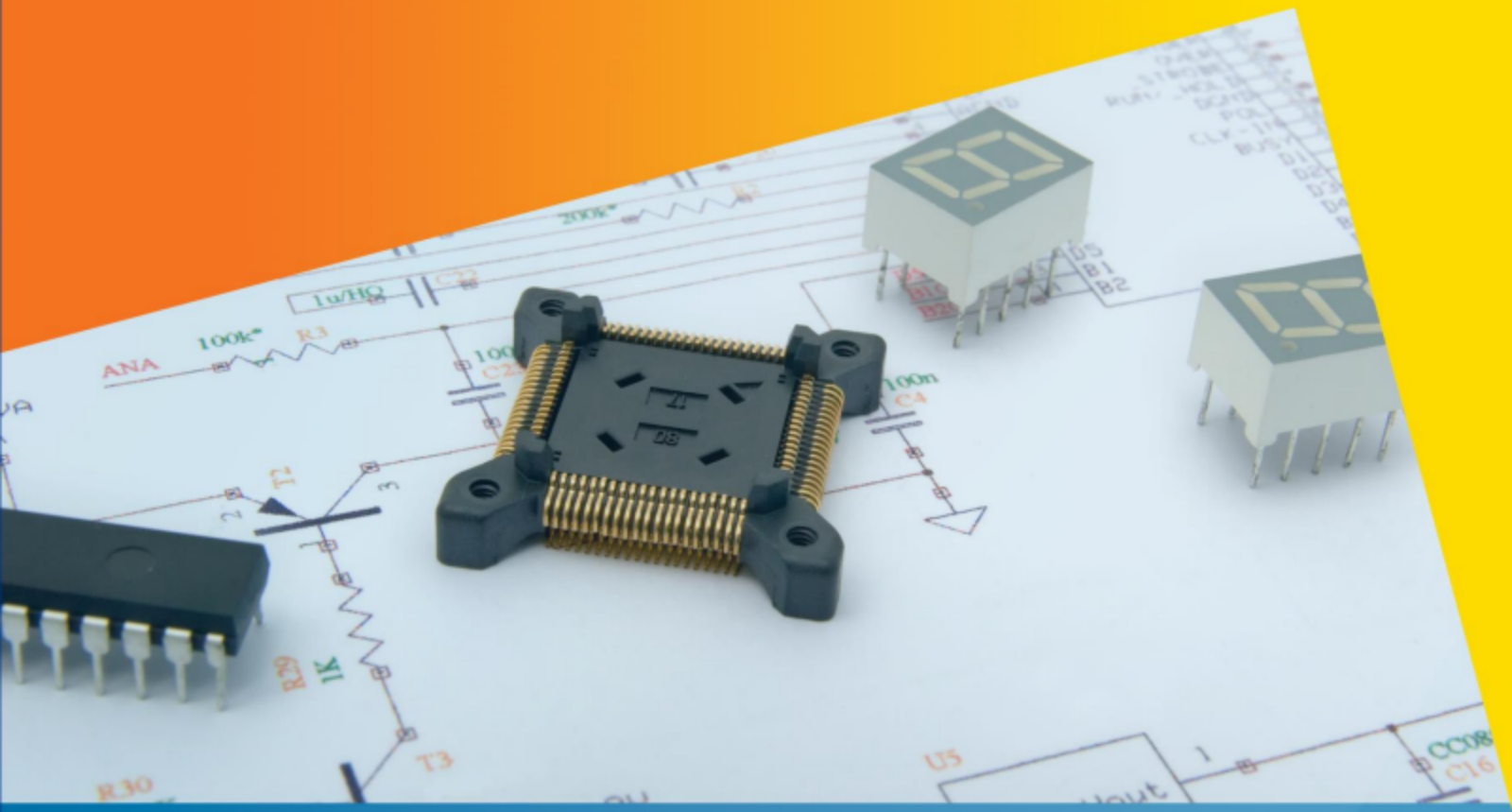
DEVIOT - CÙNG NHAU HỌC LẬP TRÌNH IOT

THỰC CHIẾN ĐIỆN TỬ CƠ BẢN



www.deviot.vn

www.facebook.com/groups/deviot.vn

MỤC LỤC

MỤC LỤC 1
LỜI NÓI ĐẦU 5
CHƯƠNG 1 :ĐIỆN TRỞ 6
1.1 Khái niệm về điện trở 6
1.2 Nguyên lý hoạt động của điện trở 6
1.3 Phân loại điện trở 7
1.3.1 Phân loại dựa vào tính chất điện của điện trở 7
1.3.2 Phân loại theo giá trị của điện trở 7
1.3.3 Phân loại theo chức năng của điện trở 7
1.4 Cách đọc giá trị điện trở qua mã màu 9
1.4.1 Đọc giá trị đối với điện trở 4 vạch màu 10
1.4.2 Đọc giá trị đối với điện trở 5 vạch màu 11
1.4.3 Đọc giá trị đối với điện trở 6 vạch màu 12
1.4.4 Đọc giá trị điện trở dán (SMD) 12
1.5 Các cách mắc điện trở 13
1.6 Một số ứng dụng của điện trở 14
1.6.1 Hạn chế dòng điện đi qua LED 14
1.6.2 Điện trở kéo 14
1.6.3 Mạch lọc thụ động thông thấp RC 15
1.6.4 Mạch lọc thụ động thông cao RC 16
1.6.5 Cầu phân áp 16
CHƯƠNG 2 :CUỘN CẢM 17
2.1 Khái niệm về cuộn cảm 17
2.2 Nguyên lý hoạt động của cuộn cảm 19
2.3 Cách đọc giá trị cuộn cảm 20
2.4 Các cách mắc cuộn cảm 23
2.5 Một số ứng dụng của cuộn cảm 24
2.5.1 Mạch lọc thụ động thông thấp RLC 24
2.5.2 Mạch lọc thụ động thông cao RLC 25

2.5.3 Mạch lọc thụ động thông dải RLC 26
2.5.4 Mạch lọc thụ động thông chắn dải RLC 27
2.5.5 Thành phần chính của relay 27
2.5.6 Làm máy biến áp 28
2.5.7 Thành phần trong motor 29
CHƯƠNG 3 : TỤ ĐIỆN 30
3.1 Khái niệm về tụ điện 30
3.2 Nguyên lý hoạt động của tụ điện 32
3.3 Các cách mắc tụ điện 32
3.4 Một số ứng dụng của tụ điện 33
3.4.1 Tụ Decoupling lọc nguồn 33
3.4.2 Tụ Coupling 34
3.4.3 Tụ làm mịn điện áp 35
3.5 Đo kiểm tụ điện 36
CHƯƠNG 4 : CẦU CHÌ 37
4.1 Khái niệm về cầu chì 37
4.2 Nguyên lý hoạt động của cầu chì 38
4.3 Phân loại cầu chì 38
4.3.1 Phân loại theo môi trường hoạt động 38
4.3.2 Phân loại theo cấu tạo 39
4.3.3 Phân loại theo đặc điểm 40
4.3.4 Phân loại theo số lần sử dụng 40
4.3.5 Phân loại theo nhiệm vụ, chức năng 40
4.4 Đo kiểm cầu chì 41
CHƯƠNG 5 :VARISTOR 42
5.1 Khái niệm về Varistor 42
5.2 Phân loại Varistor 43
5.3 Nguyên lý hoạt động của Varistor 43
5.4 Đo kiểm Varistor 44
CHƯƠNG 6 : DIODE 45
6.1 Khái niệm về Diode 45

6.2 Nguyên lý hoạt động của Diode 45
6.3 Phân loại về Diode 47
6.3.1 Diode tín hiệu nhỏ 47
6.3.2 Diode chỉnh lưu 48
6.3.3 Diode Schottky 48
6.3.4 Diode phát sáng (LED) 48
6.3.5 Diode thu quang Photo Diode 49
6.3.6 Diode tunnel 49
6.3.7 Diode Zenner 50
6.3.8 Diode cầu 51
6.4 Một số ứng dụng của Diode 51
6.4.1 Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ 51
6.4.2 Mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ 52
6.4.3 Mạch chỉnh lưu cầu 52
6.4.4 Chống nhiễu quá áp 53
6.4.5 Mạch ghim điện áp 54
6.5 Đo kiểm Diode 55
CHƯƠNG 7 : TRANSISTOR LƯỠNG CỰC BJT 57
7.1 Khái niệm về transistor BJT 57
7.1.1 Khái niệm về transistor BJT 57
7.1.2 Cấu tạo Transistor BJT 57
7.1.3 Phân loại các loại transistor BJT 58
7.2 Nguyên lý hoạt động của transistor BJT 59
7.3 Các thông số kỹ thuật của transistor 60
7.4 Các cách mắc của transitor BJT 61
7.4.1 Transistor mắc theo kiểu E chung 61
7.4.2 Transistor mắc theo kiểu C chung 62
7.4.3 Transistor mắc theo kiểu B chung 63
7.5 Một số ứng dụng của transisor BJT 63
7.5.1 Điều khiển on/off relay 63
7.5.2 Darlington transistor 64

7.5.3 Mạch cầu H sử dụng transistor BJT 66
7.6 Đo kiểm transistor lưỡng cực BJT 69
CHƯƠNG 8 : TRANSISTOR HIỆU ỨNG TRƯỜNG FET 70
8.1 Khái niệm về transistor hiệu ứng trường FET 70
8.2 Phân loại transistor hiệu ứng trường FET 71
8.3 Cấu tạo là nguyên lý hoạt động của transistor FET 71
8.3.1 Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của JFET 71
8.3.2 Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của MOSFET 75
8.3.3 Các thông số cần lưu ý khi chọn MOSFET 79
8.4 Một số ứng dụng của transisor trường FET 80
8.4.1 Điều khiển on/off relay bằng MOSFET loại N 80
8.4.2 Mạch cầu H dùng MOSFET 81
8.5 Đo kiểm transistor hiệu ứng trường FET 82

LỜI NÓI ĐẦU

Deviot là trung tâm đào tạo về lập trình nhúng và IoT. Với đội ngũ là các anh chị cựu sinh viên trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, có nhiều năm kinh nghiệm trong lĩnh vực và giữ nhiều vị trí quan trọng tại các công ty, tập đoàn hàng đầu cả nước. Với sự kỷ luật, kiên trì và tận tâm của mình, đội ngũ đã dành hết tâm huyết để cho ra mắt những sản phẩm chất lượng nhất đến với cộng đồng các bạn sinh viên kỹ thuật. Hi vọng cuốn sách sẽ trở thành hành trang không thể thiếu với các bạn sinh viên.

Hà Nội, ngày …… tháng…… năm……

Trong cuốn sách này đội ngũ **Deviot** giới thiệu đến các bạn những kiến thức về các linh kiện điện tử cơ bản để có thể giúp các bạn thiết kế được những bo mạch…

Cuốn điện tử cơ bản này được chia làm hai cuốn:

- Cuốn 1: Giới thiệu về những linh kiện điện tử cơ bản và những ứng dụng của chúng như: điện trở, cuộn cảm, tụ điện, cầu chì, varistor, diode, transistor BJT và transistor FET.
- Cuốn 2: Sẽ tiếp nối cuốn 1 và sẽ chứa nội dung về các linh kiện như là: Diac, Triac, Thyristor, Octo quang, Opam, Relay, IC nguồn.

Thông tin liên hệ:

Fanpage: https://www.facebook.com/deviot.vn

Group Facebook: https://www.facebook.com/groups/deviot.vn

Địa chỉ: **Số 101C, ngõ Xã Đàn 2, Hà Nội.**

CHƯƠNG 1 ĐIỆN TRỞ

1.1 Khái niệm về điện trở

Điện trở là linh kiện không thể thiếu trong các bo mạch điện tử. Điện trở là sự cản trở dòng điện của một vật dẫn điện, nếu một vật dẫn điện tốt thì điện trở nhỏ, vật dẫn điện kém thì điện trở lớn, vật cách điện thì điện trở là vô cùng lớn. Giá trị của nó được tính bằng đơn vị ohms (Ω).

Ký hiệu của nó như sau:

Kí hiệu điện trở

Ký tự K hay M chỉ ra rằng giá trị của điện trở đó cỡ hàng nghìn ohms hay là triệu ohms. Ở một số khu vực như Châu Âu hay Mỹ thì thỉnh thoảng họ vẫn thay thế cho một dấu thập phân. Ví dụ như điện trở 4.7K thì xác định là 4K7 hay 3.3M thì cũng như 3M3.

Điện trở thường được dùng với mục đích như là giảm tốc độ nạp của tụ, cung cấp dòng điện điều khiển thích hợp cho transistor BJT, bảo vệ LED hoặc các chân bán dẫn khác từ việc quá dòng, điều chỉnh hoặc hạn chế đáp ứng tần số trong mạch âm thanh (kết hợp với các thành phần khác), kéo lên hoặc kéo xuống điện áp tại các chân đầu vào của chip, hoặc điều khiển một điện áp tại một điểm trong mạch, hoặc tạo cầu phân áp.

1.2 Nguyên lý hoạt động của điện trở

Trong quá trình cản trở dòng điện và giảm điện áp, một điện trở sẽ tiêu tán năng lượng dưới dạng nhiệt.

Nếu R là đại lượng tính bằng ohms, I là dòng điện chạy qua điện trở tính bằng Ampe, và V là điện áp rơi trên điện trở đó thì theo định luật ohms:

$$V = I*R$$

Đây là cách khác để nói rằng điện trở 1Ω cho phép dòng điện 1A chạy qua nó thì điện áp rơi giữa hai đầu điện trở là 1V.

Nếu W là công suất mà điện trở tiêu tán trong mạch điện một chiều sẽ được tính bằng công thức:

$$W = V*I = I^2 * R = \frac{V^2}{R}$$

1.3 Phân loại điện trở

1.3.1 Phân loại dựa vào tính chất điện của điện trở

- **Điện trở tuyến tính**: là điện trở có trở kháng không đổi khi gia tăng sự chênh lệch điện áp trên nó.
- **Điện trở phi tuyến tính**: là điện trở thay đổi khi có dòng điện đi qua, cụ thể nó sẽ tỷ lệ thuận với sự chênh lệch điện áp trên nó.

1.3.2 Phân loại theo giá trị của điện trở

- **Điện trở có giá trị cố định**: là điện trở đã được cố định giá tị điện trở suất trong khi sản xuất và không thể thay đổi trong quá trình sử dụng.

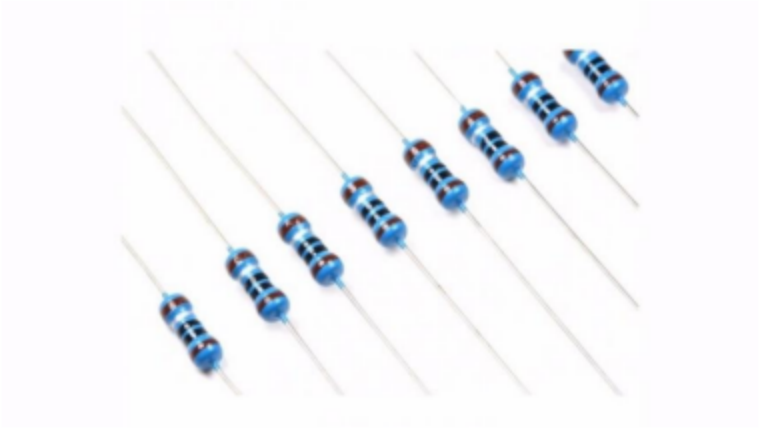
Điện trở thanh 10kΩ

- **Biến trở hoặc chiết áp**: là điện trở có giá trị điện trở suất có thể thay đổi trong quá trình sử dụng.

Biến trở 1kΩ

1.3.3 Phân loại theo chức năng của điện trở

- **Điện trở chính xác**: là điện trở có sai số rất thấp và nó rất chính xác (gần với giá trị định danh của nó).



Điện trở chính xác

- **Điện trở nóng chảy**: là một điện trở dây quấn được thiết kế dễ nóng chảy khi điện trở vượt mức cho phép. Lúc này, điện trở nóng chảy vừa là điện trở vừa là cầu chì. Khi công suất không bị vượt quá nó hoạt động như một điện trở. Và khi công suất vượt quá mức cho phép nó có chức năng như một cầu chì, nó nóng chảy và làm hở mạch để bảo vệ các thành phần khác trong mạch không bị dòng điện quá mức chạy qua.

Điện trở nóng chảy

- **Điện trở nhiệt**: Là linh kiện có giá trị điện trở thay đổi theo nhiệt độ. Do hiệu ứng tự làm nóng của dòng điện trong một điện trở nhiệt, các thiết bị tự thay đổi trở kháng với những thay đổi của dòng điện. Có 2 loại nhiệt trở: Nhiệt trở có hệ số nhiệt âm và nhiệt trở có hệ số nhiệt dương.

Điện trở nhiệt

- **Điện trở quang**: là linh kiện nhạy cảm với bức xạ điện từ quanh phổ ánh sáng nhìn thấy. Quang trở có giá trị điện trở thay đổi phụ thuộc vào cường độ ánh sáng chiếu vào nó. Cường độ ánh sáng càng mạnh thì giá trị điện trở càng giảm và ngược lại.

Quang trở

1.4 Cách đọc giá trị điện trở qua mã màu

Các điện trở công suất có kích thước lớn nên người ta thường ghi trực tiếp giá trị trên thân điện trở. Nhưng đối với các điện trở nhỏ hơn cỡ từ 1/4W trở xuống thì người ta sử dụng các vạch màu để thể hiện giá trị của điện trở. Trong thực tế điện trở sẽ được sản xuất những giá trị nhất định, với các giá trị được ký hiệu bằng mã màu.

Màu	Giá trị	Hệ số nhân	Sai số
Đen	0	1	
Nâu	1	10	± 1%
Đỏ	2	100	± 2%
Cam	3	1.000	
Vàng	4	10.000	
Lục	5	100.000	± 0.5%
Lam	6	1.000.000	± 0.1%
Tím	7	10.000.000	± 0.1%
Xám	8		± 0.05%
Trắng	9		
Hoàng kim		0.1	± 5%
Bạc		0.01	± 10%
Không có gì			± 20%

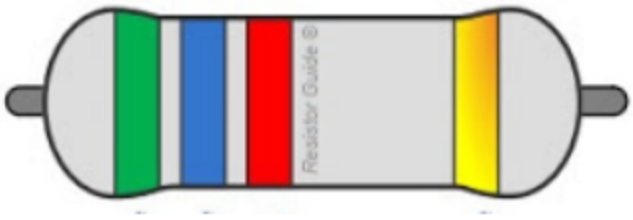
Bảng mã vạch màu của điện trở

Để tránh lẫn lộn trong khi đọc giá trị của các điện trở, đối với các điện trở có tổng số vòng màu từ 5 trở xuống thì có thể không bị nhầm lẫn vì vị trí trống không có vòng màu sẽ được đặt về phía bên tay phải và ta sẽ đọc giá trị theo hướng từ trái qua phải phía có nhiều vạch màu liền kề nhau hơn. Còn đối với các điện trở có độ chính xác cao và có thêm số thay đổi theo nhiệt độ thì vòng màu tham số nhiệt sẽ được nhìn thấy có chiều rộng lớn hơn và phải được xếp về bên tay phải trước khi đọc giá trị.

1.4.1 Đọc giá trị đối với điện trở 4 vạch màu

Ý nghĩa

- Vạch màu thứ nhất: Chỉ giá trị hàng chục trong giá trị điện trở.
- Vạch màu thứ hai: Chỉ giá trị hàng đơn vị trong giá trị điện trở.
- Vạch màu thứ ba: Chỉ hệ số nhân với giá trị số mũ của 10 dùng nhân với giá trị điện trở.
- Vạch màu thứ 4: Chỉ giá trị sai số của điện trở.



Điện trở 4 mã vạch màu

Ở hình trên thì ta sẽ tính giá trị điện trở như sau:

- ✓ Vạch đầu tiên màu lục => giá trị hàng chục là 5.
- ✓ Vạch thứ hai màu lam => giá trị hàng đơn vị là 6.
- ✓ Vạch thứ ba màu đỏ => giá trị hệ số nhân là là 10^2

  => Giá trị định danh của điện trở là 56 * 10^2 = 5600 Ω.
- ✓ Vạch thứ tư màu hoàng kim => sai số của điện trở là ± 5%

Vậy nên giá trị thực tế của điện trở là: 5600 ± (5600*5%) bằng giá trị nằm trong khoảng 5320 đến 5880 Ω.

Nếu vạch thứ 4 bị bỏ đi thì nó sẽ trở thành điện trở với 3 vạch màu, lúc này giá trị của nó vẫn là 5600 Ω nhưng sai số sẽ là ± 20%.

1.4.2 Đọc giá trị đối với điện trở 5 vạch màu

Ý nghĩa

- Vạch màu thứ nhất: Chỉ giá trị hàng trăm trong giá trị điện trở.
- Vạch màu thứ hai: Chỉ giá trị hàng chục trong giá trị điện trở.
- Vạch màu thứ ba: Chỉ giá trị hàng đơn vị trong giá trị điện trở.
- Vạch màu thứ 4: Chỉ hệ số nhân với giá trị số mũ của 10 dùng nhân với giá trị điện trở.
- Vạch màu thứ 5: Chỉ giá trị sai số của điện trở.

Điện trở 5 mã vạch màu

Ở hình trên thì ta sẽ tính giá trị điện trở như sau:

- ✓ Vạch đầu tiên màu nâu => giá trị hàng trăm là 1.
- ✓ Vạch thứ hai màu vàng => giá trị hàng chục là 4.
- ✓ Vạch thứ ba màu tím => giá trị hàng đơn vị là 7.

- ✓ Vạch thứ tư màu đen => giá trị hệ số nhân là 10^0

=> Giá trị định danh của điện trở là 147 * 10^0 = 147 Ω.

- ✓ Vạch thứ 5 màu lục => sai số của điện trở là ± 0.5%.

Vậy nên giá trị thực tế của điện trở là: 147 ± (147*0.5%) Ω.

1.4.3 *Đọc giá trị đối với điện trở 6 vạch màu*

Các điện trở 6 vạch màu luôn dùng cho các điện trở có độ chính xác cao, nó có thêm vạch màu thứ 6 để chỉ thị hệ số nhiệt độ - temperature coeficient (ppm/K). Màu sắc phổ biến cho vạch thứ sáu thường là màu nâu (100 ppm/K). Điều đó có nghĩa rằng với một nhiệt độ thay đổi 10°C giá trị của điện trở có thể thay đổi 0.1%. Nó rất quan trọng với các ứng dụng đặc biệt mà ở đó màu sắc chỉ thị hệ số nhiệt độ là then chốt và quyết định hơn các màu sắc khác.

Điện trở 6 mã vạch màu

Ở hình trên thì ta sẽ tính giá trị điện trở như sau:

- ✓ Vạch đầu tiên màu cam => giá trị hàng trăm là 3.
- ✓ Vạch thứ hai màu đỏ => giá trị hàng chục là 2.
- ✓ Vạch thứ ba màu nâu => giá trị hàng đơn vị là 1.
- ✓ Vạch thứ tư màu nâu => giá trị hệ số nhân là 10^1.

=> Giá trị định danh của điện trở là 321 * 10^1 = 3210 Ω = 3.21k Ω.

- ✓ Vạch thứ năm màu lục => sai số của điện trở là ± 0.5%

Vậy nên giá trị thực tế của điện trở là: 3210 ± (3210 *0.5%) 50ppm/K.

1.4.4 *Đọc giá trị điện trở dán (SMD)*

Điện trở dán (SMD) là điện trở có hình chữ nhật làm từ oxit kim loại rất nhỏ, chúng được hàn trực tiếp lên bề mặt mạch điện. Giá trị SMD điện trở được in với 3 hoặc 4 chữ số thì chữ số cuối cùng cho ta biết hệ số nhân.

Điện trở dán 4.7kΩ

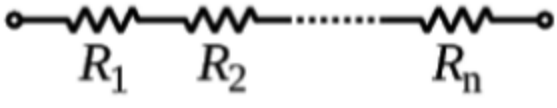
Giá trị danh định của điện trở này là $47*10^2$ = 4700 Ω = 4.7kΩ.

Những điện trở có giá trị nhỏ hơn 100Ω thì nhà sản xuất thường ký hiệu có thêm chữ R. Ví dụ như hình dưới là điện trở 4.7Ω.

Điện trở dán 4.7Ω

1.5 Các cách mắc điện trở

a) Mắc nối tiếp

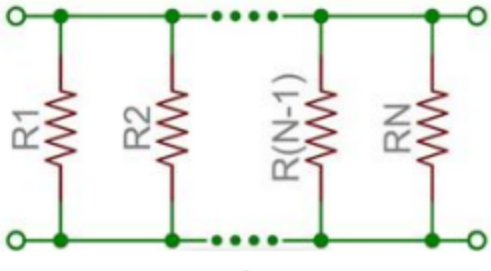


Điện trở mắc nối tiếp

- Điện trở tương đương R = $R_1 + R_2 + \cdots + R_n$.
- Cường độ dòng điện có giá trị như nhau tại mọi điểm: I = $I_1 = I_2 = \cdots = I_n$.
- Hiệu điện thế giữa hai đầu mạch bằng tổng các hiệu điện thế trên mỗi trở:

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

b) Mắc song song



Điện trở mắc song song

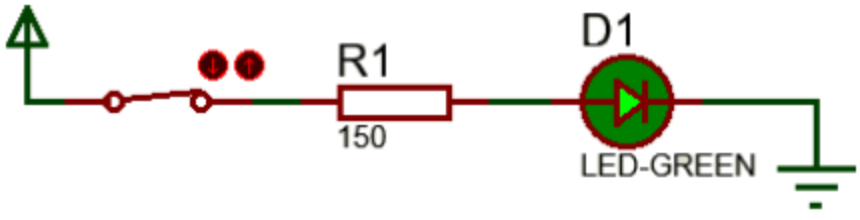
- Điện trở tương đương $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$.

- Cường độ dòng điện: chạy qua mạch chính bằng tổng cường độ dòng điện chạy qua các mạch rẽ:: I = $I_1 + I_2 + \cdots + I_n$.
- Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch song song bằng hiệu diện thế giữa hai đầu mỗi đoạn mạch rẽ: U = $U_1 = U_2 = \cdots = U_n$.

1.6 Một số ứng dụng của điện trở

1.6.1 Hạn chế dòng điện đi qua LED

Để bảo vệ LED khỏi việc quá dòng thì ta cần mắc thêm một điện trở nối tiếp để dòng diện không vượt quá dòng điện cho phép của nhà sản xuất. Trong trường hợp là LED cắm (thường dùng để báo trạng thái) thì dòng điện được giới hạn trong khoảng 20mA = 0.02A.



Giả sử nguồn cấp của chúng ta là 5Vdc, LED hoạt động ở điện áp 2V (tùy thuộc vào màu sắc của LED mà điện áp hoạt động khác nhau) thì ta tính giá trị điện trở theo công thức: R = $\frac{(V_{cc}-V_{led})}{I} = \frac{(5-2)}{0.02}$ = 150 Ω. Vậy ta sẽ chọn điện trở mắc nối tiếp với LED có giá trị là 150 Ω.

1.6.2 Điện trở kéo

Khi một công tắc cơ học hoặc một nút nhấn được gắn vào đầu vào của vi điều khiển, một điện trở kéo lên (pull up) hay điện trở kéo xuống (pull down) được dùng để kéo lên dương nguồn hoặc kéo xuống đất, và ngăn trạng thái không xác định (floating).

