

# Điện tử

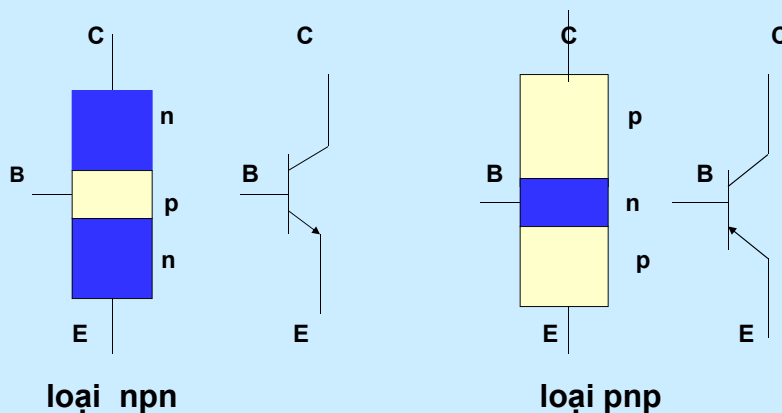
## Ch. 3 Transistor lưỡng cực nối ( ch 6. Bipolar junction Transistors & ch 7 Transistor Fundamentals)

- Vào chiều ngày 23 tháng 12 năm 1947 hai nhà nghiên cứu **John Bardeen và Walter Houser Brattain** của Bell Telephones đã chứng minh thành công sự khuếch đại của transistor tiếp xúc điểm đầu tiên. Đây là tiền thân của transistor nối được phát minh bởi nhà vật lý **William Bradford Shockley** năm 1951.
- Ba nhà phát minh được **giải Nobel vào năm 1956** về phát minh Transistor (**có công làm thay đổi nền văn minh của nhân loại**)
- Transistor được sản xuất đầu tiên và đưa vào sử dụng vào những năm 1954 - 1956...
- IC đầu tiên do **Jack Kilby** nghiên cứu chế tạo thành công vào ngày 12-9-1958, ông nhận được **giải Nobel Công nghệ thông tin năm 2000**.

## I. Cấu tạo

Gồm 2 nối tiếp xúc ghép xen kẽ nhau.

Có 2 loại Transistor nối: npn và pnp (h. 1)

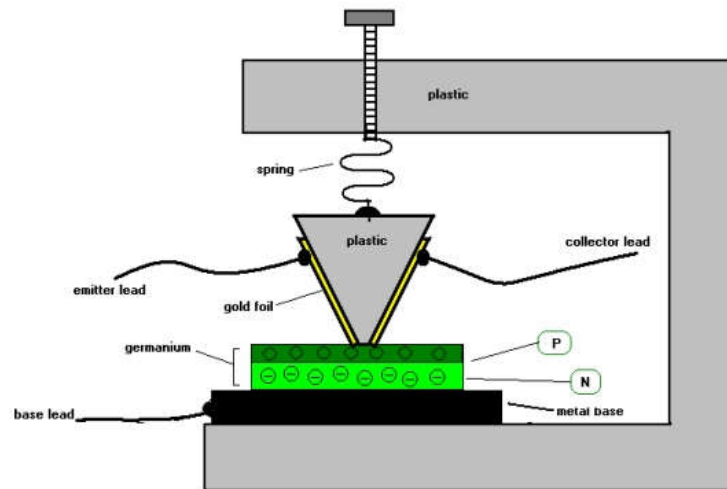


- Vùng phát E pha đậm,
- Vùng nền rất hẹp và pha lợt (nhẹ)
- Vùng thu C lớn nhất và pha trung gian giữa vùng phát pha đậm và vùng nền pha lợt.

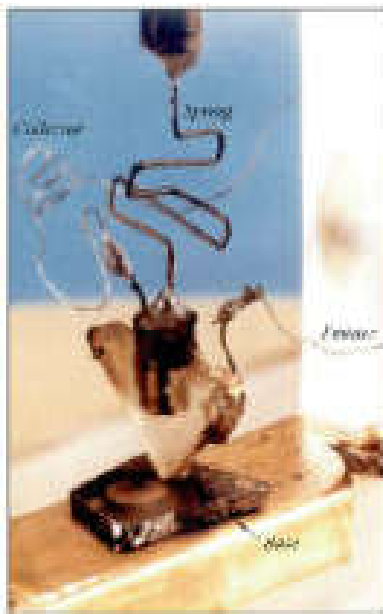
→ Tên gọi nhằm ám chỉ:

Cực phát phát các hạt tải đến cực thu (góp) và dòng hạt tải này được điều khiển bởi cực nền (gốc)

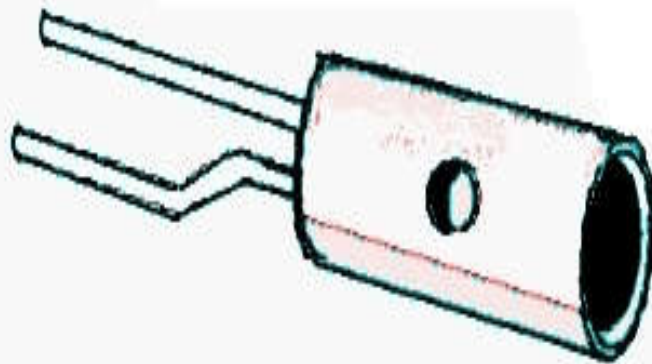
## Point-contact transistor



*The first point-contact transistor  
William Shockley, John Bardeen, and Walter Brattain  
Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey (1947)*

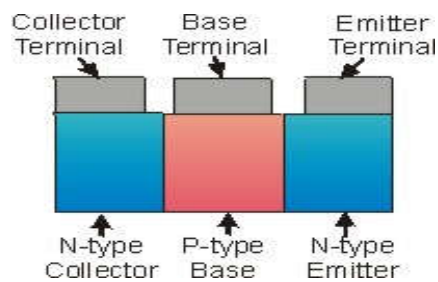
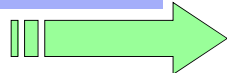


