BÀI GIẢNG LINH KIỆN ĐIỆN TỬ

CHƯƠNG 1: LINH KIỆN ĐIỆN TỬ THỤ ĐỘNG 3
1.1. Điện trở 3
1.2. Tụ điện 10
1.3. Cuộn cảm 17
CHƯƠNG 2: DIODE BÁN DẪN 20
2.1. Cấu trúc vùng năng lượng của chất rắn tinh thể 20
2.1.1. Giới thiệu 20
2.1.2. Cấu trúc vùng năng lượng của chất rắn tinh thể 20
2.2. Các loại bán dẫn của chất bán dẫn 21
2.2.1. Chất bán dẫn thuần 21
2.2.2. Chất bán dẫn tạp chất 22
2.3. Tiếp giáp P - N 23
2.3.1. Chuyển tiếp p – n ở trạng thái cân bằng 23
2.3.2. Chuyển tiếp p – n ở trạng thái không cân bằng 25
2.3.3. Đặc tuyến volt-ampe của tiếp giáp P-N 26
2.4. Diode bán dẫn 28
2.4.1. Cấu tạo và các tham số 28
2.4.2. Phân loại 30
2.4.3. Ứng dụng Diode 36
CHƯƠNG 3: TRANSISTOR LƯỠNG CỰC (BJT) 41
3.1. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA TRANSISTOR 41
3.1.1. Cấu tạo của Transistor 41
3.1.2. Nguyên lý làm việc 42
3.2.1. Mạch E chung 48
3.3.2. Mạch chung bazơ 50
3.3.3. Mạch chung colectơ (CC) 53
3.3. PHÂN CỰC CHO TRANZITO 54
3.3.1. Các khái niệm cơ bản 54

3.3.2. Mạch phân cực bằng dòng cố định 55
3.3.3. Mạch phân cực kiểu hồi tiếp dòng điện (ổn định cực Emitter) 56
3.3.4. Mạch phân cực kiểu hồi tiếp điện áp..... 56
3.3.5. Mạch phân cực kiểu phân áp 56
CHƯƠNG 4: TRANZITO TRƯỜNG (FET) 58
4.1. Tranzito trường có cực cửa tiếp giáp (JFET)..... 58
4.1.1. Cấu tạo và ký hiệu..... 58
4.1.2. Nguyên lý hoạt động 59
4.2. Tranzito trường có cực cửa cách li (MOSFET) 63
4.2.1. Cấu tạo và kí hiệu..... 63
4.2.2. Nguyên lý hoạt động 64
CHƯƠNG 5: LINH KIỆN BÁN DẪN KHÁC VÀ LINH KIỆN QUANG ĐIỆN TỬ ... 72
5.1. Linh kiện bán dẫn khác..... 72
5.1.1. UJT 72
5.1.2. SCR..... 75
5.1.3. Triac, Diac 78
5.2. Linh kiện quang bán dẫn..... 82
5.2.1. Diode phát quang (LED) 82
5.2.2. Linh kiện quang điện..... 82
5.2.3. Bộ ghép quang 89

CHƯƠNG 1: LINH KIỆN ĐIỆN TỬ THỤ ĐỘNG

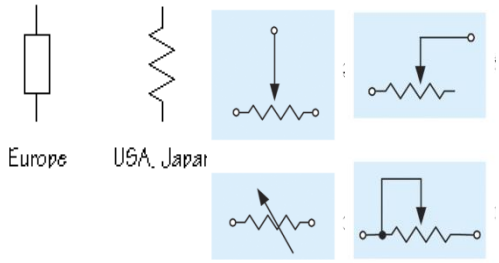
1.1. Điện trở

1.1.1. Khái niệm

Điện trở (ký hiệu là R) là đại lượng vật lý đặc trưng cho tính chất cản trở dòng điện của một vật thể dẫn điện.

Định nghĩa trên chính xác cho dòng điện một chiều. Đối với dòng xoay chiều, khái niệm cản trở dòng điện được mở rộng thành trở kháng (ký hiệu Z) thể hiện dưới dạng một đại lượng phức: Z = R+jX với X là điện kháng, trong đó điện trở là phần trở kháng thuần của trở kháng tổng cộng.

- Ký hiệu



Hình 1.1. Ký hiệu điện trở và biến trở trong sơ đồ mạch

- Đơn vị của điện trở trong hệ SI là Ohm – ký hiệu là Ω. Bội số của Ω thường là Kilo, Mega và Giga..

$1K\,\Omega = 10^3\,\Omega$ $1M\,\Omega = 10^6\,\Omega$ $1G\,\Omega = 10^9\,\Omega$

1.1.2. Phân loại điện trở

1.1.2.1. Phân loại theo cấu tạo

- Điện trở thông thường (không dây quấn)

- Điện trở dây quấn làm bằng dây côngtantan (điện trở thấp) hay niken (điện trở cao)

1.1.2.2. Phân loại theo cấp sai số

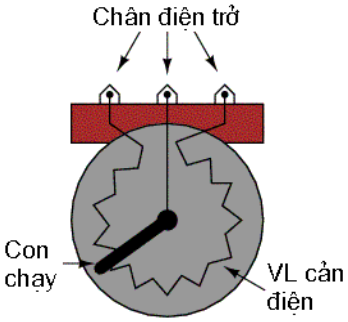
Các nhà sản xuất không sản xuất điện trở với mọi giá trị mà theo các giá trị chuẩn được EIA khuyến nghị, gọi là tiêu chuẩn E với các họ chính là:

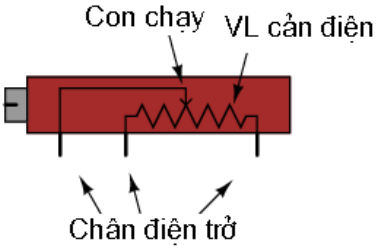
- E6 – sai số 20% 100, 150, 220, 330, 470, 680 (loại 3)
- E12 – sai số 10% 100, 120, 150, 180, 220, 270, 330, 390, 470, 560, 680, 820 (loại 2)
- E24 – sai số 5% 100, 110, 120, 130, 150, 160, 180, 200, 220, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 430, 470, 510, 560, 620, 680, 750, 820, 910 (loại 1)
- E48 – sai số 2%
- E96 – sai số 1%
- E128 – sai sô 0,25%; 0,5%; 0,1% và cao hơn nữa

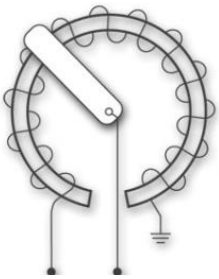
Để có giá trị mong muốn người ta mắc điện trở theo kiểu nối tiếp, song song hoặc kết hợp.

1.1.2.3. Một số dạng điện trở khác

- Nguyên tắc biến trở: sử dụng con chạy để thay đổi độ dài của lớp cản điện, từ đó thay đổi giá trị của điện trở giữa các chân







+ Biến trở thanh trượt: tương tự như loại núm xoay nhưng được chế tạo dưới dạng thanh và con chạy gắn với thanh trượt để điều chỉnh vị trí (cũng tỉ lệ tuyến tính).

+ Biến trở núm xoay: là loại biến trở mà con chạy được gắn với trục xoay ở giữa. Việc điều chỉnh được thực hiện nhanh chóng và dễ dàng nhưng độ chính xác không cao. Loại biến trở này thường có kết cấu kiểu dây quấn với kích thước khá lớn và giá trị điều chỉnh tỉ lệ kiểu tuyến tính. Khi phải sử dụng cả 3 chân để điều chỉnh điện áp trong mạch thì người ta gọi loại này là chiết áp (potentionmeter).

+ Biến trở vi chỉnh (trimer): là loại được làm chủ yếu từ carbon, kích thước nhỏ và phải sử dụng tôvit để xoay.

1.1.3. Cách đọc giá trị, kiểm tra điện trở

1.1.3.1. Biểu thị trị số điện trở bằng số và chữ

Thường ghi các chữ R, K ,M. Chữ R ứng với đơn vị Ω, chữ K ứng với đơn vị kΩ, chữ M ứng với đơn vị MΩ. Vị trí của chữ thể hiện chữ số thập phân, giá trị của số thể hiện giá trị điện trở

Ví dụ 1.1: Đọc giá trị các điện trở được ký hiệu như sau 1M8; 2K5; R36?

1M8 → R = 1.8 MΩ

2K5→ R = 2.5 kΩ

R36→ R = 0.36 Ω

- Trường hợp có 3 chữ số thì thường số thứ ba biểu thị số lũy thừa của 10

Ví dụ 1.2: Đọc giá trị điện trở 258R?

258R→ R = $25x10^8$ Ω

- Quy ước sai số

F = 1%; G = 2%; J = 5%; K = 10%; M = 20%

Ví dụ 1.3: 8K9J→ R = 8.9kΩ ± 5%

1.1.3.2. Biểu thị trị số điện trở bằng các vòng màu

- Trường hợp điện trở 3 vòng màu:

+ Vòng 1, 2: Vòng giá trị

+ Vòng 3: Biểu thị số lũy thừa của 10

+ Sai số 20%

- Trường hợp điện trở 4 vòng màu:

+ Vòng 1, 2: Vòng giá trị

+ Vòng 3: Biểu thị số lũy thừa của 10

+ Vòng 4: Vòng sai số

- Trường hợp điện trở 5 vòng màu:

+ Vòng 1, 2, 3: Vòng giá trị

+ Vòng 4: Biểu thị số lũy thừa của 10

+ Vòng 5: Vòng sai số

- Căn cứ xác định thứ tự vòng màu

+ Vòng thứ nhất gần đầu điện trở nhất

+ Tiết diện vòng cuối cùng lớn nhất

+ Vòng 1 không bao giờ là nhũ vàng, nhũ bạc, hay vòng màu đen

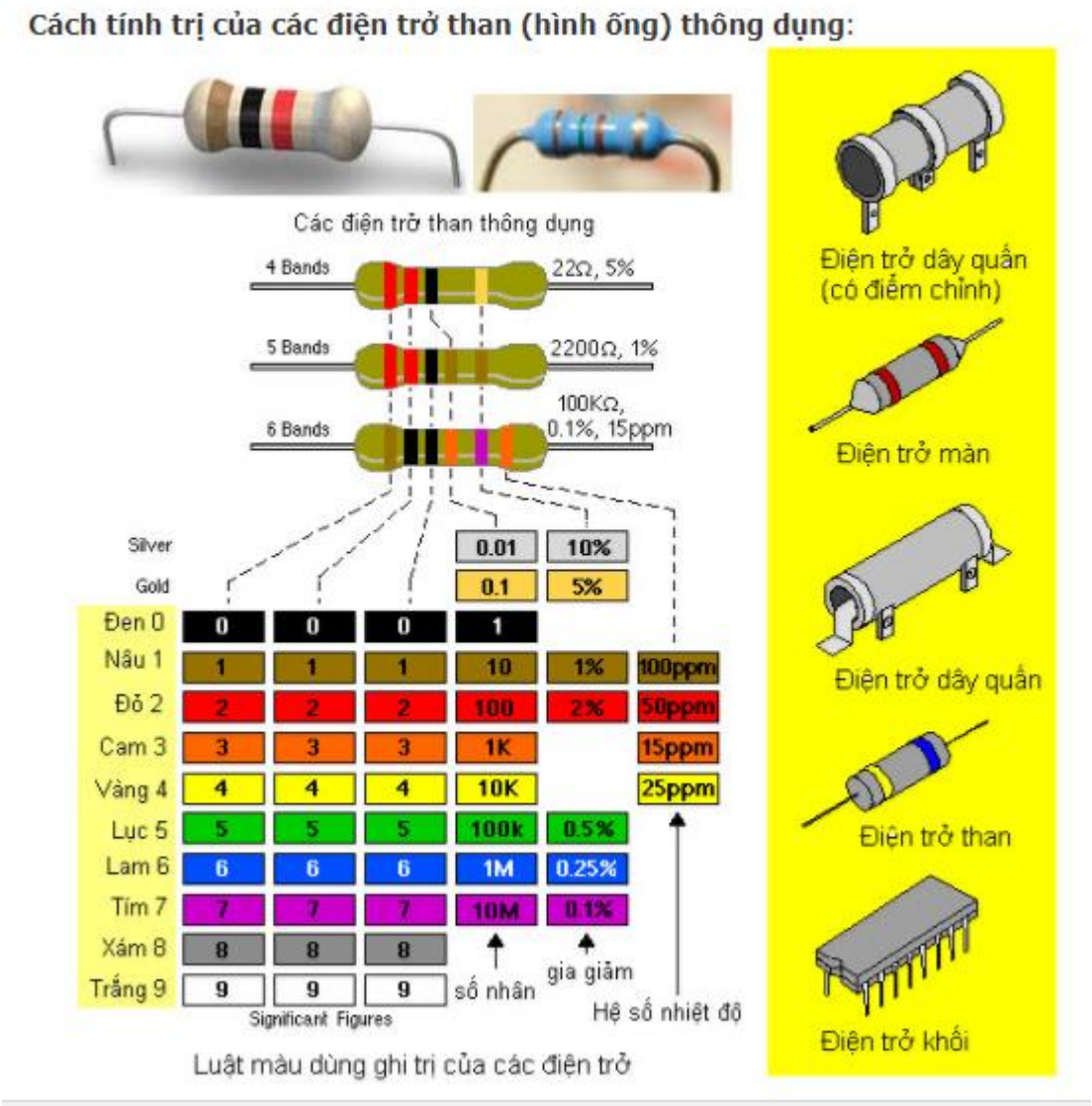
- Ví dụ 1.4: Đọc giá trị các điện trở có các vòng màu theo thứ tự như sau:

+ Cam, xám, vàng

+ Xanh lơ, đen, đỏ, kim nhũ

+ Tím, xanh lá, trắng, vàng

- Bảng quy ước mã màu trên điện trở



1.1.3.3. Cách đo giá trị điện trở bằng đồng hồ

a. Thang đo: Ω. Đây là thang đo dùng để đo trở kháng, cách điện, thông mạch

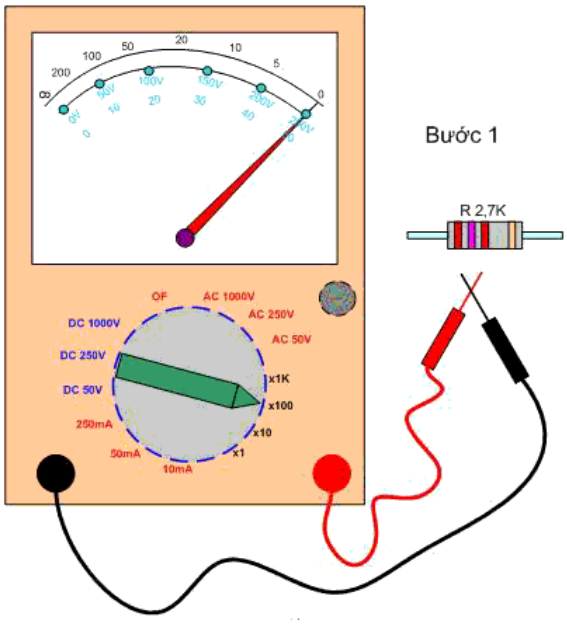
b. Thành phần: Gồm có các thang đo như sau : X1, X10, X100, X1K, X10K

c. Sử dụng: Dùng vạch chia trên cùng (màu đen) vạch chia này dành riêng cho thang đo Ω, tuỳ theo đại lượng trở kháng cần đo mà ta phải chọn thang đo sao cho phù hợp, để kết quả đo nhận được là rõ ràng và chính xác nhất

- Bước 1 : Để thang đồng hồ về các thang đo trở, nếu điện trở nhỏ thì để thang x1 hoặc x10, nếu điện trở lớn thì để thang x1K hoặc X10K. => Sau đó chập hai que đo và chỉnh chiết áp để kim đồng hồ báo vị trí 0 Ω.
- Bước 2 : Đặt que đo vào hai đầu điện trở, đọc trị số trên thang đo.

Công thức: Giá trị đo = Số chỉ khắc độ * Thang đo

Ví dụ: Nếu để thang X10 và chỉ số báo là 30 thì giá trị là 10 x 30 = 300 Ω



Chú ý:

- Thang đo Ω chỉ sử dụng để đo nguội (khi mạch không có điện)

- Phải hiệu chuẩn (quy về 0) kim đồng hồ trước khi đo bằng cách: chập hai que đo lại với nhau, lúc này kim sẽ lệch từ trái (vị trí ∞) sang phải (vị trí 0), ta điều chỉnh biến trở ADJ sao cho kim chỉ đúng tại vị trí 0, đó là vị trí chuẩn. Khi chuyển từ thang đo Ω này sang thang đo Ω khác, cũng cần phải làm chuẩn lại kim.

1.1.4. Ứng dụng

Ứng dụng của điện trở rất đa dạng: để giới hạn dòng điện, tạo sụt áp, dùng để phân cực, làm tải cho mạch điện, chia áp, định hằng số thời gian, v.v…

1.2. Tụ điện

1.2.1. Khái niệm

Tụ điện là một linh kiện điện tử thụ động tạo bởi hai bề mặt dẫn điện được ngăn cách bởi chất điện môi. Khi có chênh lệch điện thế tại hai bề mặt, tại đây sẽ xuất hiện điện tích cùng cường độ nhưng trái dấu

- Ký hiệu

Ký hiệu và hình dáng thực tế của một số loại tụ điện

- Đơn vị đo

Đơn vị tính độ lớn của điện dung là Fara nhưng trên thực tế đây là giá trị rất lớn nên người ta thường dùng ước số của Fara là:

MicroFara, $1\mu F = 10^{-6}$ F

NanoFara, $1nF = 10^{-9}$ F

PicoFara, $1pF = 10^{-12}$ F

1.2.2. Các tham số cơ bản của tụ điện

- Trị số điện dung C

$$C = \varepsilon . \frac{S}{d} \quad [F]$$

trong đó: ε là hằng số điện môi
S là tiết diện hiệu dụng của bản cực tụ
d là khoảng cách giữa hai bản cực tụ

- Điện áp làm việc

Mỗi tụ điện chỉ có một điện áp làm việc tối đa nhất định, nếu quá điện áp này lớp điện môi sẽ bị đánh thủng và làm hỏng tụ điện. Điện áp làm việc là điện áp lớn nhất mà tụ điện có thể chịu được trong suốt cả thời gian làm việc (ít nhất 10000 giờ) bảo đảm được các tham số của tụ điện (điện dung, điện trở cách điện…). Đối với đa số các loại tụ điện, thường điện áp này là điện áp một chiều. Điện áp xoay chiều (hiệu dụng) trên tụ có thể bé hơn 1.5÷2 lần điện áp làm việc đối với dòng một chiều

- Điện trở cách điện: Tính chất và kích thước của lớp điện môi quyết định điện trở cách điện của tụ điện. Đối với tụ hóa, điện trở cách điện được biểu thị bằng dòng rò

- Hệ số nhiệt của tụ điện: Khi nhiệt độ xung quanh biến đổi sẽ làm cho kích thước các bản, khoảng cách giữa các bản, hệ số điện môi thay đổi nên điện dung sẽ biến đổi. Sự biến thiên tương đối của điện dung khi nhiệt độ thay đổi 1^0 C được gọi là hệ số nhiệt của tụ điện

1.2.3. Phân loại, cấu tạo và đặc tính của tụ điện

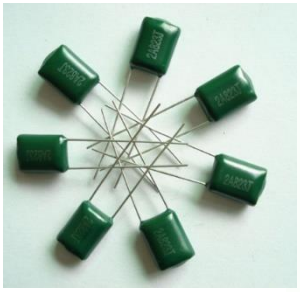
1.2.3.1. Tụ có giá trị cố định

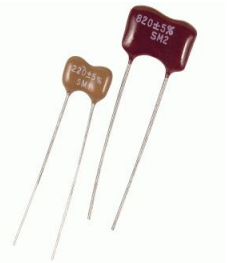
- Tụ không phân cực

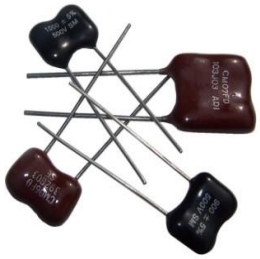
+ Tụ giấy

+ Tụ mica

+ Tụ gốm



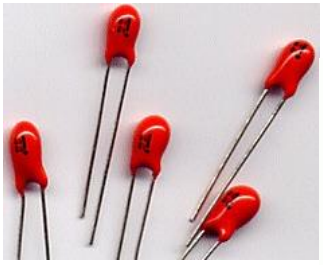


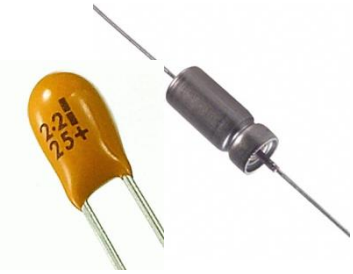


- Tụ phân cực

Tụ hóa là loại tụ phân biệt cực tính, có giá trị điện dung rất lớn (từ vài µF đến hàng chục nghìn µF . Có 2 loại tụ điện phân phổ biến là tụ nhôm và tụ tantan. Khi đó lớp điện môi cách điện chính là lớp oxide với độ dày rất mỏng (vài µm), nhờ vậy mà tụ hóa mới có giá trị điện dung lớn trong khi kích thước lại nhỏ gọn nhưng cũng vì thế mà điện áp chịu đựng cũng nhỏ hơn.

Tụ hóa có cấu tạo bởi bản cực nhôm mỏng cuộn tròn, bên trong là chất điện phân và lớp cách điện là sản phẩm của phản ứng hóa học xảy ra trong lòng tụ (lớp oxide). Tụ hóa thường được sử dụng trong mạch lọc điện áp gợn của mạch nguồn, mạch âm tần … Khi sử dụng cần mắc đúng cực tính cho tụ, nếu sai có thể gây cháy nổ tụ





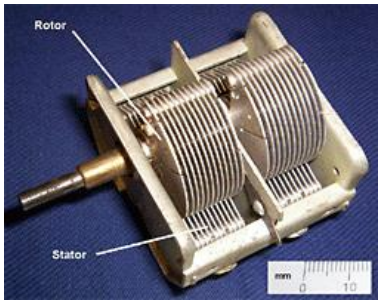
1.2.3.2. Tụ có giá trị thay đổi

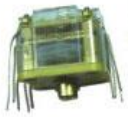
Tụ điện có trị số biến đổi, loại này đều là dạng tụ không phân cực

Tụ xoay cách điện bằng không khí: được cấu tạo từ các lá kim loại tĩnh và lá kim loại động. Khi xoay trục xoay, các lá động dịch chuyển làm thay đổi diện tích hiệu dụng giữa chúng và từ đó thay đổi giá trị của điện dung C. Loại này thường có kích thước lớn và độ chính xác không cao.

Tụ đồng trục chỉnh: được cách điện bởi các lá gốm hoặc mica, trục xoay sẽ đồng thời làm thay đổi giá trị của nhiều tụ điện trên đó. Loại này thường được sử dụng trong các mạch dò cộng hưởng, chọn đài ở radio ... để thay đổi giá trị điện dung của vài tụ điện ở các mạch khác nhau.

Tụ vi chỉnh: có kích thước nhỏ, phải sử dụng toovit để tinh chỉnh giá trị. Chúng có giá trị khá nhỏ, vài pF và dùng để tinh chỉnh hay điều chuẩn cho mạch.





1.2.4. Cách đọc giá trị tụ điện

1.2.4.1. Ghi bằng số và chữ

- Ghi bằng số và chữ: Chứ K, Z, J, π ứng với đơn vị pF; chữ n, H ứng với đơn vị nF; chữ M ứng với đợn vị μF. Vị trí của chữ thể hiện chữ số thập phân, giá trị của số thể hiện giá trị tụ điện

- Ghi bằng các con số không kèm theo chữ

- Nếu các con số kèm theo dấu chấm hay phẩy thì đơn vị là μF, vị trí dấu phẩy (dấu chấm) thể hiện chữ số thập phân.

- Nếu các con số không kèm theo dấu chấm hay phẩy thì đơn vị là pF và con số cuối cùng biểu thị số lũy thừa của 10. Đặc biệt số cuối cùng là số "0" thì con số đó là giá trị thực.

- Sai số F = 1%; G = 2%; J = 5%; K = 10%; M = 20%

Ví dụ 1: Đọc giá trị các tụ sau 7Z6; 123; 0.6; 104J

7Z6→ C = 7.6 pF

123→ C = $12x10^3$pF

0.6→ C = 0.6 μF

104J → C = $10x10^4$ pF ± 5%

1.2.4.2. Ghi theo quy luật màu

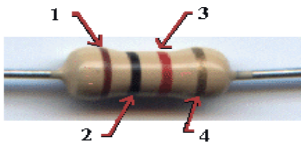
Khi tụ điện được biểu diễn theo các vạch màu thì giá trị và các vạch màu cũng giống như điện trở, đơn vị tính của nó là pF

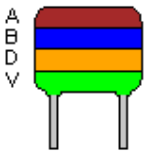
Riêng đối với tụ phân cực thì cực tính được ghi trên thân tụ

Bảng quy ước mã màu trên tụ điện

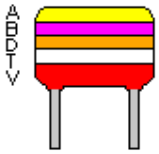
Mầu	Số A	Số B	Hệ số nhân D	Dung sai khi > 10pF	Dung sai khi < 10pF	Hệ số nhiệt TC	Điện áp làm việc V
Đen	0	0	x1	± 20%	± 2.0pF		
Nâu	1	1	x10	± 1%	± 0.1pF	$-33x10^{-6}$	
Đỏ	2	2	x100	± 2%	± 0.25pF	$-75x10^{-6}$	250v
Cam	3	3	x1000	± 3%		$-150x10^{-6}$	
Vàng	4	4	x10k	+100%,-0%		$-220x10^{-6}$	400v
Lục	5	5	x100k	± 5%	± 0.5pF	$-330x10^{-6}$	100v
Lam	6	6	x1m			$-470x10^{-6}$	630v
Tím	7	7				$-750x10^{-6}$	
Xám	8	8	x0.01	+80%,-20%			
Trắng	9	9	x0.1	± 10%			

- Ví dụ 2: Đọc giá trị tụ được biểu diễn bằng các vòng màu sau:





10nF, 20%
100V



47nF, 10%
240V

1.2.4.3. Ghi giá trị trực tiếp

Áp dụng cho tụ hóa, kích thước đủ lớn để ghi đầy đủ các thông số: điện dung, điện áp làm việc, dải nhiệt độ ….

1.2.5. Cách kiểm tra chất lượng tụ điện

Đối với tụ không phân cực: Tụ giấy và tụ gốm thường hỏng ở dạng bị dò rỉ hoặc bị chập, để phát hiện tụ dò rỉ hoặc bị chập ta tiến hành đo. Nếu

- Khi đo tụ tụ tốt kim phóng lên 1 chút rồi trở về vị trí cũ. (Lưu ý các tụ nhỏ quá < 1nF thì kim sẽ không phóng nạp)
- Khi đo tụ bị dò ta thấy kim lên lưng chừng thang đo và dừng lại không trở về vị trí cũ.
- Khi đo tụ bị chập ta thấy kim lên = 0 Ω và không trở về.
- Lưu ý: Khi đo kiểm tra tụ giấy hoặc tụ gốm ta phải để đồng hồ ở thang x1KΩ hoặc x10KΩ, và phải đảo chiều kim đồng hồ vài lần khi đo.

- Đối với tụ phân cực

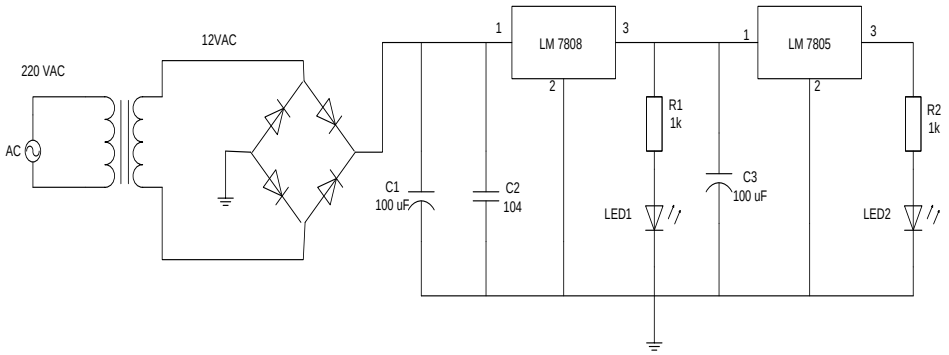
- Để kiểm tra tụ hoá C2 có trị số 100µF có bị giảm điện dung hay không, ta dùng tụ C1 còn mới có cùng điện dung và đo so sánh.
- Để đồng hồ ở thang từ x1Ω đến x100Ω (điện dung càng lớn thì để thang càng thấp)
- Đo vào hai tụ và so sánh độ phóng nạp, khi đo ta đảo chiều que đo vài lần.
- Nếu hai tụ phóng nạp bằng nhau là tụ cần kiểm tra còn tốt, ở trên ta thấy tụ C2 phóng nạp kém hơn do đó tụ C2 ở trên đã bị khô.
- Trường hợp kim lên mà không trở về là tụ bị dò.