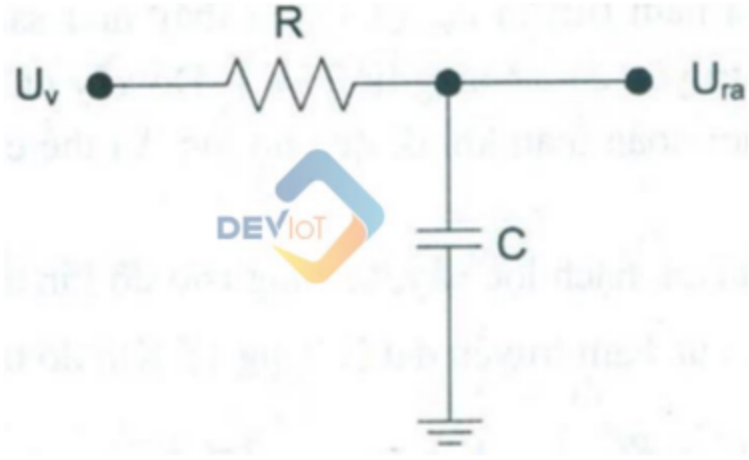
Điện trở kéo xuống *Điện trở kéo lên*

Ở hình bên trái biểu thị là điện trở kéo xuống đất. Khi chưa nhấn nút nhấn thì chân đầu vào của chip nhận giá trị mức thấp (0), còn khi nhấn nút thì đầu vào của chip nhận giá trị mức cao (1).

Ngược lại ở hình bên phải là điện trở kéo lên dương nguồn. Khi chưa nhấn nút nhấn thì chân đầu vào của chip nhận giá trị mức cao (1), còn khi nhấn nút thì đầu vào của chip nhận giá trị mức thấp (0). Giá trị điện trở thường được sử dụng là 10kΩ.

1.6.3 Mạch lọc thụ động thông thấp RC

Sự kết hợp giữa điện trở và tụ điện góp phần hạn chế tần số cao trong điều khiển âm thanh. Như hình bên dưới thì một tín hiệu đi từ A tới B, điện trở được mắc nối tiếp với một tụ điện thì sẽ cho các tín hiệu tần số thấp đi qua, trong khi chặn các tín hiệu tần số cao. Tín hiệu tần số cao sẽ đi qua tụ điện, vì tụ điện cung cấp cho chúng đường dẫn có trở kháng rất thấp. Đây được gọi là bộ lọc RC thông thấp.

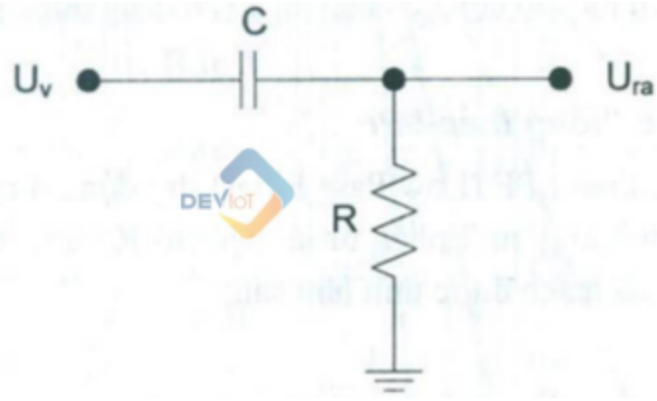


- Hàm truyền đạt của mạch được tính như sau:

$$K(f) = \frac{U_{ra}}{U_v} = \frac{\frac{1}{j2\pi fC}}{R + \frac{1}{j2\pi fC}} = \frac{1}{1 + j2\pi fRC}$$

- Từ biển thức hàm truyền đạt trên ta thấy như sau: Nếu tăng dần f từ 0 → ∞ thì ta thấy hàm truyền đạt sẽ giảm từ 1 → 0. Do vậy những tín hiệu có tần số cao sẽ bị suy giảm khi đi qua bộ lọc.
- Tần số cắt $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$.
- Tại tần số cắt điện áp ra có biên độ $V_0 = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$.

1.6.4 *Mạch lọc thụ động thông cao RC*



- Hàm truyền đạt của mạch được tính như sau:

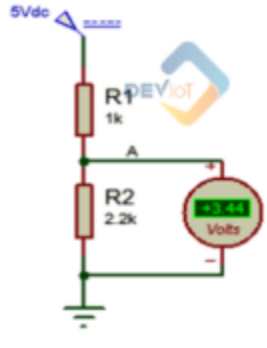
$$K(f) = \frac{U_{ra}}{U_v} = \frac{R}{R + \frac{1}{j2\pi fC}} = \frac{j2\pi fRC}{1 + j2\pi fRC}$$

- Từ biển thức hàm truyền đạt trên ta thấy như sau: Nếu tăng dần f từ 0 → ∞ thì ta thấy hàm truyền đạt sẽ tăng từ 0 → 1. Do vậy những tín hiệu có tần số thấp sẽ bị suy giảm khi đi qua bộ lọc.
- Tần số cắt $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$ là giá trị tần số mà tại đó hàm truyền đạt chuyển giá trị từ 1 về 0 hoặc ngược lại từ 0 lên 1.
- Tại tần số cắt điện áp ra có biên độ $V_0 = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$.

1.6.5 *Cầu phân áp*

Hai điện trở được dùng để tạo cầu phân áp. Ví dụ V_{in} là điện áp đầu vào, V_{out} là điện áp đầu ra mong muốn. Điện áp tại điểm A được tính theo công thức sau:

$$V_{out} = V_{in} * \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



Cầu phân áp dùng hai điện trở

CHƯƠNG 2 CUỘN CẢM

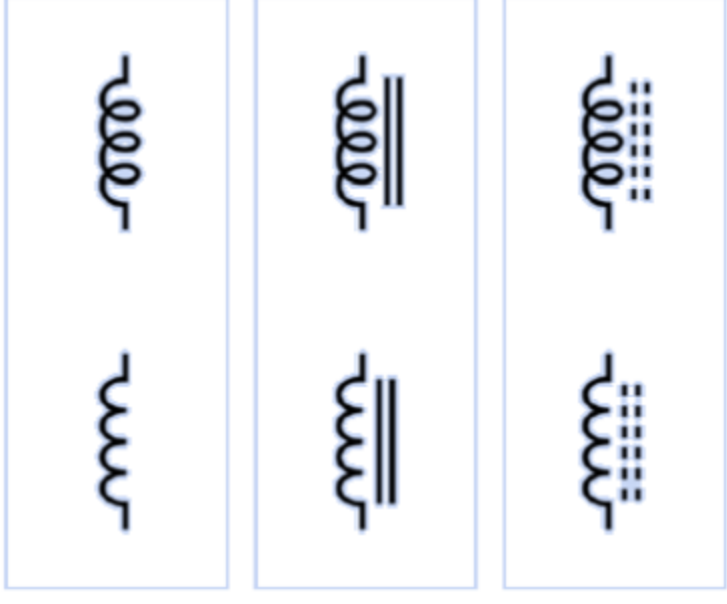
2.1 Khái niệm về cuộn cảm

Cuộn cảm là một linh kiện điện tử thụ động được cấu tạo từ một dây dẫn được quấn thành nhiều vòng, lõi của dây dẫn có thể là không khí hoặc vật liệu dẫn từ. Đặc biệt, khi dòng điện chạy qua sẽ sinh ra từ trường.

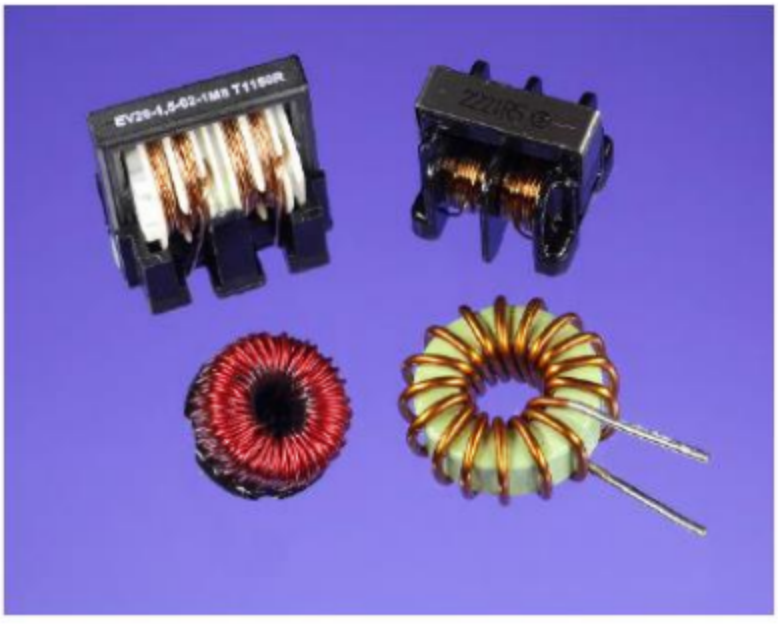
Đơn vị của cuộn cảm là Henry (H).

- 1 pH = 1/1.000.000.000.000 H
- 1 nH= 1/1.000.000.000 H
- 1 uH =1/1.000.000 H
- 1 mH = 1/1.000 H

Ký hiệu trong các sơ đồ nguyên lý thì cuộn cảm có dạng như sau



Ký hiệu của cuộn cảm



Ký hiệu cuộn cảm và có 2 đường nét liền song song cho biết nó được quấn quanh một lõi kim loại có thể được từ hóa. Còn 2 đường nét đứt song song chỉ ra là nó được quấn quanh bởi một lõi chứa các hạt kim loại như là mạt sắt. Trong trường hợp không có đường nét đứt hay nét liền thì đó là cuộn cảm lõi không khí.

- Phân loại cuộn cảm:

✓ Phân loại theo hình dáng thì cuộn cảm có hai loại là loại cắm và loại dán.

Cuộn cảm cắm *Cuộn cảm dán*

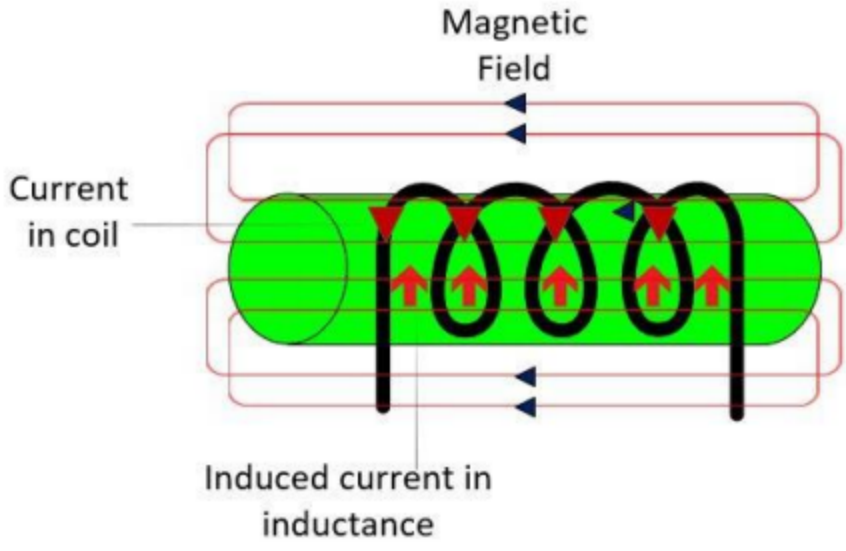
✓ Phân loại theo cấu tạo thì cuộn cảm có hai loại là loại có lõi và loại không lõi.

Cuộn cảm lõi sắt từ *Cuộn cảm không có lõi*

✓ Phân loại theo ứng dụng thì cuộn cảm có hai loại là loại âm tần, trung tần và cao tần.

2.2 Nguyên lý hoạt động của cuộn cảm

Theo quy tắc điện từ, khi một dòng điện ổn định đi qua một dây dẫn thẳng, nó sẽ tạo ra một từ trường xung quanh nó. Độ mạnh của từ trường phụ thuộc vào dòng cấp. Nếu dòng điện qua dây dẫn bị thay đổi, từ trường cũng sẽ thay đổi. Từ trường này được tạo ra vuông góc với dây dẫn.



Hướng của từ trường được tạo ra có thể xác định bằng quy tắc bàn tay phải. Cuộn tròn ngón tay của bạn như thể bạn đang giữ dây dẫn & chỉ ngón tay cái của bạn theo hướng của dòng điện. Ngón cái cho thấy hướng của dòng điện trong khi các ngón tay cong cho thấy hướng của từ trường xung quanh dây dẫn.

Một cuộn cảm là một dây dẫn được bọc dưới dạng một cuộn dây. Một từ trường khác được tạo ra bằng cách thay đổi dòng điện đi qua nó. Từ trường thay đổi làm cho các đường từ cắt ngang qua một số dây dẫn, tạo ra EMF trong dây dẫn. Hiện tượng này được gọi là tự cảm.

Lực điện động này gây ra trong cuộn dây ngược hướng với dòng điện và kháng bất kỳ thay đổi nào trong dòng điện cấp. Tốc độ thay đổi của nguồn cấp càng cao, thì tốc độ thay đổi của từ trường càng cao và dòng điện cảm ứng đối lập càng mạnh.

Nói một cách đơn giản, điện kháng (điện trở) của cuộn cảm tăng khi tần số tăng. Nó tăng đến mức chặn hoàn toàn dòng điện đầu vào. Vì vậy, một cuộn cảm chặn dòng điện xoay chiều trong khi nó hoạt động như ngắn mạch cho dòng điện một chiều.

2.3 Cách đọc giá trị cuộn cảm

Để chọn đúng cuộn cảm, điều quan trọng là phải biết đọc các thông số cuộn cảm. Có nhiều loại cuộn cảm có nhiều kích cỡ khác nhau. Các cuộn cảm có kích thước lớn thường có các thông số kỹ thuật quan trọng được in trên bao bì. Các cuộn cảm có kích thước vừa và nhỏ thường sử dụng mã số hoặc màu để biểu thị thông số kỹ thuật.

Hầu hết các cuộn cảm có độ tự cảm danh nghĩa trong phạm vi uH hoặc mH. Ngoài giá trị điện cảm, dung sai là một thông số quan trọng khác được ghi trên hầu hết các cuộn cảm. Đối với các thông số kỹ thuật khác, người kỹ sư cần tham khảo các bảng dữ liệu được cung cấp bởi nhà sản xuất cụ thể. Cuộn cảm có các hệ thống mã số và màu sau đây để biểu thị giá trị danh nghĩa và dung sai:

- **Mã số**

Đây là loại hệ thống mã hóa phổ biến nhất được sử dụng bởi các nhà sản xuất. Trong hệ thống này, giá trị của cuộn cảm được in dưới dạng mã chữ số bao gồm các chữ số và bảng chữ cái. Đó là mã ba hoặc bốn chữ cái biểu thị độ tự cảm theo đơn vị uH. Hai chữ số đầu tiên cho biết các chữ số có nghĩa của giá trị điện cảm và chữ số thứ ba là hệ số nhân. Chữ cái thứ tư luôn là dung sai theo bảng dưới đây:

Ký hiệu	Dung sai
B	+/- 0.15 nH
C	+/- 0.2 nH
S	+/- 0.3 nH
D	+/- 0.5 nH
F	+/- 1%
G	+/- 2%
H	+/- 3%
J	+/- 5%
K	+/- 10%
L	+/- 15%
M	+/- 20%
V	+/- 25%
N	+/- 30%

Ví dụ: Nếu một cuộn cảm có mã số 102K được in trên thân.

Hai chữ số đầu tiên là 10 tức là số có nghĩa là 10.

Chữ số thứ ba là 2 tức là nhân với 10^2.

K tức là dung sai bằng +/- 10% như bảng trên.

Như vậy độ tự cảm là:

$10 * 10^2$ = 1000 uH dung sai là 10%. Tức là giá trị thực của cuộn cảm sẽ nằm trong khoảng từ 900 đến 1100 uH.

- **Cuộn cảm 4 vạch màu**

Một phương pháp phổ biến khác được các nhà sản xuất sử dụng để chỉ ra giá trị danh nghĩa và dung sai là mã màu. Hệ thống mã hóa này được sử dụng cho các cuộn cảm có đóng gói dạng hướng trục hoặc hướng tâm ví dụ cuộn cảm đúc. Trên thân cuộn cảm sẽ có 4 vạch màu hoặc 5 vạch màu. Các vòng màu được in gần một đầu của cuộn cảm để khi đọc sẽ bắt đầu đọc từ đầu đó theo thứ tự. Đối với cuộn cảm 4 vạch màu, hai vòng đầu tiên biểu thị các chữ số có nghĩa của giá trị điện cảm và vòng thứ ba biểu thị hệ số nhân. Giá trị của điện cảm tính theo đơn vị uH. Vòng thứ tư cho biết dung sai. Để đọc màu cuộn cảm 4 vạch có thể dựa vào bảng sau:

Vòng	1	2	3	4
Biểu thị	Chữ số thứ 1	Chữ số thứ 2	Hệ số nhân	Dung sai
Vàng kim	-	-	-10	+/- 5%
Bạc	-	-	-100	+/- 10%
Đen	0	0	0	+/- 20%
Nâu	1	1	1	-
Đỏ	2	2	2	-
Cam	3	3	3	-
Vàng	4	4	4	-
Xanh lá	5	5	-	-
Xanh dương	6	6	-	-
Tím	7	7	-	-
Xám	8	8	-	-
Trắng	9	9	-	-

Ví dụ: một cuộn cảm có mã màu với:

- vòng thứ nhất màu vàng
- vòng thứ hai màu tím
- vòng thứ ba màu nâu
- vòng thứ tư màu đen

=> Tra bảng trên ta có vòng thứ nhất và vòng thứ hai sẽ cho biết màu vàng là 4, tím là 7 tức số có nghĩa là 47. Vòng thứ ba màu nâu tức hệ số nhân là 1 hay nói cách khác là nhân với 10^1

Vòng thứ tư màu đen tức là dung sai là +/- 20%

Như vậy cuộn cảm có giá trị danh nghĩa là $47*10^1$= 470 uH và dung sai 20%.

- **Cuộn cảm 5 vạch màu**

Mã màu 5 vạch được sử dụng trên các cuộn cảm đúc xuyên tâm được sử dụng làm cuộn cảm tần số vô tuyến quân sự. Trong các cuộn cảm này, vòng đầu tiên luôn có màu bạc cho biết là cuộn cảm được sử dụng trong các ứng dụng cấp quân sự. Vòng thứ hai và thứ ba chỉ ra các chữ số có nghĩa của giá trị điện cảm và vòng thứ tư cho biết hệ số nhân. Giá trị của điện cảm tính theo đơn vị uH Vòng thứ năm cho biết dung sai. Những cuộn cảm này có thể có dung sai thấp đến 1%. Để đọc màu cuộn cảm 5 vạch có thể dựa vào bảng sau:

Vòng	1	2	3	4	5
Biểu thị	Thông số quân sự	Chữ số thứ 1	Chữ số thứ 2	Hệ số nhân	Dung sai
Vàng kim	-	Dấu thập phân	Dấu thập phân	-	+/- 5%
Bạc	Luôn gấp đôi vòng bạc	-	-	-	+/- 10%
Đen	-	0	0	0	+/- 20%
Nâu	-	1	1	1	+/- 1%
Đỏ	-	2	2	2	+/- 2%
Cam	-	3	3	3	+/- 3%
Vàng	-	4	4	4	+/- 4%
Xanh lá	-	5	5	5	-
Xanh dương	-	6	6	6	-
Tím	-	7	7	7	-
Xám	-	8	8	8	-
Trắng	-	9	9	9	-

Ví dụ: một cuộn cảm có mã màu với:

- Vòng đầu là vạch đôi màu bạc
- vòng thứ hai màu xanh dương
- vòng thứ ba màu xanh lá =>
- vòng thứ tư màu nâu
- vòng thứ năm màu đỏ

Vạch đôi màu bạc => tần số vô tuyến quân sự

Vòng thứ hai màu xanh lam tức là 6, vòng thứ ba màu xanh lá tức là 5 => số có nghĩa là 65

Vòng thứ tư màu nâu tức hệ số nhân là 10^1

Vòng thứ năm màu đỏ tức dung sau +/- 2%

Như vậy cuộn cảm có giá trị danh nghĩa là $65*10^1$= 650 uH và dung sai 2% dùng trong vô tuyến quân sự.

- **Cách đọc cuộn cảm dán**

Cuộn cảm dán hoặc cuộn cảm chip sử dụng các chấm màu thay vì các vạch màu. Nói chung có ba dấu chấm được đọc theo chiều kim đồng hồ từ trên xuống. Hai dấu chấm đầu tiên cho biết các chữ số có nghĩa của giá trị điện cảm và dấu chấm thứ ba biểu thị hệ số nhân. Giá trị của độ tự cảm tính theo đơn vị nH. Giá trị cuộn cảm dán được đọc theo mã màu của hệ thống 4 vạch màu đã nói ở trên. Nếu có một dấu chấm đơn trên cuộn cảm dán tức là muốn biết giá trị và dung sai của cuộn cảm phải xem trong bảng dữ liệu (datasheet).

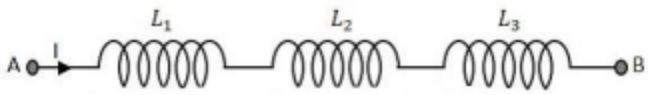
- **Mã màu cuộn cảm RF**

Cuộn cảm RF cũng có giá trị tự cảm được biểu thị bằng dấu chấm. Các cuộn cảm này tương tự như cuộn cảm dán SMD nhưng có kích thước nhỏ hơn. Nếu có một dấu chấm đơn trên cuộn cảm RF tức là muốn biết giá trị độ tự cảm và dung sai phải xem bảng dữ liệu (datasheet) của cuộn cảm. Nếu có ba dấu chấm, hai dấu chấm nằm ở một đầu và một dấu chấm được in ở đầu kia. Hai dấu chấm được đọc từ trên xuống dưới và chỉ ra các chữ số có nghĩa của giá trị điện cảm. Dấu chấm đơn ở đầu kia cho biết hệ số nhân. Giá trị của độ tự cảm tính theo đơn vị nH. Mã màu của nó sẽ tuân theo bảng mã màu cuộn cảm 4 vạch màu đã nói ở trên.

2.4 Các cách mắc cuộn cảm

a) Mắc nối tiếp

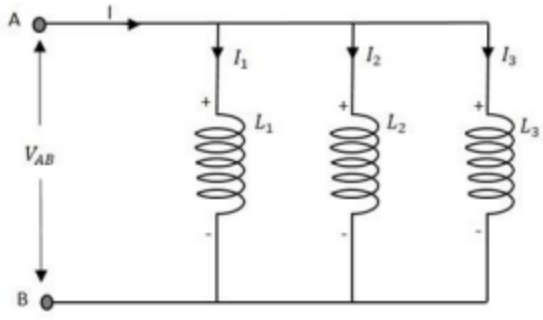
Khi mắc nối tiếp nhiều (*n*) cuộn dây lại với nhau, tổng từ dung sẽ tăng và bằng tổng của các từ dung.



Công thức tính cuộn cảm mắc nối tiếp: L = $L_1 + L_2 + \cdots + L_n$.

b) Mắc song song

Khi các cuộn dây mắc song song với nhau thì độ tự cảm hay từ dung sẽ giảm đi.



Công thức tính cuộn cảm mắc song song: $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots + \frac{1}{L_n}$.

2.5 Một số ứng dụng của cuộn cảm

Mạch lọc được định nghĩa chung nhất là mạch điện tạo ra đặc tuyến tần số mà mục tiêu cơ bản của nó là chỉ cho một số tần số cho phép đi qua, đồng thời lại loại bỏ những tần số khác. Nói cách khác là biên độ của những tín hiệu có tần số cho phép đi qua sẽ được giữ nguyên, còn biên độ của những tín hiệu có tần số số không cho phép đi qua sẽ bị triệt tiêu. Mạch lọc được phân ra thành các loại như: mạch lọc thông thấp, mạch lọc thông cao, mạch lọc thông dải, mạch lọc chắn dải.

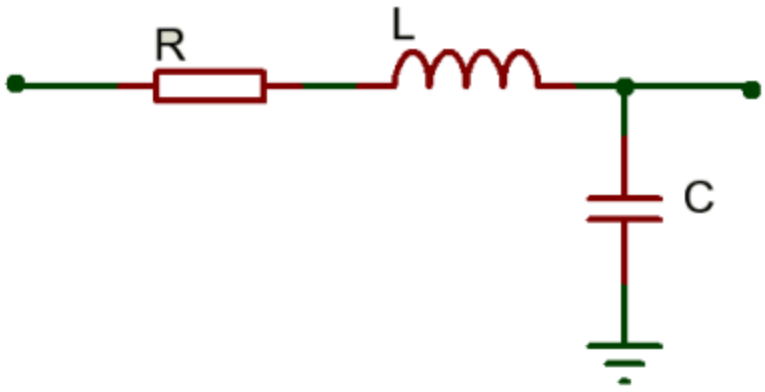
- Mạch lọc thông thấp là những mạch lọc chỉ cho những tín hiệu có tần số thấp (nhỏ hơn tần số giới hạn nào đó) đi qua.
- Mạch lọc thông cao là những mạch lọc chỉ cho những tín hiệu có tần số cao (cao hơn tần số giới hạn nào đó) đi qua.
- Mạch lọc thông dải là những mạch lọc chỉ cho những tín hiệu nằm trong một dải tần số nào đó đi qua.
- Mạch lọc chắn dải là chặn lại những tín hiệu nằm trong một dải tần số nào đó, còn những tín hiệu nằm ngoài dải đó đi qua.

Trang web để tính toán cho các mạch lọc:

http://sim.okawa-denshi.jp/en/RLCbpkeisan.htm

2.5.1 Mạch lọc thụ động thông thấp RLC

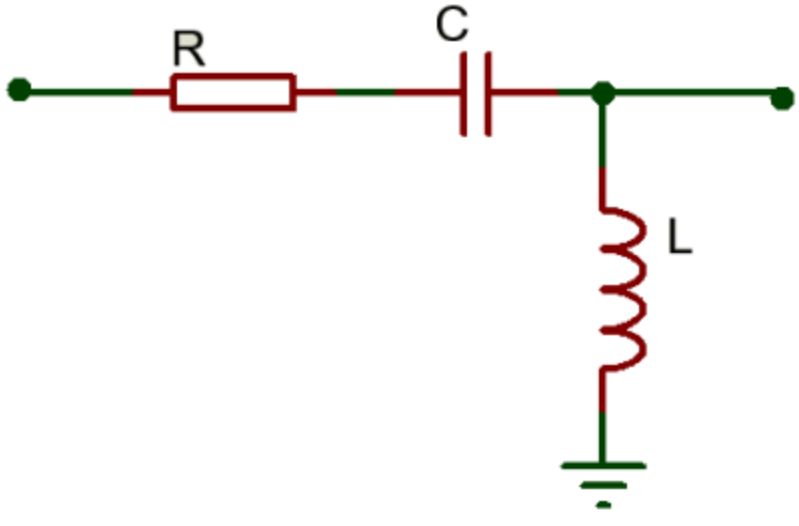
Mạch có tác dụng lọc những tín hiệu tần số thấp cho phép đi qua.



- Hàm truyền đạt của mạch $K(s) = \frac{\frac{1}{LC}}{s^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC}}$
- Tần số trung tâm $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- Độ lệch cộng hưởng $\xi = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

2.5.2 *Mạch lọc thụ động thông cao RLC*

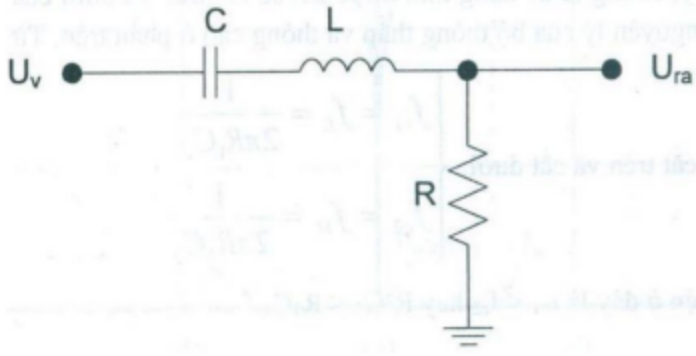
Mạch có tác dụng lọc những tín hiệu tần số cao cho phép đi qua.



