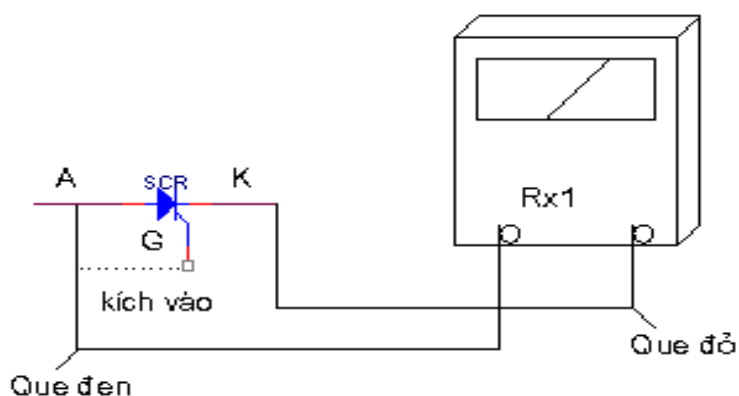


Hình 6.31: Một số hình dạng thực tế của Triac

\* Xác định cực tính và kiểm tra chất lượng các linh kiện: SCR, TRIAC, DIAC

- Xác định cực tính và chất lượng của SCR như Hình 5.21

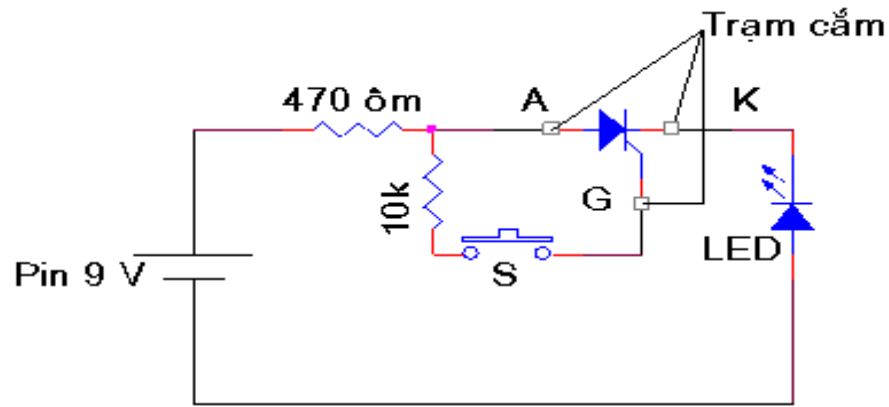
+ Vặn đồng hồ ở thang đo Rì 1 (nên dùng đồng hồ kim có nội trở thấp thì nguồn pin rò ra 2 que đo mạnh hơn → đo dễ hơn)



Hình 6.32: Mô phỏng xác định chất lượng của SCR

+ Que đen ta đặt tại chân A của SCR và que đỏ đặt tại chân K của SCR, lúc này đồng hồ không lên kim. Sau đó ta nối chân G vào A rồi thả ra thì quan sát thấy kim đồng hồ lên và tự giữ → SCR tốt. Nhắc lại nên dùng đồng hồ kim và loại nội trở <math>< 10K</math> để đo mới có kết quả.

**Ghi chú:** Nếu sử dụng đồng hồ đất tiền có nội trở > 10K (đây là loại chính xác dùng để đo  $\Omega$  và đo áp), thì không sử dụng được cách thử trên (bởi vì nguồn rò của pin ra 2 que đo rất bé không đủ kích dẫn SCR). Lúc này ta phải ráp mạch sau để thử



Hình 3.33 Ráp mạch để thử SCR

- Ráp sẵn mạch gồm nguồn pin 9V, điện trở  $470\Omega$ ,  $10k$ , led và ba trạm cảm để cảm SCR thử.

+ Khi ta bấm công tắc S rồi buông ra thì đèn led vẫn luôn sáng  $\rightarrow$  SCR tốt

Cách xác định đúng ba chân A,G,K của SCR bất kỳ không nằm trong dạng quy chuẩn:

+ Cách đo kiểm tra SCR như trình bày ở trên là ta đã xác định đúng ba chân A,G,K,

+ Nếu gặp SCR của hãng sản xuất không quen thuộc  $\rightarrow$  ta phải xác định đúng ba chân A,G,K. Để thực hiện việc xác định ba chân ta mô tả:

Cấu trúc SCR gồm 3 lớp bán dẫn

Thấy ngay lớp P-N ở hai chân G,K đo giống như diode bình thường

Đặc điểm chân A,G,K như sau

Số ohm giữa hai chân G và K rất bé: nếu dùng đồng hồ kim nội trở thấp đo rất khó phát hiện, nếu dùng đồng hồ kim nội trở lớn hơn  $10K$ , ta vặn thang  $R \times 1$  đo hai lần rồi đổi que đo, ứng với chiều kim lên nhiều hơn ( số ohm nhỏ hơn) thì que đo chỉ cực K và que đen chỉ cực G

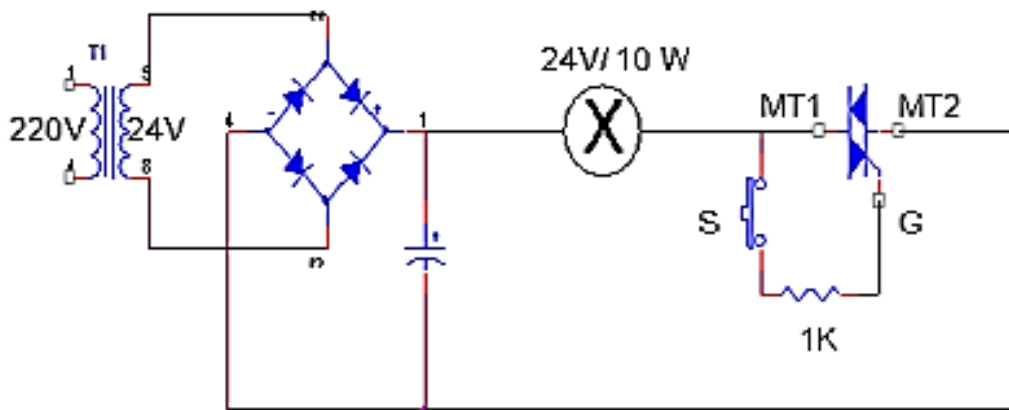
+ Số  $\Omega$  đo giữa chân A với K rất bé và A với G rất lớn  $> K\Omega$

- Xác định cực tính và chất lượng TRIAC

+ Cách kiểm tra Triac:

+ Dùng thang đo  $R \times 1$ :

Đo  $\Omega$  thuận nghịch 2 đầu  $MT_2$ ,  $MT_1$  và G có số  $\Omega$  rất lớn. Tốt nhất ta mắc mạch sau để thử



Hình 6.34: Mắc mạch để thử Triac

+Nếu triac tốt  $\rightarrow$  thì ta bấm S rồi buông ra bóng đèn vẫn sáng

Kiểm tra xác định chất lượng DIAC:

Ta dùng thang đo  $R \times 10$  đo 2 lần đầu MT1 và MT2 nếu:

Khoảng  $>$  vài trăm  $\Omega \rightarrow$  tốt

+ Zero  $\Omega \rightarrow$  bị nối tắt

+ Không lên  $\Omega \rightarrow$  bị đứt.

Câu hỏi và bài tập

**Bài 7.1.** Hãy phân biệt kí hiệu và tính chất của Triac và Diac thể hiện trên đặc tuyến von - ampe của chúng.

**Bài 7.2:** So sánh SCR với TRIAC về mặt cấu tạo

**Bài 7.3:** Bằng cách nào từ SCR tạo ra được Triac ? Tính chất của chúng khác nhau căn bản ở đặc điểm gì ?

**Bài 7.4:** Khi điều chỉnh góc dẫn điện của SCR, tham số nào trên tải thay đổi ? Bằng cách nào thực hiện được việc điều chỉnh góc dẫn điện (thời điểm kích mở) của SCR ? (hãy vẽ đồ thị thời gian sóng vào, sóng ra, sóng kích thích khởi động SCR và sóng ra trên tải để minh họa các kết luận trên).

Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập bài 3

Kiến thức

Phải nêu lên được đầy đủ cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động, đặc tuyến, các thông số cơ bản và ứng dụng của SCR, TRIAC, DIAC, DIODE 4 lớp

Trình bày chính xác cách nhận dạng, Phương pháp xác định các cực, chất lượng của SCR, TRIAC, DIAC,

Trình bày các kiểu mạch ứng dụng của SCR, TRIAC, DIAC, DIODE 4 lớp

Viết ngắn gọn, ghi rõ ràng đầy đủ những nét chính đã giới thiệu trong bài về cấu tạo, kí hiệu quy ước, nguyên lý hoạt động, đặc tuyến, các thông số và lĩnh vực ứng dụng SCR, TRIAC, DIAC,

Một số câu hỏi về xác định cực, kiểm tra chất lượng các linh kiện SCR, TRIAC, DIA.

Kỹ năng

Thực hành tại xưởng theo nhóm từ 2 đến 3 người về:

Nhận dạng các linh kiện SCR, TRIAC, DIAC

Nhận dạng bằng mã chữ kí hiệu và bằng hình dạng thực tế.

Nhận dạng các linh kiện trên các bo mạch thực tế.

Xác định cực tính và chất lượng của SCR, TRIAC, DIA.

Xác định trên các linh kiện rời và các linh kiện trên các bo mạch

Yêu cầu về đánh giá

- Trình bày được cấu tạo, kí hiệu quy ước, và các mạch ứng dụng của SCR, TRIAC, DIAC. Điot

- Nghiên cứu nguyên lý hoạt động và các tham số cơ bản của SCR, TRIAC, DIAC.

- Nhận dạng và, xác định chính xác chất lượng SCR, TRIAC, DIAC. Điot 4 lớp.

Từng học viên sẽ được biên chế vào từng tổ 4 - 5 người để đọc tài liệu theo sự chuẩn bị dưới hướng dẫn của giáo viên và thảo luận về:

+ Các đặc tuyến, tham số cơ bản và ứng dụng của SCR, TRIAC, DIAC. Điot 4 lớp.

+ Thực hiện một cách nghiêm túc và chủ động theo yêu cầu do giáo viên đề ra.

+ Sau hoạt động mỗi cá nhân học viên viết một bản thu hoạch tự nghiên cứu về một trong các vấn đề đã nêu ở nêu trên.

## Bài 7

### Đơn vị đo

#### Mục tiêu:

- Trình bày được các đơn vị cơ bản của hệ thống cơ và hệ thống điện thông dụng quốc tế (SI)
- Rèn luyện tính tư duy, cẩn thận và chính xác

#### 7.1. Các đơn vị cơ hệ SI

##### 7.1.1. Các đơn vị cơ bản

- Đơn vị cơ bản được thể hiện bằng các đơn vị chuẩn với độ chính xác cao nhất mà khoa học và kỹ thuật hiện đại có thể thực hiện được.
- Đơn vị kéo theo là đơn vị mà có liên quan đến các đơn vị cơ bản bởi những quy luật thể hiện bằng các biểu thức. Các đơn vị cơ bản được chọn sao cho với số lượng ít nhất mà có thể suy ra các đơn vị kéo theo cho tất cả các đại lượng vật lí.

Ngày nay để nhiều nước có thể sử dụng một hệ thống đơn vị duy nhất người ta thành lập hệ thống đơn vị quốc tế SI đã được thông qua hội nghị quốc tế về mẫu và cân (1960). Trong hệ thống đó có 7 đơn vị cơ bản là : mét(chiều dài ) kg(khối lượng), s(thời gian), A(cường độ dòng điện), K(nhiệt độ), mol (đơn vị số lượng vật chất) Cd (cường độ ánh sáng).

##### 7.1.2. Đơn vị lực

Lực có đơn vị là Niuton ( N )

##### 7.1.3. Đơn vị công

Đơn vị công là Jun ( J )

##### 7.1.4. Đơn vị năng lượng

Đơn vị năng lượng là Jun ( J )

##### 7.1.5. Đơn vị công suất

Đơn vị công suất là Watt ( W )

#### 7.2. Các đơn vị điện hệ SI

##### 7.2.1. Các đơn vị của dòng và điện tích

- Đơn vị của dòng điện là Ampe ( A )
- Điện tích hay lượng điện có đơn vị là Culông ( C )

### **7.2.2. Sức điện động, hiệu điện thế và điện áp**

Sức điện động, hiệu điện thế và điện áp thông thường có đơn vị là vol ( V )

### **7.2.3. Điện trở và dẫn điện**

Điện trở có đơn vị là Omh (  $\Omega$  )

### **7.2.4. Từ thông và cường độ từ thông**

Từ thông có đơn vị là : webe (Wb)

Cường độ từ thông có đơn vị là Ampe trên mét ( A/m )

### **7.2.5. Độ tự cảm**

Điện cảm có đơn vị là Henri ( H )

Cảm ứng từ có đơn vị là Tesla ( T )

### **7.2.6. Điện dung**

Điện dung có đơn vị là Fara ( F )

## Bài 8

### Sai số đo

#### Mục tiêu:

- Trình bày được các sai số trong kỹ thuật đo lường, nguyên nhân và biện pháp phòng tránh giảm sai số trong đo lường.
- Có ý thức trách nhiệm và bảo quản thiết bị dụng cụ

#### 8.1. Đo lường

##### 8.1.1. Độ chính xác và mức chính xác

- Độ chính xác là tiêu chuẩn quan trọng nhất của thiết bị đo. Bất kỳ một phép đo nào đều có sai lệch so với đại lượng đúng

*Độ chính xác tương đối:* 
$$A = 1 - \frac{Y_n - X_n}{Y_n}$$

Ví dụ: Điện áp hai đầu điện trở có trị số *tin cậy* được là 50V. Dùng vôn kế đo được 49V.

Như vậy:

*Độ chính xác tương đối:*

$$A = 1 - \frac{Y_n - X_n}{Y_n} = 1 - \frac{50 - 49}{50} = 0,98$$

Mức chính xác là độ chắc chắn của thiết bị với giá trị của đại lượng ở ngõ ra khi ta đưa một đại lượng ở đầu vào.

$$P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right|$$

Trong đó:  $X_n$  - giá trị đo lần thứ n

$\bar{X}_n$  - giá trị trung bình

Ví dụ: Cho bảng 2.1 có giá trị nhận được 10 lần đo, tính sự chính xác của lần đo thứ 6.

Số lần đo	Giá trị đo được $X_n$
1	98
2	101
3	102
4	97
5	101
6	100
7	103
8	98
9	106
10	99

Giá trị trung bình của 10 lần đo được tính như sau:

$$\bar{X}_n = \frac{\sum X_n}{X_n} = \frac{1005}{10} \approx 100$$

$$\Rightarrow P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right| = 1 - \left| \frac{100 - 1005}{100} \right| \approx 0,99$$

Độ chính xác của một phép đo và mức chính xác phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như chất lượng của thiết bị đo, người sử dụng các thiết bị đó và yếu tố môi trường. Cấp chính xác của dụng cụ đo là đặc trưng tổng quát của nó, được quy định bởi các tiêu chuẩn quốc gia và quốc tế về các giới hạn của sai số đo cơ bản và thứ yếu, cũng như về các thông số khác có ảnh hưởng đến độ chính xác của các dụng cụ đo. Để đánh giá độ chính xác của đồng hồ đo điện, người ta dùng khái niệm cấp chính xác của dụng cụ đo. Cấp chính xác có thể kí hiệu bằng chữ hoặc số theo các quy định xác định. **Cấp chính xác** được biểu diễn bởi biểu thức 2.3

$$\gamma\% = \frac{\Delta X_m}{A_m} 100\%$$

Trong đó:  $\Delta X_m$  – sai số tuyệt đối lớn nhất

$A_m$  – giá trị lớn nhất của thang đo

Dụng cụ đo điện có 8 cấp chính xác sau: 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 và 5. Cấp chính xác được ghi trên mặt của đồng hồ đo. Biết cấp chính xác ta có thể tính được sai số tuyệt đối lớn nhất cho phép của phép đo:



$$\gamma\% = \frac{\Delta X_m}{A_m} 100\% \Rightarrow \Delta X_m = \frac{\gamma\% A_m}{100\%}$$

Ví dụ: Một vôn-kế có ghi *cấp chính xác* là 1, nghĩa là giới hạn sai số của nó cho tầm đo là 1%.

Ví dụ: Một miliampe kế có thang độ lớn nhất  $A_{\max} = 100\text{mA}$ , cấp chính xác là 2,5. Sai số tuyệt đối lớn nhất cho phép sẽ là:

$$\gamma\% = \frac{\Delta X_m}{A_m} 100\% \Rightarrow \Delta X_m = \frac{\gamma\% A_m}{100\%} = \frac{2,5 \times 100}{100} = 2,5\text{mA}$$

Vượt quá giá trị 2,5mA này đồng hồ sẽ không còn đạt cấp chính xác 2,5 nữa.

Ví dụ: Một vôn kế có cấp chính xác 1,5 khi dùng thang đo 50V mắc sai số cho phép lớn nhất là:

$$\Delta X_{\max} = 1,5 \cdot 50 / 100 = 0,75\text{V}$$

Nhưng nếu dùng thang đo 100V thì sai số tuyệt đối lớn nhất cho phép lại là

$$\Delta X_{\max} = 1,5 \cdot 100 / 100 = 1,5\text{V}$$

### 8.1.2. Các tiêu chuẩn

Khi sử dụng thiết bị đo lường, chúng ta mong muốn thiết bị được *chuẩn hóa* (*calibrate*) khi được xuất xưởng nghĩa là đã được chuẩn hóa với thiết bị *đo lường chuẩn* (*standard*). Việc chuẩn hóa thiết bị đo lường được xác định theo bốn cấp như sau:

**Cấp 1:** *Chuẩn quốc tế* (*International standard*) - các thiết bị đo lường cấp chuẩn quốc tế được thực hiện định chuẩn tại *Trung tâm đo lường quốc tế* đặt tại Paris (Pháp), các thiết bị đo lường chuẩn hóa cấp 1 này theo định kỳ được đánh giá và kiểm tra lại theo trị số đo tuyệt đối của các đơn vị cơ bản vật lý được hội nghị quốc tế về đo lường giới thiệu và chấp nhận.

**Cấp 2:** *Chuẩn quốc gia* - các thiết bị đo lường tại các *Viện định chuẩn quốc gia* ở các quốc gia khác nhau trên thế giới đã được chuẩn hóa theo *chuẩn quốc tế* và chúng cũng được chuẩn hóa tại các *viện định chuẩn quốc gia*.

**Cấp 3:** *Chuẩn khu vực* - trong một quốc gia có thể có nhiều *trung tâm định chuẩn* cho từng khu vực (*standard zone center*). Các thiết bị đo lường tại các trung tâm này đương nhiên phải mang *chuẩn quốc gia* (*National standard*). Những thiết bị đo lường được định chuẩn tại các trung tâm định chuẩn này sẽ mang *chuẩn khu vực* (*zone standard*).

**Cấp 4: Chuẩn phòng thí nghiệm** - trong từng khu vực sẽ có những phòng thí nghiệm được công nhận để chuẩn hóa các thiết bị được dùng trong sản xuất công nghiệp. Như vậy các thiết bị được chuẩn hóa tại các phòng thí nghiệm này sẽ có *chuẩn hóa của phòng thí nghiệm*. Do đó các thiết bị đo lường khi được sản xuất ra được chuẩn hóa tại cấp nào thì sẽ mang chất lượng tiêu chuẩn đo lường của cấp đó.

Còn các thiết bị đo lường tại các trung tâm đo lường, viện định chuẩn quốc gia phải được chuẩn hóa và mang tiêu chuẩn cấp cao hơn. Ví dụ phòng thí nghiệm phải trang bị các thiết bị đo lường có tiêu chuẩn của *chuẩn vùng* hoặc *chuẩn quốc gia*, còn các thiết bị đo lường tại viện định chuẩn quốc gia thì phải có *chuẩn quốc tế*. Ngoài ra theo định kỳ được đặt ra phải được kiểm tra và chuẩn hóa lại các thiết bị đo lường.

### 8.1.3. Kỹ thuật đo

Phép đo cần phải được thực hiện một cách cẩn thận và sự thể hiện các số liệu đo phải phù hợp sau khi đã có tính toán đến các giới hạn về độ nhạy, độ chính xác và khả năng của thiết bị đo. Đôi khi số đo có thể đúng nhưng nếu thể hiện kết quả sai, người ta có thể hiểu mạch đang tốt là có sai hỏng và ngược lại. Hơn nữa, việc sử dụng thiết bị đo sai có thể tạo ra các nguy hiểm cho sự an toàn của người đo và thiết bị đo. Các kỹ thuật đo sau đây cần phải tuân theo khi đo thử hay thực hiện các phép đo trong việc chẩn đoán hư hỏng, sửa chữa và bảo dưỡng các thiết bị điện tử.

- Nối thiết bị đến nguồn điện lưới, tốt hơn hết là thông qua đầu nối ba chân, và thực hiện bật nguồn cho hệ thống theo trình tự sau: Các điểm quan trọng được chuyển mạch ON đầu tiên, tiếp theo là đóng [ON] nguồn cung cấp, sau đó đóng [ON] thiết bị đo, và cuối cùng đóng nguồn cung cấp cho mạch cần đo thử. Khi tắt (chuyển mạch sang OFF), thì trình tự là ngược lại, thì trình tự phải được thực hiện ngược lại: trước tiên tắt nguồn cung cấp cho mạch cần đo, tiếp theo là tắt thiết bị đo, sau đó tắt nguồn cung cấp và cuối cùng là ngắt điện lưới. Điều này sẽ bảo vệ thiết bị đo và thiết bị cần đo khỏi các xung quá độ. Không hàn hay tháo mỗi hàn linh kiện khi nguồn cung cấp đang bật.

- Bất kỳ lúc nào cũng phải tắt thiết bị đo còn nếu thiết bị đo được chuyển mạch sang đóng [ON] ngay sau đó thì cần phải có khoảng thời gian đáng kể để cho phép các tụ xả điện.

- Các thiết bị đo thử cần phải được nối đất một cách hiệu quả để giảm thiểu các biến thiên của nhiễu.

- Chọn thang đo phù hợp theo tham số cần đo, tùy theo giá trị đo yêu cầu. Nếu không biết giá trị đo yêu cầu, thì hãy chọn thang đo cao nhất và sau đó giảm dần thang đo cho phù hợp, để tránh cho thiết bị đo bị quá tải và bị hư hỏng. Thang đo được chọn cuối cùng sẽ cho kết quả đo gần với độ lệch lớn nhất có thể có đối với phép đo điện áp và dòng điện, và gần mức trung bình đối với phép đo điện trở, để có độ chính xác tối ưu đối với hệ thống đo.

- Khi giá trị đo bằng 0, thì đồng hồ đo cần phải chỉ thị bằng 0, nếu không thì cần phải được chỉnh về 0 cho phù hợp.

- Không sử dụng các đầu que đo nhọn có kích thước lớn vì chúng có thể gây ngắn mạch. Các đầu que đo cần phải nhọn nhất nếu có thể được.

- Điều quan trọng của việc nối các điểm đo thử: các hãng chế tạo thiết bị thường quy định các điểm đo thử tại các vị trí thuận tiện trên bảng mạch in. Điện trở, mức điện áp  $dc$ , mức điện áp tín hiệu và các dạng sóng của tín hiệu sẽ được quy định cho mỗi điểm đo thử. (điểm đo thử thường là cọc lắp đứng trên bảng mạch in). Các điểm đo thử sẽ được đệm tốt nhất để tránh nguy hiểm quá tải cho mạch cần đo. Các điểm đo thử được thiết kế bởi các nhà chuyên môn có kinh nghiệm, khi cần khảo sát thiết bị, không được bỏ qua các điểm đo thử như vậy trong quá trình sửa chữa.

- Thông thường các đầu que đo mang dấu dương và âm đối với các phép đo điện áp và dòng điện trong mạch. Nguồn pin bên trong đồng hồ đo sẽ có cực tính ngược lại, tức là đầu que đo âm của nguồn pin trong đồng hồ đo sẽ được nối đầu que được đánh dấu dương (que đo màu đen) và ngược lại thể hiện ở hình 2.1. Thực tế này cần phải nhớ khi đo thử các diode, các tụ điện phân, các transistor và các vi mạch.



Hình 8.1. Kỹ thuật đo

- Nếu các điểm đo thử là không cho trước, hoặc nếu các phép đo là được thực hiện tại các điểm khác nhau, thì cần phải chú ý các điểm như sau:

a) Khi đo các điện áp  $dc$ , phép đo cần phải được thực hiện ngay tại các linh kiện thực tế, và đối với vi mạch đo trực tiếp trên các chân.

