

Chương 2

Linh kiện điện tử công suất

Chương 2. Linh kiện điện tử công suất

1. diode công suất
2. Transistor lưỡng cực (BJT)
3. Transistor trường (JET, MOSFET)
4. Thyristor (SCR)
5. Triac
6. Công tắc tơ tĩnh
7. Transistor cực cửa cách li (IGBT)

1. Diode công suất

2.1. diode công suất

2.1.1 Nguyên lí cấu tạo

Gồm hai chất bán dẫn

p,n

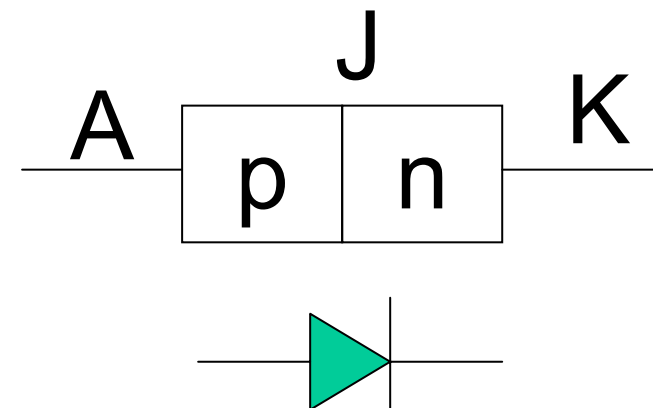
một tiếp giáp J

$U_{AK} > 0$ có dòng điện

$I_{AK} \neq 0$

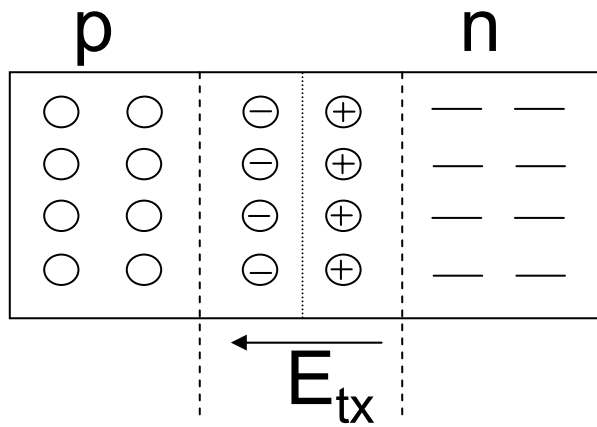
$U_{AK} < 0$ không dòng I_{AK}

□ Sơ đồ cấu trúc

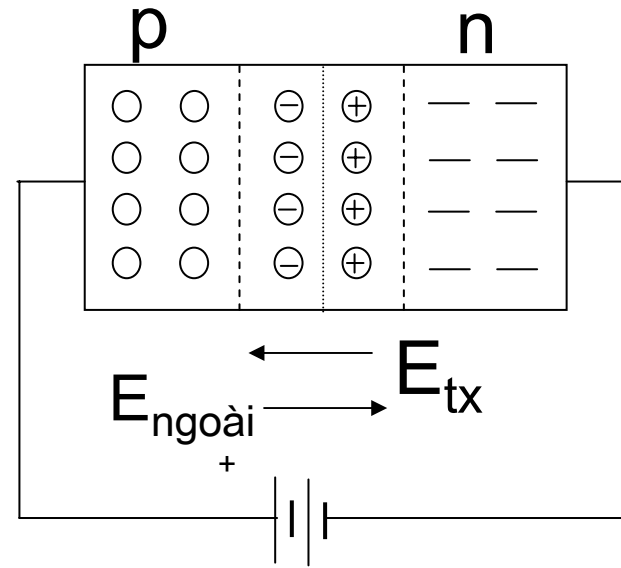


Cấu trúc p-n

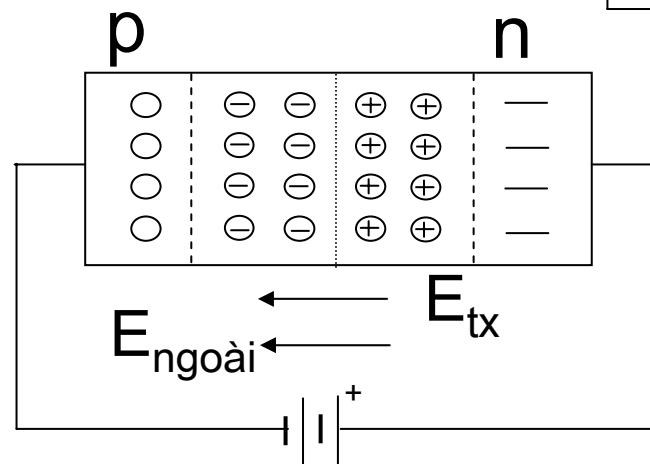
□ Phân cực cho p-n



a)



b)



c)

2.1.2. Đặc tính, thông số của diode

Đặc tính như hình vẽ 2.2

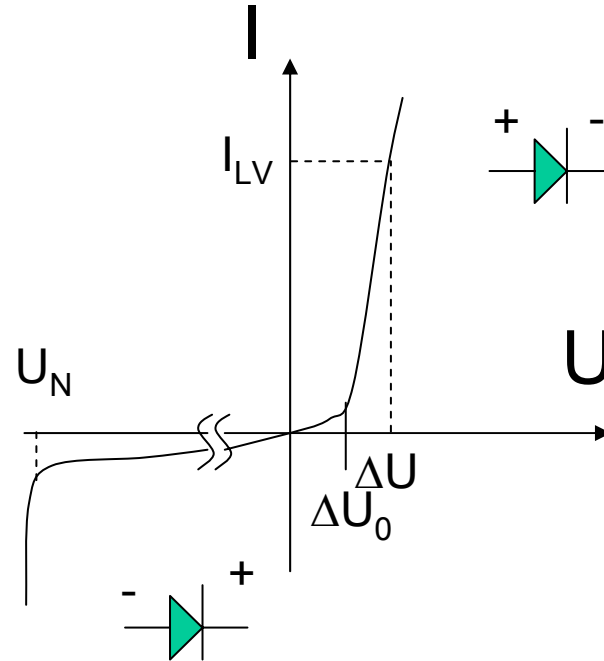
- ở góc phần tư thứ nhất:

dòng điện lớn, sụt áp nhỏ

- ở góc phần tư thứ ba:

dòng rò nhỏ, điện áp ngược lớn

□ Đặc tính



Hình 2.2

Thông số:

$I_{đm}$ □ dòng điện định mức, hiện nay dòng điện lớn nhất của một diode công suất tới 7000A

ΔU □ sụt áp thuận; Sụt áp của diode trong khoảng (0,7 - 2)V

ΔP □ tổn hao công suất; $\Delta P = \Delta U \cdot I$ (đến hàng kW)

T_{cp} - nhiệt độ làm việc cho phép; Tại lớp tiếp giáp khoảng 200°C

U_N - điện áp ngược; Trong khoảng (50-4000)V

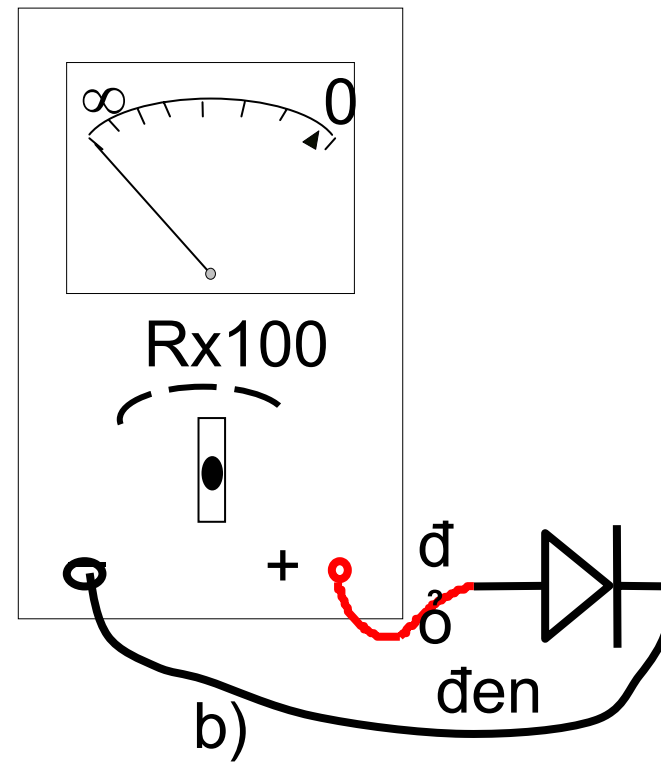
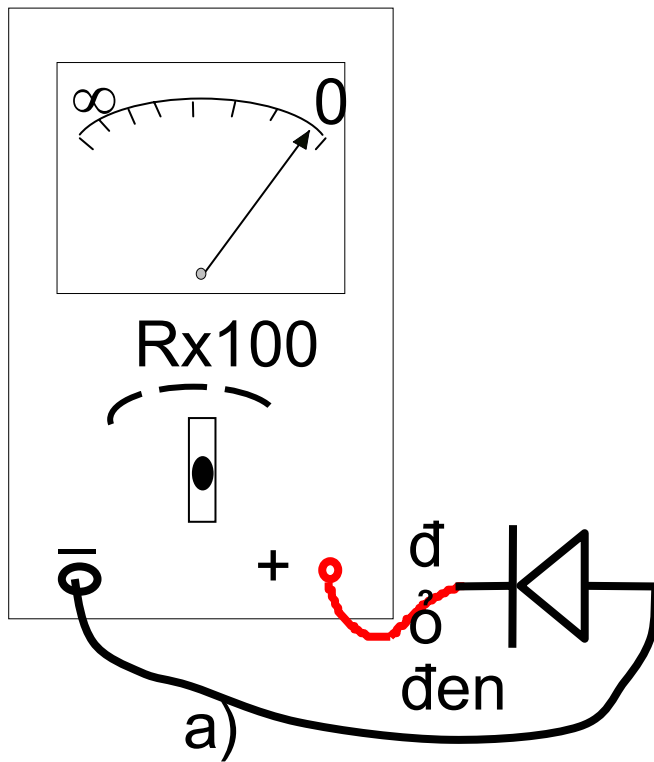
$I_{rò}$ □ dòng điện rò, hàng trăm mA

□ Kết cấu có dạng như hình vẽ



Kiểm tra sơ bộ

□ Dùng đồng hồ vạn năng đo



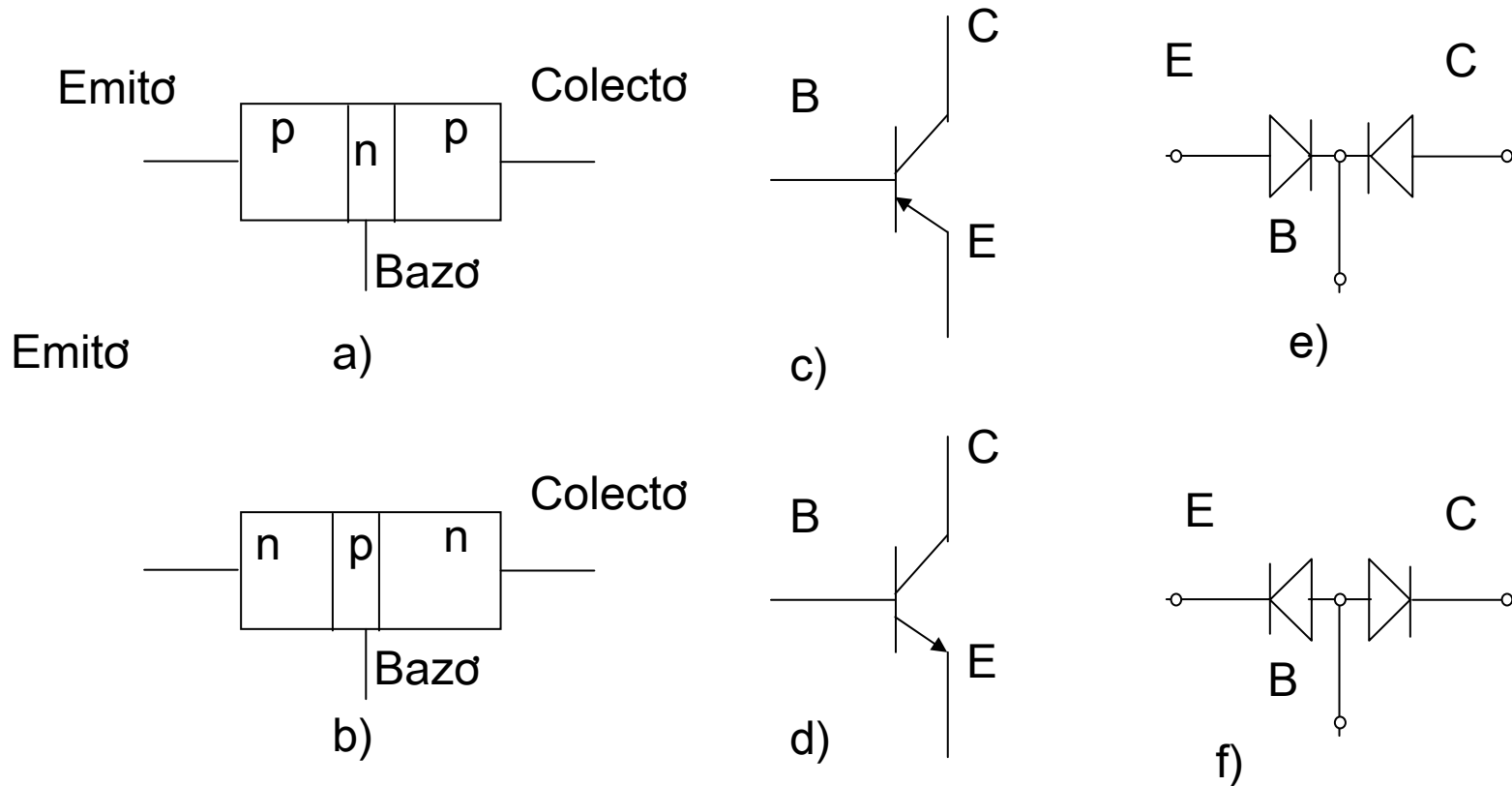
2. Transistor lưỡng cực BJT

2.2. Transistor lưỡng cực BJT (Bipolar Junction Transistor)

1. Nguyên lí, cấu tạo.
2. Đặc tính, thông số
3. Đặc điểm cấu tạo
4. Sơ đồ Darlington

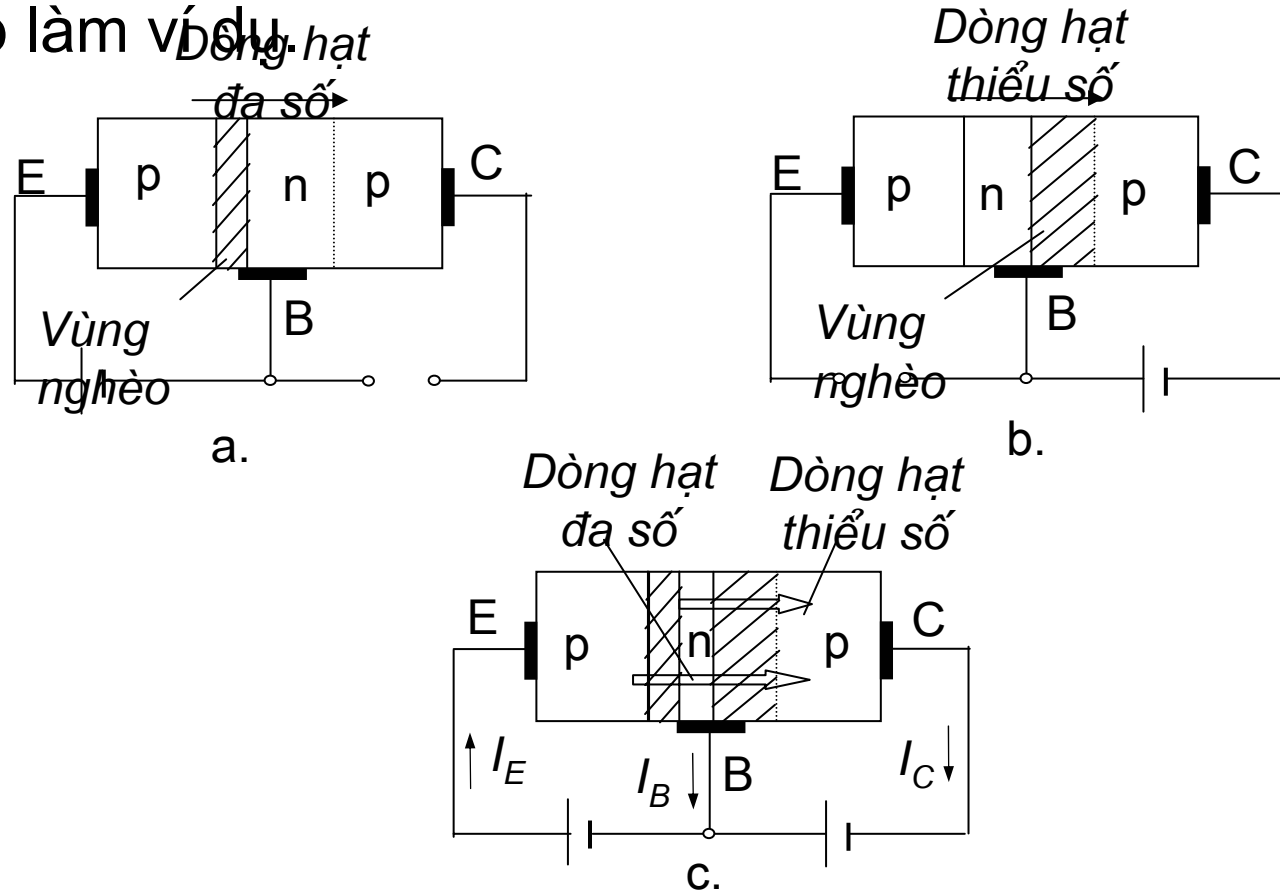
2.2.1. Nguyên lí cấu tạo BJT

□ Cấu tạo của Transistor có dạng như hình vẽ



Hoạt động

- Để mô tả hoạt động của Transistor, ta lấy Transistor loại pnp làm ví dụ.



Hình 2.1 Nguyên lý hoạt động của Transistor

- Trên hình 2.1a, khi tiếp giáp colector không được phân cực, tiếp giáp emitor được phân cực thuận. Độ rộng vùng điện tích không gian giữa p và n (còn gọi là vùng nghèo) sẽ bị giảm, mức giảm tùy theo điện áp phân cực, kết quả là dòng của các hạt đa số (các lỗ trống) khuếch tán từ miền bán dẫn p (cực E) sang miền bán dẫn n (cực B).
- Khi tiếp giáp emitor không được phân cực, tiếp giáp colector phân cực ngược, không có dòng của các hạt đa số (điện tử ở bán dẫn n) chỉ có dòng của các hạt thiểu số (lỗ trống ở bán dẫn n) (hình 2.1 b).