- Hàm truyền đạt của mạch $K(s) = \frac{s^2}{s^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC}}$
- Tần số trung tâm $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- Độ lệch cộng hưởng $\xi = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

2.5.3 *Mạch lọc thụ động thông dải RLC*

Về nguyên tắc thì mạch lọc thông dải sẽ bao gồm mạch lọc thông thấp mắc nối tiếp với mạch lọc thông cao. Trong mạch này thì cuộn cảm chặn tín hiệu tần số cao và tụ điện chặn tín hiệu tần số thấp, chỉ cho phép một dải giới hạn tần số đi qua.

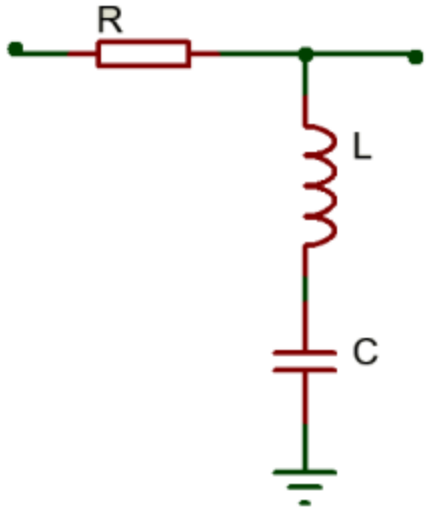


- Hàm truyền đạt của mạch

$$K(f) = \frac{U_{ra}}{U_v} = \frac{j2\pi fRC}{1 + j2\pi fRC + (j2\pi f)^2 LC}$$

- Tần số trung tâm $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- Tần số cắt dưới $\omega = -\frac{R}{2L} + \sqrt{(\frac{R}{2L})^2 + \frac{1}{LC}}$
- Tần số cắt trên $\omega = \frac{R}{2L} + \sqrt{(\frac{R}{2L})^2 + \frac{1}{LC}}$
- Độ lệch cộng hưởng $\xi = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

2.5.4 *Mạch lọc thụ động thông chắn dải RLC*

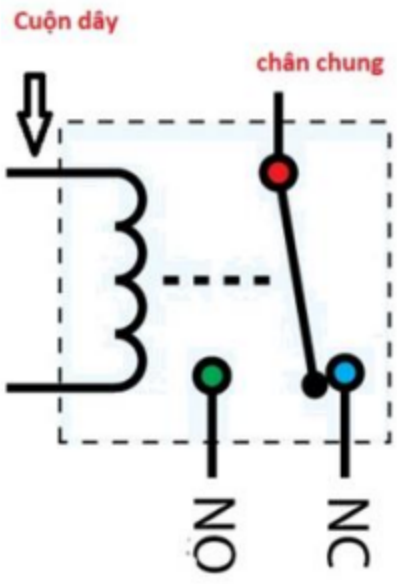


- Hàm truyền đạt của mạch $K(s) = \frac{s^2+\frac{1}{LC}}{s^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC}}$
- Tần số trung tâm $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- Tần số cắt dưới $\omega = -\frac{R}{2L} + \sqrt{(\frac{R}{2L})^2 + \frac{1}{LC}}$
- Tần số cắt trên $\omega = \frac{R}{2L} + \sqrt{(\frac{R}{2L})^2 + \frac{1}{LC}}$
- Độ lệch cộng hưởng $\xi = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

2.5.5 *Thành phần chính của relay*

Được cấu tạo bởi 1 cuộn cảm và 1 cơ cấu cơ khí. Relay có 3 chân: chân tiếp điểm thường đóng NC (Normally Closed), tiếp điểm thường hở NO (Normally Open) và chân chung COM.

Khi dòng điện chạy qua, sẽ có từ trường được sinh ra và cuộn cảm có khả năng hút kim loại. Bình thường chân NC và chân COM sẽ thông với nhau còn chân NO và châm COM thì không thông với nhau. Khi ta cấp điện cho Relay, hai chân NC và chân COM sẽ không thông mà chân NO và chân COM sẽ thông với nhau. Dòng điện chạy qua Relay làm đóng ngắt các điểm khác nhau trên mạch điện mà dựa vào đó người ta có thể sử dụng nó để điều khiển các thiết bị khác. (Chúng ta sẽ tìm hiểu kỹ hơn về Relay trong phần 2 của quyển sách này).

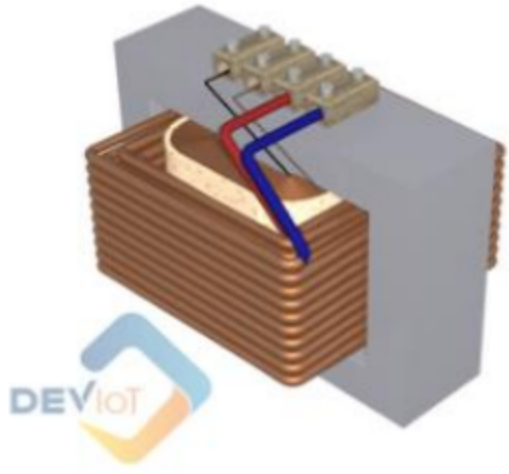


Cấu tạo bên trong của Relay

2.5.6 Làm máy biến áp

Cuộn cảm trong máy biến áp là một cuộn dây sơ cấp để đưa điện áp vào và một hay nhiều cuộn dây thứ cấp để đưa điện áp ra được quấn quanh lỏi biến áp, tương tự như trong nguồn xung, điểm khác biệt duy nhất là cuộn dây trong máy biến áp thì được quấn rất nhiều vòng. Máy biến áp thì được dùng để thay đổi hiệu điện thế, thường được gắn ở 2 đầu dây điện nhằm tăng hiệu điện thế hoặc giảm hiệu điện thế tùy theo nhu cầu đưa vào sử dụng. Muốn tăng điện thế đầu ra thì ta giảm số vòng dây đầu vào, muốn giảm điện thế đầu ra thì ra tăng số vòng dây đầu vào lên.

Máy biến áp là một thiết bị quan trọng trong sản xuất và đời sống. Ở trạm biến áp, máy biến áp là chiếc máy quan trọng nhất giúp hạ điện áp từ đường dây cao thế 500kV để đưa về đường dây trung thế dọc đường mà ta thường thấy. Ngoài ra, có những tủ điện dọc đường cũng chứa máy biến áp nhằm hạ dòng điện xuống mức người dân có thể sử dụng được. Máy biến áp còn được sử dụng trong sản xuất gia đình, công nghiệp.



2.5.7 *Thành phần trong motor*

Cuộn cảm sử dụng trong tất cả các loại motor AC DC, để biến đổi điện năng thành cơ năng. Sử dụng một cuộn dây đồng quấn quanh trục quay của motor, nhờ vào hiện tượng cảm ứng điện từ, khi cung cấp nguồn điện sẽ tạo ra moment giúp cho động cơ hoạt động được, truyền từ trục quay đến các thiết bị như băng tải hay trong máy bơm nước.

CHƯƠNG 3 TỤ ĐIỆN

3.1 Khái niệm về tụ điện

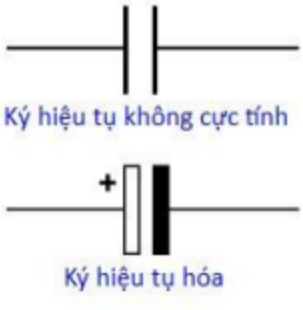
a) Khái niệm

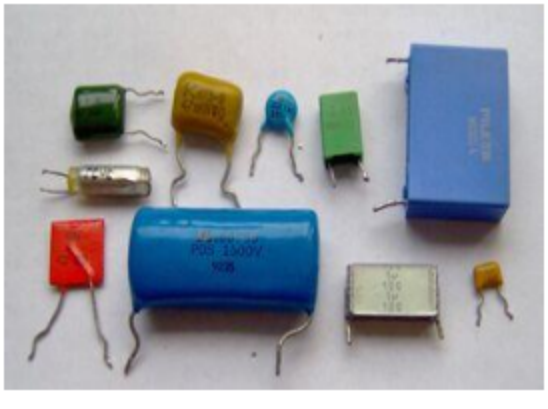
Tụ điện là một thiết bị điện tử không thể thiếu trong các mạch lọc. mạch dao động và các loại mạch truyền dẫn tín hiệu xoay chiều. Tụ điện tên tiếng anh là Capacitor, là một loại linh kiện điện tử thụ động tạo bởi hai bề mặt dẫn điện được ngăn cách bởi điện môi. Khi có chênh lệch điện thế tại hai bề mặt, tại các bề mặt sẽ xuất hiện điện tích cùng điện lượng nhưng trái dấu. Về mặt lưu trữ năng lượng, tụ điện có phần giống với ắc qui. Mặc dù cách hoạt động của chúng thì hoàn toàn khác nhau, nhưng chúng đều cùng lưu trữ năng lượng điện. Nói cách khác tụ điện là một linh kiện điện tử thụ động rất phổ biến, được cấu tạo bởi hai bản cực đặt song song, có tính chất cách điện 1 chiều nhưng cho dòng điện xoay chiều đi qua nhờ nguyên lý phóng nạp.

b) Cấu tạo tụ điện

Hiện nay, tụ điện được biết là linh kiện có cấu tạo bởi hai bản cực kim loại đặt song song. Tùy thuộc vào chất liệu cách điện ở giữa bản cực thì tụ điện có tên gọi tương ứng. Ví dụ như nếu như lớp cách điện là không khí ta có tụ không khí, là giấy ta có tụ giấy, còn là gốm ta có tụ gốm và nếu là lớp hóa chất thì cho ta tụ hóa.

Trên mỗi tụ điện thường được ghi các trị số điện áp. Đây là giá trị điện áp cực đại mà các tụ điện có thể chịu được. Nếu sử dụng quá giá trị này tụ sẽ bị nổ.





c) Đặc điểm

Tụ điện có khả năng tích trữ năng lượng dưới dạng năng lượng điện trường bằng cách lưu trữ các electron, nó cũng có thể phóng ra các điện tích này để tạo thanh dòng điện. Đây chính là tính chất phóng nạp của tụ, nhờ có tính chất này mà tụ có khả năng dẫn điện xoay chiều.

d) Đơn vị tụ điện

Đơn vị của tụ điện là Fara (F). 1 F có trị số lớn và trong thực tế người ta thường dùng đơn vị nhỏ hơn.

- 1 pF = 1/1.000.000.000.000 F
- 1 nF= 1/1.000.000.000 F
- 1 uF =1/1.000.000 F
- 1 mF = 1/1.000 F

e) Phân loại tụ điện

Có nhiều cách phân loại tụ điện. Nếu như xét theo tính chất lí hóa thì tụ điện có thể chia thành:

- Tụ điện phân cực: Đây là tụ điện có 2 đầu, chúng thường là tụ hóa học và tụ tantalium. Loại tụ này thường có trị số lớn hơn và dùng trong các mạch có tần số thấp hoặc dùng để lọc nguồn.

- Tụ điện không phân cực: Đây là loại tụ không có quy định cực tính. Tụ này có điện dung nhỏ và dùng nhiều trong mạch điện có tần số cao hoặc mạch lọc nhiễu.

- Tụ điện hạ áp và cao áp.

- Tụ lọc và tụ liên tầng.
- Tụ điện tĩnh và tụ điện động.
- Tụ xoay có khả năng thay đổi giá trị điện dung.

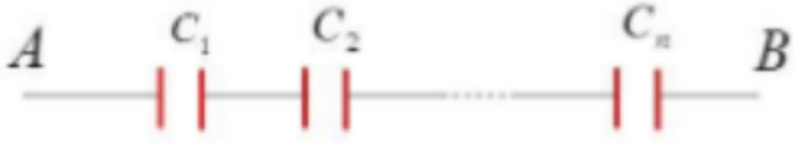
3.2 Nguyên lý hoạt động của tụ điện

Nguyên lý phóng nạp của tụ điện được hiểu là khả năng tích trữ năng lượng điện như một ắc quy nhỏ dưới dạng năng lượng điện trường. Nó lưu trữ hiệu quả các electron và phóng ra các điện tích này để tạo ra dòng điện. Nhưng nó không có khả năng sinh ra các điện tích electron. Đây cũng là điểm khác biệt lớn của tụ điện với ắc quy.

Nguyên lý nạp xả của tụ điện là tính chất đặc trưng và cũng là điều cơ bản trong nguyên lý làm việc của tụ điện. Nhờ tính chất này mà tụ điện có khả năng dẫn điện xoay chiều. Nguyên lý nạp xả của tụ điện có thể được thấy rõ nếu điện áp của hai bản mạch không thay đổi đột ngột mà biến thiên theo thời gian mà ta cắm nạp hoặc xả tụ rất dễ gây ra hiện tượng nổ có tia lửa điện do dòng điện tăng vọt.

3.3 Các cách mắc tụ điện

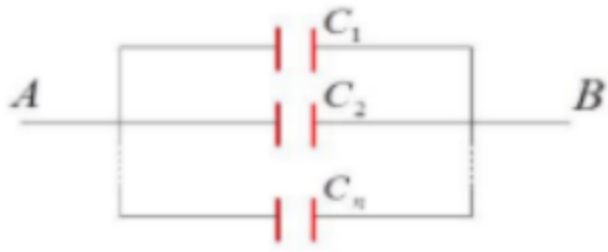
a) Mắc nối tiếp



Tụ điện mắc nối tiếp

Công thức tính tụ điện mắc nối tiếp: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$

b) Mắc song song



Tụ điện mắc song song

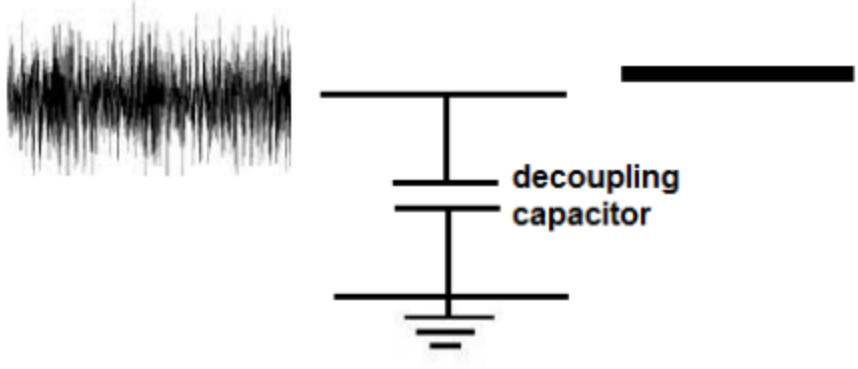
Công thức tính tụ điện mắc song song: C = $C_1 + C_2 + \cdots + C_n$.

3.4 Một số ứng dụng của tụ điện

3.4.1 Tụ Decoupling lọc nguồn

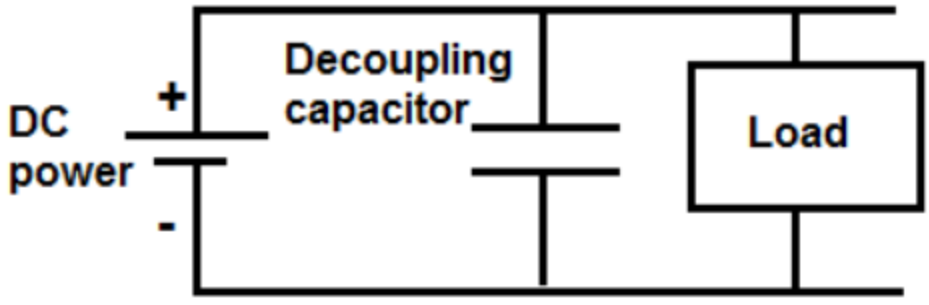
Tụ Decoupling (còn được gọi là tụ bypass) là một tụ điện được dùng để tách tín hiệu AC ra khỏi tín hiệu DC.

Tụ Decoupling rất hữu ích trong cách loại mạch mà nhiễu nguồn đầu vào cần phải loại bỏ. Điều này rất quan trọng khi tín hiệu DC được sử dụng trong các mạch logic, bởi vì IC cần điện áp DC rất chính xác để hoạt động bình thường. Ví dụ nếu một IC số hoạt động với điện áp cung cấp là 5VDC, thông thường điện áp nhỏ hơn 2.5V thì sẽ được quy định là tín hiệu mức logic thấp và trên 2.5V sẽ được coi là tín hiệu mức logic cao. Nếu có nhiễu tín hiệu xảy ra (tín hiệu AC trên tín hiệu DC) thì điều này có thể gây sai lệch mức logic. Do đó chúng ta cần tụ Decoupling để lọc sạch nhiễu, điều hướng tín hiệu nhiễu tần số cao xuống đất.



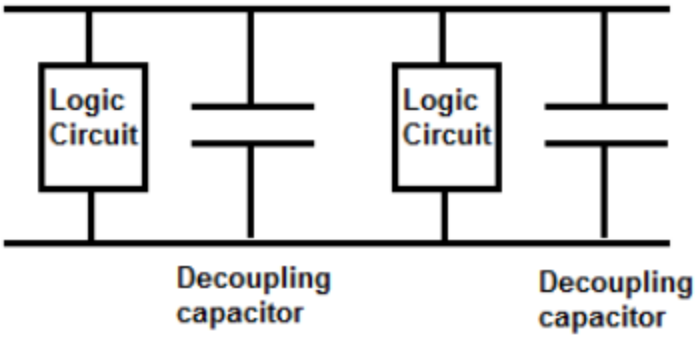
Ta cần đặt tụ Decoupling gần chân nguồn đầu vào của IC. Vì vậy, nguồn điện DC cung cấp năng lượng cho mạch và tụ Decoupling có điện kháng vô cùng đối với tín hiệu DC nên nó không cho phép tín hiệu DC nối đất. Ngược lại, tín hiệu AC có điện kháng ít hơn

nhiều, vì vật chúng có thể đi qua tụ Decoupling xuống đất. Tụ này cung cấp một thành phần trở kháng thấp cho các tín hiệu tần số cao trên nguồn điện, do đó làm sạch tín hiệu DC.



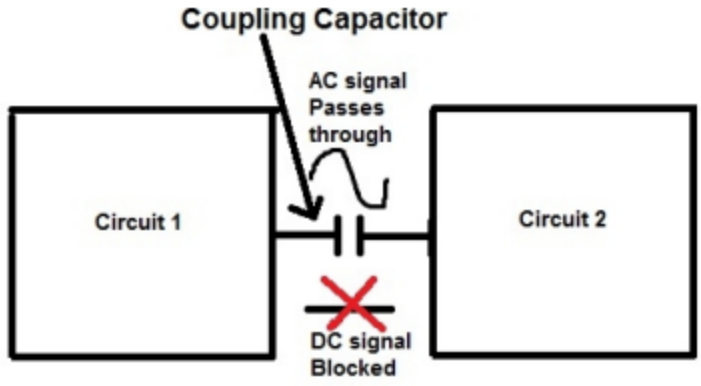
Thông thường đối với tụ Decoupling, tụ gốm (tụ ceramic) thường được sử dụng. Giá trị của tụ nằm trong khoảng từ 100nF → 10nF, phổ biến nhất vẫn là tụ 100nF.

Ngoài ra tụ Decoupling còn có ứng dụng khi mà các IC chuyển mức logic liên tục. Bản thân IC nó cũng có vấn đề như là nếu IC đó liên tục chuyển đổi mức logic từ thấp lên cao hay từ cao xuống thấp thì nó cũng gây ra xung nhiễu quá điện áp tức thì trong mạch. Để dập các xung điện áp quá độ này thì ta sẽ đặt tụ Decoupling song song với IC (đặt gần chip) để các xung này được nối xuống đất. Ngày nay, có rất nhiều IC đã tích hợp thêm tụ Decoupling bên trong nó nhưng không phải tất cả đều có. Vì vậy đối với những IC không có tụ Decoupling thì ta đặt ở đầu ra của mỗi cổng logic, làm ngăn chặn xung nhiễu quá điện áp tức thì có thể gây ra sự cố ngoài ý muốn.



3.4.2 Tụ Coupling

Tụ Coupling là tụ điện được sử dụng để ghép nối hoặc liên kết tín hiệu AC từ phần tử thứ nhất sang phần tử thứ hai. Tụ điện chặn tín hiệu DC đi vào phần tử thứ hai và chỉ cho tín hiệu AC đi qua vì nó là một thiết bị phản kháng. Nó đáp ứng các tần số khác nhau theo những cách khác nhau. Đối với tín hiệu tần số thấp, nó có trở kháng rất cao do đó tín hiệu tần số thấp bị chặn. Ngược lại, đối với tín hiệu tần số cao, nó có trở kháng thấp vì vậy tín hiệu tần số cao được truyền qua dễ dàng.



Tụ Coupling rất hữu ích trong nhiều mạch mà tín hiệu đầu ra AC là tín hiệu mong muốn, trong khi tín hiệu DC chỉ được dùng để cung cấp năng lượng cho các thành phần khác trong mạch nhưng không được dùng làm tín hiệu đầu ra.

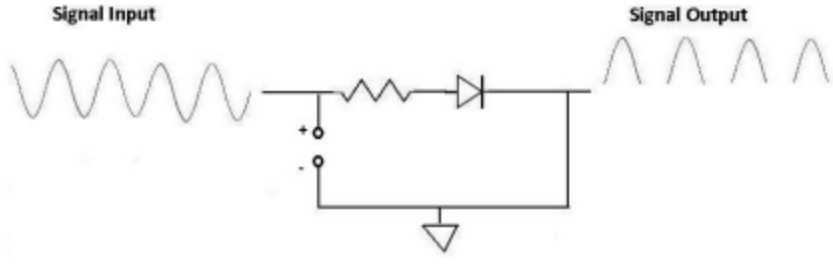
Chọn giá trị tụ Coupling tương ứng với các dải tần số.

- Tần số 100Hz → Tụ 10uF
- Tần số 1000Hz → Tụ 1uF
- Tần số 10KHz → Tụ 100nF
- Tần số 100KHz → Tụ 10nF
- Tần số 1MHz → Tụ 1nF
- Tần số 10MHz → Tụ 100pF
- Tần số 100MHz → Tụ 10pF

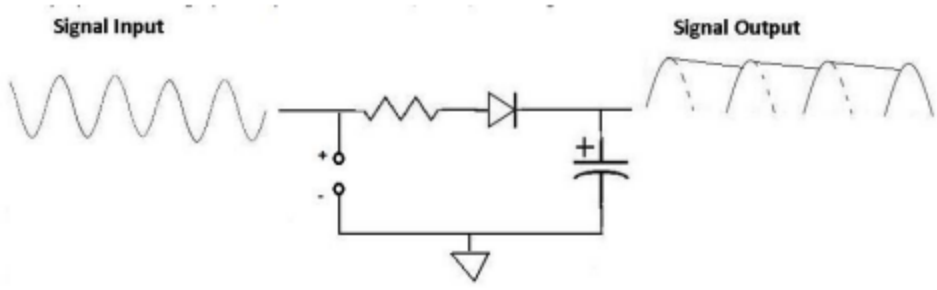
3.4.3 Tụ làm mịn điện áp

Tụ làm mịn là một tụ điện có tac dụng làm đều các dao động của tín hiệu. Ứng dụng phổ biến nhất và được sử dụng để làm mịn điện áp sau nguồn điện hoặc bộ chỉnh lưu. Điện áp cấp đôi khi thất thường, không ổn định và dao động lớn. Khi ta cần một tín hiệu DC ổn định thì tụ điện làm mịn là thành phần phù hợp để là mịn tín hiệu dao động để cho nó ổn định hơn.

Nếu ta đặt điện trở nối tiếp với diot thì dạng tín hiệu thu được ở đầu ra là như hình dưới đây



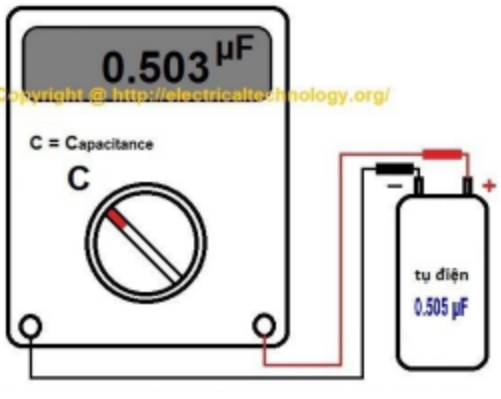
Bây giờ ta sẽ đặt thêm một tụ hóa mắc sau Diode thì dạng tín hiệu đầu ra thu được là



Ta có thể thấy dạng tín hiệu đầu ra khi mắc thêm tụ làm mịn sẽ mượt mà hơn so với không có tụ. Thông thường khi chọn tụ điện làm mịn thì giá trị nằm trong khoảng 10uF đến vài nghìn uF. Biên độ dao động càng lớn và tín hiệu dạng sóng càng lớn thì tụ điện càng lớn.

3.5 Đo kiểm tụ điện

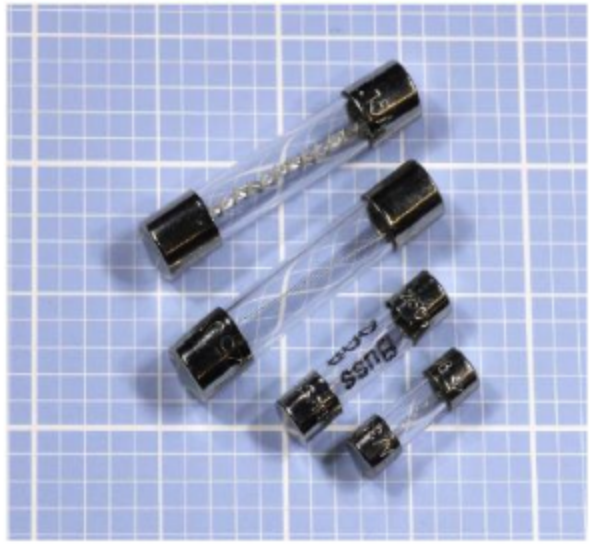
- Đảm bảo rằng tụ điện đã được xả hoàn toàn
- Tháo tụ điện ra khỏi mạch hoặc mạch điện.
- Chọn chế độ "Điện dung" trên đồng hồ vạn năng.
- Chạm que đo với các cực của tụ điện.
- Nếu giá trị hiển thị gần với giá trị thực của tụ điện (giá trị được in trên tụ),thì tụ điện đang trong tình trạng tốt. (Lưu ý rằng giá trị hiển thị có thể nhỏ hơn giá trị thực của tụ điện (giá trị được in trên tụ).Nếu giá trị hiển thị thấp hơn đáng kể hoặc không có gì cả thì tụ điện đã chết và bạn cần thay nó.



CHƯƠNG 4 CẦU CHÌ

4.1 Khái niệm về cầu chì

Cầu chì là thiết bị an toàn được sử dụng để bảo vệ các thiết bị gia dụng như tivi, tủ lạnh, máy tính không bị hư hỏng do điện áp cao. Cầu chì được tạo thành từ mảnh hoặc sợi kim loại. Bất cứ khi nào dòng điện trong mạch lớn hoặc quá dòng, cầu chì sẽ bị chảy và mở mạch đồng thời ngắt kết nối với nguồn điện. Ngoài ra, nó hoạt động như một bộ ngắt mạch (circuit breaker) hoặc bộ ổn định (stabilizer) bảo vệ thiết bị không bị hư hại. Trên thị trường có nhiều loại cầu chì với nhiều tính năng, được làm từ nhôm, đồng, kẽm. Cầu chì luôn được mắc nối tiếp với mạch để bảo vệ quá dòng trong các dây cáp. Dưới đây là ký hiệu của cầu chì.