- b) Sử dụng đầu kẹp đo thử IC để thực hiện các phép đo trên các chân của IC.
- c) Khi cần đo tín hiệu trên mạch in trong bảng mạch, nên kẹp đầu đo trên chân của cấu kiện điện tử được nối với đường mạch in.
- d) Khi thực hiện các phép đo trên bảng mạch, cần phải đảm bảo rằng các IC không bị điện tích tĩnh đo thiết bị đo.
- e) Khi kiểm tra hở mạch, hãy tháo một đầu của cấu kiện điện tử rồi thực hiện phép đo. Nếu cấu kiện không được tháo một đầu, thì các cấu kiện khác mắc song song với cấu kiện nghi ngờ sẽ chỉ thị không đáng tin cậy. Có thể kiểm tra cấu kiện nghi ngờ bằng cầu đo. Khi tháo mỗi hàn ra khỏi bảng mạch in là khó khăn thì có thể cắt đường mạch in liên quan, do dễ dàng hàn lại vết cắt hơn so với việc tháo mỗi hàn cấu kiện để đo rồi hàn lại, nhưng khi hàn lại vết cắt, cần đề phòng mỗi hàn bị nứt không xảy ra.
- f) Việc tháo và hàn IC là một quá trình khá phức tạp cần phải hết sức cẩn thận. Cần phải tháo mỗi hàn cho IC để đo thử chỉ khi xác minh chắc chắn các phép đo trên bảng mạch cho thấy IC đã thực sự hỏng.
- Cần phải tuân theo các lưu ý về an toàn để đảm bảo an toàn cho người đo, thiết bị đo.
  - Cần phải tuân theo các chỉ dẫn từ hướng dẫn sử dụng thiết bị đo thử, cũng như trình tự đo thử.
  - Cần phải nghiên cứu kỹ cách vận hành thiết bị đo để thực hiện phép đo và cần phải tuân theo tất cả các điểm lưu ý đã được đề cập.

#### **8.1.4. Dịch số liệu**

Khi thực hiện phép đo, điều quan trọng là số liệu nhận được có đúng với giá trị của linh kiện cần đo để từ đó nhận ra nguyên nhân của sự khác biệt giữa kết quả đo được và kết quả dự kiến. Nếu kết quả thu được, khác với dự kiến thì cũng có thể là dụng cụ đo bị hỏng, hay bộ phận đọc số liệu bị hỏng hoặc kém, sự hiểu biết về các thông số đo chưa đầy đủ,...

##### ***a. Sai số***

- Mục tiêu: Xác định được các nguyên nhân gây ra sai số và những ảnh hưởng của nó trong đo lường.

Là độ chênh lệch giữa kết quả đo và giá trị thực của đại lượng đo. Nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: thiết bị đo, phương thức đo, người đo...

## ***b. Nguyên nhân gây sai số***

Không có phép đo nào là không có sai số. vấn đề là khi đo phải chọn đúng phương pháp thích hợp, cũng như cần cẩn thận, thành thạo khi thao tác, để hạn chế sai số các kết quả đo sao cho đến mức ít nhất. Các nguyên nhân gây ra sai số thì có nhiều, người ta phân loại nguyên nhân gây ra sai số là do các yếu tố khách quan và chủ quan gây nên. Các nguyên nhân khách quan ví dụ: dụng cụ đo lường không hoàn hảo, đại lượng đo được bị can nhiễu nên không hoàn toàn được ổn định... Nguyên Nhân chủ quan, ví dụ: đo thiếu thành thạo trong thao tác, phương pháp tiến hành đo không hợp lý...

Vì có các nguyên nhân đó và ta cũng không thể tuyệt đối loại trừ hoàn toàn được như vậy nên kết quả của phép đo nào cũng chỉ cho giá trị gần đúng. Ngoài việc cố gắng hạn chế sai số đo đến mức thấp nhất, ta còn cần đánh giá được xem kết quả đo có sai số đến mức độ nào.

## ***c. Phân loại sai số***

Mỗi thiết bị đo có thể cho độ chính xác cao, nhưng có thể có các sai số do các hạn chế của thiết bị đo, do các ảnh hưởng của môi trường, và các sai số do người đo khi thu nhận các số liệu đo. Các loại sai số có ba dạng: Sai số chủ quan (Sai số thô), sai số hệ thống, sai số ngẫu nhiên.

### **8.2. Sai số**

#### **8.2.1. Sai số chủ quan**

(*Các sai số thô*): có thể quy cho giới hạn của các thiết bị đo hoặc là các sai số do người đo.

Giới hạn của thiết bị đo: Ví dụ như ảnh hưởng quá tải gây ra bởi một voltmeter có độ nhạy kém. Voltmeter như vậy sẽ rẽ dòng đáng kể từ mạch cần đo và vì vậy sẽ tự làm giảm mức điện áp chính xác.

#### **8.2.2. Sai số hệ thống**

Sai lệch có cùng dạng, không thay đổi được gọi là sai số hệ thống.

*Ví dụ:* Giả sử dùng thước 20m để đo một đoạn thẳng nào đó, nhưng chiều dài thật của thước lúc đó lại là 20,001m. Như vậy trong kết quả một lần kéo thước có chứa 1mm, sai số này được gọi là sai số hệ thống.

Có hai loại sai số: Sai số của thiết bị đo và sai số do môi trường đo.

*Sai số của thiết bị đo:* là do ma sát ở các bộ phận chuyển động của hệ thống đo hay do ứng suất của lò xo gắn trong cơ cấu đo là không đồng đều. Ví dụ, kim chỉ thị có thể không dừng ở mức 0 khi không có dòng chảy qua đồng hồ. Các sai số khác là đo chuẩn sai, hoặc do dao động của nguồn cung cấp, do nối đất không đúng, và ngoài ra còn do sự già hoá của linh kiện.

Cũng là loại sai số tương tự sai số đọc, nhưng không phải do mắt, mà do sự hiển thị của các thiết bị đo kỹ thuật số. Các giá trị mà chúng có thể cho hiển thị trên màn hình chỉ là các giá trị gián đoạn (ví dụ: card chuyển từ analog – “tín hiệu tương tự” sang digital – “tín hiệu số”, nếu là loại 8 bits thì chỉ có thể hiển thị được  $2^8=256$  mức khác nhau), nếu kết quả đo không trùng với các mức đó thì sẽ được làm tròn.

Ngoài ra, khi đại lượng cần đo có sự dao động lớn hơn khoảng cách giữa hai mức tín hiệu số cạnh nhau, ta còn thấy các con số hiển thị thay đổi liên tục, việc chọn giá trị nào là tùy người sử dụng.

*Sai số do môi trường đo:* là sai số do các điều kiện bên ngoài ảnh hưởng đến thiết bị đo trong khi thực hiện phép đo. Sự biến thiên về nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, từ trường, có thể gây ra các thay đổi về độ dẫn điện, độ rò, độ cách điện, điện cảm và điện dung. Biến thiên về từ tính có thể đo thay đổi mô men quay (tức độ lệch). Các thiết bị đo tốt sẽ cho các phép đo chính xác khi việc che chắn các dụng cụ đến mức tối đa, sử dụng các màn chắn từ trường, v. v... Các ảnh hưởng của môi trường đo cũng có thể gây ra độ dịch chuyển nhỏ ở kết quả, do thay đổi nhỏ về dòng điện.

### **8.2.3. Sai số ngẫu nhiên**

Giả sử thước có vạch chia nhỏ nhất đến 1mm, thì sai số đọc thước ở phần ước lượng nhỏ hơn mm là sai số ngẫu nhiên.

Sai số ngẫu nhiên là những sai số mà trị số và đặc điểm ảnh hưởng của nó đến mỗi kết quả đo đặc không rõ ràng, khi thì xuất hiện thế này, khi thì xuất hiện thế kia, ta không thể biết trước trị số và dấu của nó.

Vì vậy sai số ngẫu nhiên xuất hiện ngoài ý muốn chủ quan của con người, chủ yếu do điều kiện bên ngoài, ta khó khắc phục mà chỉ có thể tìm cách hạn chế ảnh hưởng của nó.

Sai số ngẫu nhiên có các đặc tính sau. Sai số ngẫu nhiên có trị số và dấu xuất hiện không theo quy luật, nhưng trong cùng một điều kiện đo nhất định, sai số ngẫu nhiên sẽ xuất hiện theo những quy luật.

Đặc tính giới hạn: Trong những điều kiện đo đạc cụ thể, trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên không vượt quá một giới hạn nhất định.

Đặc tính tập trung: Sai số ngẫu nhiên có trị tuyệt đối càng nhỏ, thì có khả năng xuất hiện càng nhiều.

Đặc tính đối xứng: Sai số ngẫu nhiên dương và âm với trị số tuyệt đối bé có số lần xuất hiện gần bằng nhau.

Đặc tính bù trừ: Khi số lần đo tiến tới vô cùng, thì số trung bình cộng của các sai số đo đạc ngẫu nhiên của cùng một đại lượng sẽ tiến tới không. Tức là:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n} = 0$$

- Ngoài các sai số trên để đánh giá sai số của dụng cụ khi đo một đại lượng nào đó người ta còn phân loại.

- Sai số tuyệt đối: là hiệu giữa giá trị đại lượng đo  $Y_n$  và giá trị thực  $X_n$

$$e = Y_n - X_n$$

- Sai số tương đối (tính theo %):  $e_r = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \cdot 100\%$

Trong đó:  $Y_n$  - giá trị đại lượng đo;  $X_n$  - giá trị thực (trị số đo được)

- Độ chính xác tính theo %:  $a = 100\% - e_r = (A \times 100\%)$

#### 8.2.4. Thị sai

Sai số do đọc: Là các sai lệch do quan sát khi đọc giá trị đo. Các nhầm lẫn như vậy có thể do thị sai, hay do đánh giá sai khi kim nằm giữa hai vạch chia.

- Nhiệm vụ của người quan sát khi thực hiện phép đo:

Chuẩn bị trước khi đo: phải nắm được phương pháp đo, am hiểu về thiết bị đo được sử dụng, kiểm tra điều kiện đo, phán đoán về khoảng đo để chọn thiết bị phù hợp, chọn dụng cụ đo phù hợp với sai số yêu cầu và phù hợp với môi trường xung quanh.

Trong khi đo: Phải biết điều khiển quá trình đo để có kết quả mong muốn.

Sau khi đo: nắm chắc các phương pháp gia công kết quả đo để gia công kết quả đo. Xem xét kết quả đo đạt yêu cầu hay chưa, có cần phải đo lại hay phải đo nhiều lần theo phương pháp đo lường thống kê.

- Không có thang đo nào có đủ các vạch cho mọi giá trị ( ví dụ: Thước kẻ chỉ chia vạch đến mm, do đó các độ dài không phải số nguyên lần mm thì người đo phải nhận định về phần lẻ là bao nhiêu phần trăm của 1mm). Sai số loại này rất phổ biến và do tính chủ quan của người đọc.

- Khi dùng đồng hồ kim, kim của đồng hồ không nằm trong mặt phẳng chứa các vạch chia độ. Khi đó vị trí đặt mắt không đúng sẽ làm tăng sai số đọc. Vị trí đúng là vị trí mà mặt phẳng do con người của mắt và kim của đồng hồ tạo thành một mặt phẳng vuông góc với mặt chia độ. Do vậy, đôi khi người ta phải có gương phản xạ trên mặt chia độ, và chỉ cần chọn vị trí của mắt sao cho ảnh của kim bị khuất sau chính kim đó.

### **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Đơn vị đo là gì? Thế nào là đơn vị tiêu chuẩn? có mấy đơn vị tiêu chuẩn.
2. Kỹ thuật đo là gì?
3. Sai số đo là gì? Phân biệt các loại sai số đo
4. Cấp chính xác của dụng cụ đo là gì? Phân biệt sai số của phép đo và cấp chính xác của dụng cụ đo khác nhau ở chỗ nào?



## Bài 9

### Cơ cấu đo

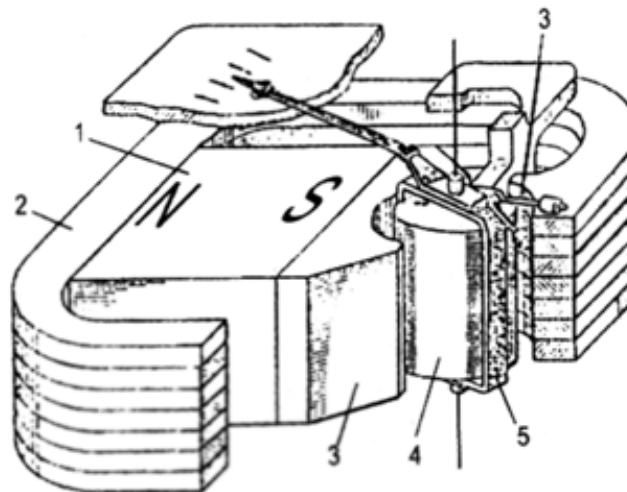
#### Mục tiêu:

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý hoạt động các thiết bị đo lường dùng kim và chỉ thị số thông dụng trong kỹ thuật điện, điện tử
- Sử dụng được một số thiết bị, cơ cấu đo thông dụng.
- Có ý thức trách nhiệm và bảo quản thiết bị dụng cụ

#### 9.1. Thiết bị đo kiểu nam châm vĩnh cửu với cuộn dây quay

##### 9.1.1. Nguyên lý cấu tạo

- Cơ cấu này được ký hiệu trên mặt máy đo như sau:



Cơ cấu chỉ thị từ điện

Hình 9.1. Cấu tạo của cơ cấu chỉ thị điện từ

Cơ cấu chỉ thị từ điện gồm có hai phần cơ bản : Phần tĩnh và phần động

\* Phần tĩnh gồm có :

- Nam châm vĩnh cửu 1
- mạch từ 2
- Cực từ 3
- Lõi sắt 4

Hình thành mạch từ kín

Giữa cực từ 3 và lõi 4 có khe hở không khí

\* Phần động gồm có :

Khung dây 5 được quấn bằng dây đồng có đường kính  $0,03 \div 0,07$  mm

Khung dây được gắn vào trục ( hoặc dây căng, dây treo) quay và di chuyển trong khe hở không khí giữa cực từ 3 và lõi 4. Nam châm được chế tạo bằng các hợp kim Vonfram, alnicô, hợp kim crom... có trị số từ cảm từ  $0,1 \div 0,12$  Tesla và từ  $0,2 \div 0,3$  tesla.

### 9.1.2. Phân loại:

Có 2 loại

- Loại có một khung dây động
- Loại có hai khung dây động

### 9.1.3. Hoạt động

Khi có dòng điện chạy qua khung dây, dưới tác dụng của từ trường Nam châm vĩnh cửu, Khung dây lệch khỏi vị trí ban đầu một góc là  $\alpha$  .

Mô men quay được tính theo biểu thức:  $M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$

$W_e$  : Là năng lượng điện từ tỉ lệ với độ lớn của từ thông trong khe hở không khí và dòng điện chạy trong khung dây.

$$W_e = \phi . I$$

$$\phi = B . S . W . \alpha$$

B : là độ từ cảm của Nam châm vĩnh cửu

S : Là tiết diện khung dây

W: là số vòng của khung

$\alpha$  : Là góc lệch của khung khỏi vị trí ban đầu

Thay ( 2 ) và ( 3 ) vào ( 1 ) ta có :

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{d(BSW\alpha . I)}{d\alpha} = BSWI$$

Ở vị trí cân bằng thì :  $M_q = M_c$

$$\Rightarrow B . S . W . I = D\alpha \text{ và } \alpha = \frac{1}{D} . B . S . W . I = S_1 . I \quad (*)$$

Do B, S, W, D là hằng số nên góc lệch  $\alpha$  tỷ lệ bậc nhất với dòng điện I.

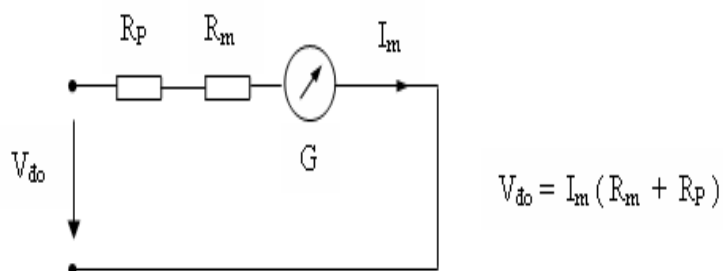
Từ biểu thức (\*) ta thấy cơ cấu từ điện chỉ có thể đo được dòng điện một chiều, thang đo đều nhau, độ nhạy  $S_i = \frac{1}{D} \cdot B \cdot S \cdot W$  là một hằng số không đổi. Cơ cấu từ điện dùng để chế tạo amperet, vônmet, ômmet nhiều thang đo và có dải đo rộng, độ chính xác cao cấp (0,1 ÷ 0,5)

## 9.2. Ampe đo điện một chiều

Một số khái niệm:

Vôn kế một chiều hoạt động dựa trên cơ sở của sự biến đổi điện áp thành dòng điện đi qua cơ cấu đo. Nói cách khác là độ lệch của dụng cụ đo tỉ lệ với dòng điện chạy qua cuộn dây động của cơ cấu, mà dòng điện qua cuộn dây lại tỉ lệ thuận với điện áp đặt trên nó.

Khi đo điện áp chúng ta thường mắc vôn kế song song với phụ tải, như vậy để tránh sụt áp ảnh hưởng tới mạch điện cần đo thì đòi hỏi vôn kế phải có trở kháng thật lớn. Đối với vôn kế thì điện trở của cuộn dây có giá trị nhỏ, dòng điện cho phép đi qua nhỏ, do đó mà bắt buộc người ta phải mắc nối tiếp với cuộn dây 1 điện trở phụ gọi là điện trở nhân ( $R_P$ ). Sơ đồ cấu tạo của vôn kế DC như sau :



Hình 9.2. Ampe đo điện một chiều

$R_P$  : là điện trở phụ hay điện trở nhân của vôn kế .

Trong đó  $\left\{ \begin{array}{l} R_m : \text{ là nội trở của cơ cấu đo .} \\ I_m : \text{ là dòng điện cực đại cho phép đi qua cơ cấu đo .} \\ V : \text{ là điện áp cần đo và cũng là điện áp đặt trên vôn kế .} \end{array} \right.$

Đặc điểm của vôn kế DC là giữa các que đo có sự phân cực rõ ràng, bởi vì khi ta đảo chiều que đo nghĩa là đảo chiều cực tính dòng điện đi vào cơ cấu đo, khi đó kim chỉ thị sẽ lập tức quay theo chiều ngược lại, trái với quy ước của bảng khắc vạch. Như vậy trong quá trình đo điện áp ta cần phải đặt que đo sao cho đúng cực tính quy định của vôn kế .

### 9.2.1. Nguyên lý cấu tạo

Để đo dòng điện một chiều, ta có thể sử dụng cơ cấu đo kiểu từ điện từ, từ điện hay điện động. Thông thường ta sử dụng cơ cấu đo kiểu từ điện vì có độ nhạy cao lại tiêu thụ năng lượng ít khoảng 0.2 đến 0.4W và vạch chia trên thang đo được chia đều nên dễ đọc.

- Dòng cho phép: thường là  $10^{-1} \div 10^{-2}$  A
- Cấp chính xác: 1,5; 1; 0,5; 0,2; cao nhất có thể đạt tới cấp 0,05.
- Điện trở cơ cấu:  $20\Omega \div 2000\Omega$ .

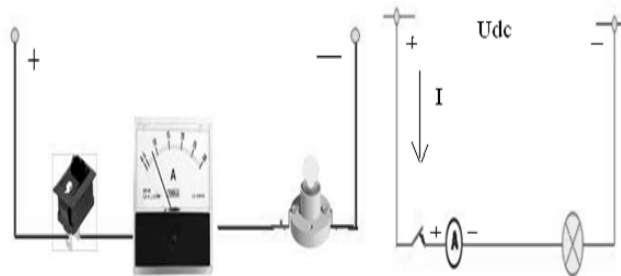
Vì vậy muốn sử dụng cơ cấu này để chế tạo các dụng cụ đo dòng điện lớn hơn dòng qua cơ cấu chỉ thị ( $I_{FS}$ ), phải dùng thêm một điện trở shunt phân nhánh nối song song với cơ cấu chỉ thị từ điện.

### 9.2.2. Cách mắc mạch đo

Hình 9.2: Khi đo dòng điện, ta mắc dụng cụ đo nối tiếp với mạch điện cần đo theo đúng chiều dương âm của ampe kế thể hiện hình 3.5. Vì thế ampe kế sẽ lấy một phần năng lượng của mạch đo nên sẽ gây ra sai số trong quá trình đo. Phần năng lượng này còn gọi là công suất tiêu thụ của ampe kế và được tính theo biểu thức

$$P_A = I_A^2 \cdot R_A$$

Từ biểu thức trên, ta nhận thấy công suất tiêu thụ của dụng cụ đo càng nhỏ thì sai số của phép đo càng nhỏ nghĩa là điện trở của cơ cấu đo càng nhỏ càng tốt



Hình 9.2: Mạch đo dòng

-Dụng cụ đo: Ampe mét từ điện, được mắc nối tiếp với mạch có dòng điện cần đo sao cho tại cực dương dòng đi vào và tại cực âm dòng đi ra khỏi ampe mét.

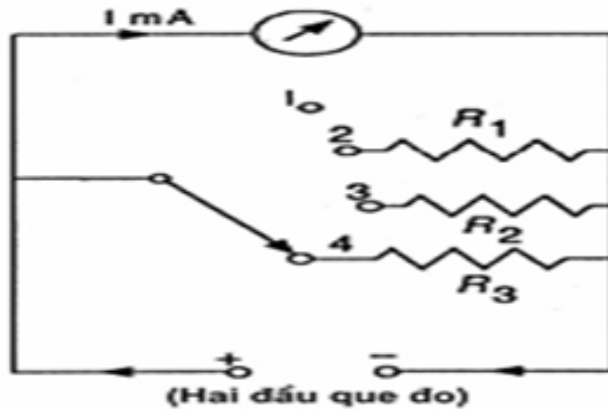
-Yêu cầu: nội trở R nhỏ để đảm bảo ampe mét ảnh hưởng rất ít đến trị số dòng điện cần đo

-Ampe mét từ điện: độ lệch của kim tỉ lệ thuận với dòng điện chạy qua cuộn dây.

- Trị số dòng điện lớn nhất có thể đo được chính là dòng qua cơ cấu đo ( $I_{FS}$ ) của điện kế.

### 9.2.3. Phương pháp mở rộng thang đo ( hình 8.3,b):

Ta đã biết cơ cấu hỉ thị từ điện dùng chế tạo các ampemet cho mạch một chiều. (Khung dây được quấn bằng dây đồng có kích thước nhỏ từ 0,02 ÷ 0,04 mm, vì vậy dòng điện chạy qua khung dây thông thường nhỏ hơn hoặc bằng 20mA. Tuy nhiên, khi dòng điện cần đo lớn hơn dòng qua cơ cấu chỉ thị ta phải mở rộng thang đo bằng cách ghép thêm điện trở  $R_s$  (điện trở Shunt) song song với điện kế để phân dòng và cho ampe-kế có nhiều tầm đo thích hợp ở hình 8.3a, 8.3b.. (Điện trở shunt là điện trở được chế tạo bằng hợp kim của magan có độ ổn định cao so với nhiệt độ).

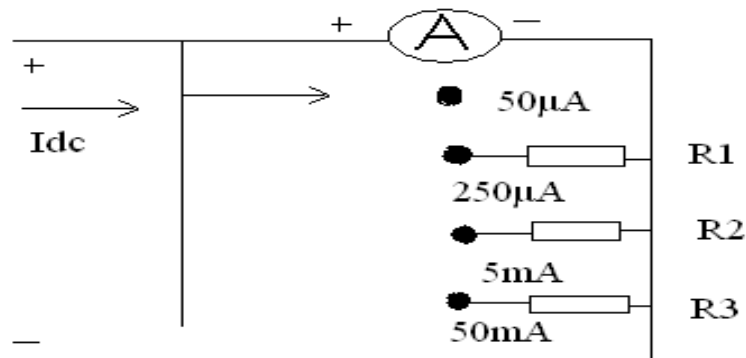


Hình 9.3a: Ammeter mở rộng thang đo

Dòng điện cần đo:  $I_R = I_{thang} - I_{FS}$  trong đó:  $I_{FS}$  - dòng điện qua cơ cấu chỉ thị.  
 $I_{thang}$  - dòng điện đi qua điện trở shunt.

Điện trở shunt  $R_s$  được xác định: 
$$R_s = \frac{V_{FS}}{I_{thang} - I_{FS}} \quad (3.10)$$

Trong đó: 
$$I_{FS} = \frac{V_{FS}}{R_G} \quad (3.11)$$



Hình 9.3b: Ammeter mở rộng thang đo

Cách tính trị số điện trở shunt:

Ví dụ: Giả thiết sử dụng điện kế có  $I_{FS} = 50\mu A$ ,  $R_G = 2k\Omega$ ,  $V_{FS} = 0,1V$ .

