

VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY – HCM CITY  
UNIVERSITY OF SCIENCE

## ĐIỆN TỬ CƠ BẢN



### CHƯƠNG III: TRANSISTOR NỐI LƯỠNG CỰC BJT

**Presenter: Nguyen Thi Thien Trang**



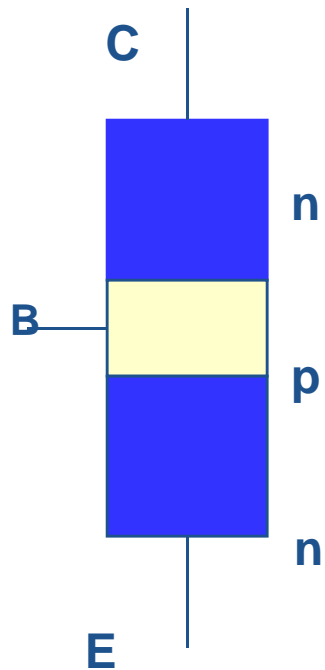
# CHƯƠNG III: TRANSISTOR NỔ LƯỜNG CỰC BJT

- **Cấu tạo, hoạt động**
- **Mô hình tín hiệu lớn**
- **Đặc tính**
- **Các mạch phân cực**
- **Khuếch đại tín hiệu lớn**
- **Hoạt động chuyển mạch, giao hoán**

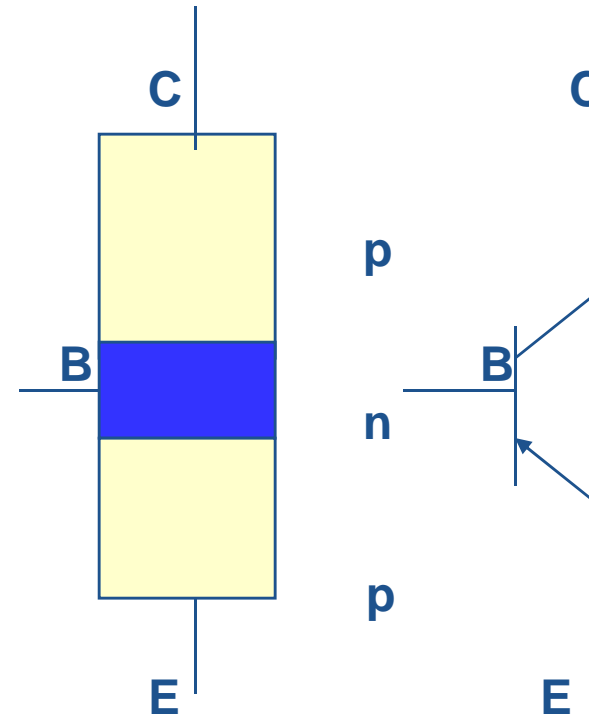
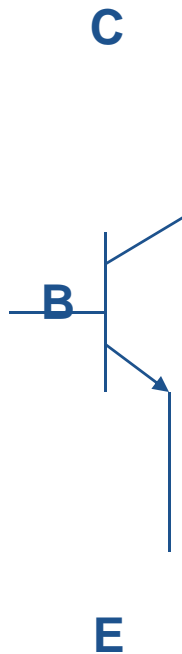


# CẤU TẠO TRANSISTOR

- Gồm 2 nối tiếp xúc ghép xen kẽ nhau.
- Có 2 loại Transistor nổi: npn và pnp (h. 1)



loại npn



loại pnp



# CẤU TẠO TRANSISTOR

- 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:

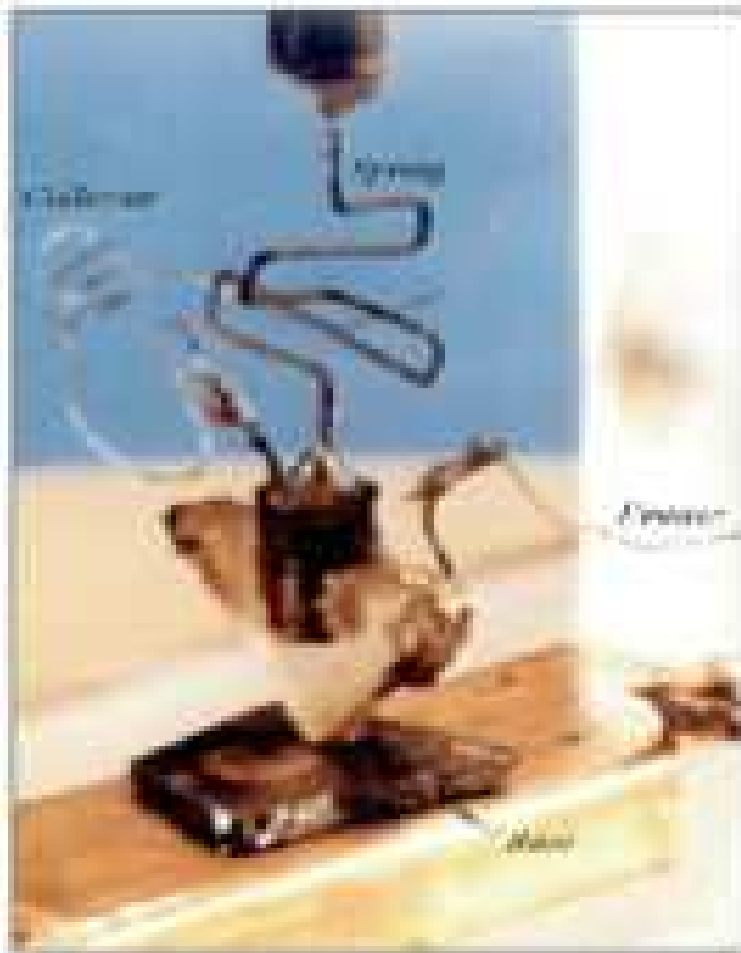
Cực phát (Emitter) phát các hạt tải đến cực thu (collector) và dòng hạt tải này được điều khiển bởi cực nền (base)