Ký hiệu cầu chì và hình ảnh thực tế

Thông số cơ bản

Có một số thông số cơ bản của cầu chì mà chúng ta cần quan tâm

- N: Giới hạn mà cầu chì không tự ngắt mạch điện.

- Tốc độ: cầu chì có thể ngắt ngay khi quá tải hoặc nhanh chậm một khoảng thời gian ngắn định trước theo thông số này.
- I2 t: Thước đo khả năng bảo vệ hiệu quả các hư hỏng mạch điện của cầu chì.
- Năng lực bẻ gãy.
- Xếp hạng điện áp.
- Điện thả: khả năng thích nghi với các môi trường hoạt động khác nhau,thông số này không quan trọng với cầu chì truyền thống nhưng khá quan trọng với cầu chì bằng chất dẻo có khả năng tự động nối lại mạch sau khi đứt.
- Chênh lệch nhiệt độ môi trường: giảm ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường tới hoạt động của cầu chì.

4.2 Nguyên lý hoạt động của cầu chì

Nguyên lý làm việc của cầu chì là khi có dòng bình thường (từ định mức trở xuống), dây kim loại không chảy ra nhưng khi quá dòng dây kim loại phát nóng và chảy ra, hồ quang phát sinh rồi bị dập tắt, mạch điện bị ngắt. Quá dòng càng lớn thì cắt mạch càng nhanh. Quan hệ giữa thời gian cắt mạch của cầu chì và dòng qua nó gọi là đặc tính bảo vệ của cầu chì. Nếu chỉ xét thời gian chảy của dây đồng thì có đặc tính chảy của cầu chì chênh lệch thời gian giữ đặc tính chảy và đặc tính bảo vệ của cầu chì chính là thời gian dập tắt hồ quang.

4.3 Phân loại cầu chì

4.3.1 Phân loại theo môi trường hoạt động

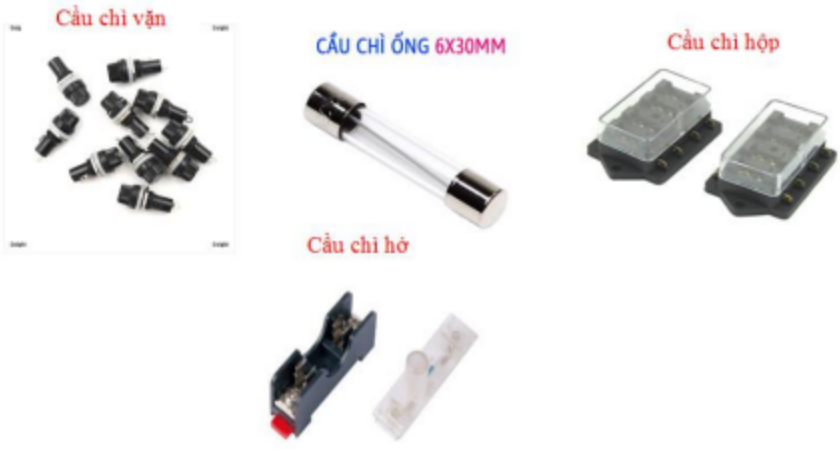
- **Cầu chì cao áp**: được sử dụng trên các hệ thống điện lên tới 115 kVAC. Cầu chì điện áp cao được dùng để bảo vệ máy biến áp.

- **Cầu chì hạ áp:** có độ bền cơ học tốt, chịu được nhiệt sinh ra khi cầu chì bị chảy, độ bền cách điện tốt.

- **Cầu chì nhiệt**: thường được tìm thấy trong các thiết bị tiêu dùng như máy pha cà phê, máy sấy tóc hoặc biến áp cung cấp điện cho các thiết bị tiêu dùng nhỏ, Dùng trong những môi trường có sự biến đổi về nhiệt độ.

4.3.2 *<u>Phân loại theo cấu tạo</u>*

- **Cầu chì loại hở**: không có vỏ bao bọc bên ngoài.
- **Cầu chì loại vặn**: Được vặn vào một lỗ có ren gắn trên mạch điện và dễ dàng tháo ra để thay cầu chì khác.
- **Cầu chì hộp**: Được để trong một hộp kín.
- **Cầu chì ống**: Dây chì thường được bọc trong một ống thủy tinh.



4.3.3 *Phân loại theo đặc điểm*

- **Cầu chì sứ**: Dây chì được bao bọc bên ngoài bằng một sứ. Có ưu điểm là dễ dàng tháo lắp mà không bị điện giật hay chấn thương. Nó được ứng dụng trong các hệ thông dây điện và các ngành công nghiệp nhỏ.
- **Cầu chì hộp**: cầu chì được để trong một hộp kín.
- **Cầu chì tự rơi**: Loại cầu chì này khi bị cháy sẽ tự rơi xuống, dùng để bảo vệ điện áp ngoài trời.
- **Cầu chì ống**: gồm ống chứa, đế cầu chì và một bộ dây nối. Đế cầu chì và nắp cầu chì được gắn với dây chì thông qua vòng dây nối.
- **Cầu chì nổ**: Khi hoạt động nó tạo ra tiếng nổ. Cầu chì hạt nổ có đặc điểm kích nổ khi quá dòng định mức ghi trên nó.

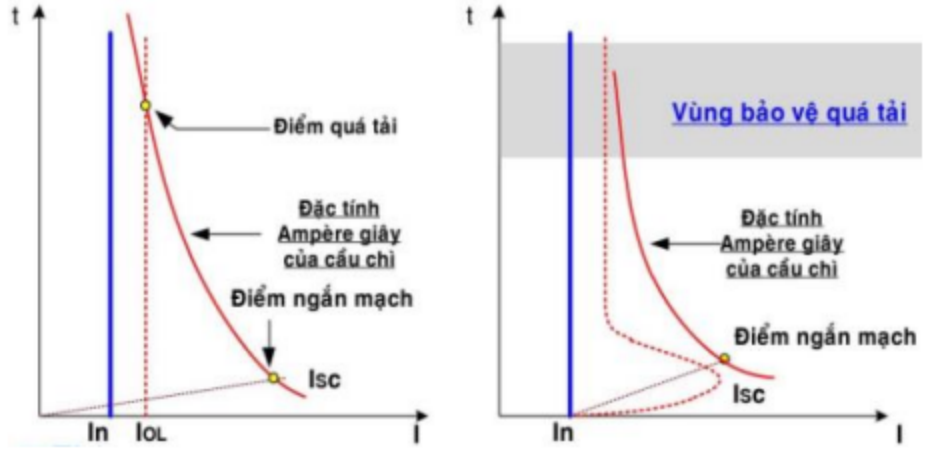
4.3.4 *Phân loại theo số lần sử dụng*

Cầu chì sử dụng một lần, cầu chì có thể thay dây, cầu chì có thể tự nối mạch điện.

4.3.5 *Phân loại theo nhiệm vụ, chức năng*

- Cầu chì loại g: cầu chì dạng này chỉ có khả năng ngắt mạch, khi có sự ốc hay quá tải hay ngắn mạch xảy ra trên phụ tải (bên trái).

- Cầu chì loại a: cầu chì dạng này chỉ có khả năng bảo vệ duy nhất trạng thái ngắn mạch trên tải (bên phải).



4.4 Đo kiểm cầu chì

Bên cạnh kiểm tra trực quan, cách khác để kiểm tra xem cầu chì còn sống hay chết là bằng cách tiến hành kiểm tra thông mạch từ đầu này đến đầu kia của cầu chì.

Thực hiện bằng cách lấy đồng hồ vạn năng và vặn núm chọn ở chế độ đo thông mạch. Đặt một đầu dò ở một đầu của cầu chì và đầu dò còn lại ở đầu kia.

Nếu đồng hồ vạn năng phát ra tiếng bíp, điều này có nghĩa là cầu chì thông mạch và do đó cầu chì còn tốt. Điều này là do không có kết nối bị hỏng.

CHƯƠNG 5 VARISTOR

5.1 Khái niệm về Varistor

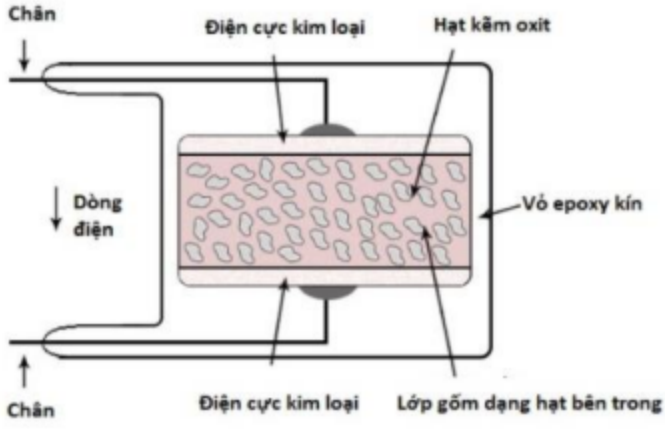
Tụ chống sét (Varistor hoặc MOV) là một điện tở đặc biệt được sử dụng để bảo vệ mạch điện chống lại sự đột biến điện áp cao trong khoảng thời gian ngắn. Những xung áp cao và các xung gai sẽ tấn công vào dây điện và phá hủy nguồn và các thiết bị điện. Tụ chống sét chính là một linh kiện điện tử thường dùng trong các mạch bảo vệ quá áp như chống cắm nhầm điện hoặc chống sét lan truyền cho các thiết bị điện tử. Khi đó, mỗi tụ được lắp và mạch ngăn xung áp cao và xung áp gai để giảm thiểu hỏng các thiết bị điện.

Ký hiệu của tụ chống sét như sau:

5.2 Phân loại Varistor

Người ta phân loại tụ chống sét dựa vào vật liệu cấu tạo nên phần thân. Có hai loại phổ biến nhất là:

- Tụ chống sét Silicon Carbide: Như tên gọi của nó, phần thân của loại này được làm bằng Silicon Carbide (SiC). Trước đây khi loại MOV chưa tung ra thị trường thì loại này được sử dụng rất nhiều. Bây giờ thì loại này được sử dụng chủ yếu trong các ứng dụng năng lượng cao hoặc điện áp cao.
- Tụ chống sét oxit kim loại (MOV): Bởi vì tụ chống sét SiC có những hạn chế nên loại này đã được phát triển. Nó giúp bảo vệ điện áp rất tốt và được sử dụng khá phổ biến hiện nay. Phần thân của loại này được làm bằng oxit kim loại, chủ yếu là hạt kẽm oxit chiếm 90%, 10% còn lại là oxit các kim loại khác như coban, bitsmuth và mangan. Tất cả được ép thành một khối. Sau đó khối này được kẹp giữa 2 tấm kim loại.10% oxit kim loại của bismuth coban và mangan có tác dụng như một tác nhân liên kết các hạt oxit kẽm giúp giữ ổn định ở giữa hai tấm kim loại. Các chân đưa ra ngoài được nối với hai tấm kim loại. Ưu điểm chính của MOV so với SiC là loại này rò rỉ dòng điện thấp ở điều kiện hoạt động bình thường.

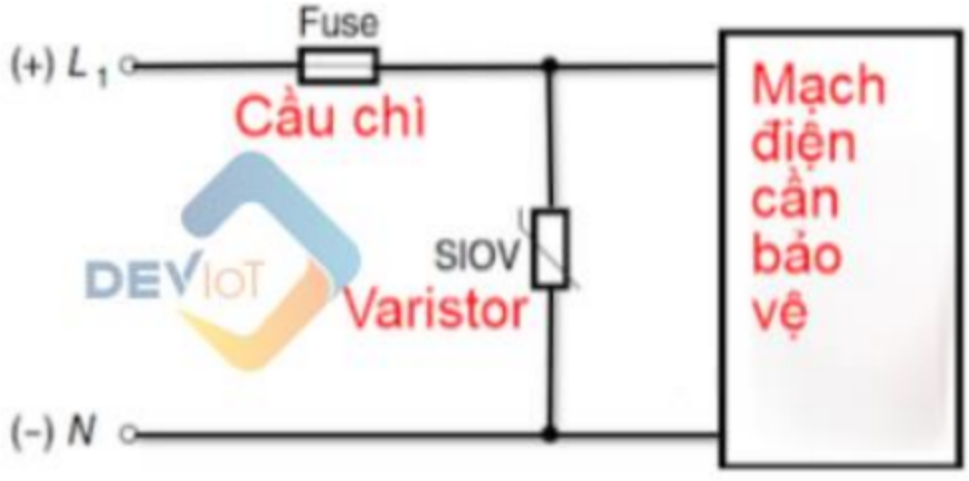


Tụ chống sét oxit kim loại

5.3 Nguyên lý hoạt động của Varistor

Tụ chống sét có hai chân khá giống tụ gốm. Varistor được mắc song song với mạch điện cần bảo vệ và nối với hai cực nguồn nuôi thông qua một cầu chì. Khi ở mức điện áp cho phép thì varistor có một trở kháng vô cùng lớn hàng Mega ôm, có thể nói là cách điện hoàn toàn. Khi có sét đánh vào hoặc điện áp dâng cao thì đặc tính của varistor là sẽ dẫn điện hoàn toàn khi điện áp nguồn vào cao hơn giá trị sản xuất của nó, lúc đó dòng điện sẽ không đi qua mạch điện mà đi qua varistor làm ngắn mạch và cầu chì sẽ bị đứt. Khi cầu chì đứt thì

mạch điện sẽ không bị ảnh hưởng của nguồn điện và nhờ đó được bảo vệ an toàn khi áp dâng cao hoặc do sét đánh. Muốn khôi phục lại mạch điện chỉ cần thay lại cầu chì và varistor mới.



5.4 Đo kiểm Varistor

Trên đồng hồ vạn năng, di chuyển núm vặn đến mức điện trở 1000 Ohms. Chạm đầu dò của đồng hồ đo vào đầu kết nối của tụ chống sét. Đầu dò còn lại đưa về đầu còn lại của tụ.

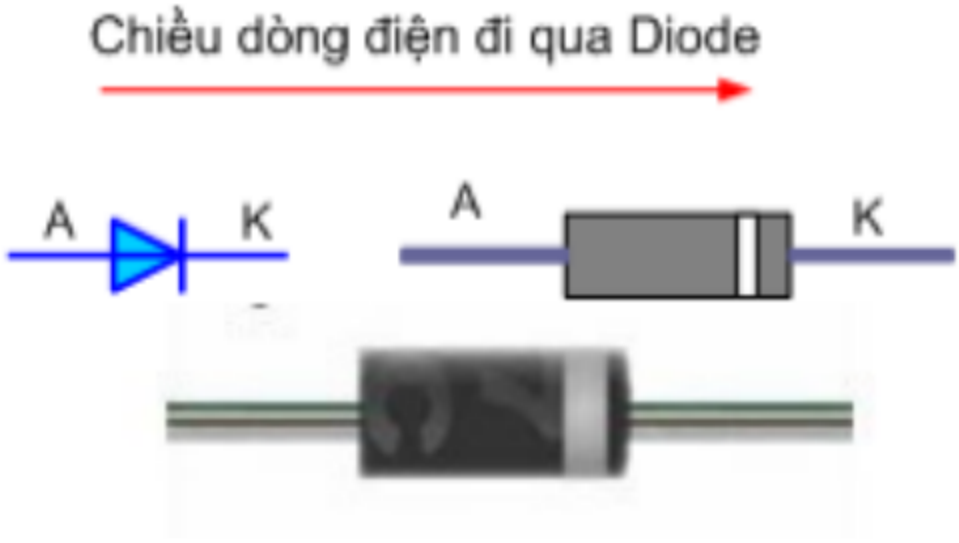
Đọc kết quả hiển thị trên màn hình LCD. Nếu điện trở thấp tức tụ chống sét bị hỏng và cần thay thế mới. Nếu kết quả hiển thị gần như vô hạn, tụ vẫn còn tốt.

CHƯƠNG 6 DIODE

6.1 Khái niệm về Diode

Diode là linh kiện bán dẫn, do đó nó được chế tạo bởi hợp chất giữa Silic, Photpho, Bori. Ba nguyên tố này được pha với nhau tạo ra hai lớp bán dẫn loại P và loại N tiếp giáp với nhau. Cực của Diode nối với lớp P được gọi là Anot (kí hiệu là A), cực còn lại đầu với lớp N được gọi là Katot (kí hiệu là K). Diode chỉ cho phép dòng điện đi qua nó theo một chiều từ A → K mà không theo chiều ngược lại.

Ký hiệu của Diode trong mạch điện tử và trong thực tế. Đầu có vạch trắng là đầu K và đầu còn lại là đầu A.

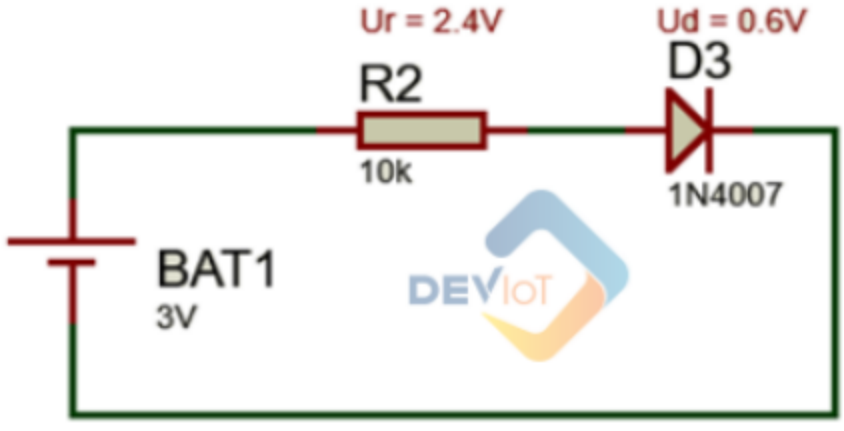


6.2 Nguyên lý hoạt động của Diode

Diode được cấu tạo từ 2 lớp bán dẫn P và N. Lớp bán dẫn P chứa các lỗ trống mang điện tích dương và lớp N chứa các hạt electron mang điện tích âm. Do sự khuếch đại thì các lỗ trống có xu hướng bị các electron hút lại, cùng lúc đó lớp bán dẫn P lại nhận thêm các electron từ lớp N chuyển sang. Điều này dẫn đến tại lớp tiếp xúc P-N hình thành nên một điện áp tiếp xúc (U_{tx}). Điện áp tiếp xúc này sinh ra một điện trường E hướng từ N sang P nên cản trở chuyển động khuếch tán và như vậy sau một thời gian kể từ lúc ghép 2 khối bán dẫn với nhau thì quá trình chuyển động khuếch tán chấm dứt và tồn tại điện áp tiếp xúc. Lúc này ta nói tiếp xúc P-N ở trạng thái cân bằng. Điện áp tiếp xúc ở trạng thái cân bằng khoảng 0.6V đối với Diode làm bằng bán dẫn Si và khoảng 0.3V đối với Diode làm bằng bán dẫn Ge.

a) Phân cực thuận cho Diode

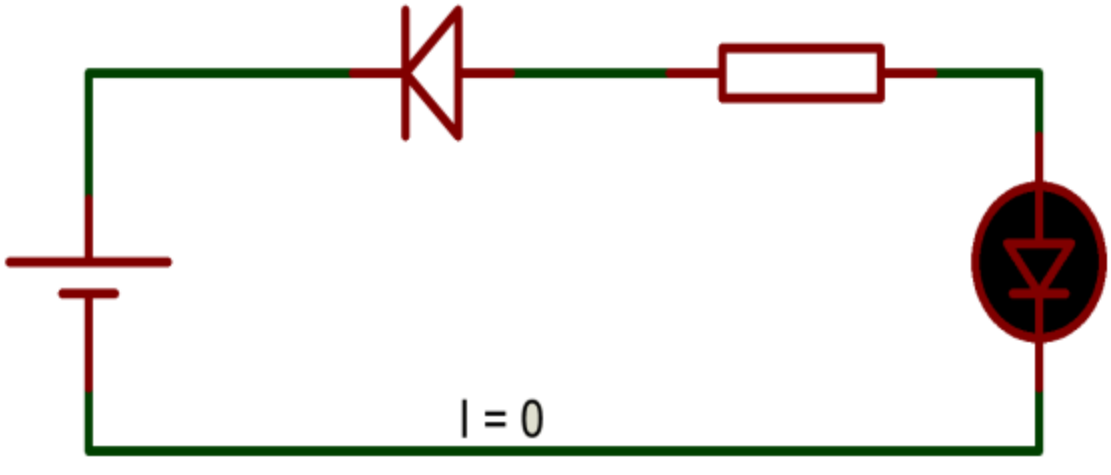
Nếu ta đặt một điện áp vào hai đầu của Diode (U_{AK}) dương nguồn nối với A, âm nguồn nối với K (Diode phân cực thuận); ngược chiều E và điện áp $U_{AK} > U_{tx}$ thì khi đó sự khuếch tán của các electron và lỗ trống thắng được điện trường E và các lỗ trống ở lớp bán dẫn P di chuyển về N và đi về cực âm của nguồn điện hình thành nên dòng điện I_{AK}, Diode dẫn điện.



Mạch phân cực thuận cho Diode

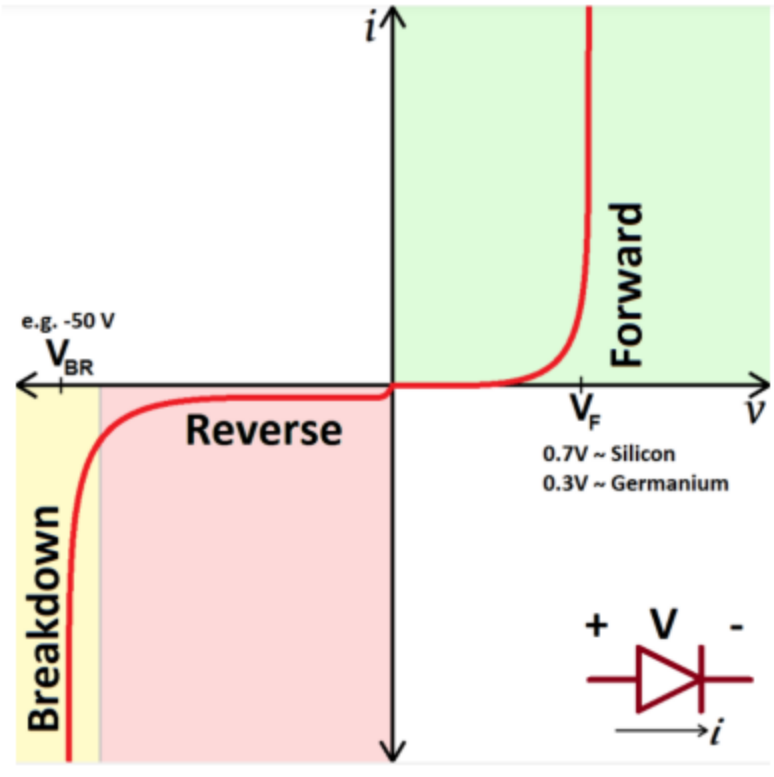
b) Phân cực ngược cho Diode

Nếu ta đặt một điện áp vào hai đầu của Diode dương nguồn nối với đầu K, âm nguồn nối với đầu A (Diode phân cực ngược); cùng chiều với điện trường E thì sự khuếch đại của lỗ trống và các electron bị ngăn lại, dưới sự tương tác của điện áp ngược, miền cách điện càng rộng ra và ngăn cản dòng điện đi qua mối tiếp giáp. Nếu điện áp mà vượt quá ngưỡng điện áp mà Diode có thể chịu được thì Diode bị đánh thủng $U_{ĐT}$.



c) Giải thích đường đặc tính vôn-ampe của Diode

Đặc tính Vôn-Ampe của Diode là đồ thị mô tả quan hệ giữa dòng điện đi qua Diode và điện áp U_{AK} đặt vào hai đầu của nó. Chúng ta xem xét đặc tuyến này trên Diode bán dẫn loại Si với $U_{tx} = 0.7V$.



Ta chia đặc tuyến này thành hai giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Khi điện áp $U_{AK} > 0$ và $U_{AK} < U_{tx}$ thì Diode vẫn chưa dẫn cho đến khí $U_{AK} > U_{tx}$ thi Diode dẫn hoàn toàn.
- Giai đoạn 2: Khi điện áp $U_{AK} < U_{tx}$ và $U_{AK} < U_{ĐT}$ mô tả quan hệ dòng áp khi Diode phân cực ngược, Diode không dẫn, còn khi $U_{AK} > U_{ĐT}$ thì Diode bị đánh thủng.

Khi Diode được phân cực ngược và dẫn điện thì dòng điện chủ yếu phụ thuộc vào điện trở của mạch ngoài (được mắc nối tiếp với diode). Dòng điện phụ thuộc rất ít vào điện trở thuận của diode vì điện trở thuận rất nhỏ, thường không đáng kể so với điện trở của mạch điện.

6.3 Phân loại về Diode

6.3.1 Diode tín hiệu nhỏ

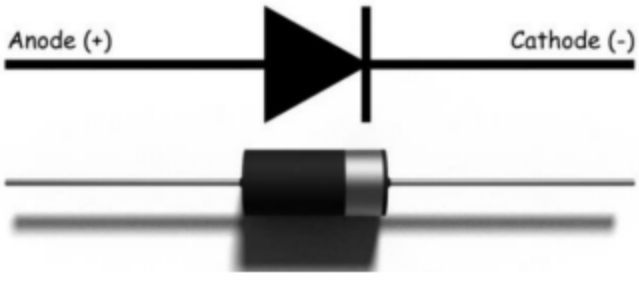
Là một loại Diode tiếp giáp P-N hoạt động trên tín hiệu điện áp thấp. Khu vực tiếp giáp của nó rất nhỏ. Do đó, lớp tiếp giáp có điện dung ít hơn và khả năng lưu trữ điện tích

thấp. Điều này giúp các Diode tín hiệu nhỏ có tốc độ chuyển mạch cao với thời gian phục hồi rất nhanh. Tuy nhiên, hạn chế của nó là điện áp thấp và các thông số về dòng điện.

Do tốc độ chuyển mạch cao, các loại Diode này được sử dụng trong các mạch có tần số cao.

6.3.2 Diode chỉnh lưu

Diode chỉnh lưu là một loại diode tiếp giáp P-N, có diện tích tiếp giáp P-N rất lớn. Điều này dẫn đến điện dung cao theo hướng ngược lại. Vì vậy nó có tốc độ chuyển đổi thấp. Đây là loại phổ biến nhất và được sử dụng nhiều nhất. Những loại Diode này có thể xử lý dòng điện nặng và được sử dụng để chuyển đổi AC thành DC (Chỉnh lưu).



6.3.3 Diode Schottky

Diode Schottky, được đặt theo tên của một nhà vật lý người Đức Walter H. Schottky, là một loại Diode bao gồm một điểm nối nhỏ giữa chất bán dẫn loại N và kim loại. Nó không có lớp tiếp giáp P-N. Điểm cộng của Diode Schottky là nó có điện áp chuyển tiếp rất thấp và chuyển mạch nhanh. Vì không có đường giao nhau P-N, tốc độ chuyển mạch Diode Schottky rất nhanh.

Hạn chế của Diode Schottky là nó có điện áp đánh thủng thấp, dòng rò ngược cao.

6.3.4 Diode phát sáng (LED)

Diode phát sáng cũng là một loại Diode tiếp giáp P-N phát ra ánh sáng trong phân cực thuận. Nguồn gốc LED viết tắt của Light Emitting Diode, hay là các Diode có khả năng phát ra ánh sáng hay tia hồng ngoại, tử ngoại.