Chú ý: Nếu kiểm tra tụ điện trực tiếp ở trên mạch, ta cần phải hút rỗng một chân tụ khỏi mạch in, sau đó kiểm tra như trên.

1.2.6. Ứng dụng

- Cho điện áp xoay chiều qua, ngăn điện áp một chiều lại: Mạch khuếch đại dùng Tranzito

- Lọc điện áp xoay chiều sau khi đã được chỉnh lưu thành điện áp một chiều bằng phẳng. Đó là nguyên lý của tụ lọc nguồn



- Với điện áp xoay chiều thì tụ dẫn điện còn đối với điện một chiều thì tụ lại trở thàn tụ lọc (phần tử hở mạch)

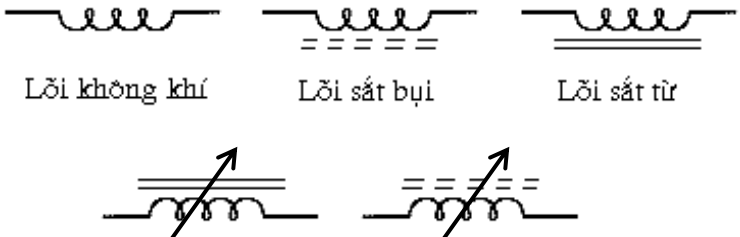
1.3. Cuộn cảm

1.3.1. Khái niệm

Cuộn cảm (hay cuộn dây) là linh kiện điện tử có thể lưu trữ năng lượng từ trường khi cho dòng điện qua. Khả năng này của cuộn cảm được đo bằng độ tự cảm (L) của nó, đơn vị là Henry (H).

Thông thường cuộn cảm có cấu tạo là các ống dây (dạng trụ hoặc xuyến) vì hình dạng này cho phép việc lưu giữ năng lượng từ là lớn nhất.

- Ký hiệu



Khi một vật dẫn có dòng điện chạy qua thì từ trường được hình thành bởi dòng điện này có xu hướng chống lại sự thay đổi của dòng ban đầu, đại lượng đặc trưng cho khả năng này của từ trường chính là điện cảm (hay độ tự cảm của vật dẫn), được tính bằng Henry. Đây được coi là đặc tính cố hữu của các vật dẫn dù nhỏ hay lớn,

thẳng hay tròn …Số lượng vòng dây, kích thước vòng dây và vật liệu làm lõi là những thông số ảnh hưởng rất nhiều tới giá trị của độ tự cảm.

1.3.2. Phân loại

Dựa theo ứng dụng, cuộn dây có một số loại như sau:

- Cuộn cộng hưởng là cuộn dây dùng trong các mạch cộng hưởng LC

- Cuộn lọc là cuộn dây dùng trong các bộ lọc một chiều

- Cuộn chặn dùng để ngăn cản dòng cao tần, v.v…

Dựa vào loại lõi cuộn dây, có thể chia cuộn dây ra một số loại sau đây:

- Cuộn dây lõi không khí hay cuộn dây không có lõi

- Cuộn dây có lõi Ferit

- Cuộn dây có lõi sắt bụi

- Cuộn dây có lõi sắt từ

1.3.3. Cách đọc giá trị cuộn cảm

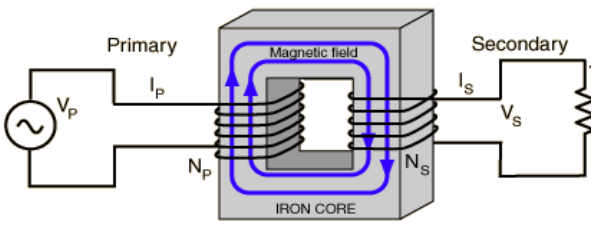
Cách đọc giá trị cuộn cảm tương tự như đọc tụ điện.

Giá trị = v_1 v_2 v_3 + sai số (μH)

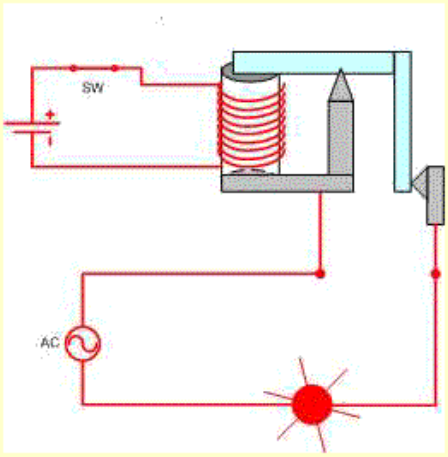
Chú ý: vạch màu to nhất là vạch sai số

- Ví dụ 3: Đọc giá trị cuộn cảm Ghi bằng chấm màu: Đỏ, xanh lá, xám→ cuộn cảm có giá trị 258 μH

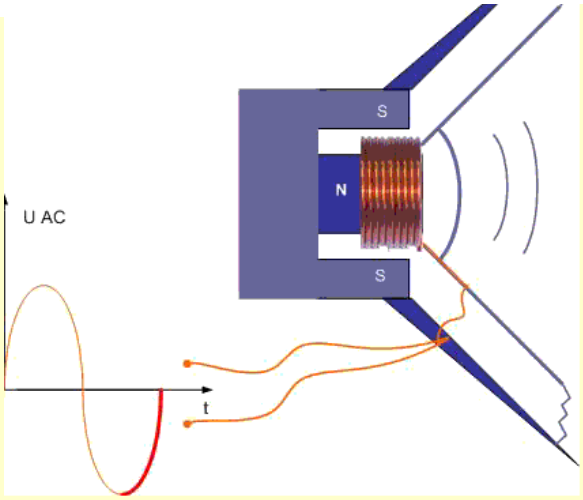
1.3.4. Ứng dụng



- Ứng dụng trong loa, máy biến áp, rơ le



Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của Rơ le



Cấu tạo và hoạt động của Loa (Speaker)

CHƯƠNG 2: DIODE BÁN DẪN

2.1. Cấu trúc vùng năng lượng của chất rắn tinh thể

2.1.1. Giới thiệu

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

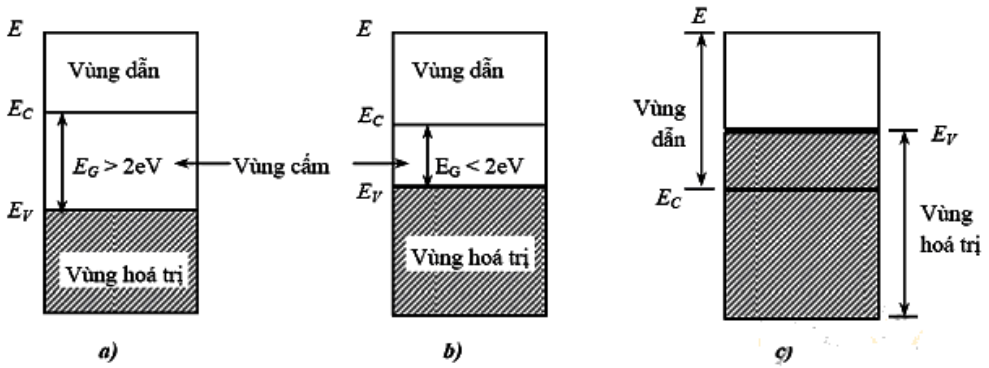
Chất bán dẫn là những chất có đặc điểm trung gian giữa chất dẫn điện và chất cách điện, về phương diện hoá học thì bán dẫn là những chất có 4 điện tử ở lớp ngoài cùng của nguyên tử. Đó là các chất Germanium (Ge) và Silicium (Si).

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

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

2.1.2. Cấu trúc vùng năng lượng của chất rắn tinh thể

Trong phần này cần nắm vững về cấu trúc năng lượng điển hình của vật rắn tinh thể. Tùy theo tình trạng các mức năng lượng trong một vùng có bị điện tử chiếm chỗ hay không, người ta phân biệt 3 loại vùng năng lượng khác nhau: *Vùng hóa trị*, trong đó tất cả các mức năng lượng đã bị chiếm chỗ; *Vùng dẫn*, trong đó các mức năng lượng đều còn bỏ trống hay chỉ bị chiếm chỗ một phần. *Vùng cấm*, trong đó không tồn tại các mức năng lượng nào để điện tử có thể chiếm chỗ, hay xác suất tìm hạt tại đây



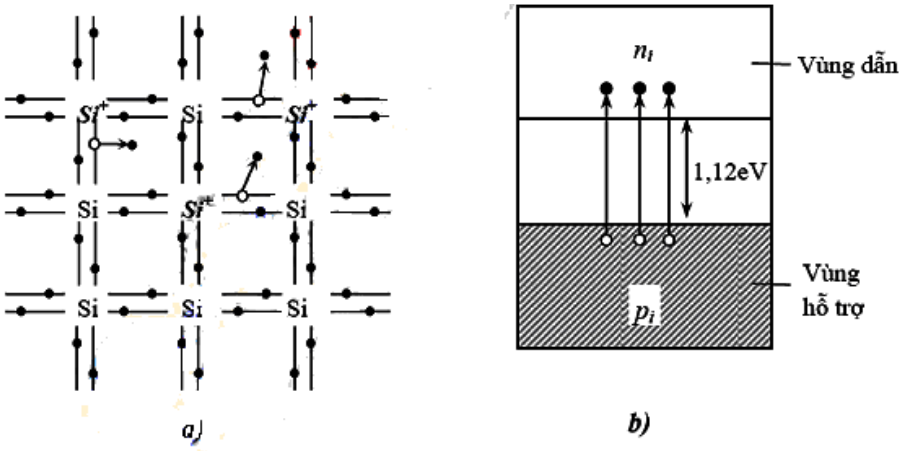
Hình 2-4: Cấu trúc giải năng lượng của vật chất
a. chất cách điện; b. chất bán dẫn; c. chất dẫn điện

bằng 0. Tùy theo vị trí tương đối giữa ba vùng kể trên và độ rộng vùng cấm mà các chất rắn cấu trúc tinh thể được chia thành 3 loại là chất cách điện, chất bán dẫn và chất dẫn điện.

2.2. Các loại bán dẫn của chất bán dẫn

2.2.1. Chất bán dẫn thuần

Hai chất bán dẫn thuần điển hình là Gemannium (Ge) với E_G = 0,72eV và Silicium (Si) với E_G = 1,12eV (E_G là độ rộng vùng cấm, đo bằng eV- electron Vôn) có cấu trúc vùng năng lượng dạng hình 2- 4b thuộc nhóm IV bảng tuần hoàn Mendeleep. Mô hình cấu trúc mạng tinh thể (1 chiều) của chúng có dạng như hình 2-5a với bản chất là các liên kết ghép đôi điện tử hóa trị vành ngoài. ở nhiệt độ 0^0K chúng là các chất cách điện. Khi được một nguồn năng lượng ngoài kích thích, xảy ra hiện tượng ion hóa các nguyên tử nút mạng và sinh ra từng cặp hạt dẫn tự do: điện tử bứt khỏi liên kết ghép đôi trở thành hạt tự do và để lại 1 liên kết bị khuyết (lỗ trống).



Hình 2-5: a.Cấu trúc mạng tinh thể một chiều của chất bán dẫn Si
b.Đồ thị vùng giải thích cơ chế phát sinh từng cặp hạt dẫn tự do

Trên đồ thị vùng năng lượng hình 2-5b, điều này tương ứng với sự chuyển điện tử từ 1 mức năng lượng trong vùng hóa trị lên một mức trong vùng dẫn để lại 1 mức tự do (trống) trong vùng hóa trị. Các cặp hạt dẫn tự do này, dưới tác dụng của

một trường ngoài hay một gradient nồng độ có khả năng dịch chuyển có hướng trong mạng tinh thể tạo nên dòng điện trong chất bán dẫn thuần.

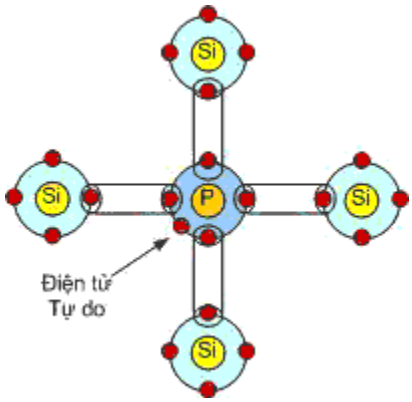
Kết quả là:

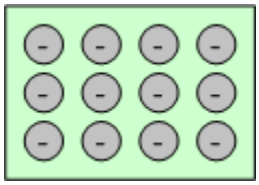
- Muốn tạo hạt dẫn tự do trong chất bán dẫn thuần cần có năng lượng kích thích đủ lớn $E_{kt} \geq E$
- Dòng điện trong chất bán dẫn thuần gồm hai thành phần tương đương nhau do quá trình phát sinh từng cặp hạt dẫn tạo ra ($n_i = p_i$).

2.2.2. Chất bán dẫn tạp chất

2.2.2.1. Chất bán dẫn loại N

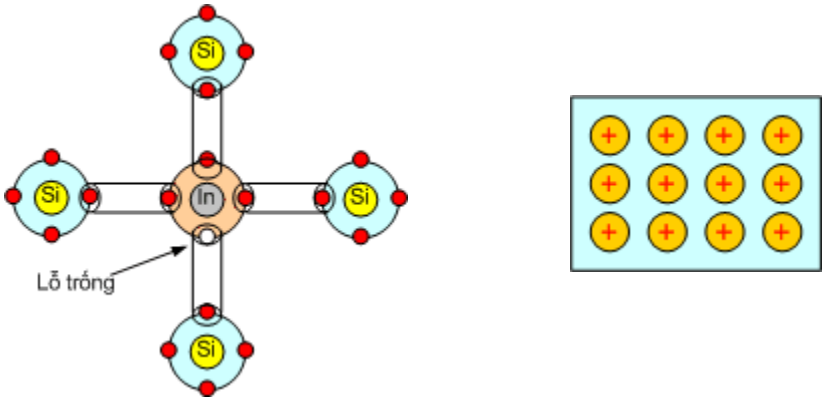
Khi ta pha một lượng nhỏ chất có hoá trị 5 như Phospho (P) gọi là tạp chất dono vào chất bán dẫn Si thì một nguyên tử P liên kết với 4 nguyên tử Si theo liên kết cộng hoá trị, nguyên tử Phospho chỉ có 4 điện tử tham gia liên kết và còn dư một điện tử và trở thành điện tử tự do => Chất bán dẫn lúc này trở thành thừa điện tử (mang điện âm) và được gọi là bán dẫn N (Negative : âm). Trong bán dẫn N điện tử là hạt dẫn đa số (n_n), lỗ trống là hạt dẫn thiểu số (p_n). Nồng độ điện tử $n_n = N_d$ (nồng độ pha tạp dono)





2.2.2.2. Chất bán dẫn loại P

Ngược lại khi ta pha thêm một lượng nhỏ chất có hoá trị 3 như Indium (In) gọi là tạp chất acxepto vào chất bán dẫn Si thì 1 nguyên tử Indium sẽ liên kết với 4 nguyên tử Si theo liên kết cộng hoá trị và liên kết bị thiếu một điện tử => trở thành lỗ trống (mang điện dương) và được gọi là chất bán dẫn P. Trong bán dẫn P điện tử là hạt dẫn thiểu số (n_p), lỗ trống là hạt dẫn đa số (p_p). Nồng độ lỗ trống $p_p = N_a$ (nồng độ pha tạp acxepto).



2.3. Tiếp giáp P - N

2.3.1. Chuyển tiếp p – n ở trạng thái cân bằng

2.3.1.1. Sự hình thành miền điện tích không gian

Bán dẫn P: Hạt dẫn đa số là các lỗ trống (p_p), hạt dẫn thiểu số là các điện tử (n_p).

Bán dẫn N: Hạt dẫn đa số là các điện tử (n_n), hạt dẫn thiểu số là các lỗ trống (p_n).

Khi cho hai bán dẫn này tiếp xúc với nhau, tại bề mặt tiếp xúc lỗ trống sẽ khuếch tán từ bán dẫn p sang bán dẫn n, còn điện tử sẽ khuếch tán ngược lại từ bán dẫn n sang bán dẫn p (Do sự chênh lệch về nồng độ).

Kết quả: Phía bán dẫn tại bề mặt tiếp xúc tồn tại những Ion âm (axccepto bị ion hoá). phía bán dẫn n tại bề mặt tiếp xúc tồn tại những Ion dương (dono bị ion hoá).

Ban đầu bán dẫn p và bán dẫn n đều trung hoà điện tích. Do khuếch tán các hạt đa số mà tại miền lân cận tiếp xúc mất đặc tính trung hoà điện tích, phía bán dẫn n tích điện dương, bán dẫn p tích điện âm. Ở đây hình thành một điện trường E_t gọi là nộ trường hướng từ n sang p chống lại sự di chuyển các hạt dẫn đa số, chống lại sự khuếch tán ban đầu. Nhưng nó lại cuốn các điện tử từ bán dẫn p sang n và từ n sang p tức làm tăng sự di chuyển các hạt dẫn thiểu số.

Sự khuếch tán các hạt dẫn đa số càng xảy ra mãch liệt vùng điện tích âm dương ở hai phía bán dẫn p, n càng rộng ra (số điện tích tăng) nội trường E_t tăng, dòng khuếch tán các hạt dẫn đa số giảm, dòng cuốn tăng. Tới một lúc nào đó dòng cuốn bằng dòng khuếch tán khi đó chuyển tiếp p – n ở trạng thái cân bằng.(trạng thái cân bằng động). Ở trạng thái cân bằng cường độ nội trường đạt tới giá trị xác định.

Miền chứa các Ion âm và dương kể trên hầu như không có hạt dẫn do đó gọi là miền điện tích không gian (hay còn gọi là mìên nghèo). X_m gọi là độ rộng miền điện tích không gian.

Trên thực tế để tạo ra chuyển tiếp p – n không phải cứ đưa hai phiến bán dẫn p hoặc n ghép với nhau một cách đơn giản mà phải dùng các biện pháp công nghệ khác nhau, như công nghệ luyện kim, công nghệ khuếch tán…

2.3.1.2. Một số công thức tính dòng khuếch tán và dòng cuốn

Dòng điện tử và dòng lỗ trống có thể được tính theo biểu sau:

$$J_{ktn} = q.D_n.grad\, n = q.D_n.\frac{dn}{dx}$$

$$J_{ktp} = -q.D_p.grad\ p = q.D_p.\frac{dp}{dx}$$

$$J_{kt} = J_{ktn} + J_{ktp}$$

Trong đó, D_n, D_p hệ số khuếch tán điện tử và lỗ trống

Mối liên hệ giữa D và μ theo hệ thức Anhstanh

$$D_n = \sqrt{\frac{KT}{q}}\mu_n; \qquad D_p = \sqrt{\frac{KT}{q}}\mu_p$$

Với, μ_n, μ_p là độ linh động hạt dẫn trong bán dẫn n và bán dẫn p

Dòng cuốn:

Ở trạng thái cân bằng:

$$J_{kt} = J_c$$

$$J_{cn} = q.n.\mu_n.E$$

$$J_{cp} = q.p.\mu_p.E$$

$$J_c = J_{cn} + J_{cp} = q(n\mu_n + \mu_p)E$$

2.3.2. Chuyển tiếp p – n ở trạng thái không cân bằng

2.3.2.1. Đặc tính chuyển tiếp p – n phân cực thuận

Chiều của điện trường ngoài và nội trường là ngược nhau, trạng thái cân bằng ban đầu bị phá vỡ. Điện trường của miền điện tích không gian bị giảm nhỏ, thành phần dòng khuếch tán qua chuyển tiếp p – n lớn hơn thành phần dòng cuốn (Dòng khuếch tán ở đây là dòng các hạt dẫn đa số điện tử từ bán dẫn n sang bán dẫn p và ngược lại).

Xét về độ rộng miền điện tích không gian: Do điện áp bên ngoài đặt vào nên các lỗ trống trong bán dẫn p và điện tử trong bán dẫn n bị đẩy về hai phía miền điện

tích không gian trung hoà bớt các Ion âm và dương của vùng này làm cho độ rộng của miền này hẹp lại. Điện áp thuận càng lớn số hạt dẫn đa số bị đẩy về phía miền điện tích không gian càng nhiều độ rộng càng giảm nhỏ, tương ứng với số điện tích tại vùng này càng giảm nhỏ, nội trường càng bé so với lúc cân bằng, bán dẫn trở thành dẫn điện.

2.3.2.2. Đặc tính chuyển tiếp p – n phân cực ngược

Cực âm của điện áp ngoài được nối vào bán dẫn p, cực dương nối vào bán dẫn n. Chiều của nội trường cùng chiều điện áp ngoài, lúc này độ rộng của miền điện tích không gian rộng ra so với lúc cân bằng.

Do cực tính của điện áp ngoài đặt vào chuyển tiếp p – n điện tử trong bán dẫn n và lỗ trống trong bán dẫn p bị hút lại về hai phía điện cực khiến cho tại bờ miền điện tích không gian xuất hiện những ion mới lấn sâu vào phía bán dẫn n và p miền điện tích không gian rộng hơn lúc cân bằng. Khi phân cực ngược trạng thái cân bằng ban đầu cũng bị phá vỡ, nhưng trường hợp này khác với khi phân cực thuận, nó làm cho dòng các hạt thiểu số bị cuốn bởi điện trường được tăng, làm giảm các dòng khuếch tán hạt đa số.

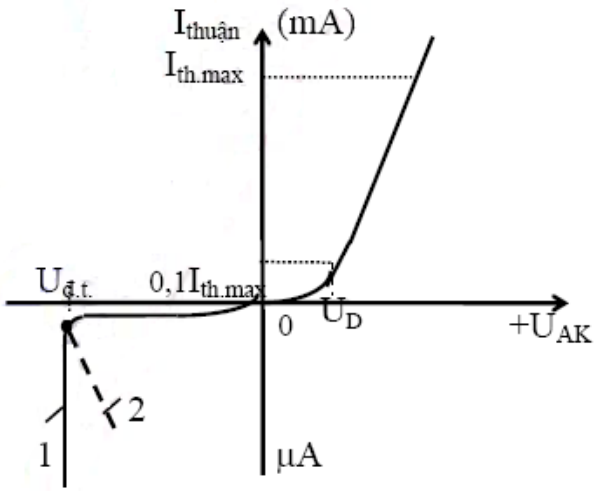
2.3.3. Đặc tuyến volt-ampe của tiếp giáp P-N

Đặc tuyến volt- ampe (V-A) của tiếp giáp P-N biểu thị mối quan hệ giữa dòng điện qua tiếp giáp với điện áp đặt trên nó $U_{AK.}$

$$I = I_0(e^{\frac{U_{AK}}{\eta V_T}} - 1)$$

Trong đó:

η = 2 đối với dòng điện nhỏ (khi mối nối là Si)



η = 1 đối với dòng điện lớn (khi mối nối là Ge).

V_T - điện thế nhiệt, ở nhiệt độ trong phòng (T = 300K). V_T = 0,026V = 26mV.

I_0 - Dòng điện ngược bão hoà.

+ Phần thuận của đặc tuyến (khi $U_{AK} > 0$)

$U_{AK} < U_D$: dòng điện qua tiếp giáp cũng quá nhỏ và tăng chậm, thông thường $U_D \approx 0,2V$ đối với tiếp giáp gecmani và $U_D \approx 0,6V$ đối với tiếp giáp silic.

Khi $U_{AK} > U_D$: dòng qua tiếp giáp tăng nhanh hơn và tăng gần như tuyến tính với điện áp.

$I_{th.max}$ là dòng điện thuận cực đại cho phép. Tiếp giáp không được làm việc với dòng điện cao hơn trị số này của dòng điện.

+ Phần ngược của đặc tuyến V-A. (Khi $U_{AK} < 0$)

Khi $|U_{AK}|$ lớn hơn vài lần V_T thì dòng điện ngược bằng giá trị I_0 và giữ nguyên giá trị này.

Khi $|U_{AK}|$ tăng lên đến trị số $U_{đ.t}$ Thì dòng điện tăng vọt, đây là hiện tượng đánh thủng tiếp xúc *PN*.

Có hai hiện tượng đánh thủng: Đánh thủng về nhiệt và đánh thủng về điện.

Hiện tượng đánh thủng về điện do hai hiệu ứng:

- Ion hoá do va chạm : Do các hạt thiểu số được gia tốc trong điện trường mạnh nên chúng va chạm với các nút mạng tinh thể , làm cho các mối liên kết giữa các nguyên tử biến dạng hoặc bị ion hoá tạo thành các cặp điện tử và lỗ trống mới. Các cặp này lại tiếp tục va chạm gây nên hiện tượng ion hoá mới. Kết quả là các điện tử và lỗ trống tăng lên theo kiểu "thác lũ" , nên đánh thủng nµy gọi là đánh thủng thác lũ.
- Hiệu ứng xuyên hầm (tunen) : Khi điện trường ngược lớn có thể phá vỡ các mối liên kết nguyên tử trong vùng hoá trị tạo thµnh các điện tử và lỗ trống tham gia dẫn điện. Điều này tương ứng với các điện tử từ vùng hoá trị vượt

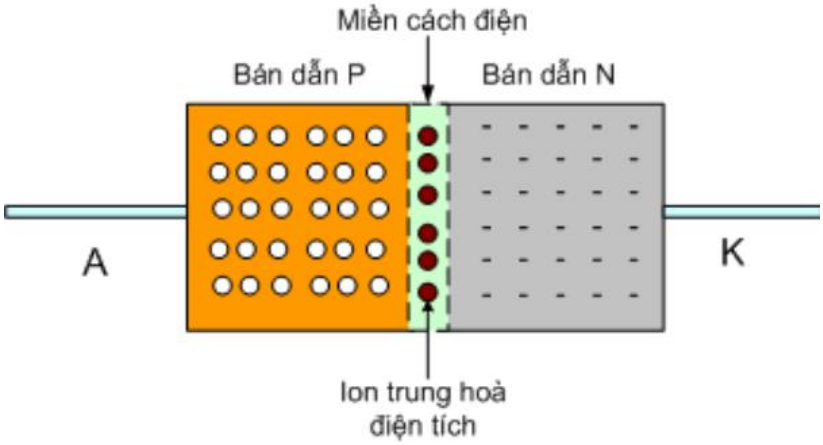
lên vùng dẫn xuyên qua vùng cấm, gọi là sự xuyên hầm. Khi đánh thủng về điện, dòng điện ngược tăng lên đáng kể trong khi điện áp hầu như không tăng Đánh thủng về nhiệt do bị nung nóng bởi dòng ngược quá lớn và mặt ghép bị phá huỷ hoàn toàn.

2.4. Diode bán dẫn

2.4.1. Cấu tạo và các tham số

2.4.1.1. Cấu tạo

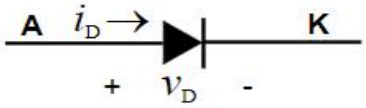
Diode là một linh kiện bán dẫn 2 cực, cấu tạo cơ bản dựa trên một chuyển tiếp P-N. Điện cực nối với bán dẫn loại P gọi là Anốt (A), điện cực nối với bán dẫn loại N gọi là Katốt (K).



Hình 2.1. Cấu tạo Diode bán dẫn

Tại bề mặt tiếp xúc, các điện tử dư thừa trong bán dẫn N khuếch tán sang vùng bán dẫn P để lấp vào các lỗ trống, tạo thành một lớp Ion trung hoà về điện. Lớp Ion này tạo thành miền cách điện giữa hai chất bán dẫn. Những điện tích trái dấu hình thành ở hai bên mối nối tạo ra một hàng rào điện thế hay điện thế rào cản. Điện thế này ngăn những điện tử tự do và lỗ trống chuyển động ngang qua mối nối.

Điện thế rào cản khoảng 0,2V (đối với mối nối Ge), và khoảng 0,6V (đối với mối nối Si).



Ký hiệu của diode bán dẫn

Một số hình dáng của các loại diode

Hình 2.2 Ký hiệu Diode bán dẫn và một số hình dáng của các loại Diode

2.4.1.2. Các tham số của diode

Khi sử dụng điôt người ta quan tâm đến các thông số sau của điôt:

1) Dòng thuận cực đại Imax , đó là dòng thuận mà điôt còn chịu được khi nó chưa bị thủng (nhiệt).

2) Công suất cực đại Pmax trên điôt khi điôt chưa bị thủng .

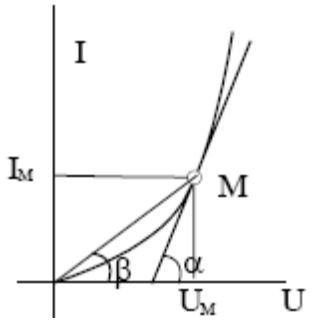
3) Điện áp ngược cực đại Ung max - điện áp phân cực ngược cực đại của điot khi điôt chưa bị đánh thủng.

4) Tần số giới hạn fmax của điôt - là tần số lớn nhất mà tại đó điôt chưa mất tính chất van.