First commercially available point-contact transistor



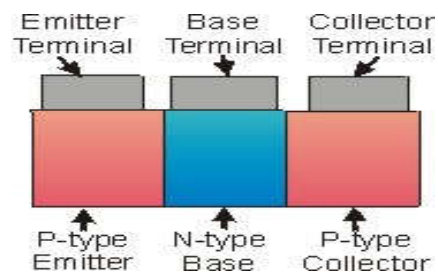
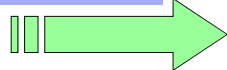
## BJT Transistors:

**NPN Transistor**



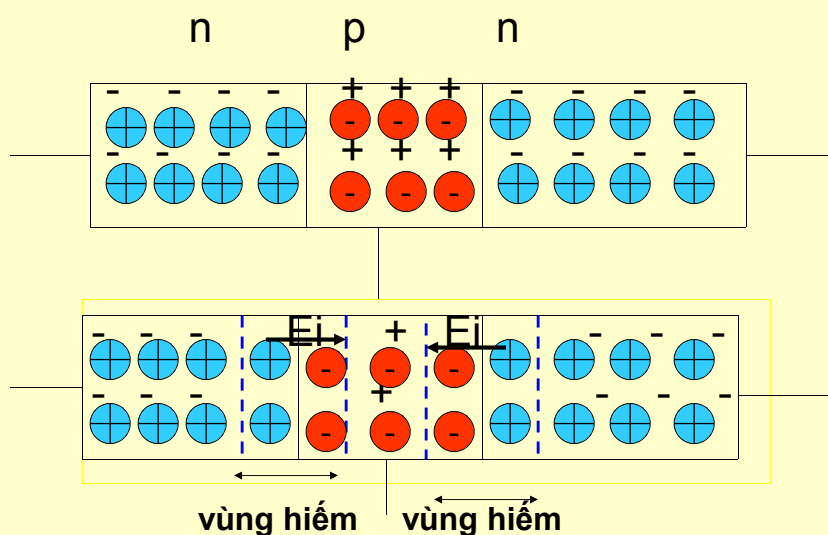
Sandwiching a P-type layer between two n-type layers.

**PNP Transistor**

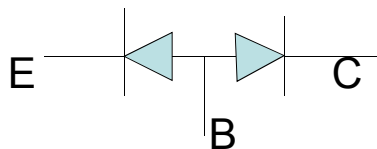


Sandwiching a N-type layer between two p-type layers.

## Sự phân bố điện tích cân bằng nhiệt động



- Khi chưa phân cực, Transistor giống như hai diod mắc ngược nhau và có rào thế 0,7V (hay hai vùng hiếm) nên ngưng dẫn.



cách nhìn này còn dùng để đo thử transistor còn tốt hay hư

## II. Các kiểu hoạt động-Phân cực

- Có 4 kiểu phân cực tùy theo cách cấp điện

**Nối phát-nền EB**

phc.ngược    phc. thuận

-Ngưng

-Bảo hoà

-Tác động thuận thu-nền

-Tác động nghịch CB

**Nối**

phc.n

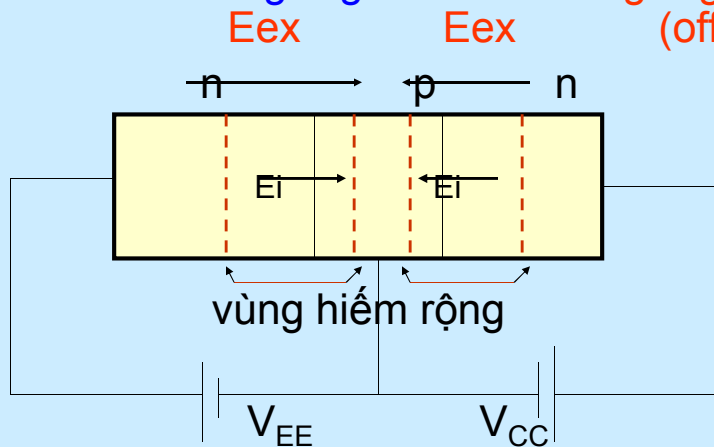
phc. th

Ngưng (Off)	Tác động thuận (Forward active)
Tác động nghịch (Reverse active)	Bảo hoà (On Saturation)

## 4 kiểu hoạt động của BJT

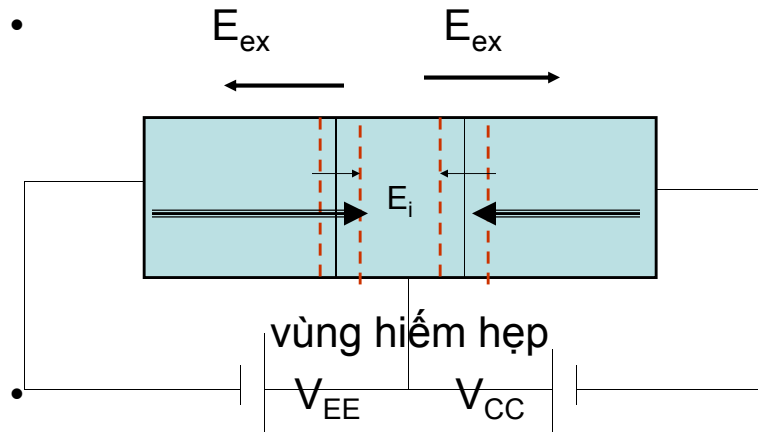
1. Cả 2 nối EB và CB đều phân cực nghịch :

Do 2 nối đều ngưng dẫn → BJT ngưng dẫn (off)

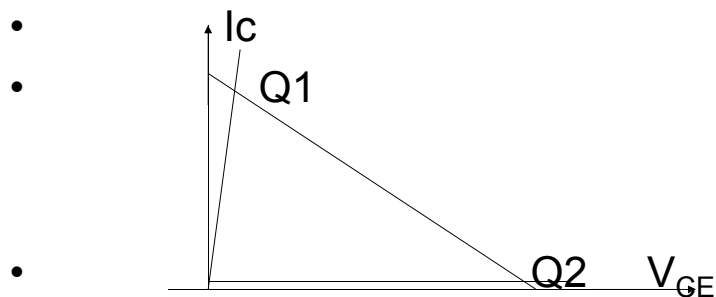


2. Cả 2 nối EB và CB đều phân cực thuận:

Do 2 nối đều dẫn các hạt tải cùng chạy vào vùng nền. Mà vùng nền hẹp nên bị tràn ngập các hạt tải  $\rightarrow$  BJT dẫn bão hòa (On).