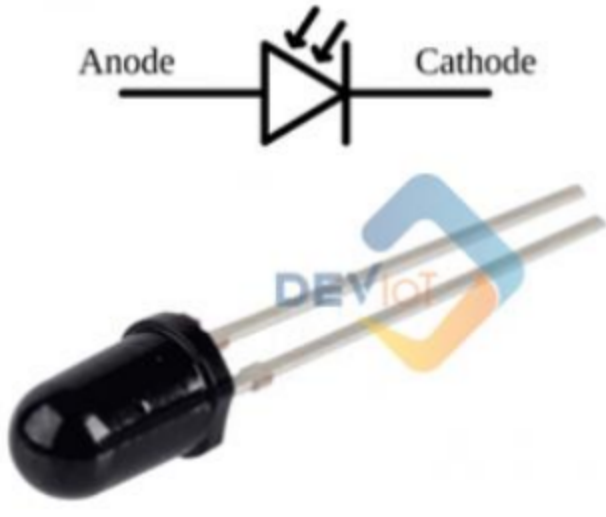
6.3.5 *Diode thu quang Photo Diode*

Photo Diode là một loại Diode tiếp giáp P-N có thể chuyển đổi năng lượng ánh sáng thành dòng điện. Hoạt động của nó là ngược lại với đèn LED. Mỗi Diode bán dẫn bị ảnh hưởng bởi các hạt mang điện quang. Đó là lý do tại sao chúng được đóng gói trong một vật liệu chặn ánh sáng.

Trong photo Diode, có một lỗ mở đặc biệt cho phép ánh sáng đi vào phần cảm biến của nó.

Khi ánh sáng (hạt Photon) chiếu vào tiếp giáp P-N, nó sẽ tạo ra cặp lỗ electron. Những electron và lỗ trống chảy ra như dòng điện. Để tăng hiệu quả, cần sử dụng thêm một Diode tiếp giáp PIN.

Photo Diode được sử dụng trong phân cực ngược và chúng có thể được sử dụng trong pin mặt trời.



6.3.6 *Diode tunnel*

Diode tunnel được Leo Esaki phát minh vào năm 1958 và ông đã nhận được giải thưởng Nobel năm 1973, đó là lý do tại sao nó còn được gọi là Diode Esaki.

Diode tunnel là một diode có tiếp giáp P-N pha tạp nặng. Nó hoạt động trên nguyên tắc của hiệu ứng tunnel. Do nồng độ pha tạp nặng, lớp tiếp giáp trở nên rất mỏng. Điều này cho phép các electron dễ dàng thoát qua. Hiện tượng này được gọi là hiệu ứng tunnel hay hiệu ứng đường hầm.

Diode tunnel có khả năng dẫn ngược và nó được xem là một thiết bị chuyển mạch nhanh. Chúng được dùng trong các ứng dụng như bộ tạo dao động và bộ khuếch đại vi sóng.

6.3.7 Diode Zenner

Diode Zener được đặt theo tên của Clarence Malvin Zener, người đã phát hiện ra hiệu ứng zener.

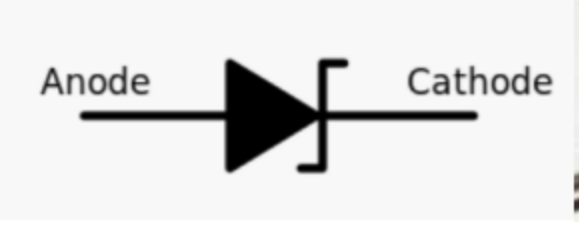
Nó là một loại Diode, không chỉ cho phép dòng điện chạy theo hướng thuận mà còn theo hướng ngược lại. Khi điện áp ngược đạt đến điện áp đánh thủng được gọi là điện áp Zener, nó cho phép dòng điện đi qua.

Diode Zener có nồng độ pha tạp nặng hơn so với Diode tiếp giáp P-N bình thường. Do đó, nó có một khu vực tiếp giáp rất mỏng.

Trong phân cực thuận, nó hoạt động như một Diode tiếp giáp P-N đơn giản (Bộ chỉnh lưu).

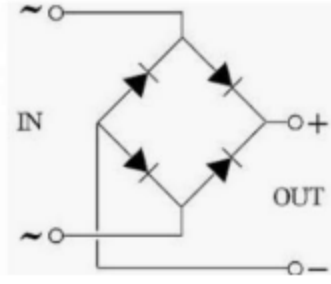
Trong phân cực ngược, nó chặn cho đến khi điện áp ngược đạt đến ngưỡng điện áp zener. Sau đó, nó cho phép dòng điện đi qua với sự sụt giảm điện áp không đổi. Sự cố đảo ngược Zener được gây ra do hai lý do, đó là sự phá hủy lượng tử điện tử và hiệu ứng thác.

Một Diode Zener chủ yếu được sử dụng trong cấu hình phân cực ngược. Nó cung cấp một điện áp ổn định để bảo vệ các mạch khỏi quá điện áp.



6.3.8 *Diode cầu*

Diode cầu là diode dùng trong các mạch chỉnh lưu, nắn điện AC thành điện DC trong toàn chu kỳ. Chúng có cấu tạo gồm 4 diode chỉnh lưu thường nối với nhau thành một cầu.



6.4 Một số ứng dụng của Diode

6.4.1 *Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ*

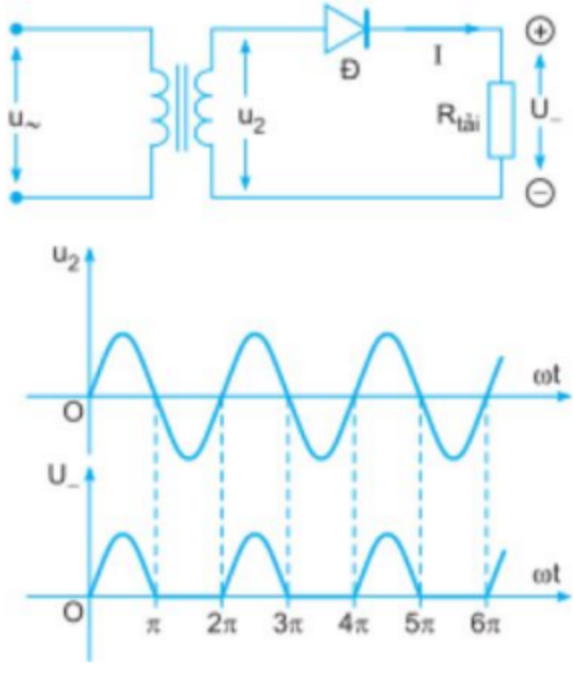
Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ là loại mạch điện dùng một Diode để đổi điện xoay chiều thành điện một chiều.

Giải thích:

- Ở nửa chu kỳ dương 0 → π, Diode phân cực thuận, dòng điện đi qua Diode đến tải.
- Ở nửa chu kỳ âm π → 2π, Diode phân cực ngược, không cho dòng điện đi qua Diode.

Nhận xét:

- Ưu điểm: Mạch đơn giản, chỉ dùng một Diode.
- Nhược điểm: Do mạch chỉ cho dòng qua tải một nửa chu kì nên hiệu suất thấp, dạng sóng ra có độ gợn sóng lớn, lọc khó, ít dùng.



6.4.2 *Mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ*

Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ là loại mạch điện dùng hai Diode để đổi điện xoay chiều thành điện một chiều.

Giải thích:

- Ở nửa chu kỳ dương 0 → π, Diode 1 phân cực thuận, Diode 2 phân cực ngược, dòng điện đi qua Diode 1 và đến tải.
- Ở nửa chu kỳ âm π → 2π, Diode 2 phân cực thuận, Diode 1 phân cực ngược, dòng điện đi qua Diode 2 và đến tải.

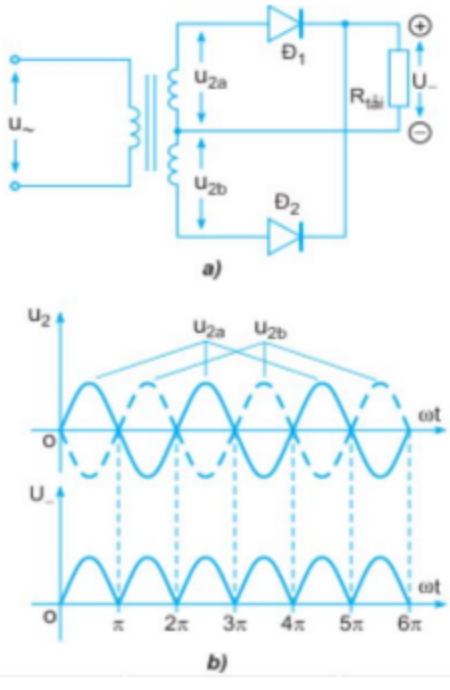
Nhận xét:

- Ưu điểm: Điện áp một chiều lấy ra có độ gợn sóng nhỏ, tần số gợn sóng 100Hz, dễ lọc, hiệu quả tốt.
- Nhược điểm:

✓ Phải dùng hai Diode.

✓ Biến áp phải lấy điểm giữa, chia thành 2 nửa cân xứng nhau.

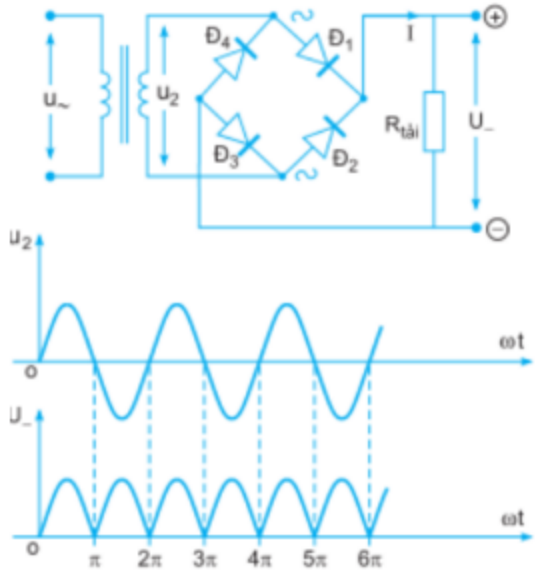
✓ Điện áp ngược đặt lên mỗi Diode khi phân cực ngược chịu gấp đôi điện áp làm việc (điện áp thuận).



6.4.3 *Mạch chỉnh lưu cầu*

Giải thích:

- Trong nửa chu kỳ dương 0 → π, Diode 1 và Diode 3 phần cực thuận, Diode 2 và Diode 4 phân cực ngược. Dòng điện sẽ đi qua Diode 1 → tải → Diode 3→ cực âm của cuộn thứ cấp.
- Trong nửa chu kỳ âm π → 2π, Diode 2 và Diode 4 phần cực thuận, Diode 1 và Diode 3 phân cực ngược. Dòng điện sẽ đi qua Diode 2 → tải → Diode 4 → cực âm của cuộn thứ cấp.

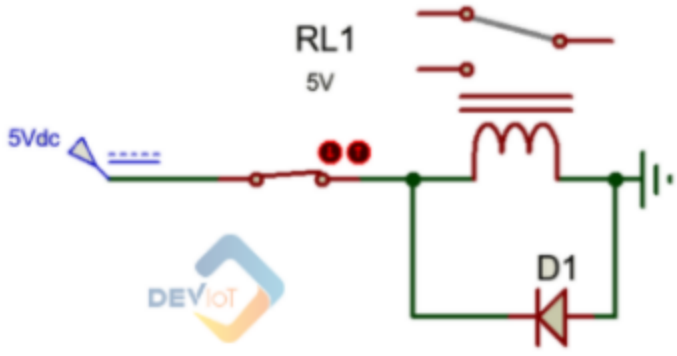


Nhận xét:

- Diode không phải chịu điện áp ngược cao.
- Dạng sóng điện áp thu được có độ gợn nhỏ nên dễ lọc, thường thì sẽ lắp một tụ điện có điện dung cỡ vài nghìn uF ở trước tải để có thể làm min điện áp đầu ra.
- Hiệu quả tốt, thực tế dùng phổ biến.

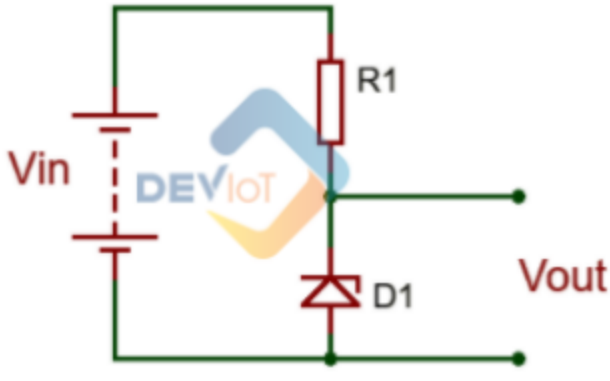
6.4.4 *Chống nhiễu quá áp*

Một relay, motor, hay thiết bị khác có tính cảm thường sẽ tạo ra một hiện tượng tăng đột biến điện áp khi được bật tắt. Một Diode được dùng để ngăn chặn hiện tượng này và bảo vệ các thành phần khác trong mạch.



6.4.5 *Mạch ghim điện áp*

Diode Zenner được sử dụng để điều chỉnh điện áp, như các yếu tố tham chiếu, bộ triệt xung và trong các ứng dụng chuyển mạch và mạch clipper.



Khi được phân cực thuận Diode Zenner hoạt động giống Diode bình thường.

Khi được phân cực ngược, lúc đầu chỉ có dòng điện thật nhỏ đi qua Diode. Nhưng nếu điện áp ngược tăng đến một giá trị thích ứng: Điện áp ngưỡng bằng điện áp đánh thủng thì dòng qua Diode tăng mạnh nhưng hiệu điện thế giữa hai đầu Diode là không đổi.

Điện áp tải bằng điện áp đánh thủng của Diode Zenner. Điện trở nối tiếp R1 giới hạn dòng điện qua Diode và giảm điện áp dư khi Diode đang dẫn. Giá trị của điện trở R1 mà nhỏ thì sẽ dẫn đến dòng Diode lớn khi tải được kết nối và điều này sẽ làm tăng công suất tiêu tán của Diode có thể vượt quá định mức của Diode khiến nó bị hỏng.

Ví dụ:

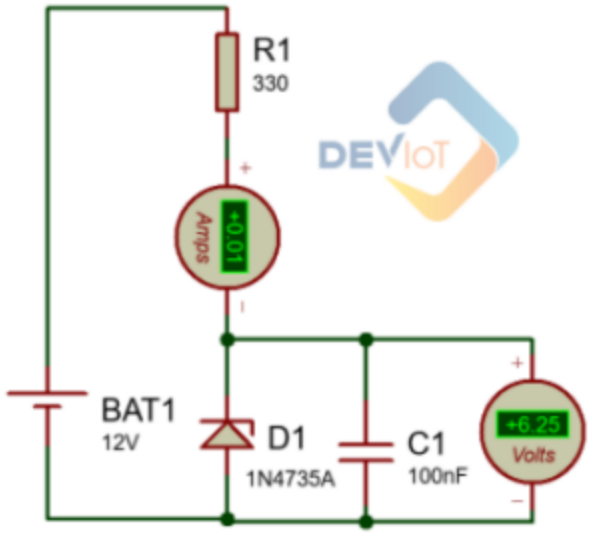
Chúng ta dùng Diode Zenner 1N5735A có điện áp đánh thủng là V_Z = 6.2V và dòng I_Z lớn nhất là 41mA. Điện áp đầu vào V_{in} = 12V.

Ta sẽ tính được giá trị điện trở R1 theo công thức sau:

$$R1 = \frac{V_{in} - V_Z}{I_z} = \frac{12-6.2}{0.041} = 141\Omega$$

Giá trị điện trở tối thiểu R1 cần mắc là 141 Ω.

Để đảm bảo tín hiệu điện áp đầu ra ổn định thì ta nên mắc thêm tụ lọc 100nF song song với Diode Zenner.



6.5 Đo kiểm Diode

- Xác định cực dương cực dương và cực âm của diode.
- Chọn chế độ kiểm tra Diode bằng cách xoay nút xoay trung tâm đến vị trí biểu tượng diode. Trong chế độ này, đồng hồ có thể cung cấp dòng điện 2 mA để kiểm tra.
- Chạm que đo màu đỏ với cực dương và que đo màu đen với cực âm.
- Quan sát màn hình hiển thị trên đồng hồ. Nếu giá trị điện áp nằm trong khoảng từ 0,6 đến 0,7 (Diode silic) thì Diode tốt. Đối với Diode gecmani, giá trị này nằm trong khoảng từ 0,25 đến 0,3.

- Bây giờ đảo ngược các cực của đồng hồ có nghĩa là chạm que đo màu đỏ với cực âm và màu đen với cực dương. Diode sẽ phân cực nghịch và lúc này nó sẽ không cho

dòng điện chạy qua nó. Do đó đồng hồ thể hiện OL (tương đương với mạch hở). Nếu bạn thực hiện đúng như các bước trên tức là Diode còn tốt.

- Nếu đồng hồ hiển thị các giá trị không liên quan như các bước trên thì diode bị hư. Diode có thể bị hở hoặc ngắn mạch. Diode hở là Diode hoạt động như một công tắc hở trong điều kiện phân cực thuận và phân cực nghịch. Vì vậy, không có dòng điện chạy qua Diode. Và đồng hồ sẽ thể hiện OL trong cả hai điều kiện đó.
- Diode ngắn mạch là diode hoạt động như một công tắc đóng để dòng điện chạy qua nó và điện áp rơi qua Diode sẽ bằng không. Do đó, đồng hồ sẽ hiển thị giá trị điện áp bằng 0, nhưng trong một số trường hợp nó sẽ hiển thị một điện áp rất nhỏ khi điện áp rơi qua Diode.

CHƯƠNG 7 TRANSISTOR LƯỠNG CỰC BJT

7.1 Khái niệm về transistor BJT

7.1.1 Khái niệm về transistor BJT

Transistor hay còn được gọi là tranzito là một loại linh kiện bán dẫn chủ động, chúng thường được sử dụng như một phần tử khuếch đại hoặc một chìa khóa điện tử. Transistor là phần quan trọng nằm trong khối đơn vị cơ bản tạo thành phần lớn cấu trúc mạch điện tử ngày nay. Trong mạch điện tử, transistor có vai trò như một cái van cách li điều chỉnh dòng điện, điện áp trong mạch. Những transistor này được ưa thích và sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng tương tự và số, như khuếch đại, đóng cắt, điều chỉnh điện áp, điều khiển tín hiệu, và tạo dao động cũng bởi khả năng đáp ứng nhanh và chính xác. Ngoài ra các mạch tích hợp hay IC cũng được cấu tạo từ các transistor, có khả năng tích hợp lên đến 1 tỷ transistor trên một diện tích khá nhỏ.

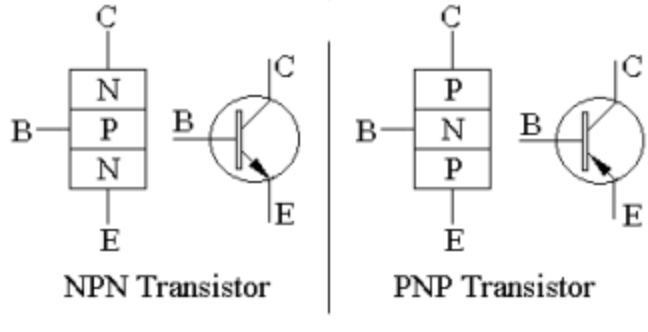
Transistor là loại linh kiện bán dẫn tích cực và chúng cần phải có năng lượng để hoạt động. Tùy theo mục đích sử dụng mà transistor được mắc nối với các loại mạch điện khác nhau.

7.1.2 Cấu tạo Transistor BJT

Hầu hết các loại transistor đều có cấu tạo gồm 3 lớp bán dẫn được ghép với nhau tạo thành 2 mối tiếp giáp P- N. Nếu xếp theo thứ tự PNP ta sẽ có transistor thuận, còn nếu xếp theo thứ tự NPN ta có transistor ngược.

Về cơ bản, cấu tạo của transistor tương đương với cấu tạo của 2 diode đấu ngược chiều nhau. Đây chính là cấu trúc BJT với 2 loại điện âm và điện dương cùng chạy.

Ba lớp bán dẫn này sẽ kết nối tạo thành 3 cực với lớp giữa là cực gốc (B), 2 lớp bên ngoài được nối ra thành cực phát (E) và cực thu – cực góp (C).



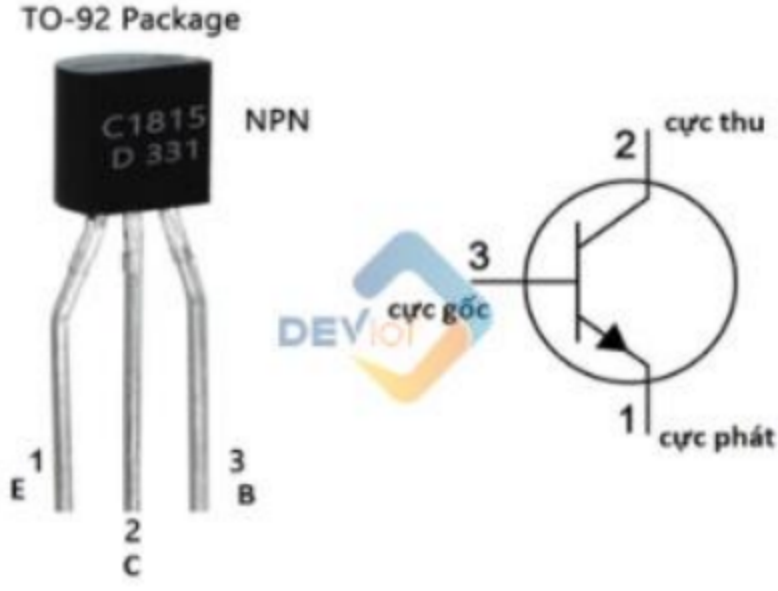
Transistor ngược *Transistor thuận*

7.1.3 Phân loại các loại transistor BJT

Cũng giống như một số linh kiện điện tử và thiết bị khác, transistor cũng được phân loại chủ yếu dựa vào cấu tạo của chúng. Theo đó, ta sẽ chia transistor thành 2 loại cơ bản.

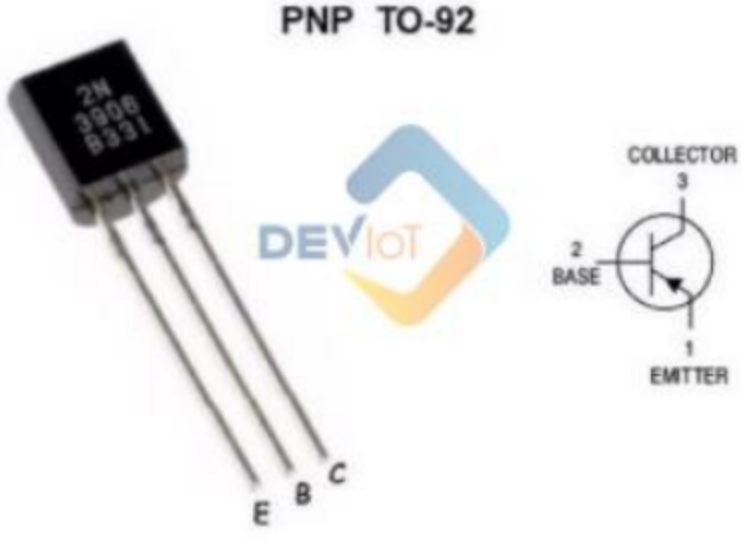
- ***Transistor NPN***

Đây là transistor được cấu tạo từ nối ghép một bán dẫn dương ở giữa hai bán dẫn điện âm. transistor này được sử dụng trong việc khuếch đại, dùng để điện dẫn trong ngành công nghiệp điện tử hoặc dùng làm cổng số cho điện tử số.



- ***Transistor PNP***

Loại transistor này gồm có: lớp bán dẫn pha tạp loại N (với vai trò cực gốc) và hai lớp bán dẫn loại P. Transistor PNP sẽ được kích hoạt khi cực phát được nối đất và cực góp được nối với nguồn năng lượng.

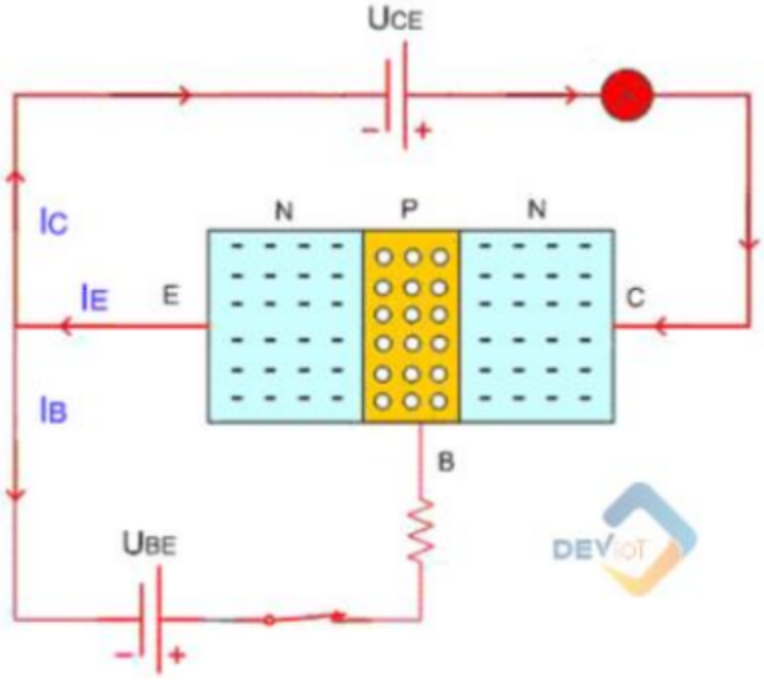


Cách phân biệt các loại transistor ngoài thực tế:

- 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 loại PNP còn ký hiệu là C và D là transistor loại 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 sản xuất theo công nghệ của Mỹ thường ký kiệu là 2N ví dụ 2N3055, 2N3904…
- Transistor do Trung Quốc sản xuất: Bắt đầu bằng số 3, tiếp theo là hai chữ cái. Chữ cái thứ nhất cho biết loại transistor: Chữ A và B là transisor PNP, chữ C và D là transistor NPN. Chữ cái thứ hai cho biết đặc điểm: X và P là transistor âm tần, A và G là transistor cao tần. Các chữ số ở sau chỉ thứ tự sản phẩm. Ví dụ 3CP25, 3AP20…

7.2 Nguyên lý hoạt động của transistor BJT

a) Đối với transistor NPN



Ta cấp một nguồn điện một chiều U_{CE} vào hai cực C và E trong đó cực (+) nối với cực C, cực (-) nối với cực E.

Cấp nguồn điện một chiều U_{BE} đi qua công tắc và điện trở hạn dòng vào 2 cực B và E trong đó trong đó cực (+) nối với cực B, cực (-) nối với cực E.

Khi công tắc mở, ta thấy rằng 2 cực CE đã được cấp điện nhưng không có dòng điện chạy qua mối CE (dòng I_C = 0).

Khi công tắc đóng, hai lớp tiếp giáp P của cực B và N của cực E được phân cực thuận thì dòng điện sẽ chạy từ cực (+) của U_{BE} → công tắc → điện trở → qua mối BE → cực (-) của U_{BE} tạo thành dòng I_B.