Ở thang đo  $50\mu A$  dòng chỉ qua điện kế và có điện trở là  $2k\Omega$ . Khi kim quay hết khung thì điện áp qua điện kế là  $V_{FS} = 0,1V$

Vậy, nếu ở thang đo  $250\mu A$  thì điện trở  $R_1$  là điện trở shunt được tính sao cho dòng qua điện kế vẫn là  $50\mu A$  và dòng còn lại qua điện trở  $R_1$

Ta có, công thức:

$$R_1 = \frac{V_{FS}}{I_{thang} - I_{FS}} = \frac{0,1}{250 \cdot 10^{-6} - 50 \cdot 10^{-6}} = 500\Omega$$

Nếu ở thang đo là  $R_2 = 5mA$

$$R_2 = \frac{V_{FS}}{I_{thang} - I_{FS}} = \frac{0,1}{5 \cdot 10^{-3} - 50 \cdot 10^{-6}} = 20,2\Omega$$

Vì vậy, đối với ampe-kế có nhiều tầm đo thì dùng nhiều điện trở shunt, mỗi tầm đo có một điện trở shunt, khi chuyển tầm đo là chuyển điện trở shunt.

Khi sử dụng Ampemet cần chú ý

- Không tạo điện áp rơi tại các mối nối
- Không được nối trực tiếp Ampemet với nguồn điện lớn gây hỏng thiết bị
- Khi sử dụng Ampemet ở thang đo lớn nhất sau đó giảm dần đến khi thỏa mãn dòng cần đo.

### 9.3. Volt kế một chiều

#### 9.3.1. Nguyên lý cấu tạo

Các cơ cấu đo từ điện, điện từ, điện động đều hoạt động với dòng xoay chiều nên được dùng để chế tạo nên volt kế một chiều.

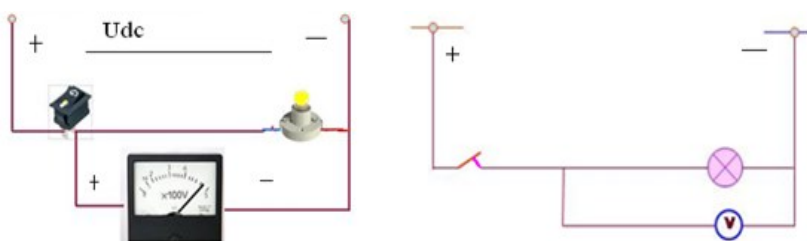
Trong các cơ cấu đo trên, cơ cấu đo kiểu từ điện được sử dụng nhiều hơn cả vì có độ chính xác cao và tiêu tốn ít năng lượng ( tổn hao thấp ) nhưng cơ cấu này có nhược điểm là điện áp định mức khoảng từ  $50mV$  đến  $75mV$ . Cho nên khi đo điện áp lớn hơn giá trị định mức, ta phải mắc thêm điện trở shunt nối tiếp với cơ cấu đo

Voltmeter một chiều được chế tạo gồm cơ cấu chỉ thị từ điện nối tiếp với một điện trở phụ  $R_p$ . khác với ampemet, voltmet dùng để đo điện áp rơi trên phụ tải hoặc điện áp giữa hai đầu của một mạch điện, do đó luôn mắc song với phụ tải cần đo..

### 9.3.2. Cách mắc mạch đo

(Hình 9.4): Đặt điện kế song song với hai điểm có điện áp cần đo theo đúng chiều dương của điện kế thể hiện hình 9.4. Khi sử dụng vônmet để đo điện áp cần lưu ý các sai số sinh ra trong quá trình đo, bao gồm:

- Sai số đo ảnh hưởng của vônmet khi mắc vào mạch đo.
- Sai số đo tần số.



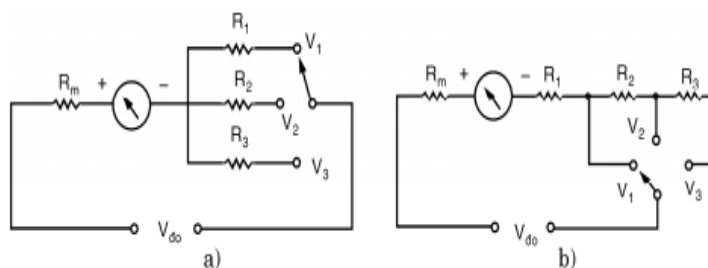
Hình 9.4: Mạch đo điện áp

### 9.3.3. Phương pháp mở rộng thang đo

Thiết bị dùng để đo điện áp được gọi là volt kế. Khi điện áp cần đo tạo ra dòng điện nằm trong giới hạn dòng tối đa của cơ cấu, thì ta có thể đo trực tiếp.

Khi điện áp cần đo lớn điện áp của cơ cấu đo ( $V_{FS}$ ) thì phải mở rộng thang đo bằng cách ghép thêm điện trở nối tiếp với điện kế để phân áp thể hiện hình 9.3b.

Như vậy ta thấy điện trở của tải được mắc song song thêm với điện trở của volmet và làm thay đổi điện áp trên tải và gây ra sai số phụ trong quá trình đo lường thể hiện hình 8.5a



Hình 9.5: Mạch đo điện áp DC nhiều thang đo, với cách mắc song song và nối tiếp

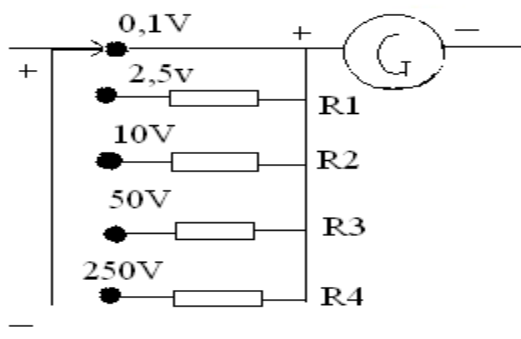
Cách tính điện trở phụ nối tiếp:

Công thức tính điện trở phụ cho các thang đo là:

$$R_p = \frac{V_{thang} - V_{FS}}{I_{FS}} \Rightarrow R_p = \frac{V_{thang}}{I_{FS}} - R_G \quad (3.10)$$

Trong đó 
$$I_{FS} = \frac{V_{FS}}{R_G}$$

Ví dụ: Giả thiết sử dụng điện kế như hình 3.9 có  $I_{FS} = 50\mu A$ ,  $R_G = 2k\Omega$ ,  $V_{FS} = 0,1V$ .



Hình 9.6: Voltmet mở rộng thang đo

Ở thang đo 0,1V điện áp chỉ qua điện kế và có điện trở là 2 k $\Omega$ . Khi kim quay hết khung thì dòng qua điện kế là  $I_{FS} = 50\mu A$ .

Vậy, nếu ở thang đo 2,5V điện trở  $R_1$  là điện trở phụ được tính sao cho khi điện áp 2,5V thì điện áp trên điện kế vẫn là 0,1V và điện áp còn lại giảm trên điện trở  $R_1$ .

Ta có, công thức:

$$R_p = \frac{V_{thang} - V_{FS}}{I_{FS}} \Rightarrow R_p = \frac{V_{thang}}{I_{FS}} - R_G$$

hay :

$$R_1 = \frac{V_{thang}}{I_{FS}} - R_G = \frac{2,5}{50 \cdot 10^{-6}} - 2 \cdot 10^3 = 48k\Omega$$

Nếu ở thang đo 50V có trị số điện trở phụ là:

$$R_2 = \frac{V_{thang}}{I_{FS}} - R_G = \frac{50}{50 \cdot 10^{-6}} - 2 \cdot 10^3 = 998k\Omega$$

## Bài tập

1. Trình bày cấu tạo của cơ cấu chỉ thị kim kiểu nam châm vĩnh cửu với cuộn dây quay
2. Trình bày nguyên lý hoạt động của cơ cấu chỉ thị kim kiểu nam châm vĩnh cửu với cuộn dây quay
3. Sự khác và giống nhau của cơ cấu đo điện từ một khung dây và hai khung dây.
4. Ampemét đo điện một chiều là gì? Nêu cấu tạo, nguyên lý làm việc, cách mắc mạch đo và phương pháp mở rộng thang đo.
5. Trình bày nguyên lý cấu tạo, cách mắc mạch đo và phương pháp mở rộng thang đo của vôn mét một chiều.



## 9.4.VOM/DVOM

### 9.4.1. VOM

#### a. Đặc điểm cấu tạo của Đồng hồ vạn năng.

- Bộ phận chỉ thị

+ Chỉ thị kim.

Cấu tạo cơ bản:

Cơ cấu chỉ thị từ điện.

Thang chia độ.

Đặc điểm:

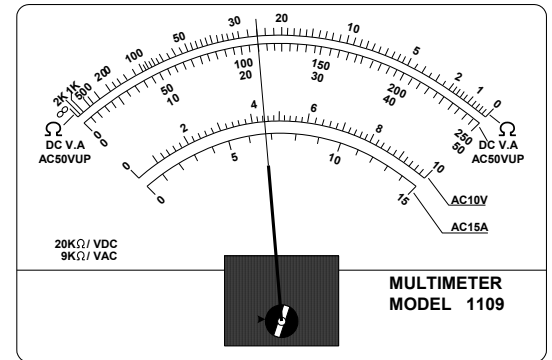
Đối với điện trở thang chia không đều.

Đối với đo điện áp thang chia đều.

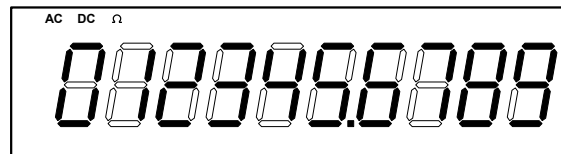
Điện áp một chiều và xoay chiều được dùng chung một thang chia.

Gặp sai số khi đọc kết quả.

+ Chỉ thị số.



Hình 9.17. Chỉ thị kim

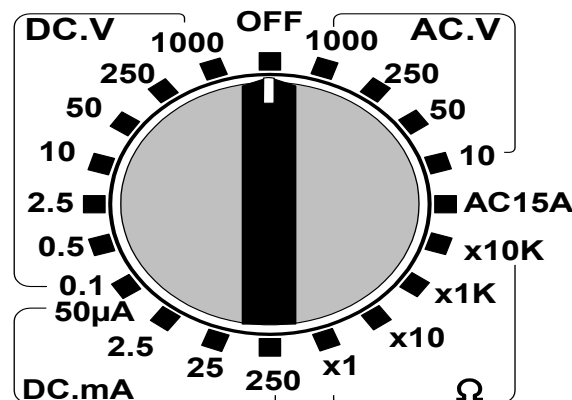


Hình 9.18 Chỉ thị số

Cấu tạo từ màn hình tinh thể lỏng.

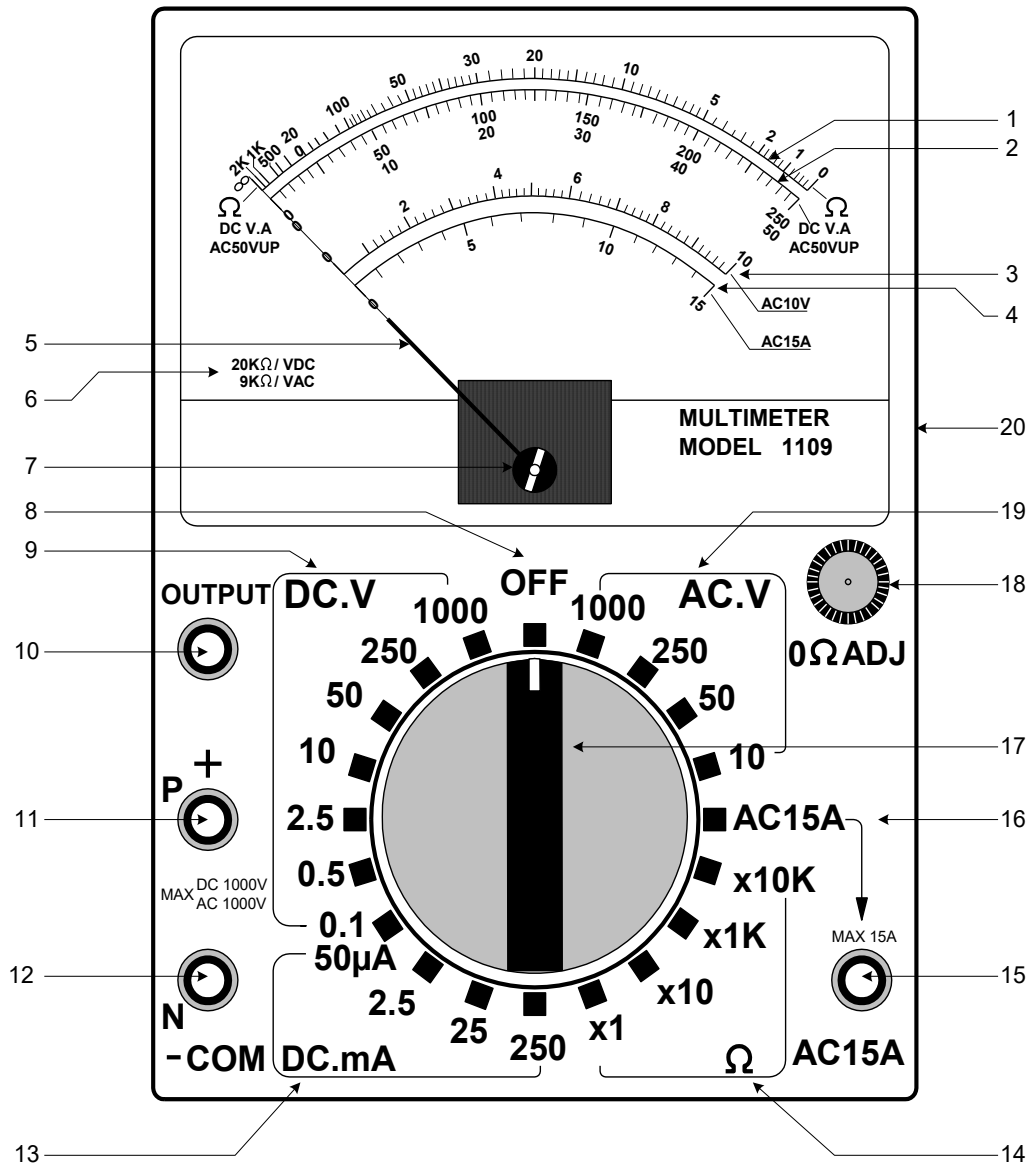
Kết quả đo chính xác. Không gặp sai số khi đọc kết quả.

#### b. Cơ cấu chuyển thang đo



Hình 9.19 Cơ cấu chuyển thang đo

*c. Đồng hồ vạn năng MOEL 1109:*



*Hình 9.20 Cấu tạo đồng hồ*

- |        |        |         |         |
|--------|--------|---------|---------|
| 1..... | 6..... | 11..... | 16..... |
| ..     | ...    | .       | ...     |
| 2..... | 7..... | 12..... | 17..... |
| ..     | ...    | ...     | ...     |
| 3..... | 8..... | 13..... | 18..... |
| ..     | ...    | ...     | ...     |

4.....	9.....	14.....	19.....
..	...	....	....
5.....	10.....	15.....	20.....
..	...	....	....

**d. Đo điện áp xoay chiều và một chiều.**

**Đo điện áp xoay chiều**

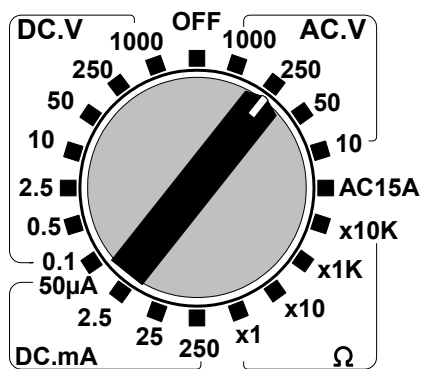
- Thang đo: Có 4 thang đo.

+Thang 1000: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 1000V.

+Thang 250: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 250V.

+Thang 50: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 50V.

+Thang 10: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 10V.



Hình 9.20 Thang đo điện áp xoay chiều

- Cách đọc kết quả đo.

+Với thang 1000: Lấy kết quả trên thang chia độ 250V nhân với 4. Ta được kết quả đo.

+Với thang 250: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 250V.

+Với thang 50: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 50V,

Với thang 10: Ta lấy kết quả trên thang chia độ nhân với 0,4. Ta được kết quả đo.

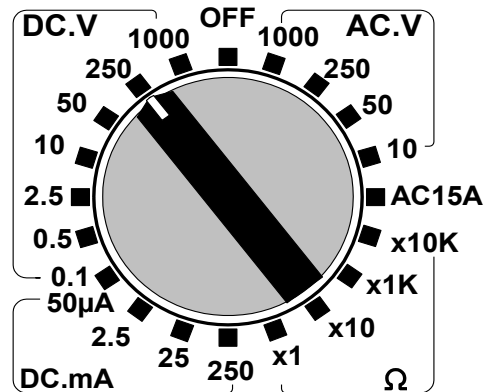
**Đo điện áp một chiều:**

- Thang đo: Có 7 thang đo.

+Thang 1000: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 1000V.

+Thang 250: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 250V.

- +Thang 50: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 50V.
- +Thang 10: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 10V.
- +Thang đo 2,5: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 2,5V.
- +Thang đo 0,5: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 0,5V.
- +Thang đo 0,1: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 0,1V.



Hình 9.21 Thang đo điện áp một chiều

-Cách đọc kết quả đo.

+Với thang 1000: Lấy kết quả trên thang chia độ 250V nhân với 4. Ta được kết quả đo.

+Với thang 250: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 250V.

+Với thang 50: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 50V,

+Với thang 10: Ta lấy kết quả trên thang chia độ nhân với 0,4. Ta được kết quả đo.

**+Chú ý.**

-Khi chưa biết giá trị điện áp tại điểm đo cần để đồng hồ ở thang đo cao nhất.

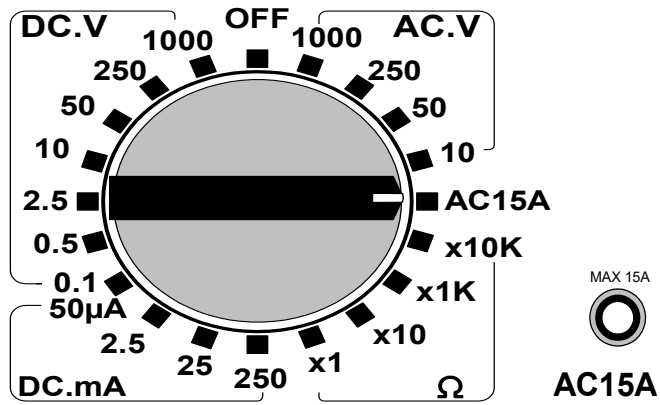
-Xác định chiều điện áp cần đo đối với điện áp một chiều.

-Chọn thang đo càng gần với giá trị đo càng tốt. Giảm được nhiều sai số.

-Không được cầm tay vào đầu hờ của que đo.

**e. Đo dòng điện xoay chiều và một chiều.**

**- Đo dòng điện xoay chiều:**



Hình 9.22. Thang đo dòng điện

+ Thang đo

Một thang đo AC15A.

Lúc này que đo màu đỏ được chuyển sang chốt cắm khác ở vị trí như hình vẽ.

+ Cách đọc kết quả đo.

Với thang AC15A: Lấy kết quả trực tiếp trên thang chia độ AC15A

**- Đo dòng điện một chiều (DC.A):**

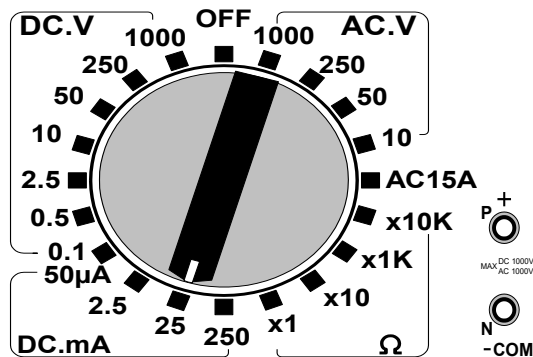
+ Thang đo: Có 4 thang đo.

Thang 250: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 250mA.

Thang 25: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 25mA.

Thang đo 2,5: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 2,5mA.

Thang đo 50: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 50  $\mu$  A.



Hình 9.23 Thang đo dòng điện một chiều

+ Cách đọc kết quả đo.

Với thang 250: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 250 DC.V.A.( mA)

Với thang 25: Ta lấy kết quả trên thang chia độ 250 DC.V.A chia cho 10. ( mA)

Với thang 2,5: Ta lấy kết quả trên thang chia độ 250 DC.V.A chia cho 100. ( mA)

Với thang  $50 \mu A$ : Ta lấy kết quả trên thang chia độ 50 DC.V.A.(  $\mu A$ )

#### + **Chú ý**

Khi chưa biết giá trị dòng điện tại đoạn mạch đo cần để đồng hồ ở thang đo cao nhất.

Xác định chiều dòng điện cần đo đối với dòng điện một chiều.

Chọn thang đo càng gần với giá trị đo càng tốt. Giảm được nhiều sai số.

#### **f. Đo điện trở**

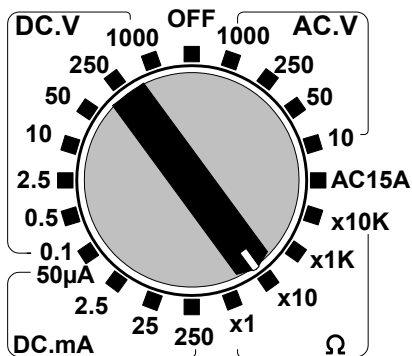
-Thang đo

+Thang x1: Đo được các điện trở nhỏ.

+Thang x10:Đo được các điện trở  $< 2K\Omega$

+Thang x1K: Đo được các điện trở  $< 200K\Omega$

+Thang x10K: Đo được các điện trở  $< 2M\Omega$



Hình 9.24 Thang đo điện trở

-Cách đọc kết quả đo:

Thang x1: Kết quả trên thang chia độ được nhân với 1. Đơn vị tính  $\Omega$

Thang x10: Kết quả trên thang chia độ được nhân với 10. Đơn vị tính  $\Omega$

Thang x1K: Kết quả trên thang chia độ được nhân với 1K. Đơn vị tính  $K\Omega$

Thang x10K: Kết quả trên thang chia độ được nhân với 10K. Đơn vị tính  $K\Omega$

**- Chú ý.**

Đối với thang đo x1K và thang đo x10K. Không được cầm 2 tay vào 2 đầu que đo.

Khi chưa biết giá trị điện trở cần để đồng hồ ở thang đo nhỏ nhất.

Chọn thang đo càng gần với giá trị đo càng tốt. Giảm được nhiều sai số.

**9.4.2. DVOM (Digital Volt Ohm Meter: đồng hồ đo ohm volt hiện số)**

**a. Giới thiệu:**

Đồng hồ vạn năng điện tử còn gọi là vạn năng kế điện tử là một đồng hồ vạn năng sử dụng các linh kiện điện tử chủ động, do đó cần có nguồn điện như pin. Đây là loại thông dụng nhất hiện nay cho những người làm công tác kiểm tra điện và điện tử. Kết quả của phép đo thường được hiển thị trên một màn tinh thể lỏng nên đồng hồ còn được gọi là đồng hồ vạn năng điện tử hiện số.

Việc lựa chọn các đơn vị đo, thang đo hay vị chỉnh thường được tiến hành bằng các nút bấm, hay một công tắc xoay, có nhiều nấc, và việc cắm dây nối kim đo vào đúng các lỗ. Nhiều vạn năng kế hiện đại có thể tự động chọn thang đo.

Đồng hồ số sử dụng nguyên lý của mạch số để đo điện áp tương tự. Đồng hồ số có tất cả các ưu điểm của mạch điện tử số khi so với mạch điện tử tương tự. Vạn năng kế điện tử còn có thể có thêm các chức năng sau:

1. Kiểm tra nối mạch: máy kêu "bíp" khi điện trở giữa 2 đầu đo (gần) bằng 0.
2. Hiển thị số thay cho kim chỉ trên thước.
3. Thêm các bộ khuếch đại điện để đo hiệu điện thế hay cường độ dòng điện nhỏ khi điện trở lớn.
4. Đo độ tự cảm của cuộn cảm và điện dung của tụ điện, có ích khi kiểm tra và lắp đặt mạch điện.
5. Kiểm tra diode và transistor, có ích cho sửa chữa mạch điện.
6. Hỗ trợ cho đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt.
7. Đo tần số trung bình, khuếch đại âm thanh, để điều chỉnh mạch điện của radio. Nó cho phép nghe tín hiệu thay cho nhìn thấy tín hiệu (như trong dao động kế).
8. Dao động kế cho tần số thấp, có ở các vạn năng kế có giao tiếp với máy tính.
9. Bộ kiểm tra điện thoại.
10. Bộ kiểm tra mạch điện ô-tô.