5) Điện dung mặt ghép: Lớp điện tích l0 tương đương với một tụ điện gọi là điện dung mặt ghép n-p. Ở tần số cao lớp điện dung này quyết định tốc độ đóng mở của điôt khi nó làm việc như một khoá điện, tức là điện dung mặt ghép n-p quyết định fmax.

6) Điện trở một chiều R0

$$R_{0M} = \frac{U_M}{I_M} = \cot g\beta$$



7) Điện trở xoay chiều của điôt:

$$R = \frac{dU}{dI} = \cot g\alpha$$

$$S = \frac{dI}{dU} = \frac{1}{R}$$

S - hỗ dẫn của điôt, S = tgα

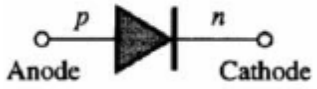
8) Điện áp mở của điôt : Là điện áp U_D để dòng thuận qua điôt đạt 0,1 Imax.

2.4.2. Phân loại

Có nhiều cách để phân loại cho diode

- Theo công suất: Diode được phân thành các loại diođe công suất lớn, công suất trung bình và công suất bé.
- Theo tần số: Diode tần số cao, tần số thấp và tần số siêu cao
- Theo công nghệ chế tạo: Công nghệ tiếp mặt, công nghệ tiếp điểm..
- Theo ứng dụng: Diode chỉnh lưu, diode ổn áp, diode tunel, diode biến dung, diode phát quang…

2.4.2.1. Diode chỉnh lưu

Ký hiệu diode như hình vẽ chiều mũi tên chỉ hướng dòng điện qua diode khi phân cực thuận. Như vậy dòng thuận có hướng chảy từ anot sang katot. Nói chung trong các ký hiệu mạch của dụng cụ bán dẫn, nếu dùng mũi tên thì chiều của nó bao giờ cũng hướng từ p sang n. 

Các phương pháp công nghệ chế tạo ra chuyển tiếp pn cũng chính là những phương pháp chế tạo ra diode. Những diode trước đây thường được làm bằng phương pháp hợp kim (phương pháp đơn giản nhất). Trong phương pháp này chuyển tiếp được hình thành bằng cách nóng chảy các vật liệu loại p khác vào bán dẫn loại n, hoặc ngược lại. Sau quá trình nóng chảy vật liệu kết tinh ở lại và chuyển tiếp p-n được hình thành. Những diode được chế tạo bằng phương pháp kể trên được gọi là diode hợp kim.

Hiện nay các diode được chế tạo bằng phương pháp khuếch tán. Một bán dẫn n được phủ một lớp SiO_2 bằng kỹ thuật quang khắc người ta khoét một cửa sổ với kích thước định trước qua lớp SiO_2 xuống bề mặt bán dẫn n, phiến bán dẫn này được đưa vào lò khuếch tán. Trong lò khuếch tán ở nhiệt độ và nồng độ tạp chất axceto thích hợp các nguyên tử axcepto qua cửa sổ đi sâu vào bán dẫn loại n biến vùng bán dẫn mới có cửa sổ thành bán dẫn loại p và chuyển tiếp pn được hình thành. Phương pháp khuếch tán chế tạo pn này còn được dùng để chế tạo transistor và dụng cụ bán dẫn khác. Diode chế tạo bằng phương pháp khuếch tán gọi là diode khuếch tán.

Vấn đề chọn dạng hình học của chuyển tiếp pn và dạng vỏ bọc cũng rất quan trọng. Nó phụ thuộc vào ba yếu tố sau:

Đảm bảo sự tản nhiệt tốt khi diode làm việc ở chế độ dòng lớn.

Đảm bảo hạn chế các yếu tố ký sinh khi diode làm việc ở tần số cao.

Đảm bảo cho diode có kích thước nhỏ nhất trong điều kiện có thể rút nhỏ được.

Điốt chỉnh lưu sử dụng tính dẫn điện một chiều để chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành một chiều. Đặc tính của điốt chỉnh lưu là các đại lượng dòng điện thuận cực đại I_{max} và điện áp ngược tối đa cho phép $U_{ng.\max}$ sẽ xác định điện áp chỉnh lưu lớn nhất. Thông thường ta chọn trị số điện áp ngược cho phép $U_{ng.\max} = 0{,}8\ U_{đ.t}$. Hiện nay điốt chỉnh lưu phổ biến nhất là điốt Silic vì có nhiệt độ làm việc cao.

Đặc tuyến votl ampe và các tham số của diode chỉnh lưu:

Như thấy trên đặc tuyến dòng điện thuận của diode I_{th} có giá trị nhỏ cho tới khi điện áp thuận tăng lên đến giá trị khoảng 0,7V đối với diode gecmani. Khi điện áp thuận vượt qua giá trị này thì dòng thuận tăng lên một cách rõ rệt khi điện áp thuận tăng.

Dòng ngược I_{ng} thường rất nhỏ so với dòng thuận (thường microampe) trong khi đó dòng thuận là miliampe. Trên lý thuyết dòng ngược được tạo ra bởi các hạt dẫn thiểu số sau khi mau chóng đạt tới giá trị bão hoà, dòng ngược giữ nguyên giá

trị không tăng cho dù điện áp ngược tăng. Nhưng trong thực tế khi tăng điện áp ngược dòng ngược có tăng đôi chút. Sở dĩ như vậy trong dòng ngược còn có dòng dò ngược theo bề mặt của chuyển tiếp pn, điện áp ngược càng lớn dòng dò ngược càng lớn.

Khi tăng điện áp ngược vượt qua một giá trị nhất định dòng điện sẽ tăng đột ngột và hiện tượng này gọi là hiện tượng đánh thủng diode. Điện áp ngược với hiện tượng đánh thủng gọi là điện áp đánh thủng. Trong mạch điện nếu không có phương pháp hạn chế dòng ngược diode sẽ bị hỏng. Như vậy có nghĩa hiện tượng đánh thủng chuyển tiếp pn không phải bao giờ cũng làm hỏng diode, có loại diode làm việc trong tình trạng đánh thủng.

Từ đặc tuyến của diode ta thấy các tham số quan trọng của diode bán dẫn là:

Dòng bão hoà ngược I_{ng} dòng này đòi hỏi càng nhỏ hơn dòng thuận càng tốt

Điện áp đánh thủng U_{dt} đó là điện áp cực đại khi diode phân cực ngược. Các diode chỉnh lưu khi làm việc thường điện áp ngược phải nhỏ hơn giá trị này.

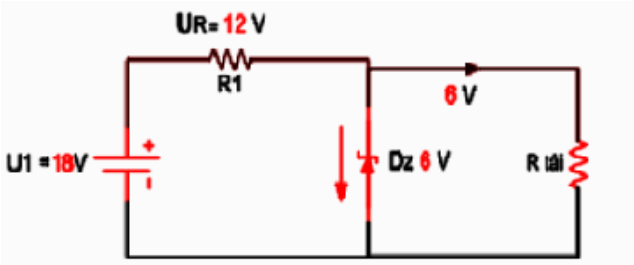
Điện áp thuận U_{th} là điện áp phân cực thuận bắt đầu từ đấy dòng thuận tăng lên đáng kể. Điện áp thông thuận của diode phụ thuộc vào đặc tính của vật liệu làm diode.

Dòng thuận cực đại I_{thmax} đó là dòng thuận lớn nhât có thế cho qua diode. Đôi khi tham số này được thay bằng công suất cực đại P_M, đây là tham số qua trọng nói lên khả năng ứng dụng của diode.

Điện trở động của diode $r_đ$ là độ dốc đặc tuyến thuận diode tại điểm khảo sát. Đôi khi còn gọi là điện trở vi phân, nó được xác định bằng tỷ số giữa gia số của điện áp và gia số của dòng điện tương ứng.

2.4.2.2. Điốt ổn áp (Zener).

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



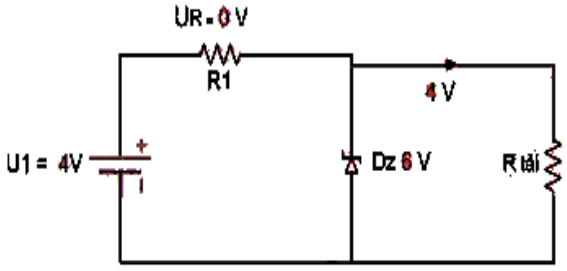
Ký hiệu và ứng dụng của Diode zener trong mạch.

Dùng diode ổn áp bằng những biện pháp đơn giản có thể ổn định điện áp trong khoảng từ 3V đến 300V. Và nó thường làm việc ở chế độ dòng lớn nên thường là diode tiếp mặt.

Sơ đồ trên minh hoạ ứng dụng của Dz, nguồn U_1 là nguồn có điện áp thay đổi, Dz là diode ổn áp, R_1 là trở hạn dòng.

Ta thấy rằng khi nguồn U_1 > Dz thì áp trên Dz luôn luôn cố định cho dù nguồn U_1 thay đổi.

Khi nguồn U_1 thay đổi thì dòng ngược qua Dz thay đổi, dòng ngược qua Dz có giá trị giới hạn khoảng 30mA.



Thông thường người ta sử dụng nguồn U_1 > 1,5 => 2 lần Dz và lắp trở hạn dòng R_1 sao cho dòng ngược lớn nhất qua Dz < 30mA.

Nếu U_1 < Dz thì khi U_1 thay đổi áp trên Dz cũng thay đổi.

Nếu U_1 > Dz thì khi U_1 thay đổi => áp trên Dz không đổi.

Các tham số điện quan trọng của diode là:

Điện áp ổn định U_Z đó là điện áp ngược đặt và diode làm phát sinh hiện tượng đánh thủng trong quá trình làm việc diode giữ ổn định ở điện áp này. Đối với mỗi loại diode ổn định có khoảng ổn định điện áp trong một dải hẹp nhất định. Giới hạn

dưới của khoảng này là điện áp nhỏ nhất làm phát sinh hiện tượng đánh thủng, giới hạn trên là điện áp ngược ứng với dòng ngược cực đại cho phép.

Trở kháng động $Z_{đz}$ được xác định bằng độ dốc của đặc tuyến tĩnh tại điểm công tác

$$Z_{đz} = \frac{dU_z}{dI_z}$$

Trở kháng càng nhỏ thì sự ổn định càng cao. Trường hợp lý tưởng độ dốc đặc tuyến gần bằng không, nghĩa là đặc tuyến gần với gốc trục hoành.

Điện trở tĩnh R là tỉ số giữa điện áp và dòng điện trên diode ổn định tại điểm công tác.

$$R = \frac{U_z}{I_z}$$

2.4.2.3. Diode tunel

Diode này làm việc dựa trên hiệu ứng tunel (đường hầm) của chuyển tiếp pn như đã trình bày, đối với diode chỉnh lưu nồng độ đôn trong bán dẫn n và nồng độ acxepto trong bán dẫn p nằm trong khoảng giới hạn nhất định và mức Fecmi của diode này nằm trong khoảng gần giữa vùng cấm. Nếu tăngnồng độ tạp chất trong bán dẫn p cũng như bán dẫn n lên tới mức bán dẫn trở thành bán dẫn suy biến mức Fecmi này đã dịch chuyển đến sát đáy vùng dẫn bên bán dẫn n và đỉnh vùng hoá trị bên phía bán dẫn p khi đó diode ngược còn gọi là bán dẫn suy biến, nếu vẫn tiếp tục tăng nồng độ tạp chất cả hai phía chuyển tiếp pn thì mức Fecmi sẽ năng sâu và đáy vùng dẫn bên bán dẫn n và đỉnh vùng hoá trị bên phía bán dẫn p khi ấy gọi là diođe tunel.

Do đặc tính điện trở âm diode tunel có nhiều ứng dụng trong thực tế, đặc biệt trong lĩnh vực siêu cao tần.

Dùng diode tunel để khuếch đại tín hiệu, muốn dùng diode tunel để khuếch đại tín hiệu phải phân cựec để diode làm việc ở đoạn điện trở âm, tuỳ theo cách mắc

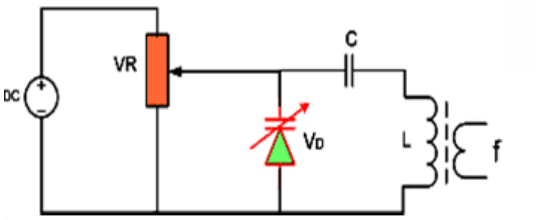
điện trở tải có thể chia làm hai loại khuếch đại song song và khuếch đại nối tiếp. Hoặc sử dụng diode để là mạch khoá, về mặt hình thức mạch khoá và mạch khuếch đại mắc nối tiếp dùng diode tunel tương tự như nhau. Sự khác nhau cơ bản ở đây là cách chọn điện trở tải tĩnh. Trong trường hợp khuếch đại, đường tải tĩnh chỉ cắt đặc tuyến volt - ampe tại một điểm, còn trong trường hợp mạch khoá đường tải tĩnh phải cắt đặc tuyến tại ba điểm.

2.4.2.4. Diode biến dung

Những diode bán dẫn trong đó chuyển tiếp pn được chế tạo một cách đặc biệt để lợi dụng đặc tính điện dung của nó gọi là diode biến dung. Diode biến dung còn được gọi là Varicap, epicap, varacto. Diode biến dung là dụng cụ bán dẫn có hai cực, điện dung của nó có thể thay đổi trong phạm vi nhất định khi thay đổi điện áp phân cực ngược diode. Bởi vậy, tên gọi chính xác của diode này là diode điện dung biến đổi theo điện áp phân cực ngược.

Như ta đã biết điện dung của tụ điện phẳng tỉ lệ thuận với điện tích của phiến điện cực và tỉ lệ nghịch với chiều dày của lớp điện môi (khoảng cách giữa hai phiến điện cực), do đó điện dung của diode tỷ lệ thuận với diện tích thiết diện của chuyển tiếp pn và tỷ lệ nghịch với độ rộng miên điện tích không gian.

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



Hình 2.7 Sơ đồ diode biến dung

Ở hình trên khi ta chỉnh triết áp V_R, điện áp ngược đặt vào Diode Varicap thay đổi , điện dung của diode thay đổi => làm thay đổi tần số công hưởng của mạch.

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

2.4.2.5. Diode Phát quang (Light Emiting Diode LED)

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

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

2.4.3. Ứng dụng Diode

2.4.3.1. Mạch chỉnh lưu một nửa chu kỳ

Mạch chỉnh lưu là một mạch điện, điện tử chứa các linh kiện điện tử có tác dụng biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Mạch chỉnh lưu được dùng trong các bộ nguồn một chiều hoặc mạch tách sóng tín hiệu vô tuyến trong các thiết bị vô tuyến. Trong mạch chỉnh lưu thường chứa các Điốt bán dẫn để điều khiển dòng điện và các linh kiện khác.

Hoạt động:

Khi cấp điện áp xoay chiều U_1 bên sơ cấp thì bên thứ cấp của MBA xuất hiện một điện áp xoay chiều U_2 với

$$U_2 = kU_1 \quad (k \text{ là hệ số của MBA})$$

- Xét nửa chu kỳ dương của U_2: Giả sử điểm A có điện thế dương, điểm B có điện thế âm, Diode D thông (phân cực thuận). Vì vậy, dòng điện chạy trong mạch theo chiều: A+→D→R_t→B-.

- Xét nửa chu kỳ âm của U_2: Giả sử điểm A có điện thế âm, điểm B có điện thế dương, Diode D tắt (phân cực ngược). Dòng điện chạy trong mạch có trị số bằng 0, tương ứng điện áp trên tải cũng bằng 0

Biên độ điện áp ra trên tải là

$$U_{r(p)} = U_{2(p)} - 0{,}6V \quad (\text{Diode loại Si, mô hình thực tế})$$

$U_{r(p)}$: Điện áp ra đỉnh

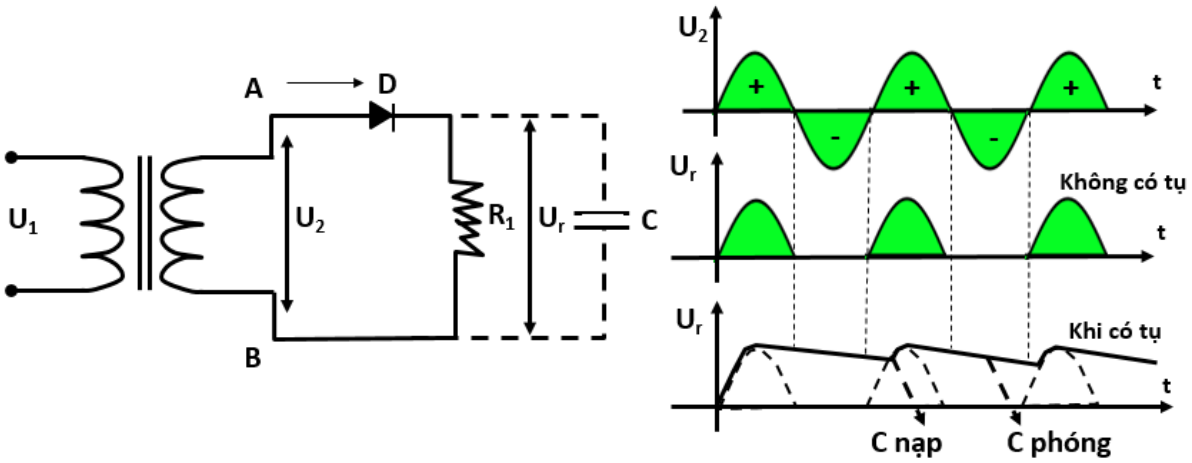
$U_{2(p)}$: Điện áp thứ cấp đỉnh

Điện áp đầu ra

$$U_{ra} = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} U_{2(p)} \sin(\omega t)\,dt$$

Dòng điện đầu ra

$$I_t = \frac{U_{ra}}{R_t}$$



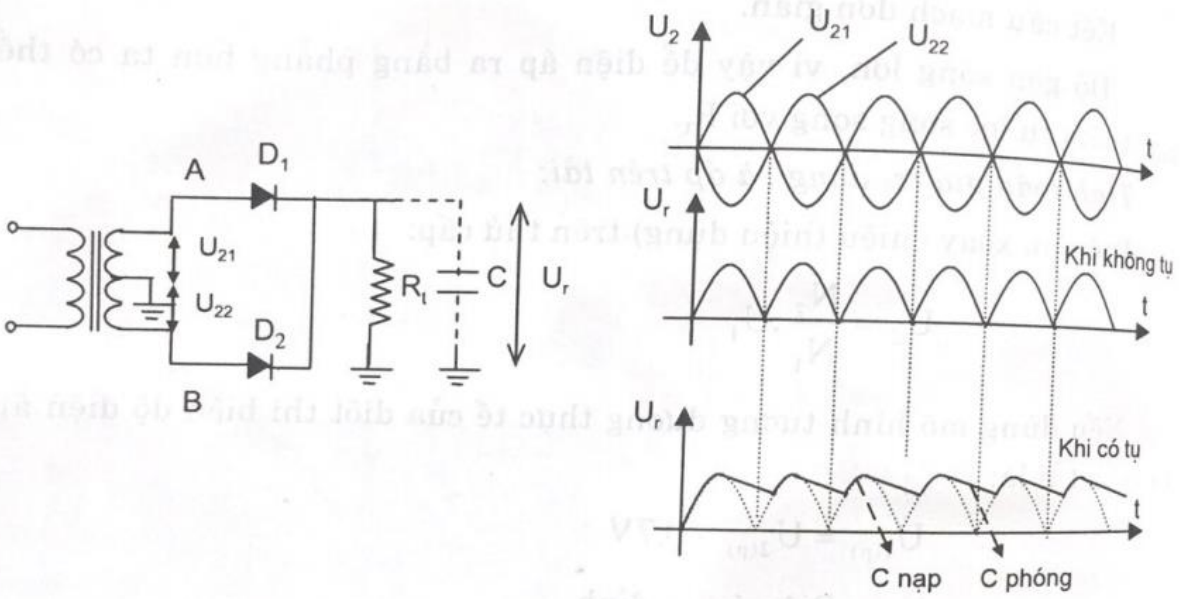
Hình 2.7. Phân cực ngược cho Diode

Đặc điểm:

- Kết cấu mạch đơn giản.

- Độ gợn sóng lớn, vì vậy để điện áp ra bằng phẳng hơn ta có thể thêm tụ lọc song song với R_t

2.4.3.2. Mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ dùng hai diode



Hoạt động:

- Xét nửa chu kỳ dương của U_{21} (tức là nửa chu kỳ âm của U_{22}): Diode D_1 thông nên có dòng điện chạy trong mạch theo chiều: A→D_1→R_t →0V.

- Xét nửa chu kỳ âm của U_{21} (tức là nửa chu kỳ dương của U_{22}): Diode D_2 thông nên có dòng điện chạy trong mạch theo chiều: B→D_2→R_t →0V.

Nhận xét:

Trong cả hai nửa chu kỳ của điện áp xoay chiều đều có dòng điện qua tải. Sơ đồ mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ sử dụng Diode chính là hai sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ mắc song song có tải chung

Đặc điểm:

- Mạch dùng 2 diode

- Điện áp ngược đặt lên diode lớn

- Độ gợn sóng ít hơn mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ, vì vậy để điện áp ra bằng phẳng hơn ta có thể mắc thêm tụ lọc song song với R_t

Tính toán giá trị điện áp và dòng điện trên tải

Biên độ điện áp ra trên tải là

$U_{r(p)} = U_{2(p)} - 0{,}6V$ (Diode loại Si, mô hình thực tế)

$U_{r(p)}$: Điện áp ra đỉnh

$U_{2(p)}$: Điện áp thứ cấp đỉnh

Điện áp đầu ra

$$U_{ra} = \frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} U_{2(p)} \sin(\omega t)\,dt$$

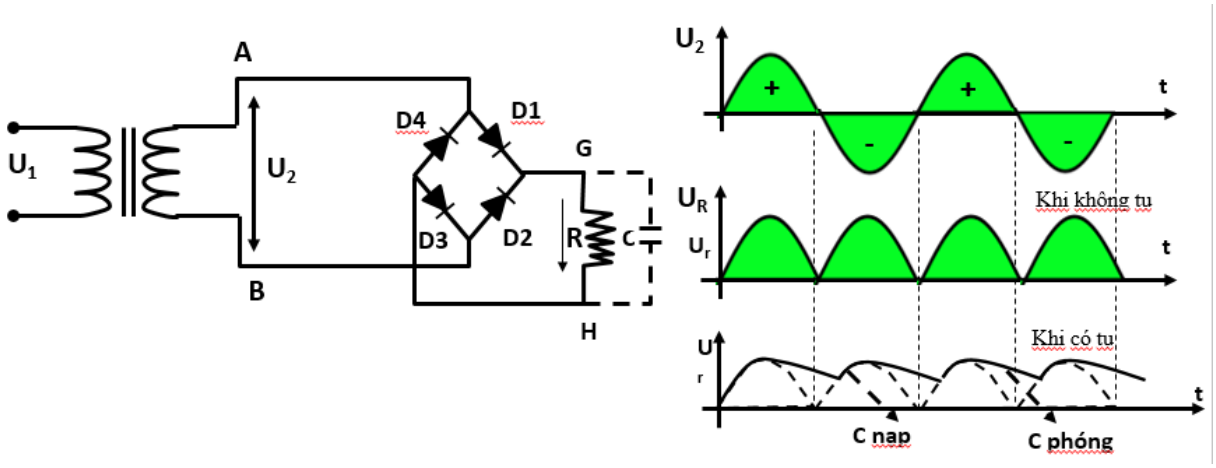
Dòng một chiều nhận được trên tải là

$$I_t = \frac{U_{ra}}{R_t}$$

2.4.3.3. Mạch chỉnh lưu cầu Diode

Hoạt động:

- Xét nửa chu kỳ dương của U_2: Diode D_1 và D_3 thông nên có dòng điện chạy trong mạch theo chiều: A→D_1→R_t →D_3 →B.



Hình 2.8. Mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ dùng cầu Diode

- Xét nửa chu kỳ âm của U_2: Diode D_1 và D_3 thông nên có dòng điện chạy trong mạch theo chiều: A→D_1→R_t →D_3 →B.

Nhận xét: Trong cả hai nửa chu kỳ của điện áp xoay chiều đều có dòng điện qua tải

Tính toán giá trị điện áp và dòng điện trên tải

Biên độ điện áp ra trên tải là

$U_{r(p)} = U_{2(p)} - 2.0{,}6V$ (Diode loại Si, mô hình thực tế)

$U_{r(p)}$: Điện áp ra đỉnh

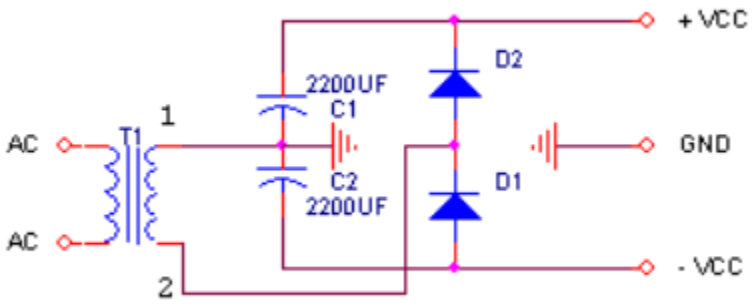
$U_{2(p)}$: Điện áp thứ cấp đỉnh

Điện áp đầu ra $U_{ra} = \frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} U_{2(p)} \sin(\omega t)\,dt$

Dòng một chiều nhận được trên tải là $I_t = \frac{U_{ra}}{R_t}$

2.4.3.4. Mạch nhân đôi điện áp

Giả sử tại nửa chu kỳ dương là điểm 1 dương thì điểm 2 sẽ là âm cho nên dòng điện sẽ đi từ điểm 1 để nạp vào tụ điện C2 và đi qua Diode D1 để về điểm 2. Trong nửa chu kỳ này tụ điện C1 và D2 không hoạt động. Đến nửa chu kỳ tiếp theo là nửa chu kỳ âm thì điểm 1 sẽ là âm và điểm 2 sẽ là dương nên lúc bấy giờ dòng điện sẽ từ điểm 2 chạy qua D2 để nạp vào Tụ điện C1 và về điểm 1 để hoàn thành việc chỉnh lưu cả hai nửa chu kỳ thành một nguồn điện áp hai cực tính âm - dương có tổng giá trị điện áp bằng hai lần điện áp ra trên cuộn thứ cấp của biến áp...



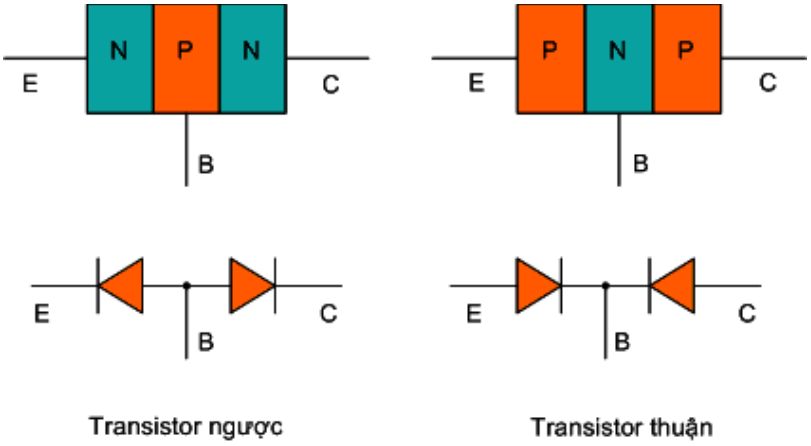
Mạch nắn dòng xoay chiều nhân đôi điện áp

CHƯƠNG 3: TRANSISTOR LƯỠNG CỰC (BJT)

3.1. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA TRANSISTOR

3.1.1. Cấu tạo của Transistor

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



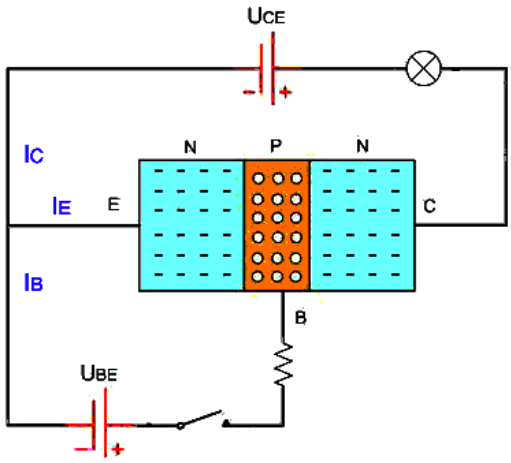
Transistor ngược Transistor thuận

Ba lớp bán dẫn được nối ra thành ba cực , lớp giữa gọi là cực gốc ký hiệu là B (Base), lớp bán dẫn B rất mỏng và có nồng độ tạp chất thấp.

Hai lớp bán dẫn bên ngoài được nối ra thành cực phát (Emitter) viết tắt là E, và cực thu hay cực góp (Collector) viết tắt là C, vùng bán dẫn E và C có cùng loại bán dẫn (loại N hay P) nhưng có kích thước và nồng độ tạp chất khác nhau nên không hoán vị cho nhau được.