Ngay sau khi dòng I_B xuất hiện, lập tức có dòng I_C chạy qua mối CE làm bóng đèn sáng, khi đó dòng I_C mạnh gấp nhiều lần dòng I_B.

$$I_C = \beta . I_B$$

Trong đó:

- I_C: dòng chạy qua mối CE
- I_B: dòng chạy qua mối BE
- β: hệ số khuếch đại của transistor

Giải thích: Khi có điện áp U_{CE} nhưng các electron và lỗ trống không thể vượt qua lớp tiếp giáp P-N để tạo thành dòng điện, khi xuất hiện dòng điện I_{BE} do lớp bán dẫn P tại cực B rất mỏng và nồng độ pha tạp thấp, vì vậy số electron từ lớp bán dẫn N (cực E) vượt qua lớp tiếp giáp sang lớp bán dẫn P (cực B) lớn hơn số lượng lỗ trống rất nhiều, một phần nhỏ trong số các electron đó thế vào lỗ trống tạo thành dòng I_B còn phần lớn số electron bị hút về phía cực C dưới tác dụng của điện áp U_{CE} → tạo thành dòng I_{CE} chạy trong transistor.

b) Đối với transistor PNP

Sự hoạt động của transisor PNP hoàn toàn tương tự transistor NPN nhưng cực tính của các nguồn điện U_{CE} và U_{BE} ngược lại. Dòng I_C đi từ E → C còn dòng I_B đi từ E → B.

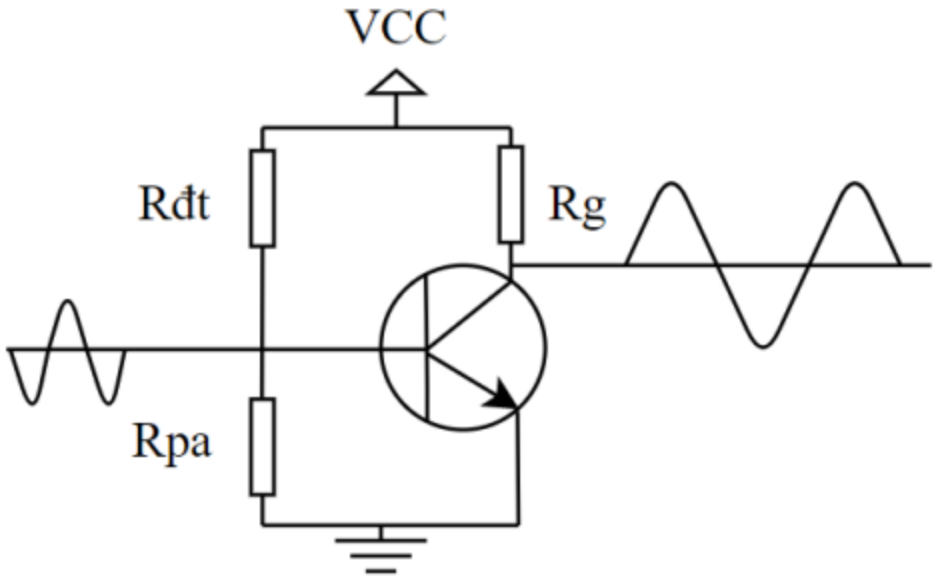
7.3 Các thông số kỹ thuật của transistor

- **Điện áp cực đại**: Là điện áp giới hạn của transistor đặt vào cực CE, vượt qua điện áp giới hạn này transistor sẽ bị đánh thủng.
- **Dòng điện cực đại**: Là dòng điện giới hạn của transistor, vượt qua dòng giới hạn này transistor sẽ bị hỏng.
- **Tần số cắt**: Là tần số giới hạn mà transistor làm việc bình thường, vượt quá tần số này thì độ khuyếch đại của transistor bị giảm.
- **Hệ số khuếch đại**: Là tỷ lệ biến đổi của dòng I_C gấp nhiều lần dòng I_B.
- **Công suất cực đại**: Khi hoat động transistor tiêu tán một công xuất P = $U_{CE}.I_{CE}$ nếu công suất này vượt quá công suất cực đại của transistor thì transistor sẽ bị hỏng.

7.4 Các cách mắc của transitor BJT

7.4.1 Transistor mắc theo kiểu E chung

Mạch mắc theo kiểu E chung có cực E đấu trực tiếp xuống mass hoặc đấu qua tụ xuống mass để thoát thành phần xoay chiều, tín hiệu đưa vào cực B và lấy ra trên cực C, mạch có sơ đồ như sau:



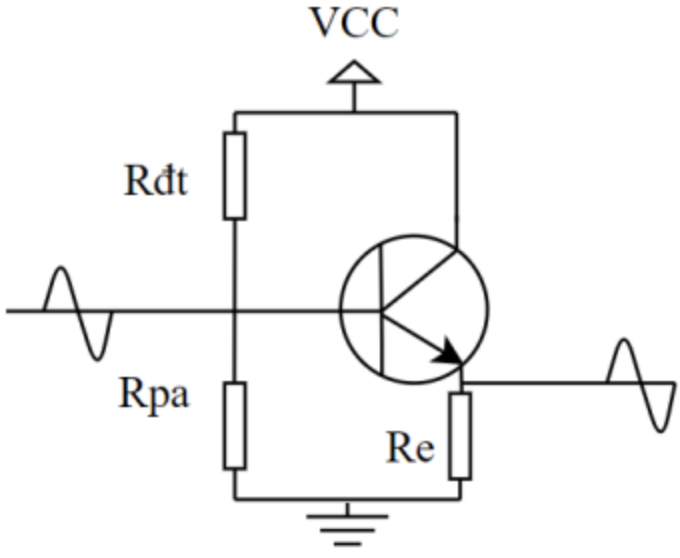
R_g là điện trở gánh; $R_{đt}$ là điện trở định thiên; R_{pa} là điện trở phân áp.

Đặc điểm của mạch khuếch đại E chung.

- Mạch khuếch đại E chung thường được định thiên sao cho điện áp U_{CE} khoảng 60% ÷ 70 % Vcc.
- Biên độ tín hiệu ra thu được lớn hơn biên độ tín hiệu vào nhiều lần, như vậy mạch khuếch đại về điện áp.
- Dòng điện tín hiệu ra lớn hơn dòng tín hiệu vào nhưng không đáng kể.
- Tín hiệu đầu ra ngược pha với tín hiệu đầu vào: vì khi điện áp tín hiệu vào tăng => dòng I_B tăng => dòng I_C tăng => sụt áp trên R_g tăng => kết quả là điện áp chân C giảm, và ngược lại khi điện áp đầu vào giảm thì điện áp chân C lại tăng => vì vậy điện áp đầu ra ngược pha với tín hiệu đầu vào.
- Mạch mắc theo kiểu E chung như trên được ứng dụng nhiều nhất trong thiết bị điện tử.

7.4.2 *Transistor mắc theo kiểu C chung*

Mạch mắc theo kiểu C chung có chân C đấu vào mass hoặc dương nguồn (Lưu ý: về phương diện xoay chiều thì dương nguồn tương đương với mass), Tín hiệu được đưa vào cực B và lấy ra trên cực E, mạch có sơ đồ như sau:

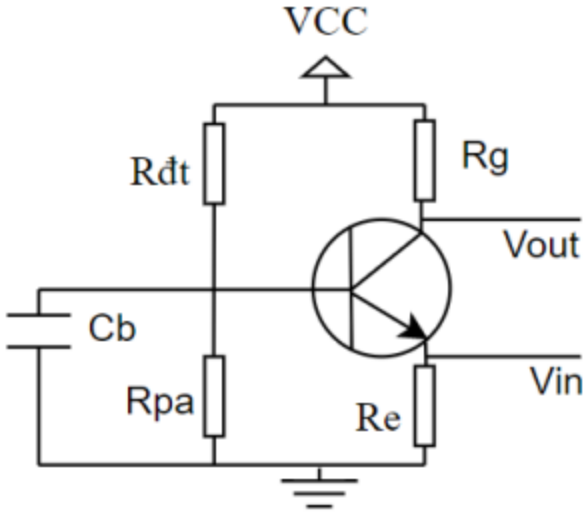


Đặc điểm của mạch khuếch đại C chung

- Tín hiệu đưa vào cực B và lấy ra trên cực E
- Biên độ tín hiệu ra bằng biên độ tín hiệu vào: Vì U_{CE} = 0.6V do đó khi điện áp chân B tăng bao nhiêu thì áp chân C cũng tăng bấy nhiêu => vì vậy biên độ tín hiệu ra bằng biên độ tín hiệu vào.
- Tín hiệu ra cùng pha với tín hiệu vào: Vì khi điện áp vào tăng => thì điện áp ra cũng tăng, điện áp vào giảm thì điện áp ra cũng giảm.
- Cường độ của tín hiệu ra mạnh hơn cường độ của tín hiệu vào nhiều lần: Vì khi tín hiệu vào có biên độ tăng => dòng I_B sẽ tăng => dòng I_C cũng tăng gấp β lần dòng I_B vì I_C= β. I_B giả sử Transistor có hệ số khuếch đại β = 50 lần thì khi dòng I_B tăng 1mA => dòng I_C sẽ tăng 50mA, dòng I_C chính là dòng của tín hiệu đầu ra, như vậy tín hiệu đầu ra có cường độ dòng điện mạnh hơn nhiều lần so với tín hiệu vào.
- Mạch trên được ứng dụng nhiều trong các mạch khuếch đại đệm (Damper), trước khi chia tín hiệu làm nhiều nhánh, người ta thường dùng mạch Damper để khuếch đại cho tín hiệu khoẻ hơn. Ngoài ra mạch còn được ứng dụng rất nhiều trong các mạch ổn áp nguồn.

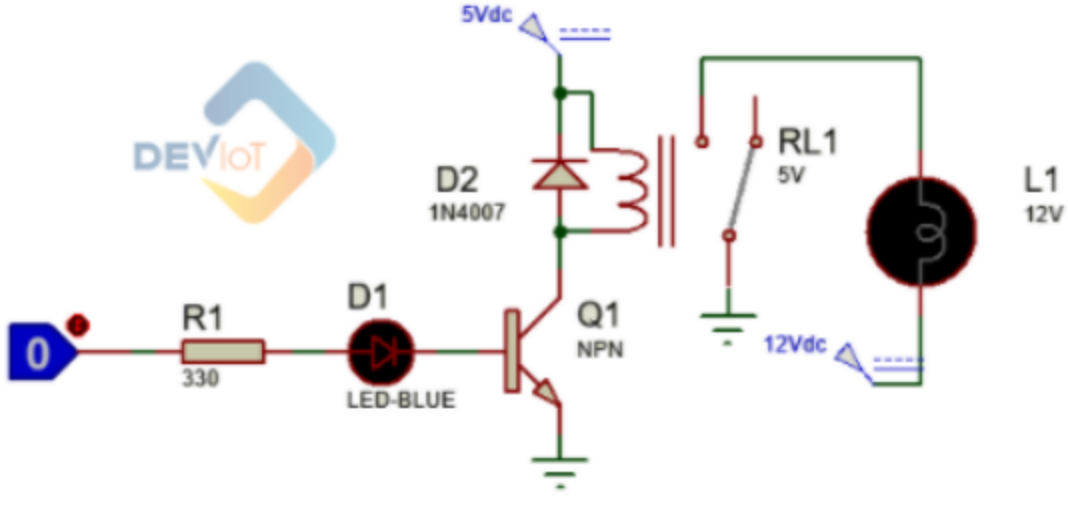
7.4.3 *Transistor mắc theo kiểu B chung*

- Mạch mắc theo kiểu B chung có tín hiệu đưa vào chân E và lấy ra trên chân C, chân B được thoát mass thông qua tụ điện.
- Mạch mắc kiểu B chung rất ít khi được sử dụng trong thực tế.

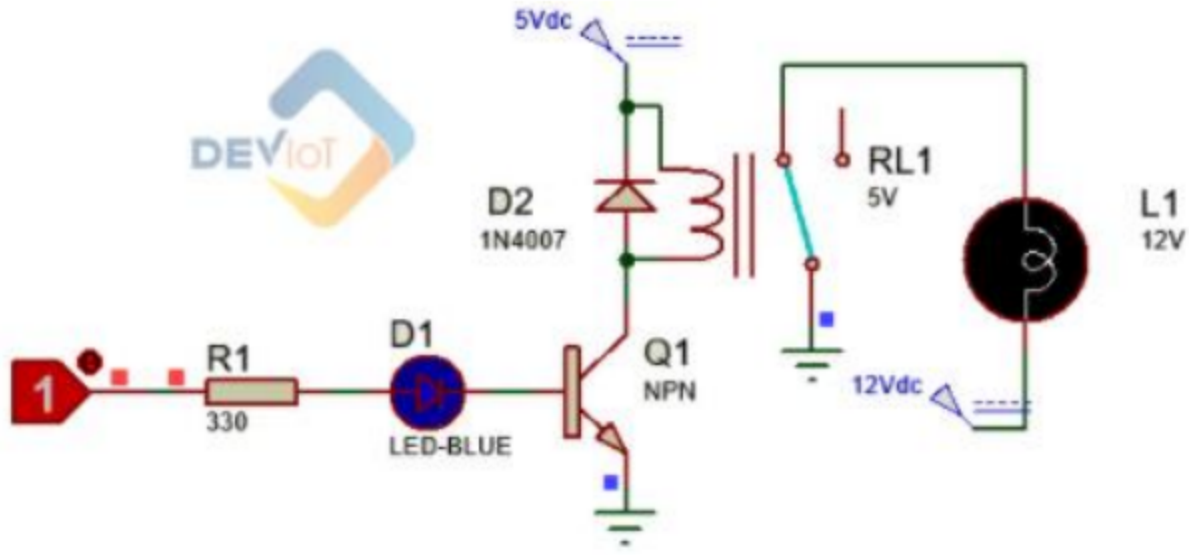


7.5 Một số ứng dụng của transisor BJT

7.5.1 *Điều khiển on/off relay*



- Khi ta đưa tín hiệu mức 0 (tức 0V) thì không có dòng I_B nên transistor Q1 không dẫn → Relay không hoạt động.



- Khi ta đưa tín hiệu mức 1 (tức 5V) thì qua trở R1 để hạn dòng => Có dòng I_B đủ lớn làm cho Q1 dẫn thông => có dòng I_{CE} là dòng điện chạy qua cuộn hút của Relay → Q1 → đất. Chân COM chuyển trạng thái từ tiếp điểm thường đóng sang tiếp điểm thường hở, làm cho đèn 12V sáng lên.

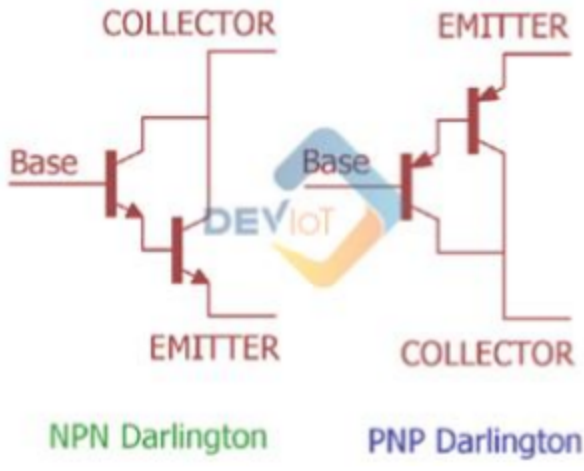
Lưu ý: Cách tính giá trị điện trở R1

- ✓ Giả sử transistor NPN được sử dụng ở ví dụ này là C1815.
- ✓ Giả sử điện áp đầu ra của chân Vi điều khiển là V_{out} = 5V.
- ✓ Điện áp của Led báo là V_{led} = 2V (điện áp này tùy thuộc vào từng loại led màu).
- ✓ Điện áp rơi trên hai cực BE là V_{BE} = 0.7V (điện áp này tùy thuộc vào từng loại transistor).
- ✓ Dòng I_B lớn nhất mà transisor chịu được là I_B = 50mA (nhưng không ta lấy giá trị max của nó mà lấy cỡ vài mA thôi, ở ví dụ này ta lấy dòng I_B = 7mA).

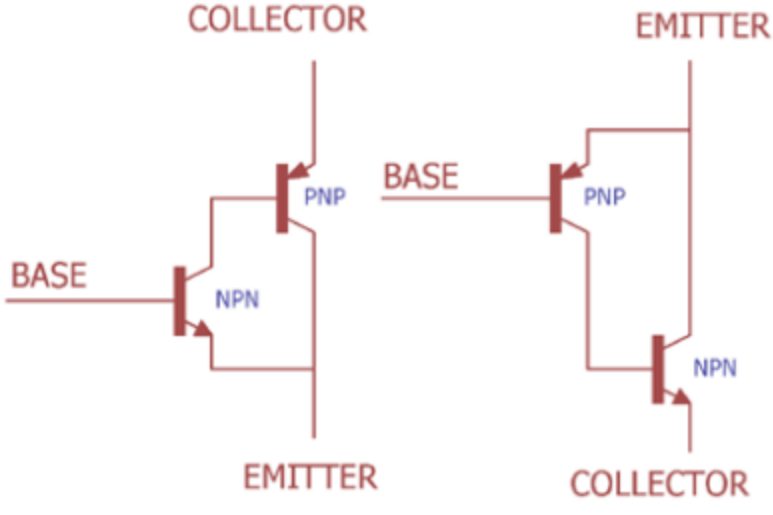
⇨ $R1 = \frac{V_{out} - V_{led} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5-2-0.7}{0.007} = 330\ \Omega$.

7.5.2 Darlington transistor

Nếu ta nhìn vào ký hiệu Darlington transistor thì ta có thể dễ dàng thấy rằng hai transistor được nối với nhau. Như hình dưới đây, hai loại Darlington transistor được trình bày. Phía bên trái là NPN Darlington, còn bên phải là PNP Darlington. NPN Darlington bao gồm 2 transitor loại NPN, còn PNP Darlington bao gồm 2 transistor loại PNP. Ta thấy rằng cực E của transitor thứ nhất sẽ nối với cực B của transistor thứ hai, và cực C của hai transistor được nối chung với nhau. Điều này áp dụng cho cả NPN và PNP Darlington transistor, và khiến cho hệ số khuếch đại được tăng lên.

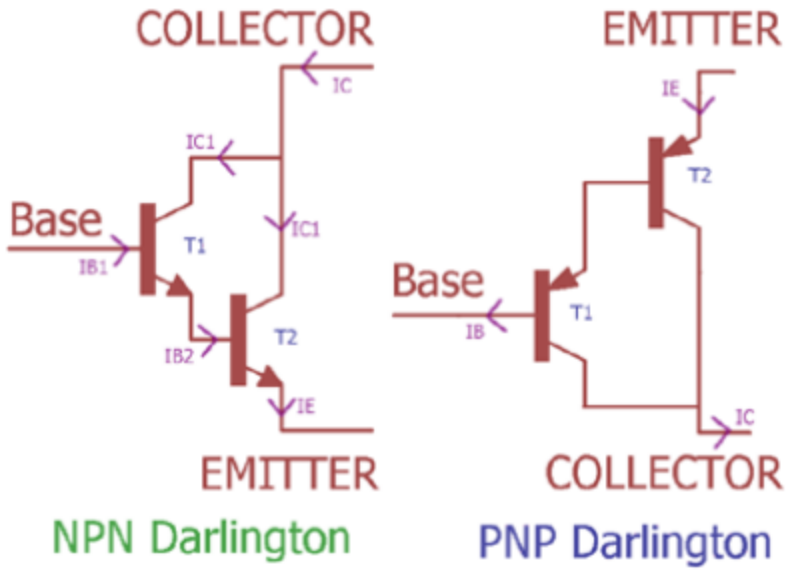


Như đã trình bày ở trên thì một transistor BJT thông thường khi có dòng I_B đủ lớn thì transisor sẽ đạt trạng thái bão hòa và có dòng I_{CE}. Dòng I_C phụ thuộc vào dòng I_B theo hệ số khuếch đại β và hệ số này phụ thuộc vào đặc tính kỹ thuật của mỗi transistor. Nhưng trong một số trường hợp, ứng dụng cần thêm dòng điện mà transistor đơn lẻ không thể cung cấp thì áp dụng Darlington transistor là một phương án khả thi. Tuy nhiên, ta cũng có thể tạo Darlington transistor bằng transistor PNP với NPN hoặc ngược lại. Đây được gọi là Sziklai Darlington hay là cấu trúc đẩy-kéo (Push-Pull).



Kiểu kết nối Sziklai Darlington tạo ra ít nhiệt và có lợi thế về thời gian đáp ứng.

Tính toán hệ số khuếch đại trong Darlington transistor:



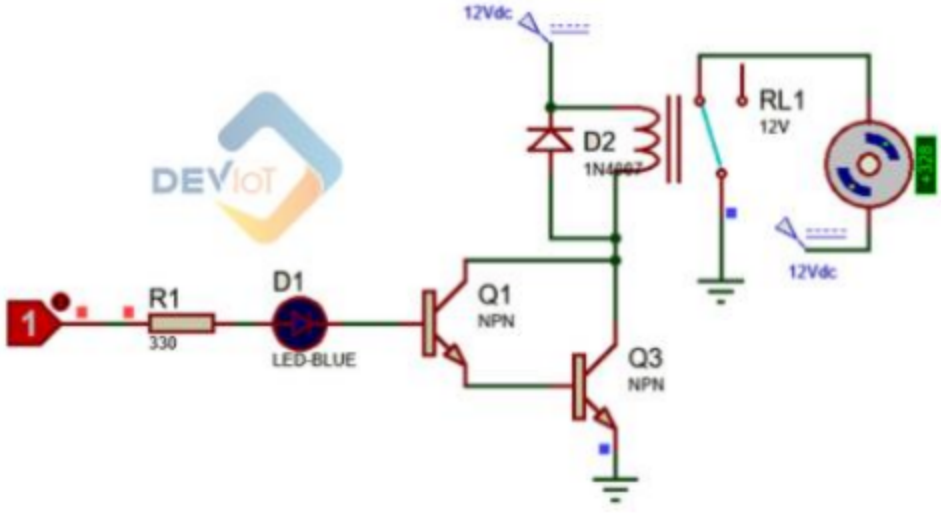
Khi hai cực C của 2 transistor được nối với nhau thì:

$$I_C = I_{C1} + I_{C2}$$

Do $I_{C1} = \beta_{T1} * I_{B1}$ và $I_{C2} = \beta_{T2} * I_{B2}$

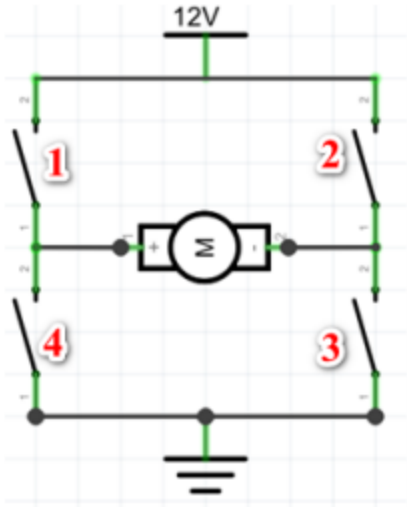
$$\Rightarrow \quad I_C = \beta_{T1} * I_{B1} + \beta_{T2} * I_{B2}$$

Trong thực tế Darlington transistor đùng để điều khiển relay cần công suất lớn như động cơ…

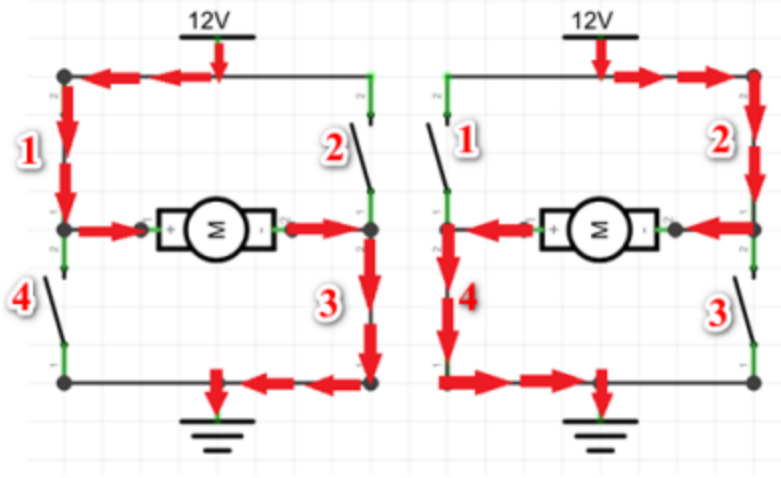


7.5.3 *Mạch cầu H sử dụng transistor BJT*

Xét một cách tổng quan, mạch cầu H là một mạch gồm "4 công tắc" được mắc theo hình chữ H.

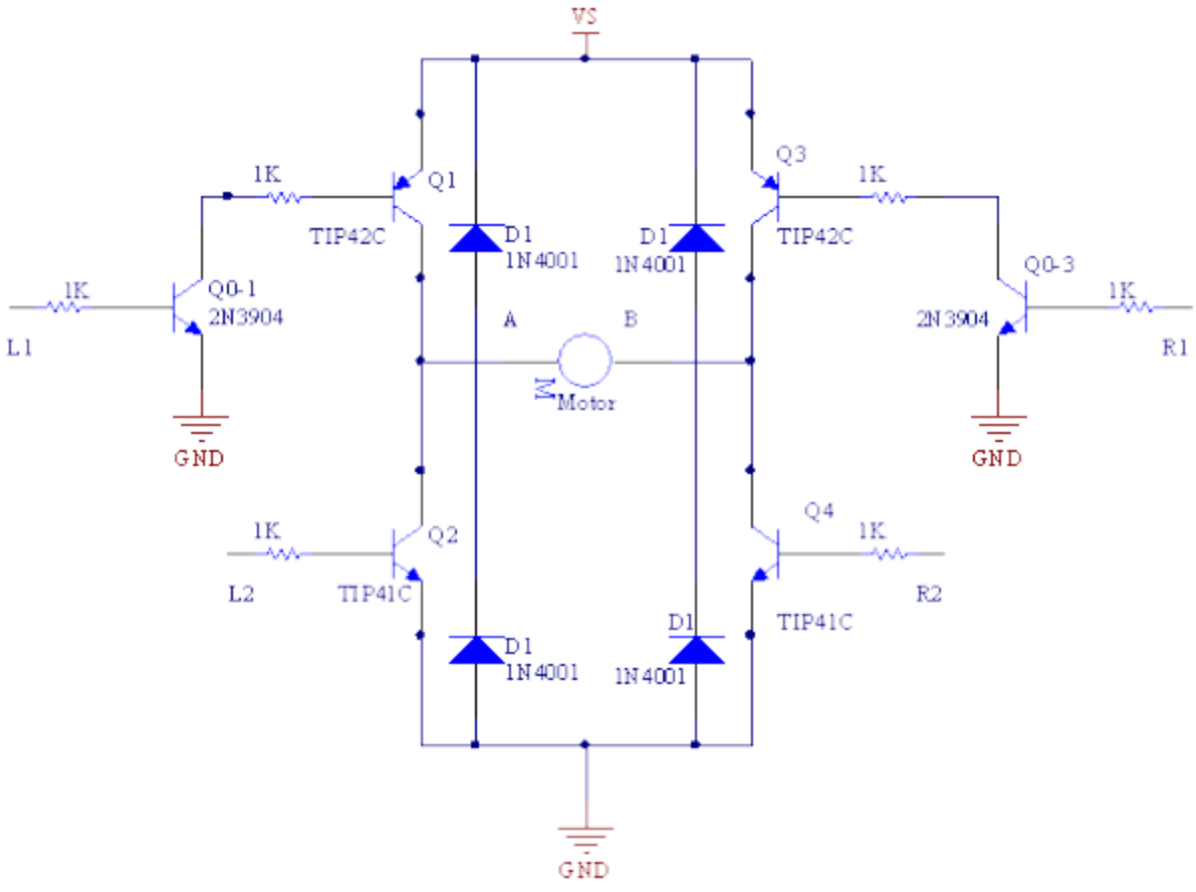


Bằng cách đóng cắt 4 công tắc này thì ta có thể điều khiển dòng điện qua động cơ.