# CẤU TẠO TRANSISTOR

## *The first point contact transistor*

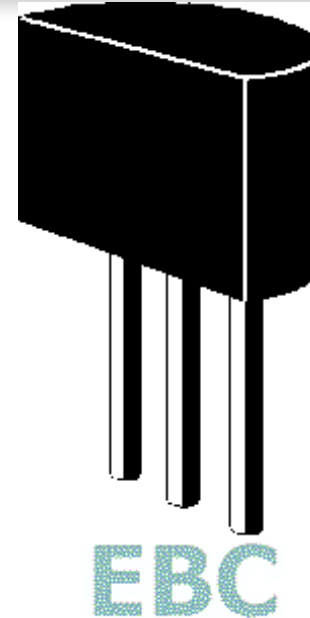
*William Shockley, John Bardeen, and Walter Brattain*  
*Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey (1947)*



*Shockley  
Bardeen  
Brattain*



# CẤU TẠO TRANSISTOR



**2N3904**

**MMBT3904**

**PZT3904**



TO-92



SOT-23  
Mark: 1A

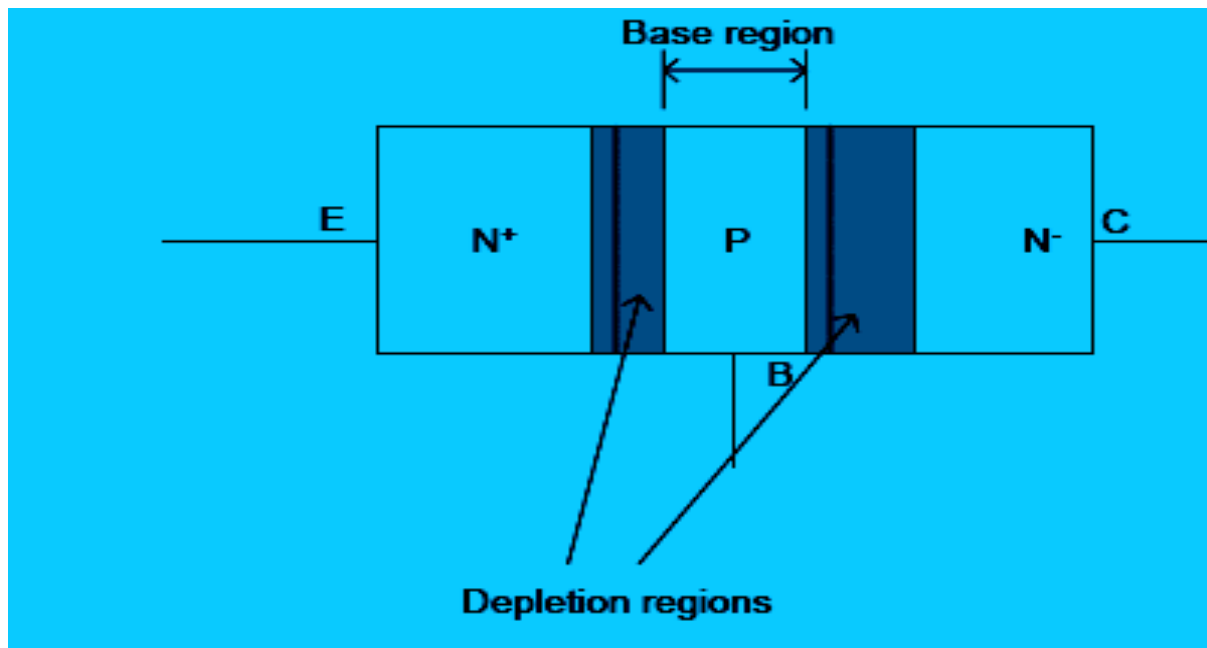


SOT-223



# PHÂN CỰC TRANSISTOR

- Khi chưa phân cực ( chưa cấp điện DC)

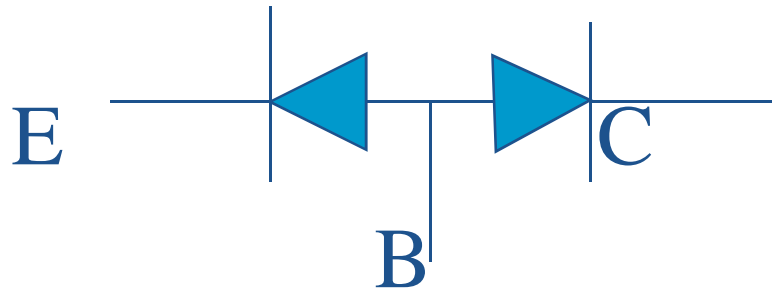


- Do có sự hiện diện 2 vùng hiếm nên transistor chưa dẫn điện ( ngưng dẫn)