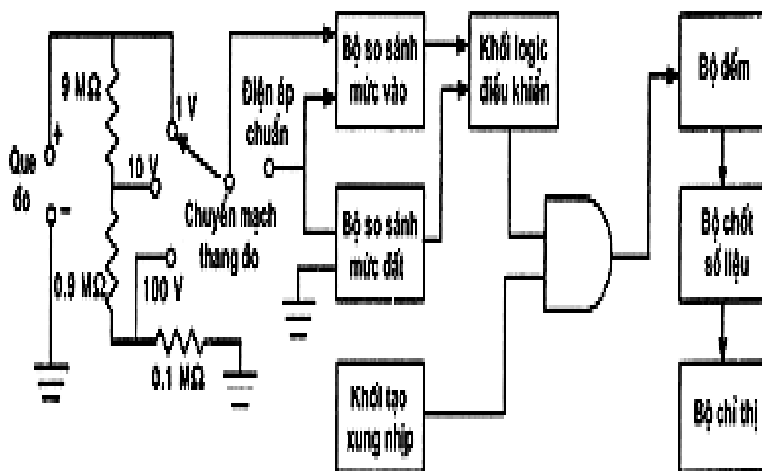
## 11. Lưu giữ số liệu đo đạc (ví dụ của hiệu điện thế).

Ưu điểm: Đồng hồ số Digital có một số ưu điểm so với đồng hồ cơ khí, đó là độ chính xác cao hơn, trở kháng của đồng hồ cao hơn, do đó không gây sụt áp khi đo vào dòng điện yếu, đo được tần số điện xoay chiều.

Nhược điểm: Đồng hồ này có một số nhược điểm là chạy bằng mạch điện tử lên hay hỏng, khó nhìn kết quả trong trường hợp cần đo nhanh, không đo được độ phóng nạp của tụ.

### *b. Nguyên lý hoạt động*

Sau khi mạch suy giảm cho việc chọn thang đo; tín hiệu vào sẽ được chuyển đổi thành tín hiệu số bởi bộ biến đổi tương tự - số (ADC). Ở dạng cơ bản nhất, ADC sẽ so sánh tín hiệu vào với điện áp mẫu (các phương pháp nhận điện áp mẫu có thể khác nhau). Chỉ cần điện áp vào lớn hơn so với điện áp mẫu, thì tín hiệu ra của bộ so sánh sẽ cho mức logic 1, sẽ giữ cho cổng AND mở và các xung nhịp sẽ truyền qua cổng AND. Bộ đếm sẽ đếm các xung nhịp đó. Ngay khi điện áp vào trở nên bằng với điện áp mẫu, thì tín hiệu ra của bộ so sánh sẽ bằng 0. Cổng AND sẽ đóng và dừng việc đếm. Mức ra của bộ đếm sẽ được chốt và các LED hay tinh thể lỏng sẽ hiển thị giá trị đo



Hình 9.25: Sơ đồ khối của DVOM hiển thị số

- Mặt trước của Đồng hồ

1. mA/A: sử dụng lỗ cắm này và lỗ COM khi thực hiện chức năng đo dòng điện AC và DC nhỏ hơn 2A

2. 20A: sử dụng lỗ cắm này và lỗ COM khi thực hiện chức năng đo dòng điện AC và DC từ 2A đến 20A.



3. Display panel: Màn hình hiển thị số (Hình 7.2).

4. Mode Switch: chọn cách thức đo ( MODE). Khi nhấn nút thì cách thức đo sẽ thay đổi Min  $\rightarrow$  Max $\rightarrow$ Rel $\rightarrow$ Comp $\rightarrow$ Normal ( trạng thái Normal không hiển thị lên màn hình)

Min mode: chỉ thị giá trị nhỏ nhất

Max mode: chỉ thị giá trị lớn nhất

Rel Mode: chỉ thị giá trị liên hệ giữa giá trị đo lường và giá trị chuẩn.

Comp mode: kiểm tra việc đo lường trong vòng giá trị nhỏ nhất với giá trị đo và giá trị lớn nhất với giá trị đo



Hình 9.26: Đồng hồ vạn năng kế điện tử

5. RECALLSwitch: Nút nhấn này được sử dụng khi muốn xem giá trị chuẩn trong mode Rel.

6. HOLD Switch: Nút nhấn này được sử dụng khi muốn giữ lại giá trị đang đo.

7. Data Input switch:

8. Power Switch: công tắc mở máy hay tắt nguồn.

9. Range: Chọn lựa các đại lượng cần đo: Điện áp, dòng điện, điện trở.

10. Continuity: kiểm tra ngắn mạch của mạch điện.

11.  $\Omega$ : Nút nhấn được chọn khi muốn đo điện trở.

12. P A; = A: Nút nhấn được chọn khi muốn đo dòng DC và dòng AC.

09. PV;=V: Nút nhấn được chọn khi muốn đo điện áp DC và điện áp AC.

14. dBm:

15. Frequency: Nút nhấn được chọn khi muốn đo tần số

16. V/  $\Omega$ / dBm/ Hz: Sử dụng ổ cắm này và COM (17) khi thực hiện chức năng đo điện áp, điện trở, decibel, tần số.

17. COM: Sử dụng ổ cắm này và một trong các ổ cắm ( 1), (2), và ( 16) khi muốn thực hiện một trong các chức năng đo dòng điện DC và AC, Đo điện áp, điện trở và tần số.

- Mặt sau của đồng hồ:

18. Power inlet: ổ cắm cung cấp điện.

19. Current Fuse: cầu chì bảo vệ.

#### ***d. Hướng dẫn sử dụng:***

- Đo điện áp một chiều ( hoặc xoay chiều )



*Hình 9.27: Đặt đồng hồ vào thang đo điện áp DC hoặc AC*

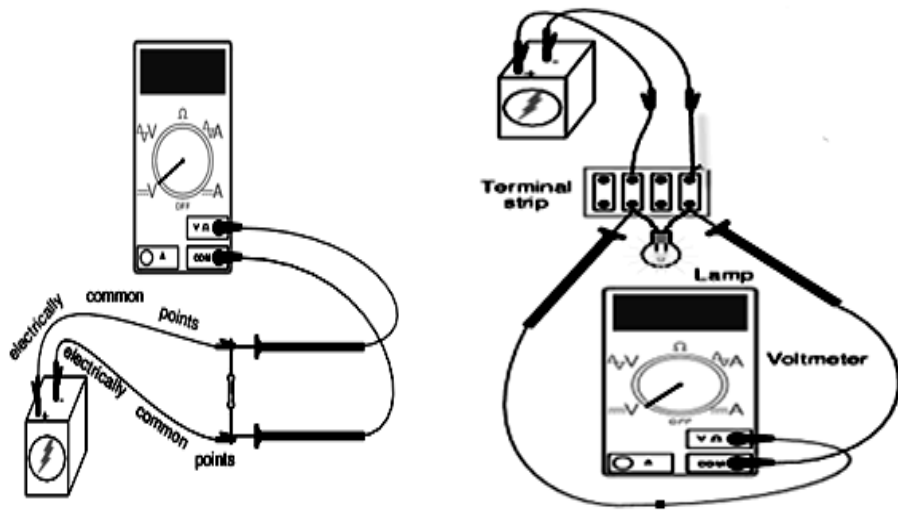
Để que đo đồng hồ vào lỗ cắm ” V $\Omega$  mA” que đen vào lỗ cắm “COM”

Bấm nút DC/AC để chọn thang đo là DC nếu đo áp một chiều hoặc AC nếu đo áp xoay chiều.

Xoay chuyển mạch về vị trí “V” hãy để thang đo cao nhất nếu chưa biết rõ điện áp, nếu giá trị báo dạng thập phân thì ta giảm thang đo sau.

Đặt thang đo vào điện áp cần đo và đọc giá trị trên màn hình LCD của đồng hồ.

Nếu đặt ngược que đo (với điện một chiều) đồng hồ sẽ báo giá trị âm (-)



Hình 9.28: Đo sụt áp trên điện trở và bóng đèn

Đo dòng điện một chiều (hoặc xoay chiều) hình 3.30

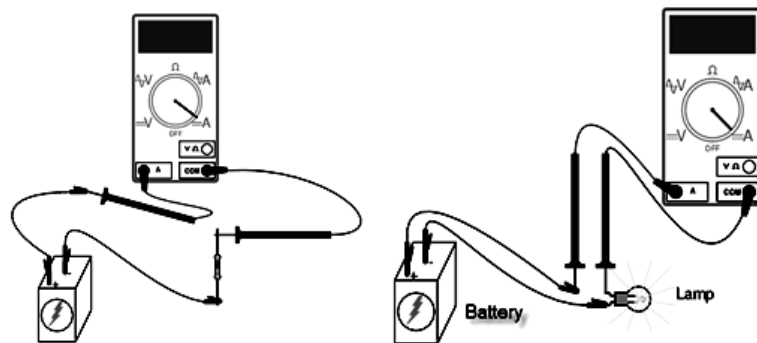
Chuyển que đo đồng hồ về thang mA nếu đo dòng nhỏ, hoặc 20A nếu đo dòng lớn.

Xoay chuyển mạch về vị trí “A”

Bấm nút DC/AC để chọn đo dòng một chiều DC hay xoay chiều AC

Đặt que đo nối tiếp với mạch cần đo

Đọc giá trị hiển thị trên màn hình.



Hình 9.29: Đo dòng điện chạy qua điện trở và bóng đèn

- Đo điện trở hình 9.30

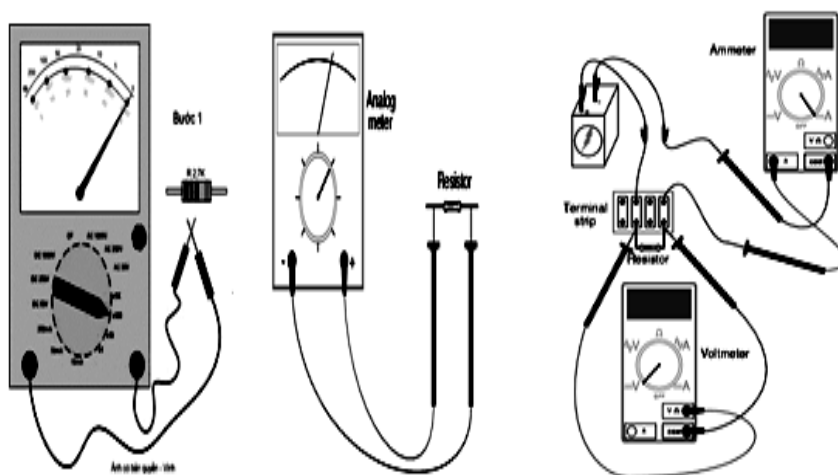
Trả lại vị trí dây cảm như khi đo điện áp.

Xoay chuyển mạch về vị trí đo ”  $\Omega$  “, nếu chưa biết giá trị điện trở thì chọn thang đo cao nhất, nếu kết quả là số thập phân thì ta giảm xuống.

Đặt que đo vào hai đầu điện trở.

Đọc giá trị trên màn hình.

Chức năng đo điện trở còn có thể đo sự thông mạch, giả sử đo một đoạn dây dẫn bằng thang đo trở, nếu thông mạch thì đồng hồ phát ra tiếng kêu



Hình 9.30: Đo điện trở và đo công suất

Đo tần số

Xoay chuyển mạch về vị trí “FREQ” hoặc ” Hz”

Đặt thang đo như khi đo điện áp.

Đặt que đo vào các điểm cần đo

Đọc trị số trên màn hình.

Đo Logic

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

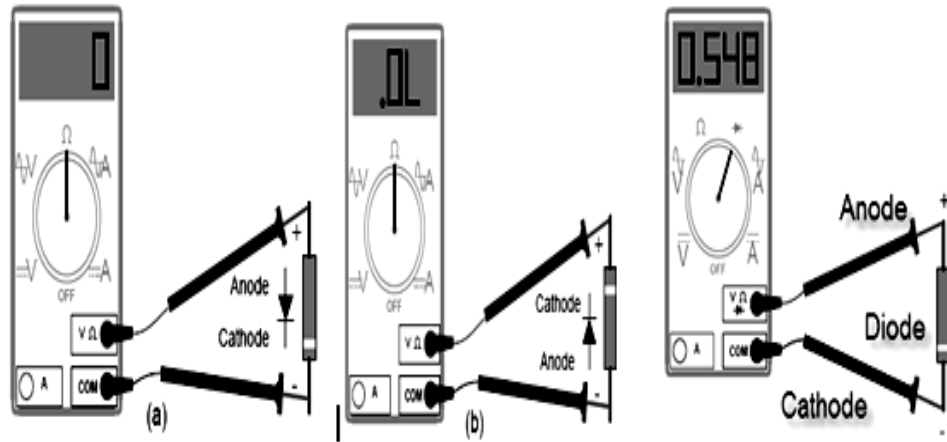
Xoay chuyển mạch về vị trí “LOGIC”

Đặt que đỏ vào vị trí cần đo que đen vào mass

Màn hình chỉ “▲” là báo mức logic ở mức cao, chỉ “▼” là báo logic ở mức thấp

Đo các chức năng khác

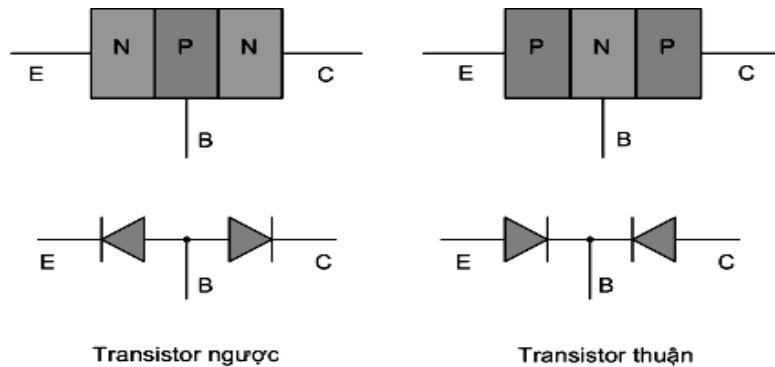
Đồng hồ vạn năng số còn một số chức năng đo khác như đo diốt (hình 3.32), Đo tụ điện, Đo Transistor nhưng nếu ta đo các linh kiện trên, ta nên dùng đồng hồ cơ khí sẽ cho kết quả tốt hơn và đo nhanh hơn.



Hình 9.31: Kiểm tra Diode

### + Phương pháp kiểm tra Transistor

Transistor khi hoạt động có thể hư hỏng do nhiều nguyên nhân, như hỏng do nhiệt độ, độ ẩm, do điện áp nguồn tăng cao hoặc do chất lượng của bản thân Transistor, để kiểm tra Transistor bạn hãy nhớ cấu tạo của chúng như



Hình 9.32: Cấu tạo của Transistor

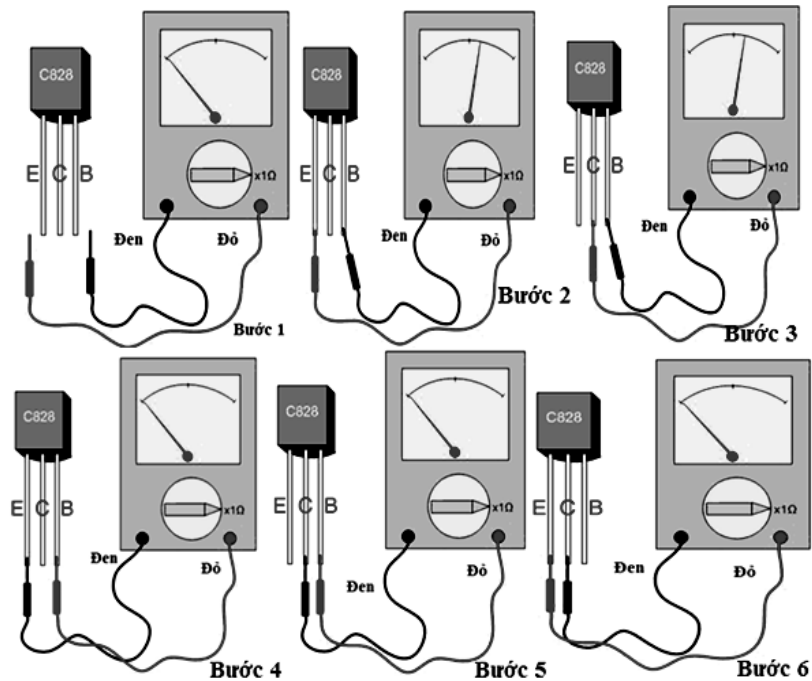
Kiểm tra Transistor ngược NPN tương tự kiểm tra hai Diode đầu chung cực Anôt, điểm chung là cực B, nếu đo từ B sang C và B sang E ( que đen vào B ) thì tương đương như đo hai diode thuận chiều => kim lên, tất cả các trường hợp đo khác kim không lên.

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

Trái với các điều trên là Transistor bị hỏng.

- Transistor có thể bị hỏng ở các trường hợp.

+ Phép đo cho biết transistor còn tốt hình 3.34



Hình 9.33: Các bước kiểm tra Transistor

Bước 1 : Chuẩn bị đo để đồng hồ ở thang  $x1\Omega$

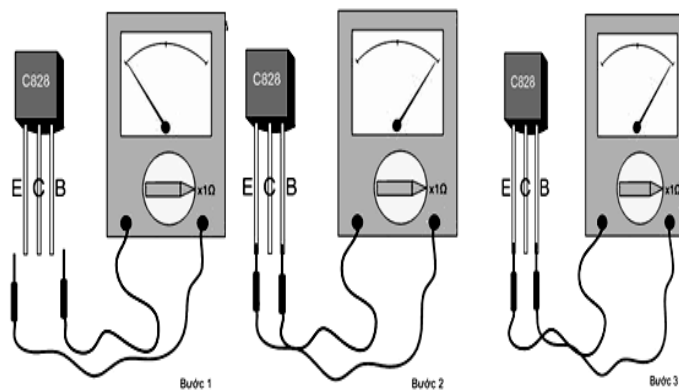
Bước 2 và bước 3 : Đo thuận chiều BE và BC => kim lên .

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

Bước 6 : Đo giữa C và E kim không lên

=> transistor còn tốt

+ Phép đo cho biết Transistor bị chập BE hình 3.35



Hình 9.34: Các bước kiểm tra Transistor

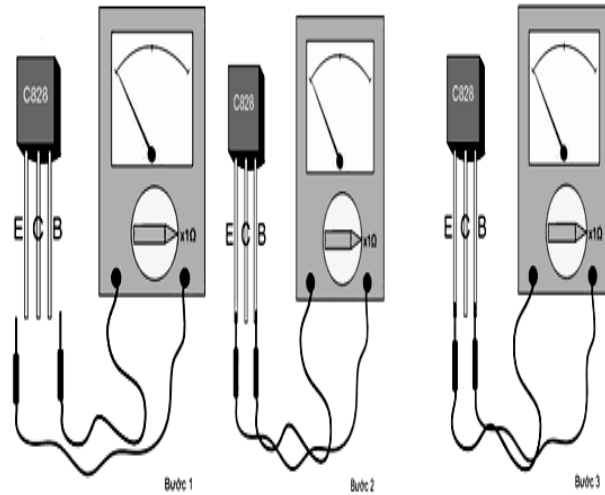
Bước 1 : Chuẩn bị .

Bước 2 : Đo thuận giữa B và E kim lên = 0  $\Omega$

Bước 3: Đo ngược giữa B và E kim lên = 0  $\Omega$

=> Transistor bị chập BE

+ Phép đo cho biết Transistor bị đứt BE hình 3.36



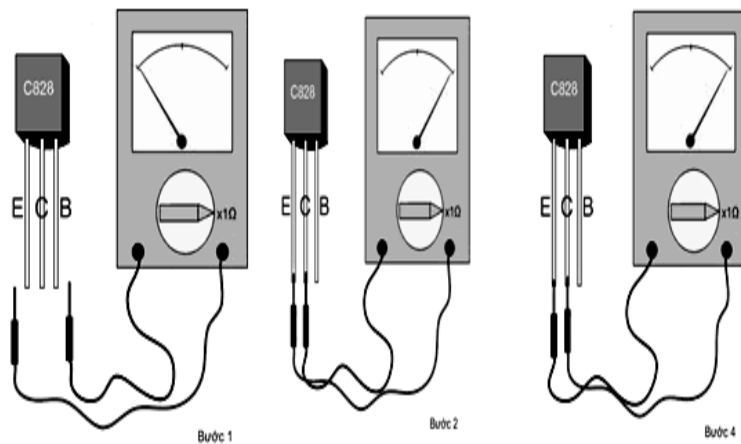
Hình 9.35: Các bước kiểm tra Transistor

Bước 1 : Chuẩn bị .

Bước 2 và 3 : Đo cả hai chiều giữa B và E kim không lên.

=> Transistor bị đứt BE

+ Phép đo cho thấy bóng bị chập CE hình 3.37



Hình 9.36: Các bước kiểm tra Transistor

Bước 1 : Chuẩn bị .

Bước 2 và 4 : Đo cả hai chiều giữa C và E kim lên = 0  $\Omega$

=> Transitor bị chập BE

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP:

### A. Câu hỏi củng cố bài:

Cơ cấu đo từ điện đo được các đại lượng:

Điện một chiều;

Điện xoay chiều;

Điện xoay chiều mọi tần số;

Cả một chiều lẫn xoay chiều.

Cơ cấu đo từ điện thang đo được chia:

Đều (tuyến tính);

Tỷ lệ theo hàm logarit;

Tỷ lệ bậc 2;

Tỷ lệ theo hàm mũ.

Đặc điểm chính của 2 loại cơ cấu đo: kiểu điện từ; kiểu từ điện là:

Kiểu điện từ: Phép đo chính xác và độ nhạy cao;

Kiểu từ điện: Phép đo chính xác và độ nhạy cao;

Hai kiểu là như nhau, không khác biệt.

Để mở rộng giới hạn đo cho cơ cấu đo điện từ để đo điện áp xoay chiều trên 1000V, phải dùng:

Điện trở phụ mắc nối tiếp;

Điện trở phụ mắc song song;

Biến áp đo lường;

Biến dòng đo lường.

Khi đo điện trở; Góc quay của kim càng lớn thì kết luận:

Điện trở rất lớn;

Điện trở càng lớn;

Điện trở càng nhỏ;

Tùy loại máy đo.



Khi đo điện trở bằng máy đo chỉ thị kim. Trị số phải được đọc từ:

Phải qua trái;

Trái qua phải;

Giữa ra 2 biên;

Tại vị trí kim dừng lại.

Khi đo dòng điện hoặc điện áp; Góc quay của kim càng lớn thì kết luận:

Trị số càng nhỏ;

Trị số nhỏ rất;

Trị số càng lớn;

Tuỳ loại.

Khi đo dòng điện hoặc điện áp bằng máy đo chỉ thị kim. Trị số phải được đọc từ:

Phải qua trái;

Trái qua phải;

Giữa ra 2 biên;

Tại vị trí kim dừng lại.

#### B. Câu hỏi

Nêu nguyên lý làm việc của máy đo chỉ thị kim và các chi tiết chung của máy đo chỉ thị kim.

Nêu cấu tạo, nguyên lý hoạt động và đặc điểm, ứng dụng của các chỉ các cơ cấu đo từ điện, điện từ

## Bài 10

### Phương pháp đo các đại lượng điện

#### Mục tiêu:

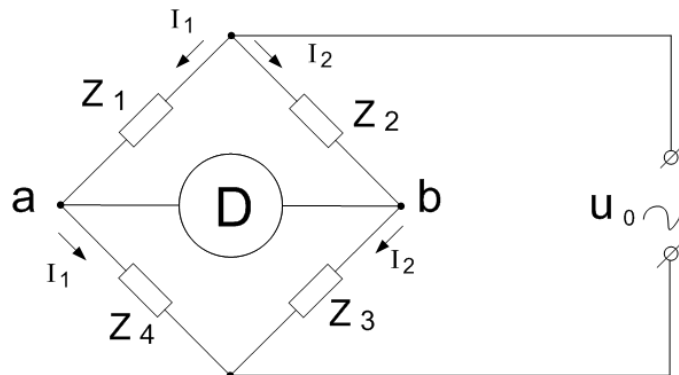
- Trình bày được cấu trúc, nguyên lý, phương pháp đo độ tự cảm, điện dung của linh kiện dùng cầu xoay chiều
- Giải được một số bài tập cơ bản về cầu xoay chiều
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo, chủ động trong công việc

#### 10.1. Lý thuyết cầu xoay chiều

##### 10.1.1. Cầu đo dòng xoay chiều

Các cầu dòng xoay chiều là loại dựa trên cầu đơn dùng để đo điện cảm, đo điện dung, góc tổn hao  $tg\delta$  và hệ số phẩm chất  $Q$  của cuộn dây. Nguồn cung cấp cho mạch cầu một nguồn điện xoay chiều có tần số 50 Hz hoặc tần số âm tần và cao tần lấy từ một máy phát tần số. Chỉ thị 0 là một dụng cụ xoay chiều như điện kế điện tử, máy hiện sóng

Với một cầu dòng xoay chiều, điều kiện cân bằng phải đạt được hai thành phần đó là cân bằng về biên độ và cân bằng về pha. Mạch tổng quát của mạch cầu dòng xoay chiều.