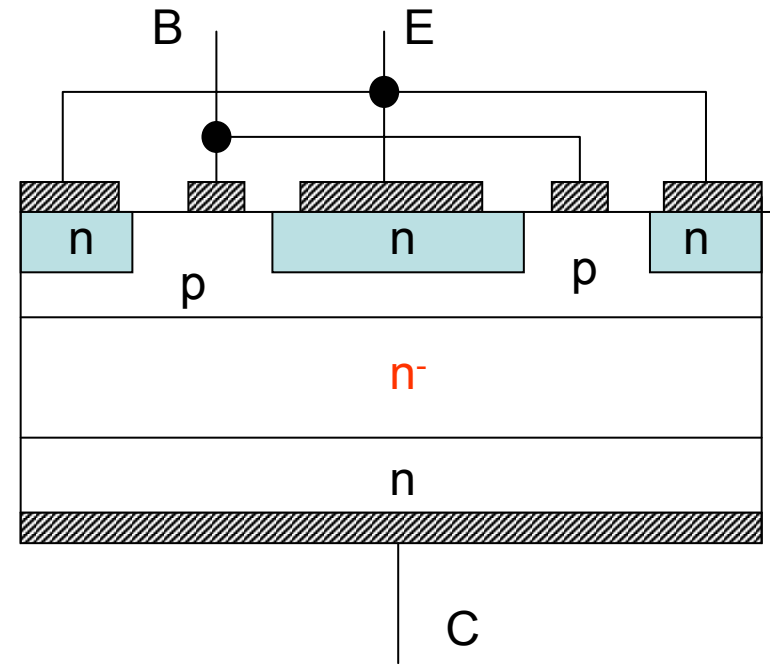
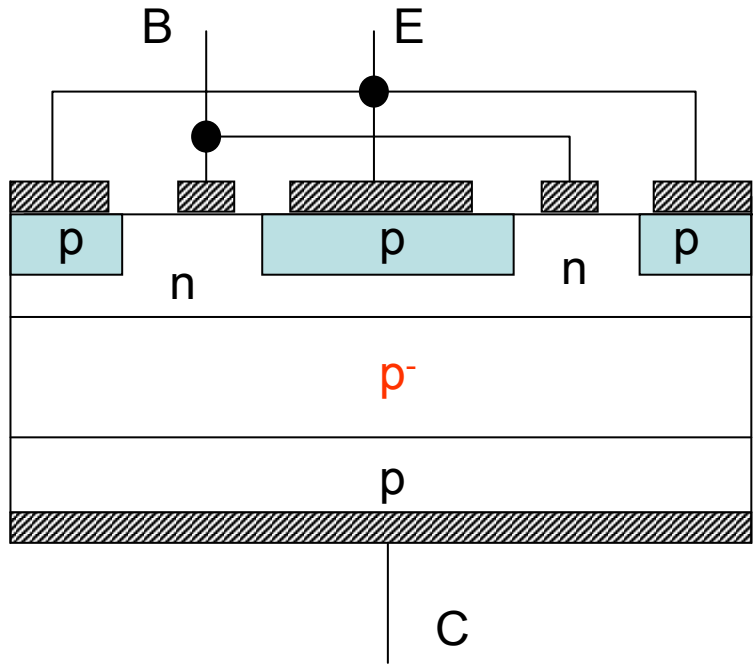
□ Trường hợp tiếp giáp emitor phân cực thuận, tiếp giáp colector phân cực ngược (hình 2.1c). Khi tiếp giáp emitor phân cực thuận, các hạt đa số khuếch tán qua tiếp giáp tới miền bazơ tạo nên dòng I_E . Tại miền bazơ các hạt đa số này lại chuyển thành các hạt thiểu số, một phần bị tái hợp với các điện tử tạo thành dòng I_B , phần còn lại do độ rộng của miền bazơ rất mỏng, tiếp giáp colector phân cực ngược nên các lỗ trống ở miền bazơ bị cuốn sang miền colector tạo lên dòng I_C . Dòng I_C này được tạo bởi hai thành phần: dòng của các hạt đa số từ miền emitor, và dòng của các hạt thiểu số (lỗ trống ở miền bazơ khi chưa có sự khuếch tán từ emitor sang).

2.2.2. Đặc điểm kết cấu

- Dòng điện điều khiển I_b được xác định $I_b = I_C / \beta$
- Trong điện tử công suất, dòng điện lớn nên Transistor làm việc ở chế độ đóng cắt nên khi mở phải thoả mãn điều kiện: $I_b = k_{bh} \cdot I_C / \beta$ ($k_{bh} = 1,2 \div 1,5$ - hệ số bảo hoà), điện áp bảo hoà CE khoảng 1-1,5 V $I_b = I_C / \beta$
- Do cần hệ số khuếch đại lớn nên BJT thường cấu tạo dạng darlington

Sơ đồ cấu trúc BJT

- Thêm một lớp bán dẫn n^- là vùng có trở kháng cao



Hoạt động

- p - n⁻ là vùng có trở kháng cao, đó đó Transistor có điện áp cao hay thấp phụ thuộc độ dày miền n⁻
- ở chế độ bão hoà, dòng điện I_b lớn, các điện tử được đưa thừa vào vùng p, các điện tích trung gian không trung hoà hết \Rightarrow vùng bazơ có điện trở nhỏ \Rightarrow có dòng điện chạy qua. Do tốc độ trung hoà điện tích không kịp, Transistor không còn khả năng khống chế dòng điện.

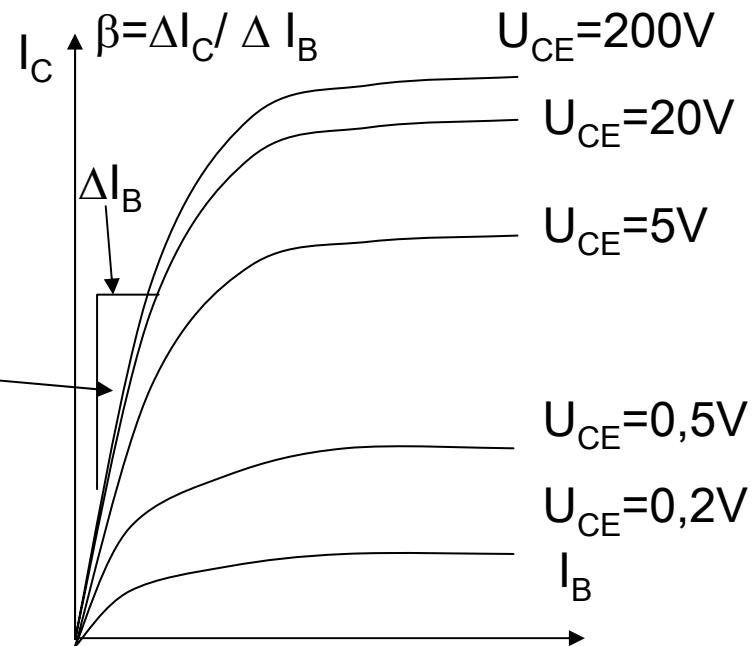
2.2.3. Đặc tính của BJT

Đặc tính tĩnh của BJT

Đặc tính điều khiển như hình bên

Một số nhận xét:

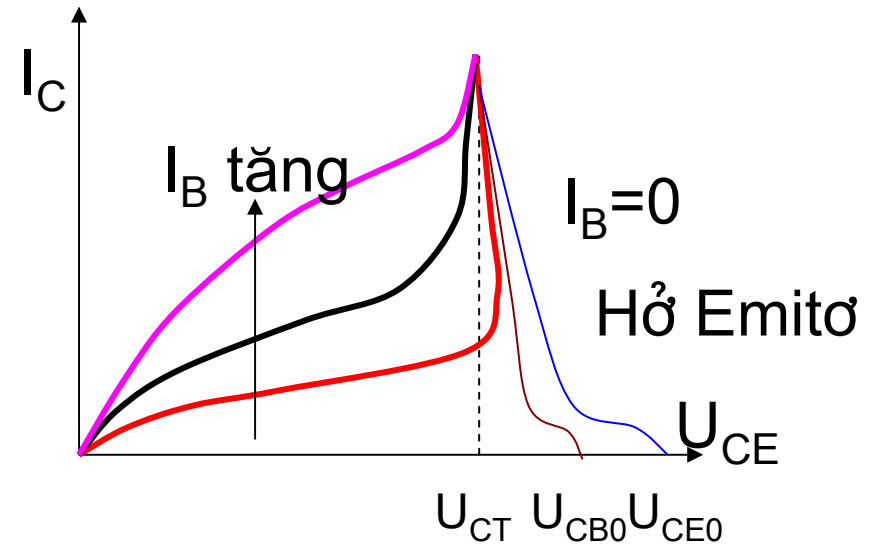
- Cùng một I_C muốn có U_{CE} nhỏ thì I_B phải lớn
- Hệ số khuếch đại của Transistor công suất nhỏ (cỡ hàng chục)



Đặc tính ra

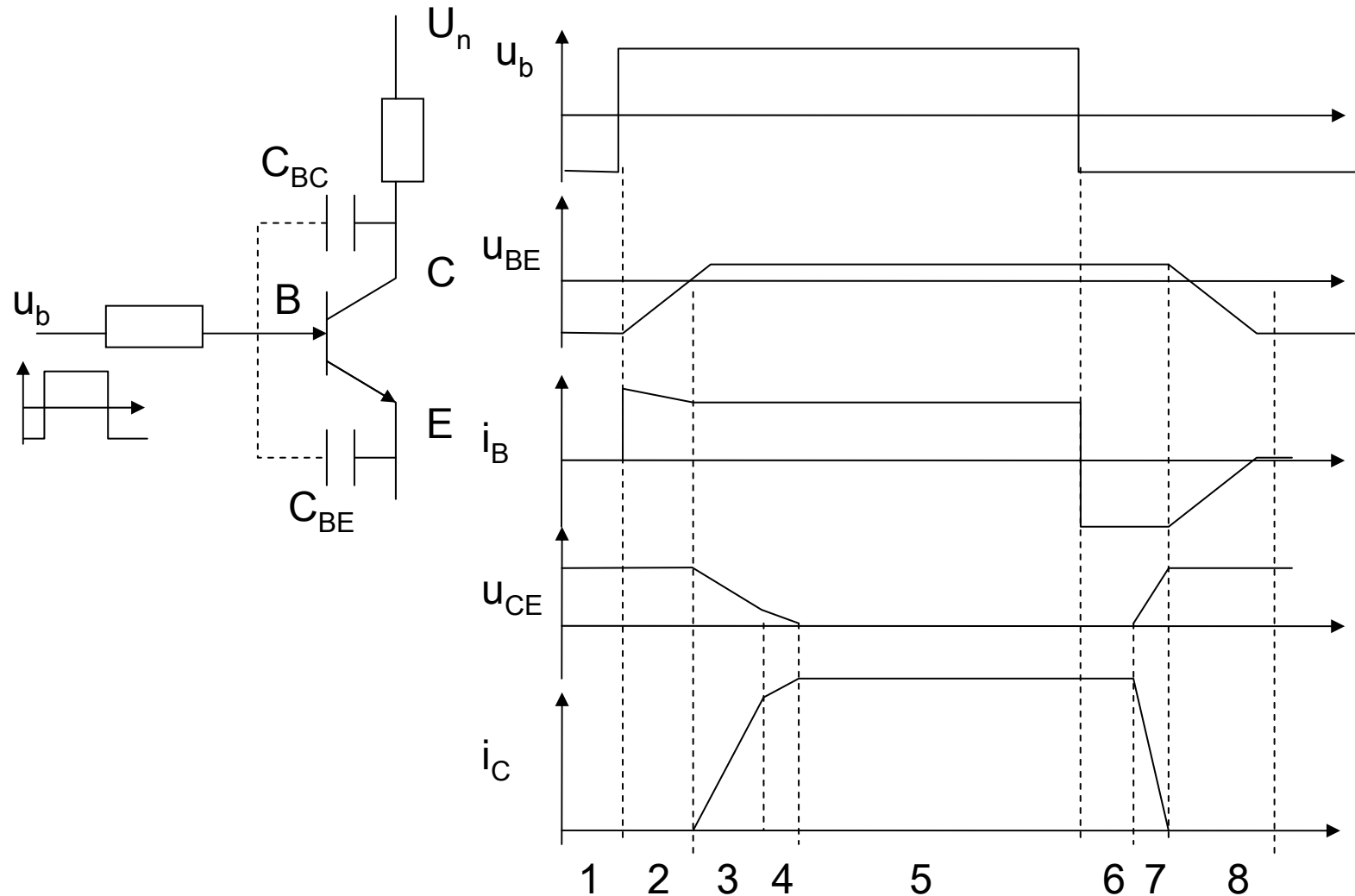
U_{CB0} - điện áp đánh thủng CB khi hở E

U_{CE0} - điện áp đánh thủng CE khi hở B



Đặc tính đóng cắt

□ Đặc tính điện hình



Đặc tính đóng cắt điển hình có thể chia thành 8 vùng :

1. Tran. đang khoá
2. Thời gian trễ của Tran. khi mở
3. Quá trình tăng dòng I_C do sự tích lũy điện tích trong bazơ
4. Vào vùng bão hoà
5. Chế độ làm việc bão hoà
6. Thời gian trễ khi khoá, do mật độ điện tích lớn không giảm nhanh được.
7. Dòng collector giảm về 0
8. Tụ BE được nạp với $-U_{BE}$ đảm bảo cho Transistor khoá
9. Transistor khoá hoàn toàn

Thông số

□ Các thông số cơ bản

I_C □ dòng điện định mức, (tới 1000A)

β - hệ số khuếch đại dòng điện

$I_B = I_C / \beta$ □ dòng điện bazơ mA

ΔU □ sụt áp thuận; (khoảng (0,7 - 2)V)

ΔP □ tổn hao công suất sinh nhiệt (đến hàng kW)

T_{cp} - nhiệt độ làm việc cho phép; Tại lớp tiếp giáp
khoảng 200°C

U_{CE} - điện áp CE; Trong khoảng (50-1500)V

U_{BE} - điện áp BE; hàng vôn

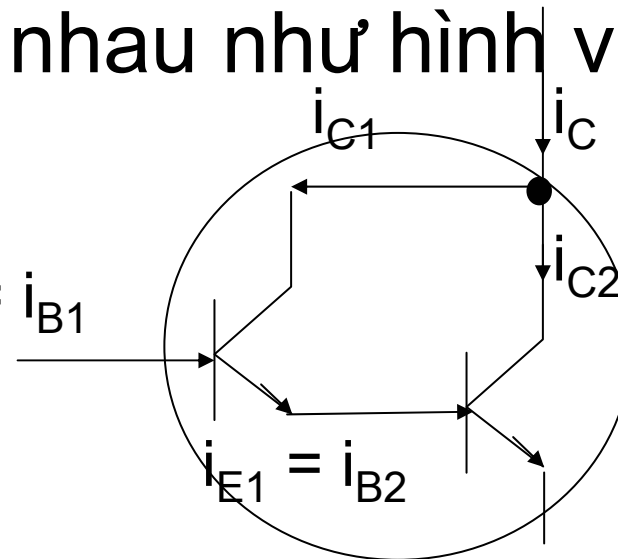
2.2.4. Sơ đồ darlington

□ Từ đặc tính tĩnh ở trên thấy rằng hệ số khuếch đại dòng điện của các tran. công suất nhỏ chỉ khoảng hàng **chục**. Do đó cần mắc hai tran. nối tiếp nhau như hình vẽ

□ Hệ số khuếch đại:

□ $\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2$ $i_B = i_{B1}$

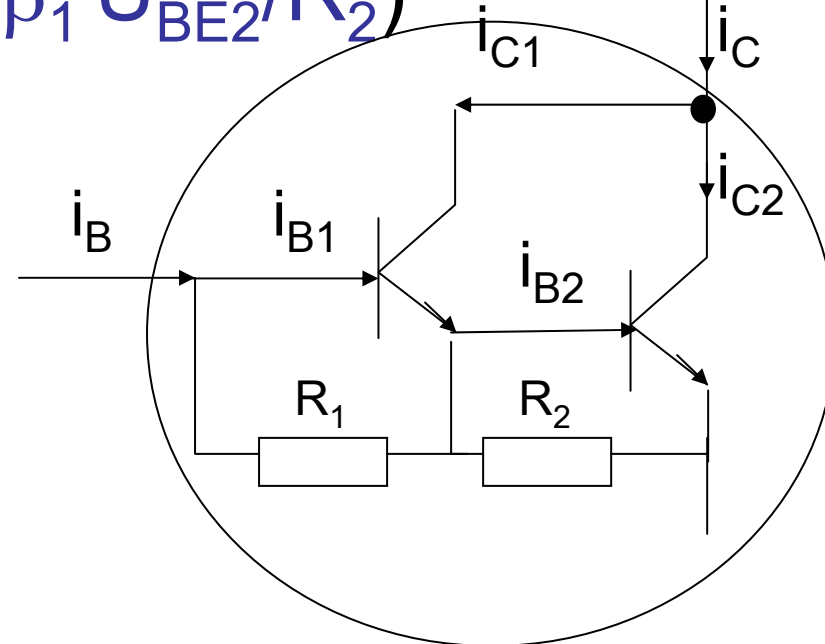
□ $\beta = \beta_1 \beta_2$



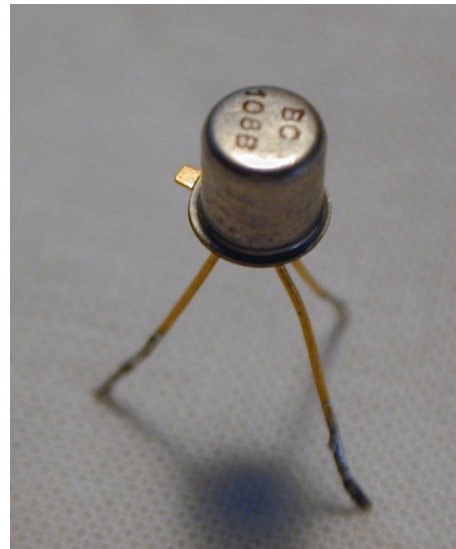
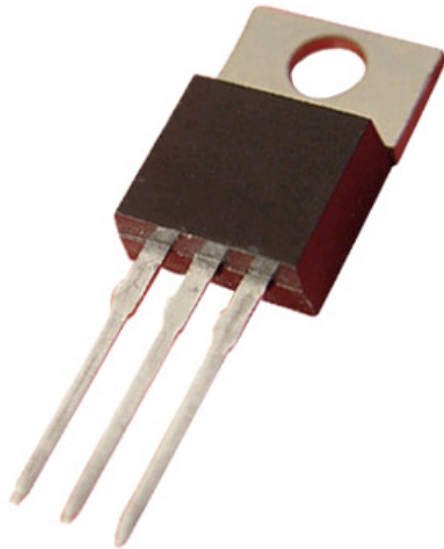
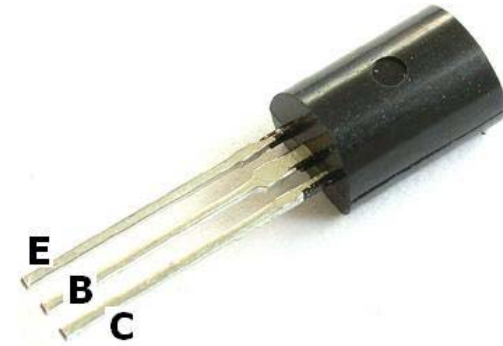
Ổn định điểm làm việc

- Khi có xét dòng điện rò
- $i_C = i_{C1} + i_{C2} = \beta_1 i_{B1} + I_{CEO1} + \beta_2 i_{B2} + I_{CEO2}$
- $= (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) i_{B1} + (1 + \beta_2) I_{CEO1} + I_{CEO2}$
- Khi nhiệt độ thay đổi dòng rò thay đổi, nó được nhân thêm $(1 + \beta_2) I_{CEO1}$ làm sơ đồ kém ổn định theo nhiệt độ
- Để khắc phục, đưa thêm các điện trở như hình vẽ

- Mạch vào được phân thành hai nhánh
- $i_{B1} = i_B - U_{BE1}/R_1$; $i_{B2} = i_{E1} + U_{BE1}/R_1 - U_{BE2}/R_2$
- Sau biến đổi có:
- $i_C = i_{C1} + i_{C2} = \beta_1 i_{B1} + I_{CEO1} + \beta_2 i_{B2} + I_{CEO2}$
- $= (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) i_B + (1 + \beta_2)(I_{CEO1} - \beta_1 U_{BE1}/R_1) + (I_{CEO2} - \beta_1 U_{BE2}/R_2)$