# PHÂN CỰC TRANSISTOR

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



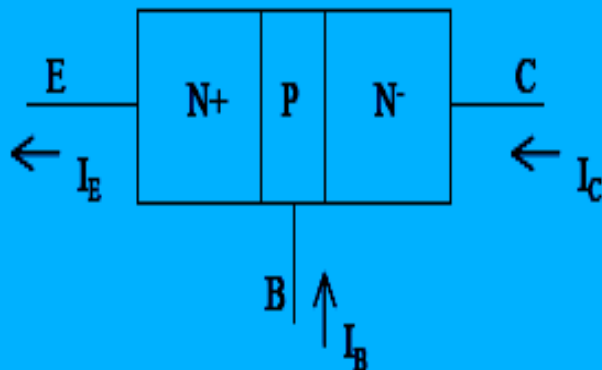
cách nhìn này còn dùng để đo thử transistor còn tốt hay hư





# PHÂN CỰC TRANSISTOR

- Các cách phân cực và hoạt động của transistor npn

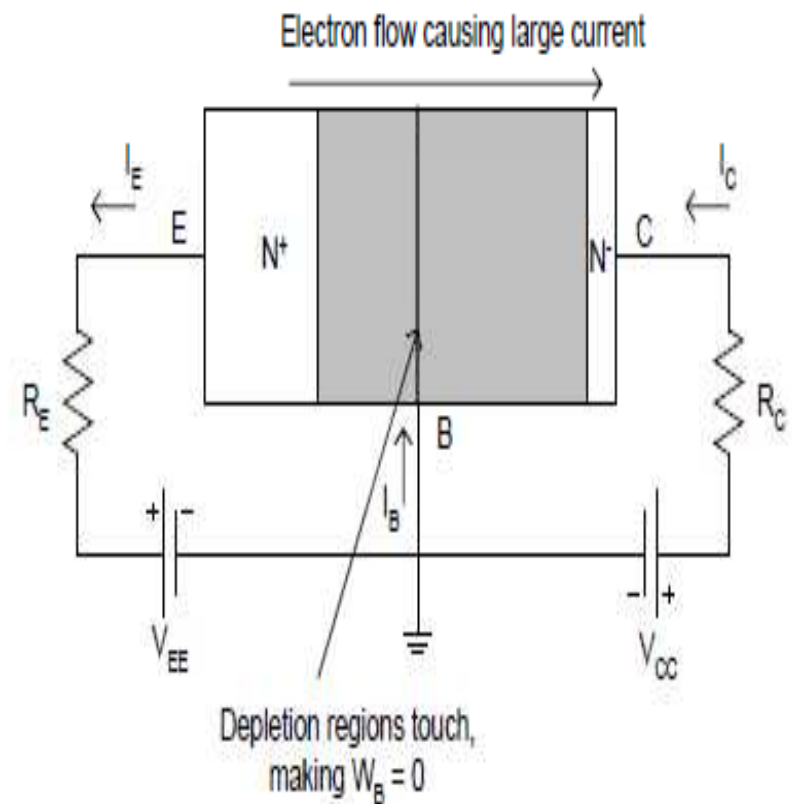
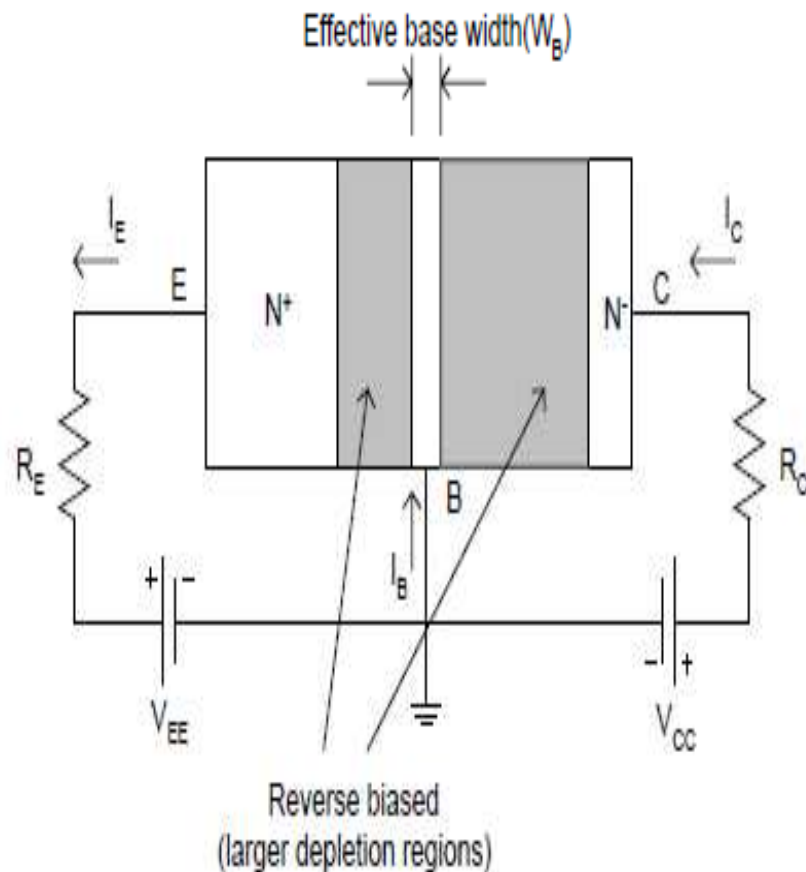