3.1.2. Nguyên lý làm việc

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



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

Khi công tắc mở, ta thấy rằng, mặc dù hai cực C và E đã được cấp điện nhưng vẫn không có dòng điện chạy qua mối CE (lúc này dòng $I_C = 0$)

Khi công tắc đóng, mối P-N được phân cực thuận do đó có một dòng điện chạy từ (+) nguồn U_{BE} qua công tắc => qua R hạn dòng => qua mối BE về cực (-) tạo thành dòng I_B

Ngay khi dòng I_B xuất hiện => lập tức cũng có dòng I_C chạy qua mối CE làm bóng đèn phát sáng, và dòng I_C mạnh gấp nhiều lần dòng I_B

Giải thích :

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

a. Dòng điện

Phân cực thuận: có sự khuếch tán của các hạt dẫn đa số

Lỗ trống khuếch tán từ cực E sang cực B tạo thành dòng I_{ep}, điện tử khuếch tán từ cực B sang cực E tạo thành dòng I_{en}

$I_E = I_{ep} + I_{en} \sim I_{ep}$ (vì bán dẫn có cực B rất mỏng, nồng độ hạt dẫn không đáng kể)

Phân cực ngược: tạo ra các dòng cuốn các hạt dẫn thiểu số.

I_{cp} và I_{cn}

$I_C = I_{cp} + I_{cn} \sim I_{cp}$ (vì nồng độ các hạt dẫn ở cực B mỏng).

Một phần hạt dẫn bị tái hợp ở cực B tạo thành dòng I_B.

Tính toán gần đúng ta có: $I_E = I_B + I_C$.

b. Hệ số khuếch đại

Để đánh giá mức độ hao hụt dòng khuếch tán trong vùng bazơ người ta định nghĩa hệ số truyền đạt dòng điện α cuat transistor

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

α: là hệ số xác định chất lượng của transistor, α gần bằng 1 với transistor tốt.

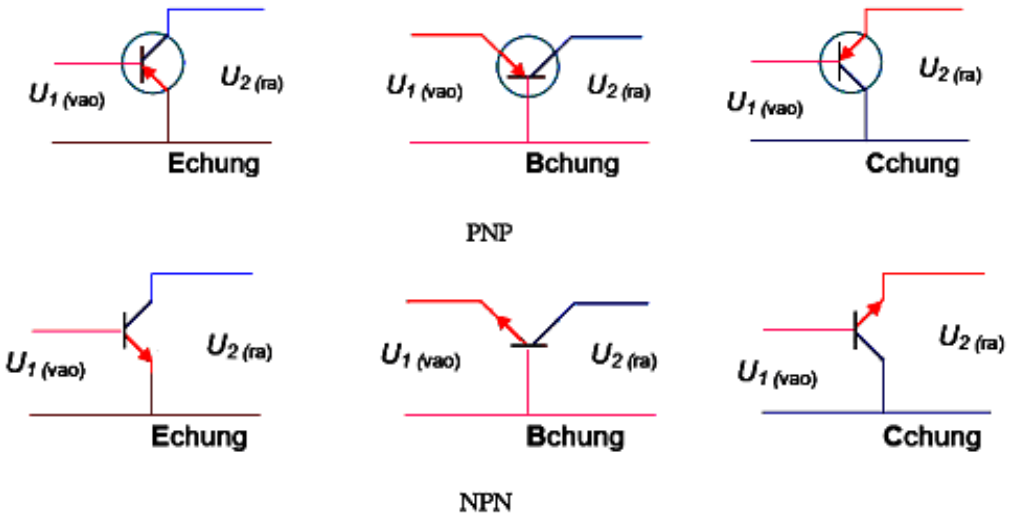
Để đánh giá tác dụng điều khiển của dòng I_B tới dòng I_C người ta định nghĩa hệ số khuếch đại β của transistor

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

β: khoảng vài chục đến vài trăm lần.

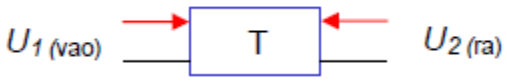
3.2. Các cách mắc cơ bản của transistor

Khi sử dụng về nguyên tắc có thể lấy hai trong ba cực của transistor làm đầu vào vào và cực thứ ba còn lại cùng với một cực đầu vào làm đầu ra.



Đặc tuyến của tranzito

Từ cách mắc được dùng trong thực tế của tranzito về mặt sơ đồ có thể coi tranzito là một phần tử 4 cực gần tuyến tính có 2 đầu vào và 2 đầu ra (h.2.20).



Hình 2.20: Tranzito như mạng bốn cực

Có thể viết ra 6 cặp phương trình mô tả quan hệ giữa đầu vào và đầu ra của mạng 4 cực trong đó dòng điện và điện áp là những biến số độc lập. Nhưng trong thực tế tính toán thường dùng nhất là 3 cặp phương trình tuyến tính sau:

Cặp phương trình trở kháng có được khi coi các điện áp là hàm, các dòng điện là biến có dạng sau:

$$U_1 = f(I_1 , I_2) = r_{11}\ I_1 + r_{12}\ I_2$$
$$U_2 = f(I_1 , I_2) = r_{21}\ I_1 + r_{22}\ I_2$$

Cặp phương trình dẫn nạp có được khi coi các dòng điện là hàm của các biến điện áp

$$I_1 = f(U_1 , U_2) = g_{11} . U_1 + g_{12} . U_2$$
$$I_2 = f(U_1 , U_2) = g_{21} . U_1 + g_{22} . U_2$$

Cặp phương trình hỗn hợp

$$U_1 = f(I_1 , U_2) \qquad h_{11}\ h_{12} \qquad I_1$$
$$U_2 = f(I_1 , U_2) \qquad h_{21}\ h_{22} \qquad U_2$$

Trong đó rij , gij , và hij tương ứng là các tham số trở kháng dẫn nạp và hỗn hợp của tranzito. Bằng cách lấy vi phân toàn phần các hệ phương trình trên, ta sẽ xác định được các tham số vi phân tương ứng của tranzito. Ví dụ :

$$r_{22} = \frac{\partial U_2}{\partial I_2}\Big|_{I_1=const} = \frac{1}{h_{22}} \text{ gọi là điện trở ra vi phân}$$

$$g_{22} = \frac{\partial I_2}{\partial U_2}\Big|_{U_2=const} = \frac{1}{r_{12}} = S \text{ được gọi là hỗ dẫn truyền đạt}$$

$$r_{11} = \frac{\partial U_1}{\partial I_1}\Big|_{I_2=const} = h_{11} \text{ là điện trở vào vi phân}$$

$$h_{21} = \frac{\partial I_2}{\partial I_2}\Big|_{U_2=const} = \beta \text{ là hệ số khuếch đại dòng điện vi phân}$$

Khi xác định đặc tuyến tĩnh (chế độ chưa có tín hiệu đưa tới) của tranzito, dùng hệ phương trình hỗn hợp là thuận tiện vì khi đó dễ dàng xác định các tham số của hệ phương trình này.

Đặc tuyến tĩnh dựa vào các hệ phương trình nêu trên có thể đưa ra các tuyến tĩnh của tranzito khi coi một đại lượng là hàm 1 biến còn đại lượng thứ 3 coi như một tham số. Trong trường hợp tổng quát có 4 họ đặc tuyến tĩnh:

Đặc tuyến vào U1 = f(I1) |U2=const

Đặc tuyến phản hồi U1 = f(U2) |I1=const (2-46)

Đặc tuyến truyền đạt I2 = f(I1) | U2=const

Đặc tuyến ra I2 = f(U2) | I1=const

Tùy theo cách mắc tranzito mà các quan hệ này có tên gọi cụ thể dòng điện và điện áp khác nhau, ví dụ với kiểu mắc EC : đặc tuyến vào là quan hệ $I_B = f(U_{BE}) \mid U_{CE} =$ const hay đặc tuyến ra là quan hệ IC = f(UCE) | IB = const …

Bảng (2.1) dưới đây cho các phương trình của họ đặc tuyến tương ứng suy ra từ

hệ phương trình hỗn hợp trong các trường hợp mắc mạch BC, EC và CC.

Bảng 2.1. Quan hệ hàm xác định họ đặc tuyến tĩnh của tranzito

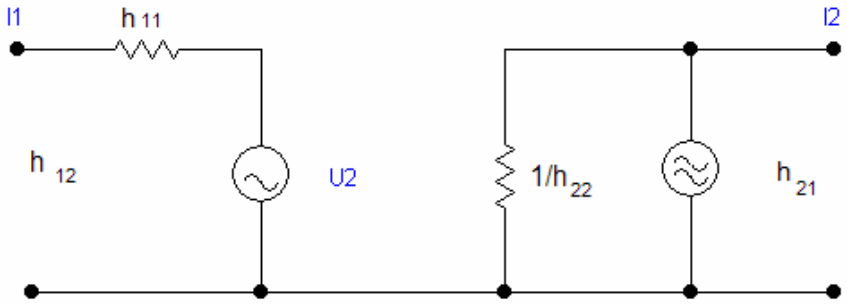
Tổng quát	BC	EC	CC
$U_1 = f(I_1) \mid U_2 = const$	$U_{EB} = f(I_E) \mid U_{CB}$	$U_{BE} = f(I_B) \mid U_{CE}$	$U_{BC} = f(I_B) \mid U_{EC}$
$U_1 = f(U_2) \mid I_1 = const$	$U_{EB} = f(U_{CB}) \mid I_E$	$U_{BE} = f(U_{CE}) \mid I_B$	$U_{BC} = f(U_{EC}) \mid I_B$
$I_2 = f(I_1) \mid U_2 = const$	$I_C = f(I_E) \mid U_{CB}$	$I_C = f(I_B) \mid U_{CE}$	$I_E = f(I_B) \mid U_{EC}$
$I_2 = f(U_2) \mid I_1 = const$	$I_C = f(U_{CB}) \mid I_B$	$I_C = f(U_{CE}) \mid I_B$	$I_E = f(U_{EC}) \mid I_B$

Có thể xây dựng sơ đồ tương đương xoay chiều tín hiệu nhỏ của tranzito theo hệ phương trình tham số hỗn hợp

$$\Delta U1 = h11\Delta I1 + h22\Delta U2 \quad (2\text{-}47)$$

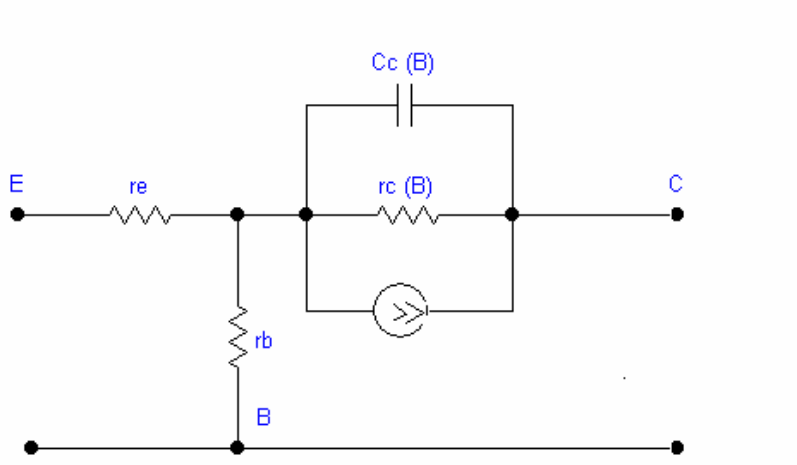
$$\Delta I2 = h2\Delta I1 + h22\Delta U2$$

Dạng như trên hình 2.21.



Hình 2.12: Sơ đồ tương đương mạng 4 cực theo tham số h

Chú ý: đối với các sơ đồ EC, BC, CC các đại lượng ΔI1, ΔU1, ΔI2, ΔU2 tương đương với các dòng vào (ra), điện áp vào (ra) của từng cách mắc. Ngoài ra còn có thể biểu thị sơ đồ tương đương của tranzito theo các tham số vật lý. Ví dụ với các kiểu mắc BC có sơ đồ 2.22



Hình 2.22: Sơ đồ tương đương mạch BC

Ở đây:

- rE là điện trở vi phân của tiếp giáp emitơ và chất bán dẫn làm cực E.
- rB điện trở khối của vùng bazơ.
- rC(B) điện trở vi phân của tiếp giáp colectơ.
- CC(B) điện dung tiếp giáp colectơ.
- I_E nguồn dòng tương đương của cực emitơ đưa tới colectơ.

Mối liên hệ giữa các tham số của hai cách biểu diễn trên như sau khi $\Delta U2 = 0$ với mạch đầu vào ta có : $\Delta U1 = \Delta I1 [rE + (1- a)rB]$

hay $h11 = \Delta U1/\Delta I1 = [rE + (1- a)rB]$

với mạch đầu ra : $\Delta I2 = a.\Delta I1$ do đó a = h21 khi $\Delta I1 = 0$

Dòng mạch ra $\Delta I2 = \Delta U2 /(rC(B)+ rB) \approx \Delta U2 /tC(B)$ do đó

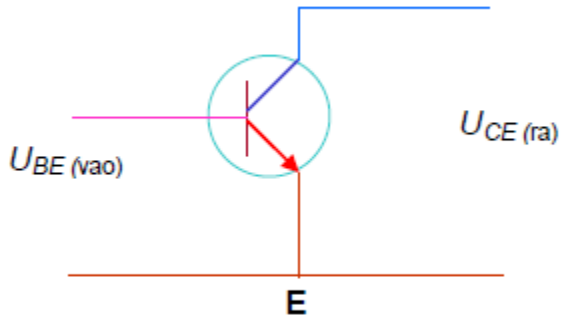
$$h22 = 1/r\ c(B)$$

và $\Delta U1 = \Delta I2.rB$ nên ta có h12 = rB / rC(B)

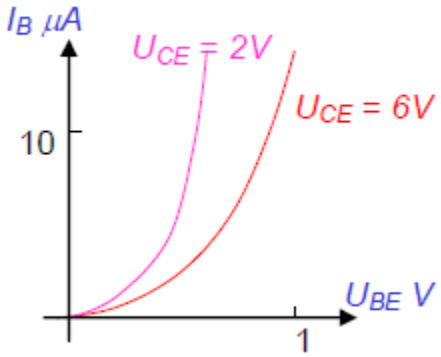
$$\Delta U2 = \Delta I2.rC(B)$$

3.2.1. Mạch E chung

Trong cách mắc EC, điện áp vào được mắc giữa cực bazơ và cực emitơ, còn điện áp ra lấy từ cực colectơ và cực emitơ. Dòng vào, điên áp vào và dòng điện ra được đo bằng các miliampe kế và vôn kế mắc như hình 2.23. Từ mạch hình 2.23, có thể vẽ được các họ đặc tuyến tĩnh quan trọng nhất của mạch EC :



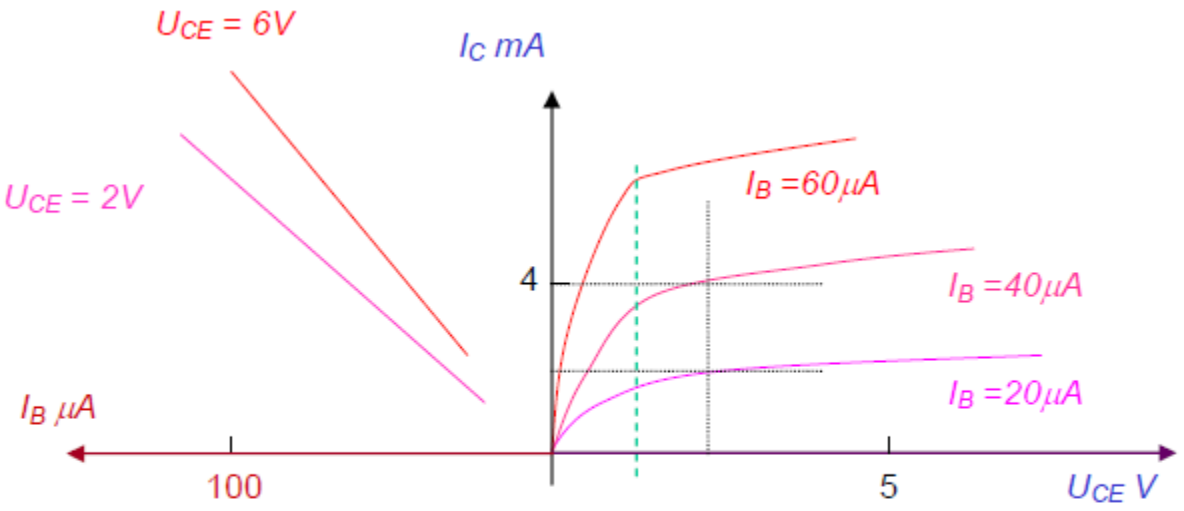
Hình 2.23: Sơ đồ Ec



Hình 2.24: Họ đặc tuyến vào Ec

Để xác định đặc tuyến vào, cần giữ nguyên điện áp U_{CE}, thay đổi trị số điện áp U_{BE} ghi các trị số I_B tương ứng sau đó dựng đồ thị quan hệ này, sẽ thu được kết quả như hình 2.24. Thay đổi U_{EC} đến một giá trị cố định khác và làm lại tương tự sẽ được đường cong thứ hai. Tiếp làm tục như vậy sẽ có một họ đặc tuyến vào của tranzito mắc chung emitơ. Từ hình 2.24, có nhận xét đặc tuyến vào của tranzito mắc chung emitơ giống như đặc tuyến của chuyển tiếp p-n phân cực thuận, vì dòng I_B trong trường hợp này là một phần của dòng tổng I_E chảy qua chuyển tiếp emitơ phân cực thuận (h 2.23). Ứng với một giá trị U_{CE} nhất định dòng I_B càng nhỏ khi U_{CE} càng lớn vì khi tăng U_{CE} tức là tăng U_{CB} (ở đây giá trị điện áp là giá trị tuyệt đối) làm cho miền điện tích không gian của chuyển tiếp colectơ rộng ra chủ yếu về phía miền bazơ pha tạp yếu. Điện áp U_{CB} càng lớn thì tỉ lệ hạt dẫn đến colectơ càng lớn, số hạt dẫn bị tái hợp trong miền bazơ và đến cực bazơ để tạo thành dòng bazơ càng ít, do đó dòng bazơ nhỏ đi Để vẽ đặc tuyến ra của tranzito mắc CE, cần giữ dòng I_B ở một trị số cố định nào đó, thay đổi điện áp U_{CE} và ghi lại giá trị tương ứng của dòng I_C

kết quả vẽ được đường cong sự phụ thuộc của I_C vào U_{CE} với dòng I_C coi dòng I_B là tham số như hình 2.25. Từ họ đặc tuyến này có nhận xét sau: Tại miền khuếch đại độ dốc của đặc tuyến khá lớn vì trong cách mắc này dòng I_E không giữ cố định khi tăng U_{CE} độ rộng hiệu dụng miền bazơ hẹo lại làm cho hạt dẫn đến miền colectơ nhiều hơn do đó dòng I_C tăng lên. Khi U_{CE} giảm xuống 0 thì I_C cũng giảm xuống 0 (các đặc tuyến đều quagốc tọa độ). Sở dĩ như vậy vì điện áp ghi trên trục hoành là $U_{CE}= U_{CB} + U_{BE}$ như vậy tại điểm uốn của đặc tuyến, U_{CB} giảm xuống 0, tiếp tục giảm UCE sẽ làm cho chuyển tiếp colectơ phân cực thuận. Điện áp phân cực này đẩy những hạt dẫn thiểu số tạo thành dòng colectơ quay trở lại miền bazơ, kết quả khi U_{CE} = 0 thì I_C cũng bằng 0. Ngược lại nếu tăng U_{CE} lên quá lớn thì dòng I_C sẽ tăng lên đột ngột (đường đứt đoạn trên hình 2.25), đó là miền đánh thủng tiếp xúc (điốt) JC của tranzito.(Tương tự như đặc tuyến ngược của điốt, khi U_{CE} tăng quá lớn tức là điện áp phân cực ngược U_{CB} lớn lớn tới một giá trị nào đó, tại chuyển tiếp colectơ sẽ sảy ra hiện tương đánh thủng do hiệu ứng thác lũ và hiệu ứng Zener làm dòng I_C tăng đột ngột). Bởi vì khi tranzito làm việc ở điện áp U_{CE} lớn cần có biện pháp hạn chế dòng IC để phồng tránh tranzito bị hủy bởi dòng IC quả lớn.

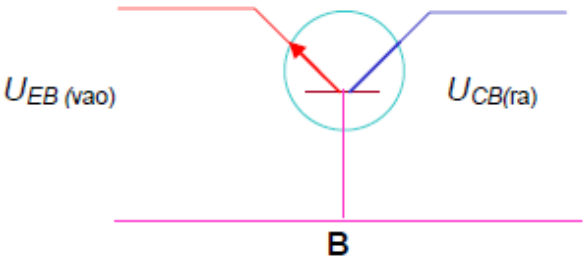


Hình 2.25: Đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt của tranzito mắc Ec

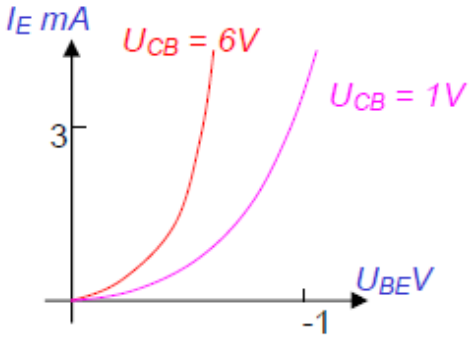
Đặc tuyến truyền đạt biểu thị mối quan hệ giữa dòng ra (I_C) và dòng vào I_B khi U_{CE} cố định. Đặc tuyến này có thể nhận được bằng cách giữ nguyên diện áp U_{CE}, thay đổi dòng bazơ I_B ghi lại giá trị tương ứng IC trên trục tọa độ, thay đổi các giá trị của U_{CE} làm tương tự như trên có họ đặc tuyến truyền đạt, cũng có thể suy ra họ đặc tuyến này từ các đặc tuyến ra (h 2.25). Cách làm như sau: tại vị trí U_{CE} cho trước trên đặc tuyến ra vẽ đường song song với trục tung, đường này cắt họ đặc tuyến ra ở những điểm khác nhau. Tương ứng với các giao điểm này tìm được giá trị I_C. Trên hệ tạo độ I_C, I_B có thể vẽ được nhữnh điểm thảo mãn cặp trị số I_C, I_B vừa tìm được, nối các điểm này với nhau sẽ được đặc tuyến truyền đạt cần tìm.

3.3.2. Mạch chung bazơ

Tranzito nối mạch theo kiểu chung bazơ là cực bazơ dùng chung cho cả đầu vào và đầu ra. Tín hiệu vào được đặt giữa hai cực emitơ và bazơ, còn tín hiệu ra lấy từ cực colectơ và bazơ. Để đo điện áp ở đầu ra và đầu vào từ đó xác định các họ đặc tuyến tĩnh cơ bản của tranzito mắc chung bazơ (BC) người ta mắc những vôn kế và miliampe kế như hình 2.26



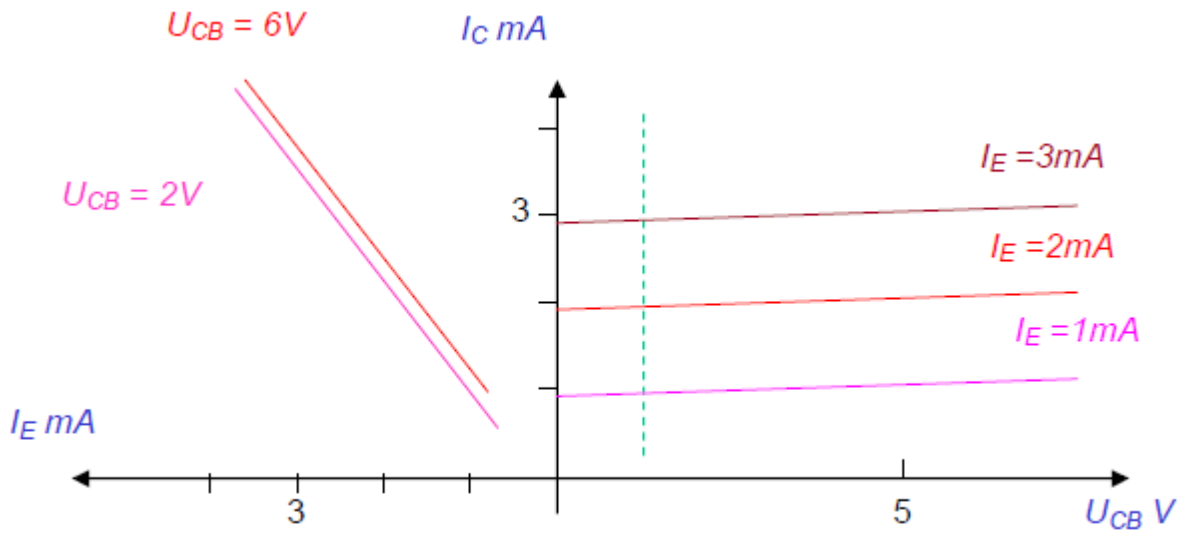
Hình 2.26: Sơ đồ Bc



Hình 2.27: Họ đặc tuyến vào Bc

Dựng đặc tuyến vào trong trường hợp này là xác định quan hệ hàm số IE =f(UEB) khi điện áp ra UCB cố định. Muốn vậy cần giữ UCB ở một giá trị không đổi, thay đổi giá trị U_{BE} sau đó ghi lại giá trị dòng IE tương ứng. Biểu diễn kết quả này trên trục tọa độ IE (U_{EB}) sẽ nhận được đặc tuyến vào ứng với trị UCB đã biết. Thay đổi các giả trị cố định của UCB làm tương tự như trên sẽ được họ đặc tuyến vào như

hình 2.27. Vì chuyển tiếp emitơ luôn phân cực thuận cho nên đặc tuyến vào của mạch chung bazơ cơ bản giống như đặc tuyến thuận của điốt. Qua hình 2.26 còn thấy rằng ứng với điện áp vào UEB cố định dòng vào IE càng lớn khi điện áp UCB càng lớn, vì điện áp U_{CB} phân cực ngược chuyển tiếp colectơ khi nó tăng lên làm miền điện tích không gian rộng ra, làm cho khoảng cách hiệu dụng giữa emitơ và colectơ ngắn lại do đó làm dòng IE tăng lên. Đặc tuyến ra biểu thị quan hệ IC= f(U_{CB}) khi giữ dòng vào IE ở một giá trị cố định. Căn cứ vào hình 2.26, giữ dòng IE ở một giá trị cố định nào đó biến đổi giá trị của U_{CB} ghi lại các giá trị IC tương ứng, sau đó biểu diễn kết quả trên trục tọa độ IC – U_{CB} sẽ được đặc tuyến ra. Thay đổi các giá trị IE sẽ được họ đặc tuyến ra như hình 2.28. Từ hình 2.28 có nhận xét là đối với IE cố định, IC gần bằng IE. Khi UCB tăng lên IC chỉ tăng không đáng kể điều này nói lên rằng hầu hết các hạt dẫn được phun vào miền bazơ từ miền emitơ đều đến được colectơ. Dĩ nhiên dòng IC bao giờ cũng phải nhỏ hơn dòng IE. Khi UCB tăng làm cho đọ rộng miền điện tích không gian colectơ lớn lên, độ rộng hiệu dụng của miền bazơ hẹp lại, số hạt dẫn đến được miền colectơ so với khi U_{CB} nhỏ hơn, nên dòng IC lớn lên. Cũng từ hình 2.28 còn nnhận xét rằng khác với trường hợp đặc tuyến ra mắc CE khi điện áp tạo ra UCB giảm tới 0. Điều này có thể giải thích như sau: Khi điện áp ngoài UCB giảm đến 0, bản thân chuyển tiếp chuyển tiếp colectơ vẫn còn điện thế tiếp xúc, chính điện thế tiếp xúc colectơ đã cuốn những hạt dẫn từ bazơ sang colectơ làm cho dòng IC tiếp tục chảy. Để làm dừng hẳn IC thì chuyển tiếp colectơ phải được phân cực thuận với giá trị nhỏ nhất là bằng điện thế tiếp xúc, khi ấy điện thế trên chuyển tiếp colectơ sẽ bằng 0 hoặc dương lên,làm cho các hạt dẫn từ bazơ không thể chuyển sang colectơ (IC= 0).