Một số hình ảnh BJT



3. Transistor Trường (FET)

2.3. Transistor TRƯỜNG (FET)

2.3.1. Giới thiệu chung

2.3.2. Cấu tạo và đặc tính của JFET

2.3.3 MOSFET

2.3.1. Giới thiệu chung

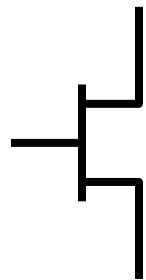
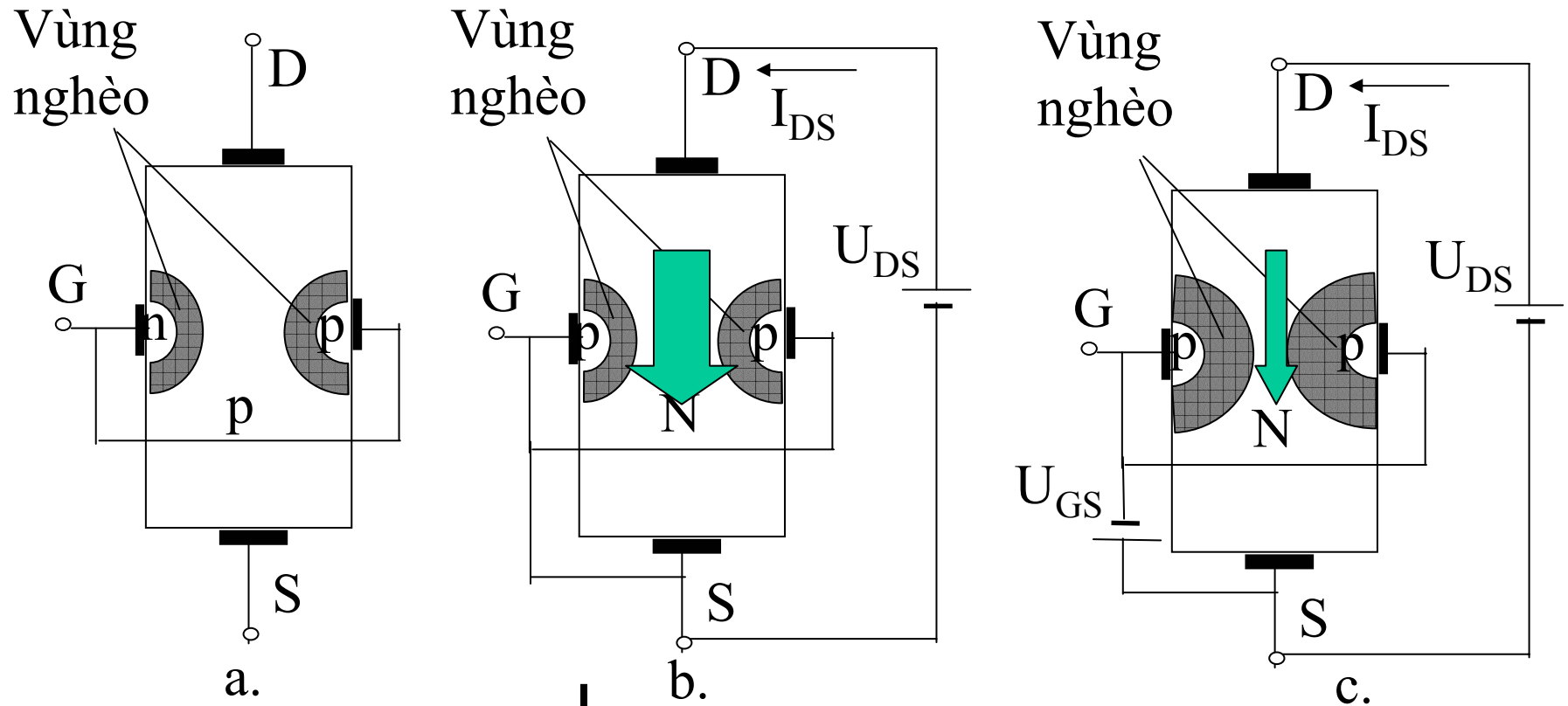
- Khác với Transistor lưỡng cực mà đặc điểm chủ yếu là dòng điện trong chúng do cả hai loại hạt dẫn (điện tử và lỗ trống) tạo nên, Transistor trường (Field Effect Transistor - FET), hoạt động dựa trên nguyên lý hiệu ứng trường, độ dẫn điện của đơn tinh thể bán dẫn được điều khiển nhờ tác dụng của một điện trường ngoài. Dòng điện trong FET chỉ do một loại hạt dẫn tạo nên.

Transistor hiệu ứng trường FET gồm có hai loại chính:

- FET điều khiển bằng cực cửa tiếp xúc p-n (viết tắt là JFET).
- FET có cực cửa cách ly: Thông thường lớp cách điện là lớp ôxít nên gọi là Metal oxide Semiconductor FET (MOSFET hay MOS). Trong loại Transistor trường có cực cửa cách điện lại được chia làm hai loại là MOS có kênh liên tục (kênh đặt sẵn) và MOS có kênh gián đoạn (kênh cảm ứng).

2.3.2. Cấu tạo và đặc tính của JFET

- 1. Cấu tạo và ký hiệu



Hình 2.2b

2. Hoạt động

Xét JFET kênh N có cực D nối với dương nguồn, S nối với âm nguồn như hình 2.2b.

- *a. Khi cực G hở ($U_{GS} = 0V$)*

Lúc này dòng điện sẽ đi qua kênh theo chiều từ cực dương của nguồn vào cực D và ra ở cực S để trở về âm nguồn của U_{DS} , kênh có tác dụng như một điện trở

- *b. Khi cực G có điện áp âm ($U_{GS} < 0V$) hình 2.2c*

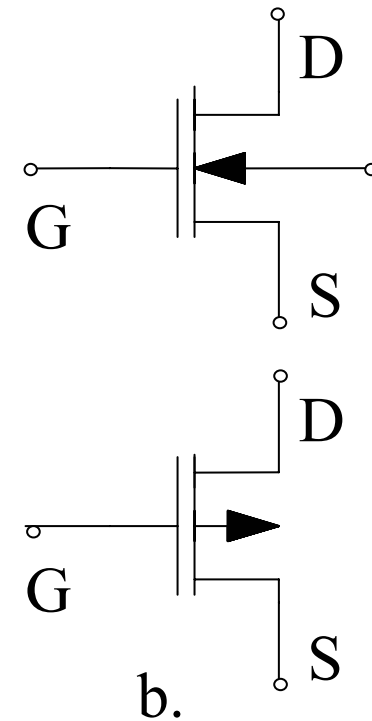
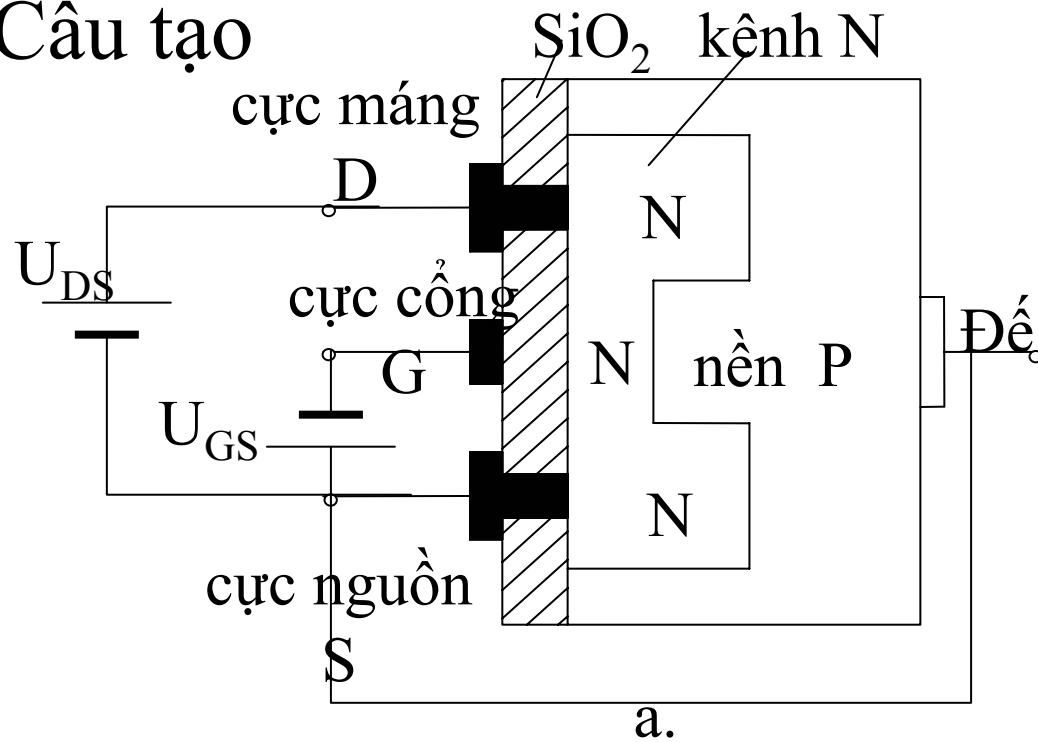
Khi cực G có điện áp âm nối vào chất bán dẫn loại P, sẽ làm cho tiếp giáp P - N bị phân cực ngược, điện tử trong chất bán dẫn của kênh N bị đẩy vào làm thu hẹp tiết diện kênh, nên điện trở kênh dẫn tăng lên, dòng I_D giảm xuống.

2.3.3 MOSFET

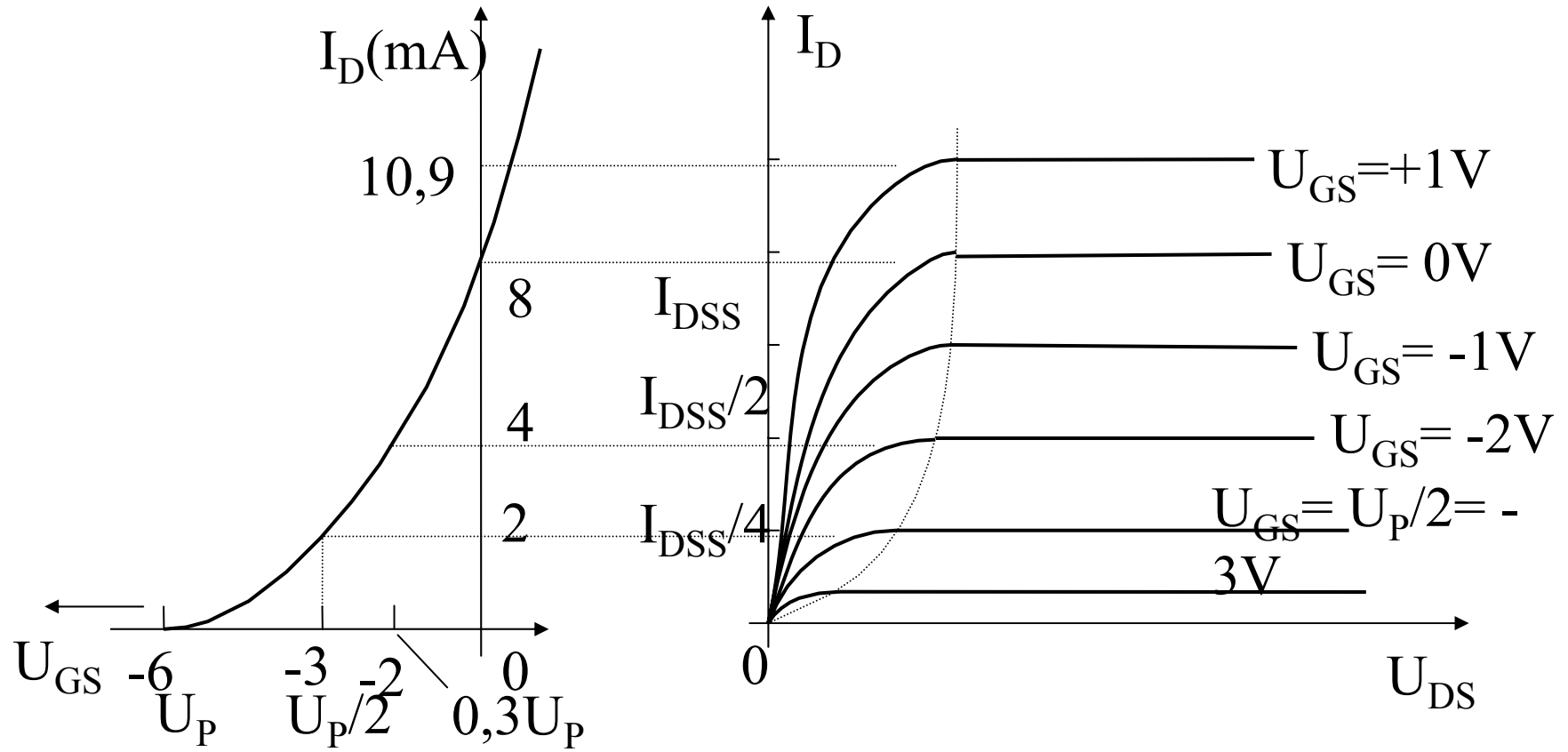
- MOSFET được chia làm hai loại: MOSFET kênh liên tục và MOSFET kênh gián đoạn.
- Mỗi loại kênh liên tục hay gián đoạn đều có phân loại theo chất bán dẫn là kênh N hay P.
- Ta xét các loại MOSFET kênh N và suy ra cấu tạo ngược lại cho kênh P.

1. Cấu tạo và ký hiệu của MOSFET kênh liên tục

- Cấu tạo

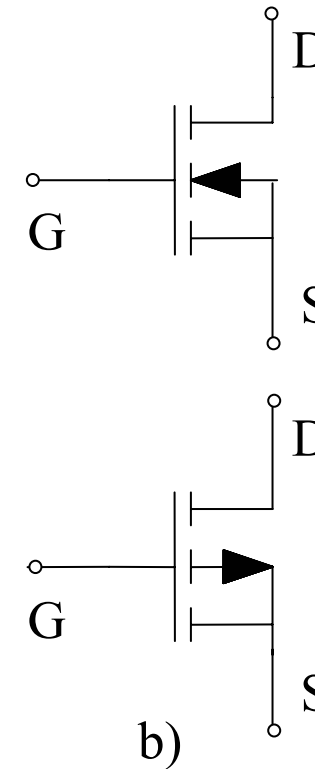
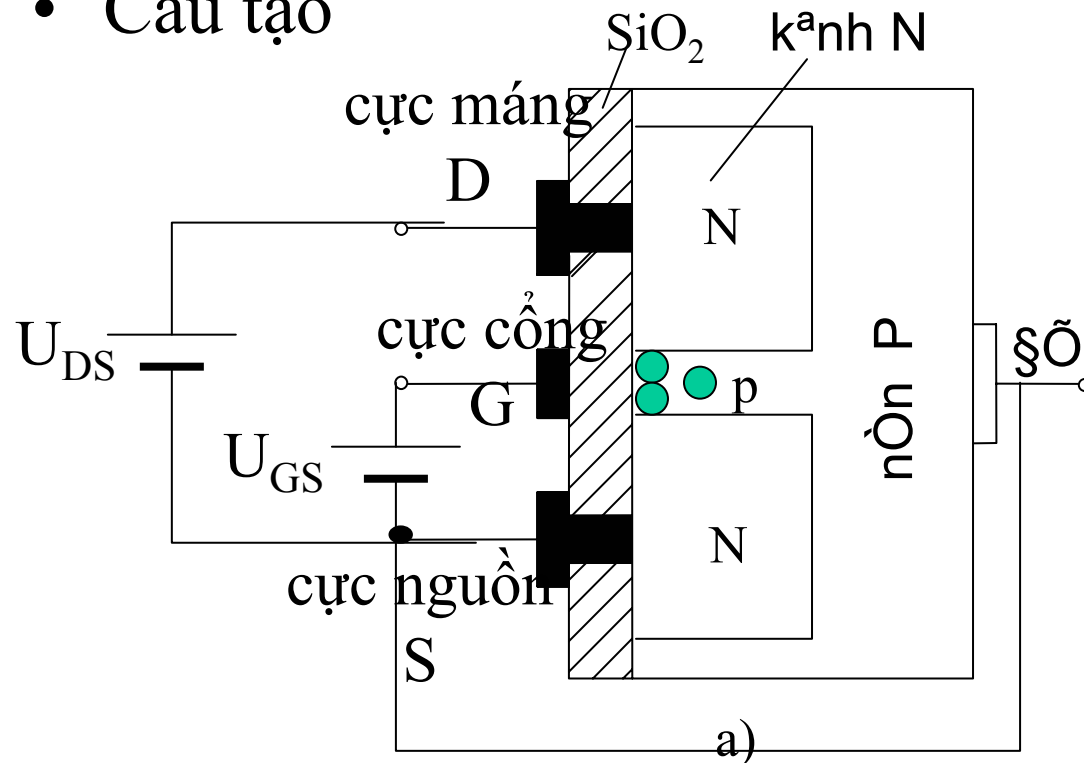