<u>CB Junction</u>	<u>BE Junction</u>	<u>Mode of Operation</u>
Reverse	Reverse	Cut-off
Forward	Reverse	Cut-off
Reverse	Forward	Active
Forward	Forward	Saturation



# PHÂN CỰC TRANSISTOR

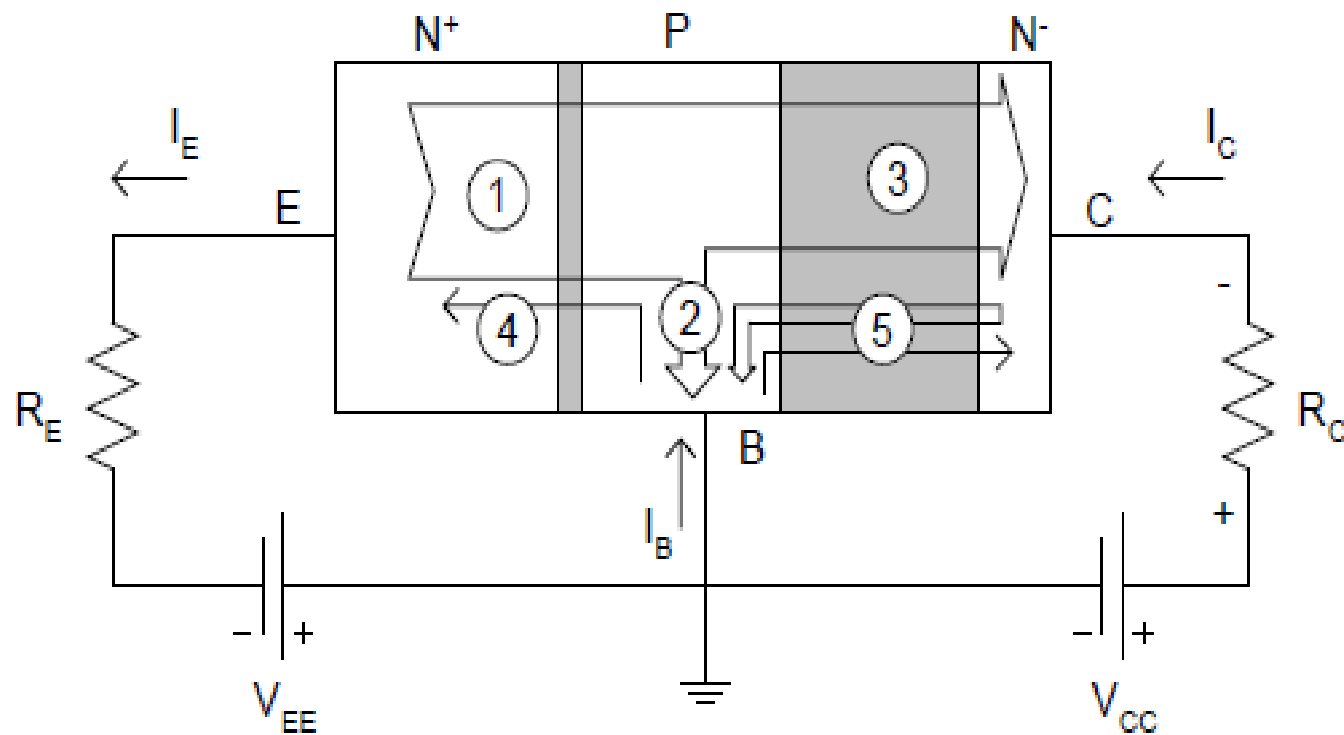
## Cut-Off Mode



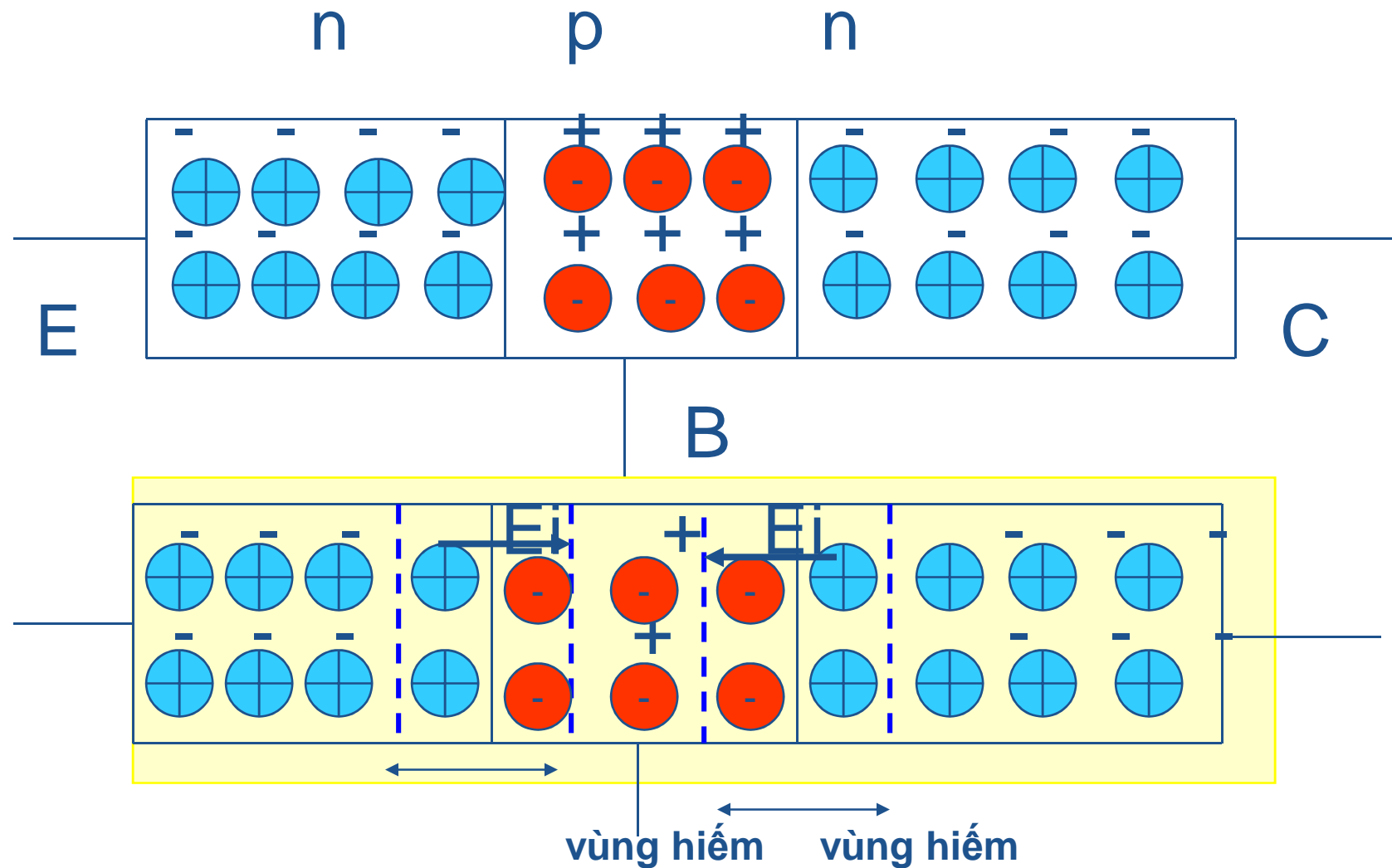


# PHÂN CỰC TRANSISTOR

## Saturation Mode



# SỰ PHÂN BỐ ĐIỆN TÍCH CÂN BẰNG