Hình 10.1. Cầu đo dòng xoay chiều

Trong đó  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  là các tổng trở.

Khi cân bằng ta có:  $U_{Z1} = U_{Z2}$  và  $U_{Z3} = U_{Z4}$

Do đó :

$$i_1 \cdot Z_1 = i_2 \cdot Z_2 \quad (1)$$

$$i_1 \cdot Z_3 = i_2 \cdot Z_4 \quad (2)$$

Chia phương trình (1) cho phương trình (2) ta được

$$\frac{i_1 \cdot Z_1}{i_1 \cdot Z_3} = \frac{i_2 \cdot Z_2}{i_2 \cdot Z_4}$$

$$\Rightarrow Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$$

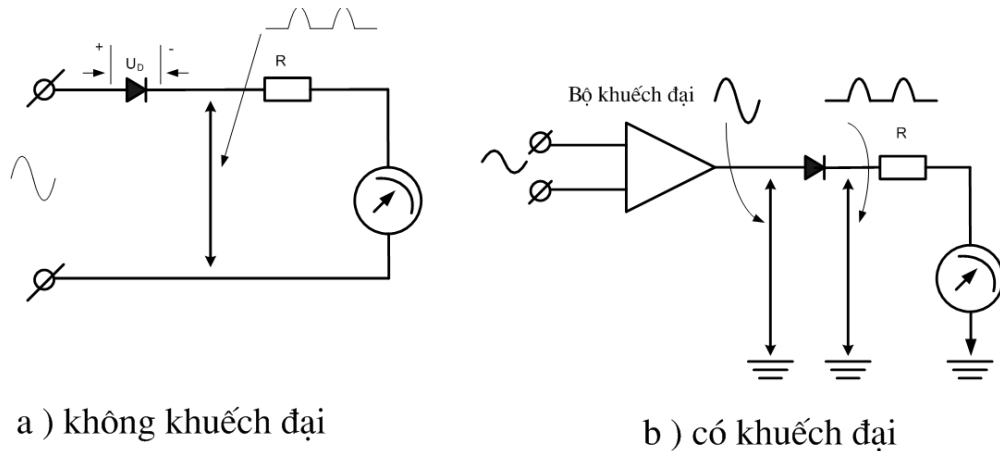
Vì  $Z = R + j.X$  nên để cầu cân bằng thì :

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

$$X_1 \cdot X_4 = X_2 \cdot X_3$$

### 10.1.2. Dụng cụ chỉ 0 (Zero) dùng cho cầu xoay chiều

Các dụng cụ chỉ 0 dùng cho cầu xoay chiều có thể thực hiện nhờ một điện kế từ điện chỉnh lưu như hình vẽ:



Hình 10.1. Dụng cụ chỉ 0 (Zero) dùng cho cầu xoay chiều

Trong đó hình a là một điện kế từ điện chỉnh lưu và hình b sử dụng thêm bộ khuếch đại để tăng độ nhạy cho chỉ thị.

Giới hạn tần số cho phép của cầu từ 20Hz ÷ 1 MHz.

Với các tần số thay đổi trong một dải rộng như vậy, máy hiện sóng điện tử là bộ chỉ báo mức không tốt nhất vì có thể quan sát để điều chỉnh cân bằng cầu tới mức đạt tối đa.

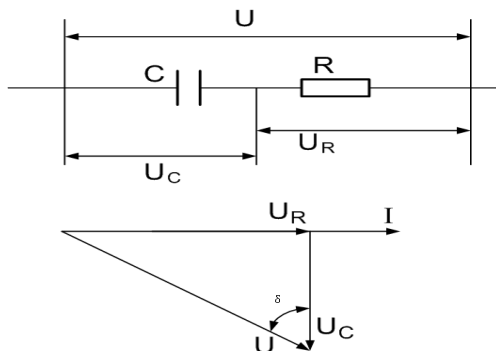
## 10.2. Cầu điện dung

### 10.2.1. Khái niệm về điện dung và góc tổn hao

Tụ điện lý tưởng là tụ không tiêu thụ công suất ( dòng điện một chiều không đi qua tụ ) nhưng trong thực tế do có lớp điện môi nên vẫn có dòng điện nhỏ đi qua từ cực này đến cực kia vì vậy trong tụ có sự tổn hao công suất.

Sự tổn hao công suất này rất nhỏ và để đánh giá sự tổn hao của tụ người ta thường đo góc tổn hao ( $tg\delta$ ).

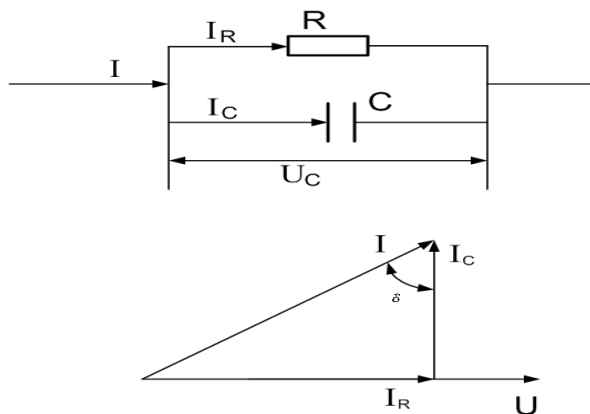
Tụ điện được biểu diễn dưới dạng một tụ lí tưởng nối tiếp với một điện trở (tụ tổn hao ít) như hình vẽ a)



Hình 10.2. Góc tổn hao

### a. Tụ có tổn hao nhỏ

Tụ điện nối song song với một điện trở (tụ tổn hao nhiều) như hình b)



Hình 10.3. Góc tổn hao có tụ

### b. Tụ có tổn hao lớn

Với tụ điện tổn hao nhỏ như hình (a) thì dựa vào biểu đồ véc tơ ta xác định

được góc tổn hao như sau :  $U_R = I.R$  và  $U_C = \frac{1}{\omega.C}$

$$\text{Ta có : } tg\delta = \frac{U_R}{U_C} = R.\omega.C$$

Trong đó :  $\delta$  là góc tổn hao của tụ điện

Với tụ điện tổn hao nhiều như hình (b) ta có:

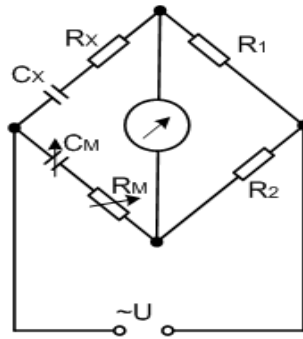
$$I_R = \frac{U}{R} \text{ và } I_C = \frac{U}{\frac{1}{\omega.C}} = U.\omega.C$$

$$\text{Suy ra : } \operatorname{tg}\delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{1}{R.\omega.C}$$

## 10.2.2. Cầu xoay chiều đo điện dung

### a. Cầu đo tụ điện tổn hao nhỏ

Sơ đồ cầu đo tụ điện có tổn hao nhỏ



Hình 10.3. Cầu xoay chiều đo điện dung

Cầu gồm 4 nhánh trong đó  $R_1, R_2$  là thuần trở, các nhánh còn lại là  $C_X, R_X$  và điện trở mẫu  $R_M$ , điện dung mẫu  $C_M$  điều chỉnh được. đường chéo cầu được mắc điện kế G chỉ cân bằng và nguồn cung cấp xoay chiều  $U\sim$

Khi cầu cân bằng ta có mối quan hệ :

$$R_2 \left( R_X + \frac{1}{j\omega.C_X} \right) = R_1 \left( R_M + \frac{1}{j\omega.C_M} \right)$$

$$\text{Suy ra } R_2.R_X + \frac{R_2}{j\omega.C_X} = R_1.R_M + \frac{R_1}{j\omega.C_M}$$

Cân bằng thành phần thực và kháng ta được

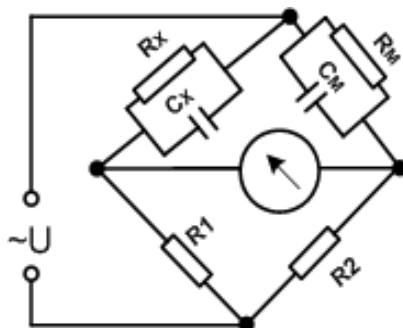
$$R_2.R_X = R_1.R_M \rightarrow R_X = R_M \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{R_2}{j\omega.C_X} = \frac{R_1}{j\omega.C_M} \rightarrow C_X = \frac{R_2}{R_1} C_M$$

$$\text{Suy ra } \operatorname{tg}\delta = \omega.R_X.C_X = \omega.R_M.C_M$$

### b. Cầu đo tụ điện có tổn hao lớn

Sơ đồ mạch cầu đo tụ điện có tổn hao lớn



Hình 10.4. Cầu đo tụ điện có tổn hao lớn

Trong đó  $R_1, R_2$  là các điện trở thuần,  $C_M$  mắc song song với  $R_M$  là điện dung và điện trở mẫu,  $R_X, C_X$  là điện trở và điện dung của tụ điện cần đo.

Khi cầu cân bằng ta có :  $Z_1.Z_3 = Z_2.Z_4$  (\*)

$$\text{Trong đó : } Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_X} + j\omega.C_X}$$

$$Z_2 = R_1 \quad Z_3 = R_2$$

$$Z_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_M} + j\omega.C_M}$$

Thế vào phương trình (\*) ta có

$$\frac{1}{\frac{1}{R_X} + j\omega.C_X} . R_2 = R_1 . \frac{1}{\frac{1}{R_M} + j\omega.C_M}$$

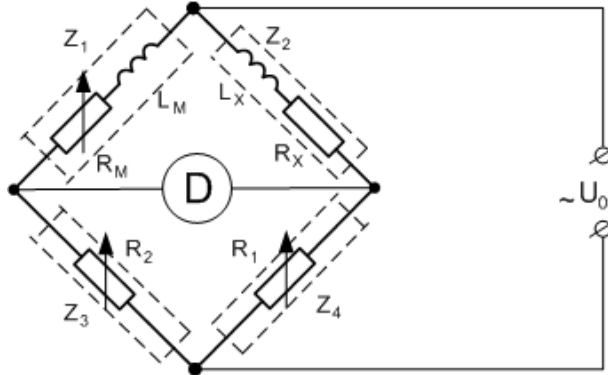
$$\rightarrow R_2 \left( \frac{1}{R_M} + j\omega.C_M \right) = R_1 \left( \frac{1}{R_X} + j\omega.C_X \right) \rightarrow \frac{R_2}{R_M} = \frac{R_1}{R_X} \rightarrow R_X = \frac{R_1}{R_2} . R_M$$

$$\text{Và } R_2 . j\omega.C_M = R_1 . j\omega.C_X \rightarrow C_X = \frac{R_2}{R_1} . C_M$$

$$\text{tg}\delta = \frac{1}{\omega.R_X.C_X} = \frac{1}{\omega.R_M.C_M}$$

### 10.3. Cầu điện cảm

#### 10.3.1. Cầu xoay chiều dùng điện cảm mẫu



Hình 10.5. Cầu xoay chiều dùng điện cảm mẫu

Mạch cầu so sánh điện cảm như hình vẽ

Trong đó :  $L_X$  ,  $R_X$  là các thông số điện cảm và điện trở cần xác định ,  $R_M$  ,  $L_M$  là các cuộn dây điện cảm và điện trở chuẩn. Hai nhánh còn lại là các điện trở  $R_1$  và  $R_2$  cũng là các điện trở có độ chính xác cao. Khi đo người ta điều chỉnh các điện trở  $R_M$  ,  $R_1$  ,  $R_2$  để được cầu cân bằng.

Ở chế độ cân bằng ta có:

$$Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$$

Trong đó :

$$Z_1 = R_M + j \cdot \omega \cdot L_M$$

$$Z_2 = R_X + j \cdot \omega \cdot L_X$$

$$Z_3 = R_2$$

$$Z_4 = R_1$$

Suy ra :

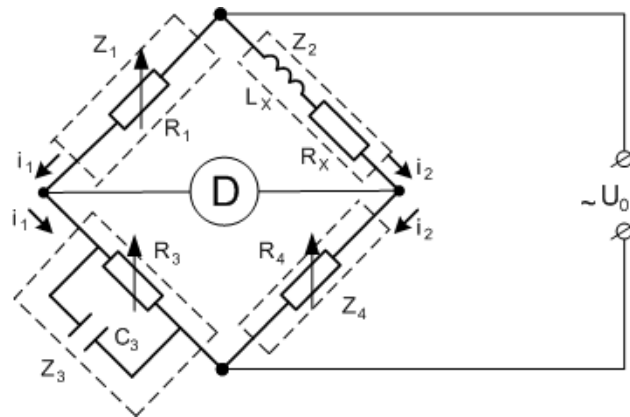
$$R_1 \cdot (R_M + j \cdot \omega \cdot L_M) = R_2 \cdot (R_X + j \cdot \omega \cdot L_X)$$

$$\Rightarrow R_1 \cdot R_M + j \cdot \omega \cdot R_1 \cdot L_M = R_2 \cdot R_X + j \cdot \omega \cdot R_2 \cdot L_X$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_1 \cdot R_M = R_2 \cdot R_X \\ j \cdot \omega \cdot R_1 \cdot L_M = j \cdot \omega \cdot R_2 \cdot L_X \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_X = \frac{R_1}{R_2} R_M \\ L_X = \frac{R_1}{R_2} L_M \end{cases}$$

### 10.3.2. Cầu điện cảm Maxwell

Các tụ điện chuẩn chính xác dễ chế tạo hơn các cuộn dây điện cảm chuẩn do đó người ta thường dùng điện dung chuẩn để điện cảm hơn là sử dụng các cuộn điện cảm chuẩn. Cầu có tụ điện như vậy được gọi là cầu Maxwell như hình vẽ sau:



Hình 10.6. Cầu điện cảm Maxwell

Trong mạch cầu, tụ điện chuẩn  $C_3$  mắc song song với điện trở  $R_3$ , các nhánh còn lại là điện trở  $R_1$  và  $R_4$ . Các điện trở  $R_3$ ,  $R_1$ ,  $R_4$  là các điện trở có thể điều chỉnh được.  $R_X$  và  $L_X$  biểu diễn cuộn cảm cần đo.

Khi mạch cầu cân bằng ta có:  $Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$

Trong đó :

$$Z_1 = R_1 \qquad Z_2 = R_X + j \cdot \omega \cdot L_X$$

$$Z_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_3} + j \cdot \omega \cdot C_3} \qquad Z_4 = R_4$$

Suy ra :

$$R_1 \cdot R_4 = (R_X + j \cdot \omega \cdot L_X) \left( \frac{1}{\frac{1}{R_3} + j \cdot \omega \cdot C_3} \right)$$

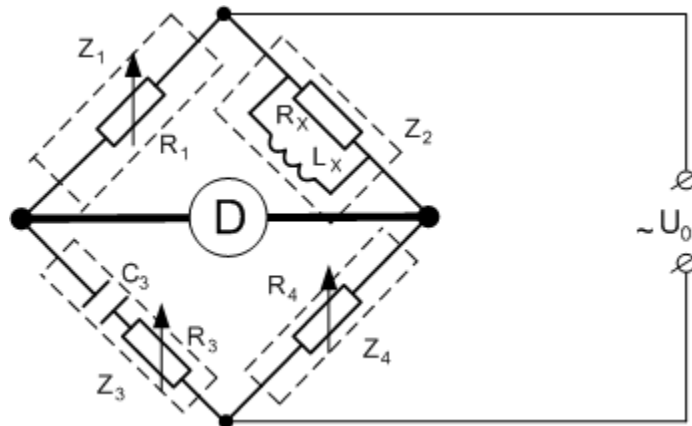
$$\Rightarrow \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3} + R_1 \cdot R_4 \cdot j \cdot \omega \cdot C_3 = R_X + j \cdot \omega \cdot L_X$$



$$\Rightarrow \begin{cases} R_X = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3} \\ L_X = R_1 \cdot R_4 \cdot C_3 \end{cases}$$

Cầu Maxwell chỉ thích hợp khi đo các cuộn cảm có hệ số phẩm chất Q thấp ( $\omega \cdot L_X$  không lớn hơn nhiều  $R_X$ ).

### 10.3.3. Cầu điện cảm Hay



Hình 10.7 Cầu điện cảm Hay

Cầu điện cảm Hay tương tự như cầu Maxwell chỉ khác ở chỗ điện trở  $R_3$  được mắc nối tiếp tụ  $C_3$  như hình vẽ và điện cảm  $L_X$  và  $R_X$  được biểu diễn dưới dạng mạch song song.  $R_X$ ,  $L_X$  đo được là các thành phần của mạch song song.

Khi cầu ở trạng thái cân bằng ta có :

$$Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$$

Trong đó :

$$Z_1 = R_1$$

$$Z_4 = R_4$$

$$Z_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_X} + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L_X}}$$

$$Z_3 = R_3 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_3}$$

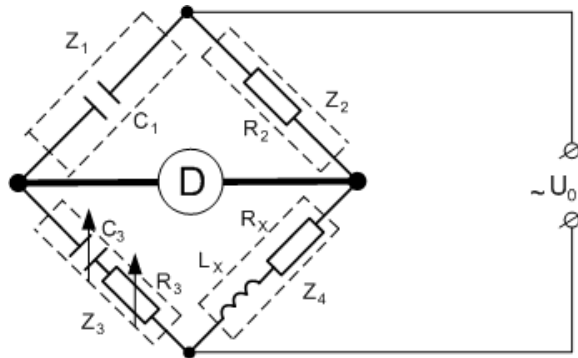
$$\Rightarrow R_1 \cdot R_4 = \left( \frac{1}{\frac{1}{R_X} + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L_X}} \right) \cdot \left( R_3 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_3} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{R_1 \cdot R_4}{R_X} + \frac{R_1 \cdot R_4}{j \cdot \omega \cdot L_X} = R_3 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_3} \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_1 \cdot R_4}{R_X} = R_3 \\ \frac{R_1 \cdot R_4}{L_X} = \frac{1}{C_3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_X = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3} \\ L_X = R_1 \cdot R_4 \cdot C_3 \end{cases}$$

Cầu điện cảm Hay thường được sử dụng đo các cuộn dây có độ phẩm chất Q cao

Ngoài các mạch cầu trên người ta còn sử dụng một số mạch cầu khác như cầu Owel

Như hình vẽ :



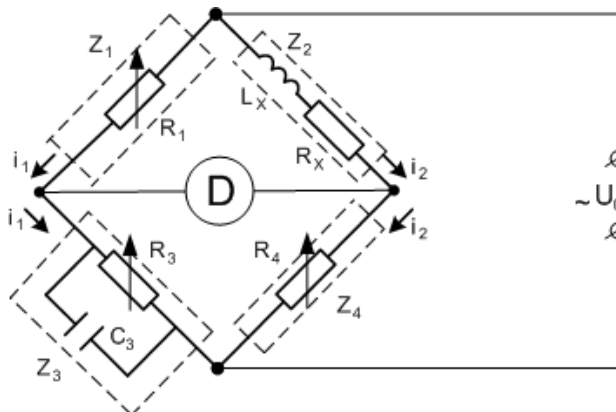
Hình 10.9. Cầu điện cảm OWen

Cầu dùng để đo điện cảm (  $L_X$  và  $R_X$  ) Trong đó  $Z_1$  được thay bằng tụ  $C_1$  có thể điều chỉnh được. Khi cầu cân bằng ta xác định được các giá trị của điện cảm  $L_X$  và  $R_X$  như sau :

$$\begin{cases} R_X = \frac{C_1 \cdot R_2}{C_3} \\ L_X = R_2 \cdot R_3 \cdot C_1 \end{cases}$$

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Cho sơ đồ mạch điện như hình vẽ:



Hình 10.11. Cầu điện cảm Maxwell

Tính  $R_x$ ,  $L_x$  khi mạch cầu cân bằng theo  $R_1$ ,  $R_3$ ,  $C_3$ ,  $R_4$ ,  $U$  khi mạch cầu cân bằng

Tính độ phẩm chất của cuộn dây khi :

$$R_1 = 100\Omega$$

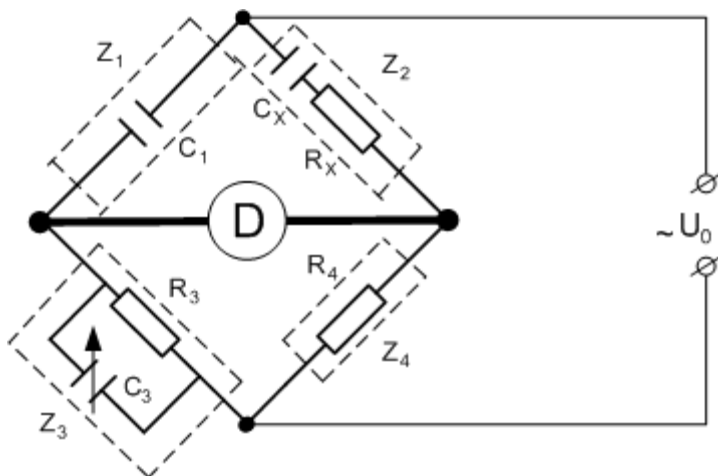
$$R_3 = 300\Omega$$

$$R_4 = 400\Omega$$

$$C_3 = 4,7 \mu F$$

$$U = 24 \sqrt{2} \cdot \sin(100 \pi \cdot t + \frac{\pi}{8})$$

2. Cho sơ đồ mạch điện như hình vẽ:



Hình 10.12. Cầu điện cảm Maxwell

Tính  $R_x$ ,  $C_x$  khi mạch cầu cân bằng theo  $C_1$ ,  $R_3$ ,  $C_3$ ,  $R_4$ ,  $U$  khi mạch cầu cân bằng

Tính góc tổn hao tụ điện :

$$C_1 = 4,7 \mu F$$

$$R_3 = 300\Omega$$

$$R_4 = 400\Omega$$

$$C_3 = 4,7 \mu F$$

$$U = 24 \sqrt{2} \cdot \sin(100 \pi \cdot t + \frac{\pi}{8})$$

## Bài 11

### Phương pháp đo các đại lượng không điện

#### Mục tiêu:

- Trình bày được các phương pháp đo điện trở
- Đo, xác định được giá trị của điện trở theo các phương pháp
- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác và an toàn

#### 11.1. Phương pháp đo

Để có phương pháp đo điện trở thích hợp, người ta phân loại theo độ lớn của đối tượng cần đo.

- Điện trở nhỏ là các điện trở có giá trị  $R < 1\Omega$
- Điện trở trung bình là các điện trở có giá trị là  $1\Omega \leq R < 0,1M\Omega$
- Điện trở lớn là các điện trở có giá trị  $R \geq 0,1 M\Omega$

#### *Các lưu ý khi thực hiện phép đo điện trở*

- Khi đo các giá trị điện trở nhỏ, cần tìm mọi biện pháp để loại trừ ảnh hưởng của điện trở dây nối, điện trở tiếp xúc, sức điện động tiếp xúc. Để khắc phục một phần, trên các điện trở mẫu người ta phân thành các cực dòng và cực áp riêng.

- Khi đo các giá trị điện trở lớn, cần tránh sự ảnh hưởng của điện trở khối và điện trở bề mặt.

- Khi đo điện trở của vật có độ ẩm cao, người ta thường dùng nguồn xoay chiều để tránh hiện tượng điện phân.

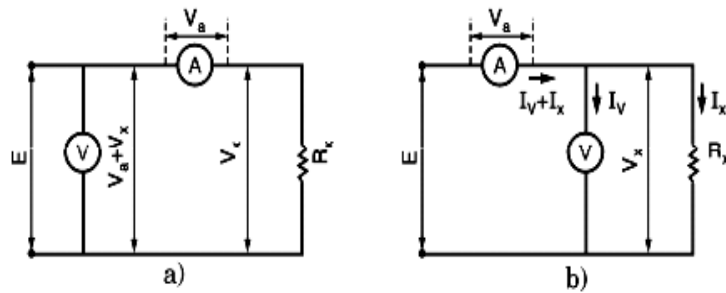
- Khi đo điện trở của các vật liệu rắn, ta nên dùng nguồn một chiều để tránh sự ảnh hưởng của điện dung ký sinh.