Đặc tính



2. Cấu tạo và ký hiệu của MOSFET kênh gián đoạn

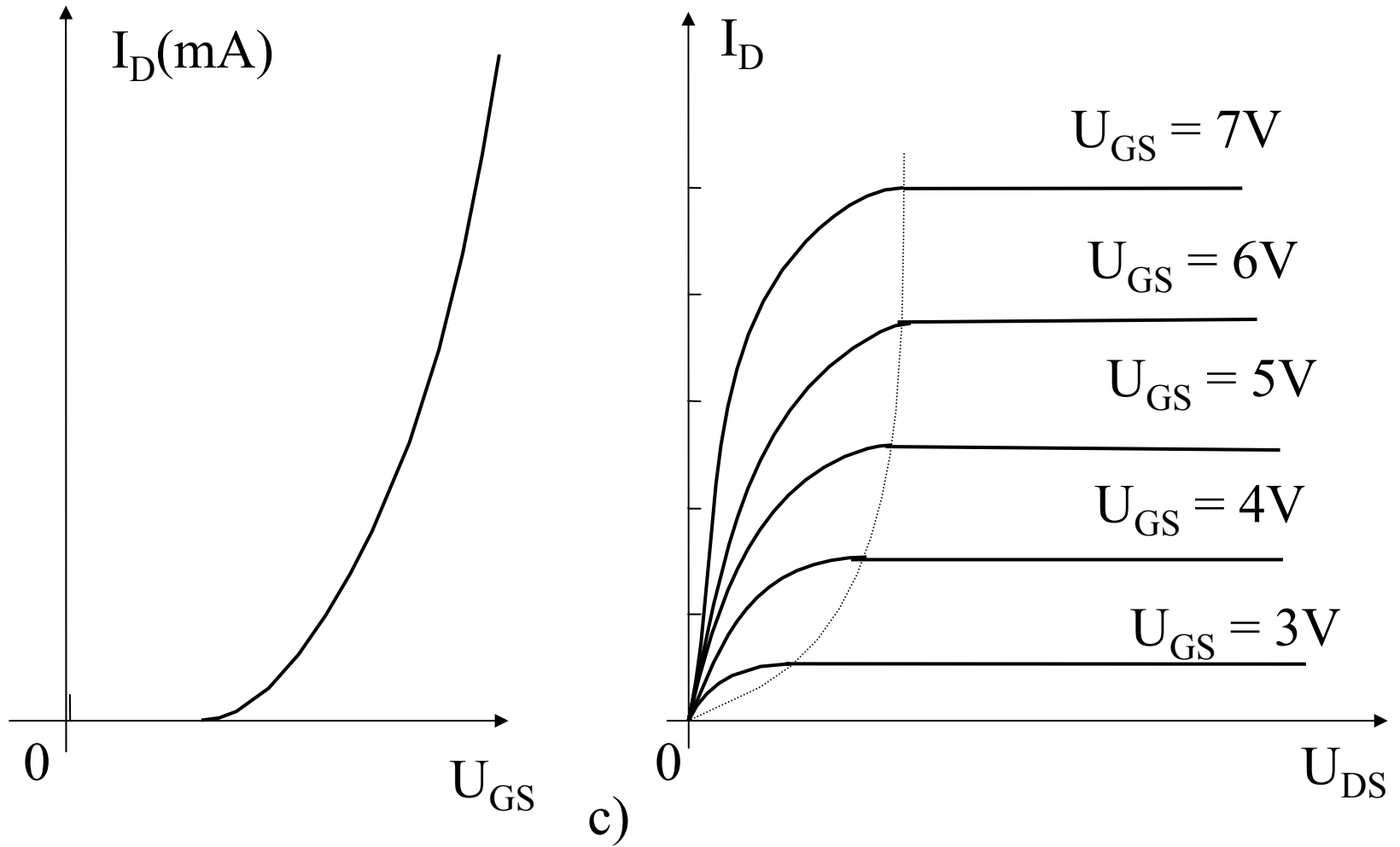
- Cấu tạo



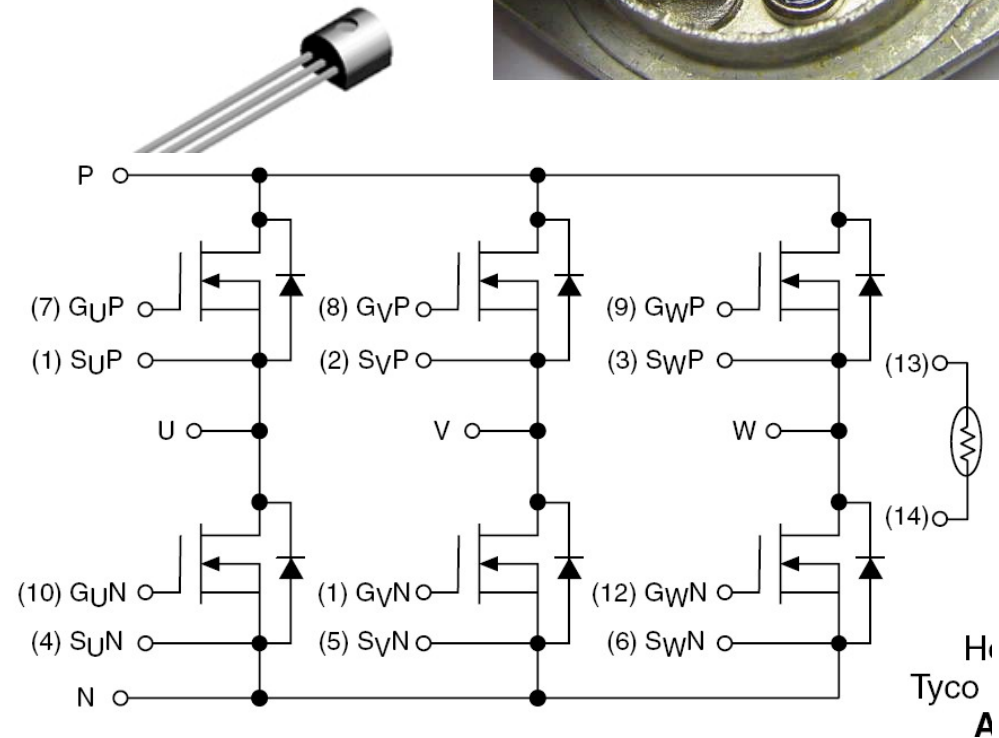
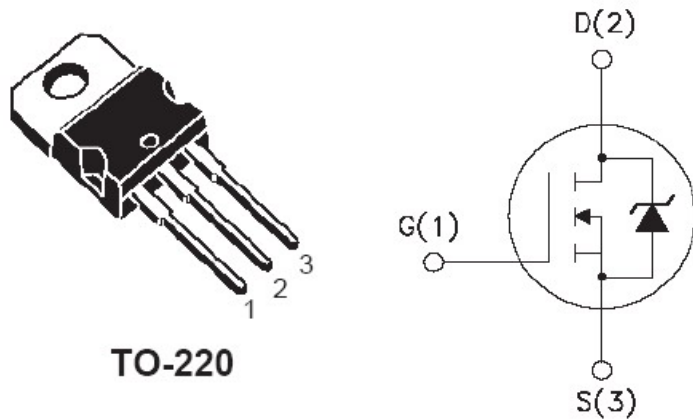
Hoạt động

- Khi phân cực cho G có $U_{GS} > 0V$, các điện tích dương ở cực G sẽ hút các điện tử của nền P về phía giữa của hai vùng bán dẫn N và khi lực hút đủ lớn thì số điện tử bị hút nhiều hơn, đủ để nối liền hai vùng bán dẫn N và kênh dẫn được hình thành.
- Khi đó có dòng điện I_D đi từ D sang S, điện áp phân cực cho cực G càng tăng thì dòng ID càng lớn. Điện áp U_{GS} đủ lớn để tạo thành kênh dẫn điện gọi là điện áp ngưỡng $U_{GS(T)}$ hay U_T . Khi $U_{GS} < U_T$ thì dòng cực máng $I_D = 0$

Đặc tính



Một số hình ảnh Transistor FET



4. Thyristor (SCR)

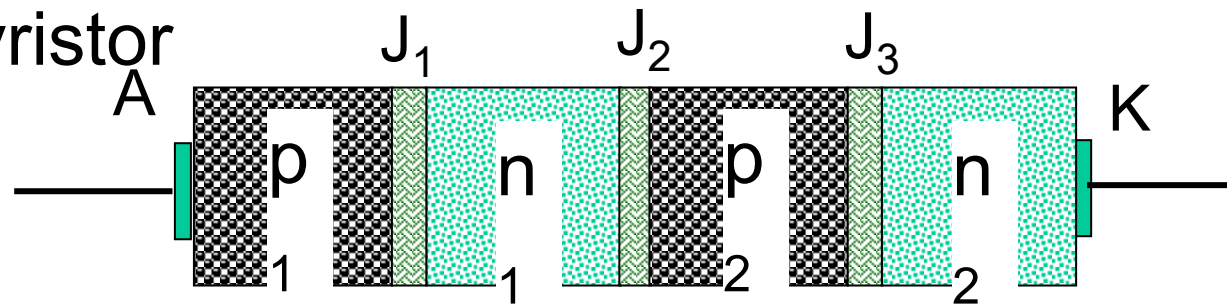
2.4. Thyristor (SCR)

1. Nguyên lí cấu tạo
2. Đặc tính, thông số
3. Kết cấu
4. Mở Thyristor
5. Khóa Thyristor
6. Kiểm tra

2.4.1. Nguyên lí cấu tạo

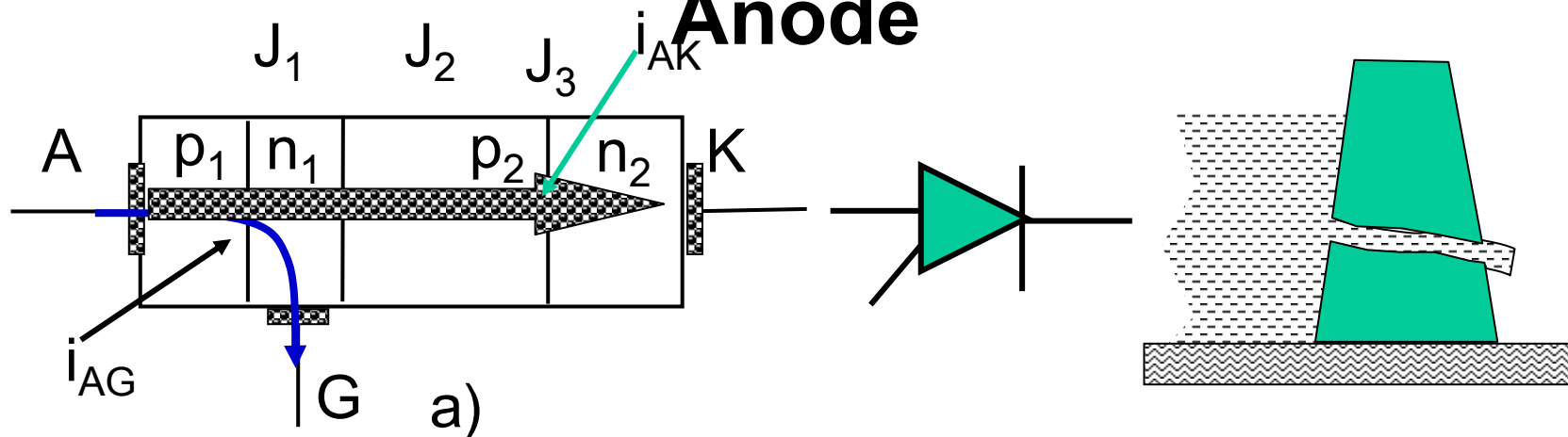
Cấu tạo p - n của

Thyristor



- Cấu tạo từ bốn chất bán dẫn đặt liên tiếp nhau.
- Nếu đặt điện áp ngoài vào trong các tiếp giáp trên có một tiếp giáp ngược
- $U_{AK} > 0$ có J₂ ngược
- $U_{AK} < 0$ có J₁, J₃ ngược
- Cả hai trường hợp này đều không dòng điện.
- Muốn có dòng điện chạy qua pn cần có dòng điện điều khiển (xoá đi một cặp bán dẫn nào đó)

Nguyên lí làm việc loại điều khiển từ Anode

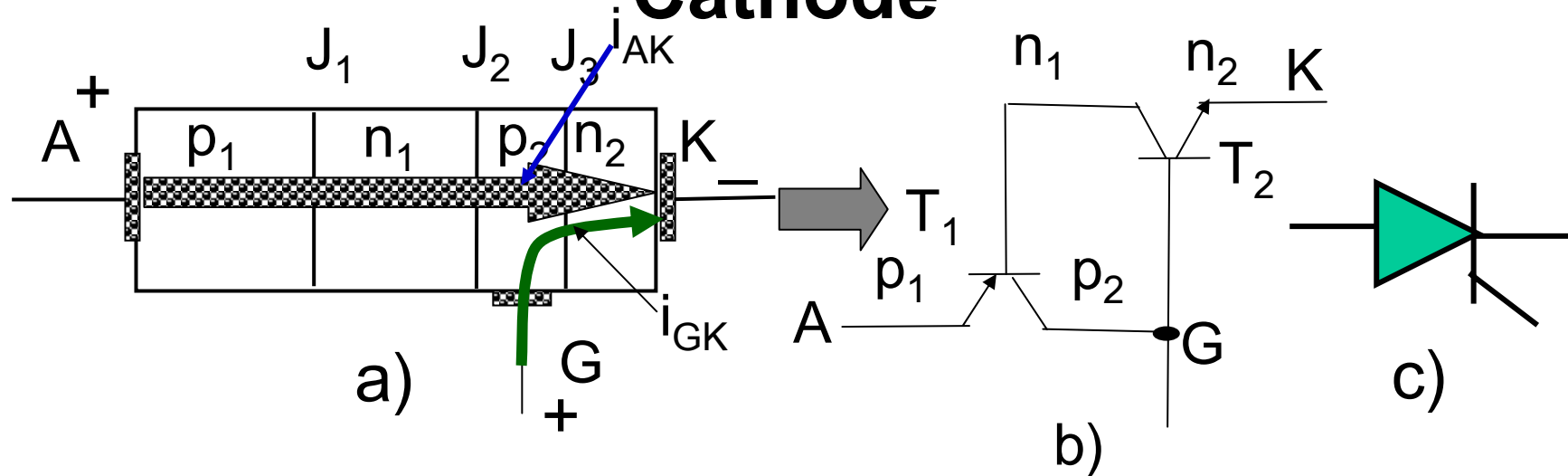


Đưa thêm một cực G (gate) vào n_1

Khi có điện trường $U_{AK} > 0$, có dòng điện i_{AG} cặp bán dẫn p_1, n_1 thành dây dẫn, khi đó A coi như được đặt trực tiếp vào p_2 , khi đó xuất hiện dòng i_{AK}

Khi đã có dòng i_{AK} , dòng điều khiển không còn ý nghĩa nữa. Các chất bán dẫn p,n chỉ trở về trạng thái ban đầu khi ngưng dòng điện

Nguyên lí làm việc loại điều khiển từ Cathode



Đưa thêm một cực G (gate) vào p₂

Khi có điện trường $U_{AK} > 0$, có dòng điện i_{GK} cặp bán dẫn p₂, n₂ thành dây dẫn, khi đó K coi như được đặt trực tiếp vào n₁, khi đó xuất hiện dòng i_{AK}

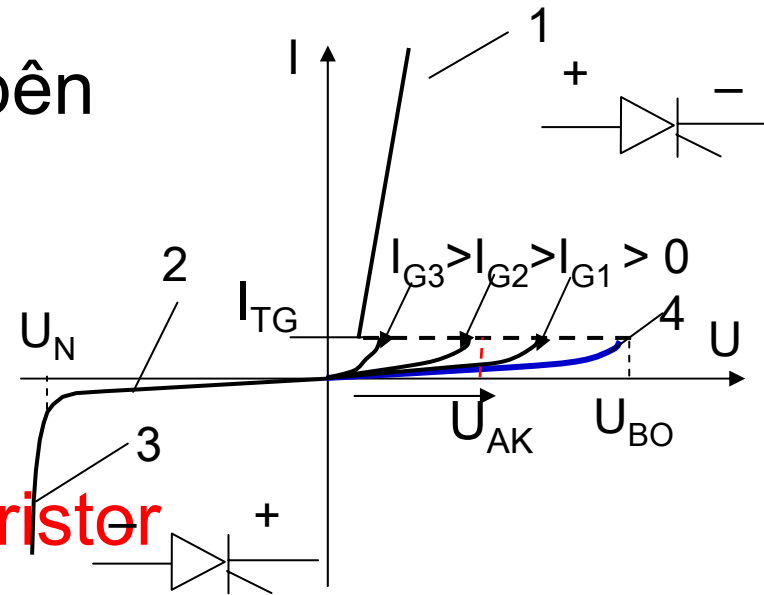
Khi đã có dòng i_{AK} , dòng điều khiển không còn ý nghĩa nữa. Các chất bán dẫn p, n chỉ trở về trạng thái ban đầu khi ngưng dòng điện

2.4.2. Đặc tính và thông số

Đặc tính có dạng như hình bên

Thông số:

Có các thông số như diode đã nói ở trên



Các thông số riêng của Thyristor

- I_{TG} dòng điện tự giữ;
- t_m, t_k thời gian mở, khóa Thyristor, $t_{CM} = t_m + t_k$
- $U_{đk}, i_{đk}$ - điện áp và dòng điện điều khiển
- $dU/dt, di/dt$ - giới hạn tốc độ biến thiên điện áp và dòng điện

So sánh Thyristor với các linh kiện bán dẫn công suất khác

- Ưu điểm chính của Thyristor là có mật độ dòng điện cao, tổn hao nhỏ
- Nhược điểm: tốc độ chuyển mạch chậm, tần số làm việc thấp

2.4.3. Kết cấu

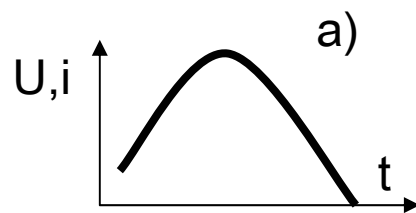
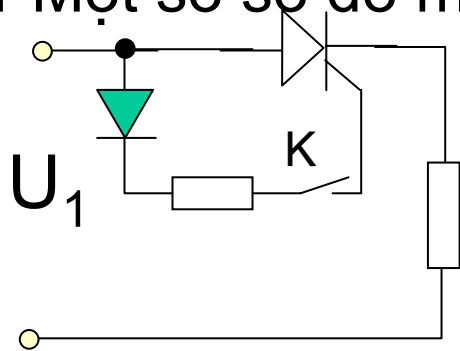
Đặc điểm kết cấu cơ bản của Thyristor là dẫn nhiệt ra ngoài nhanh nhất.

2.4.4. Mở Thyristor

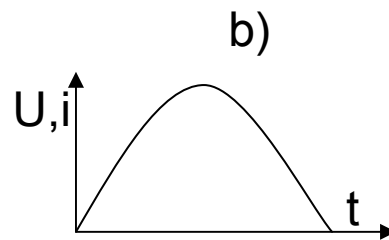
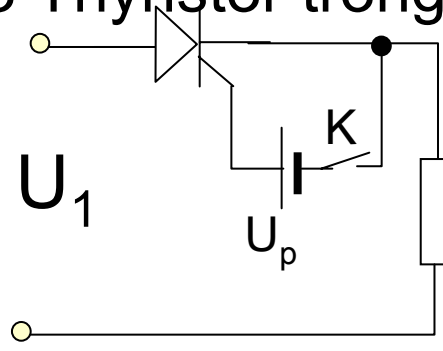
- Định nghĩa việc mở Thyristor là chuyển nó từ trạng thái không dòng điện sang trạng thái có dòng điện.
- Điều kiện có dòng điện chạy qua Thyristor
- Muốn có dòng điện chạy qua Thyristor phải đáp ứng hai điều kiện:
 - Có điện áp $U_{AK} > 0$;
 - Có dòng điện điều khiển $i_{GK} \neq 0$

□ Trong mạch điện một chiều, Thyristor được mở dễ dàng, còn trong mạch xoay chiều việc mở Thyristor phức tạp hơn do điện áp và dòng điện thường xuyên đổi chiều

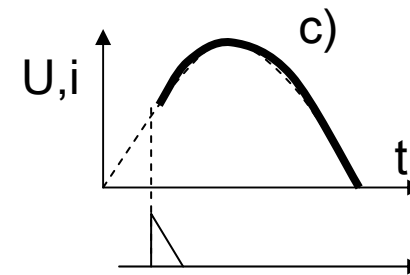
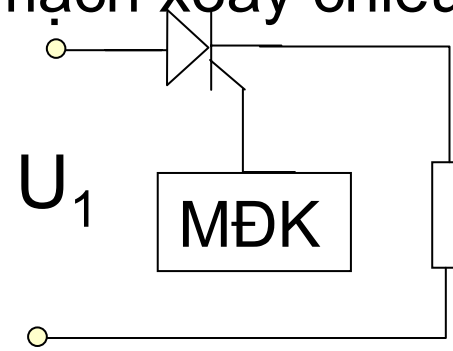
□ Một số sơ đồ mở Thyristor trong mạch xoay chiều



Mở Thyristor bằng điện áp Anode



Mở Thyristor bằng nguồn phụ



Điều khiển bằng mạch ĐK

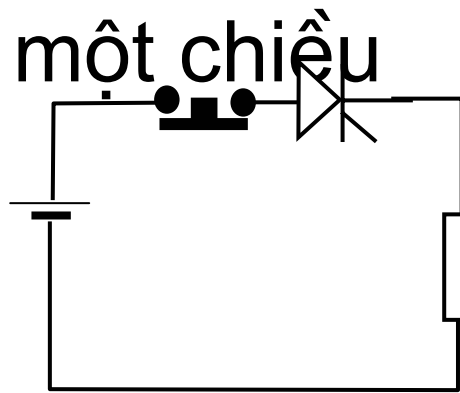
2.4.5. Khoá Thyristor

- Định nghĩa việc khoá Thyristor là chuyển từ trạng thái có dòng điện về trạng thái không dòng điện (hay pn trở về trạng thái ban đầu)
- Điều kiện để khoá Thyristor là phải đưa dòng điện chạy qua nó về 0
- Có thể hiểu về điều kiện này là đặt một điện áp ngược trực tiếp trên hai đầu $U_{AK} < 0$, Thyristor được khoá.
- Việc đặt điện áp ngược như thế không phải khi nào cũng thuận tiện, do đó có một số cách khoá như sau:

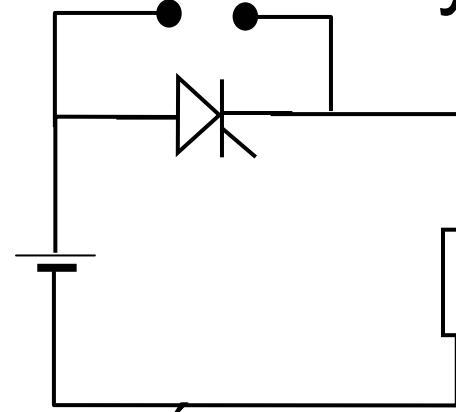
Một số sơ đồ khoá Thyristor trong mạch một chiều

□ Trong mạch điện xoay chiều Thyristor tự khoá do dòng điện tự động đổi chiều theo điện áp, khi dòng điện bằng 0 Thyristor tự khoá.