Hình 2.29: Đặc tuyến truyền đạt và đặc tuyến ra của sơ đồ Bc

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

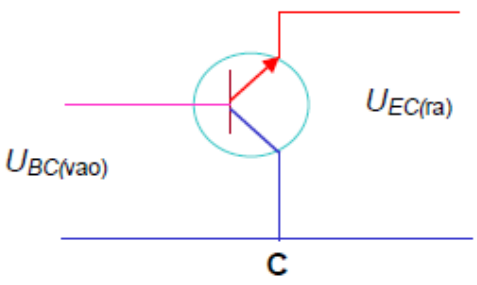
Đặc tuyến truyền đạt chỉ rõ quan hệ hàm số giữa dòng ra và dòng vào $I_C=f(I_E)$ khi điện áp ra giữ cố định. Để vẽ đặc tuyến này có thể làm bằng hai cách : hoặc bằng thực nghiệm áp dụng sơ đồ (2.25), giữ nguyên điện áp U_{CB} thay đổi dòng vào IE, ghi lại các kết quả tương ứng dòng IC, sau đó biểu diễn các kết quả thu được trên tạo độ I_C – I_E sẽ được đặc tuyến truyền đạt. Thay đổi giá trị cố định UCB sẽ được họ đặc tuyến truyền đạt như hình 2.29. Hoặc bằng cách suy ra từ đặc tuyến ra: từ điểm U_{CB} cho trước trên đặc truyến ta vẽ đường song song với trục tung, đường này sẽ cắt họ đặc tuyến ra tại các điểm ứng với I_E khác nhau từ các giao điểm này có thể tìm được

trên trục tung các giá trị I_C tương ứng. Căn cứ vào các cặp giá trị I_E, I_C này có thể vẽ đặc tuyến truyền đạt ứng với một điện áp U_{CB} cho trước, làm tương tự với các giá trị U_{CB} khác nhau sẽ được họ đặc tuyến truyền đạt như hình 2.29.

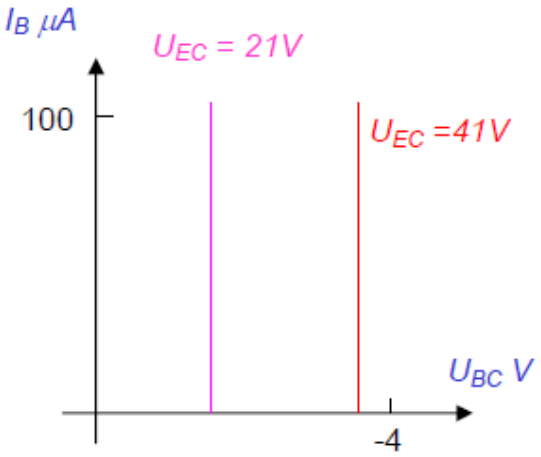
3.3.3. Mạch chung colectơ (CC)

Mạch chung colectơ có dạng như hình 2.30, cực colectơ dung chung cho đầu vào và đầu ra.

Để đo điện áp vào, dòng vào, dòng ra qua đó xác các đặc tuyến tĩnh cơ bản của mạch CC dung các vôn kế và miliampe kế được mắc như hình 2.30.

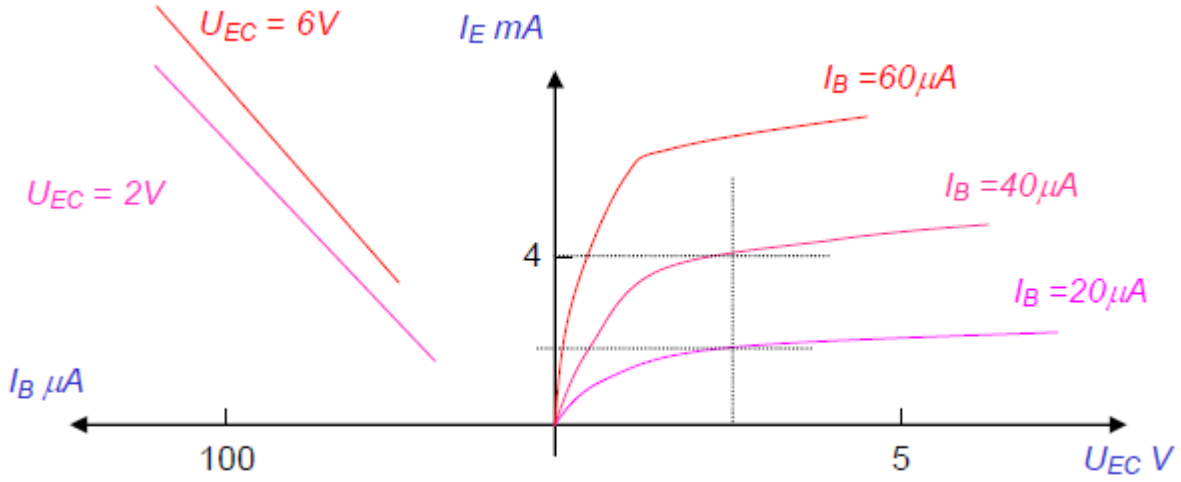


Hình 2.30: Sơ đồ Cc



Hình 2.31: Họ đặc tuyến vào Cc

Đặc tuyến vào của mạch chung colectơ (CC) IB= f(UCB) khi điện áp ra UCE không đổi có dạng như hình 2.31 nó có dạng khác hẳn so với các đặc tuyến vào của hai cách mắc EC và BC xét trước đây. Đó là vì trong kiểu mắc mạch này điện áp vào UCB phụ thuộc rất nhiều vào điện áp ra UCE (khi làm việc ở chế độ khuyếch đại điện áp UCB đối với tranzito silic luôn giữ khoảng 0.7V, còn tranzito Gecmani vào khoảng 0.3V trong khi đó điện áp UCE biến đổi trong khoảng rộng). Ví dụ trên hình 2.31 hãy xét trường hợp UEC = 2V tại IB = 100mA; UCB = UCE –UBE = 2V – 0.7 V =1,3V



Hình 2.29: Đặc tuyến truyền đạt và đặc tuyến ra của sơ đồ Cc

Khi điện áp vào U_{CB} tăng điện áp U_{BE} giảm làm cho IB cũng giảm. Đặc tuyến ra của tranzito mắc CC mô tả quan hệ giữa dòng I_E và điện áp U_{CE} khi dòng vào I_B không đổi. Đặc tuyến truyền đạt trong trường hợp này mô tả quan hệ giữa dòng ra I_E và dòng vào I_B khi điện áp U_{CE} không đổi. Trong thực tế có thể coi $I_C \approx I_E$ cho nên đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt (trường hợp mắc chung colectơ) tương tự như trường hợp mắc chung emitơ (h 2.32).

3.3. PHÂN CỰC CHO TRANZITO

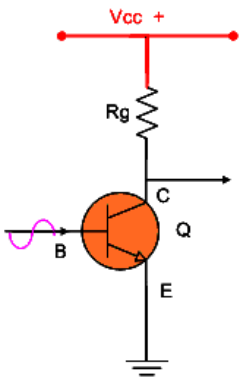
3.3.1. Các khái niệm cơ bản

Phân cực là cấp một nguồn điện vào chân B (qua trở phân cực) để đặt Transistor vào trạng thái sẵn sàng hoạt động, sẵn sàng khuyếch đại các tín hiệu cho dù rất nhỏ.

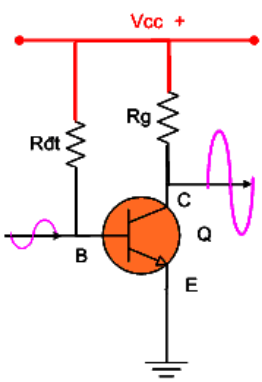
Tại sao phải phân cực cho Transistor ?

Để hiểu được điều này ta hãy xét hai sơ đồ trên

+ Ở trên là hai mạch sử dụng transistor để khuyếch



Transistor không phân cực



Transistor có phân cực

đại tín hiệu, một mạch chân B không được phân cực và một mạch chân B được phân cực thông qua $R_{đt}$.

+ Các nguồn tín hiệu đưa vào khuyếch đại thường có biên độ rất nhỏ (từ 0,05V đến 0,5V) khi đưa vào chân B (đèn chưa có phân cực) các tín hiệu này không đủ để tạo ra dòng I_{BE} (đặc điểm mối P-N phải có 0,6V mới có dòng chạy qua) => vì vậy cũng không có dòng I_{CE} => sụt áp trên Rg = 0V và điện áp ra chân C = Vcc

+ Ở sơ đồ thứ 2, Transistor có $R_{đt}$ định thiên => có dòng I_{BE}, khi đưa tín hiệu nhỏ vào chân B => làm cho dòng I_{BE} tăng hoặc giảm => dòng I_{CE} cũng tăng hoặc giảm, sụt áp trên Rg cũng thay đổi. Kết quả đầu ra ta thu được một tín hiệu tương tự đầu vào nhưng có biên độ lớn hơn.

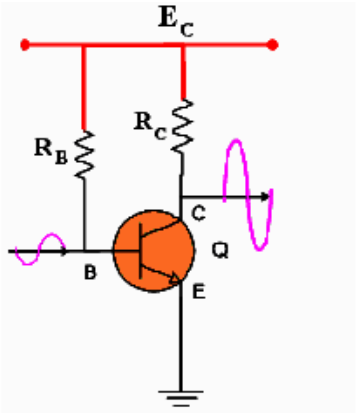
Kết luận : Phân cực nghĩa là tạo một dòng điện I_{BE} ban đầu, một sụt áp trên Rg ban đầu để khi có một nguồn tín hiệu yếu đi vào cực B , dòng I_{BE} sẽ tăng hoặc giảm => dòng I_{CE} cũng tăng hoặc giảm => dẫn đến sụt áp trên Rg cũng tăng hoặc giảm => và sụt áp này chính là tín hiệu ta cần lấy ra .

3.3.2. Mạch phân cực bằng dòng cố định

$$E_C = I_B.R_B + U_{BE} \Rightarrow I_B = \frac{E_C - U_{BE}}{R_B}$$

U_{BE} = 0,6 đối với Transistor Si; U_{BE} = 0,3 đối với Transistor Ge có thể bỏ qua

$$\Rightarrow I_B = \frac{E_C}{R_B}$$



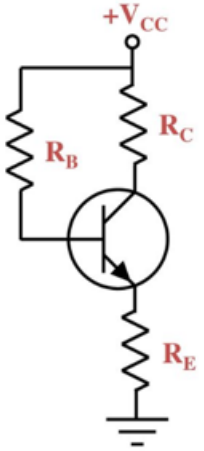
Phân cực bằng dòng cố định

3.3.3. Mạch phân cực kiểu hồi tiếp dòng điện (ổn định cực Emitter)

Tốt hơn phân cực nền

Điểm Q vẫn di chuyển

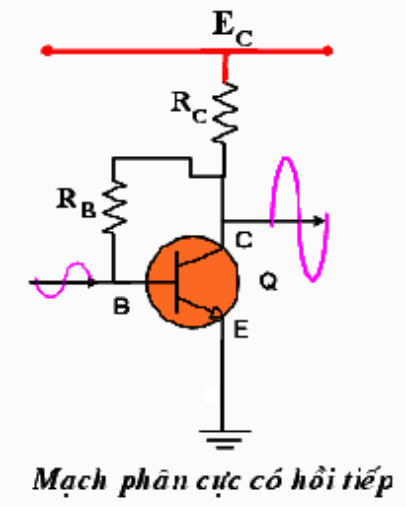
Mạch này không được sử dụng phổ biến



$$V_{cc} = I_B R_B + U_{BE} + I_E R_E = I_B R_B + U_{BE} + \beta I_B R_E$$
$$= U_{BE} + I_B (R_B + \beta R_E)$$
$$\rightarrow I_B = \frac{V_{cc} - U_{BE}}{R_B + \beta R_E}$$

3.3.4. Mạch phân cực kiểu hồi tiếp điện áp

Là mạch có điện trở phân cực đấu từ đầu ra (cực C) đến đầu vào (cực B) mạch này có tác dụng tăng độ ổn định cho mạch khuếch đại khi hoạt động.



Mạch phân cực có hồi tiếp

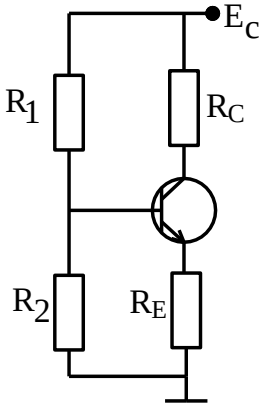
$E_C = (I_B + I_C)R_C + U_{CE}$

$U_{CE} = I_B R_B + U_{BE}$

Vì U_{BE} nhỏ có thể bỏ qua nên $U_{CE} = I_B R_B$

3.3.5. Mạch phân cực kiểu phân áp

Để có thể khuếch đại được nhiều nguồn tín hiệu mạnh yếu khác nhau, thì mạch phân cực thường sử dụng thêm điện trở phân áp R_2 đấu từ B xuống Mass; R_1, R_2 tạo thành bộ phân áp để cấp điện cho cực B của Transistor R_C cấp điện cho cực C của Transistor.



$$U_B = U_{BE} + U_E = U_{BE} + I_E R_E$$

$$U_B = \frac{E_C . R_2}{R_1 + R_2}$$

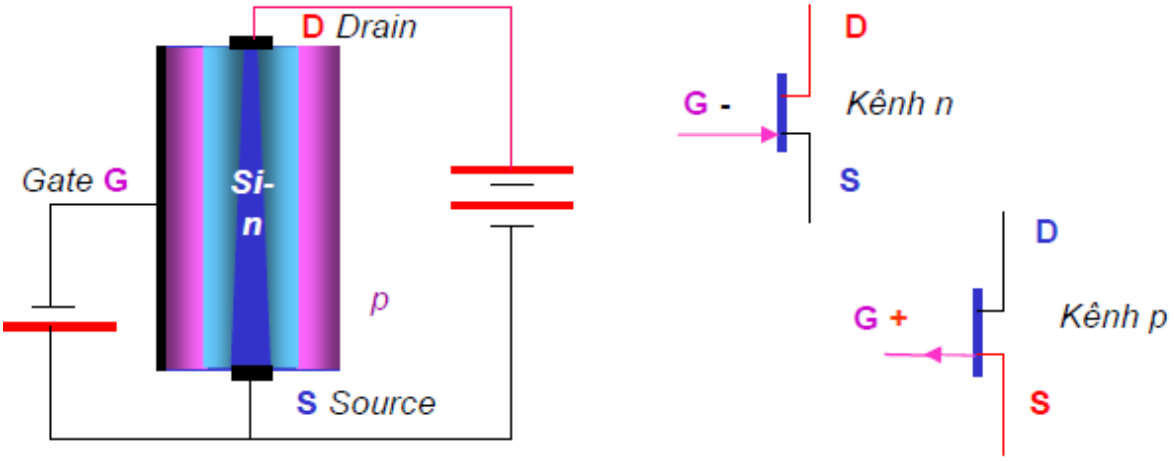
$$I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E}$$

I_E chính là dòng hồi tiếp âm một chiều để ổn định điểm làm việc

CHƯƠNG 4: TRANZITO TRƯỜNG (FET)
(Field Effect Transistor - FET)

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

4.1. Tranzito trường có cực cửa tiếp giáp (JFET)
4.1.1. Cấu tạo và ký hiệu



Hình 2.47: Cấu tạp JFET và ký hiệu quy ước

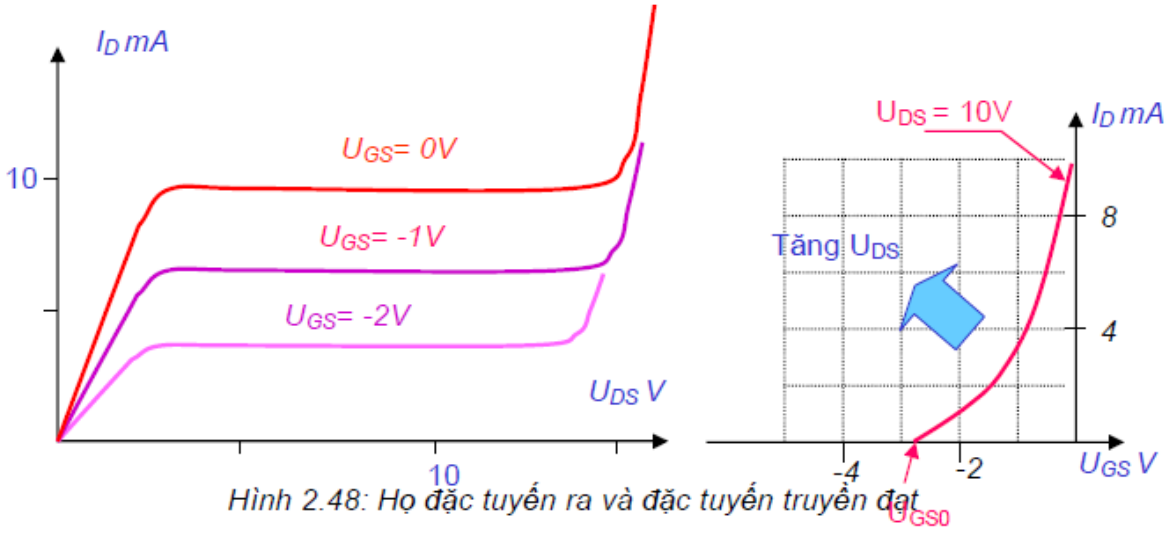
Hình 2.47a đưa ra một cấu trúc JFET kiểu kênh n : trên đế tinh thể bán dẫn Si-n người ta tạo xung quanh nó 1 lớp bán dẫn p (có tạp chất nồng độ cao hơn so với đế) và đưa ra 3 điện cực là cực nguồn S (Source), cực máng D (Drein) và cực cửa G

(Gate). Như vậy hình thành một kênh dẫn điện loại n nối giữa hai cực D và S, cách li với cực cửa G (dùng làm điện cực điều khiển) bởi 1 lớp tiếp xúc p-n bao quanh kênh dẫn. Hoàn toàn tương tự, nếu xuất phát từ đế bán dẫn loại p, ta có loại JFET kênh p với các ký hiệu quy ước phân biệt cho trên hình 2.47b.

4.1.2. Nguyên lý hoạt động

Để phân cực JFET, người ta dùng hai nguồn điện áp ngoài là $U_{DS} > 0$ và $U_{GS} < 0$ như hình vẽ (với kênh P, các chiều điện áp phân cực sẽ ngược lại, sao cho tiếp giáp p-n bao quanh kênh dẫn luôn được phân cực ngược). Do tác dụng của các điện trường này, trên kênh dẫn xuất hiện 1 dòng điện (là dòng điện tử với kênh n) hướng từ cực D tới cực S gọi là dòng điện cực máng I_D. Dòng I_D có độ lớn tuỳ thuộc vào các giá trị U_{DS} và U_{GS} vì độ dẫn điện của kênh phụ thuộc mạnh cả hai điện trường này. Nếu xét riêng sự phụ thuộc của I_D vào từng điện áp khi giữ cho điện áp còn lại không đổi (coi là một tham số) ta nhận được hai hệ hàm quan trọng nhất của JFET là :

$$I_D = f_1(U_{DS}) \,|\, U_{GS} = \text{const}$$
$$I_D = f_2(U_{GS}) \,|\, U_{GS} = \text{const}$$



Hình 2.48: Họ đặc tuyến ra và đặc tuyến truyền đạt

Biểu diễn f1 ứng với vài giá trị không đổi của UGS ta thu được họ đặc tuyến ra của JFET. Đường biểu diễn f2 ứng với một giá trị không đổi của UDS cho ta họ đặc tuyến truyền đạt của JFET. Dạng điển hình của các họ đặc tuyến này được cho trên hình 2.48 a và b.

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

- Vùng gần gốc, khi U_{DS} nhỏ, ID tăng mạnh tuyến tính theo U_{DS} và ít phụ thuộc vào U_{GS}. Đây là vùng làm việc ở đó JFET giống như một điện trở thuần cho tới lúc đường cong bị uốn mạnh (điểm A trên hình 2.48 a ứng với đường $U_{GS} = 0V$).

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

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

Qua đồ thị đặc tuyến ra, ta có:

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

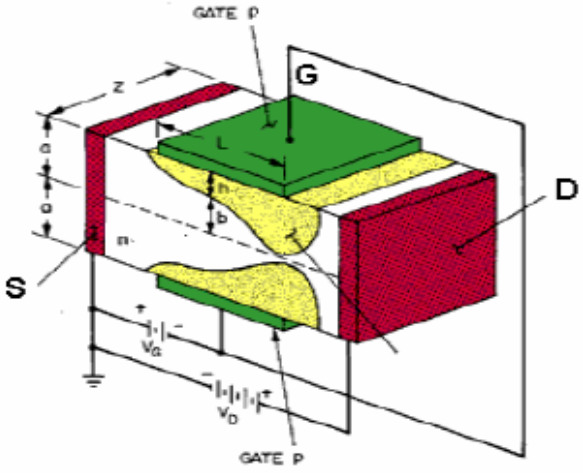
- Tương tự với điểm B: Ứng với các giá trị U_{GS} âm hơn, việc đánh thủng tiếp giáp p-n xảy ra sớm hơn, với những giá trị U_{DS} nhỏ hơn.

Đặc tuyến truyền đạt của JFET (h.2.48b) giống hệt các đặc tuyến anot-lưới của đèn 5 cực chân không, xuất phát từ 1 giá trị U_{GS0}, tại đó $I_D = 0$, gọi là điện áp khoá (còn ký hiệu là U_P). Độ lớn U_{GS0} bằng U_{DS0} ứng với đường $U_{GS} = 0$ trên họ đặc tuyến ra. Khi tăng U_{GS}, I_D tăng hầu như tỉ lệ do độ dẫn điện của kênh tăng theo mức độ giảm phân cực ngược của tiếp giáp p-n. Lúc $U_{GS} = 0$, $I_D = I_{D0}$. Giá trị I_{D0} là dòng tĩnh cực máng khi không có điện áp cực cửa. Khi có $U_{GS} < 0$, $I_D < I_{D0}$ và được xác định bởi

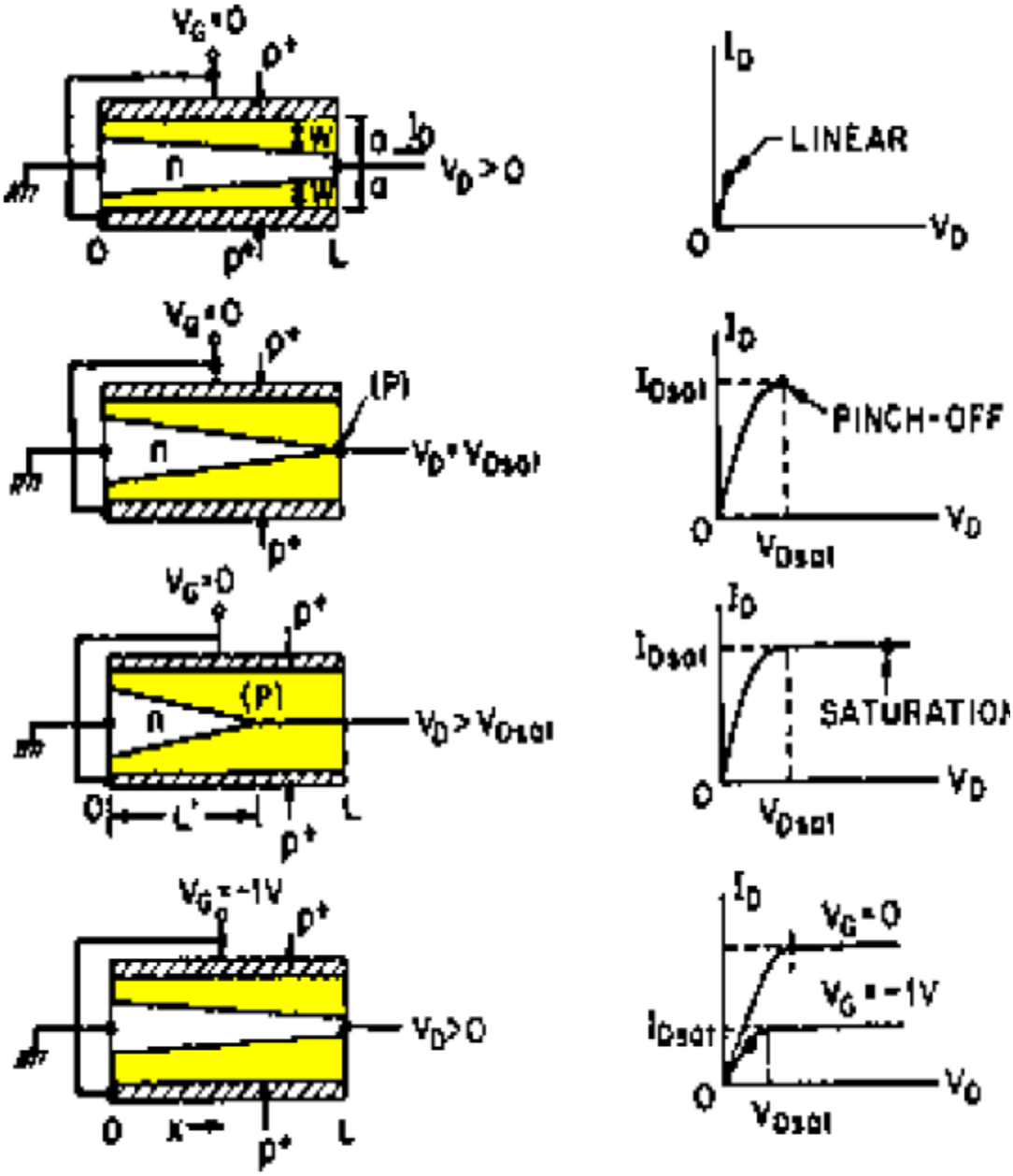
$$I_D = I_{D0} \ (1- U_{GS} / U_{GS0} \quad (2\text{-}98a)$$

Có thể giải thích tóm tắt các đặc tuyến của JFET bằng giản đồ cấu tạo hình 2.49 trong 3 trường hợp khác nhau ứng với các giá trị của U_{GS} và U_{DS}.

Khi U_{GS} có giá trị âm tăng dần và UDS = 0, bề rộng vùng nghèo của chuyển tiếp p-n rộng dần ra, chủ yếu về phía kênh dẫn n vì tạp chất pha yếu hơn nhiều so với vùng p, làm kênh dẫn bị thắt lại đều dọc theo phương DS (h.2.49a). Ngược lại khi cho U_{GS} = 0 và tăng dần giá trị của điện áp máng nguồn UDS , kênh bị co lại không đều và có hình phễu, phía cực D thắt mạnh hơn do phân bố trường dọc theo kênh từ D tới S, cho tới lúc $U_{DS} = U_{DS0}$ kênh bị thắt lại tại điểm A. Sau đó, tăng UDS làm điểm thắt A dịch dần về phía cực S (h.2.49b). Quá trình trên sẽ xảy ra sớm hơn khi có thêm $U_{GS} < 0$ như hình 2.49c làm giá trị điện áp thắt kênh giảm nhỏ. Rõ ràng độ dẫn điện của kênh dẫn phụ thuộc cả hai điện áp U_{GS} và U_{DS}, còn sau khi có hiện tượng thắt kênh, dòng cực máng do các hạt dẫn (điện tử) phun từ kênh qua tiếp giáp p-n tới cực máng phụ thuộc yếu vào U_{DS} và phụ thuộc chủ yếu vào tác dụng điều khiển của U_{GS} tới chuyển tiếp p-n phân cực ngược, qua đó tới dòng điện cực máng I_D.



Hình 2.49a: Giải thích vật lý đặc tuyến của JFET trên cấu trúc 3D



Hình 2.49b: Giải thích vật lý đặc tuyến của JFET trên cấu trúc 2D

Các tham số chủ yếu của JFET gồm hai nhóm:

Tham số giới hạn gồm có:

· Dòng cực máng cực đại cho phép IDmax là dòng điện ứng với điểm B trên đặc tuyến ra (đường ứng với giá trị UGS = 0) ; Giá trị I_{Dmax} khoảng £ 50mA;

· Điện áp máng - nguồn cực đại cho phép và điện áp của nguồn UGSmax

$$U_{DSmax} = UB/(1,2 \div 1,5) \text{ (cỡ vài chục Vôn)}$$

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

· Điện áp khóa UGSO (hay Up) (bằng giá trị UDSO ứng với đường $U_{GS} = 0$)

Tham số làm việc gồm có:

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

· Hỗ dẫn của đặc tuyến truyền đạt:

$$S = \frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}} \,|\, U_{DS} = \text{const}$$

cho biết tác dụng điều khiển của điện áp cực cửa tới dòng cực máng, giá trị điển hình với JFET hiện nay là S = (7 - 10)mA/V.

Cần chú ý giá trị hỗ dẫn S đạt cực đại S = So lúc giá trị điện áp UGS lân cận điểm 0 (xem dạng đặc tuyến truyền đạt của JFET hình 2.48b) và được tính bởi

$$S = \frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}} \,|\, U_{DS} = \text{const}$$

· Điện trở vi phân đầu vào:

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

r vào do tiếp giáp p-n quyết định, có giá trị khoảng 109W.