#### 11.1.1. Giới thiệu phương pháp đo.

##### ***a. Đo điện trở bằng phương pháp đo gián tiếp.***

- Phương pháp Volt – ampe

Dùng ampermet và volmet đo dòng và áp trên điện trở rồi suy ra  $R'_x = U_v / I_a$  thông qua hai sơ đồ.



Hình 11.1: Phương pháp Volt – ampe

Hình 11.1a: vôn kế mắc trước ampe kế mắc sau, khi đó điện trở cần đo  $R_x$  được xác định bởi:  $R_x = \frac{U}{I}$  (5.1)

Trong đó:  $U$  – điện áp đo được trên vôn-kế;  $I$  – dòng điện đo được trên ampe-kế. Theo mạch đo:  $U = U_a + U_x$  (5.2)

với:  $U_a$  - điện áp rơi trên ampe-kế;  $U_x$  - điện áp rơi trên  $R$

Điều này sẽ gây ra sai số và trị số đúng của điện trở là:

$$R_x = \frac{U_x}{I} = \frac{U - U_a}{I} \quad (5.3)$$

Hình 11.1b: Ampe-kế mắc trước, vôn-kế mắc sau. Điện trở  $R_x$  vẫn được xác định bởi:  $R_x = \frac{U}{I}$

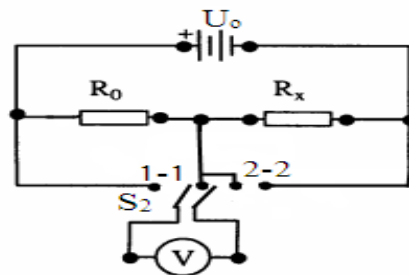
Trong đó:  $U$  – điện áp đo được trên vôn-kế;  $I$  – dòng điện đo được trên ampe-kế. Dòng  $I$  chính là dòng điện  $I_x$  qua  $R_x$  và  $I_v$  qua volt kế nên có trị số là:

$$I = I_x + I_v$$

Điều này sẽ gây ra sai số và trị số đúng của điện trở là:

$$R_x = \frac{U}{I_x} = \frac{U}{I - I_v} \quad (5.4)$$

- Mạch đo điện tử bằng voltmet và điện trở mẫu (hình 11.2)



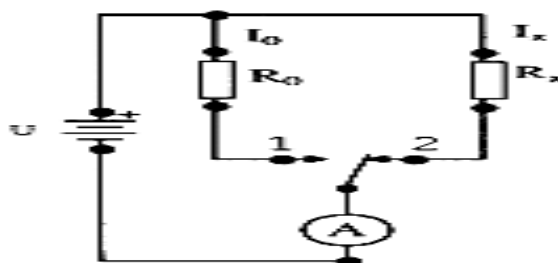
Hình 11.2: Mạch đo điện tử bằng voltmet và điện trở mẫu.

Theo hình điện trở cần đo  $R_x$  được mắc nối tiếp với điện trở mẫu  $R_o$  và được cấp nguồn  $U_o$  ổn định. Khi đo, đầu tiên khóa  $S_2$  đóng sang 1-1 ta sẽ đo được điện áp rơi trên điện trở mẫu  $R_o$ , sau đó  $S_2$  đóng sang 2-2 ta đo được điện áp rơi trên điện trở  $R_x$ , vì  $R_o$  nối tiếp với  $R_x$  nên ta có:

$$\frac{U_o}{R_o} = \frac{U_x}{R_x} \Rightarrow R_x = \frac{U_x}{U_o} R_o \quad (5.5)$$

Theo phương pháp này thì sai số của phép đo bằng tổng sai số của voltmet và sai số của điện trở mẫu  $R_o$ .

- Mạch đo điện tử bằng ampemet và điện trở mẫu (hình 5.3)



Hình 11.3: Mạch đo điện tử bằng ampemet và điện trở mẫu

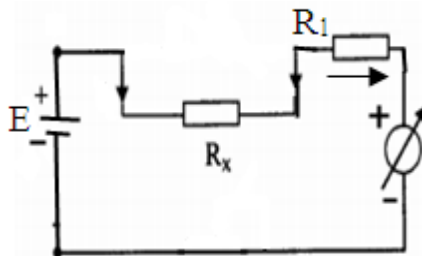
Trong đó  $U$  là điện áp nguồn cung cấp ổn định,  $R_o$  là điện trở mẫu có độ ổn định cao và nối song song với  $R_x$ . Ampemet đầu tiên đo dòng  $I_o$  qua  $R_o$  nhờ khóa  $S_1$  đóng sang 1, sau đó  $S_1$  đóng sang 2 ta đo được dòng  $I_x$  qua  $R_x$ . Ta có quan hệ:

$$I_o R_o = I_x R_x \Rightarrow R_x = \frac{I_o}{I_x} R_o \quad (5.6)$$

Theo phương pháp này thì sai số của phép đo bằng tổng sai số của Ampemet và sai số điện trở mẫu  $R_o$ .

**b. Đo điện trở bằng phương pháp đo trực tiếp.**

- Ôm kế có điện trở đo mắc nối tiếp (Hình 5.4).



Hình 11.4: Ôm kế có điện trở đo mắc nối tiếp

Nguồn điện E thường là pin 1,5V hay 3V,  $R_1$  là điện trở phụ của từng thang đo,  $R_x$  là điện trở cần đo.

Dòng điện qua điện kế G là

$$I = \frac{U}{R_1 + R_x + R_G} \quad (5.7)$$

Khi  $R_x \rightarrow \infty$  thì  $I = 0$  ( không có dòng điện qua điện kế )

Khi  $R_x = 0$  thì  $I = I_{FS}$  ( kim quay hết khung )

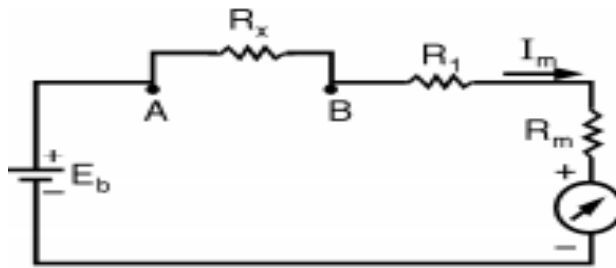
Như vậy, khi để hở 2 que đo, không có dòng điện qua điện kế, vị trí này có trị số  $\infty \Omega$ . Khi nối tắt 2 que đo, dòng điện qua lớn nhất, kim quay hết khung và vị trí này có trị số  $0 \Omega$ . Giá trị điện trở cần đo  $R_x$  được tính theo công thức:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_x + R_G} \Rightarrow R_x = \frac{U}{I} - (R_1 + R_G) \quad (5.8)$$

Công thức trên cho thấy giá trị điện trở  $R_x$  không tỉ lệ tuyến tính theo dòng điện qua điện kế, vì thế thang đo của ohm kế sẽ được chia không đều.

Mạch đo ôhm mắc nối tiếp như trên được dùng rộng rãi trong các đồng hồ vạn năng. Thông thường thang độ ôhm kế được cấu tạo theo kiểu thang đo sau lớn gấp 10 lần thang đo trước, nên khi chuyển thang đo chỉ cần nhân hệ số x10, x100, x1000.

Ví dụ:  $E_b = 1,5V$ ;  $I_{max} = 100\mu A$ ;  $R_1 + R_m = 15k\Omega$ . Xác định chỉ thị của kim khi  $R_x = 0$  và chỉ thị trị số điện trở khi  $I = 1/2$  thang đo;  $1/4$ thang đo;  $3/4$  thang đo theo hình 5.5



Hình 11.5. Đo điện trở mắc nối tiếp

Giải: Từ phương trình trên khi  $R_x \rightarrow 0 \Omega$ :

$$I = \frac{U}{R_1 + R_x + R_m} = \frac{1,5}{0 + 15.000} = 100\mu A$$

- Khi có dòng qua  $1/2$  thang đo là  $I = 100 \mu A / 2 = 50\mu A$  thì giá trị điện trở  $R_x$  là:

$$R_x = \frac{U}{I} - (R_1 + R_m) = \frac{1,5V}{50\mu A} - (15000) = 30 - 15$$

$$R_x = 15k\Omega$$

- Khi có dòng qua 1/4 thang đo là  $I = 100 \mu A / 4 = 25\mu A$  thì giá trị điện trở  $R_x$  là:

$$R_x = \frac{U}{I} - (R_1 + R_m) = \frac{1,5V}{25\mu A} - (15000)$$

$$R_x = 45k\Omega$$

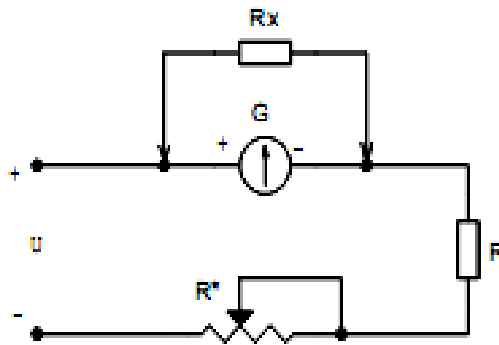
- Khi có dòng qua 3/4 thang đo là  $I = 100 \mu A \times (1/4) = 75\mu A$  thì giá trị điện trở  $R_x$  là:

$$R_x = \frac{U}{I} - (R_1 + R_m) = \frac{1,5V}{75\mu A} - (15000)$$

$$R_x = 5k\Omega$$

Như vậy giá trị thang đo điện trở không tuyến tính theo dòng điện

- Ôm kế có điện trở đo mắc song song (hình 5.6)



Hình 11.6: điện trở đo mắc song song

Sơ đồ của ôm kế mắc song song như hình 5.6. Tương tự như ôm kế mắc nối tiếp, ta xét 2 trường hợp:

+ Khi ngắn mạch  $R_x$  ( $R_x = 0$ ) dòng qua cơ cấu đo bằng 0.

+ Khi hở mạch  $R_x$  ( $R_x = \infty$ ) dòng qua cơ cấu đo sẽ được xác định bởi điện trở cơ cấu đo và điện trở mạch ngoài:

$$I = \frac{U}{R + R_G} \quad (5.9)$$

Lúc này dòng điện qua cơ cấu đo sẽ là lớn nhất. Khi mắc song song  $R_x$  với điện kế G, dòng qua mạch đo sẽ là:

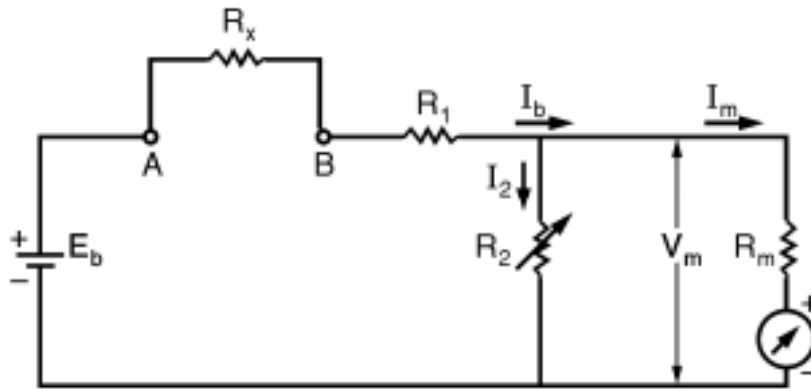


$$I = \frac{U}{R + \frac{R_x R_G}{R_x + R_G}} \quad (5.10)$$

Các biểu thức (5.9) và (5.10) cho thấy thang độ của đồng hồ sẽ không đều và cũng thuận chiều bình thường như các thang đo điện áp và dòng điện. Để điều chỉnh điểm 0 ban đầu cũng sử dụng thêm điện trở  $R$  mắc nối tiếp với mạch đo

Mạch đo điện trở thực tế.

Trong thực tế nguồn pin  $E_b$  có thể thay đổi. Khi  $R_x \rightarrow 0\Omega$ ,  $I_m$  qua cơ cấu không bằng  $I_{max}$ , do đó mạch đo có thể mắc thêm  $R$  (hình.5.7) biến trở này dùng để chỉnh điểm “0  $\Omega$ ” cho mạch đo khi  $E_b$  thay đổi. Như vậy trước khi đo phải ngắt mạch hai đầu AB, điều chỉnh  $R_2$  để sao cho ohm-kế chỉ “0 $\Omega$ ”.



Hình 11.7: Mạch ohm kế có chỉnh “0 $\Omega$ ”.

Theo mạch trên ta có:

$$I = \frac{E_b}{(R_x + R_1 + R_2) // R_m} \quad (5.11)$$

$$\text{Ta có: } I_b = \frac{E_b}{R_x + R_1} \quad (5.12)$$

$$\text{Như vậy điện áp: } U_m = I_b (R_2 // R_m) \quad (5.09)$$

$$\text{Sẽ có dòng } I_m \text{ qua cơ cấu chỉ thị: } I_m = \frac{U_m}{R_m} = \frac{I_b (R_2 // R_m)}{R_m} \quad (5.14)$$

Vì vậy mỗi lần đo cho  $R_x \rightarrow 0\Omega$  bằng cách điều chỉnh  $R_2$  để;

$$I_m = \frac{E_b (R_2 // R_m)}{R_m R_1} = I_{max} \quad (5.15)$$

Ví dụ: Cho hình 5.7 biết  $E_b = 1,5V$ ;  $I_{max} = 50\mu A$ ;  $R_m = 1,5k\Omega$ ,  $R_1 = 15 k\Omega$ ,  $R_2 = 1 k\Omega$ . Xác định chỉ thị của kim khi  $R_x$  khi  $I_b = I_{max}$ ,  $I_m = 1/2 \cdot I_{max}$  thang đo;  $I_m = 3/4 \cdot I_{max}$

**Giải:** tại  $I_m = I_{max} = 50\mu A$ ;  $U_m = I_{max} R_m = 50 \times 1 = 50mV$

$$\text{Do đó} \quad I_2 = \frac{U_m}{R_2} = \frac{50mV}{1k\Omega} = 50\mu A$$

Như vậy dòng  $I_b = 100 \mu A$ , Mặc khác:

$$R_x + R_1 = \frac{E_b}{I_b} = \frac{1,5V}{100\mu A} = 15k\Omega$$

$$\Rightarrow R_x + 15k\Omega = 15k\Omega$$

$$R_x = 0\Omega$$

Khi  $I_m = (1/2)I_{max} = 25 \mu A$ ;  $U_m = I_{max} R_m = 50 \times 1 = 25mV \Rightarrow I_2 = 25 \mu A$

suy ra  $I_b = 50\mu A$ . vậy ta có:

$$R_x + R_1 = \frac{E_b}{I_b} = \frac{1,5V}{50\mu A} = 30k\Omega$$

$$\Rightarrow R_x + 15k\Omega = 30k\Omega$$

$$R_x = 15k\Omega$$

Tương tự như cách tính trên:  $I_m = \frac{3}{4} I_{max} = 37,5\mu A$

$$I_b = I_m + I_2 = 37,5\mu A + 37,5\mu A = 75\mu A$$

$$R_x + R_1 = \frac{1,5}{75} = 20k\Omega$$

$$\Rightarrow R_x = 5k\Omega$$

### Bài tập

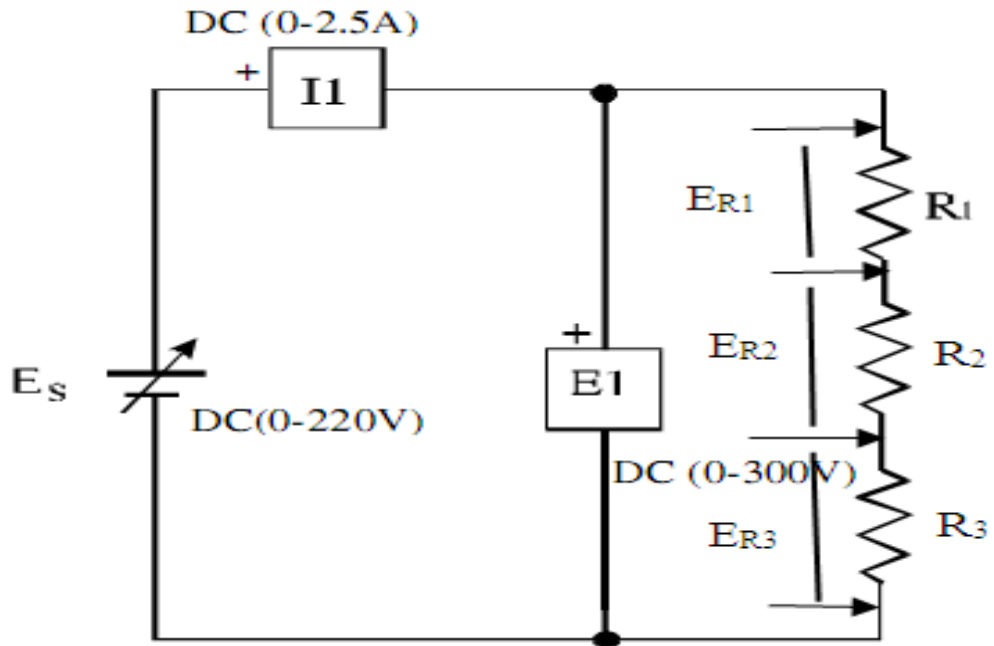
Cho  $E_b = 3V$ ;  $I_{max} = 100\mu A$ ;  $R_m = 1k\Omega$ ,  $R_1 = 15 k\Omega$ ,  $R_2 = 1 k\Omega$ . Xác định chỉ thị của kim khi  $R_x = 0$  và sự chỉ thị trị số điện trở khi  $I = 1/2$  thang đo;  $1/4$  thang đo;  $3/4$  thang đo.

Đáp án:  $R_{x1/2} = 30 k\Omega$ ;  $R_{x1/4} = 90 k\Omega$ ;  $R_{x3/4} = 10 k\Omega$

## 11.2. Volt kế

### 11.2.1 Cách mắc mạch đo

Thiết lập mạch như hình 5.10. Nối đồng hồ đo điện áp  $E_1$  và đồng hồ đo dòng điện  $I_1$  để đo điện áp và dòng điện. Phải đảm bảo nối chính xác cực tính của thiết bị đo điện áp và dòng điện.



Hình 11.8

### 11.2.2. Đọc giá trị

Điều chỉnh điện áp đạt 100% rồi đo và ghi các giá trị đo được vào bảng sau:

	$E_{R1}$ (V)	$E_{R2}$ (V)	$E_{R3}$ (V)	$E_1$ (V)	$I_1$ (A)
$R_1=1,$ $5k\Omega$					
$R_2=$ $2,5 k\Omega$					
$R_3=$ $5,1 k\Omega$					

1. Tính điện trở tương đương cho sơ đồ hình 5.9

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

2. Tính điện trở tương đương sử dụng điện áp và dòng điện

$$R_{td} = E / I = \dots\dots\dots \Omega$$

3. Tắt hẳn nguồn điện và dùng Ohm mét đo điện trở tương đương của mạch

$$R_{td} = E / I = \dots\dots\dots \Omega$$

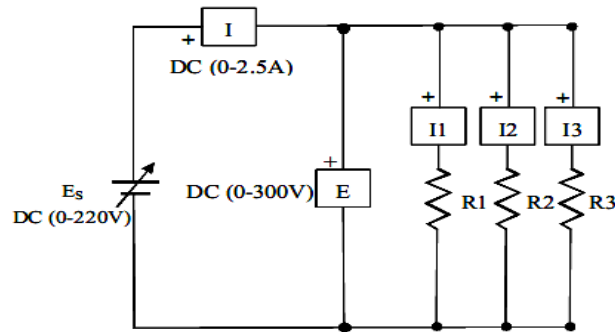
### 11.3. Ampe kế

#### 11.3.1. Cách mắc mạch đo

Thiết lập mạch như hình 11.19, nối đồng hồ đo điện áp  $E_1$  và đồng hồ đo dòng điện  $I, I_1, I_2, I_3$  để đo điện áp và dòng điện. Biết  $R_1=1500\Omega, R_2=2700\Omega, R_3=5100 \Omega$ . Chú ý mắc chính xác về cực tính khi đo điện áp và dòng điện.

#### 11.3.2. Đọc giá trị

Điều chỉnh điện áp đạt 100%, đo và ghi lại các giá trị đo được vào bảng sau:



Hình 11.9. Đọc giá trị

Điện áp $E_1$ (V)	
Dòng điện $I$ (A)	
Dòng điện $I_1$ (A)	
Dòng điện $I_2$ (A)	
Dòng điện $I_3$ (A)	

1. Nhận xét:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \text{ hay không ?}$$

Có

Không

2. Tính điện trở tương đương của hình 5.10

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

$$\Rightarrow R_{td} = \dots\dots\dots\Omega$$

3. Tính toán điện trở tương đương theo số liệu điện áp và dòng điện đo được theo sơ đồ hình 5.10.

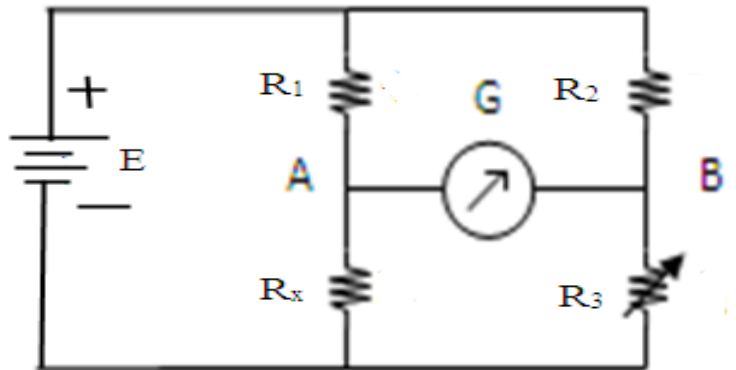
$$R_{td} = \frac{E}{I} = \dots\dots\dots\Omega$$

4. Tắt hẳn nguồn điện và dùng Ohm mét đo điện trở tương đương của mạch

$$R_{td} = \dots\dots\dots\Omega$$

## 11.4. Cầu Wheatstone

### 11.4.1. Cầu Wheastone cân bằng



Hình 11.20: Cầu Wheastone.

Khi cầu cân bằng dòng điện qua chỉ thị G bằng 0, lúc này:  $U_1=U_2$ ,  $U_X=U_3$

Giả sử dòng điện đi qua  $R_1$ ,  $R_X$  là  $I_1$ ; qua  $R_2$ ,  $R_3$  là  $I_2$ .

Khi đó:  $I_1 R_X = I_2 R_3$

$$\Rightarrow \frac{R_X}{R_1} = \frac{R_3}{R_2} \quad \text{hay} \quad R_X = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

*Nhận xét:*  $R_X$  được xác định khi biết chính xác  $R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$ .

Kết quả đo  $R_X$  không phụ thuộc vào nguồn cung cấp E, khi E thay đổi không ảnh hưởng kết quả đo.

Độ chính xác của  $R_X$  phụ thuộc độ nhạy của G và độ chính xác của các điện trở  $R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$ .

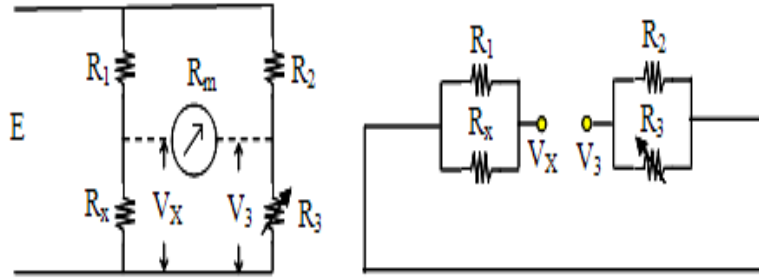
### 11.4.2. Cầu Wheastone không cân bằng

Trong công nghiệp, việc thay đổi các giá trị R dễ dẫn đến sai số lớn do đó người ta sử dụng cầu wheastone không cân bằng.

Cầu Wheastone không cân bằng dùng để đo điện trở  $R$  hoặc sự thay đổi  $\Delta R$  của phần tử đo nhờ điện áp ra hoặc dòng điện ra ở ngõ ra của cầu.

Yêu cầu nguồn cung cấp  $E$  ổn định vì điện áp ra phụ thuộc nguồn  $E$  còn phụ thuộc vào độ chính xác.

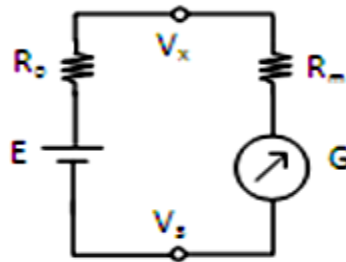
Độ nhạy của cầu Wheastone phụ thuộc vào nguồn cung cấp  $E$  và điện trở nội của cơ cấu đo.