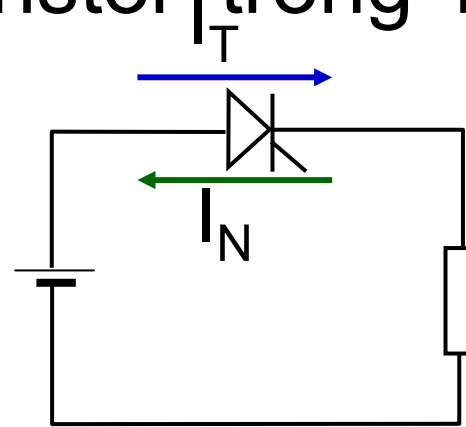
□ Một số sơ đồ khoá Thyristor trong mạch một chiều



a) Hở mạch dòng điện

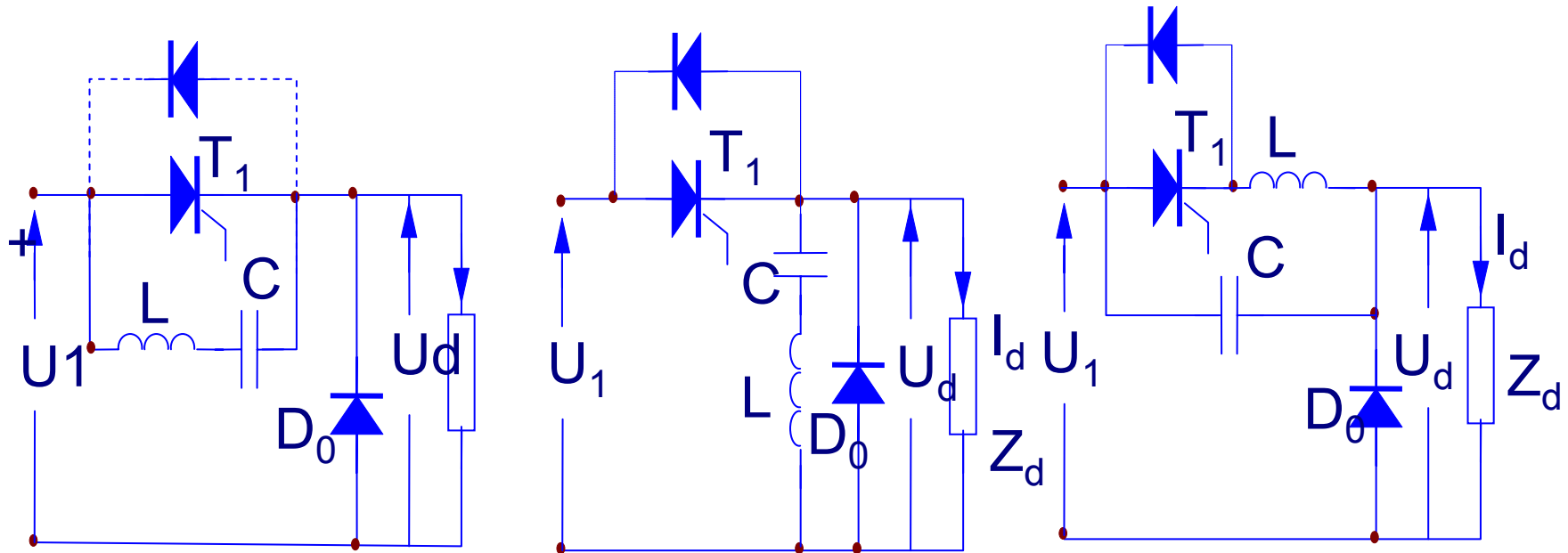


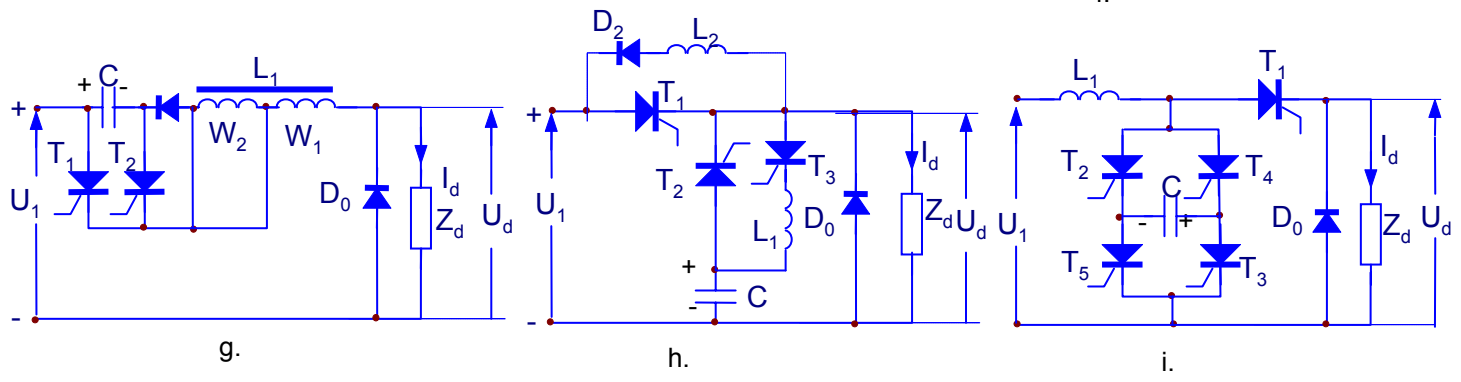
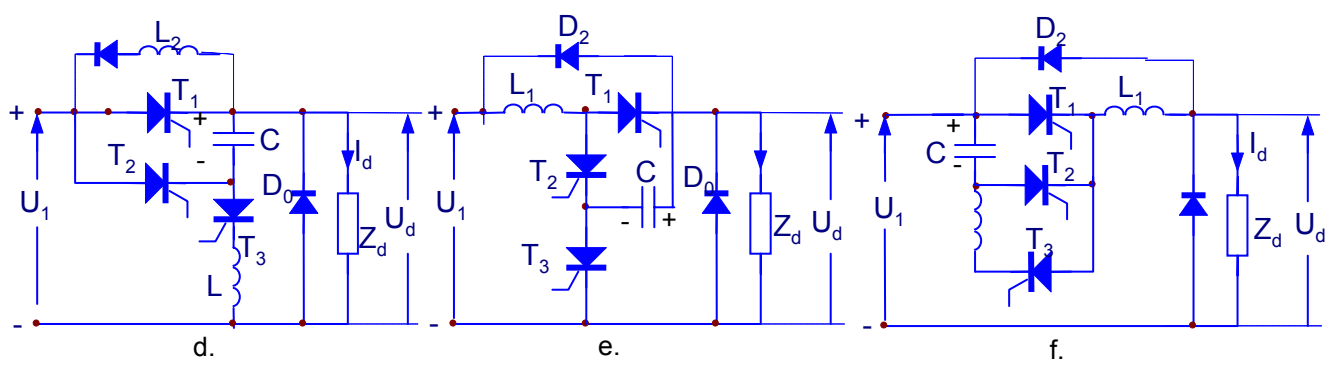
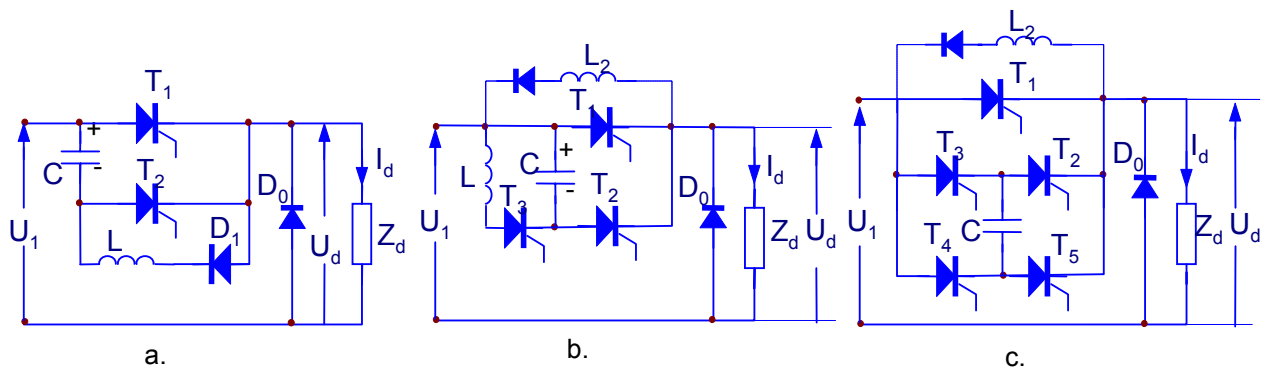
b) Ngăn mạch Thyristor

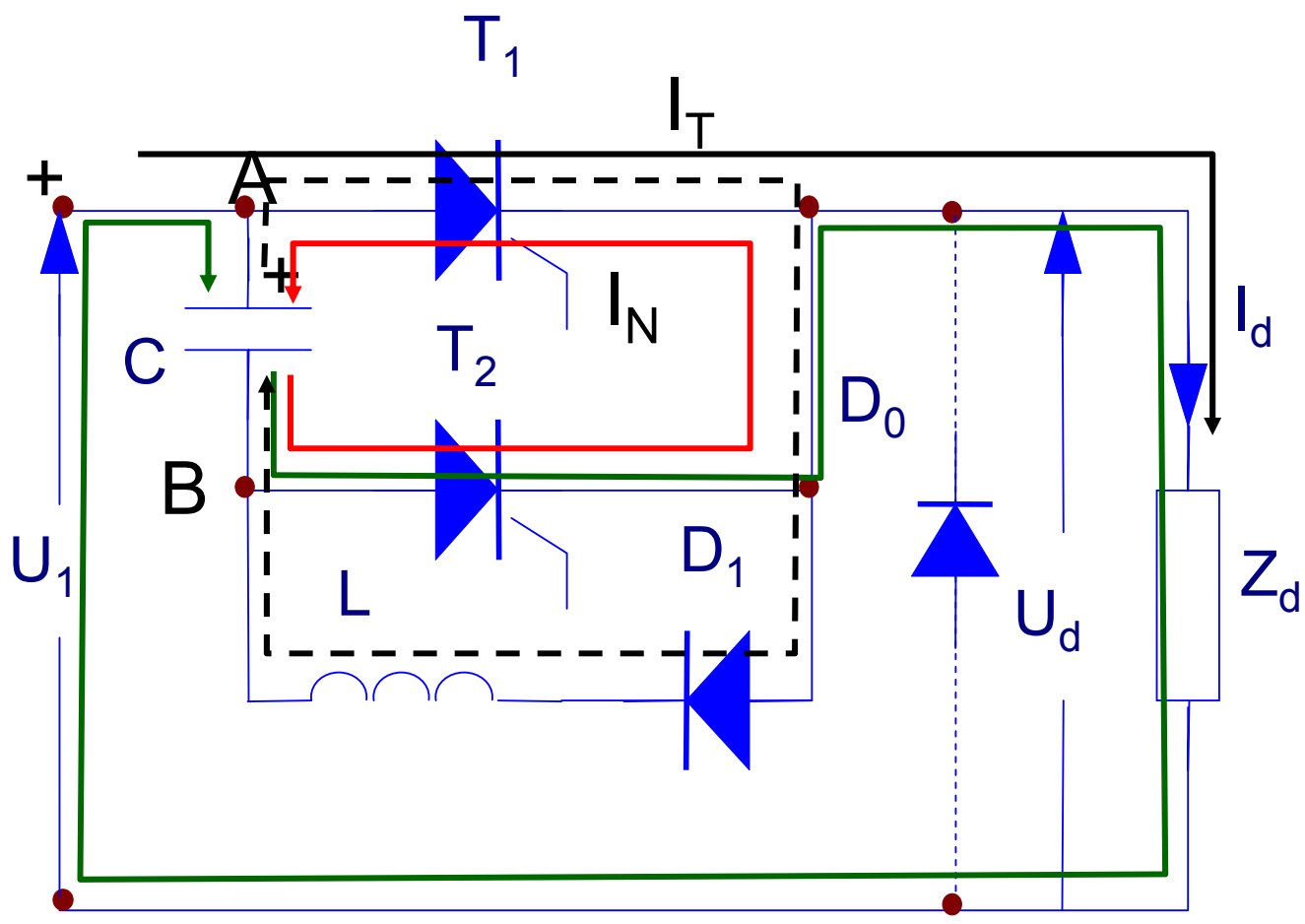


c) Tạo dòng chạy ngược Thyristor với $I_T + I_N = 0$

□ Một số sơ đồ mạch khoá Thyristor bằng mạch điện phụ







2.4.6. Kiểm tra sơ bộ

Bước 1: *Kiểm tra bằng đồng hồ vạn năng*

- Để thang điện trở đo lớn nhất:
- $\pm A$ với $\pm K$ (đổi đầu que đo) có điện trở $\infty \Omega$
- $\pm A$ với $\mp G$ (đổi đầu que đo) có điện trở $\infty \Omega$.
- $\pm K$ với G (đổi đầu que đo) có điện trở (5 - 20) Ω
- Được như thế này có thể mắc Thyristor vào mạch

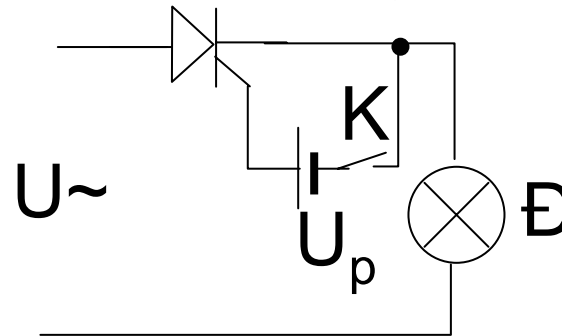
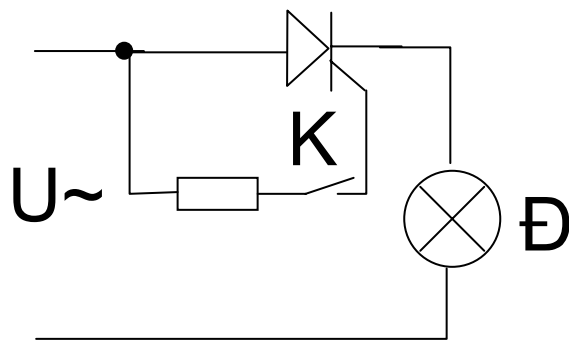
Bước 2. *Kiểm tra điều khiển*

- Dùng các mạch a, b ở mục 4 để kiểm tra Thyristor

Ví dụ mạch kiểm tra

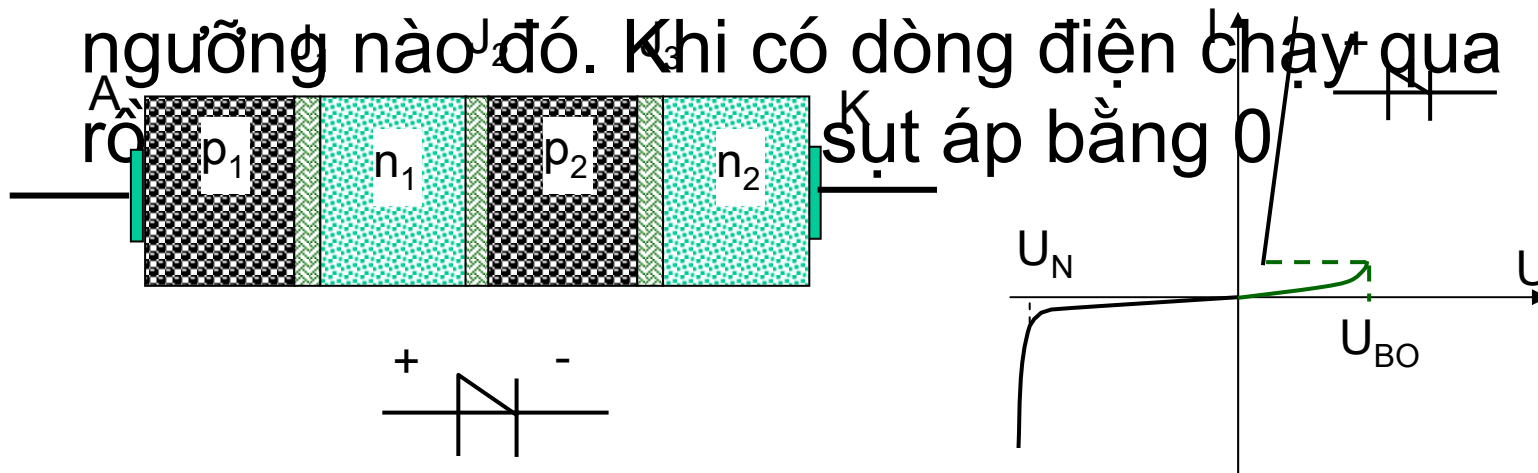
- Thyristor được mắc vào lưới điện xoay chiều như các hình vẽ dưới.
- Điều kiện được phép mắc Thyristor vào mạch: $U_N > 2 \cdot U_{\sim}$
- Khi khoá K hở Thyristor khoá đèn không sáng
- Khi khoá K đóng Thyristor dẫn đèn sáng 1/4 công suất

suất

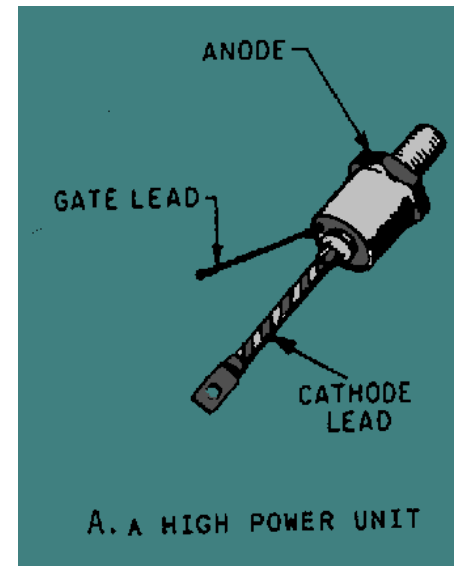
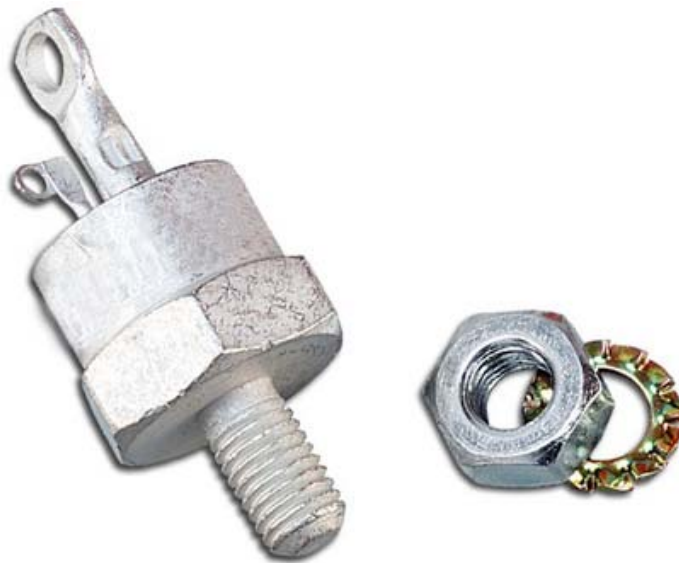