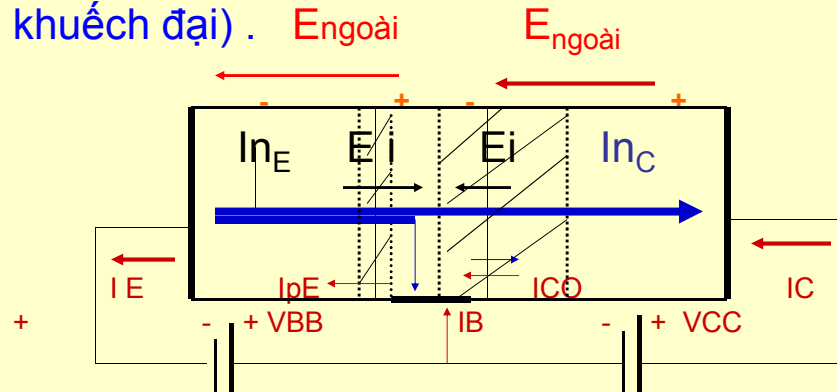


Các kiểu hoạt động trên không sử dụng riêng biệt mà kết hợp nhau trong hoạt động **giao hoán (chuyển mạch)**

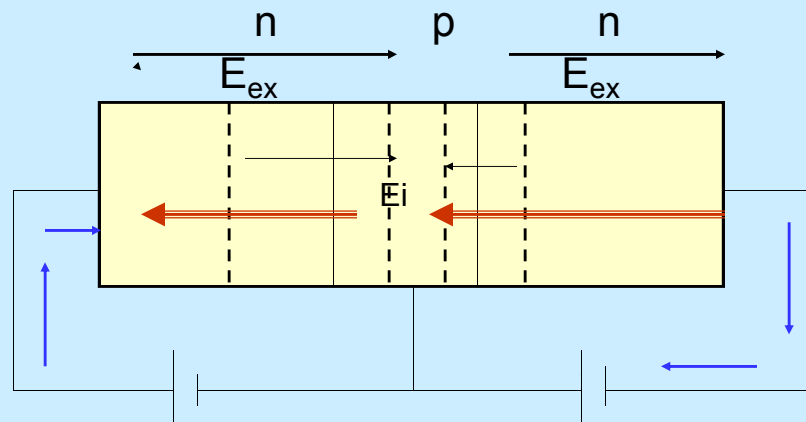


### 3. Phân cực thuận EB, Phân cực nghịch CB:

Do tác động của điện trường ngoài, các điện tử tự do bị đẩy vào cực nền. Tại đây do cực nền hẹp nên có chỉ 1 số ít đttd bị tái kết, đa số đttd còn lại đều bị hút về cực thu  $\rightarrow$  BJT dẫn mạnh (kiểu tác động thuận rất thông dụng trong mạch khuếch đại).  $E_{ngoài}$   $E_{ngoài}$



Cách hoạt động giống như ở kiểu 3 nhưng hạt tải di chuyển theo chiều từ cực thu sang cực phát. Do cấu trúc bất đối xứng các dòng thu và dòng phát đều nhỏ hơn ở kiểu tác động nghịch  $\rightarrow$  BJT dẫn theo kiểu tác động nghịch.





**Cách phân cực nghịch này ít được sử dụng, ngoại trừ trong IC số do cấu trúc đối xứng nên các cực thu C và cực phát E có thể thay thế vị trí cho nhau.**

**Chú ý:**

1. Trong phần khảo sát transistor hoạt động khuếch đại ta xét đến kiểu tác động (BE phân cực thuận, CB phân cực nghịch)
2. Phần hoạt động giao hoán sẽ xét đến sau.

### 3. Biểu thức dòng điện trong BJT (ráp CE)

- Theo định luật Kirchhoff ta có:

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

- Theo cách hoạt động của BJT vừa xét có:

$$I_E = I_{nE} + I_{pE} = I_{nE} \quad (2)$$

$$I_C = I_{nC} + I_{c0} \quad (3)$$

Gọi  $\alpha$  hệ số truyền đạt dòng điện phát – thu :

$$\alpha = \frac{\text{số đ t td đến cực thu}}{\text{số đ t td phát đ từ cực phát}} = \frac{I_{nC}}{I_{nE}} = \frac{I_C}{I_E}$$

Thay vào (3) cho:

$$I_C = \alpha I_E + I_{C0} = \alpha I_E + I_{CBO} \quad (4)$$

- Hệ số truyền dòng điện rất bé

$$\alpha \leq 1 \quad (0,95 \div 0,9998)$$

công thức (4) thường chỉ sử dụng trong cách ráp cực nền chung (CB).

- Trong các trường hợp thông dụng khác (như cách ráp CE) ta chuyển đổi thành dạng như sau bằng cách viết lại thành:

$$I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B + \frac{1}{1-\alpha} I_{CO} = \beta I_B + (\beta+1) I_{CO} \quad (5)$$

- Với:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad ; \quad \beta+1 = \frac{1}{1-\alpha}$$

## Nhận xét

- Độ lợi dòng (độ khuếch đại)  $\beta$  rất lớn (100 – 500 loại < 1W, và 20 – 100, loại > 1W)
- Dòng rỉ  $I_{EO} = (\beta+1) I_{CO} \approx (\beta+1) I_{CBO}$  rất bé ở nhiệt độ bình thường nhưng lại tăng nhanh theo nhiệt độ.
- Ở nhiệt độ bình thường (nhiệt độ trong phòng), ta còn lại biểu thức đơn giản :  

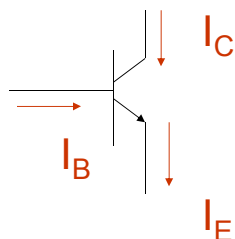
$$I_C = \beta I_B \quad (6) \quad \text{và} \quad I_C = \alpha I_E \quad (7)$$
- Tổng quát ta có thể sử dụng (1) và (6) trong các phép tính phân giải và thiết kế mạch transistor.