NHIỆT ĐỘNG





# CÁC KIỂU HOẠT ĐỘNG CỦA BJT

- Có 4 kiểu phân cực tùy theo cách cấp điện

-Ngưng

-Bảo hoà

-Tác động thuận

-Tác động nghịch

Nối

thu-nền

CB

ph.c.ng

ph.c.th

Nối phát-nền EB

phc.ngịch phc. thuận

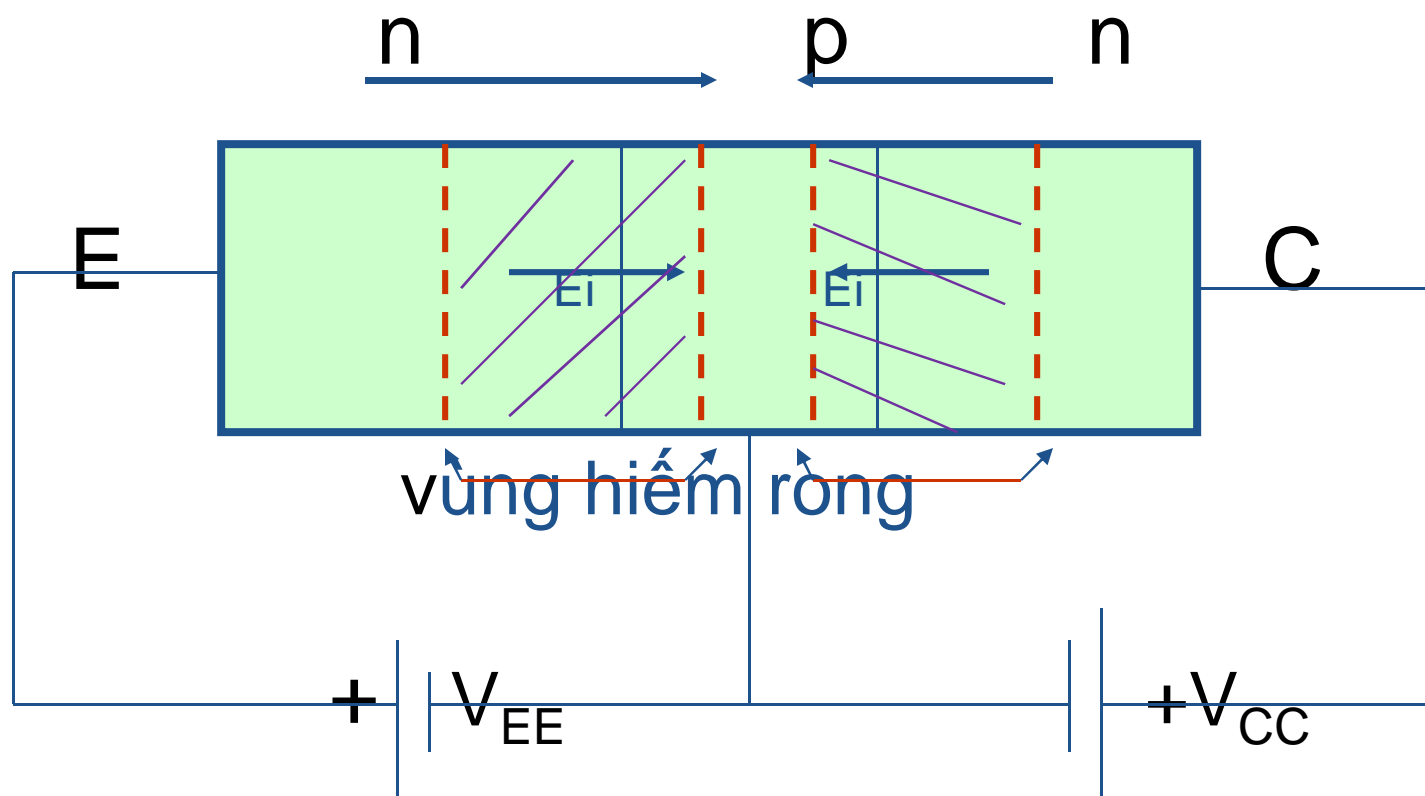
Ngưng (Off )	Tác động thuận (Forward active)
Tác động nghịch ( Reverse active)	Bảo hoà ( On Saturation)