2.4.7. diode Shockley (cùng họ đặc tính còn có SUS - Silicon Unilateral Switch)

- diode Shockley có cấu tạo bốn chất bán dẫn như Thyristor nhưng không có cổng điều khiển.
- Người ta chế tạo linh kiện này có đỉnh đặc tính phi tuyến ở góc phần tư thứ nhất nhỏ. Linh kiện này giống diode ổn áp là chúng cho dòng điện chạy qua khi điện áp vượt một ngưỡng nào đó. Khi có dòng điện chạy qua



Một số hình ảnh SCR



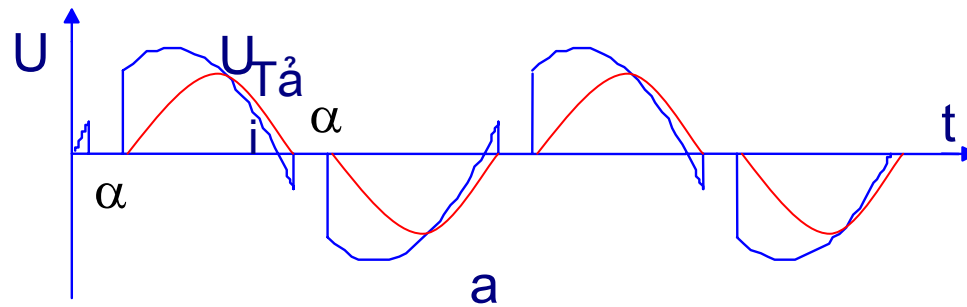
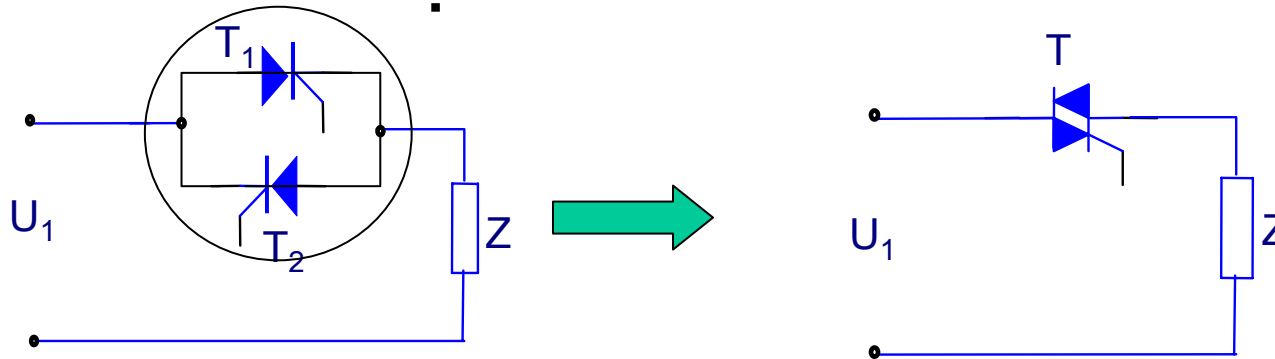
5 Triac

2.5 Triac

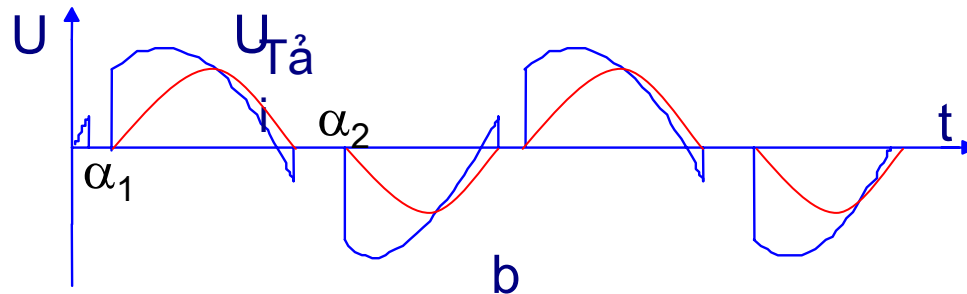
1. Nguyên lí cấu tạo
2. Đặc tính, thông số
3. Kết cấu
4. Mở Thyristor
5. Kiểm tra

2.5.1. Nguyên lí cấu tạo

Xuất xứ cấu tạo triac



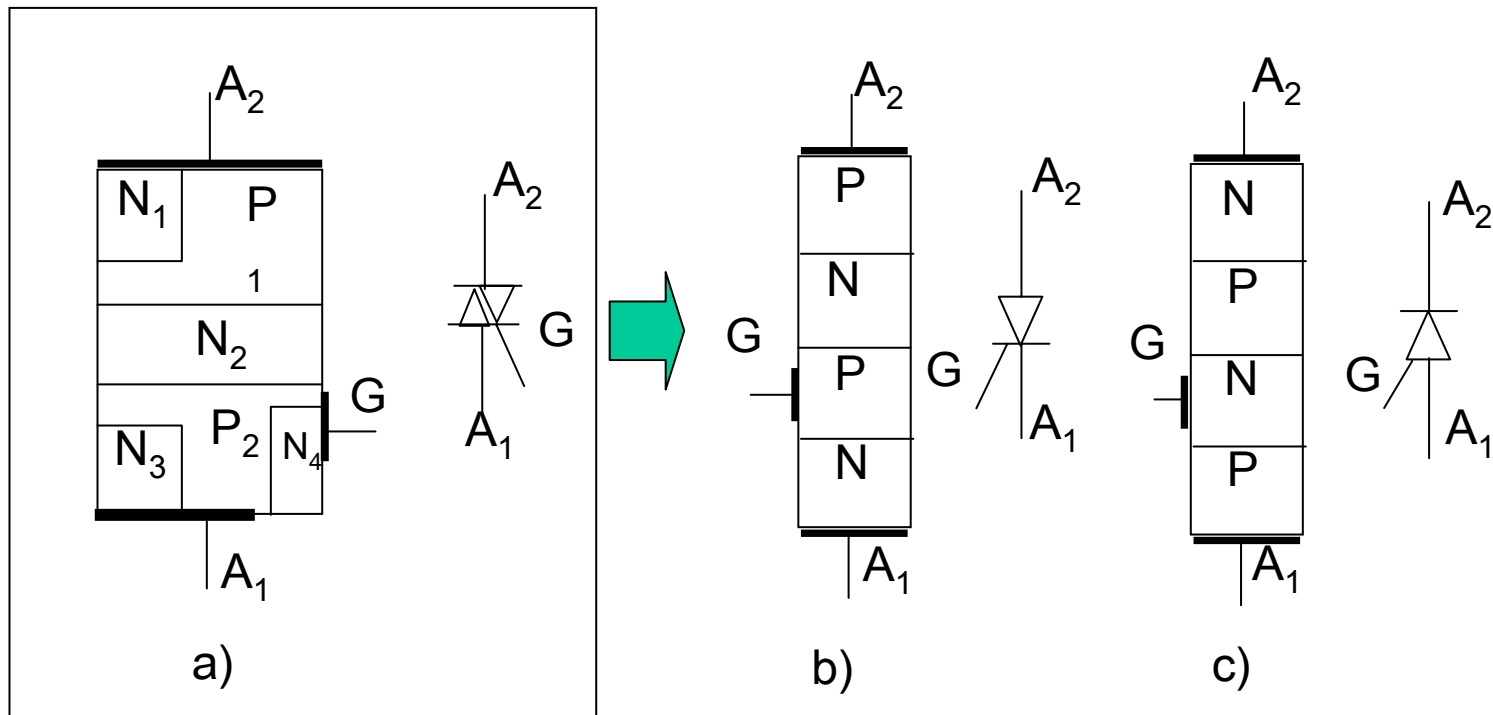
Điều khiển đối xứng hai Thyristor



Điều khiển mất đối xứng hai Thyristor

Nguyên lí cấu tạo

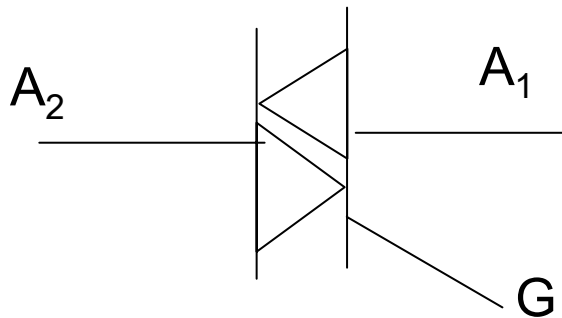
- Cấu tạo triac có các lớp bán dẫn ghép nối tiếp như hình vẽ và được nối ra ba chân, hai chân A_1 , A_2 và chân điều khiển (G). Về nguyên lí cấu tạo, triac có thể coi như hai Thyristor ghép song song nhưng ngược chiều nhau (ghép song song ngược) như trên hình vẽ



Các trường hợp điều khiển triac

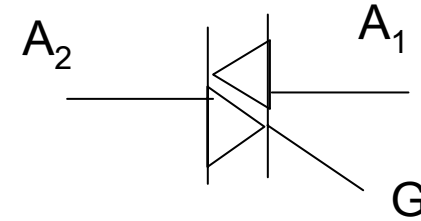
Theo nguyên lý hoạt động của triac đã nêu ở trên, triac sẽ được kích mở cho dòng điện chạy qua khi điện áp A_2 và G đồng dấu, nghĩa là:

- A_2 dương và G dương so với A_1 .
- A_2 âm và G âm so với A_1 .



Ngoài ra A_2 và G trái dấu triac cũng có thể kích mở được:

- A_2 dương và G âm so với A_1 , có dòng điện
- A_2 âm và G dương so với A_1 , không dòng điện.



Loại này gọi là loại điều khiển trái dấu âm

Một số nhà chế tạo cho xuất xưởng loại triac

- A_2 dương và G âm so với A_1 , không dòng điện.
- A_2 âm và G dương so với A_1 có dòng điện

Loại này gọi là loại điều khiển trái dấu dương

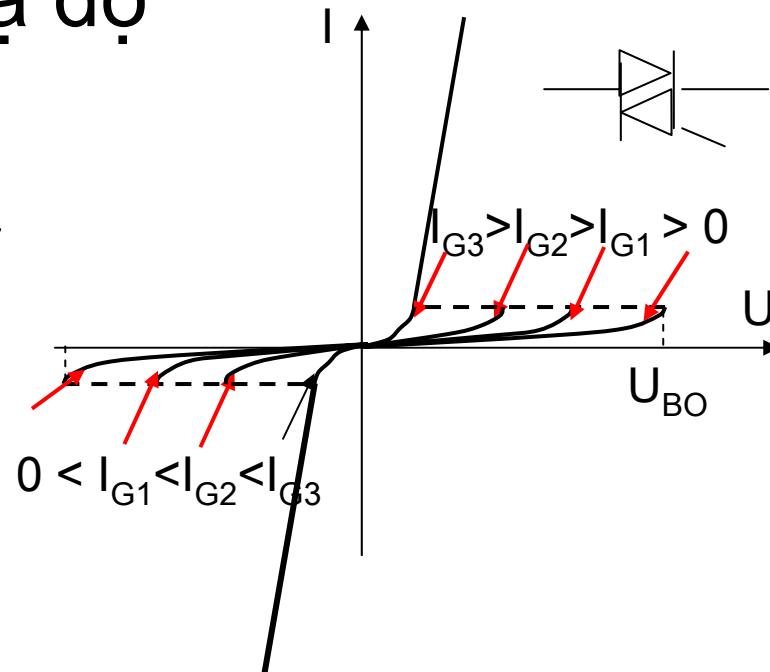
2.5.2. Đặc tính và thông số

□ Đặc tính

Gồm hai đặc tính Thyristor đối xứng nhau qua gốc tọa độ

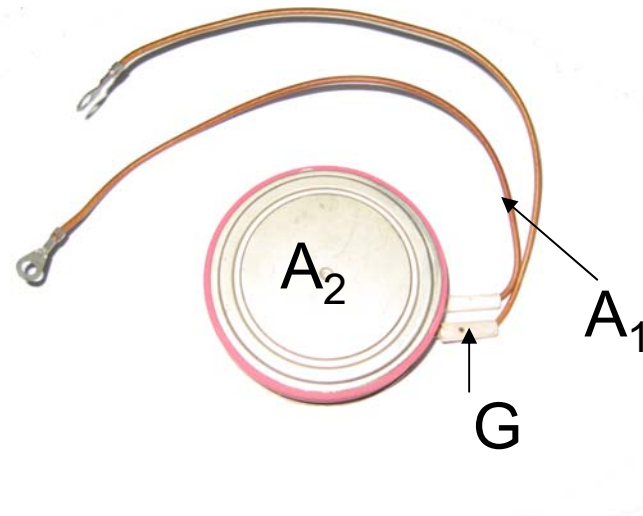
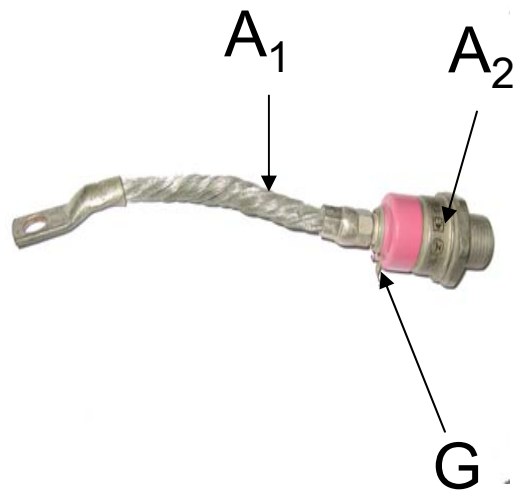
□ Thông số:

như của Thyristor

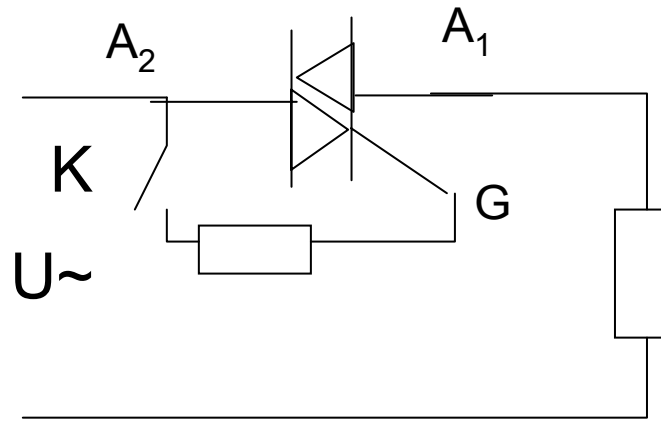


2.5.3. Kết cấu

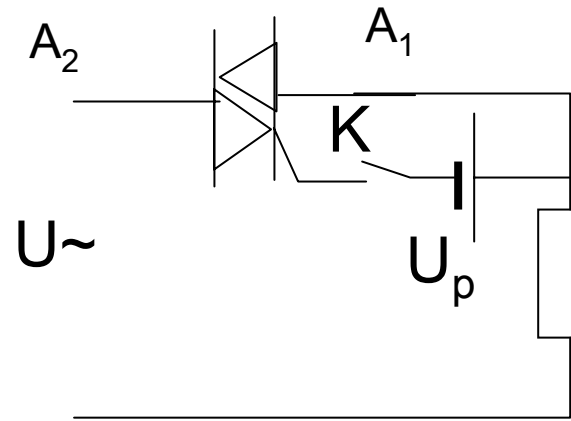
□ Hoàn toàn giống như Thyristor



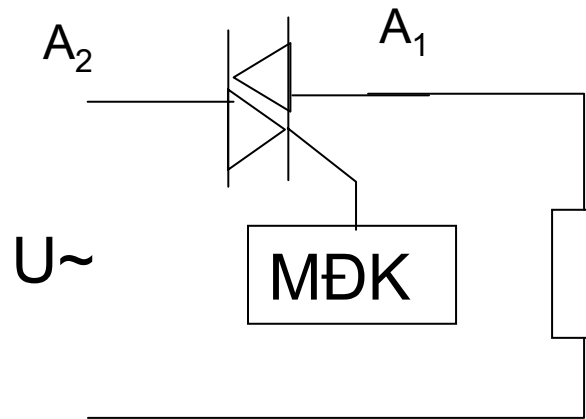
2.5.4. Sơ đồ mở triac



a)



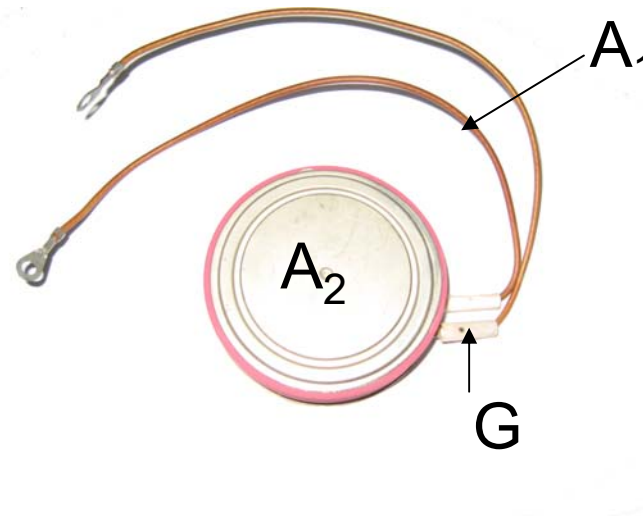
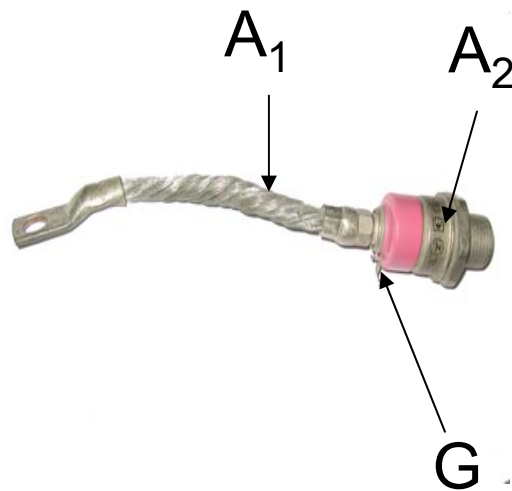
b)



c)