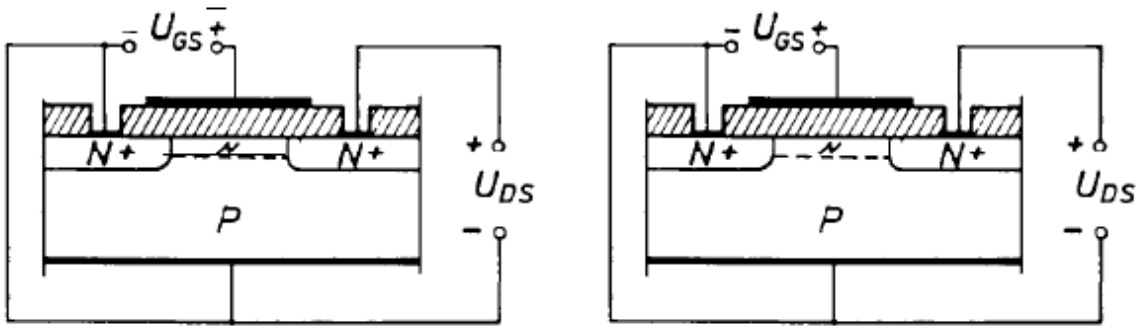
· Ở tần số làm việc cao, người ta còn quan tâm tới điện dung giữa các cực C_{DS} và C_{GD} (cỡ pf).

4.2. Tranzito trường có cực cửa cách li (MOSFET)

4.2.1. Cấu tạo và kí hiệu

Đặc điểm cấu tạo của MOSFET có hai loại cơ bản được thể hiện trên hình 2.50 a và 2.50 b. Kí hiệu quy ước của MOSFET trong các mạch điện tử được cho trên

hình 2.51 a, b, c và d. Trên nền đế là đơn tinh thể bán dẫn tạp chất loại p (Si-p), người ta pha tạp chất bằng phương pháp công nghệ đặc biệt (planar, Epitaxi hay khuếch tán ion) để tạo ra 2 vùng bán dẫn loại n+ (nồng độ pha tạp cao hơn so với đế) và lấy ra hai điện cực là D và S. Hai vùng này được nối thông với nhau nhờ một kênh dẫn điện loại n có thể hình thành ngay trong quá trình chế tạo (loại kênh đặt sẵn hình 2.50a) hay chỉ hình thành sau khi đã có 1 điện trường ngoài (lúc làm việc trong mạch điện) tác động (loại kênh cảm ứng - hình 2.50 b). Tại phần đối diện với kênh dẫn, người ta tạo ra điện cực thứ ba là cực cửa G sau khi đã phủ lên bề mặt kênh 1 lớp cách điện mỏng SiO2. Từ đó MOSFET còn có tên là loại FET có cực cửa cách li (IGFET). Kênh dẫn được cách li với đế nhờ tiếp giáp pn thường được phân cực ngược nhờ 1 điện áp phụ đưa tới cực thứ 4 là cực đế.



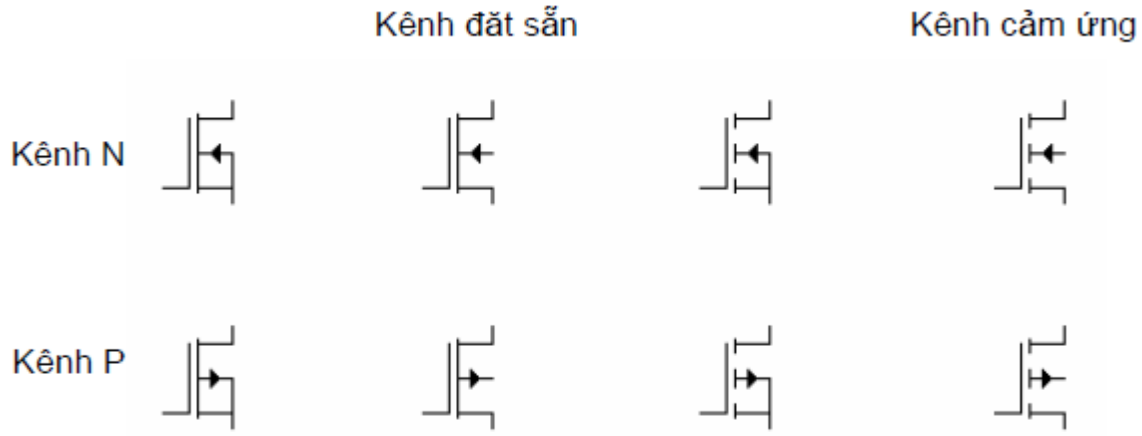
Hình 2.50: Cấu tạo MOSFET
a) Loại kênh đặt sẵn; b) Loại kênh cảm ứng.

4.2.2. Nguyên lý hoạt động

Để phân cực MOSFET người ta đặt 1 điện áp UDS > 0. Cần phân biệt hai trường hợp:

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

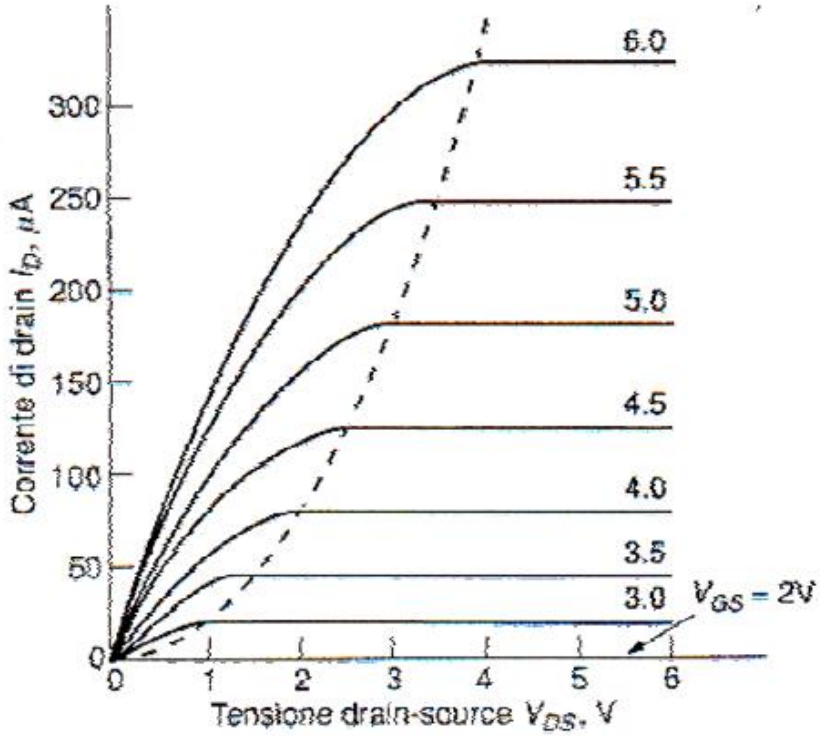
Nếu đặt lên cực cửa điện áp $U_{GS} > 0$, điện tử tự do có trong vùng đế (là hạt thiểu số) được hút vào vùng kênh dẫn đối diện với cực cửa làm giầu hạt dẫn cho kênh, tức là làm giảm điện trở của kênh, do đó lám tăng dòng cực máng ID. Chế độ làm việc này được gọi là chế độ giầu của MOSFET.



Hình 2.51: Kí hiệu quy ước của MOSFET

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

Nếu xác định quan hệ hàm số $I_D = f_3(U_{DS})$ lấy với những giá trị khác nhau của U_{GS} bằng lí thuyết thay thực nghiệm, ta thu được họ đặc tuyến ra của MOSFET loại kênh n đặt sẵn như trên hình vẽ 2.52a.



Với loại kênh cảm ứng, khi đặt tới cực cửa điện áp $U_{GS} < 0$, không có dòng cực máng ($I_D = 0$) do tồn tại hai tiếp giáp p-n mắc đối nhau tại vùng máng - đế và nguồn - đế, do đó không tồn tại kênh dẫn nối giữa máng - nguồn. Khi đặt $U_{GS} > 0$, tại vùng đế đối diện cực cửa xuất hiện các điện tử tự do (do cảm ứng tĩnh điện) và hình thành một kênh dẫn điện nối liền hai cực máng và nguồn. Độ dẫn của kênh tăng theo giá trị của U_{GS} do đó dòng điện cực máng I_D tăng. Như vậy MOSFET loại kênh cảm ứng chỉ làm việc với 1 loại cực tính của U_{GS} và chỉ ở chế độ làm giầu kênh. Biểu diễn quan hệ hàm $I_D = F_4(U_{DS})$, lấy với các giá trị U_{GS} khác nhau, ta có họ đặc tuyến ra của MOSFET kênh n cảm ứng như trên hình 2.52b.

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

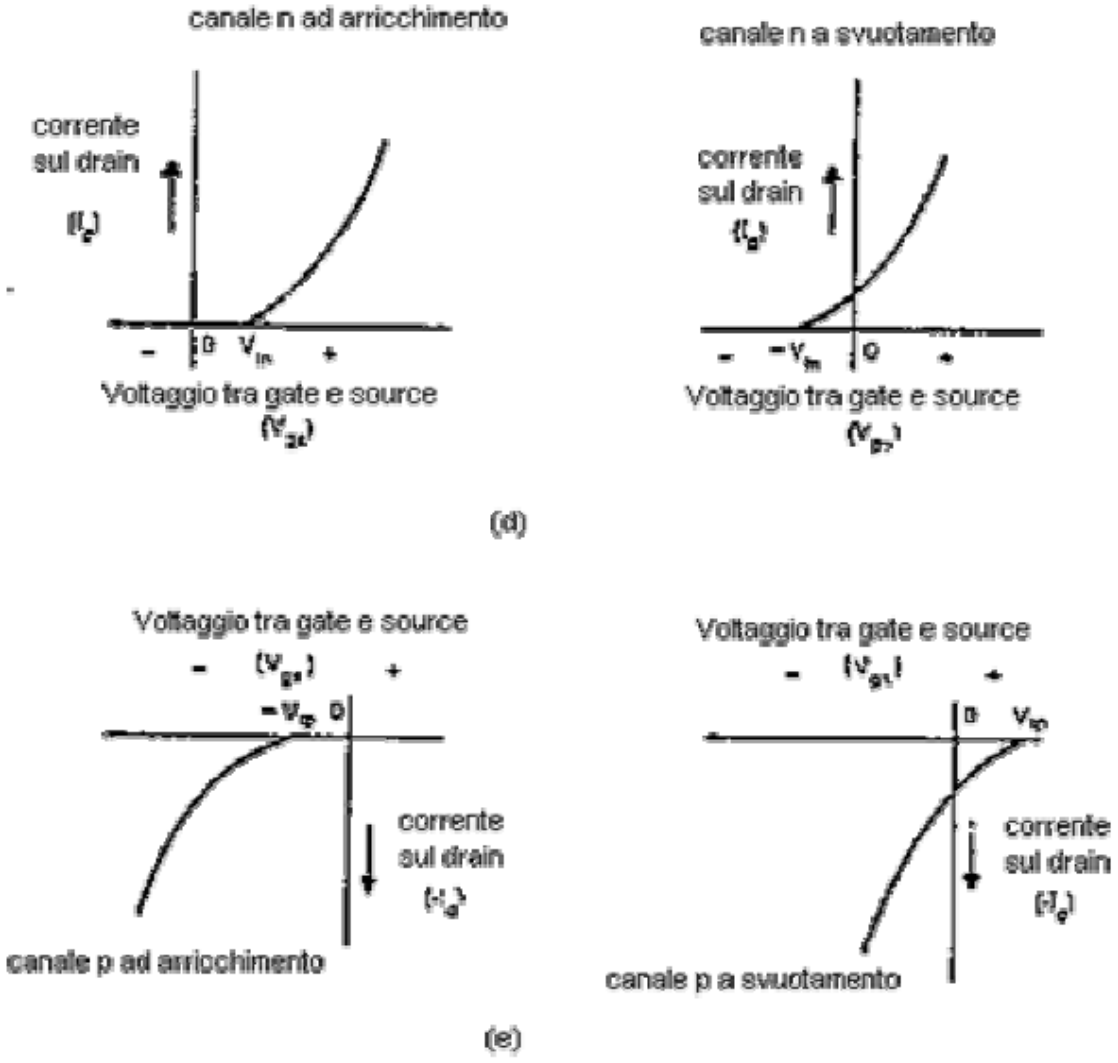
lúc đó I_D chỉ phụ thuộc mạnh vào U_{GS}, phụ thuộc yếu vào U_{DS} và vùng đánh thủng lúc U_{DS} có giá trị khá lớn.

Giải thích vật lí chi tiết các quá trình điều chế kênh dẫn điện bằng các điện áp U_{GS} và U_{DS} cho phép dẫn tới các kết luận tương tự như đối với JFET. Bên cạnh hiện tượng điều chế độ dẫn điện của kênh còn hiện tượng mở rộng vùng nghèo của tiếp giáp p-n giữa cực máng - đế khi tăng đần điện áp U_{DS}. Điều này làm kênh dẫn có tiết diện hẹp dần khi đi từ cực nguồn tới cực máng và bị thắt lai tại 1 điểm ứng với điểm uốn tại ranh giới hai vùng tuyến tính và bão hòa trên đặc tuyến ra. Điện áp tương ứng với điểm này gọi là điện áp bão hòa U_{DSO} (hay điện áp thắt kênh). Hình 2.53a và b là đường biểu diễn quan hệ $I_D = f_5(U_{GS})$ ứng với một giá trị cố định của U_{DS} với hai loại kênh đặt sẵn và kênh cảm ứng, được gọi là đặc tuyến truyền đạt của MOSFET.

Các tham số của MOSFET được định nghĩa và xác định giống như đối với JFET gồm có: hỗ dẫn S của đặc tính truyền đạt, điện trở trong ri ,điện trở vào rv và nhóm các tham số giới hạn: điện áp khóa UGSO (ứng với 1 giá trị UDS xác định), điện áp thắt kênh hay điện áp máng - nguồn bão hòa UDSO (ứng với UGS = 0) dòng $I_{Dmax}C_{f,}$ $U_{DSmax}C_F$

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

- Việc điều khiển điện trở kênh dẫn bằng điện áp U_{GS} trên thực tế gần như không làm tổn hao công suất của tín hiệu, điều này có được do cực điều khiển hầu như cách li về điện với kênh dẫn hay điện trở lối vào cực lớn (109¸1013 W so với loại tranzito bipolar dòng điện dò đầu vào gần như bằng không, với công nghệ CMOS điều này gần đạt tới lí tưởng. Nhận xét này đặc biệt quan trọng với các mạch điện tử analog phải làm việc với những tín hiệu yếu và với mạch điện tử digital khi đòi hỏi cao về



Hình 2.53: Đặc tuyến truyền đạt của MOSFET

mật độ tích hợp các phần tử cùng với tính phản ứng nhanh và chi phí năng lượng đòi hỏi thấp của chúng.

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

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

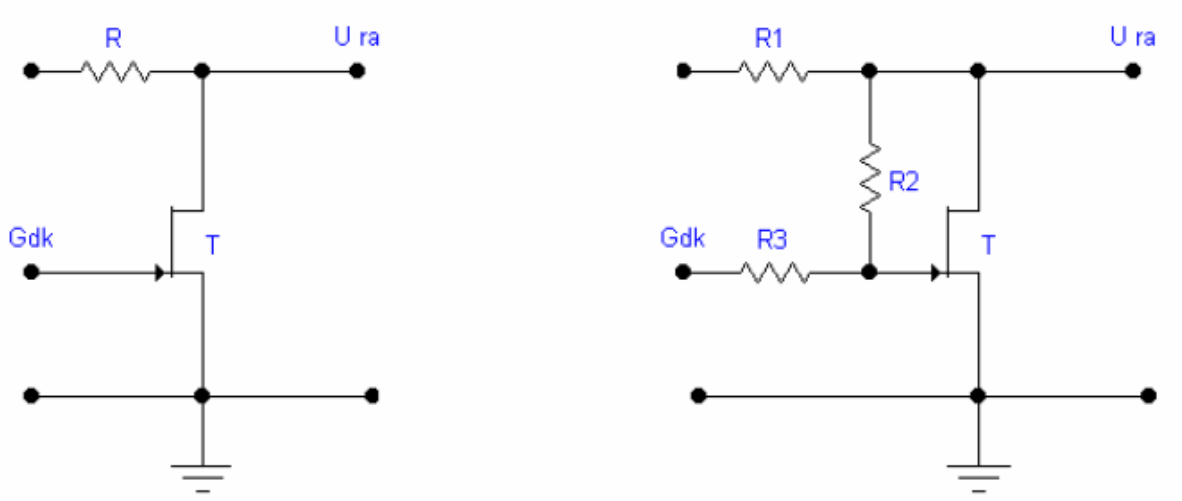
-Trong vùng gần gốc của họ đặc tuyến ra của FET khi U_{DS} £ 1,5V, dòng cực máng I_D tỉ lệ với U_{GS}. Lúc đó, FET tương đương như một điện trở thuần có giá trị thay đổi được theo U_{GS}. Dòng I_D càng nhỏ khi khi U_{GS} càng âm với loại kênh n, hoặc ngược lại I_D càng nhỏ khi $U_{GS} > 0$ càng nhỏ với loại kênh p. Hình 2.54 mô tả họ đặc tuyến ra của FET trong vùng gần gốc Sử dụng tính chất này của FET, có thể xây dựng các bộ phận áp có điều khiển đơn giản như hình 2.55.

Khi đó hệ số chia áp là: $$\eta = \frac{U_{ra}}{U_{vao}} = \frac{r_{DS}(U_{dK})}{R + r_{DS}(U_{dK})}$$

phụ thuộc vào điện áp điều khiển U_{dK}, thường chọn $R >> r_{DS0}$ để dải η đủ rộng. Lưu ý là khi $U_{DS} > 1V$ tính chất tuyến tính giữa I_D và U_{DS} (với các U_{GS} khác nhau) không còn đúng nữa. Nếu sử dụng cả vùng xa gốc hơn 1V, cần tuyến tính hoá theo mạch hình 2.55b. Điện trở R_2 đưa một phần điện áp U_{DS} tới cực cửa bổ sung cho U_{GS} bù lại phần cong của rDS. Khi chọn $R_2 = R_3 >> r_{DS}$ thì

$$U_{GS} = \frac{1}{2}(U_{dK} + U_{DS})$$

và họ đặc tuyến ra được tuyến tính hoá trong một đoạn U_{DS} từ 1V tới 1,5V.

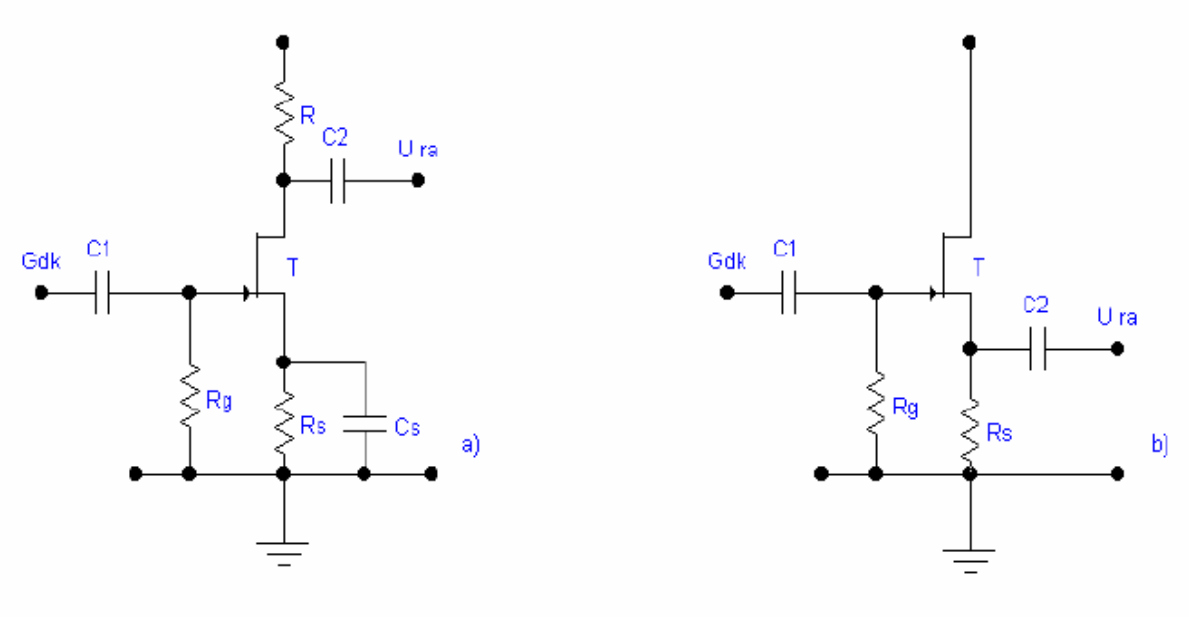


Hình 2.55: Nguyên lí bộ phân áp có điều khiển dùng JFET

-Tương tự như với tranzito lưỡng cực, tồn tại 3 kiểu mắc FET trong các mạch khuếch đại là máng chung MC, nguồn chung NC và cửa chung. Tuy nhiên mạch cửa chung rất ít gặp trong thực tế. Hai dạng MC và NC cho trên hình 2.56 với các tham số tóm tắt của từng loại trong ý nghĩa là một tầng khuếch đại điện áp (xem thêm ở mục 2.3).

	Mạch nguồn chung	Mạch máng chung
Hệ số khuếch đại điện áp	$K_u = \frac{1}{1+[S(R_s // r_{DS})]}$	$K_u = -S(R_D//r_{DS}) = -SR_D$
Điện trở vào	$R_{vào} = r_{GS} \rightarrow \infty$	$R_{vào} = r_{GS} \rightarrow \infty$
Điện trở ra	$R_{ra} = (R_D//r_{DS})$	$R_{ra} = R_S//(1/S)$

-Khi thay thế các FET kênh n bằng loại FET kênh p trong các mạch điện, cần thay đổi cực tính các điện áp nguồn cũng như cực tính các điôt và tụ hoá được sử dụng trong đó. Lúc đó các chức năng chủ yếu của mạch không thay đổi, cũng giống như với hai loại tranzito lưỡng cực npn và pnp tương ứng đã xét

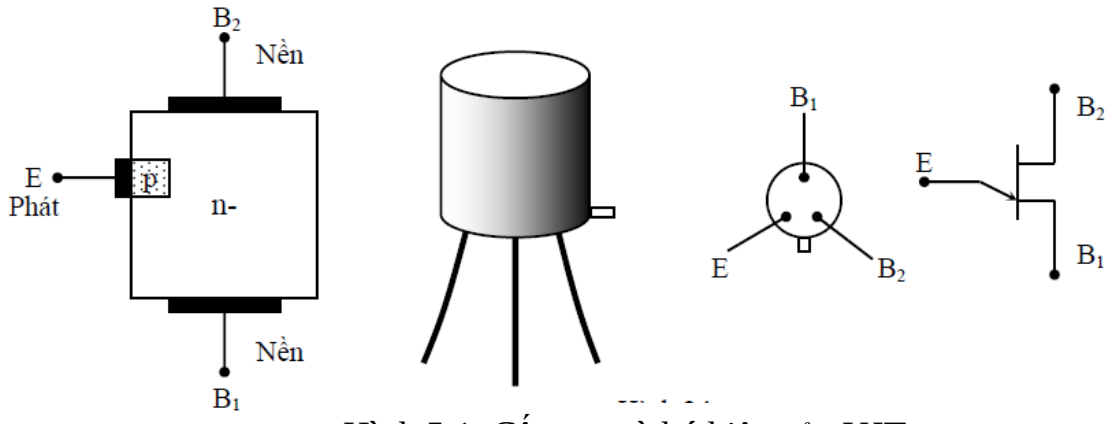


Hình 2.56: Nguyên lí mạch Sc và Dc

CHƯƠNG 5: LINH KIỆN BÁN DẪN KHÁC VÀ LINH KIỆN QUANG ĐIỆN TỬ

5.1. Linh kiện bán dẫn khác

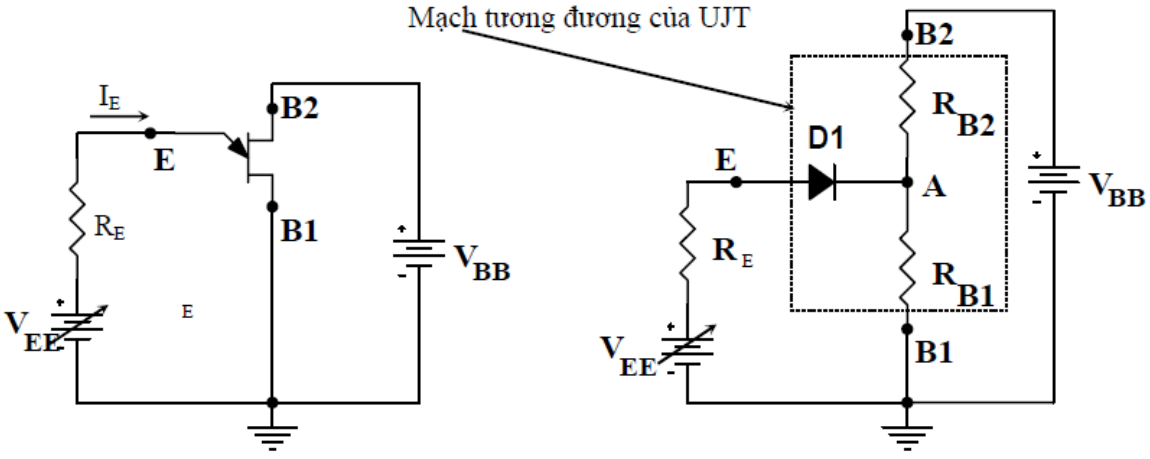
5.1.1. UJT



Hình 5.1. Cấu tạo và ký hiệu của UJT

Một thỏi bán dẫn pha nhẹ loại n^- với hai lớp tiếp xúc kim loại ở hai đầu tạo thành hai cực nền B_1 và B_2. Nối PN được hình thành thường là hợp chất của dây nhôm nhỏ đóng vai trò chất bán dẫn loại P. Vùng P này nằm cách vùng B_1 khoảng 70% so với chiều dài của hai cực nền B_1, B_2. Dây nhôm đóng vai trò cực phát E.

Hình sau đây trình bày cách áp dụng điện thế một chiều vào các cực của UJT để khảo sát các đặc tính của nó.



Hình 5.2. Mạch tương đương của UJT

- Khi chưa áp V_{EE} vào cực phát E (cực phát E để hở) thỏi bán dẫn là một điện trở với nguồn điện thế V_{BB}, được ký hiệu R_{BB} và gọi là điện trở liên nền (thường có trị số từ 4 KΩ đến 10 KΩ). Từ mô hình tương đương ta thấy Diod được dùng để diễn tả nối P-N giữa vùng P và vùng n⁻. Điện trở R_{B1} và R_{B2} diễn tả điện trở của thỏi bán dẫn n⁻. Như vậy: $R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}\big|_{I_E=0}$

Vậy điện thế tại điểm A là:

$$V_A = \frac{R_{B1}}{R_{B1}+R_{B2}} V_{BB} = \eta . V_{BB} > 0$$

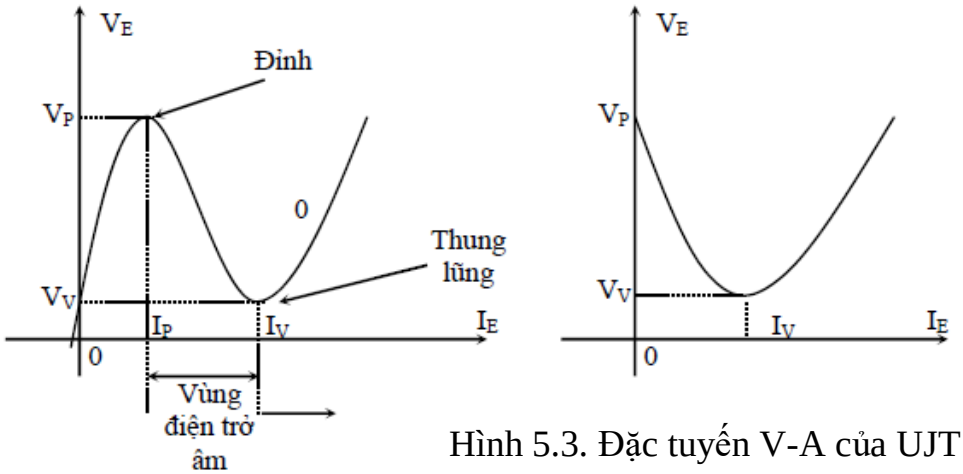
Trong đó: $\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1}+R_{B2}} = \frac{R_{B1}}{R_{BB}}$ được gọi là tỉ số nội tại (intrinsic stand – off) R_{BB} và η được cho bởi nhà sản xuất.

- Bây giờ, ta cấp nguồn V_{EE} vào cực phát và nền B_1 (cực dương nối về cực phát). Khi V_{EE}=0V (nối cực phát E xuống mass), vì V_A có điện thế dương nên Diod được phân cực nghịch và ta chỉ có một dòng điện rỉ nhỏ chạy ra từ cực phát. tăng V_{EE} lớn dần, dòng điện I_E bắt đầu tăng theo chiều dương (dòng rỉ ngược I_E giảm dần, và triệt tiêu, sau đó dương dần). Khi V_E có trị số

$V_E = V_D + V_A$

V_E=0,5V + η V_{B2B1} (ở đây $V_{B2B1} = V_{BB}$) thì Diod phân cực thậun và bắt đầu dẫn điện mạnh.