# CÁC KIỂU HOẠT ĐỘNG CỦA BJT

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

Do 2 nối đều ngưng dẫn  $\rightarrow$  BJT ngưng dẫn  
(off)

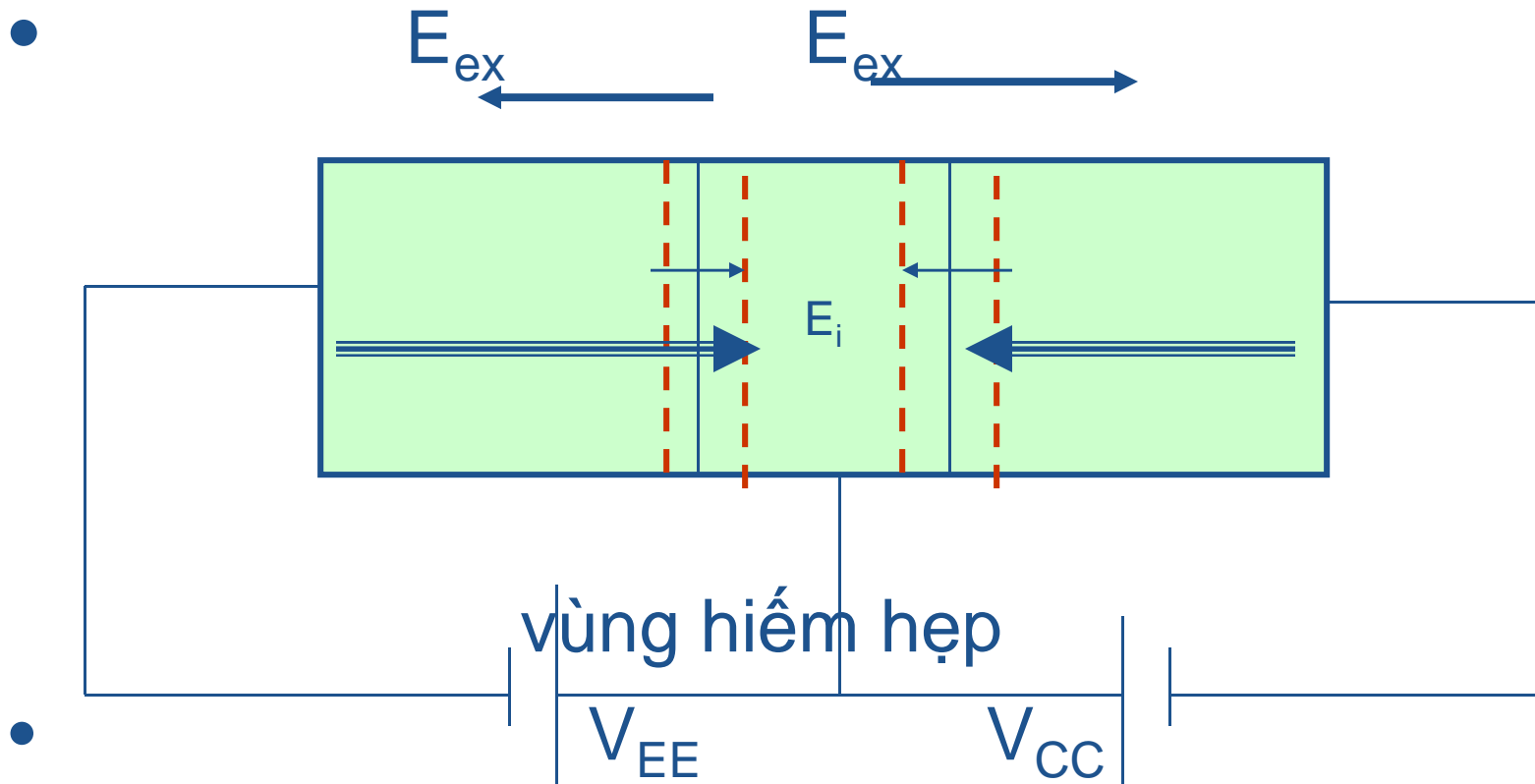




# CÁC KIỂU HOẠT ĐỘNG CỦA BJT

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

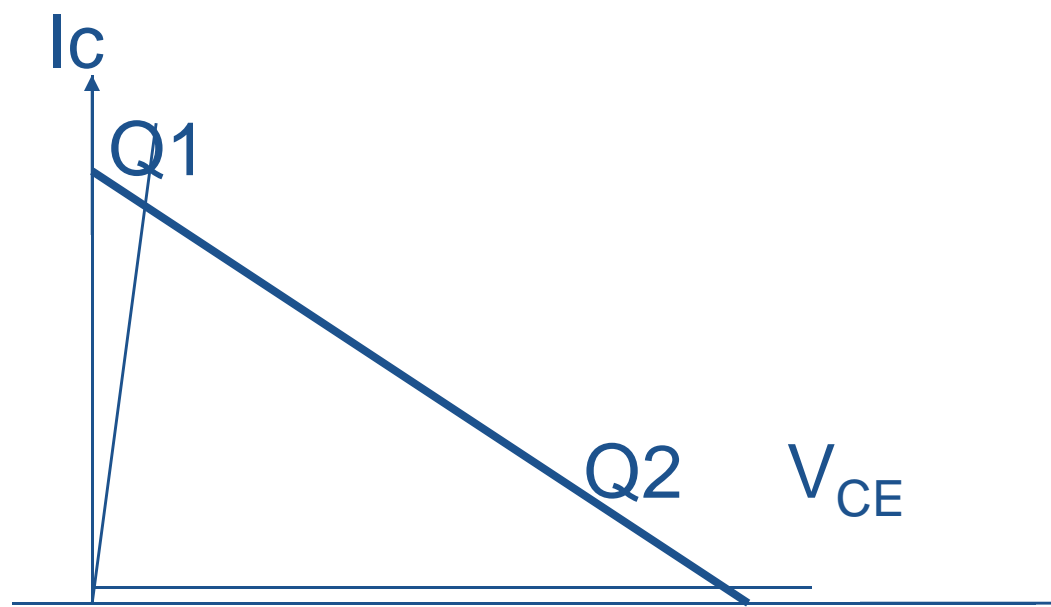
Do hai nối đều dẫn các hạt tải cùng chạy vào vùng nền. Mà vùng nền hẹp nên bị tràn ngập các hạt tải → **BJT dẫn bão hòa.**