### Chú ý: Transistor còn được gọi là:

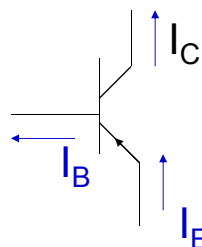
1. linh kiện điều khiển bằng dòng điện.
2. linh kiện điều khiển bằng hạt tải thiểu số.
3. **TRANSISTOR** là chữ viết tắt của từ TRANSfert ReSISTOR (Điện trở chuyển ).
4. Đối với transistor loại **pnp**, cách lý luận về hoạt động cũng giống như ở transistor npn nhưng thay điện tử tự do bằng **lỗ trống**, nên chiều dòng điện ngược lại.

### Chiều dòng điện trong transistor

#### • Transistor npn



#### Transistor pnp



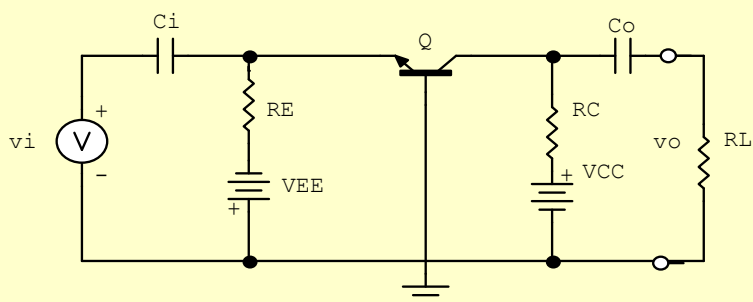
nên công thức trên vẫn đúng cho cả hai loại

$$I_E = I_C + I_B \quad \text{và} \quad I_C = h_{FE} I_B$$

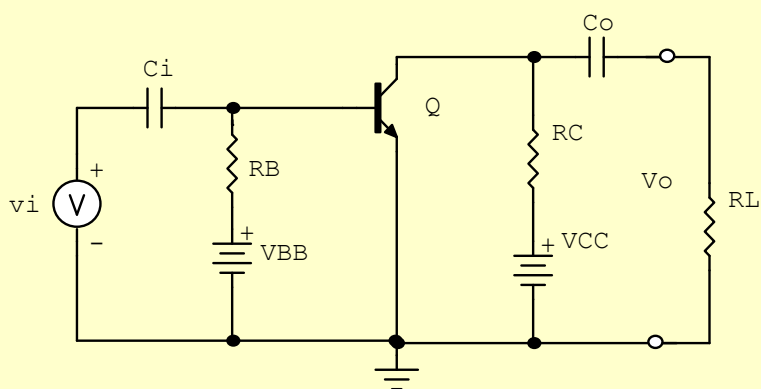
### III. Các cách ráp và Đặc tuyến V-I

- Có 3 cách ráp (xác định từ ngõ vào và ngõ ra của mạch transistor) : CB, CE, CC ( EF)

#### 1. Cách ráp cực nền chung (CB-common base)



#### 2. Cách ráp cực phát chung (CE-common emitter)



Do:

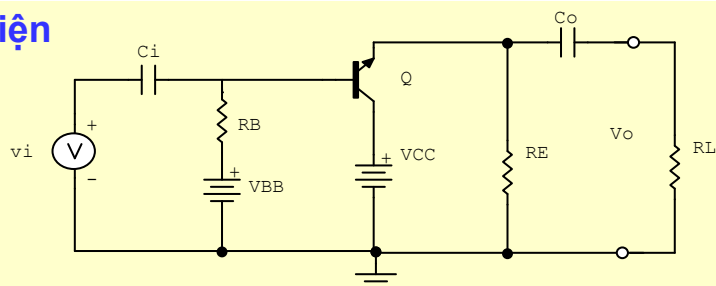
Tín hiệu vào nền – phát BE

Tín hiệu ra thu – phát CE

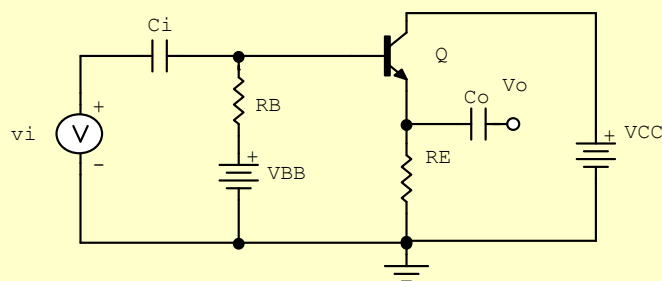
Cả 2 ngõ vào và ra có cực phát chung

### 3. Cách ráp thu chung (CC - Common Collector hay mạch theo phát (EF- Emitter Follower)

- Mạch điện

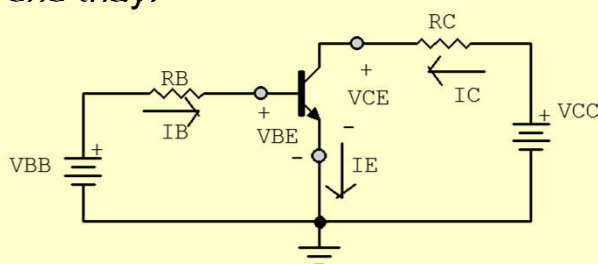


- Hoặc:



### Chiều dòng điện và điện áp phân cực trong cách ráp CE

- Hình vẽ cho thấy:

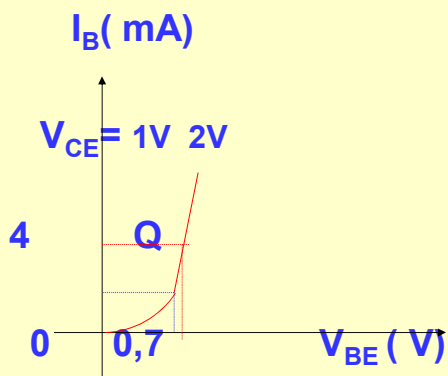


- $V_{BE} = V_B - V_E$
- $V_{CE} = V_C - V_E$
- $V_{CB} = V_C - V_B$

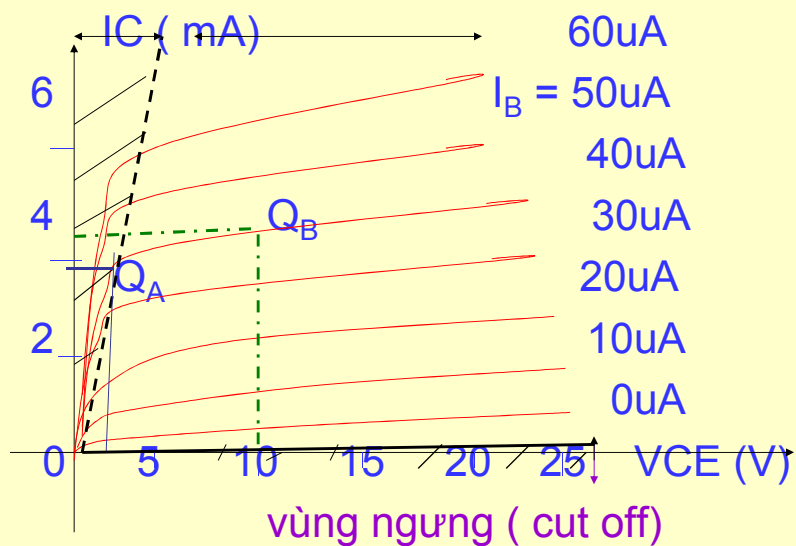
## 4. Đặc tuyến cách ráp CE

- Gồm có 3 đặc tuyến thông dụng sau:

a. Đặc tuyến vào  $I_B = f(V_{BE}) \mid V_{CE} = \text{Cte}$

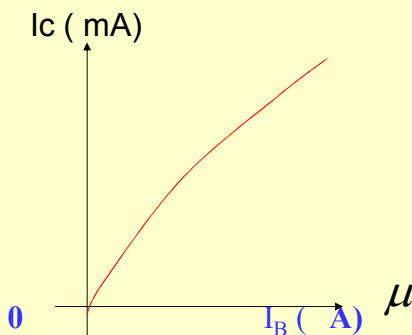


b. Đặc tuyến ra  $I_C = f(V_{CE}) \mid I_B = \text{Cte}$   
vùng bão hoà vùng tác động



### C. Đặc tuyến truyền $I_C = f(I_B)$

- Trong dải thay đổi nhỏ của  $I_B, I_C$  thay đổi tuyến tính.
- Khi dòng  $I_B$  lớn,  $I_C$  không còn tuyến tính (sẽ xét trong chương mạch khuếch đại)



### 4. Độ lợi (độ khuếch đại) dòng

- Tại điểm tĩnh điều hành  $Q_A$  ta có:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Big|_{Q_A} = \frac{3,8mA}{40\mu A} = \frac{3,8 \cdot 10^{-3}}{40 \cdot 10^{-6}} = 95$$

- Tại điểm tĩnh điều hành  $Q_B$ , ta có:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Big|_{Q_B} = \frac{4,2mA}{40\mu A} = \frac{4,2 \cdot 10^{-3}}{40 \cdot 10^{-6}} = 105$$

## Đường thẳng tải tĩnh ( DCLL)

- Phương trình đường thẳng tải tĩnh :

Từ ( 5) viết lại:

$$I_C = (V_{CC} - V_{CE}) / R_C = -V_{CE} / R_C + V_{CC} / R_C \quad (7)$$

Đường tải tĩnh được vẽ trên đặc tuyến ra qua 2 điểm xác định sau:

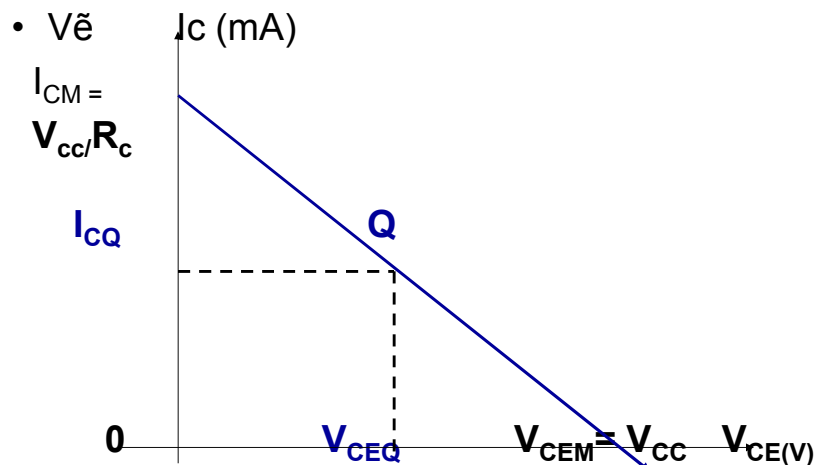
$$\text{Cho } I_C = 0 \rightarrow V_{CEM} = V_{CC} \quad (\text{Điểm M})$$

$$\text{Cho } V_{CE} = 0 \rightarrow I_{CM} = V_{CC} / R_C \quad (\text{Điểm N})$$

nối 2 điểm M và N lại ta có được đường tải tĩnh

- Giao điểm đường tải tĩnh và đường phân cực  $I_B$  chọn trước cho ta trị số điểm tĩnh Q.