Điện thế V_E=0,5V + η V_{B2B1}=V_P được gọi là điện thế đỉnh (peak-point voltage) của UJT.



Hình 5.3. Đặc tuyến V-A của UJT

Khi V_E=V_P, nối P-N phân cực thuận, lỗ trống từ vùng phát khuếch tán vào vùng n và di chuyển đến vùng nền B_1, lúc đó lỗ trống cũng hút các điện tử từ mass lên. Vì độ dẫn điện của chất bán dẫn là một hàm số của mật độ điện tử di động nên điện trở R_{B1} giảm. Kết quả là lúc đó dòng I_E tăng và điện thế V_E giảm. Ta có một vùng điện trở âm.

Điện trở động nhìn từ cực phát E trong vùng điện trở âm là: $r_d = -\frac{\Delta V_E}{\Delta I_E}$

Khi I_E tăng, R_{B1} giảm trong lúc R_{B2} ít bị ảnh hưởng nên điện trở liên nền R_{BB} giảm. Khi I_E đủ lớn, điện trở liên nền R_{BB} chủ yếu là R_{B2}. Kết thúc vùng điện trở âm là vùng thung lũng, lúc đó dòng I_E đủ lớn và R_{B1} quá nhỏ không giảm nữa (chú ý là dòng ra cực nền B_1) gồm có dòng điện liên nền I_B cộng với dòng phát I_E) nên V_E không giảm mà bắt đầu tăng khi I_E tăng. Vùng này được gọi là vùng bảo hòa.

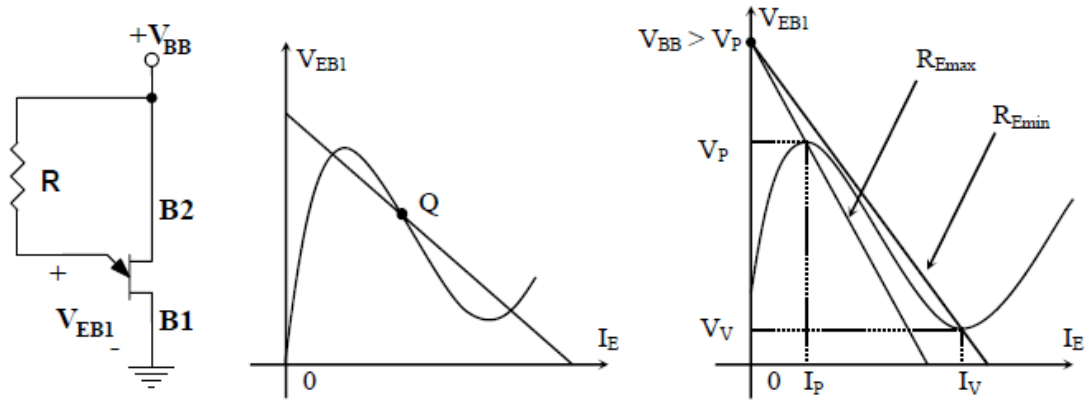
Như vậy ta nhận thấy:

- Dòng đỉnh I_P là dòng tối thiểu của cực phát E để đặt UJT hoạt động trong vùng điện trở âm. Dòng điện thung lũng I_V là dòng điện tối đa của I_E trong vùng điện trở âm.

- Tương tự, điện thế đỉnh V_P là điện thế thung lũng V_V là điện thế tối đa và tối thiểu của V_{EB1} đặt UJT trong vùng điện trở âm.

Trong các ứng dụng của UJT, người ta cho UJT hoạt động trong vùng điện trở âm, muốn vậy, ta phải xác định điện trở R_E để I_P<I_E<I_V

Thí dụ trong mạch sau đây, ta xác định trị số tối đa và tối thiểu của R_E



Hình 5.4.

Ta có: $R_{E\max} = -\frac{\Delta V}{\Delta I} = -\frac{V_{BB} - V_P}{0 - I_P} = \frac{V_{BB} - V_P}{I_P}$

Và $R_{E\min} = -\frac{\Delta V}{\Delta I} = -\frac{V_{BB} - V_V}{0 - IV} = \frac{V_{BB} - V_V}{I_V}$

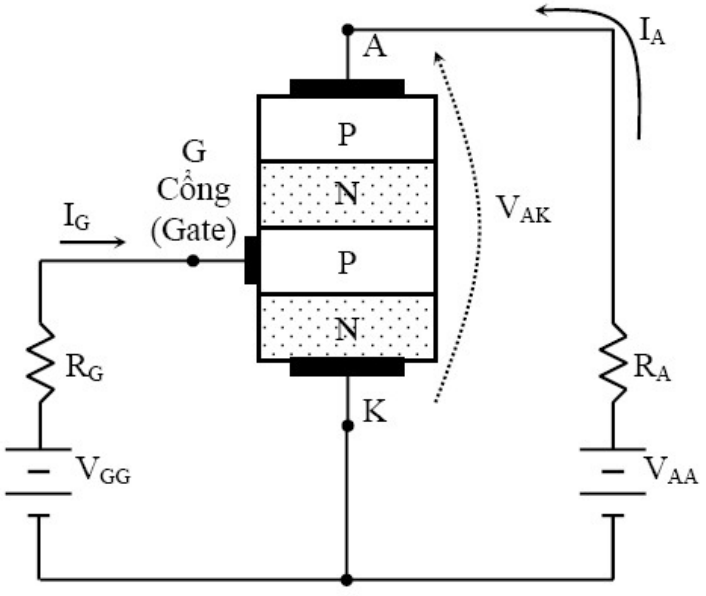
Như vậy: $\frac{V_{BB} - V_V}{I_V} \le R_E \le \frac{V_{BB} - V_P}{I_P}$

5.1.2. SCR

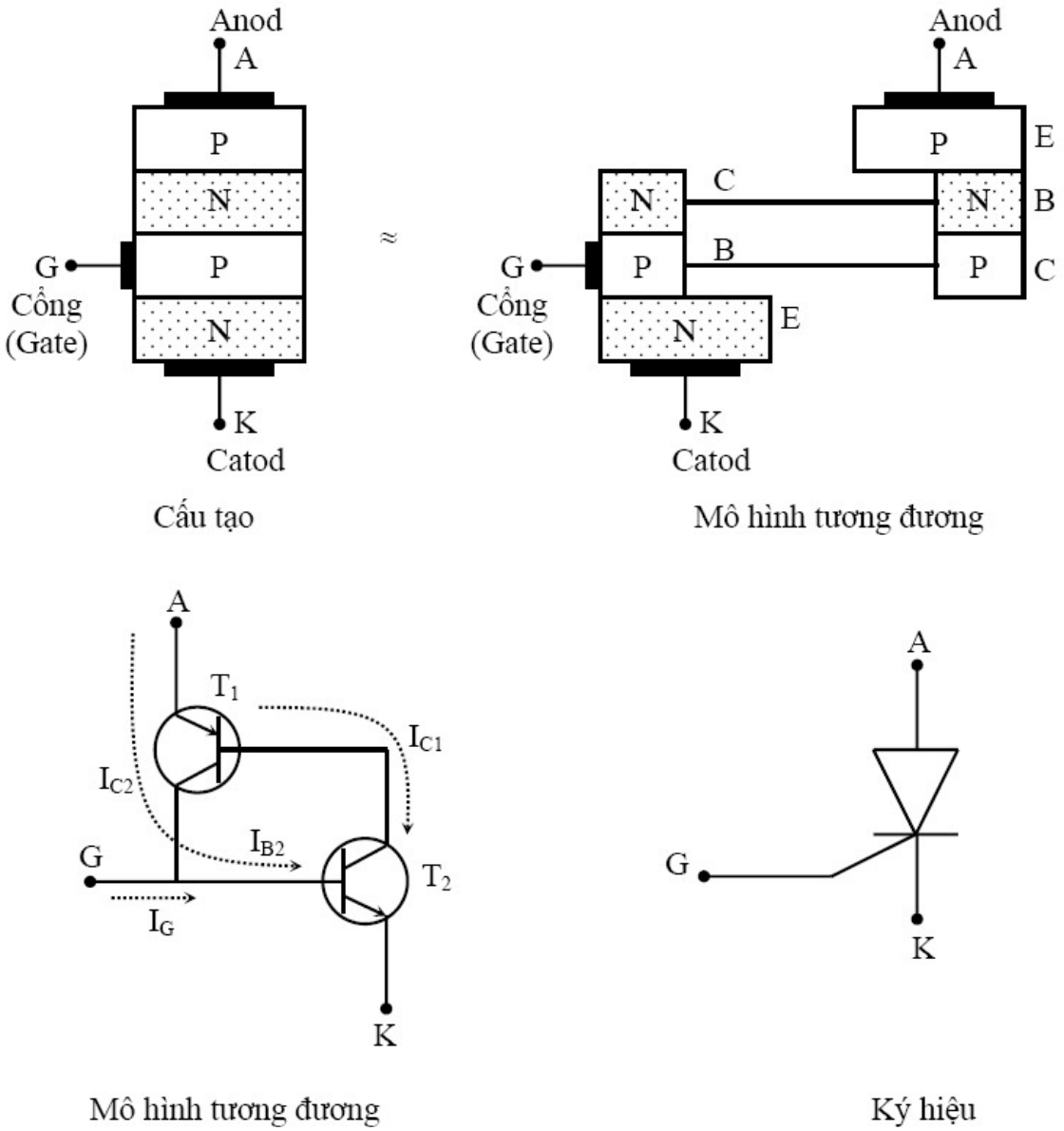
a. Cấu tạo và hoạt động

SCR được cấu tạo bởi 4 lớp bán dẫn PNPN (có 3 nối PN). Như tên gọi ta thấy SCR là một diode chỉnh lưu được kiểm soát bởi cổng silicium. Các tiếp xúc kim loại được tạo ra các cực Anod A, Catot K và cổng G.

Nếu ta mắc một nguồn điện một chiều V_{AA} vào SCR như hình sau. một dòng điện nhỏ I_G kích vào cực cổng G sẽ làm nối PN giữa cực cổng G và catot K dẫn phát khởi dòng điện anod I_A qua SCR lớn hơn nhiều. Nếu ta đổi chiều nguồn V_{AA} (cực dương nối với catod, cực âm nối với anod) sẽ không có dòng điện qua SCR cho dù có dòng điện kích I_G. Như vậy ta có thể hiểu SCR như một diode nhưng có thêm cực cổng G và để SCR dẫn điện phải có dòng điện kích I_G vào cực cổng.



Hình 5.5. Phân cực cho SCR

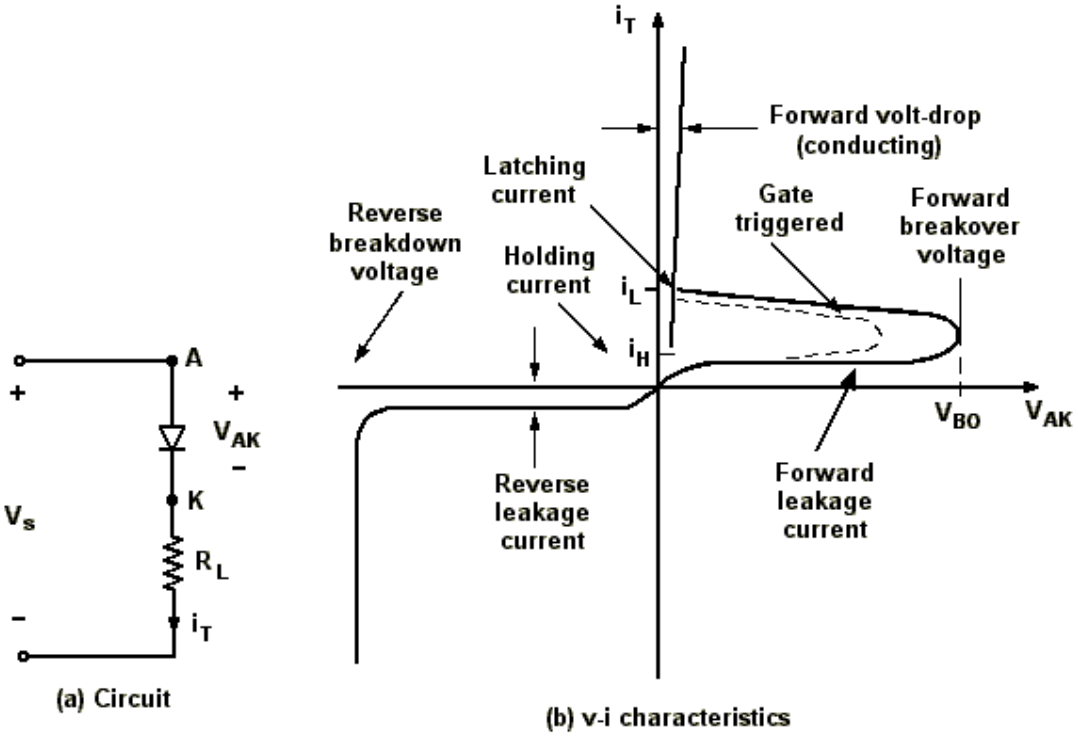


Hình 5.6. Cấu tạo và ký hiệu của SCR

Ta thấy SCR có thể coi như tương đương với hai transistor PNP và NPN liên kết nhau qua ngõ nền và thu. Khi có một dòng điện nhỏ I_G kích vào cực nền của Transistor NPN T_1 tức cổng G của SCR. Dòng điện IG sẽ tạo ra dòng cực thu I_{C1} lớn hơn, mà IC1 lại chính là dòng nền I_{B2} của transistor PNP T_2 nên tạo ra dòng thu I_{C2} lại lớn hơn trước… Hiện tượng này cứ tiếp tục nên cả hai transistor nhanh chóng trở nên bảo hòa.

Dòng bảo hòa qua hai transistor chính là dòng anod của SCR. Dòng điện này tùy thuộc vào V_{AA} và điện trở tải R_A. Cơ chế hoạt động như trên của SCR cho thấy dòng I_G không cần lớn và chỉ cần tồn tại trong thời gian ngắn. Khi SCR đã dẫn điện, nếu ta ngắt bỏ I_G thì SCR vẫn tiếp tục dẫn điện, nghĩa là ta không thể ngắt SCR bằng cực cổng, đây cũng là một nhược điểm của SCR so với transistor.

Người ta chỉ có thể ngắt SCR bằng cách cắt nguồn V_{AA} hoặc giảm V_{AA} sao cho dòng điện qua SCR nhỏ hơn một trị số nào đó (tùy thuộc vào từng SCR) gọi là dòng điện duy trì I_H (hodding current).



Hình 5.7. Đặc tuyến V-A của SCR

b. Đặc tuyến Volt-Ampere của SCR.

Đặc tuyến này trình bày sự biến thiên của dòng điện anod I_A theo điện thế anod-catod V_{AK} với dòng cổng I_G coi như thông số.

- Khi SCR được phân cực nghịch (điện thế anod âm hơn điện thế catod), chỉ có một dòng điện rỉ rất nhỏ chạy qua SCR.

- Khi SCR được phân cực thuận (điện thế anod dương hơn điện thế catod), nếu ta nối tắt (hoặc để hở) nguồn V_{GG} ($I_G = 0$), khi V_{AK} còn nhỏ, chỉ có một dòng điện rất nhỏ chạy qua SCR (trong thực tế người ta xem như SCR không dẫn điện), nhưng khi V_{AK} đạt đền một trị số nào đó (tùy thuộc vào từng SCR) gọi là điện thế quay về V_{BO} thì điện thế V_{AK} tự động sụt xuống khoảng 0,7V như diode thường. Dòng điện tương ứng bây giờ chính là dòng điện duy trì I_H. Từ bây giờ, SCR chuyển sang trạng thái dẫn điện và có đặc tuyến gần giống như diode thường.

Nếu ta tăng nguồn V_{GG} để tạo dòng kích I_G, ta thấy điện thế quay về nhỏ hơn và khi dòng kích I_G càng lớn, điện thế quay về V_{BO} càng nhỏ.

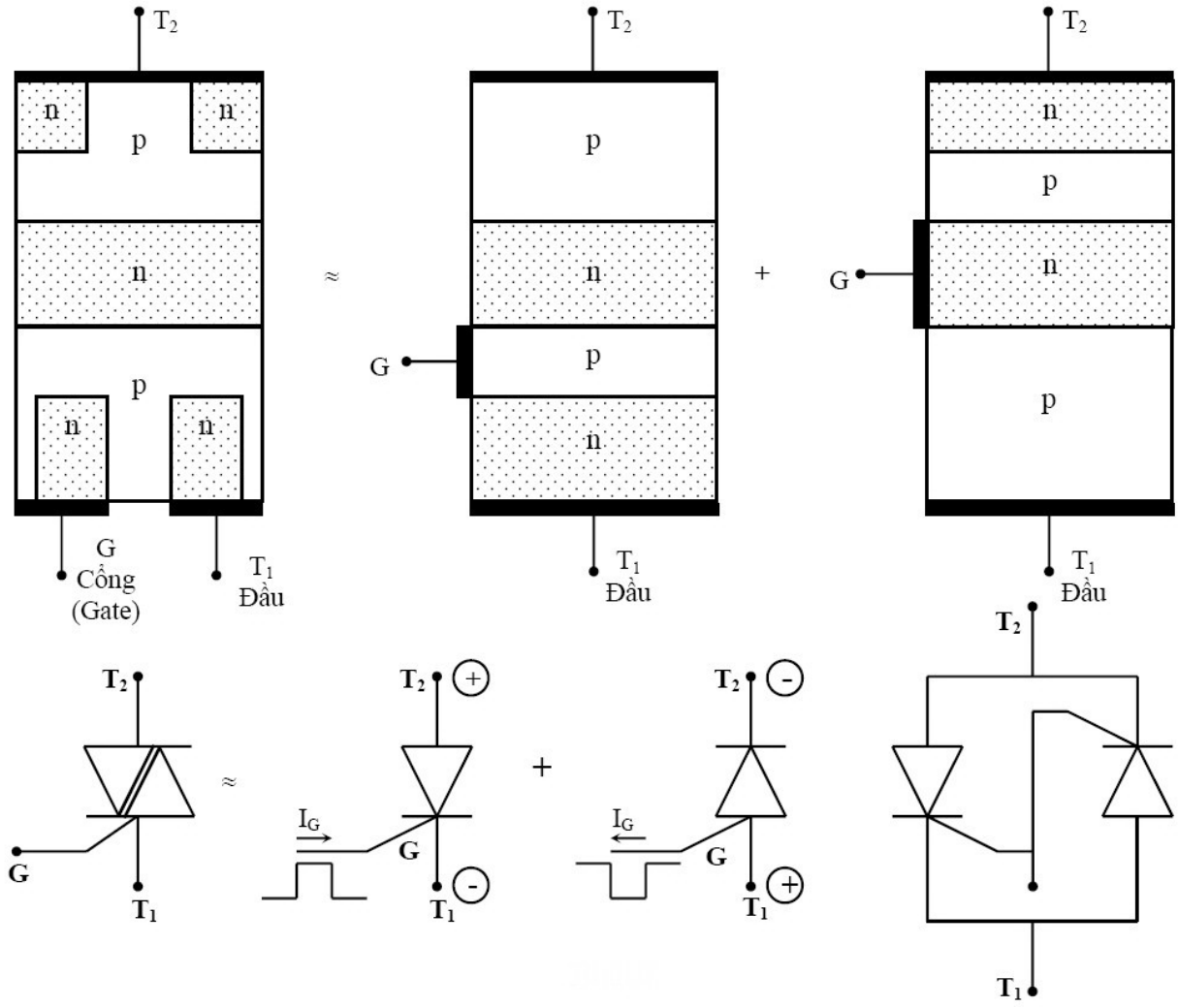
5.1.3. Triac, Diac

5.1.3.1. Triac

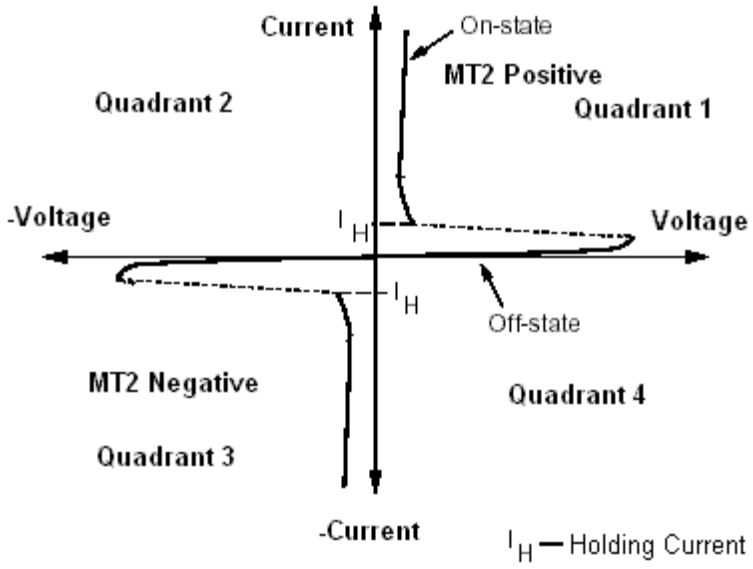
Triac thường được coi như một SCR lưỡng hướng vì có thể dẫn điện theo hai chiều. Hình 5.8 cho thấy cấu tạo, mô hình tương đương và cấu tạo của Triac.

Như vậy, ta thấy Triac như gồm bởi một SCR PNPN dẫn điện theo chiều từ trên xuống dưới, kích bởi dòng cổng dương và một SCR NPNP dẫn điện theo chiều từ dưới lên kích bởi dòng cổng âm. Hai cực còn lại gọi là hai đầu cuối chính (main terminal).

- Do đầu T_2 dương hơn đầu T_1, để Triac dẫn điện ta có thể kích dòng cổng dương và khi đầu T_2 âm hơn T1ta có thể kích dòng cổng âm.

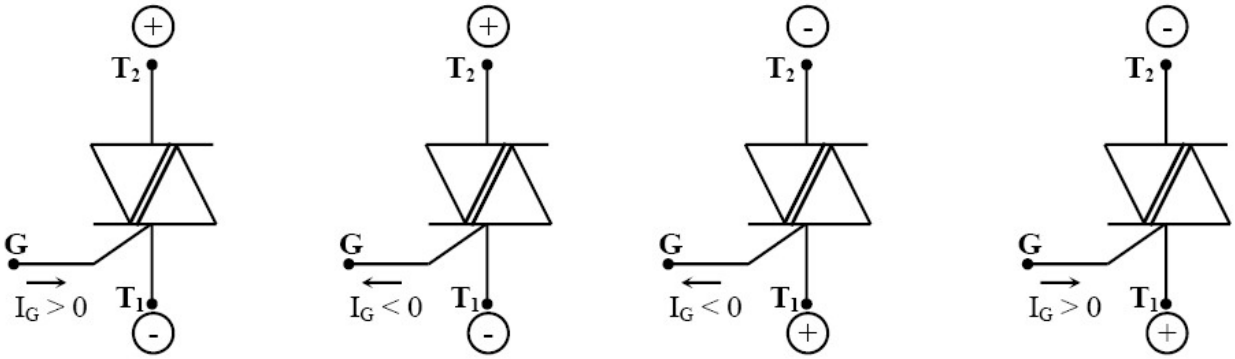


Hình 5.8. Cấu tạo và ký hiệu của Triac



Hình 5.9. Đặc tuyến V-A của Triac

- Thật ra, do sự tương tác của vùng bán dẫn, Triac được nảy theo 4 cách khác nhau, được trình bằng hình vẽ sau đây:

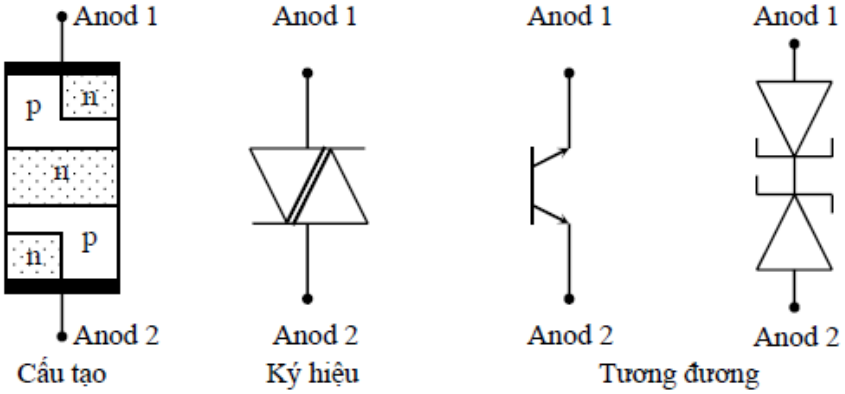


Hình 5.10. Triac

Cách (1) và cách (3) nhạy nhất, kế đến là cách (2) và cách (4). Do tính chất dẫn điện cả hai chiều, Triac dùng trong mạng điện xoay chiều thuận lợi hơn SCR. Thí dụ sau đây cho thấy ứng dụng của Triac trong mạng điện xoay chiều.

5.1.3.2. Diac

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

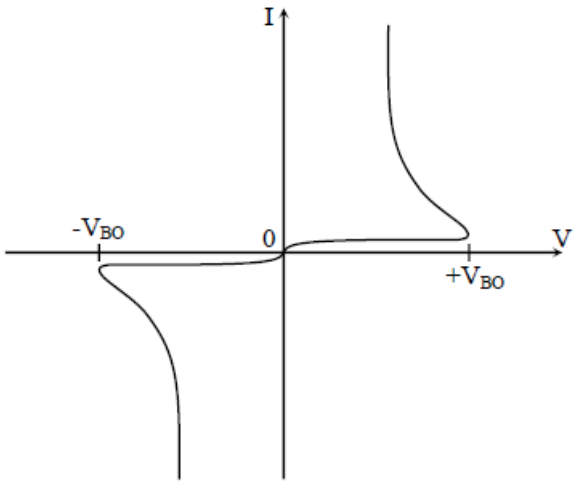


Hình 5.11. Cấu tạo và ký hiệu của Diac

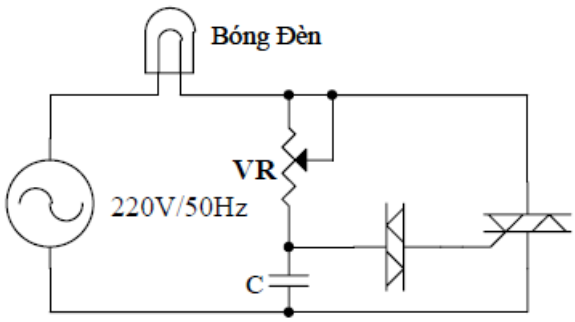
Khi áp một hiệu điện thế một chiều theo một chiều nhất định thì khi đến điện thế V_{BO}, DIAC dẫn điện và khi áp hiệu thế theo chiều ngược lại thì đến trị số $-V_{BO}$, DIAC cũng dẫn điện, DIAC thể hiện một điện trở âm (điện thế hai đầu DIAC giảm khi dòng điện qua DIAC tăng). Từ các tính chất trên, DIAC tương đương với hai Diode Zener mắc đối đầu. Thực tế, khi không có DIAC, người ta có thể dùng hai Diode Zener có điện thế Zener thích hợp để thay thế. (Hình 17)

Trong ứng dụng, DIAC thường dùng để mở Triac. Thí dụ như mạch điều chỉnh độ sáng của bóng đèn (Hình 18)

Ở bán ký dương thì điện thế tăng, tụ nạp điện cho đến điện thế V_{BO} thì DIAC dẫn, tạo dòng kích cho Triac dẫn điện. Hết bán kỳ dương, Triac tạm ngưng. Đến bán kỳ âm tụ C nạp điện theo chiều ngược lại đến điện thế $-V_{BO}$, DIAC lại dẫn điện kích Triac dẫn điện. Ta thay đổi VR để thay đổi thời hằng nạp điện của tụ C, do đó thay đổi góc dẫn của Triac đưa đến làm thay đổi độ sáng của bóng đèn.



Hình 17



Hình 18

5.2. Linh kiện quang bán dẫn

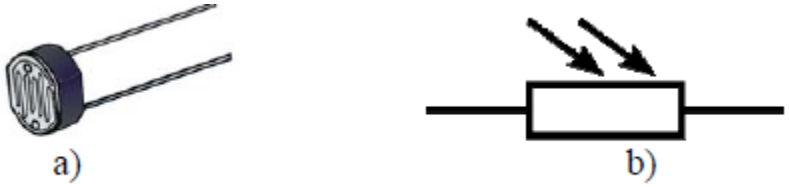
5.2.1. Diode phát quang (LED)

LED (viết tắt của *Light Emitting Diode*, có nghĩa là **điốt phát quang**) là các điốt có khả năng phát ra ánh sáng hay tia hồng ngoại, tử ngoại. Cũng giống như điốt, LED được cấu tạo từ một khối bán dẫn loại p ghép với một khối bán dẫn loại n.