- Khi ta đóng công tắc 1 và 3 thì dòng điện đi từ dương nguồn → công tắc 1 → động cơ → công tắc 3 → đất.
- Khi ta đóng công tắc 2 và 4 thì dòng điện đi từ dương nguồn → công tắc 2 → động cơ → công tắc 4 → đất.

Thành phần chính của mạch cầu H chính là các "khóa", việc chọn linh kiện để làm các khóa này phụ thuộc vào mục đích sử dụng mạch cầu, loại đối tượng cần điều khiển, công suất tiêu thụ của đối tượng và cả hiểu biết, điều kiện của người thiết kế. Nhìn chung, các khóa của mạch cầu H thường được chế tạo bằng Relay, BJT hay MOSFET. Trong phần này chúng ta sẽ tìm hiểu thiết kế cầu H bằng transistor BJT. Dưới đây là sơ đồ mạch cầu H sử dụng transistor BJT điển hình.



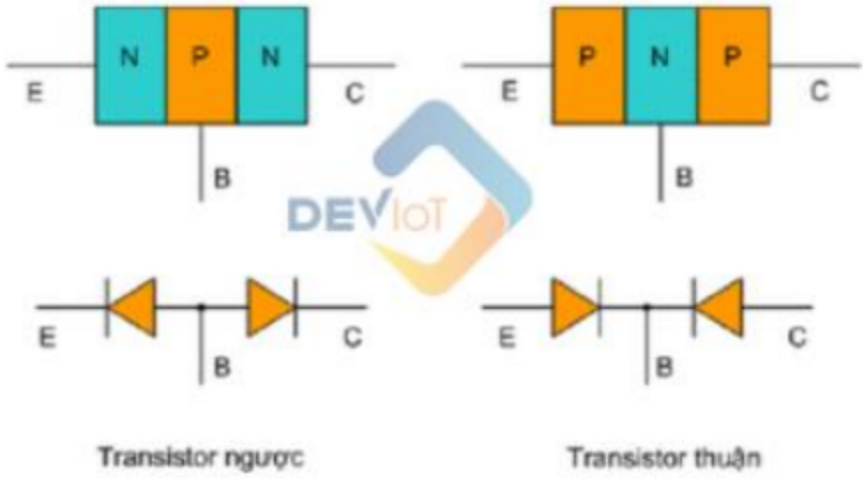
Chúng ta chọn 2 loại BJT có công suất trung bình TIP41C và TIP42C để làm mạch cầu. Điện áp cao nhất mà hai loại BJT này chịu được là 100V và dòng tối đa là 6A (chỉ là danh nghĩa, thực tế có thể thấp hơn). BJT NPN TIP41C có thể kích trực tiếp, riêng BJT PNP TIP42C cần dùng thêm một BJT loại NPN 2N3904 làm "mạch kích".

- Khi điện áp ngõ L1 ở mức thấp, BJT Q0-1 không hoạt động, không tồn tại dòng I_C của BJT này => không có dòng I_B của BJT Q1 => Q1 không hoạt động và tương đương một khóa Q1 mở.
- Khi L1 được kéo lên mức cao, 5V, có dòng I_B của transistor Q0-1 => dòng I_C của Q0-1 xuất hiện và cũng là dòng I_B của BJT Q1. Q1 vì thế cũng bão hòa và tương đương một khóa đóng.
- Như vậy, chúng ta có thể dùng các mức điện áp chuẩn 0V và 5V để kích các BJT dùng trong mạch cầu H cho dù điện áp nguồn có thể lên vài chục hay trăm Volt. Các đường L1, L2, R1 và R2 sẽ được vi điều khiển điều khiển. Do BJT có thể được kích ở tốc độ rất cao nên ngoài chức năng đảo chiều, mạch cầu H dùng BJT có thể dùng để điều khiển tốc động động cơ bằng xung PWM. Nhược điểm lớn nhất của mạch cầu H dùng BJT là công suất của BJT thường nhỏ, vì vậy với motor công suất lớn

thì BJT ít được sử dụng. Mạch điện kích cho BJT cần tính toán rất kỹ để đưa BJT vào trạng thái bão hòa, nếu không sẽ hỏng BJT. Mặt khác, điện trở CE của BJT khi bão hòa cũng tương đối lớn, BJT vì vậy có thể bị nóng…

7.6 Đo kiểm transistor lưỡng cực BJT

Bản chất của transistor là ghép nối của các Diode cho nên ta kiểm tra transistor thì cách làm cũng tương tự như kiểm tra Diode.

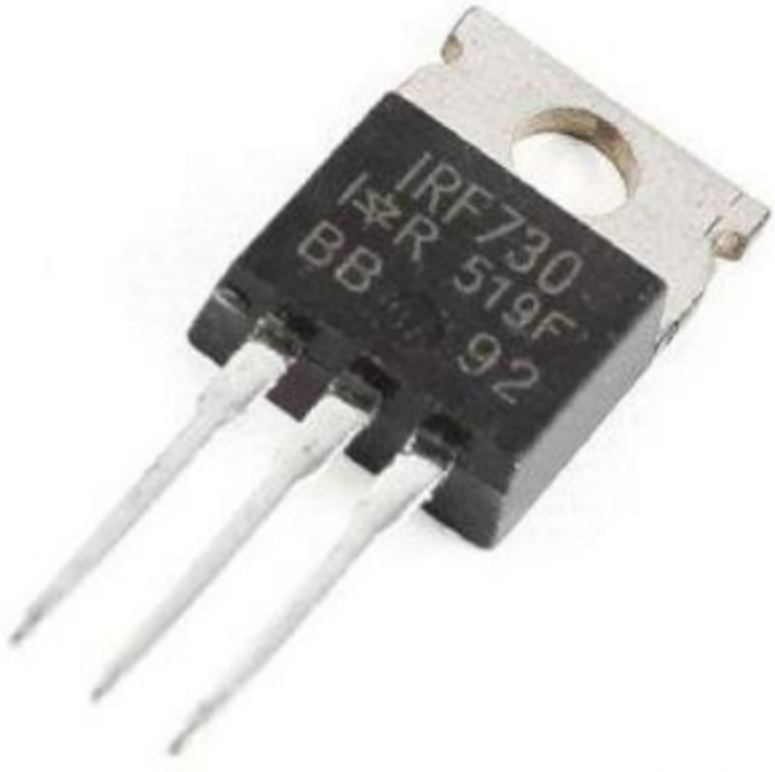


- Kiểm tra Transistor ngược NPN tương tự kiểm tra hai Diode đấu chung cực Anot, điểm chung là cực B, nếu đo từ B sang C và B sang E (que đỏ vào B) thì tương đương như đo hai diode thuận chiều => màn hình hiển thị trên đồng hồ giá trị điện áp nằm trong khoảng từ 0,6 đến 0,7 (Diode silic) thì Diode tốt. Đối với Diode gecmani, giá trị này nằm trong khoảng từ 0,25 đến 0,3.
- Kiểm traTransistor thuận PNP tương tự kiểm tra hai Diode đấu chung cực Katot, điểm chung là cực B của Transistor, nếu đo từ B sang C và B sang E (que đen vào B) thì tương đương như đo hai diode thuận chiều => màn hình hiển thị trên đồng hồ giá trị điện áp nằm trong khoảng từ 0,6 đến 0,7 (Diode silic) thì Diode tốt. Đối với Diode gecmani, giá trị này nằm trong khoảng từ 0,25 đến 0,3.

CHƯƠNG 8 TRANSISTOR HIỆU ỨNG TRƯỜNG FET

8.1 Khái niệm về transistor hiệu ứng trường FET

Transistor hiệu ứng trường hay gọi là transistor trường, viết tắt là FET (Field-effect transistor) là nhóm các linh kiện bán dẫn loại transistor có sử dung điện trường để tác động đến độ dẫn điện của vật liệu bán dẫn. FET là transistor đơn cực nên chúng liên quan đến hoạt động của phần tử tải điện đơn.



So sánh điểm giống và khác nhau của FET với BJT

Giống nhau:

- Đều được sử dụng để làm bộ khuếch đại.
- Đều được sử dụng làm thiết bị đóng ngắt bán dẫn.
- Đều có thể thích ứng với những mạch trở kháng.

Khác nhau:

- BJT phân cực bằng dòng điện, FET phân cực bằng điện áp.
- BJT có hệ số khuếch đại cao, FET có trở kháng vào lớn.
- FET ít nhạy cảm với nhiệt độ, nên thường được sử dụng trong các IC tích hợp.
- Trạng thái ngắt của FET tốt hơn so với BJT.

Ưu nhược điểm của FET so với BJT

Ưu điểm:

- Dòng điện qua transistor chỉ do một loại hạt dẫn đa số tạo nên. Do vậy FET là loại cấu kiện đơn cực (unipolar device).
- FET có trở kháng vào rất cao.
- Tiếng ồn trong FET ít hơn nhiều so với transistor lưỡng cực.
- Nó không bù điện áp tại dòng $I_D = 0$ và do đó nó là cái ngắt điện tốt.
- Có độ ổn định về nhiệt cao.
- Tần số làm việc cao.

Nhược điểm:

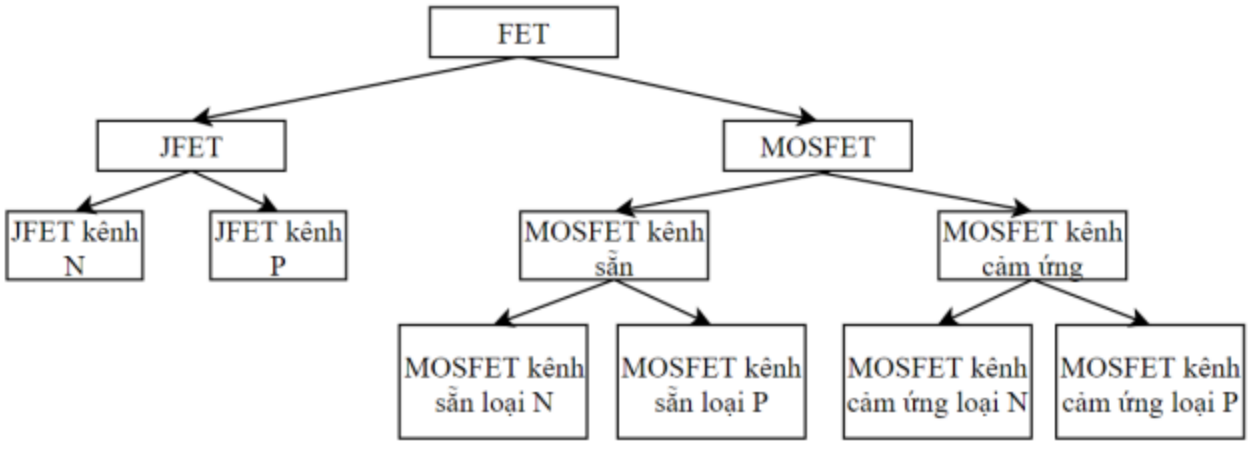
- Hệ số khuếch đại của FET thấp hơn nhiều so với BJT

8.2 Phân loại transistor hiệu ứng trường FET

Có hai loại transistor trường FET:

- **JPET (Junction field-effect transistor):** Transistor trường điều khiển bằng tiếp xúc P-N hay còn gọi là transistor trường mối nối.
- **IGFET (Insulated-gate field effect transistor):** Transistor có cực cửa cách điện. Thông thường lớp cách điện này là lớp oxit nên còn gọi là metal-oxide-semicoductor transistor (viết tắt là **MOSFET**).Trong loại transistor trường có cực cửa cách điện được chia làm 2 loại là MOSFET kênh sẵn (**DE-MOSFET**) và MOSFET kênh cảm ứng (**E-MOSFET**).

  Mỗi loại FET lại được phân chia thành loại kênh N và loại kênh P.



8.3 Cấu tạo là nguyên lý hoạt động của transistor FET

8.3.1 Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của JFET

❖ **Cấu tạo của JFET**

JFET được cấu tạo bởi một miếng bán dẫn mỏng (loại P hoặc N) 2 đầu tương ứng là cực D và cực S gọi là kênh dẫn điện. Hai miếng bán dẫn nhỏ ở 2 bên kênh dẫn điện được nối với cực G. Cực G được phân cách với kênh bán dẫn cực D và S thông qua một vùng tiếp xúc (vùng nghèo hạt mang điện).

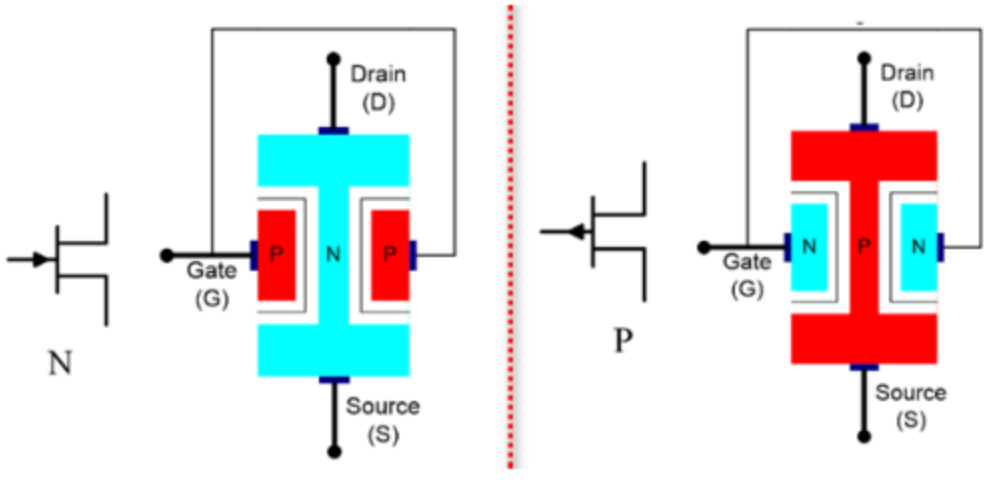
Đa phần các JFET có cấu tạo đối xứng nên có thể đổi chỗ cực D và S mà tính chất không thay đổi.

Có 2 loại JFET: kênh N và kênh P.

JFET kênh N thường thông dụng hơn.

JFET có 3 cực: cực nguồn S (source); cực cổng G (gate); cực máng D (drain).

- Cực D và cực S được kết nối vào kênh N.
- Cực G được kết nối vào vật liệu bán dẫn P.



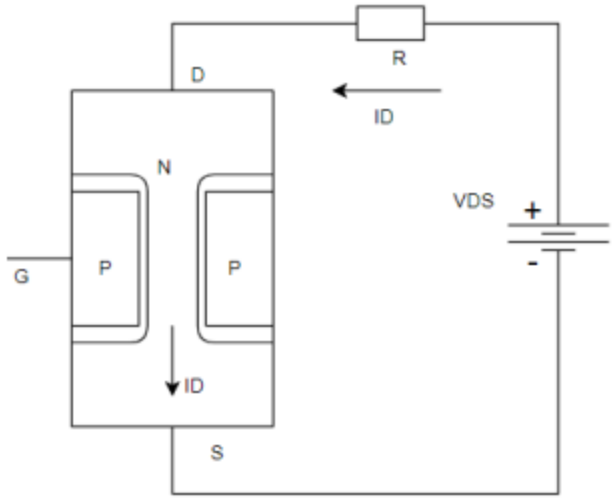
JFET kênh N *JFET kênh P*

❖ **Nguyên lý hoạt động của JFET**

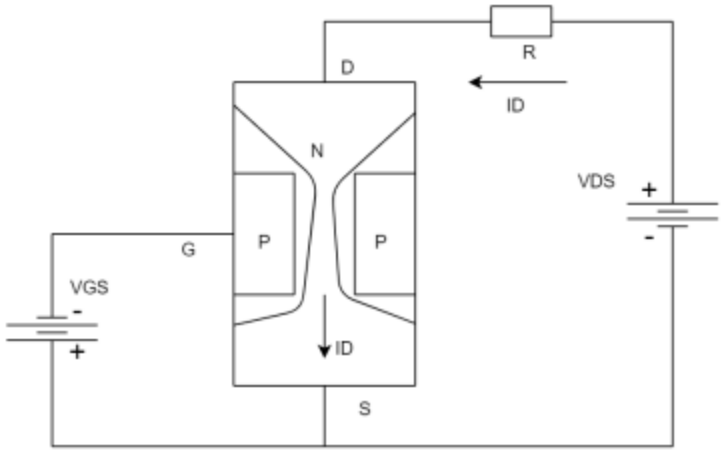
Về cơ bản nguyên lý hoạt động của 2 loại JFET tương đối giống nhau, chỉ khác nhau về chiều dòng điện.

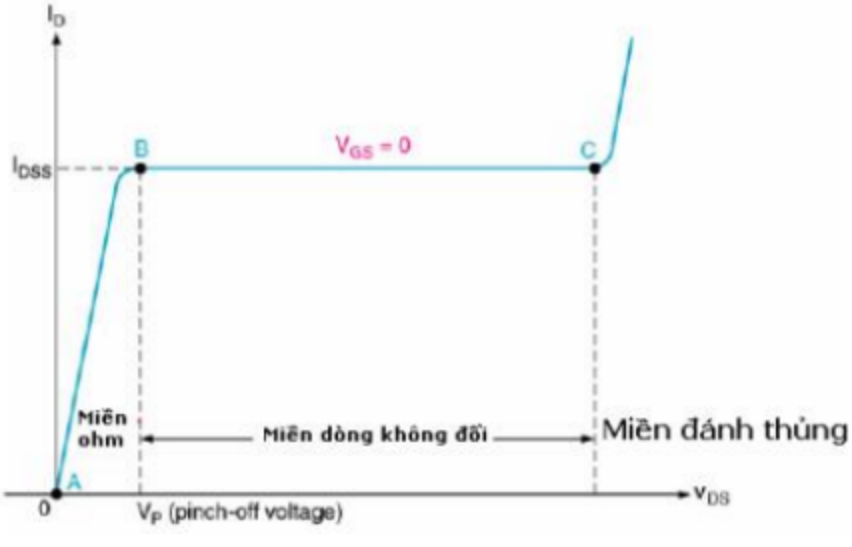
- Xét JFET kênh N

Giữa D và S đặt một điện áp V_{DD} và hình thành dòng điện I_D. V_{DD} tăng => I_D tăng đến khi đạt giá trị bão hòa là I_{DSS} (saturation) và điện áp tương ứng gọi là điện áp thắt kênh V_{PO} (pinch off), tăng $V_{DD} > V_{PO}$ thì I_D vẫn không tăng như trong đoạn AB.

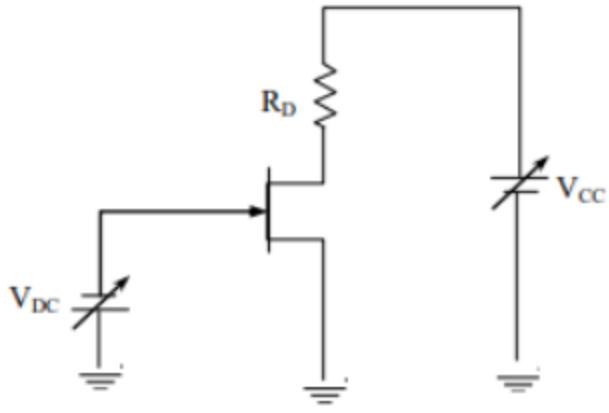


Giữa G và S đặt một điện áp V_{GS} phân cực ngược cho lớp tiếp giáp P-N. Nếu phân cực ngược mối nối P – N làm cho vùng tiếp xúc (vùng nghèo hạt mang điện) thay đổi diện tích. Điện áp phân cực ngược càng lớn thì vùng tiếp xúc (vùng nghèo hạt mang điện) càng nở rộng ra, làm cho tiết diện của kênh dẫn DS bị thu hẹp lại, điện trở kênh tăng lên nên dòng điện qua kênh I_D giảm xuống và ngược lại. V_{GS} tăng đến giá trị V_{PO} thì I_D giảm về 0.





❖ **Đường đặc tuyến của JFET kênh N**



Khảo sát sự thay đổi dòng I_D theo hiệu điện thế V_{DS} và V_{GS}, từ đó người ta đưa ra hai dạng đặc tuyến của JFET.

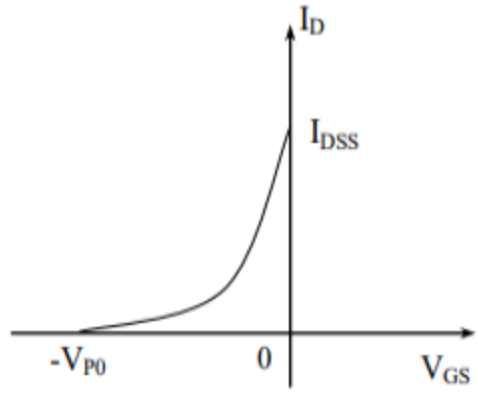
V_{DS} là hiệu điện thế giữa cực D và cực S.

V_{GS} là hiệu điện thế giữa cực G và cực S.

- ***Đặc tuyến truyền đạt I_D ứng với V_{DS} = const***

Giữ V_{DS} không đổi, thay đổi V_{GS} bằng cách thay đổi tăng giảm nguồn V_{DC}, khảo sát sự biến thiên của dòng I_D theo V_{GS}. Ta có

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



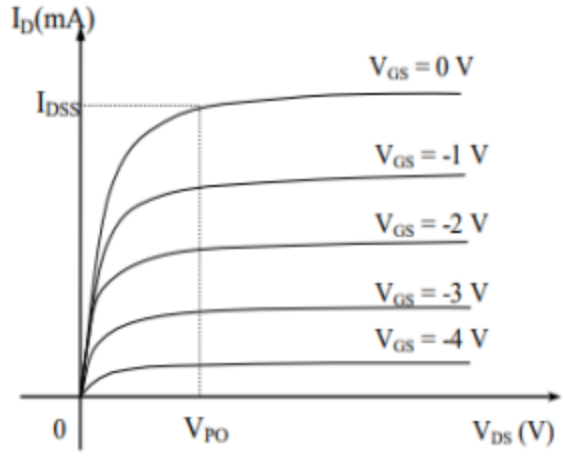
- ✓ Khi V_{GS} = 0 thì dòng điện I_D lớn nhất và đạt giá trị bão hòa, ký hiệu là I_{DSS}.
- ✓ Khi V_{GS} < 0 thì dòng điện I_D giảm, V_{GS} càng âm thì dòng I_D càng giảm.
- ✓ Khi $V_{GS} = V_{PO}$ thì dòng I_D = 0. V_{PO} lúc này được gọi là điện thế thắt kênh.

- ***Đặc tuyến truyền đạt I_D ứng với V_{GS} = const***

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

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

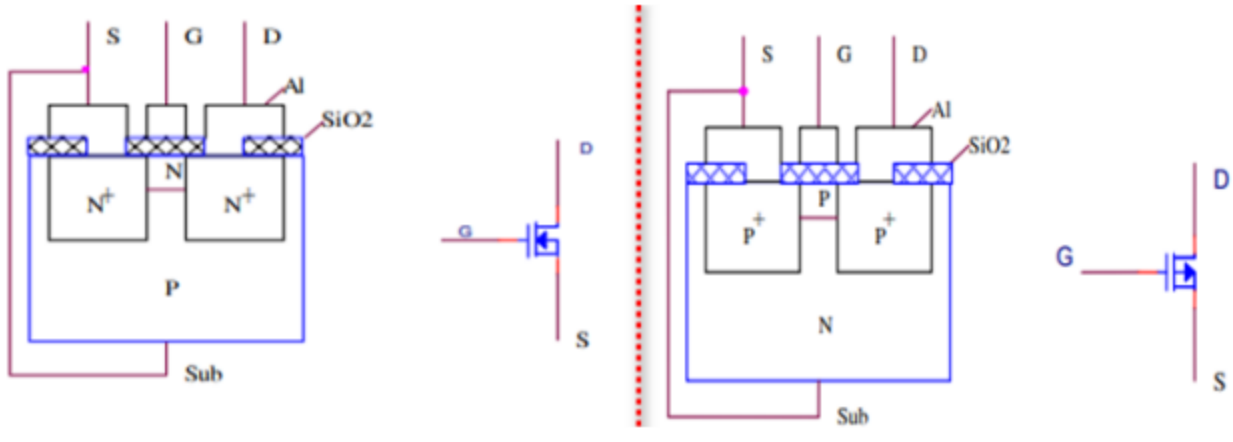
✓ Chỉnh nguồn V_{DC} để có V_{GS} = -1V. Không thay đổi nguồn V_{DC}, ta có V_{GS} = - 1V = const. Thay đổi nguồn $V_{CC} \rightarrow V_{DS}$ thay đổi → I_D thay đổi. Đo dòng I_D và V_{DS}. Ta thấy lúc đầu I_D tăng nhanh theo V_{DS}, sau đó I_D đạt giá trị bão hòa, I_D không tăng mặc dù V_{DS} vẫn tăng.



8.3.2 *Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của MOSFET*

MOSFET hay còn được gọi IGFET (Insulated Gate FET) là FET có cực cổng cách ly. MOSFET chia làm hai loại: MOSFET kênh sẵn và MOSFET kênh cảm ứng. Mỗi loại có phân biệt theo chất bán dẫn: kênh N hoặc kênh P.

a) MOSFET kênh sẵn



MOSFET kênh sẵn loại N *MOSFET kênh sẵn loại P*

- Gate (G): cực cửa (cực cổng)
- Drain (D): cực thoát (cực máng)
- Source (S): cực nguồn
- Substrate (Sub): đế (nền)

❖ **Cấu tạo của MOSFET kênh sẵn loại N**

Trên nền chất bán dẫn loại P, người ta pha hai vùng bán dẫn loại N với nồng độ cao (N+) được nối liền với nhau bằng một vùng bán dẫn loại N pha nồng độ thấp (N). Gọi là kênh dẫn có sẵn. Trên đó phủ một lớp mỏng SiO2 là chất cách điện.

Hai vùng bán dẫn N+ tiếp xúc kim loại (Al) đưa ra cực máng (D) và cực nguồn (S).

Cực G có tiếp xúc kim loại bên ngoài lớp oxit nhưng vẫn cách điện với kênh N có nghĩa là tổng trở vào cực là lớn.

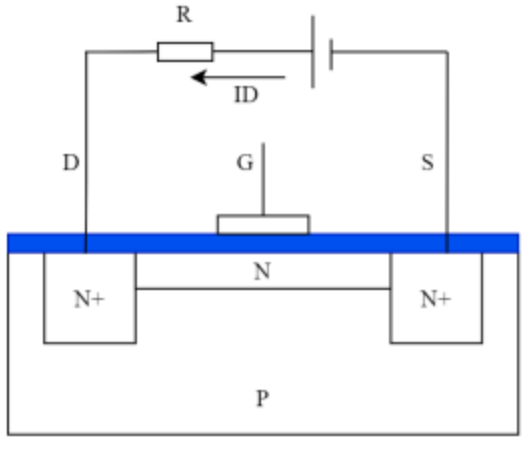
Để phân biệt kênh (thông lộ) N hay P nhà sản xuất cho thêm chân thứ tư gọi là chân Sub, chân này hợp với thông lộ tạo thành mối nối P-N. Thực tế, chân Sub của MOSFET được nhà sản xuất nối với cực S ở bên trong MOSFET.