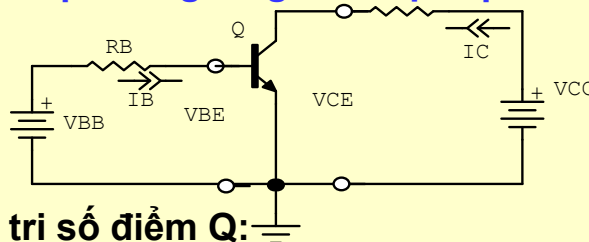
## Đường thẳng tải tĩnh





## IV . Mạch phân cực cơ bản

- Mạch phân cực bằng 2 nguồn cấp điện riêng:



Tính được trị số điểm Q:

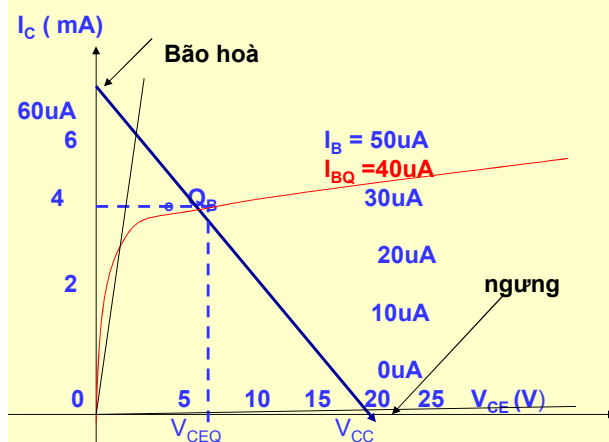
$$V_{BB} = R_B I_B + V_{BE} \quad (1)$$

$$I_B = (V_{BB} - V_{BE}) / R_B \quad (2)$$

$$I_C = \beta I_B \quad (3)$$

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} \quad (4) \rightarrow$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C \quad (6)$$



**Thí dụ :** Với  $V_{CC} = 18V$ ;  $R_C = 3k\Omega$  , dòng  $I_{BQ} = 40\mu A$

Tính được Q ( $I_C = 4mA$  ,

(  $V_{CE} = 6V$  ,

(  $V_{BE} = 0,7V$  cho trước

### Độ lợi dòng

- Theo trên ta có:

$$\approx \quad I_C = 4 \text{ mA} \text{ và } I_B = 40 \text{ } \mu\text{A}$$

- Tính được:

$$\beta = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}} = \frac{4 \text{ mA}}{40 \text{ } \mu\text{A}} = 100$$

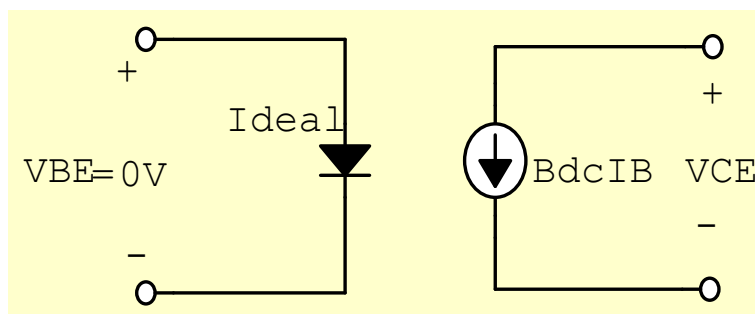
- Transistor có tính khuếch đại dòng
- Độ lợi dòng có thể tính nhanh từ đặc tuyến

$\approx$

### Transistor Approximations

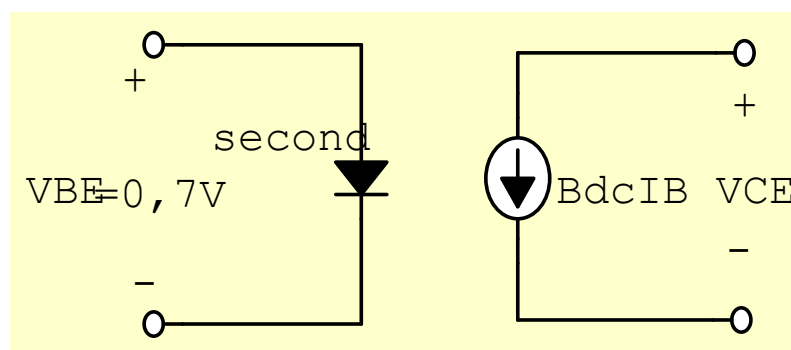
- Lý tưởng

Cho  $V_{BE} = 0 \text{ V}$ , áp dụng khi sửa chữa



- **Second Approximation**

$V_{BE} = 0,7 \text{ V (Si)}, \text{ và } 0,3 \text{ V (Ge)}$



## DATA SHEETS

- Mỗi transistor có các thông số riêng cho bởi nhà sản xuất:

$V_{CE0}, V_{CB0}, V_{BE0},$

$I_{Cmax},$

$P_{Dmax},$

$T,$

$h_{fe}/I_c,$  các trị min, type, max

$f_T,$

.....

## Dạng vỏ Transistor

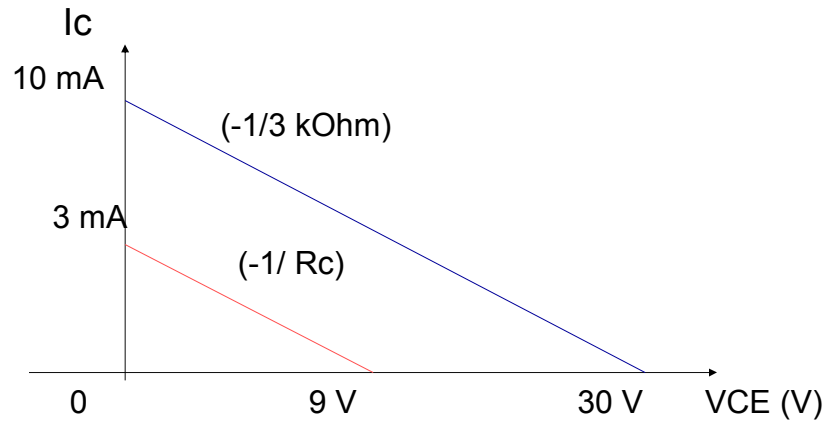


## Vai trò của đường thẳng tải tĩnh

- Phân giải mạch Transistor.
- Xác định điểm tĩnh điều hành Q.
- Cho biết trạng thái hoạt động của transistor ( tác động, bão hoà, ngưng).
- Mạch khuếch đại có tuyến tính hay không.
- Thiết kế mạch khuếch theo ý định ( chọn trước điểm tĩnh Q , tính các trị số linh kiện)