Hình 11.21: Cầu Wheastone không cân bằng.

Khi cơ cấu đo được tháo ra thì giá trị điện áp được xác định:

$$V_x - V_3 = E \left( \frac{R_x}{R_1 + R_x} - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right)$$



Hình 11.22: Sơ đồ tương đương cầu wheastone không cân bằng.

Tổng trở ngõ ra của cầu Wheastone được xác định bởi:

$$R_0 = (R_1 // R_x) + (R_2 // R_3)$$

Dòng điện  $I_m$  qua cơ cấu đo khi cầu không cân bằng:

$$I_m = \frac{V_x - V_3}{R_0 + R_m}$$

## Bài 12

### Dao động ký

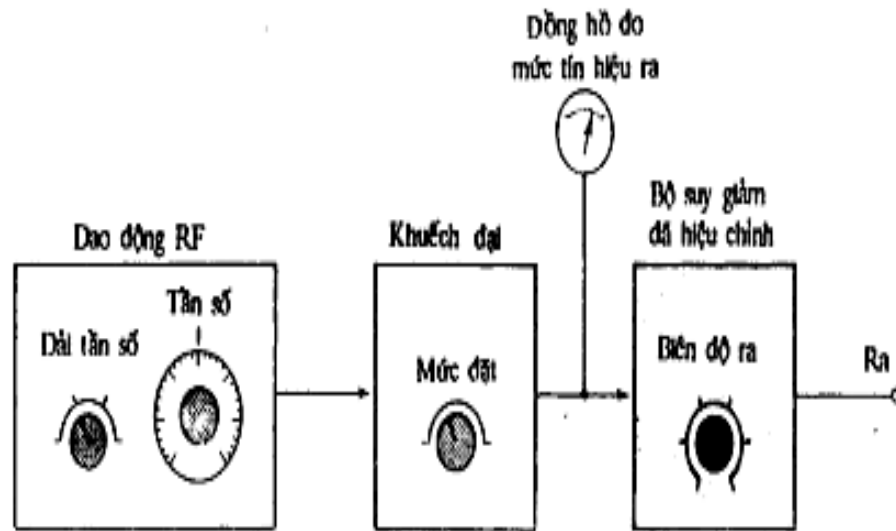
#### Mục tiêu:

- Trình bày được cấu trúc, hoạt động, sử dụng các máy phát tín hiệu phục vụ cho đo lường.
- Sử dụng được Máy phát tần và Máy phát xung
- Có tinh thần trách nhiệm trong việc bảo quản thiết bị học tập

#### 12.1. Máy phát tần

##### 12.1.1 Sơ đồ khối:

Bộ dao động RF, bộ khuếch đại và bộ suy giảm đã hiệu chỉnh và máy đo mức đầu ra (hình 6.1). Bộ dao động RF có núm điều chỉnh tần số liên tục và công tắc dải tần số để điều chỉnh tín hiệu ra tới tần số bất kỳ mong muốn.



Hình 12.1: Máy tạo sóng RF

##### 12.1.2. Hoạt động

Máy tạo tín hiệu tần số sóng vô tuyến RF (radio frequency) có đầu ra sóng sin với dải tần nằm trong khoảng từ 100kHz đến 40GHz.

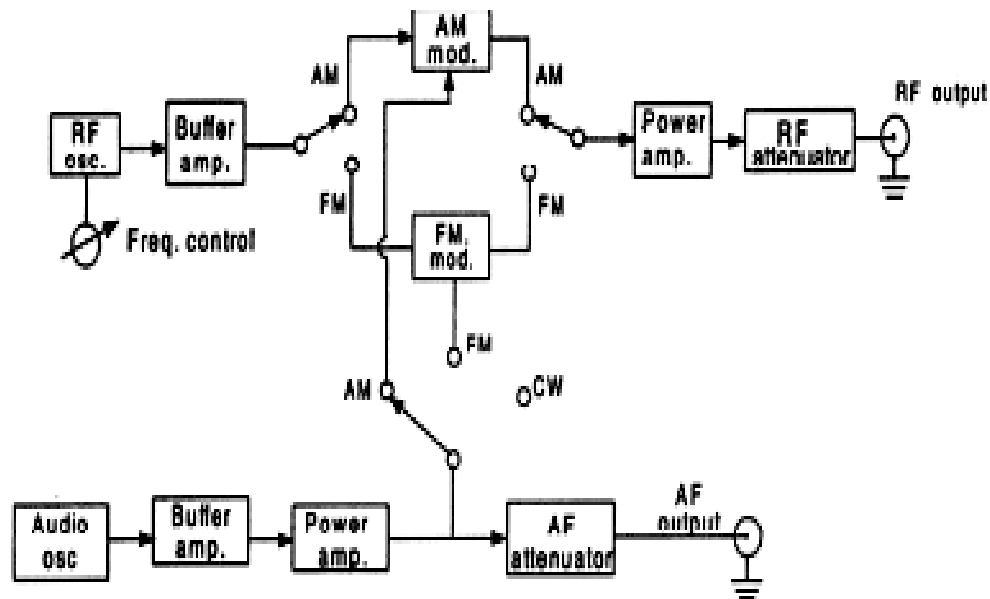
Máy phát tín hiệu cao tần sẽ tạo ra tín hiệu tần số radio dùng để điều chế tín hiệu cao tần với tín hiệu âm tần theo kiểu điều biên hay điều tần. Việc điều chế tín hiệu âm tần sẽ được tạo ra bởi thiết bị đo. Cũng có thể cung cấp tín hiệu điều chế ngoài. Bộ suy giảm sẽ được định chuẩn để cho mức suy giảm mỗi nấc là 20dB.

### 12.1.3. Sử dụng máy phát tín hiệu RF (Radio Frequency)

#### a. Máy phát tín hiệu RF

Máy phát tín hiệu RF (hình 11.2) phải được nối với máy thu cần đo thông qua cáp có bảo vệ chống nhiễu. Chọn băng tần và tần số dao động. Chọn kiểu điều chế và độ sâu điều chế. Bộ suy giảm đặt tại vị trí mức ra của phép đo yêu cầu. Đầu ra của máy tạo sóng phải được nối với đầu vào của thiết bị cần đo thử.

Nối nguồn cung cấp và tiếp theo bật công tắc nguồn của máy phát tín hiệu [ON]. Máy thu được điều chỉnh để thu tín hiệu. Có thể mắc voltmeter điện tử (EVM), hay đồng hồ đo mức công suất âm tần tại đầu ra của máy thu. Nếu không có tín hiệu ra ở máy thu, thì mức ra của máy phát tín hiệu cần phải được tăng thêm, sao cho máy thu có thể nhận được tín hiệu ra không méo. Tất cả các phép đo thực hiện với mức ra ở mức không đổi và mức ra thay đổi của máy phát tín hiệu.



Hình 11.2: Sơ đồ khối của máy phát tín hiệu RF

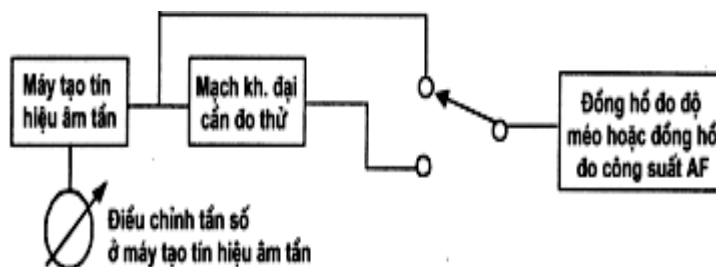
Sử dụng máy tạo tín hiệu trong việc chẩn đoán hỏng.

Máy tạo tín hiệu cao tần được sử dụng phổ biến để chẩn đoán tình trạng hỏng trong các máy thu. Tín hiệu phải được cung cấp đến máy thu và sử dụng máy hiện sóng để quan sát dạng sóng tín hiệu có ở đầu vào và đầu ra của các tầng khác nhau. Nếu một tầng thể hiện tín hiệu ra bình thường, thì tất cả các tầng trước tầng đó là bình thường và sai hỏng có thể ở tầng sau đó kế tiếp. Theo cách này có thể xác định tầng hỏng. Máy tạo tín hiệu cũng cần cho việc cân chỉnh máy thu để tần số dao động nội và tần số tín hiệu RF là bằng nhau (cùng tần số) tại tất cả mức thiết lập trên núm tinh chỉnh trong bảng tần.



## b. Máy tạo tín hiệu âm tần AF (Audio Frequency)

Máy tạo tín hiệu âm tần (hình 6.3) bao gồm bộ dao động âm tần (thường sử dụng bộ dao động kiểu cầu Wien), bộ khuếch đại đệm và bộ khuếch đại công suất kết nối với bộ suy giảm định chuẩn.



Hình 12.3: Máy tạo tín hiệu âm tần AF

- Sử dụng máy tạo sóng âm tần để chẩn đoán tình trạng hỏng trong các mạch khuếch đại.

Máy tạo tín hiệu âm tần dùng để cung cấp tín hiệu chuẩn, không nhiễu để đo thử hiệu suất và đo các thông số của mạch khuếch đại âm tần (như hệ số khuếch đại, độ rộng băng tần cũng như độ méo dạng).

- Trình tự các bước thực hiện phép đo như sau:

1. Nối máy tạo tín hiệu âm tần với bộ khuếch đại. Mắc đồng hồ đo mức công suất âm tần tại đầu ra của bộ khuếch đại.

2. Điều chỉnh tần số của máy tạo tín hiệu ở mức 1000Hz, và điều chỉnh độ suy giảm của tín hiệu ra của máy tạo sóng ở mức mà bộ khuếch đại có thể cho tín hiệu ra không méo. Ghi nhận mức chỉ thị độ suy giảm là  $x_1$ , và mức chỉ thị của đồng hồ đo công suất phát ra là  $w_1$

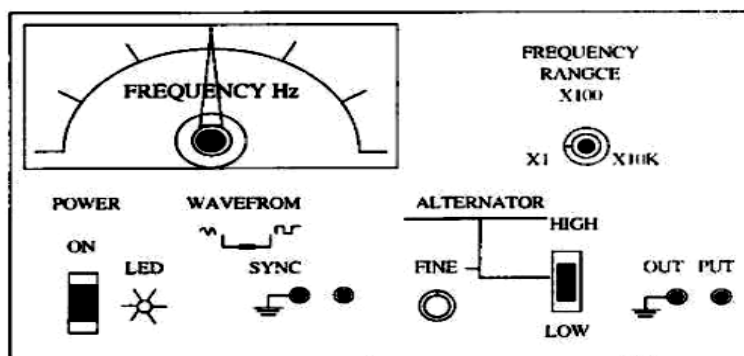
3. Tiếp theo, mắc máy phát tín hiệu trực tiếp với đồng hồ đo công suất song song với bộ khuếch đại cần đo thử. Mức chỉ thị trên đồng hồ có thể giảm. Tăng dần mức công suất phát ra của máy tạo tín hiệu cho đến khi số chỉ thị của đồng hồ đo bằng trở lại trị số  $w_1$ . Ghi nhận số chỉ thị mới của máy phát tín hiệu là  $x_2$ . Tính tỷ số của hai số chỉ thị của máy phát tín hiệu  $x_2 / x_1$ , biểu diễn theo dB, sẽ cho hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại.

4. Để đo độ rộng băng tần, hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại phải được đo tại các tần số khác nhau, từ 20Hz đến 20kHz, và vẽ đặc tuyến giữa tần số (trên trục -  $x$  theo thang logarithmic) theo hệ số khuếch đại theo dB (trên trục -  $y$  tuyến tính), từ đặc tuyến ta có thể xác định độ rộng băng tần ở mức 3dB.

5. Để đo độ méo, cần phải sử dụng đồng hồ đo độ méo dạng. Đồng hồ đo độ méo dạng sẽ đo độ méo hài tổng tạo ra do mạch khuếch đại đối với tín hiệu cung cấp từ máy tạo tín hiệu. (phải đảm bảo rằng tín hiệu phát ra của máy tạo tín hiệu không bị méo). Phép đo này cũng sẽ cho biết mức tín hiệu ra âm tần lớn nhất có thể nhận được từ mạch khuếch đại trong giới hạn độ méo cho phép.

- Hướng dẫn sử dụng máy phát sóng âm tần AF hình 10.5

Máy phát sóng là một thiết bị có thể tạo ra tín hiệu cần để thử, điều chỉnh và sửa chữa các mạch. Máy phát sóng cho phép điều chỉnh tần số, biên độ dạng sóng và đặc tính điều biên của tín hiệu để có thể kiểm tra hoạt động của mạch cần thử với các điều kiện khác của tín hiệu, nó có thể kết hợp với các thiết bị đo khác để thử mạch, để kiểm tra như đồng hồ vôn kế, dao động kế,....



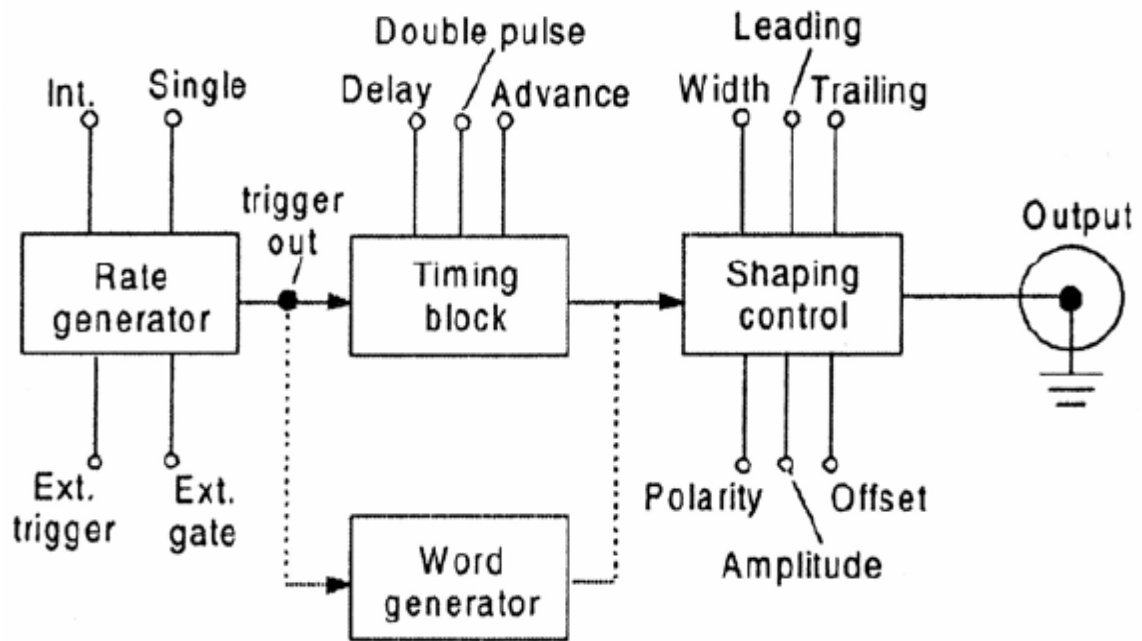
Hình 12.4. Mặt trước của máy phát âm tần

Vị trí núm điều chỉnh	Chức năng
1. Frequency Hz	+ Núm xoay chọn tần số Hz để chọn tần số tín hiệu ngõ ra
2. Freq.Range	+ Công tắc dùng để chọn dải bằng tần số x 1-10-100 Hz x 10 -100 -1kHz x 100 -1kHz – 10kHz x 1 kHz – 10 – 100 kHz x 10 kHz – 100 – 1MHz
3. Power	+ Công tắc nguồn xoay chiều
4. Wave Form	+ Công tắc chọn dạng sóng tín hiệu ngõ ra là sóng sin hay sóng vuông

5. Sync		+ Ngõ vào nối tiếp với tín hiệu đồng bộ tần số ngoài
6. Control	Fine	+ Nút điều chỉnh biên độ tín hiệu ra
7. High Low	–	+ Công tắc ấn định mức ngõ ra ở mức (Low) ngõ ra bị giảm xuống bằng 1/10 (20dB)
8. output		+ Chỗ kết nối tín hiệu ngõ ra đến tải, tổng trở nguồn xấp xỉ 600Ω
9. Led		+ Đèn LED sáng khi bật công tắc nguồn

## 12.2. Máy phát xung.

### 12.2.1. Sơ đồ khối



Hình 12.5: Sơ đồ khối

### 12.2.2. Hoạt động

Bộ tạo xung Bộ tạo xung gồm mạch dao động cầu Wien được ghép với mạch kích khởi Schmitt. Tần số xung tạo ra của mạch kích khởi Schmitt có thể được điều khiển hoặc bên trong (điều khiển trong - Int. control), hoặc điều khiển bên ngoài (điều khiển ngoài - Ext. control). Xung đơn [Single] sẽ điều khiển các thông số của xung bằng tay. Cổng ngoài [Ext. gate] sẽ tạo ra các cụm xung.

Khởi định thời thực hiện các chức năng như sau:

- Làm trễ hay làm sớm pha của xung so với xung kích khởi.
- Mỗi xung sẽ được tạo ra hai xung. Xung thứ nhất sẽ trùng với xung kích khởi, xung thứ hai sẽ thay đổi theo thời gian.

Bộ phát từ số Máy phát xung được sử dụng phổ biến trong các phép đo thử và chẩn đoán hỏng trong các mạch số. Máy phát từ sẽ thay thế khối định thời để tạo ra dữ liệu. Bộ điều khiển dạng xung Bộ điều khiển dạng xung sẽ điều khiển độ rộng xung, chu kỳ chuyển trạng thái (thời gian tăng và thời gian giảm của các cạnh xung), cực tính của xung, biên độ xung và độ dịch xung (từ 0Vdc).

Máy phát xung có trở kháng ra đặc trưng là  $50\Omega$ . Máy phát xung sẽ ngăn chặn sự hình thành sóng dừng trên đường truyền.

Máy phát xung loại tốt sẽ tạo ra xung mịn với đỉnh xung ngang và các cạnh đứng. Tuy nhiên, nếu khảo sát hư hỏng, các xung có thể bị suy biến thể hiện preshoot, độ quá mức trên [overshoot], dao động tắt dần [ringing], độ không tuyến tính [non – linearity] và độ suy giảm [droop] hay độ nghiêng [sag]. Các dấu hiệu trên thể hiện ở hình vẽ sau. Các sai hỏng ở xung có thể quan sát bằng máy hiện sóng.

### 12.2.3. Sử dụng

- Đo thử các mạch số bằng cách cung cấp các xung để thử nghiệm các cổng logic.
- Đo độ nhạy và tỷ lệ bit lỗi trong hệ thống thông tin số liệu.
- Máy tạo xung dùng để phát hiện lỗi trên các đường dây điện thoại. Xung sẽ truyền qua đường dây điện thoại ở tốc độ ánh sáng ( $3 \times 10^8$ km/s). Khi gặp đường dây hở mạch, xung sẽ được phản xạ về máy phát. Đo khoảng thời gian trống như trong radar, thì có thể tính được chiều dài của cáp khi bị đứt.
- Các xung từ máy tạo xung có thể được sử dụng để đo thử hệ số khuếch đại và đáp ứng tần số của các bộ khuếch đại. Các xung vuông ngắn sẽ làm giảm sự tiêu tán công suất cho mạch.
- Máy tạo xung cũng có thể được dùng làm tín hiệu điều chế đến các bộ dao động vi ba, radar.
- Thông số thời gian hồi phục ngược của các diode có thể xác định bằng cách sử dụng các xung từ máy tạo xung.

Bài tập thực hành máy phát xung

## SỬ DỤNG OSC VÀ MÔ HÌNH THỰC HÀNH KỸ THUẬT XUNG

\* Trước khi sử dụng máy hiện sóng

ĐỂ POWER ở vị trí “OFF”.

ĐỂ INTENSITY, FOCUS ở vị trí giữa.

ĐỂ VERT MODE ở vị trí CH1.

Núm Amplitude VAR của CH1 và CH2 ở vị trí CAL.

Điều chỉnh CH1 – position, CH2 – position và POS (Time) ở vị trí giữa.

Đặt AC - GND - DC tại vị trí GND.

VOLT/DIV: 50 mV/DIV.

TIME/DIV: 0.5 mS/DIV.

Sweep VAR chỉnh ở vị trí CAL.

COUPLING để ở vị trí AUTO.

SOURCE đặt ở CH1.

Chỉnh TRIG LEVEL tới vị trí "+".

-Bật công tắc nguồn.

-Nếu không thấy tia sáng thì nhấn nút BEAM FIND.

- Điều chỉnh CH1 POS và HORIZONTAL POS để tia sáng nằm ở giữa màn hình. Điều chỉnh độ sáng và độ sắc nét của tia sáng.

\* Mô Hình Thực Hành Kỹ Thuật Xung

- Giới Thiệu

Nguồn +12V, -12V, dòng 3A, có bảo vệ quá dòng

Nguồn 5V, dòng 2A, có bảo vệ quá dòng

Nguồn dương 0 → 30V, nguồn âm 0 → -30V, dòng 1.5A có bảo vệ quá dòng  
(mass riêng)

Nguồn tín hiệu có công tắc xoay để chọn các loại tín hiệu gồm tín hiệu sin, tín hiệu tam giác, xung vuông đơn cực và xung vuông lưỡng cực, có:

Biên độ 0..10V

Tần số 1Hz..50KHz

Các nguồn có led hiển thị báo có nguồn và báo quá dòng.

Các nguồn +12V,+5V và nguồn tín hiệu được nối chung mass, nên chúng có ký hiệu mass giống nhau.

Các nguồn DC thay đổi được từ 0 tới +30V được nối chung mass, nên chúng có ký hiệu mass giống nhau.

Các nguồn DC và nguồn tín hiệu đều được đưa lên Test Board.

\* Cách sử dụng

Dùng VOM và OSC để đo thử và kiểm tra các nguồn trên mô hình.

Ráp thử một mạch ứng dụng trên testboard.

\* Thực Hành

- Xác định hình dạng, biên độ, tần số của tín hiệu

Đọc biên độ:

$$\text{Biên độ (V)} = \text{Biên độ (ô)} \times \text{Volts / div (V/ô)}$$

Đọc Chu kỳ:

$$\text{Chu kỳ (s)} = \text{Chu kỳ (ô)} \times \text{Time / div (s / ô)}$$

Mỗi lần đo, điều chỉnh núm chỉnh biên độ, núm chỉnh tần số, núm chỉnh dạng điện áp ở vị trí bất kỳ rồi điền vào bảng sau:

Lần đo	Điện áp		Chu kỳ			Tần số	Đáng
	Biên độ (V)	Giá trị đo (ô)	Chu kỳ (s)	Giá trị đo (ô)	Chu kỳ (s)		

- Chỉnh một nguồn sao cho có hình dạng, biên độ theo yêu cầu

Ví dụ: Điều chỉnh một nguồn xoay chiều hình Sin có biên độ 10V, tần số 1KHz.

Các bước thực hiện:

+ Bước 1: Điều chỉnh núm chọn dạng sóng theo yêu cầu.

+ Bước 2: Điều chỉnh biên độ.

Chọn giai đo thích hợp.

Chỉnh núm chỉnh biên độ trên mô hình sao cho:

Độ cao của biên độ ( $\hat{v}$ ) = Biên độ cần có (V) x Giai đo (V/ $\hat{v}$ )

+ Bước 3: Điều chỉnh tần số.

Tính chu kỳ cần có:  $T=1/f$

Chọn giai đo thích hợp.

Chỉnh núm chỉnh tần số trên mô hình sao cho:

Chiều dài của chu kỳ ( $\hat{t}$ ) = Chu kỳ cần có (s) x Giai đo (s/ $\hat{t}$ )

Bài tập áp dụng:

- Điều chỉnh một xung vuông đơn cực có biên độ 2V, tần số 500Hz.
- Điều chỉnh một xung vuông lưỡng cực có biên độ 3V, tần số 5KHz.
- Điều chỉnh một xung tam giác có biên độ 7V, tần số 3KHz.
- Điều chỉnh một sóng sin có biên độ 9V, tần số 10KHz.