5.2.2. Linh kiện quang điện

5.2.2.1. Photo resistor

Là điện trở có trị số càng giảm khi được chiếu sáng càng mạnh. Điện trở tối (khi không được chiếu sáng - ở trong bóng tối) thường trên 1MΩ, trị số này giảm rất nhỏ có thể dưới 100Ω khi được chiếu sáng mạnh

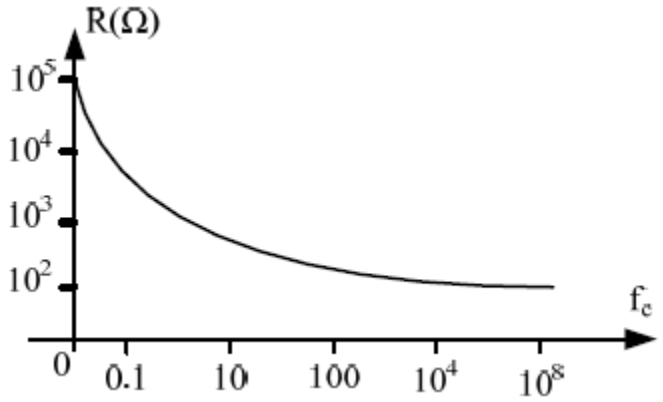


a) b)

Hình 8.6: Hình dạng của quang điện trở; a) Hình dạng thật, b) Ký hiệu.

Nguyên lý làm việc của quang điện trở là khi ánh sáng chiếu vào chất bán dẫn (có

thể là Cadmium sulfide – CdS, Cadmium selenide – CdSe) làm phát sinh các điện tử tự do, tức sự dẫn điện tăng lên và làm giảm điện trở của chất bán dẫn. Các đặc tính điện và độ nhạy của quang điện trở dĩ nhiên tùy thuộc vào vật liệu dùng trong chế tạo.



Mối quan hệ giữa cường độ ánh sáng và giá trị điện trở

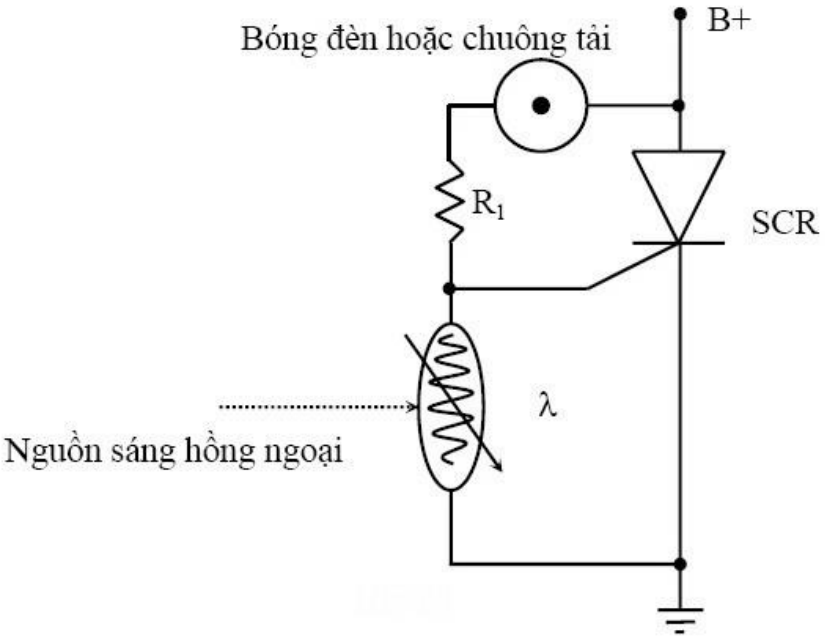
Về phương diện năng lượng, ta nói ánh sáng đã cung cấp một năng lượng E=h.f để các điện tử nhảy từ dãi hóa trị lên dải dẫn điện. Như vậy năng lượng cần thiết h.f phải lớn hơn năng lượng của dải cấm.

Vài ứng dụng của quang điện trở:

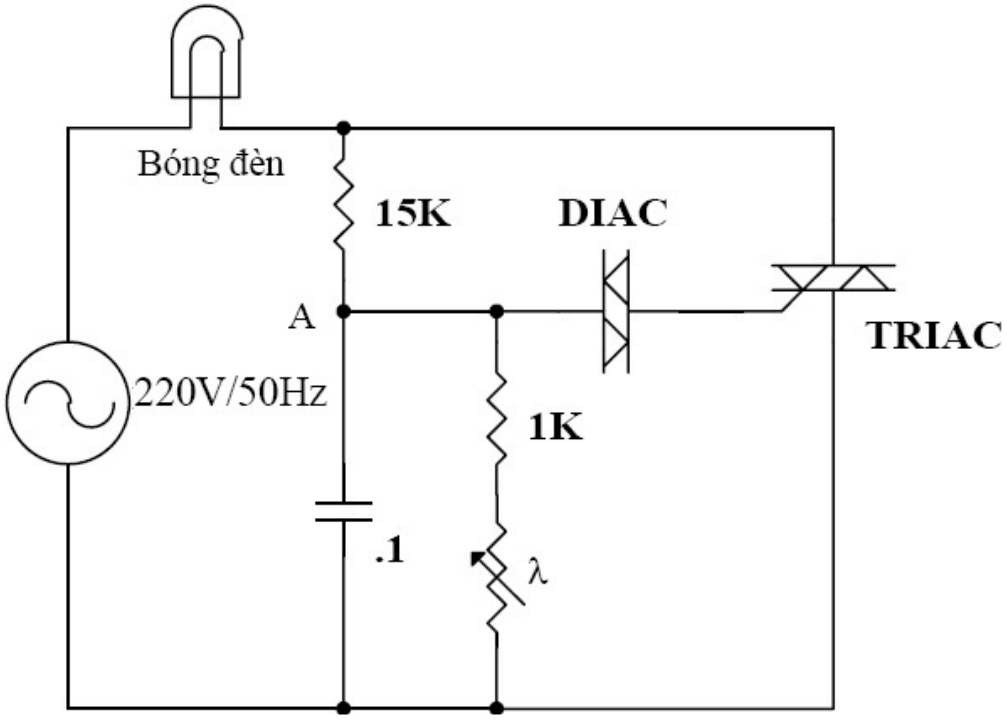
a) Mạch báo động

Khi quang điện trở được chiếu sáng (trạng thái thường trực) có điện trở nhỏ, điện thế cổng của SCR giảm nhỏ không đủ dòng kích nên SCR ngưng. Khi nguồn sáng bị chắn, R tăng nhanh, điện thế cổng SCR tăng làm SCR dẫn điện, dòng điện qua tải làm cho mạch báo động hoạt động.

Người ta cũng có thể dùng mạch như trên, với tải là một bóng đèn để có thể cháy sáng về đêm và tắt vào ban ngày. Hoặc có thể tải là một relais để điều khiển một mạch báo động có công suất lớn hơn.



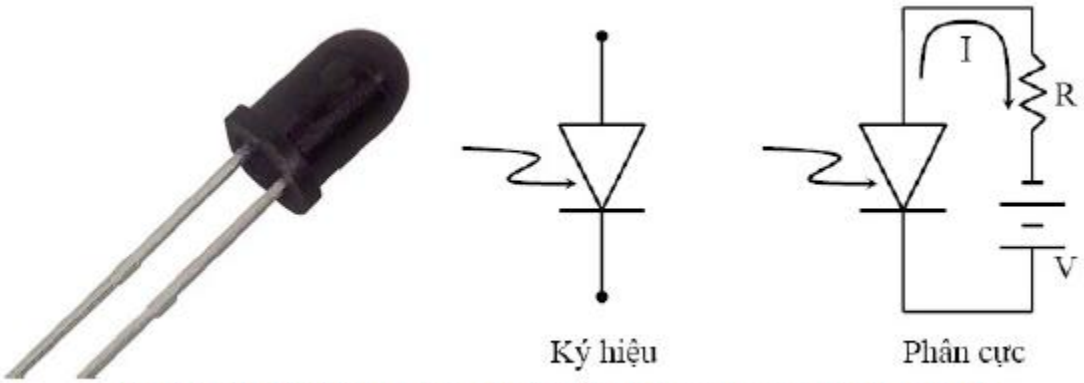
b) Mạch mở điện tự động về đêm dùng điện AC



Ban ngày, trị số của quang điện trở nhỏ. Điện thế ở điểm A không đủ để mở Diac nên Triac không hoạt động, đèn tắt. về đêm, quang trở tăng trị số, làm tăng điện thế ở điểm A, thông Diac và kích Triac dẫn điện, bóng đèn sáng lên.

5.2.2.2. Photo Diode

Ta biết rằng khi một nối P-N được phân cực thuận thì vùng hiếm hẹp và dòng thuận lớn vì do hạt tải điện đa số (điện tử ở chất bán dẫn loại N và lỗ trống ở chất bán dẫn loại P) di chuyển tạo nên. Khi phân cực nghịch, vùng hiếm rộng và chỉ có dòng điện rỉ nhỏ (dòng bảo hòa nghịch I_0) chạy qua.



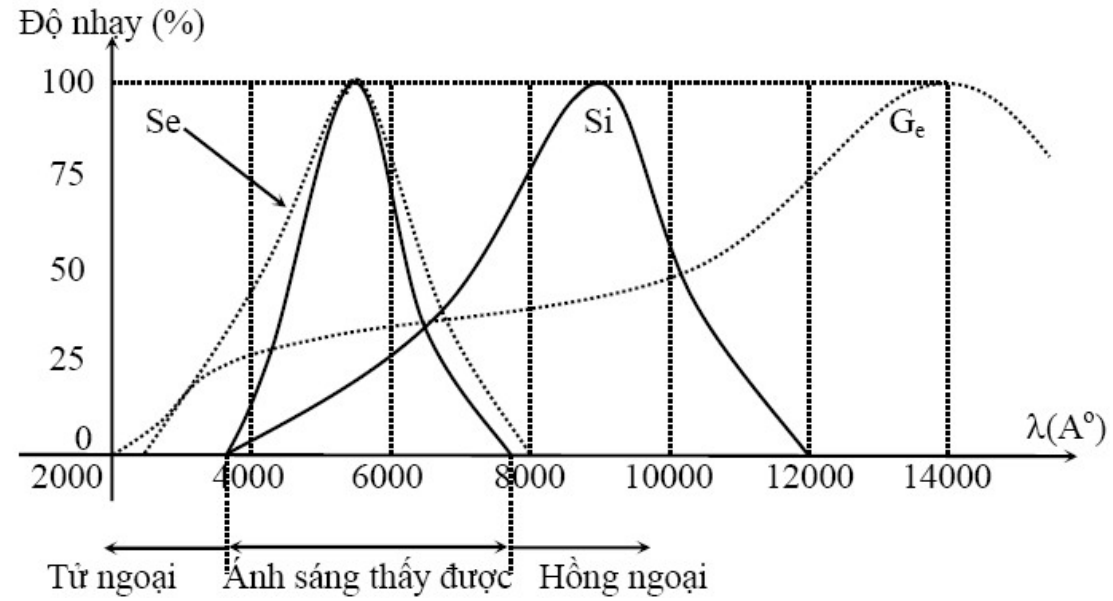
Hình 8.8: Hình dạng, ký hiệu và phân cực của quang diode.

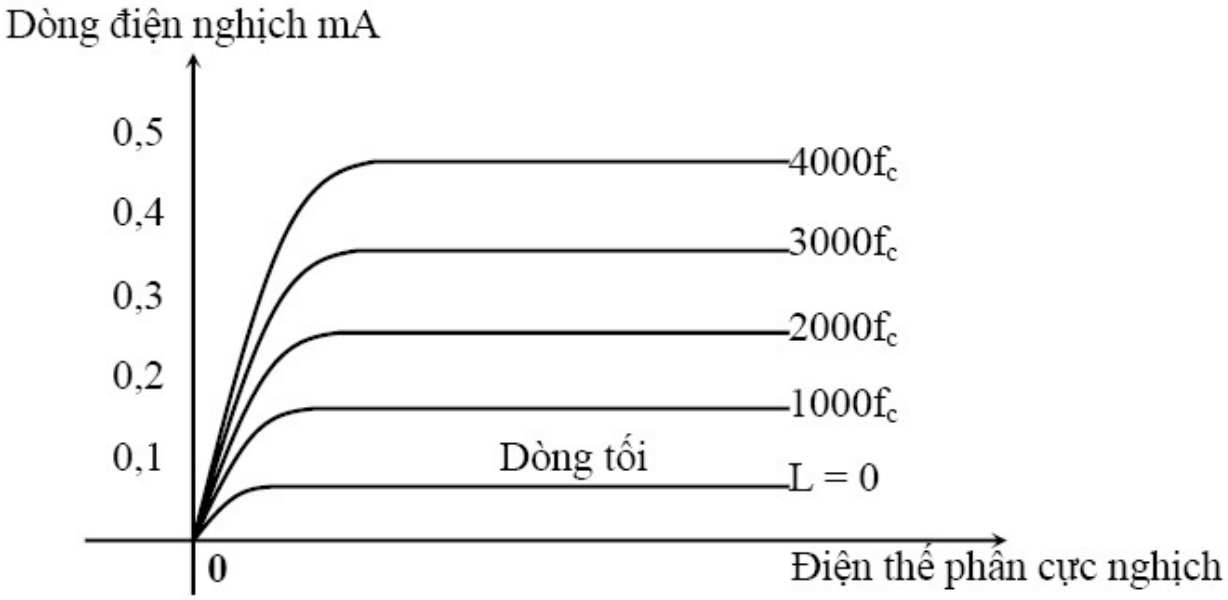
Bây giờ ta xem một nối P-N được phân cực nghịch. Thí nghiệm cho thấy khi chiếu sáng ánh sáng vào mối nối (giả sử diod được chế tạo trong suốt), ta thấy dòng điện nghịch tăng lên gần như tỉ lệ với quang thông trong lúc dòng điện thuận không tăng. Hiện tượng này được dùng để chế tạo quang diod.

Khi ánh sáng chiếu vào nối P-N có đủ năng lượng làm phát sinh các cặp điện tử - lỗ trống ở sát hai bên mối nối làm mật độ hạt tải điện thiểu số tăng lên. Các hạt tải điện thiểu số này khuếch tán qua mối nối tạo nên dòng điện đáng kể cộng thêm vào dòng điện bảo hòa nghịch I0 tự nhiên của diod, thường là dưới vài trăm nA với quang diode Si và dưới vài chục μA với quang diod Ge.

Độ nhạy của quang diod tùy thuộc vào chất bán dẫn là Si, Ge hay Selenium…

Hình vẽ sau đây cho thấy độ nhạy đó theo tần số của ánh sáng chiếu vào các chất bán dẫn này:





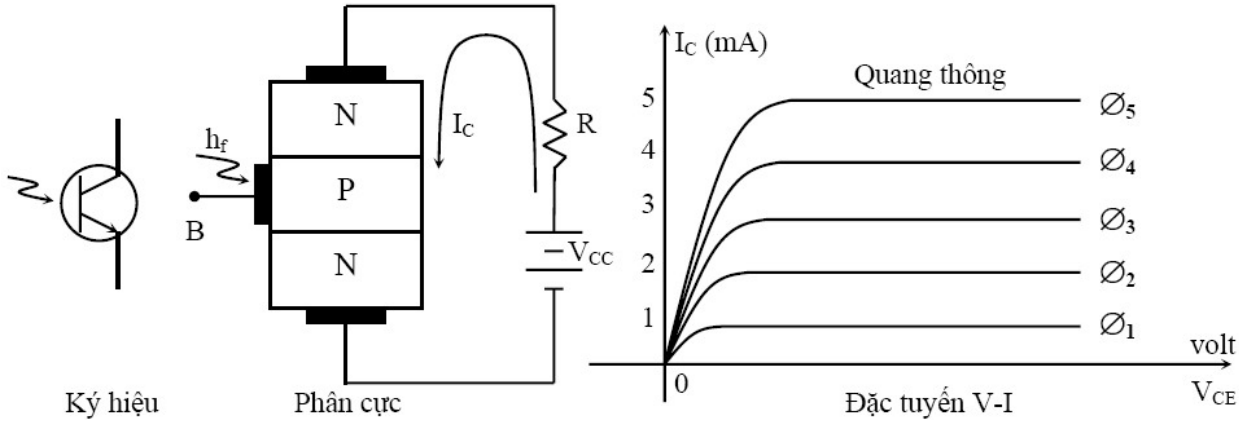
Đặc tuyến của quang diode.

Đặc tuyến V-I của quang diode với quang thông là thông số cho thấy ở quang thông nhỏ khi điện thế phân cực nghịch nhỏ, dòng điện tăng theo điện thế phân cực, nhưng khi điện thế phân cực lớn hơn vài volt, dòng điện gần như bảo hòa (không đổi khi điện thế phân cực nghịch tăng). khi quang thông lớn, dòng điện thay đổi theo điện thế phân cực nghịch. Tần số hoạt động của quang diod có thể lên đến hành MHz.

Quang diod cũng như quang điện trở thường được dùng trong các mạch điều khiển để đóng - mở mạch điện (dẫn điện khi có ánh sáng chiếu vào và ngưng khi tối).

5.2.2.3. Photo tranzito

Quang transistor là nới rộng đương nhiên của quang diod. Về mặt cấu tạo, quang transistor cũng giống như transistor thường nhưng cực nền để hở. Quang transistor có một thấu kính trong suốt để tập trung ánh sáng vào nối P-N giữa thu và nền. Khi cực nền để hở, nối nền-phát được phân cực thuậnchút ít do các dòng điện rỉ (điện thế VBE lúc đó khoảng vài chục mV ở transistor Si) và nối thu-nền được phân cực nghịch nên transistor ở vùng tác động. Vì nối thu-nền được phân cực nghịch nên có dòng rỉ IC0 chạy giữa cực thu và cực nền. Vì cực nền bỏ trống, nối nền-phát được phân cực thuận chút ít nên dòng điện cực thu là IC0 (1+β). Đây là dòng tối của quang transistor.

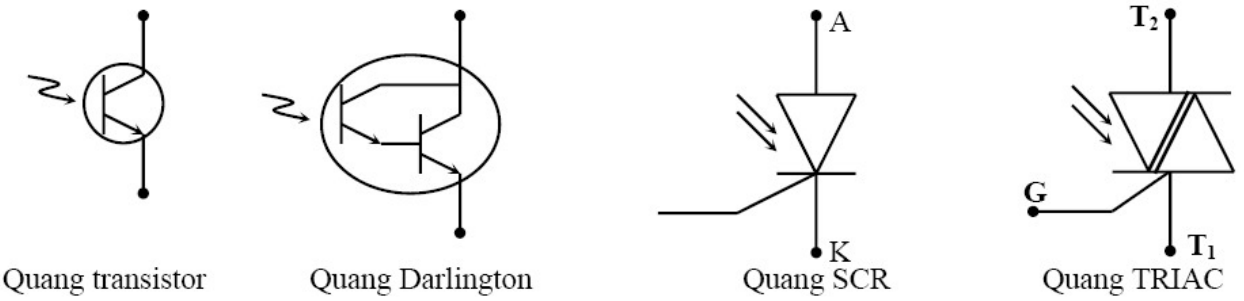


Ký hiệu, cấu tạo và đặc tuyến của quang transistor

Khi có ánh sáng chiếu vào mối nối thu nền thì sự xuất hiện của các cặp điện tử và lỗ trống như trong quang diod làm phát sinh một dòng điện IC do ánh sáng nên dòng điện thu trở thành: IC=(β+1)(IC0+Iλ)

Như vậy, trong quang transistor, cả dòng tối lẫn dòng chiếu sáng đều được nhân lên (β+1) lần so với quang diod nên dễ dàng sử dụng hơn. Hình trên trình bày đặc tính V-I của quang transistor với quang thông là một thông số. Ta thấy đặc tuyến này giống như đặc tuyến của transistor thường mắc theo kiểu cực phát chung. Có

nhiều loại quang transistor như loại một transistor dùng để chuyển mạch dùng trong các mạch điều khiển, mạch đếm… loại quang transistor Darlington có độ nhạy rất cao. Ngoài ra người ta còn chế tạo các quang SCR, quang triac…

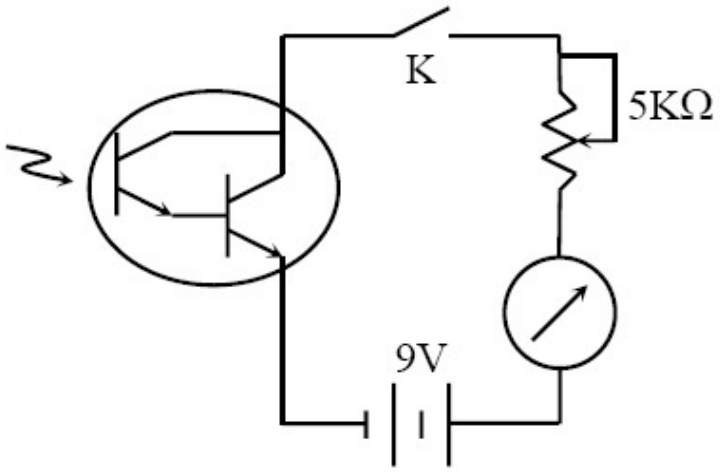


Quang transistor Quang Darlington Quang SCR Quang TRIAC

Vài ứng dụng của quang transistor:

a) Quang kế:

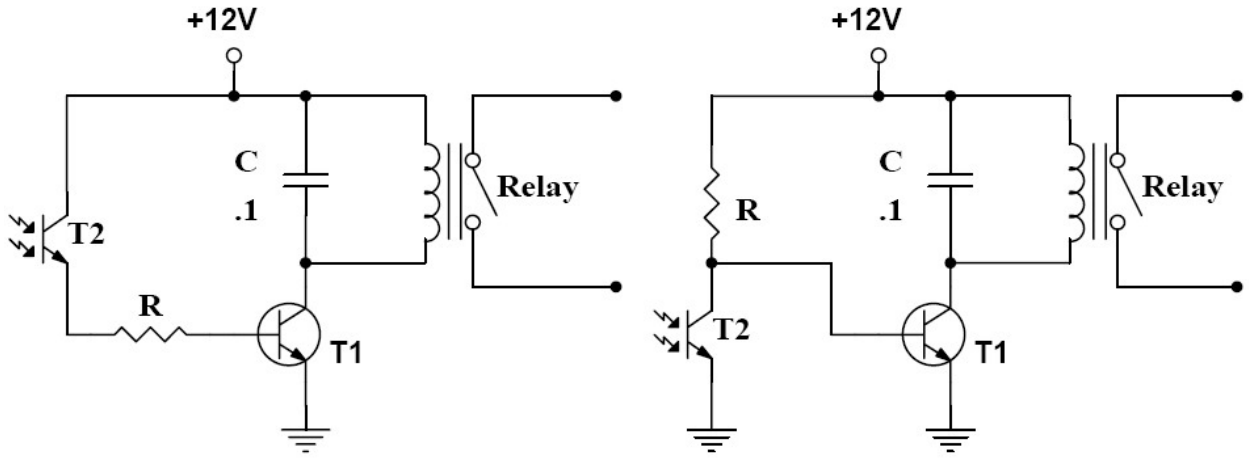
Đây là mạch đơn giản để đo cường độ ánh sáng, biến trở 5K dùng để chuẩn máy nhờ một quang kế mẫu. Khi ánh sáng chiếu vào càng mạch, quang transistor càng dẫn mạnh, kim điện kế lệch càng nhiều. Dĩ nhiên ở mạch trên ta cũng có thể dùng quang điện trở hay quang diod nhưng kém nhạy hơn.



b) Đóng hay tắt Relay:

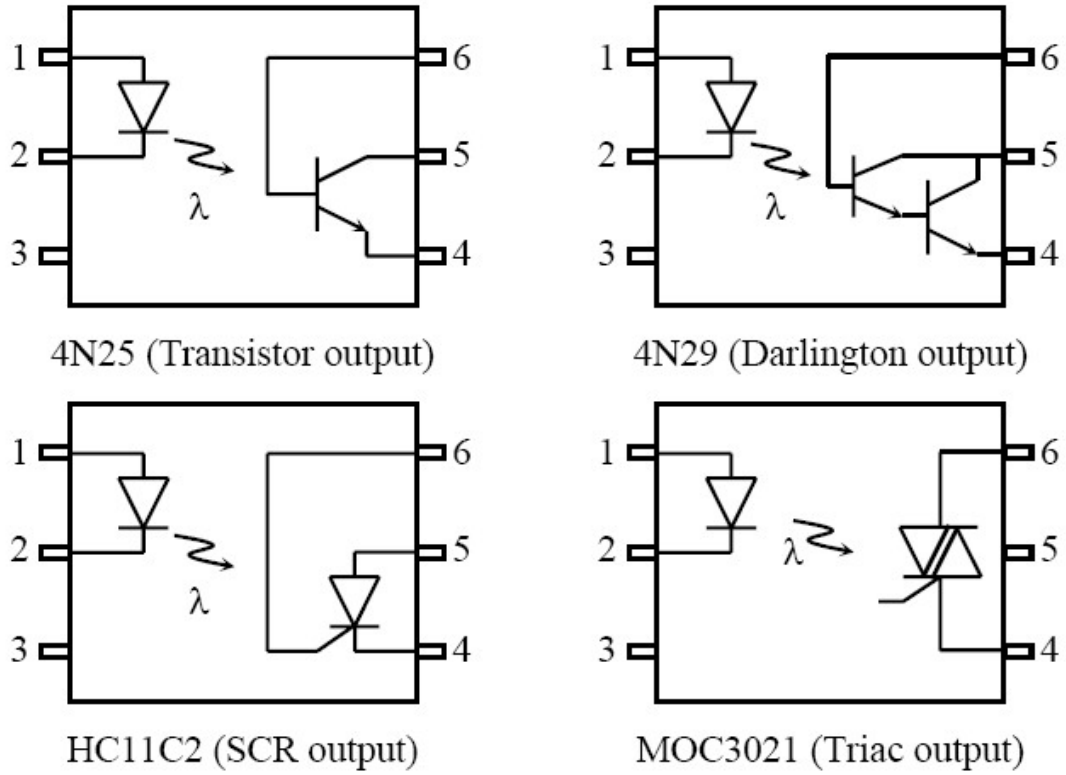
Trong mạch đóng relay, khi quang transistor được chiếu sáng nó dẫn điện làm T1 thông, Relay hoạt động. Ngược lại trong mạch tắt relay, ở trạng thái thường trực quang transistor không được chiếu sáng nên quang transistor ngưng và T1 luôn

thông, Relay ở trạng thái đóng. Khi được chiếu sáng, quang transistor dẫn mạnh làm T1 ngưng, Relay không hoạt động (ở trạng thái tắt).



5.2.3. Bộ ghép quang

Một đèn LED và một linh kiện quang điện tử như quang transistor, quang SCR, quang Triac, quang transistor Darlington có thể tạo nên sự truyền tín hiệu mà không cần đường mạch chung.

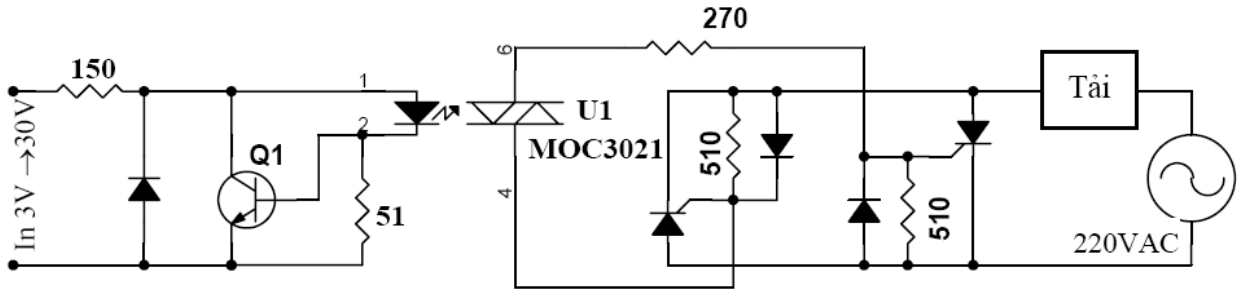


Một số ghép nối quang

Các nối quang thường được chế tạo dưới dạng IC cho phép cách ly phần điện công suất mà thường là cao thế khỏi mạch điều khiển tinh vi ở phía LED. Đây là một ưu điểm rất lớn của nối quang.

Hình 8.12 sau đây giới thiệu một số nối quang điển hình.

Hình sau đây giới thiệu một áp dụng của nối quang:



Q1: Bảo vệ nối quang khi điện thế nguồn lớn (chia bớt dòng điện qua LED).

- Khi LED sáng, nối quang hoạt động kích hai SCR hoạt động (mỗi SCR hoạt động ở một bán kỳ khi có xung kích từ nối quang) cấp dòng cho tải.

- Khi LED tắt, nối quang ngưng, 2 SCR ngưng, ngắt dòng qua tải.

- Mạch này là một ví dụ về mạch SSR (Solid – State – Relay).