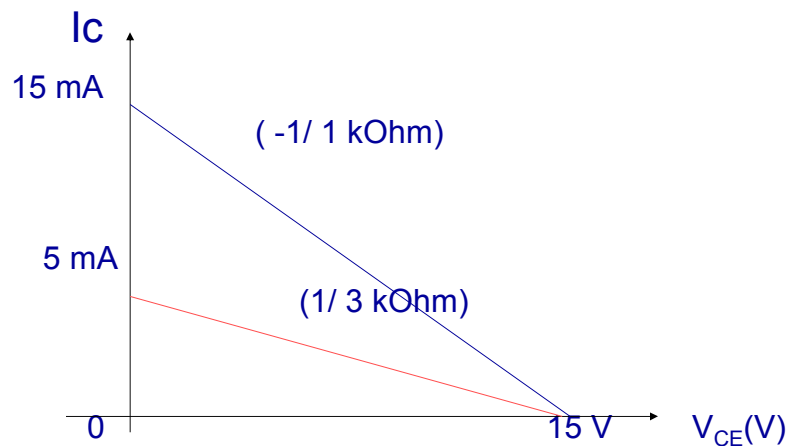
## 1. Mạch có cùng $R_c$ và khác $V_{cc}$

- Độ dốc DCLL như nhau



## 2. Mạch có cùng $V_{cc}$ nhưng khác $R_c$

- Đường DCLL có độ dốc khác nhau

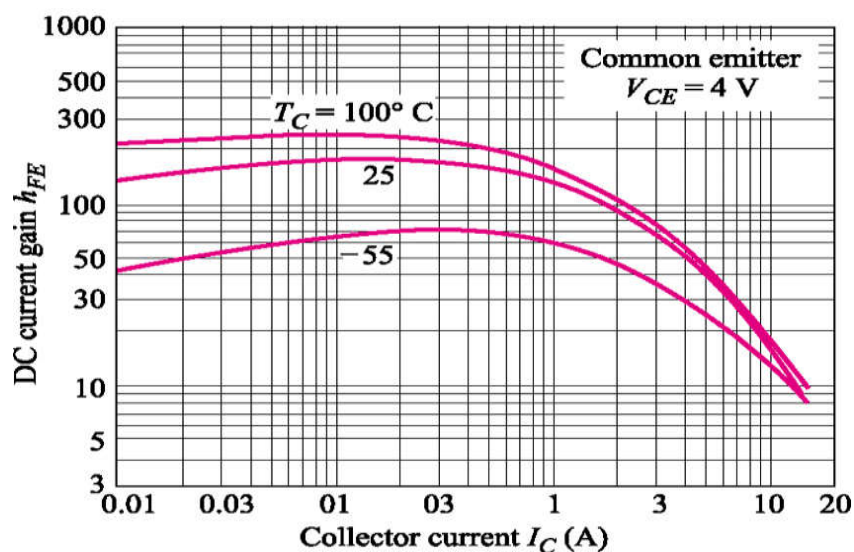


### Chú ý:

- Độ lợi dòng điện thay đổi theo vị trí điểm tĩnh điều hành Q.
- Điểm tĩnh điều hành Q thay đổi vị trí theo điện thế phân cực transistor và còn thay đổi theo tín hiệu xoay chiều ( AC) tác động vào mạch .
- Ta sẽ xét các dạng mạch phân cực (DC) khác ở chương 4 và sự khuếch đại trong chế độ động ( AC) ở chương 5 .

### Sự thay đổi độ lợi dòng điện $h_{FE}$

#### 1. Sự thay đổi $h_{FE}$ theo nhiệt độ



## ▪ 2. Dòng $I_{CQ}$ càng lớn $h_{FE}$ càng nhỏ

Theo hình trên ta thấy khi  $I_{CQ}$  càng lớn, đường cong  $h_{FE}$  càng giảm xuống, trị số  $h_{FE}$  càng nhỏ khoảng 30 đến 50  $\rightarrow h_{FE(bh)} < h_{FE}$ .

- Cách tính  $h_{FE} (bh)$  như sau:

$$\beta_{bh} = \frac{I_{C(bh)}}{I_B}$$

$$I_{C(bh)} \cong \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$I_B \geq \frac{V_{BB}}{R_B} = \frac{V_{CC}}{R_B}$$

$$R_B < \beta_{bh} R_C$$

$$R_B \cong 10 R_C$$

Thường chọn bão hoà sâu:

## Transistor giao hoán (Transistorswitch)

- Phân cực cực nền thường sử dụng trong mạch số vì mạch được thiết kế để hoạt động tại dẫn bão hoà và ngưng dẫn  $\rightarrow$  Điểm điều hành Q nằm trong vùng bão hoà và vùng ngưng.
- Theo trên mạch được phân cực bão hoà sâu và ngõ ra có mức thấp  $V_{CEbh} = 0,2V$  (bão hoà) và mức cao  $V_{CC}$  (ngưng dẫn)
- Mạch số thường còn gọi là mạch giao hoán hay chuyển mạch vì điểm điều hành của nó (luân) chuyển (switch) giữa hai điểm trên DCLL. Mạch còn được gọi là mạch hai trạng thái.