2.5.5. Kiểm tra, phân biệt triac với Thyristor

- **Bước 1: Kiểm tra sơ bộ giống như kiểm tra Thyristor**

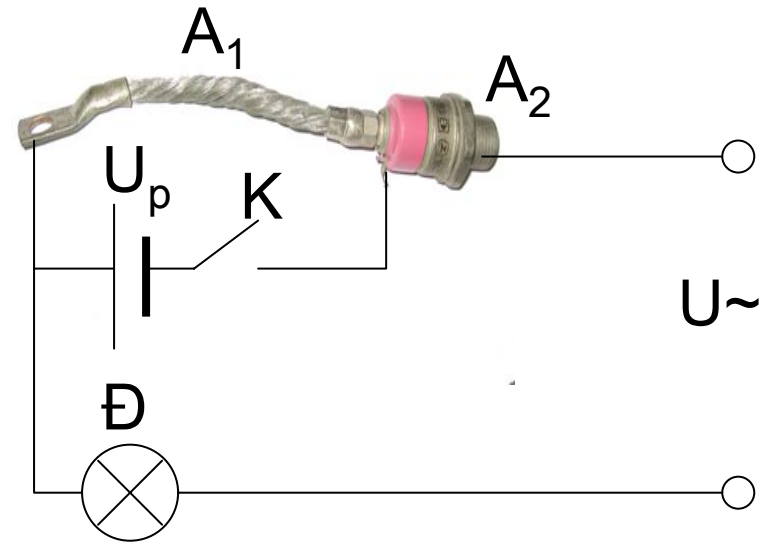


Bước 2: Kiểm tra điều khiển bằng sơ đồ sau

Hở K đèn không sáng

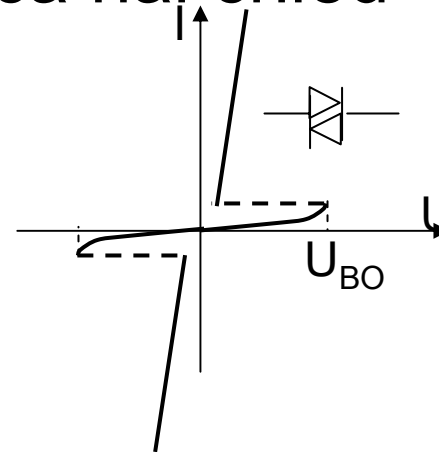
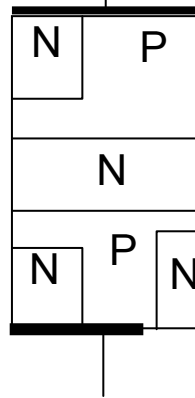
Đóng K:

- 1 - Đèn không sáng - là Thyristor
- 2 - Đèn sáng hết công suất - là triac điều khiển trái dấu âm
- 3 - Đèn sáng 1/4 công suất - là triac điều khiển trái dấu dương

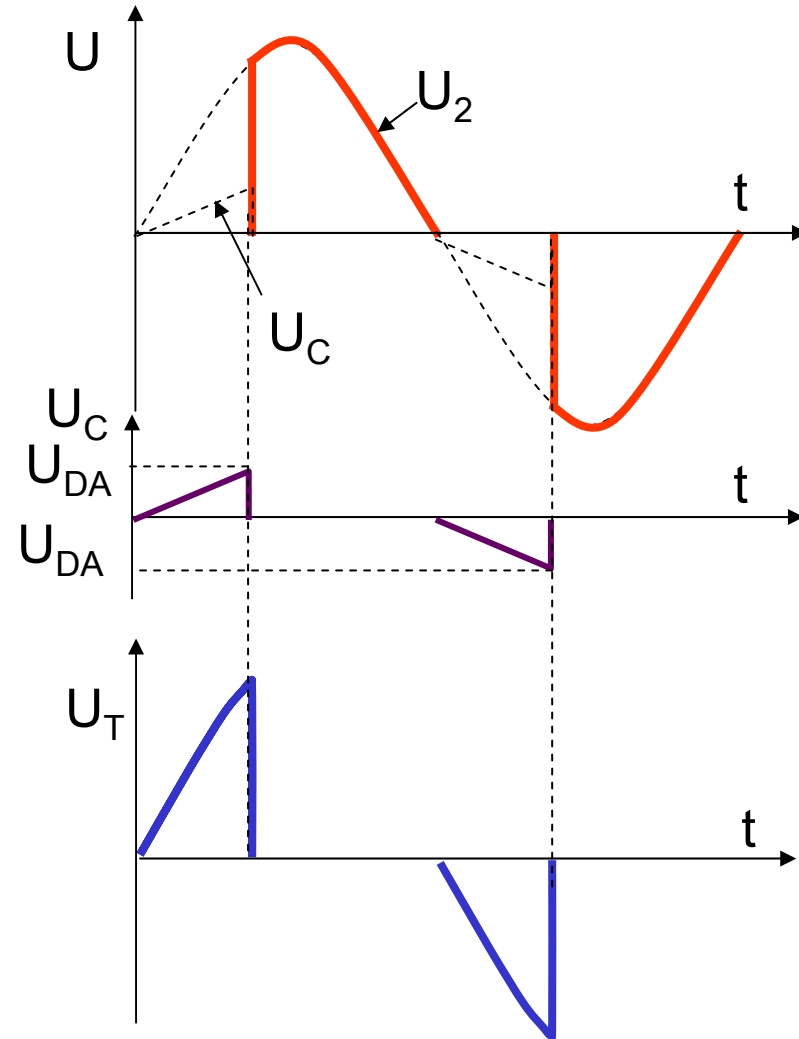
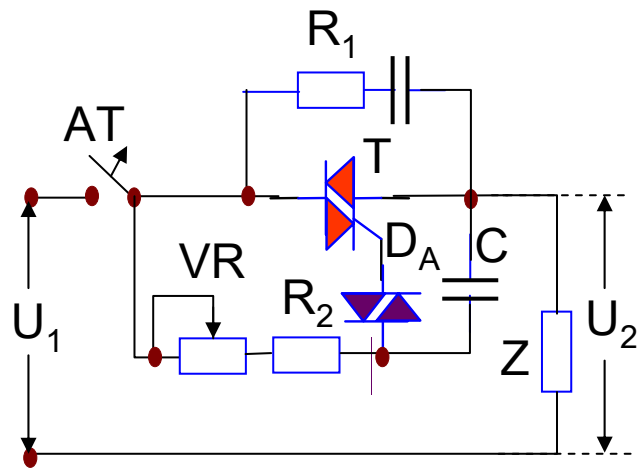


2.5.6. Diac (linh kiện có cùng đặc tính SBS - Silicon Bilateral Switch)

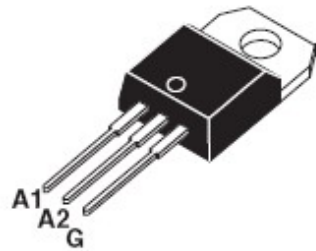
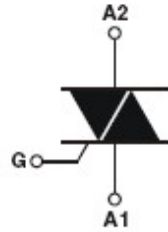
- Diac có cấu tạo bán dẫn như triac nhưng không có cổng điều khiển.
- Người ta chế tạo linh kiện này có đỉnh đặc tính phi tuyến nhỏ. Linh kiện này giống Diode Shockley là chúng cho dòng điện chạy qua khi điện áp vượt một ngưỡng nào đó. Diac cho dòng điện chạy qua cả hai chiều



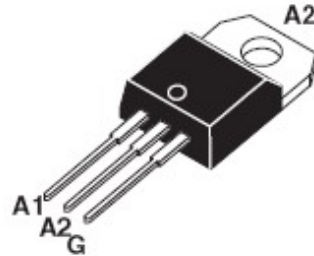
ứng dụng điển hình của diac



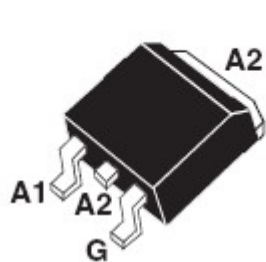
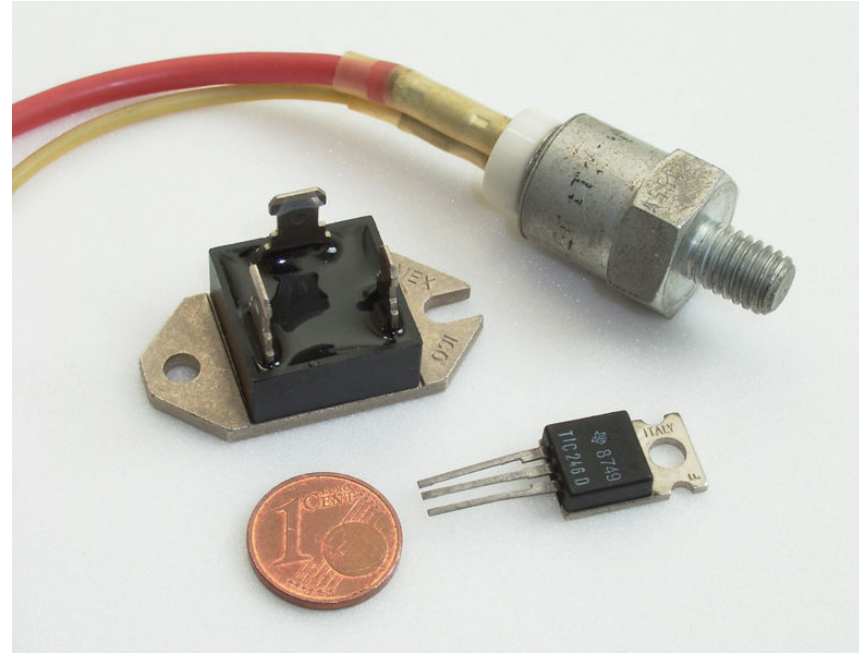
Một số hình ảnh Triac



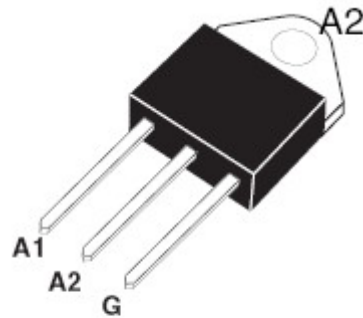
**TO-220AB Insulated
(BTA24)**



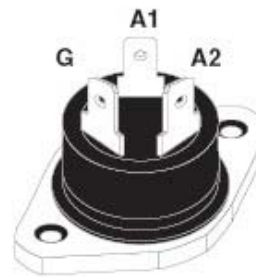
**TO-220AB
(BTB24)**



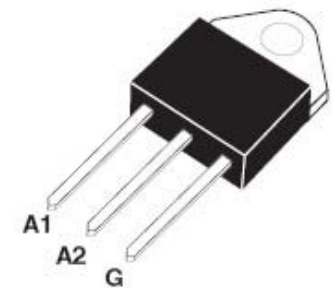
**D²PAK
(T25)**



**TOP3
(BTB26)**



**RD91
(BTA25)**



**TOP3 Insulated
(BTA26)**

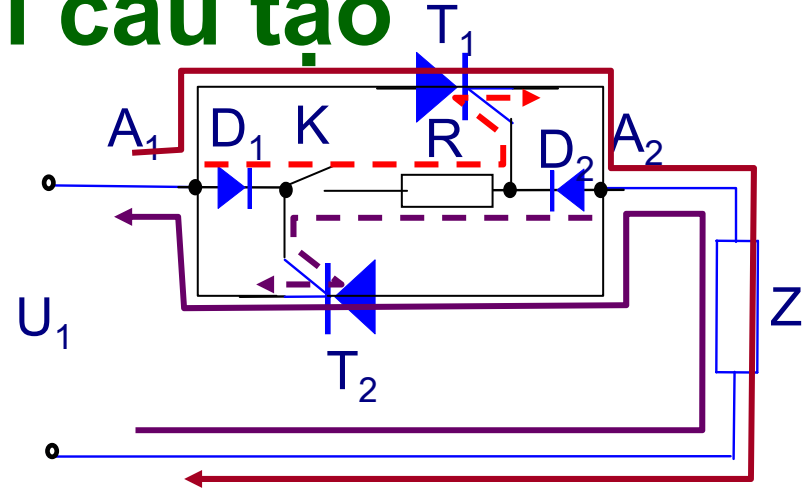
6. Công tắc tơ tĩnh (Relay bán dẫn)

2.6. Công tắc tơ tĩnh

- 1. Nguyên lí cấu tạo**
- 2. So sánh ưu nhược điểm của công tắc tơ tĩnh**
- 3. Sơ đồ cho trường hợp nguồn ba pha**
- 4. Phạm vi ứng dụng điển hình**

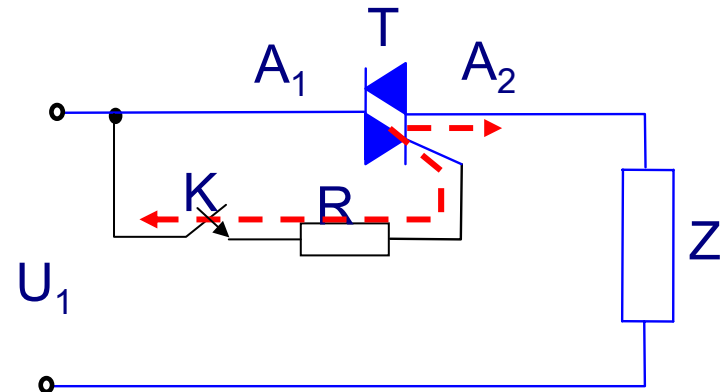
2.6.1. Nguyên lí cấu tạo

Sơ đồ nguyên lí bằng hai Thyristor



- Nguyên lí hoạt động như sau:
- Khoá K hở, hai Thyristor không điều khiển đều khoá
- Khoá K đóng:
- Điện thế A_1 dương, có dòng điện i_1 (màu đỏ) làm cho T_1 có dòng điện điều khiển, T_1 dẫn, có dòng điện tải theo chiều trên xuống
- Điện thế A_2 dương, có dòng điện i_2 (màu xanh) làm cho T_2 có dòng điện điều khiển, T_2 dẫn, có dòng điện tải theo chiều dưới lên

Sơ đồ nguyên lí bằng triac



- Nguyên lí hoạt động như sau:
- Khoá K hở, triac không điều khiển bị khoá
- Khoá K đóng:
- Điện thế A_1 dương, có dòng điện điều khiển i_1 (màu đỏ) làm cho T dẫn, có dòng điện tải theo chiều trên xuống
- Điện thế A_2 dương, có dòng điện điều khiển theo chiều ngược lại làm cho T dẫn, có dòng điện tải theo chiều dưới lên

2.6.2. So sánh ưu nhược điểm của công tắc tơ tĩnh

Công tắc tơ có tiếp điểm

Ưu điểm:

- Đơn giản, tin cậy
- An toàn khi cắt điện
- Có khả năng quá tải lớn
- Tổn hao sinh nhiệt nhỏ
- Làm việc với mọi dạng dòng điện

Nhược điểm:

- Có hồ quang nên dễ cháy
- Mau hỏng khi nhiều bụi
- Tần số và số lần đóng cắt giới hạn
- Lực đóng cắt lớn

Công tắc tơ tĩnh

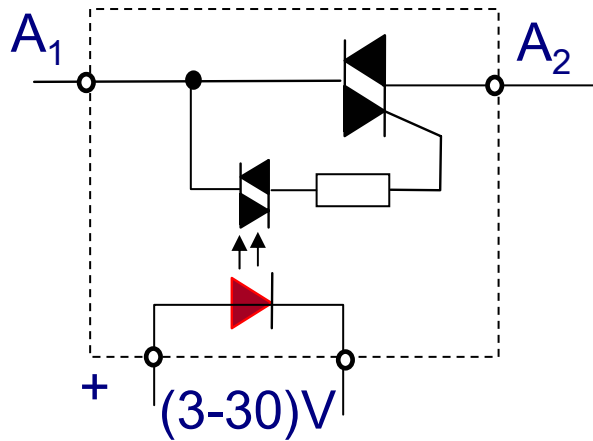
Ưu điểm:

- Không hồ quang
- Không bị ảnh hưởng trong môi trường nhiều bụi
- Tần số và số lần đóng cắt không giới hạn

Nhược điểm:

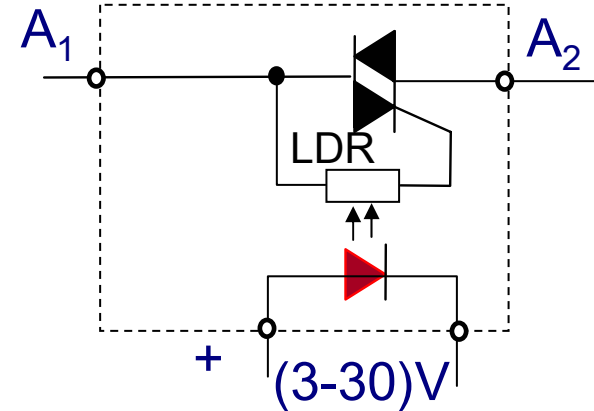
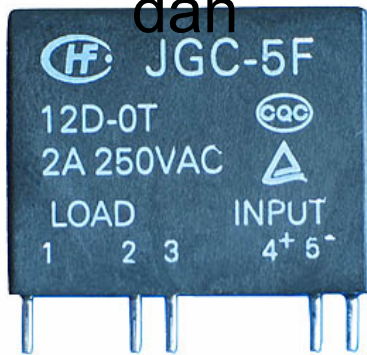
- Không an toàn khi cắt điện
- Không khả năng quá tải
- Tổn hao sinh nhiệt lớn
- Chỉ làm việc ở dòng điện xoay chiều

Sơ đồ công tắc tĩnh điện hình trong công nghiệp



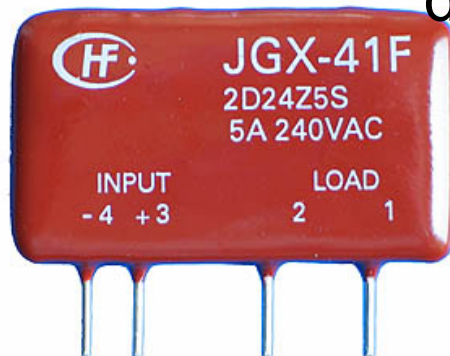
Loại dùng diac

Khi LED có dòng điện, diac dẫn, triac dẫn

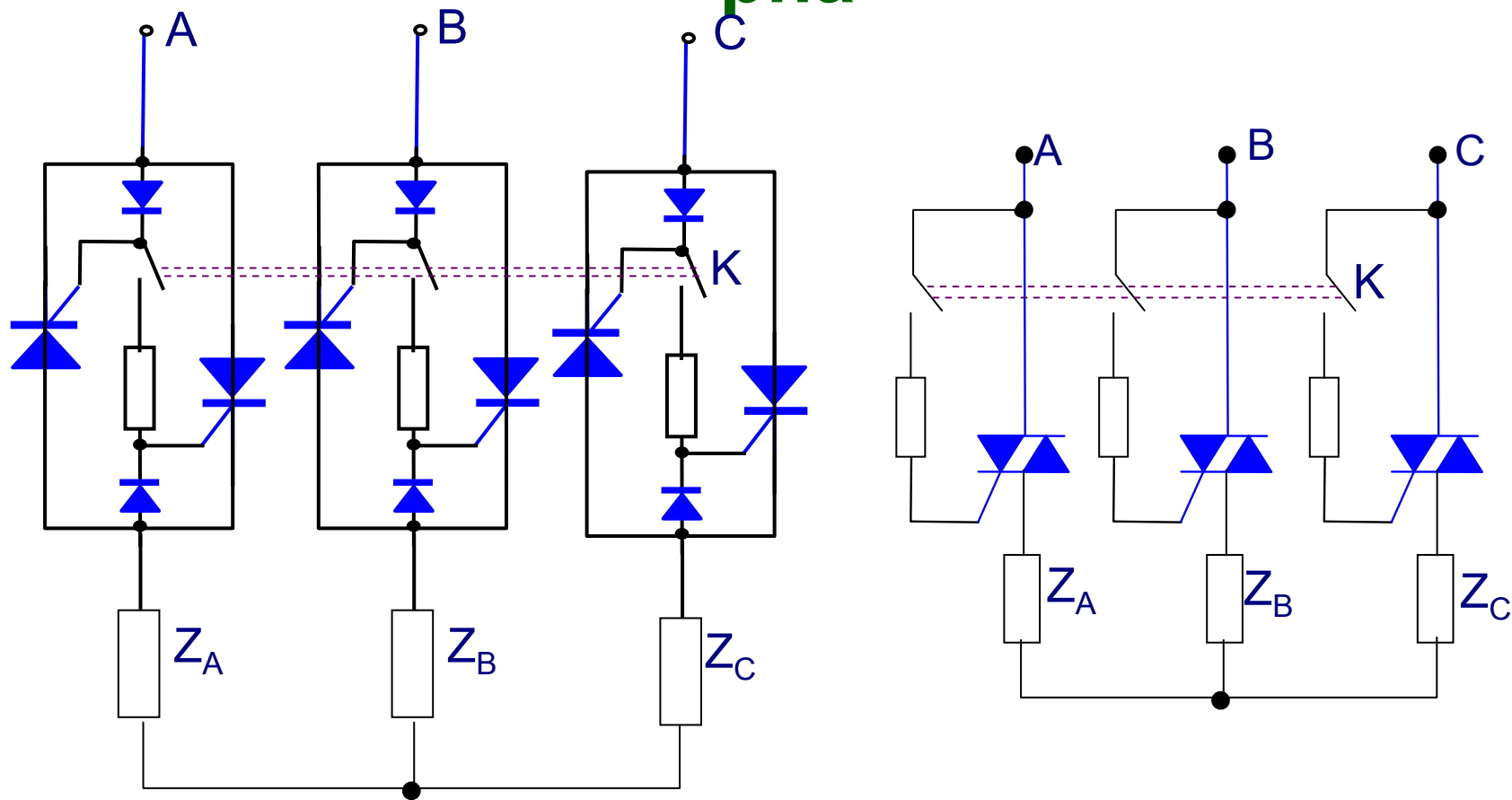


Loại dùng quang điện trở

Khi LED có dòng điện, LDR giảm điện trở, triac dẫn



2.6.3. Sơ đồ cho trường hợp nguồn ba pha



2.6.4. Phạm vi ứng dụng điển hình

- Trong điều kiện môi trường dễ cháy: các mỏ than, sản xuất và kinh doanh xăng dầu
- Trong điều kiện môi trường nhiều bụi: các nhà máy xi măng, xay xát, bánh kẹo
- Khi tần số và số lần đóng cắt lớn: điều khiển nhiệt độ của các lò nhiệt,