## Bài 13

### Đo lường bằng máy hiện sóng

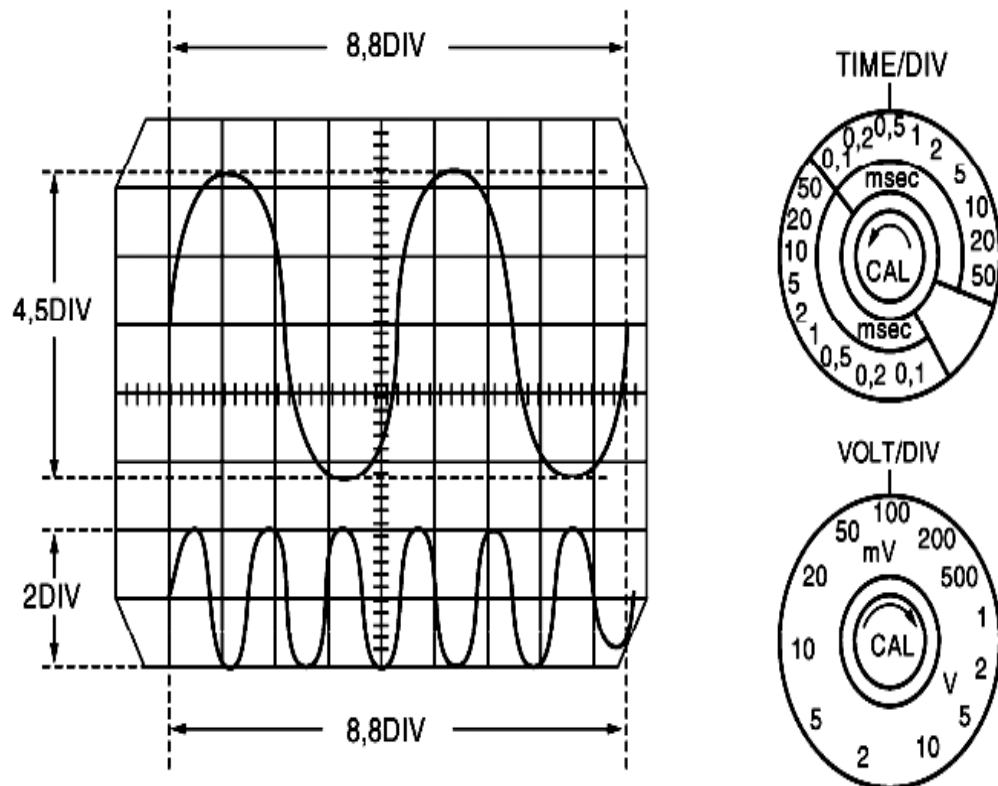
#### Mục tiêu:

- Trình bày được các phương pháp sử dụng máy hiện sóng để đọc, đo các thông số kỹ thuật của mạch điện.
- Đọc được giá trị biên độ, giá trị đỉnh khi Đo lường AC
- Đọc được giá trị thời gian và tần số khi đo
- Rèn luyện tính cẩn thận, tư duy và an toàn vệ sinh công nghiệp

#### 13.1 Đo lường AC.

##### 13.1.1 Đọc giá trị đỉnh đỉnh

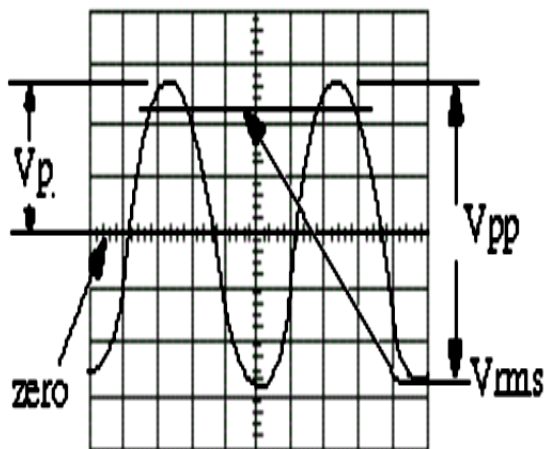
Biên độ đỉnh – đỉnh của một dạng sóng (hình 7.5) có thể đo được dễ dàng nhờ xuất hiện trên màn hình thông qua kích thước của đồ thị trên màn hình. Trên hình 7.5 minh họa 2 sóng sin với biên độ và chu kỳ khác nhau trên cùng một màn hình. Vị trí các núm điều khiển thang độ VOLT/DIV cũng như núm chọn thời gian TIME/DIV như chỉ ra trên hình vẽ 7.5.



Hình 13.1: Đo biên độ đỉnh – đỉnh và chu kỳ của sóng sin



Việc tính giá trị điện áp của tín hiệu được thực hiện bằng cách đếm số ô trên màn hình và nhân với giá trị VOLTS/DIV



Hình 13.2: Giá trị đỉnh – đỉnh của tín hiệu

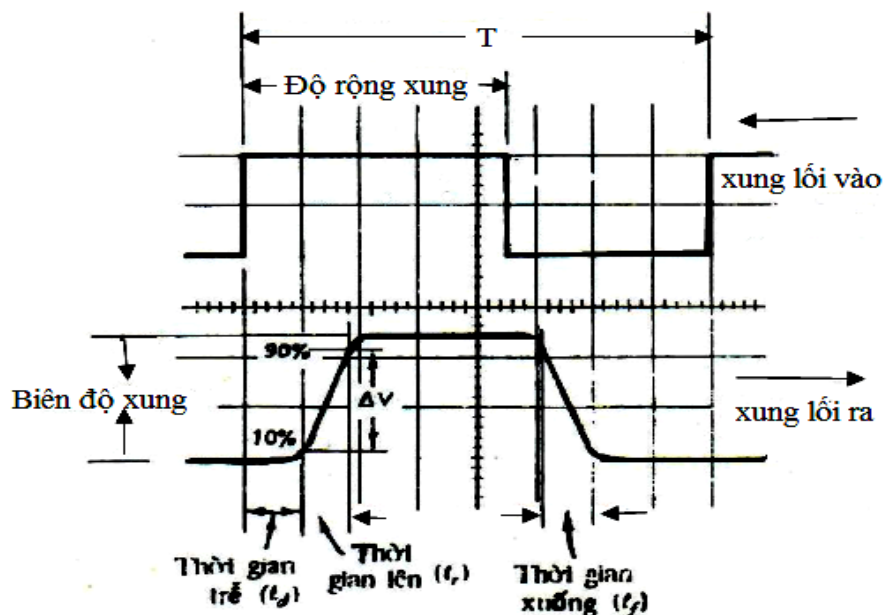
Ví dụ: VOLTS/DIV chỉ 1V thì tín hiệu cho ở hình 11.2 có:

$$V_p = 2,7\hat{o} \times 1V = 2,7V$$

$$V_{pp} = 5,4\hat{o} \times 1V = 5,4V$$

$$V_{rms} = 0,707V_p = 1,98V.$$

Ngoài ra, với tín hiệu xung người ta còn sử dụng máy hiện sóng để xác định thời gian tăng sườn xung (rise time), giảm sườn xung (fall time) và độ rộng xung (pulse width) với cách tính như hình ( H.7.7)



Hình 13.3: Giá trị biên độ của xung tín hiệu

### 13.1.2. Đọc giá trị biên độ

Sau khi đưa tín hiệu vào tạo được hình sóng có biên độ lớn, ổn định. Điều chỉnh lại núm khuếch đại – núm “ Cal ” ở chính giữa công tắc VOLTS/DIV để chuẩn lại giá trị vạch đúng. Sau đó điều chỉnh lại núm chỉnh lệch hướng đúng vị trí để tính được chiều cao của tín hiệu.

Ví dụ : khoảng cách giữa hai đỉnh âm và dương bằng a vạch. Giá trị mỗi vạch căn cứ theo vị trí công tắc VOLTS/DIV bằng bV thì giá trị biên độ điện áp là:

$$U_{dd} = \frac{a.b}{2} V \quad \underline{\text{Ví dụ:}} \text{ Như ở hình 9.1: biên độ đỉnh của các tín hiệu:}$$

$$A: V_A = 450mV \text{ (p-p)}$$

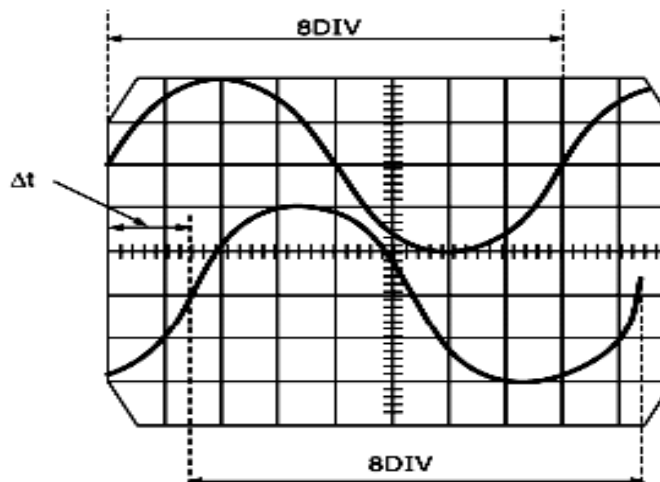
$$B: V_B = 200mV \text{ (p-p)}$$

*Đo chu kỳ:* Phụ thuộc vào nút chu kỳ của tín hiệu quét răng cưa (đơn vị  $\mu\text{sec} / \text{DIV}$ ). Ta thấy sóng A có biên độ 4,6 vạch chia, còn sóng B tương ứng với 2 vạch chia. Như vậy, theo vị trí của thang độ trên núm điều khiển VOLT/DIV là 100 mV ta có biên độ đỉnh – đỉnh của các điện áp sẽ là:

$$\text{- Sóng A: } V_{A\text{pp}} = 4,5 \text{ vạch} \times 100 \text{ mV} = 450 \text{ mV}$$

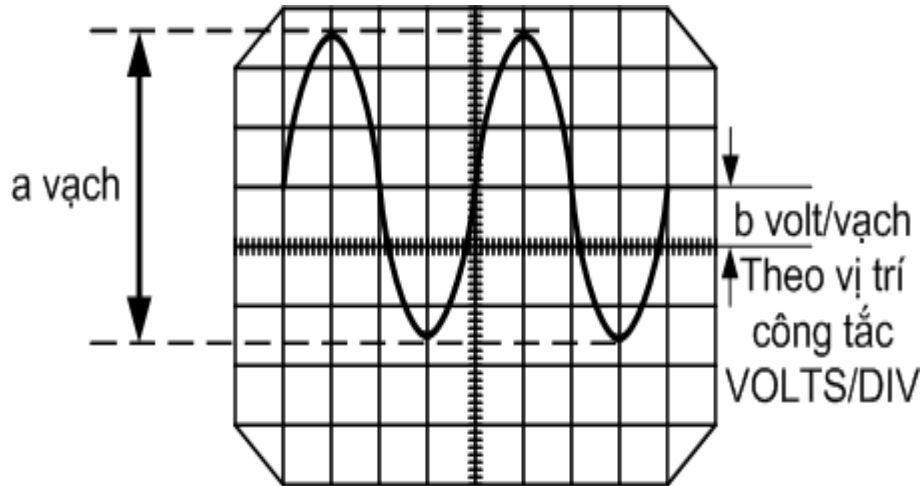
$$\text{- Sóng B: } V_{B\text{pp}} = 2 \text{ vạch} \times 100 \text{ mV} = 200 \text{ mV.}$$

Hiệu số pha của hai sóng hình sin  $\Delta\varphi$  được đo bằng phương pháp minh họa trong hình 7.8. Mỗi sóng có một chu kỳ ứng với 8 vạch ngang và thời gian giữa các thời điểm bắt đầu mỗi chu trình là 1,4 vạch. Ta có 1 chu trình =  $360^\circ$ , như vậy, giá trị của mỗi vạch chia là: 1 vạch chia =  $360^\circ/8 = 45^\circ$ . Hiệu số pha của 2 điện áp sẽ là:  $\Delta\varphi = 1,4 \text{ vạch} \times 45^\circ/\text{vạch} = 63^\circ$ .



Hình 13.3: Đo hiệu số pha giữa 2 sóng sin

### 13.1.3. Quan sát và đánh giá dạng sóng



Màn ảnh máy hiện sóng

## 13.2. Đo thời gian và tần số

### 13.2.1. Đo thời gian

Sau khi tạo được hình sóng ổn định chuyển công tắc TIME/ DIV (độ tổng 1 vạch) về vị trí để cho một chu kỳ hay hai chu kỳ tín hiệu chiếm khoảng rộng nhất trên màn hình. Sau đó đếm số điểm sáng để kiểm tra lại giá trị 1 vạch ngang nếu không tương ứng với số điểm sáng chỉnh lại nút “ CAL” ở giữa công tắc TIME/DIV. Đếm số vạch ngang ở 1 hay 2 chu kỳ từ đó tính ra độ rộng của một chu kỳ.

### 13.2.2 Tần số

Đưa tín hiệu cần đo tần số vào cửa Y. Thay đổi bằng sóng và điều chỉnh tần số chuẩn  $f_{ch}$ . Khi  $f_{ch} = f_x$  trên màn ảnh máy hiện sóng sẽ xuất hiện một hình elíp đứng giữa (do tần số 2 nguồn không ổn định lý tưởng )

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

### I. THIẾT LẬP CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CHO MÁY HIỆN SÓNG

- Nội dung.

Nguồn cung cấp, Điều chỉnh độ sáng và độ hội tụ của ảnh

Điều chỉnh dịch ảnh ngang và dọc của ảnh

Đặt chế độ đo 1 và 2 kênh tín hiệu.

Kết nối đồng bộ tín hiệu trong mạch với máy đo

- Các bước vận hành máy.

T	Nội dung công việc	Biểu hiện của máy
	<p>Kiểm tra chế độ nguồn 115/220V</p> <p>Cấp nguồn cho máy.</p> <p>Ấn nút Power ở chế độ On</p>	<p>Máy chạy bình thường khi:</p> <p>Đèn báo nguồn sáng</p> <p>Trên màn có 1 vệt sáng</p>
	<p>Kiểm tra độ sáng của vệt sáng trên màn hình. Vệt sáng có biểu hiện hơi tối và quá sáng thì ta điều chỉnh núm INTEN</p>	<p>Vệt sáng ở mức độ vừa phải là được.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nếu sáng quá sẽ làm giảm tuổi thọ của màn hình.</li> <li>- Nếu tối quá sẽ khó quan sát</li> </ul>
	<p>Kiểm tra độ hội tụ của vệt sáng trên màn hình. Vệt sáng có biểu hiện mờ không rõ nét thì ta điều chỉnh núm FOCUS.</p>	<p>Vệt sáng có biểu hiện rõ nét có dạng nhỏ và mảnh</p>
	<p>Khi cần đo 2 tín hiệu cùng một lúc, để các tín hiệu không chồng lên nhau ta dùng các núm chỉnh POSITION Y.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Khi điều chỉnh ảnh của từng kênh đo sẽ di chuyển lên trên hoặc xuống dưới tùy theo chiều ta điều chỉnh núm POSITION</li> <li>- Hai tín hiệu tách rời nhau một ở phía trên, một ở phía dưới của màn hình.</li> </ul>
	<p>Khi cần so sánh pha của 2 tín hiệu ta dùng núm chỉnh POSITION X. Dịch ngang ảnh.</p>	<p>Khi điều chỉnh ảnh của cả 2 kênh đo sẽ di chuyển sang phải hoặc sang trái tùy theo chiều ta điều chỉnh núm POSITION</p>
	<p>Chọn chế độ hiển thị ảnh của các kênh đo ta dùng chuyển mạch (6) MODE (CH1, CH2, DUAL, ADD)</p>	<p>Khi chọn CH1 chỉ có tín hiệu của CH1</p> <p>Khi chọn CH2 chỉ có tín hiệu của CH2</p> <p>Khi chọn DUAL cả 2 tín hiệu CH1 và CH2 cùng xuất hiện.</p>

		Khi chọn ADD tín hiệu CH1 và CH2 được cộng lại thành 1 tín hiệu chung.
--	--	--

- Thực hành trên máy hiện sóng

Điều chỉnh độ sáng và độ hội tụ của ảnh

Điều chỉnh dịch ảnh ngang và dọc của ảnh

Đặt chế độ đo 1 và 2 kênh tín hiệu.

## II. ĐIỀU CHỈNH BIÊN ĐỘ VÀ THỜI GIAN TRÊN MÀN HIỂN THỊ

- Mục tiêu;

Thiết lập chế độ hiển thị biên độ của tín hiệu ở mức lớn nhất để quan sát.

Thiết lập thời gian để tín hiệu có độ ổn định tốt nhất không bị di động

- Công việc.

T	Nội dung công việc	Chú ý
	Lấy tín hiệu chuẩn (17) PROBE	Tín hiệu này có dạng xung vuông, giá trị 5Vp-p
	Thay đổi biên độ của tín hiệu hiển thị. Nút VOLTS/DIV	- Nút này luôn để ở vị trí mà giá trị lớn nhất. - Điều chỉnh nút nhỏ nằm bên trên về vị trí CAL
	Thay đổi thời gian ứng với 1 ô trên màn hiển thị. Nút TIME/DIV	- Khi muốn đọc giá trị chu kỳ của tín hiệu phải để nút ấn 13 về vị trí CAL. Nếu không sẽ không chính xác.

- Bài tập ứng dụng.

+ Nội dung:

Điều chỉnh để máy phát tạo ra các tần số 5kHz

Tín hiệu tạo ra là 2V (Giá trị hiệu dụng).

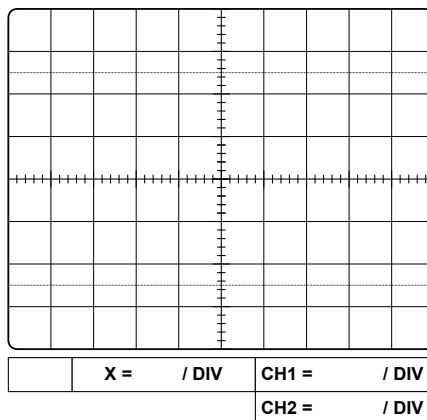
+ Yêu cầu

Sử dụng máy hiện sóng để kiểm tra tín hiệu của máy phát

Vẽ dạng tín hiệu được tạo ra.

Biên độ cực đại  $U_m = \dots\dots\dots$

Tần số của tín hiệu  $f = \dots\dots\dots$



### BÀI TẬP ÁP DỤNG

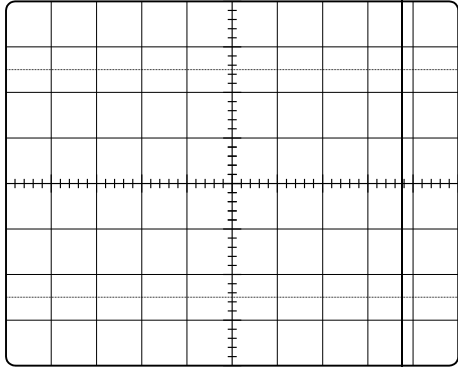
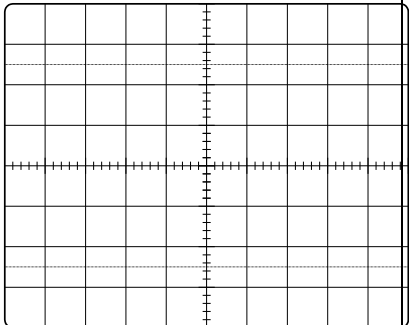
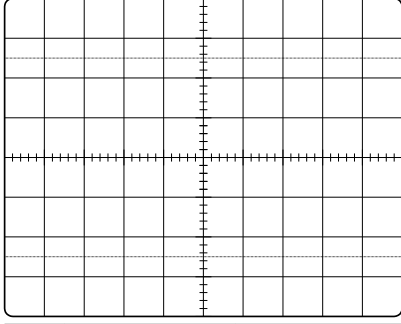
+ Nguồn tín hiệu.

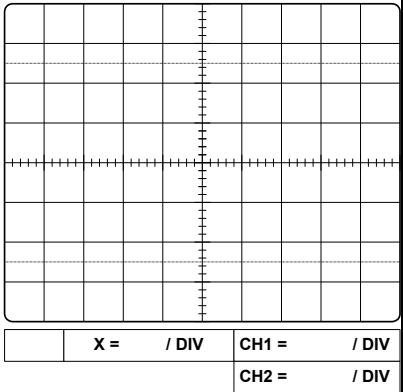
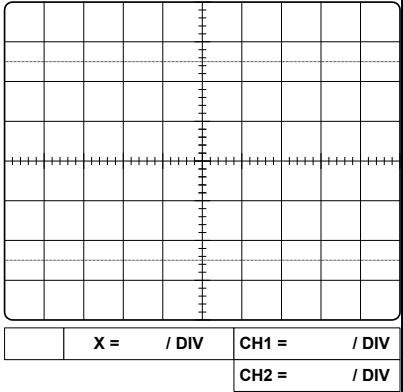
Tín hiệu được tạo ra từ máy phát chức năng.

Giá trị hiệu dụng của tín hiệu được đo bằng đồng hồ vạn năng.

+ Bài tập.

T	Nội dung	Máy hiện sóng										
	<p>Số liệu cho trước:</p> <p>Tín hiệu hình sin tần số 10KHz</p> <p>Điện áp 3V~</p> <p>Xác định trên máy hiện sóng:</p> <p>- Biên độ cực đại của tín hiệu: <math>U_m = \dots\dots\dots</math></p> <p>- Tần số của tín hiệu <math>f = \dots\dots\dots</math></p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50px;"></td> <td>X =</td> <td>/ DIV</td> <td>CH1 =</td> <td>/ DIV</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>CH2 =</td> <td>/ DIV</td> </tr> </table>		X =	/ DIV	CH1 =	/ DIV				CH2 =	/ DIV
	X =	/ DIV	CH1 =	/ DIV								
			CH2 =	/ DIV								

	<p>Số liệu cho trước:  Tín hiệu hình sin tần số 500KHz  Điện áp 3,5V~  Xác định trên máy hiện sóng:  - Biên độ cực đại của tín hiệu:  <math>U_m = \dots\dots\dots</math>  - Tần số của tín hiệu <math>f = \dots\dots\dots</math></p>	 <table border="1" data-bbox="1089 533 1544 606"> <tr> <td>X =</td> <td>/ DIV</td> <td>CH1 =</td> <td>/ DIV</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>CH2 =</td> <td>/ DIV</td> </tr> </table>	X =	/ DIV	CH1 =	/ DIV			CH2 =	/ DIV
X =	/ DIV	CH1 =	/ DIV							
		CH2 =	/ DIV							
	<p>Số liệu cho trước:  Tín hiệu hình sin tần số 1MHz  Điện áp 2V~  Xác định trên máy hiện sóng:  - Biên độ cực đại của tín hiệu: <math>U_m = \dots\dots\dots</math>  - Tần số của tín hiệu <math>f = \dots\dots\dots</math></p>	 <table border="1" data-bbox="1089 995 1495 1068"> <tr> <td>X =</td> <td>/ DIV</td> <td>CH1 =</td> <td>/ DIV</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>CH2 =</td> <td>/ DIV</td> </tr> </table>	X =	/ DIV	CH1 =	/ DIV			CH2 =	/ DIV
X =	/ DIV	CH1 =	/ DIV							
		CH2 =	/ DIV							
	<p>Số liệu cho trước:  2 tín hiệu hình sin tần số 100kHz  Điện áp 4V~  Xác định trên máy hiện sóng:  - Biên độ cực đại của tín hiệu: <math>U_m = \dots\dots\dots</math>  - Tần số của tín hiệu <math>f = \dots\dots\dots</math></p>	 <table border="1" data-bbox="1089 1474 1487 1547"> <tr> <td>X =</td> <td>/ DIV</td> <td>CH1 =</td> <td>/ DIV</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>CH2 =</td> <td>/ DIV</td> </tr> </table>	X =	/ DIV	CH1 =	/ DIV			CH2 =	/ DIV
X =	/ DIV	CH1 =	/ DIV							
		CH2 =	/ DIV							

	<p>Số liệu cho trước:</p> <p>2 tín hiệu hình sin cùng tần số 100kHz</p> <p>Điện áp 4V~</p> <p>Xác định trên máy hiện sóng:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biên độ cực đại của tín hiệu: <math>U_m = \dots\dots\dots</math></li> <li>- Tần số của tín hiệu <math>f_1 = \dots\dots\dots</math></li> <li>- Tần số của tín hiệu <math>f_2 = \dots\dots\dots</math></li> </ul>	
	<p>Số liệu cho trước:</p> <p>2 tín hiệu hình sin tần số 100kHz và 50KHz</p> <p>Điện áp 4V~</p> <p>Xác định trên máy hiện sóng:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biên độ cực đại của tín hiệu: <math>U_m = \dots\dots\dots</math></li> <li>- Tần số của tín hiệu <math>f_1 = \dots\dots\dots</math></li> <li>- Tần số của tín hiệu <math>f_2 = \dots\dots\dots</math></li> </ul>	



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sổ tay linh kiện điện tử cho người thiết kế mạch (*R. H.WARRING - người dịch KS. Đoàn Thanh Huệ - nhà xuất bản Thống kê*)
- [2] Giáo trình linh kiện điện tử và ứng dụng (*TS Nguyễn Việt Nguyên - Nhà xuất bản Giáo dục*)
- [3] Sổ tay tra cứu các tranzito Nhật Bản (*Nguyễn Kim Giao, Lê Xuân Thề*)
- [4] Sổ tay tra cứu các tranzito Heungryong Khoa học xuất bản, Jae Keun Lee, 2010. 04