## 7.6 Phân cực phát- Emitter Bias

- Mạch số thường sử dụng phân cực cực nền. Nhưng khi nó chuyển thành khuếch đại, chúng ta cần đến mạch có điểm Q được miễn trừ làm thay đổi độ lợi dòng.
- Mạch được thay đổi như sau: đem điện trở mạch nền thành điện trở mạch phát. Chỉ một thay đổi nhưng làm tất cả khác biệt.
- Điểm Q trong mạch mới rất vững chắc. Khi độ lợi dòng thay đổi từ 50 đến 150, điểm Q gần như không di chuyển trên đường tải tĩnh (DCLL)

### Ý tưởng cơ bản

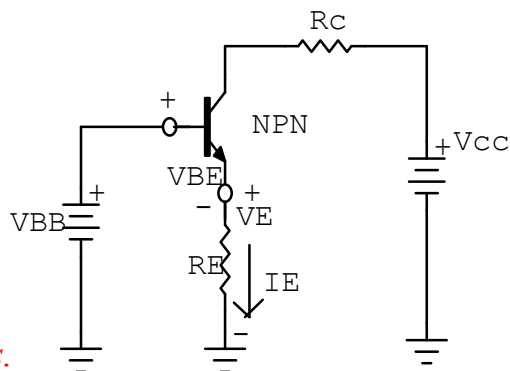
Ta có:

$V_E = V_{BB} - V_{BE}$   
thường  $V_{BB}$ ,  $V_{BE}$   
không đổi, nên  
đòng phát không  
đổi và độc lập  
đối với  $h_{FE}$ :

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} = \frac{V_E}{R_E} = h.s.$$

Và:

$$V_{CE} = V_C - V_E$$





Các bước tính của mạch như sau:

1. Tính dòng cực phát  $I_E$
2. Tính điện áp cực thu  $V_C$  với  $I_C = (h_{FE} / h_{FE} + 1)I_E = I_E$
3. Tính  $V_{CE} = V_C - V_E$
4. Cho điện áp cực phát  $V_E$

**Chú ý:**

- Trong mạch phân cực cực nền → dòng nền cố định
- Trong mạch phân cực cực phát → dòng phát cố định

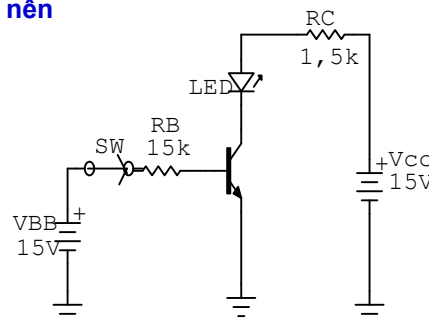
## 7.7. Mạch thúc LED

### 1. Mạch thúc LED phân cực cực nền

Do  $R_B = 10 R_C$ , nên transistor dẫn bão hoà, cho dòng qua LED:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE_{bh}} - V_D}{R_C}$$

$$= \frac{15V - 2V}{15k\Omega} = 8,67mA$$



Muốn thay đổi dòng qua LED, ta thay đổi  $V_{CC}$  hoặc  $R_C$ , và điện trở  $R_B$  phải bằng 10 lần  $R_C$  để transistor dẫn bão hoà cứng, và độ lợi dòng không thành vấn đề quan tâm.

## 2. Mạch thúc LED phân cực cực phát

- Xét mạch theo hình sau:

Khi sw hở,  $I_E = 0$

transistor ngưng dẫn

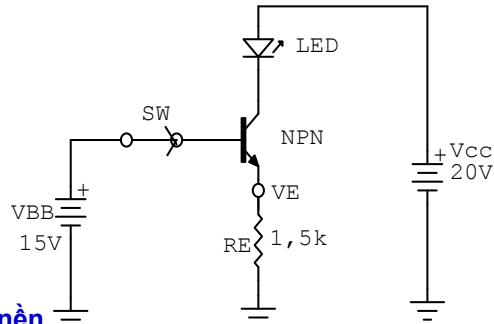
- Khi sw đóng, dòng  $I_E = 10 \text{ mA}$  không đổi,  $\rightarrow$  điện áp rơi trên LED

không còn đáng quan tâm dù có trị 1,8V, 2V, hay 2,5V. Đó là lợi điểm của mạch phân cực

cực phát so với phân cực cực nền.

- Lợi điểm nữa là không cần đến điện trở  $R_C$ .

❖ Mạch trên hoạt động trong vùng tác động, muốn thay đổi dòng LED thay đổi  $V_{BB}$  hoặc  $R_E$ .



## 8. Transistor Quang (Phototransistor)

- Khi được chiếu sáng cho:

$$I_C = I_P + (\beta + 1)I_{CBO} = I_P + I_{CEO} = I_P + (\beta + 1)I_R$$

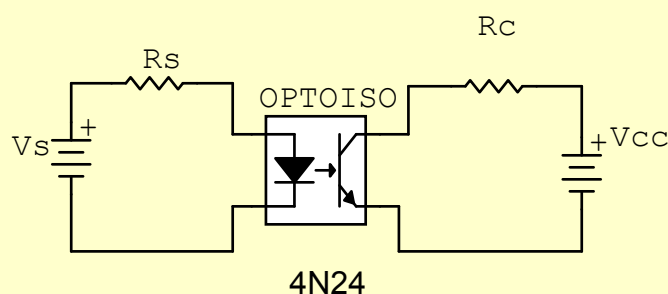
dòng tối là dòng  $I_R$  rất bé.

- So sánh với diod quang thì:

- Transistor quang nhạy hơn do dòng thu lớn hơn cỡ miliampe,
- Nhưng có tốc độ ( hoặc chuyển mạch) thấp hơn cỡ microgiây.

## 2. Bộ ghép quang - Optocoupler

- Mạch theo hình sau:



### Lợi điểm của bộ ghép quang:

- Cô lập điện giữa ngõ vào và ngõ ra tốt từ 2500 V đến 7500 V (so với biến áp) hoặc từ vài chục đến vài trăm MOhm đối với dòng điện một chiều
- Bộ ghép quang có thể hoạt động ở chế độ DC hay chế độ AC tần số cao
- Hệ số truyền đạt dòng điện  $= I_C / I_F(\text{LED})$  có trị cao từ vài chục phần trăm đến vài trăm phần trăm tùy loại.

## Độ lợi dòng và thế ở chế độ động (AC)

- Xét đồ thị sau
- Ta có:
- Độ lợi dòng

$$A_i = \beta_{ac} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_Q = \left. \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{B2} - I_{B1}} \right|_Q = \frac{(4 - 2) \text{ mA}}{(40 - 20) \mu\text{A}} = 100$$

- Độ lợi thế

$$A_v = \left. \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{BE}} \right|_Q = \frac{V_{CE2} - V_{CE1}}{V_{BE2} - V_{BE1}} = \frac{6 - 12}{0,68 - 0,65} = -200$$

## Phân giải bằng đồ thị