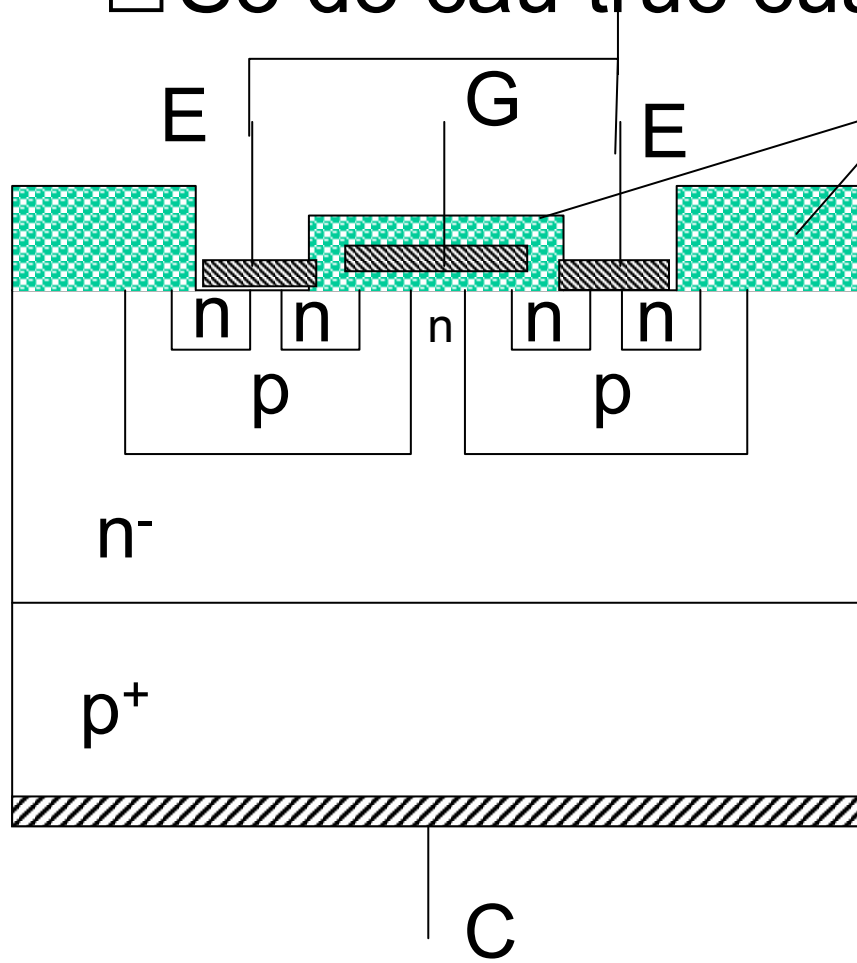
7. IGBT

2.7. Transistor lưỡng cực cực cửa cách li IGBT

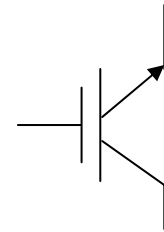
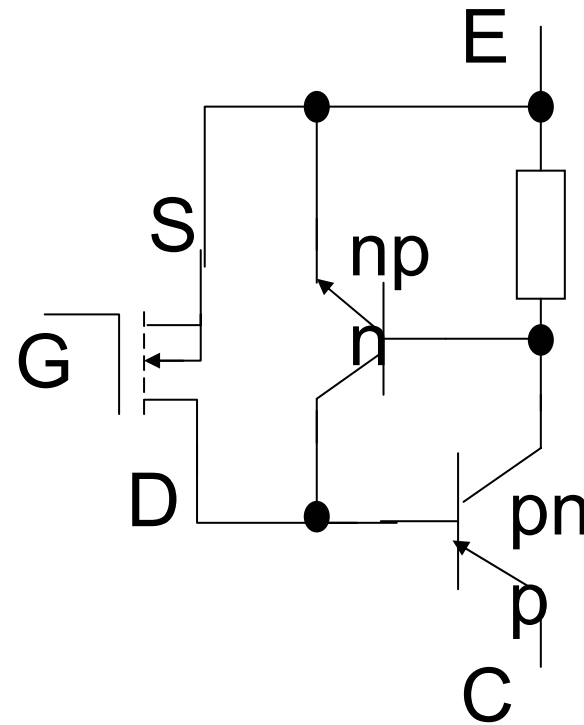
- Cấu trúc
- Thông số đặc trưng
- Yêu cầu đối với mạch điều khiển

2.7.1. Cấu trúc của IGBT

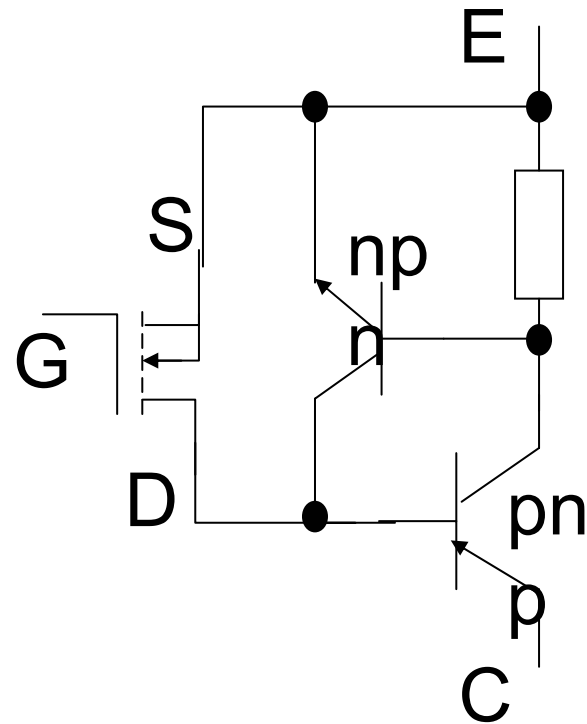
□ Sơ đồ cấu trúc của IGBT



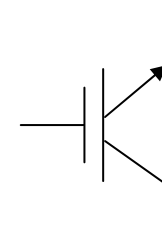
Cách điện



- Về cấu trúc cụ thể coi IGBT như hai transistor. NPN, PNP và một MOSFET



Sơ đồ tương đương



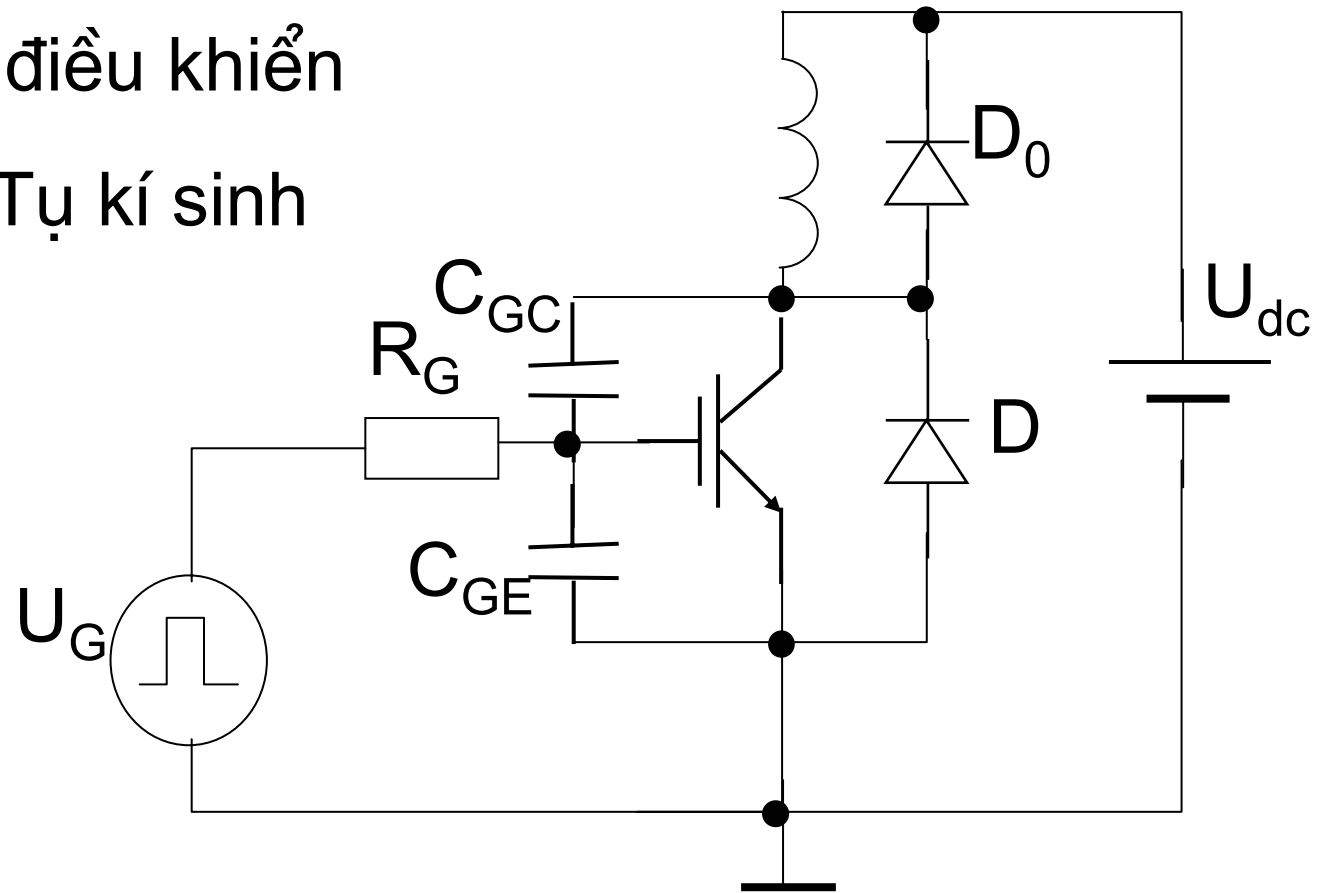
Kí hiệu

Đặc tính đóng cắt

□ Sơ đồ thử nghiệm

U_G - Nguồn điều khiển

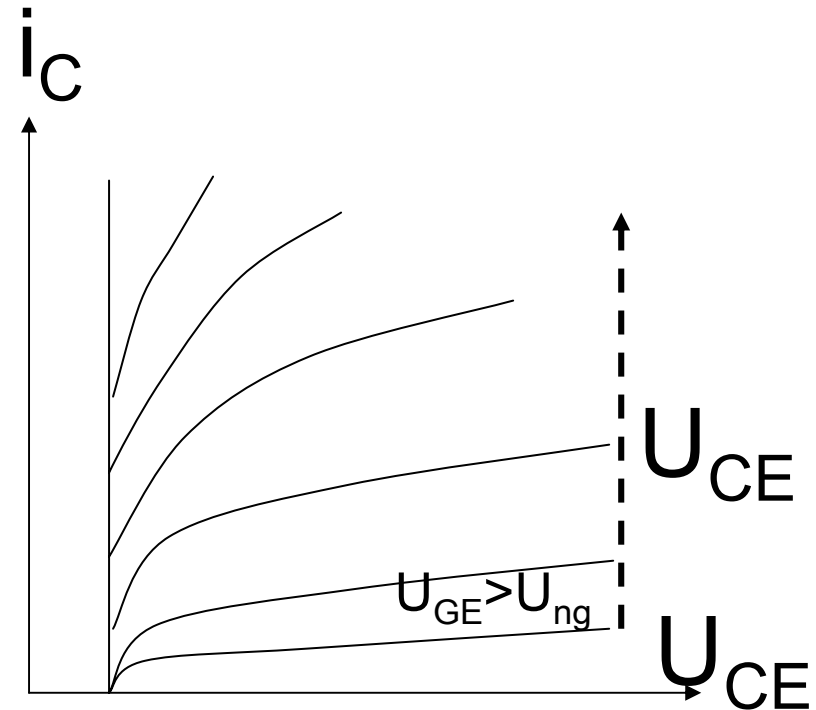
C_{GE} , C_{GC} - Tụ kí sinh



Môi IGBT

- Điều kiện để IGBT dẫn
- $U_{CE} > 0$; $U_{GE} > U_{ng}$
- Khi đó xuất hiện kênh dẫn. Nhờ các điện tử chạy qua kênh dẫn, bơm thêm vào N⁻ làm điện thế của nó giảm, kéo theo P⁺N⁻ dẫn
- I_C chỉ khác 0 khi $U_{CE} > U_{CEng}$

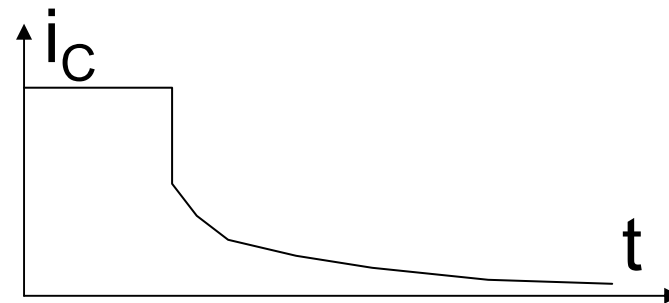
- Đặc tính



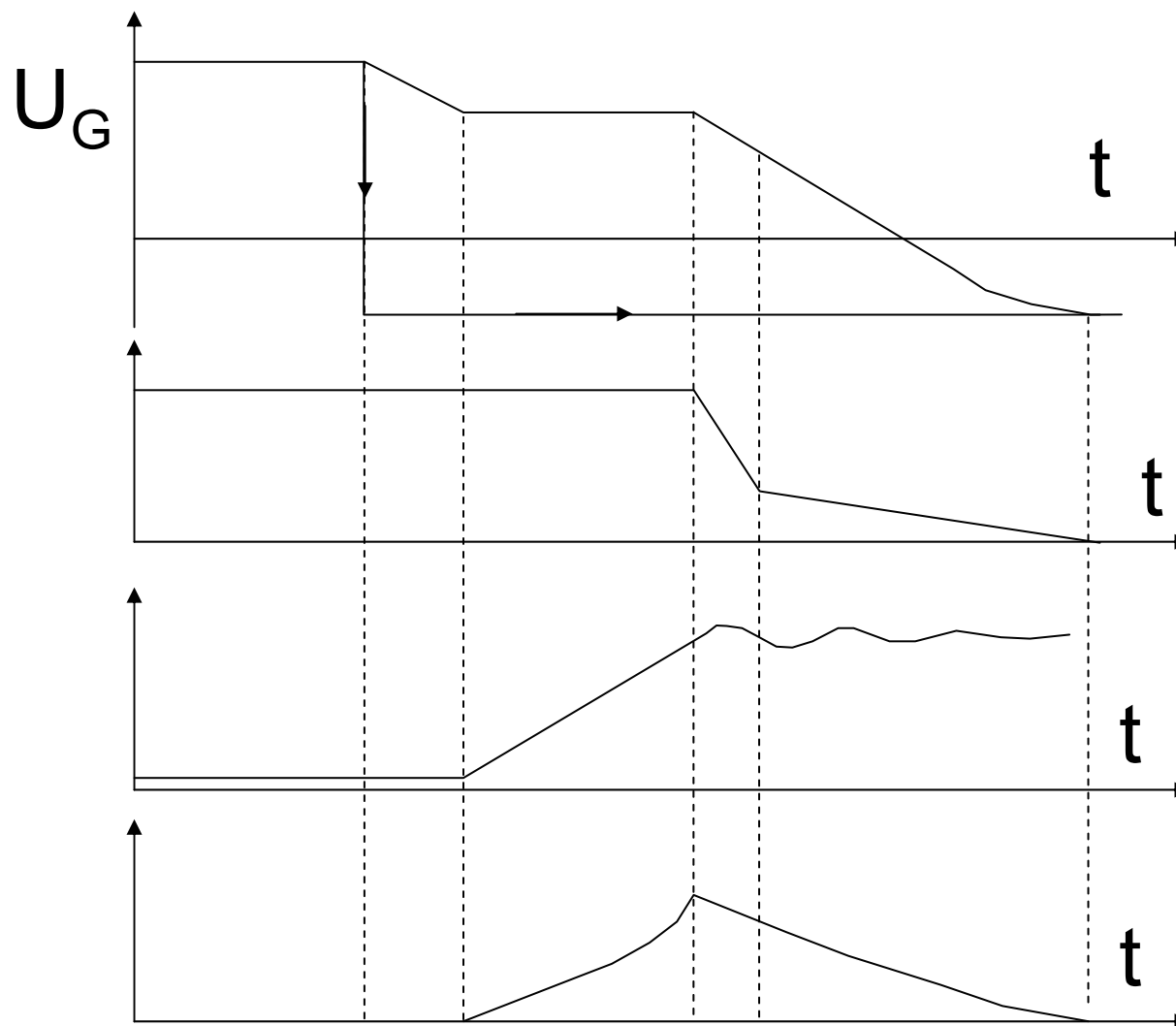
Khóa IGBT

- Do dẫn bằng hạt thiểu số nên thời gian khóa dài hơn, tần số thấp hơn.
- Hai giai đoạn khóa (như hình vẽ)
- 1. các kênh biến mất, MOS khóa nhanh chóng
- 2. Các hạt dư của N- tái hợp dần và i_C giảm chậm

- Quá trình khóa



□ Quá trình khóa



Thông số IGBT

- U_{CES} - Điện áp cực đại CE khi GE ngắn mạch.
- U_{GES} - Điện áp GE cực đại cho phép khi CE ngắn mạch.
- I_C - Dòng điện một chiều cực đại
- I_{Cmax} - Dòng điện đỉnh của collector;
- P_m - Công suất tổn hao cực đại;
- T_{CP} - Nhiệt độ cho phép;
- I_L - Dòng điện tải cảm cực đại;
- I_r - Dòng điện rò
- U_{GEng} - Điện áp ngưỡng GE