❖ ***Nguyên lý hoạt động của MOSFET kênh sẵn loại N***

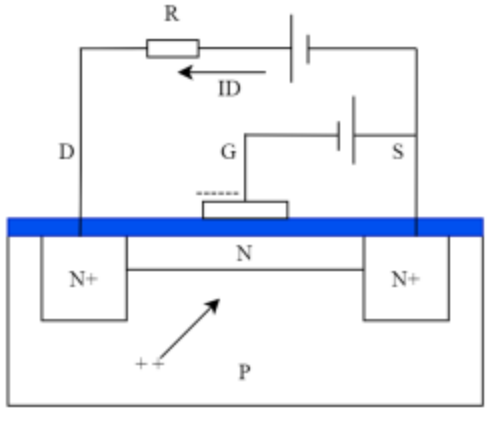
✓ V_{DS} là hiệu điện thế giữa cực D và cực S.

✓ V_{GS} là hiệu điện thế giữa cực G và cực S.

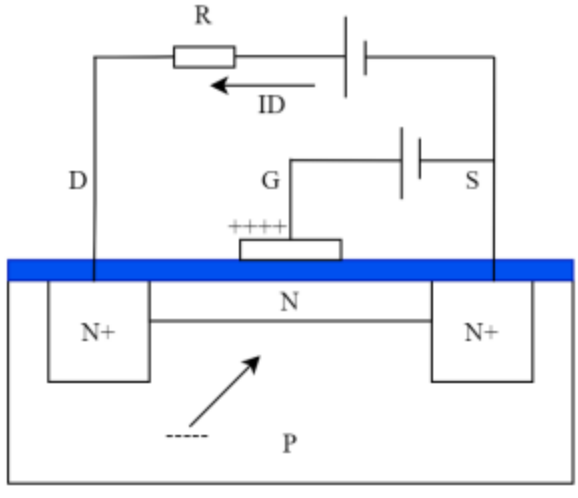
Khi V_{GS} = 0: electron di chuyển tạo thành dòng điện I_D chạy trong kênh dẫn có sẵn. Khi điện thế V_{DS} tăng => I_D tăng tới một giá trị bão hòa gọi là I_{DSS}. Điện thế V_{DS} ở trị số I_{DSS} được gọi là điện thế nghẽn kênh V_{PO} giống như ở JFET.



Khi V_{GS} < 0: cực G có điện thế âm nên sẽ hút các điện tích dương trong nền chất bán dẫn P về phía kênh dẫn=> kênh dẫn N bị thu hẹp và dòng I_D sẽ giảm xuống do điện trở kênh dẫn điện tăng. Khi V_{GS} càng âm => dòng I_D càng nhỏ, và đến một trị số giới hạn dòng điện I_D gần như bằng 0. Điện thế này ở cực G gọi là điện thế nghẽn V_{PO}.



Khi $V_{GS} > 0$: cực G có điện thế dương sẽ hút các điện tích âm trong nền chất bán dẫn P về phía kênh dẫn, mà kênh N có chứa sẵn nhiều điện tích âm => làm mật độ điện tích âm trong kênh tăng dẫn đến dòng I_D tăng, MOSFET hoạt động ở chế độ làm giàu. Trường hợp này I_D tăng cao hơn trị số bão hoà I_{DSS}. Khi dùng ở chế độ này cần chú ý đến giới hạn chịu dòng của MOSFET.

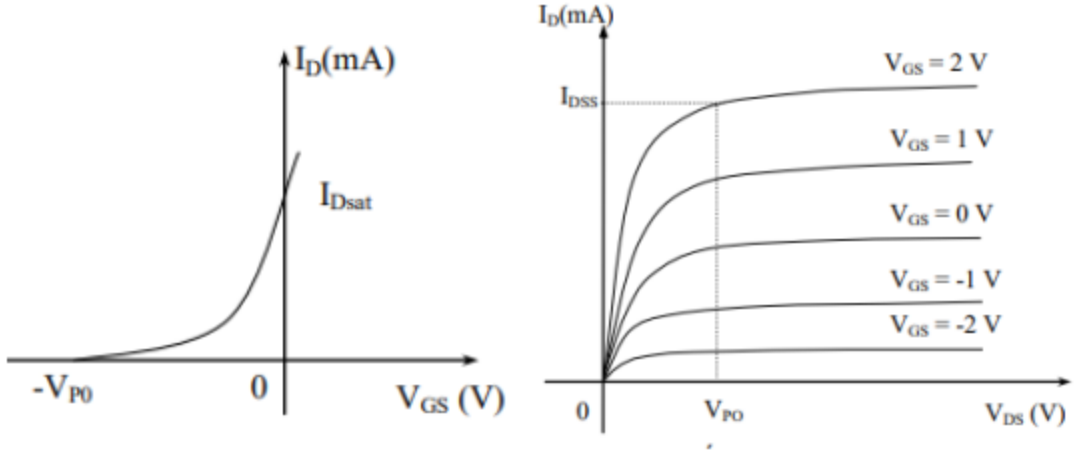


❖ **Đặc tuyến của MOSFET kênh sẵn loại N**

Tương tự JFET, ta khảo sát hai dạng đặc tuyến của MOSFET kênh sẵn.

- Đặc tuyến truyền dẫn I_D (V_{GS}) ứng với V_{DS} = const.
- Đặc tuyến ngõ ra I_D (V_{DS}) ứng với V_{GS} = const.

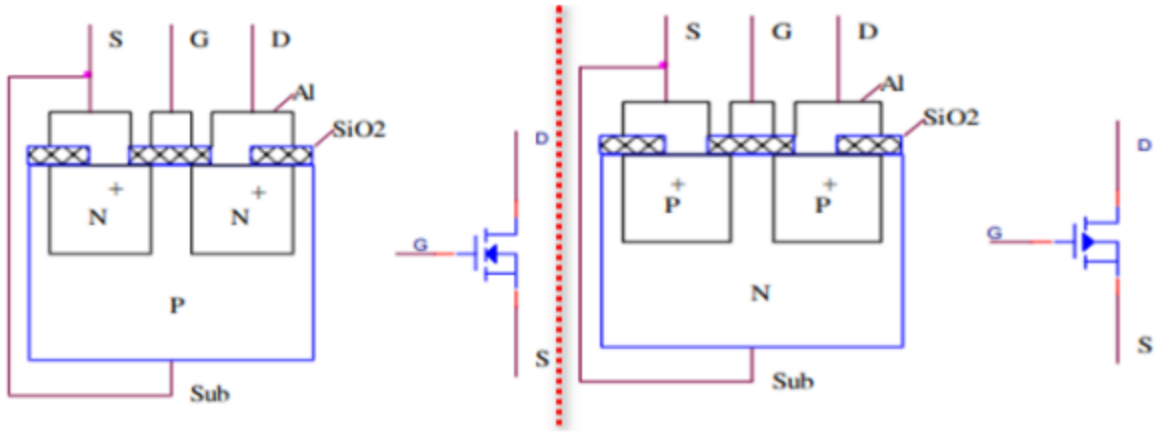
Cách khảo sát tương tự như khảo sát JFET nhưng đến khi cần $V_{GS} > 0$, ta đổi cực của nguồn V_{GS} nhưng lưu ý chỉ cần nguồn dương nhỏ thì I_D đã tăng cao.



MOSFET kênh sẵn loại N thường sử dụng ở trường hợp $V_{GS} < 0$.

MOSFET kênh sẵn loại P thường sử dụng ở trường hợp $V_{GS} > 0$.

b) MOSFET kênh cảm ứng



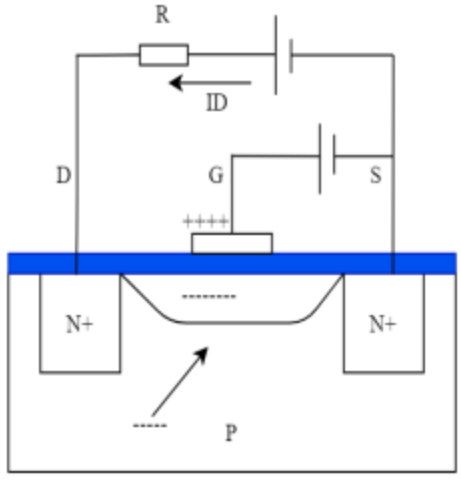
MOSFET kênh cảm ứng loại N *MOSFET kênh cảm ứng loại P*

- Cực cổng: Gate (G)
- Cực thoát: Drain (D)
- Cực nguồn: Source (S)
- Nền (đế): Substrate (Sub)

❖ **Cấu tạo MOSFET kênh cảm ứng loại N**

Cấu tạo MOSFET kênh cảm ứng loại N có hai vùng bán dẫn loại N pha nồng độ cao (N+) và **không được** nối liền với nhau bằng một vùng bán dẫn loại N pha nồng độ thấp (N) nên còn gọi là MOSFET kênh cảm ứng. Mặt trên kênh dẫn điện cũng được phủ một lớp oxit cách điện SiO2. Hai dây dẫn xuyên qua lớp cách điện nối vào vùng bán dẫn N+ gọi là cực S và D. Cực G được lấy ra từ kim loại tiếp xúc bên ngoài lớp oxit SiO2 nhưng cách điện với bên trong. Cực Sub được nối với cực S ở bên trong MOSFET.

❖ **Nguyên lý hoạt động của MOSFET kênh cảm ứng loại N**



MOSFET kênh cảm ứng loại N làm việc ở chế độ giàu. Ta đặt vào:

✓ V_{DS} là hiệu điện thế giữa cực D và cực S.

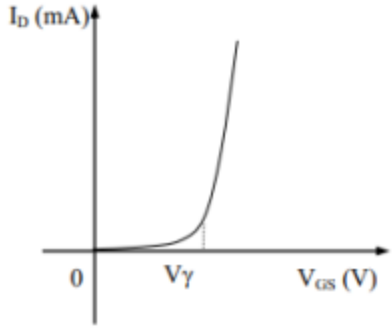
✓ V_{GS} là hiệu điện thế giữa cực G và cực S.

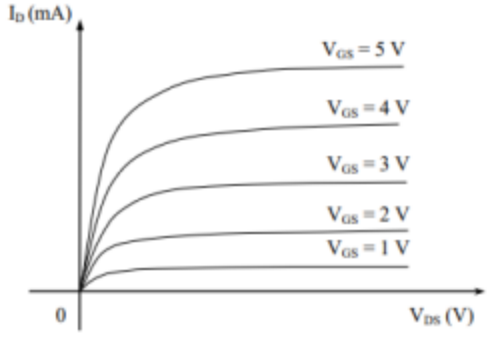
Khi chưa đặt V_{GS} thì hai cực D và S bị cách li nên không có dòng I_D.

Khi đó ở cực G có điện thế dương sẽ hút các electron trong kênh dẫn P làm mật độ điện tích âm tập trung xung quanh cực D và S tăng lên => sẽ có dòng I_D.

Tương tự JFET và MOSFET kênh sẵn ta khảo sát hai dạng đặc tuyến của MOSFET kênh cảm ứng, nhưng khác với hai trường hợp trên là cần $V_{GS} > 0$ vì MOSFET kênh cảm ứng chỉ làm việc ở chế độ làm giàu mà không có chế độ nghèo.

- Đặc tuyến truyền dẫn I_D (V_{GS}) ứng với V_{DS} = const.
- Đặc tuyến ngõ ra I_D (V_{DS}) ứng với V_{GS} = const.





Sau cùng, chúng ta có thể tóm tắt các đặc điểm chuyển mạch của hai loại MOSFET kênh sẵn và MOSFET kênh cảm ứng như trong bảng sau:

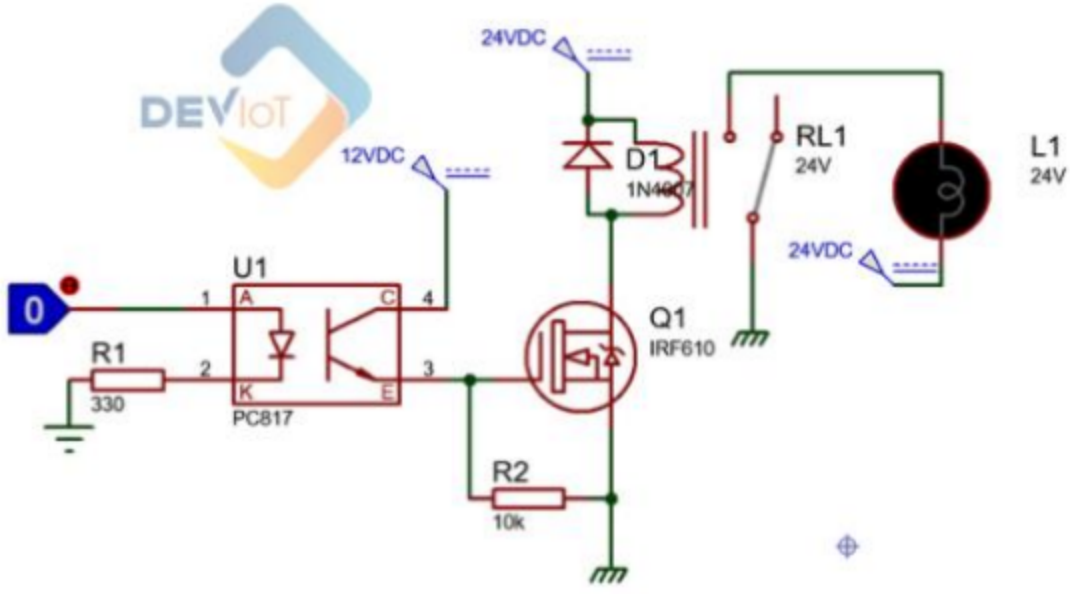
MOSFET	$V_{GS} < 0$	$V_{GS} = 0$	$V_{GS} > 0$
MOSFET kênh sẵn loại N	OFF	ON	ON
MOSFET kênh sẵn loại P	ON	ON	OFF
MOSFET kênh cảm ứng loại N	OFF	OFF	ON
MOSFET kênh cảm ứng loại P	ON	OFF	OFF

8.3.3 Các thông số cần lưu ý khi chọn MOSFET

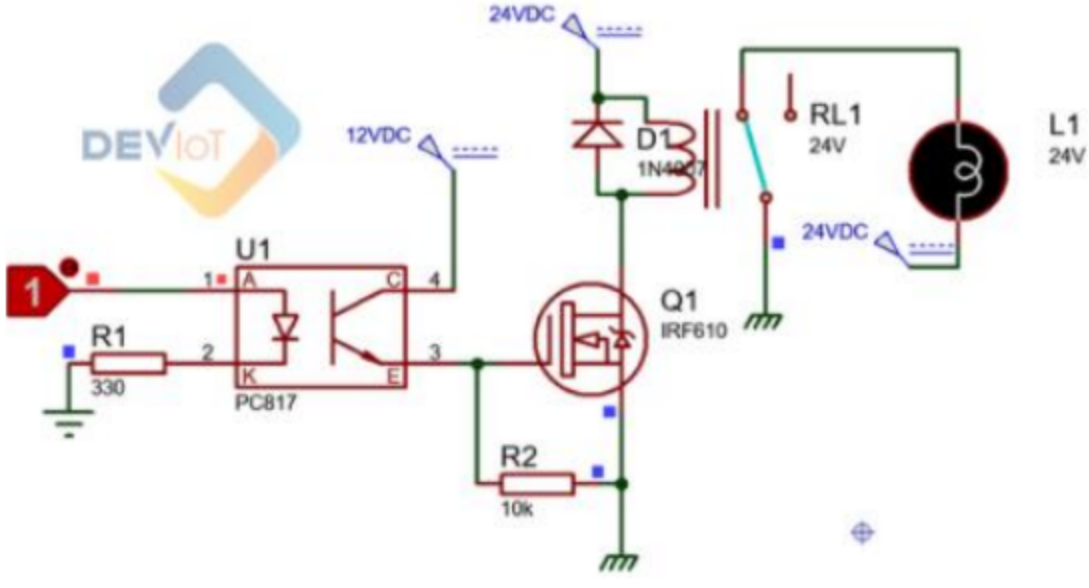
- V_{GS} max: là điện áp lớn nhất để đóng và mở MOSFET
- V_{DS} max là điện áp lớn nhất đặt vào hai chân D và S.
- I_D max là cường độ dòng điện lớn nhất mà MOSFET chịu được.

8.4 Một số ứng dụng của transisor trường FET

8.4.1 Điều khiển on/off relay bằng MOSFET loại N



Khi ta cấp điện áp 0V (mức logic thấp) vào Octo quang => Đèn bên trong của Octo quang không dẫn => Octo quang không dẫn => giá trị điện điện áp V_{GS} không đủ để transistor MOSFET kênh N dẫn => Đèn không sáng. (Nội dung về Octo quang sẽ có trong quyển 2 của sách này).

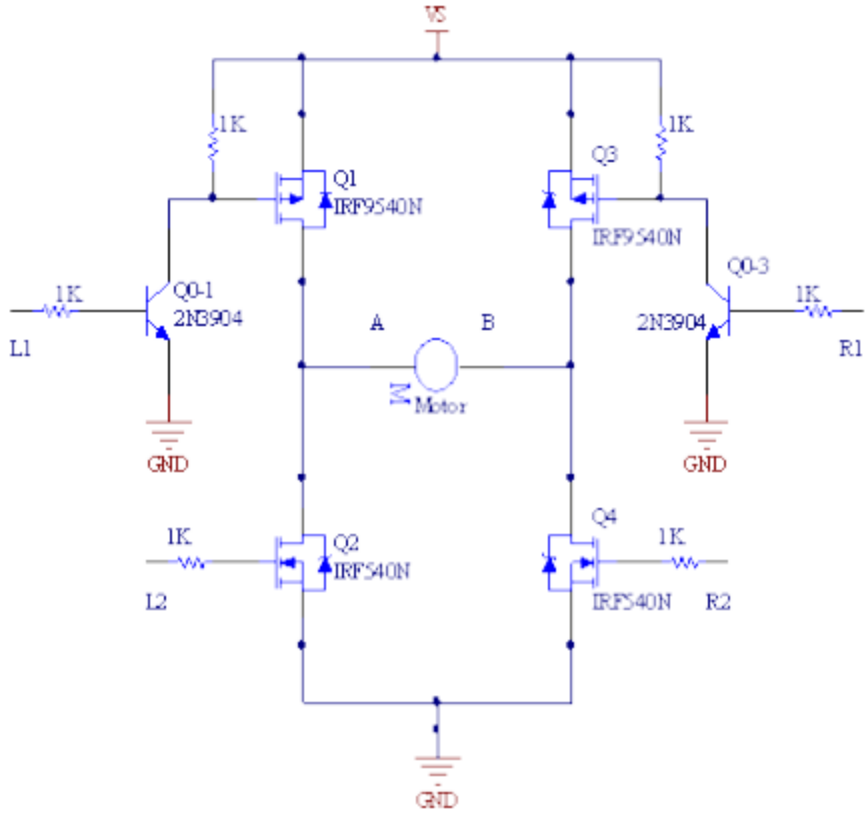


Khi ta cấp điện áp 5V (mức logic cao) vào Octo quang => Đèn bên trong Octo quang sáng => Octo quang dẫn =>giá trị điện điện áp V_{GS} có điện thế dương là 12Vdc nên transistor MOSFET kênh N dẫn => Relay chuyển trạng thái từ tiếp điểm thường đóng sang thường hở => Đèn sáng.

Tương tự, nếu bạn muốn điều khiển on/off relay bằng MOSFET kênh P, chỉ khác là ta cấp ngược nguồn vào hai cực G và S.

8.4.2 Mạch cầu H dùng MOSFET

MOSFET thường được dùng thay các BJT trong các mạch cầu H vì dòng mà linh kiện bán dẫn này có thể dẫn rất cao, thích hợp cho các mạch công suất lớn. Do cách thức hoạt động, có thể hình dung MOSFET kênh N tương đương một BJT loại NPN và MOSFET kênh P tương đương BJT loại PNP. Thông thường các nhà sản xuất MOSFET thường tạo ra 1 cặp MOSFET gồm 1 linh kiện kênh N và 1 linh kiện kênh P, 2 MOSFET này có thông số tương đồng nhau và thường được dùng cùng nhau. Một ví dụ dùng 2 MOSFET tương đồng là các mạch số CMOS (Complemetary MOS). Cũng giống như BJT, khi dùng MOSFET cho mạch cầu H, mỗi loại MOSFET chỉ thích hợp với 1 vị trí nhất định, MOSFET kênh N được dùng cho các khóa phía dưới và MOSFET kênh P dùng cho các khóa phía trên.



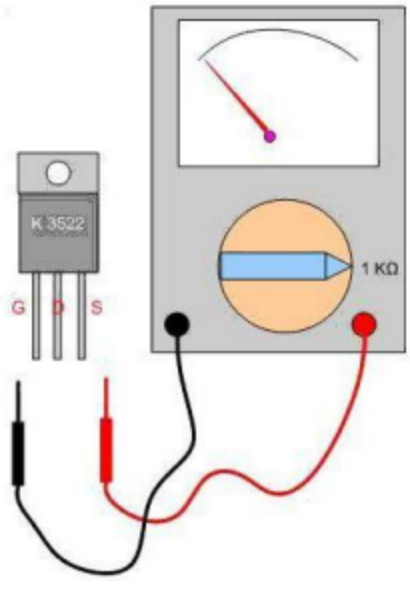
Chúng ta dùng 2 MOSFET kênh N IRF540 và 2 kênh P IRF9540 làm các khóa cho mạch cầu H. Các MOSFET loại này chịu dòng khá cao (có thể đến 30A) và điện áp cao nhưng có nhược điểm là điện trở dẫn tương đối cao. Phần kích cho các MOSFET kênh N bên dưới thì không quá khó, chỉ cần dùng vi điều khiển kích trực tiếp vào các đường L2 hay R2. Riêng các khóa trên (IRF9540, kênh P) chúng ta phải dùng thêm BJT 2N3904 để làm

mạch kích. Khi chưa kích BJT 2N3904, chân G của MOSFET được nối lên VS bằng điện trở 1K, điện áp chân G vì thế gần bằng VS cũng là điện áp chân S của IRF9540 nên MOSFET này không dẫn. Khi kích các line L1 hoặc R1, các BJT 2N3904 dẫn làm điện áp chân G của IRF9540 sụt xuống gần bằng 0V (vì khóa 2N3904 đóng mạch). Khi đó, điện áp chân G nhỏ hơn nhiều so với điện áp chân S, MOSFET dẫn. Vi điều khiển có thể được dùng để kích các đường L1, L2, R1 và R2.

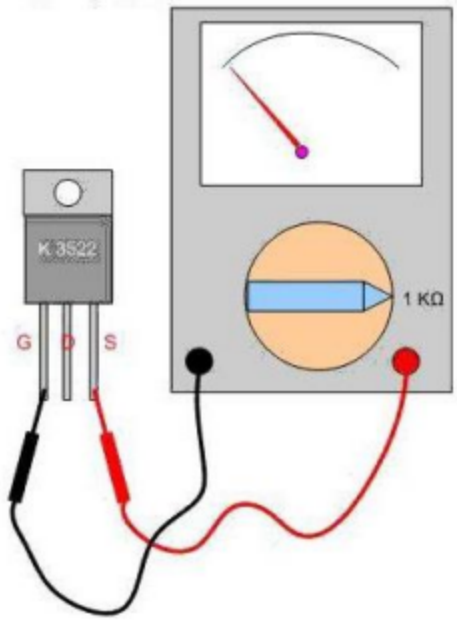
8.5 Đo kiểm transistor hiệu ứng trường FET

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.

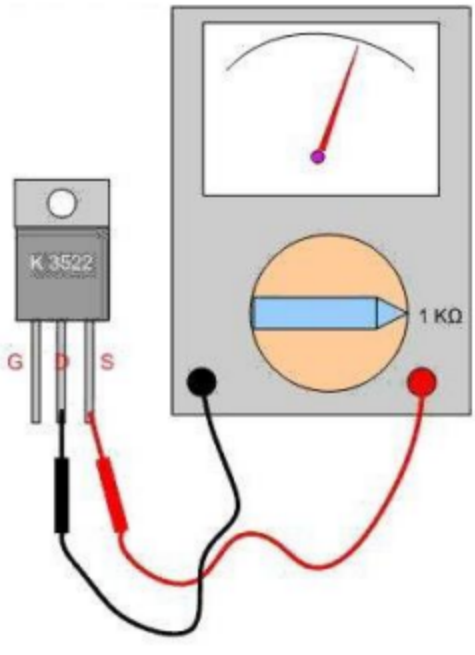
- Để thang đo ở thang 1kΩ



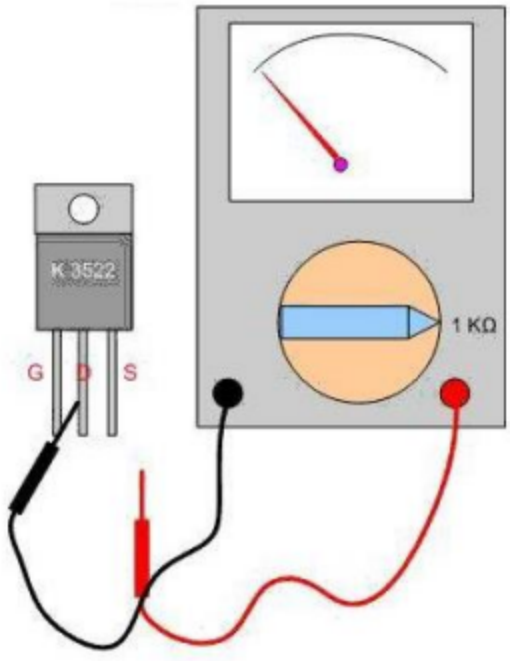
- Nạp cho G một điện tích (que đen vào G, que đỏ vào S hoặc D)



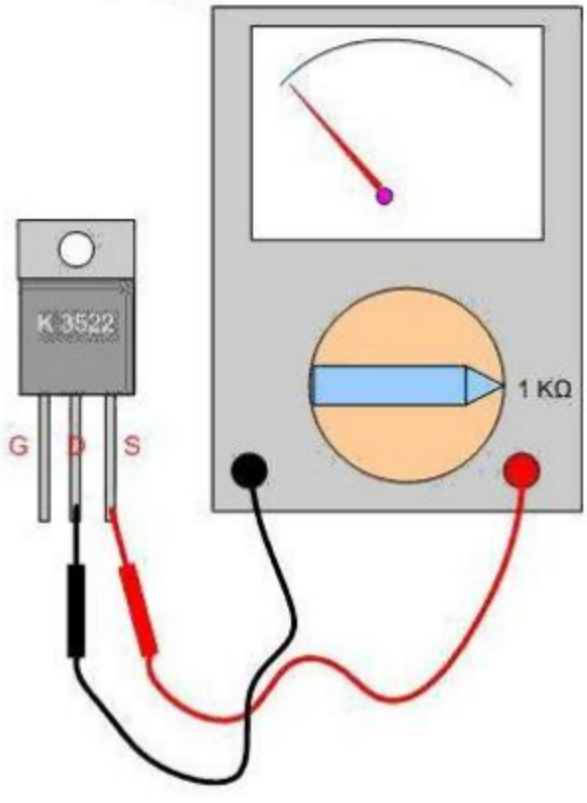
- Sau khi nạp cho G một điện tích ta đo giữa D và S (que đen vào D que đỏ vào S) => kim sẽ lên.



- Chập G vào D hoặc G vào S để thoát điện chân G.



- Sau khi đã thoát điện chân G đo lại D, S như bước 3 kim không lên.



⇨ Như vậy là MOSFET còn tốt.

DEVIoT

- ĐIỆN TỬ
- CƠ KHÍ
- LẬP TRÌNH NHÚNG
- XỬ LÝ ẢNH
- IOT

www.deviot.vn

www.facebook.com/groups/deviot.vn