# CÁC KIỂU HOẠT ĐỘNG CỦA BJT

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



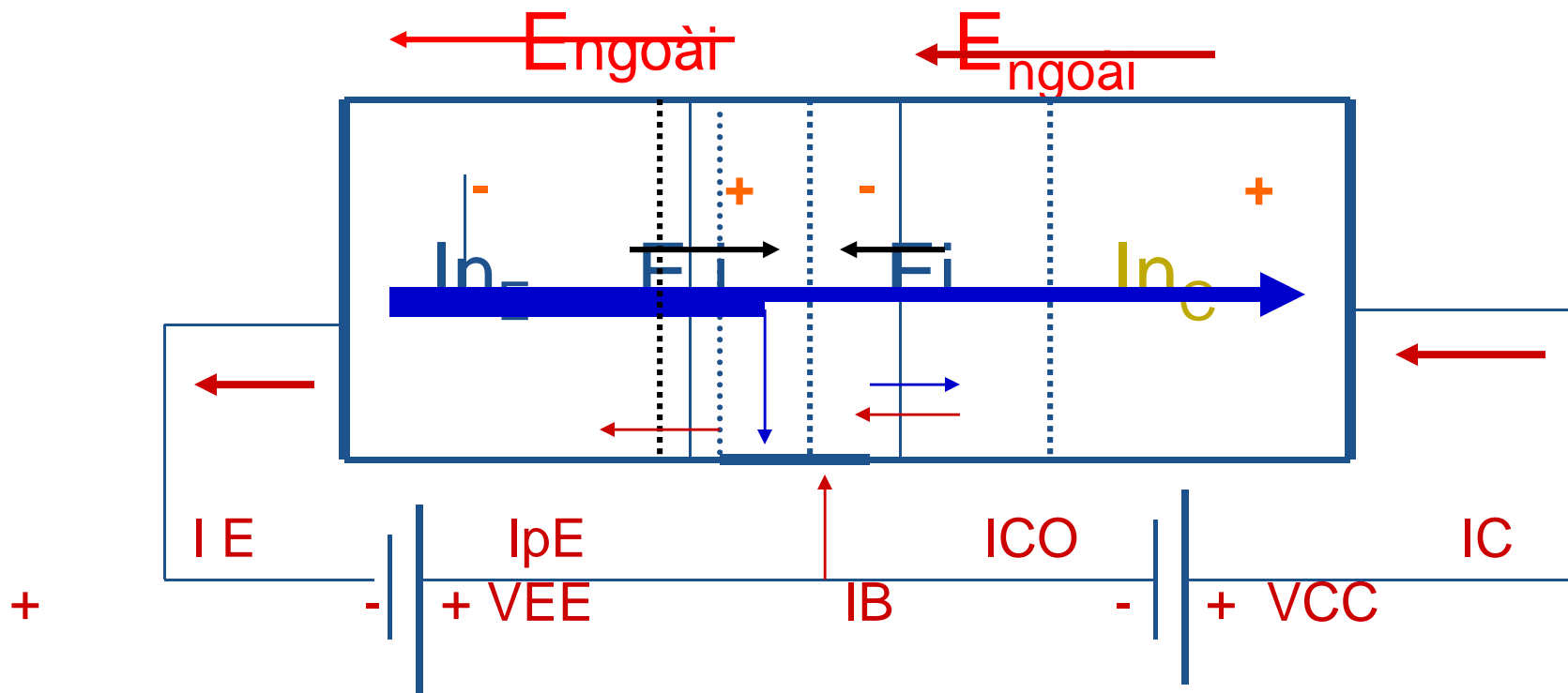




# CÁC KIỂU HOẠT ĐỘNG CỦA BJT

## 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).

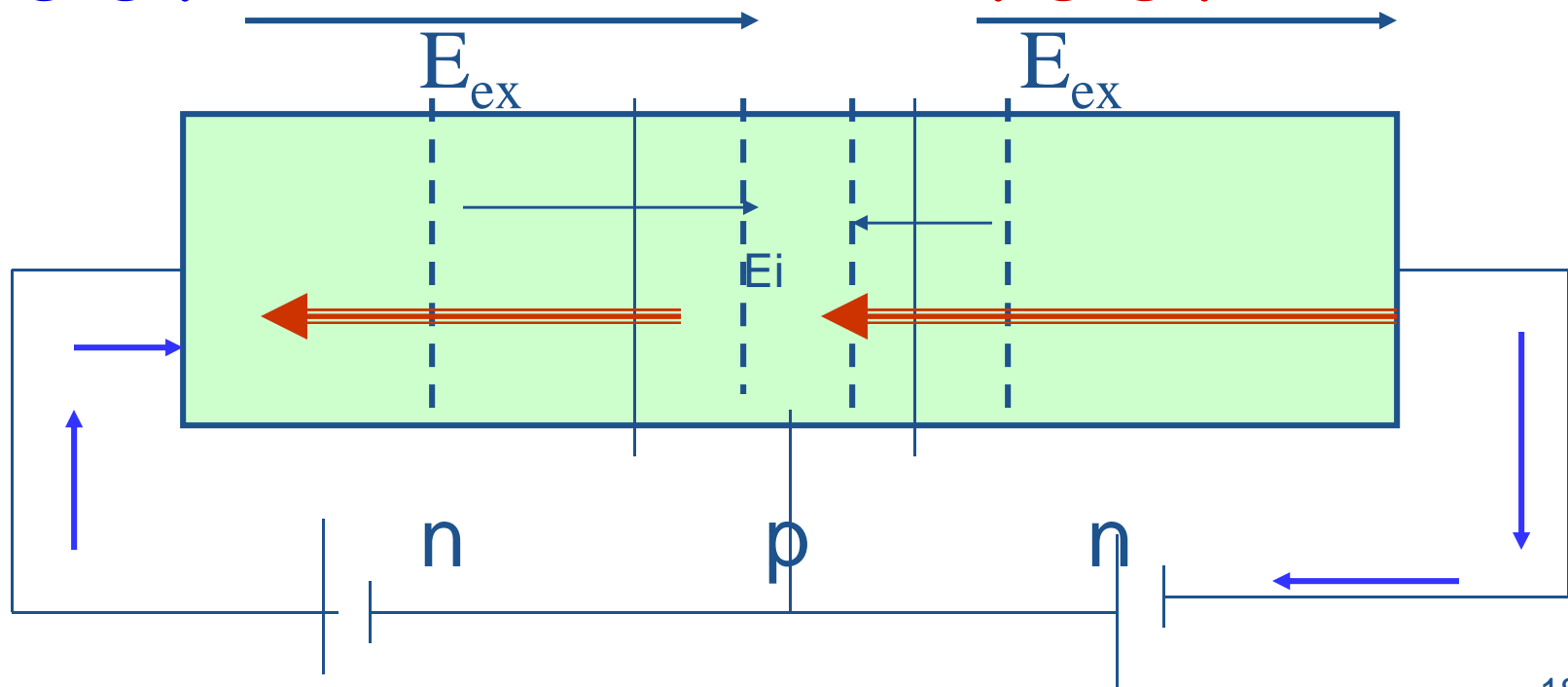




# CÁC KIỂU HOẠT ĐỘNG CỦA BJT

## 4. Phân cực nghịch EB, phân cực thuận CB

Cách hoạt động giống như ở kiểu 3 nhưng các 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 → **BJT dẫn theo kiểu tác động nghịch.**





# CÁC KIỂU HOẠT ĐỘNG CỦA BJT

Cách phân cực tác động 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 ( nối BE phân cực thuận, nối CB phân cực nghịch)
2. Phần hoạt động giao hoán sẽ xét đến sau.

# BIỂU THỨC DÒNG ĐIỆN TRONG BJT

- 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 :

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

Thay vào (3) cho:

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

# BIỂU THỨC DÒNG ĐIỆN TRONG BJT

- Hệ số truyền dòng điện rất bé

$$\alpha \leq 1 \quad (4) \quad (\alpha \cong 0,95 \div 0,9998)$$

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:

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

# BIỂU THỨC DÒNG ĐIỆN TRONG BJT

## Nhận xét

- Độ lợi dòng (độ khuếch đại)  $\beta$  rất lớn ( 20 – 500)
- 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 :
$$I_C = \beta I_B \quad (6)$$
- Tổng quát ta có thể sử dụng (1) và (6) trong các phép tính phân giải và thiết kế mạch transistor.



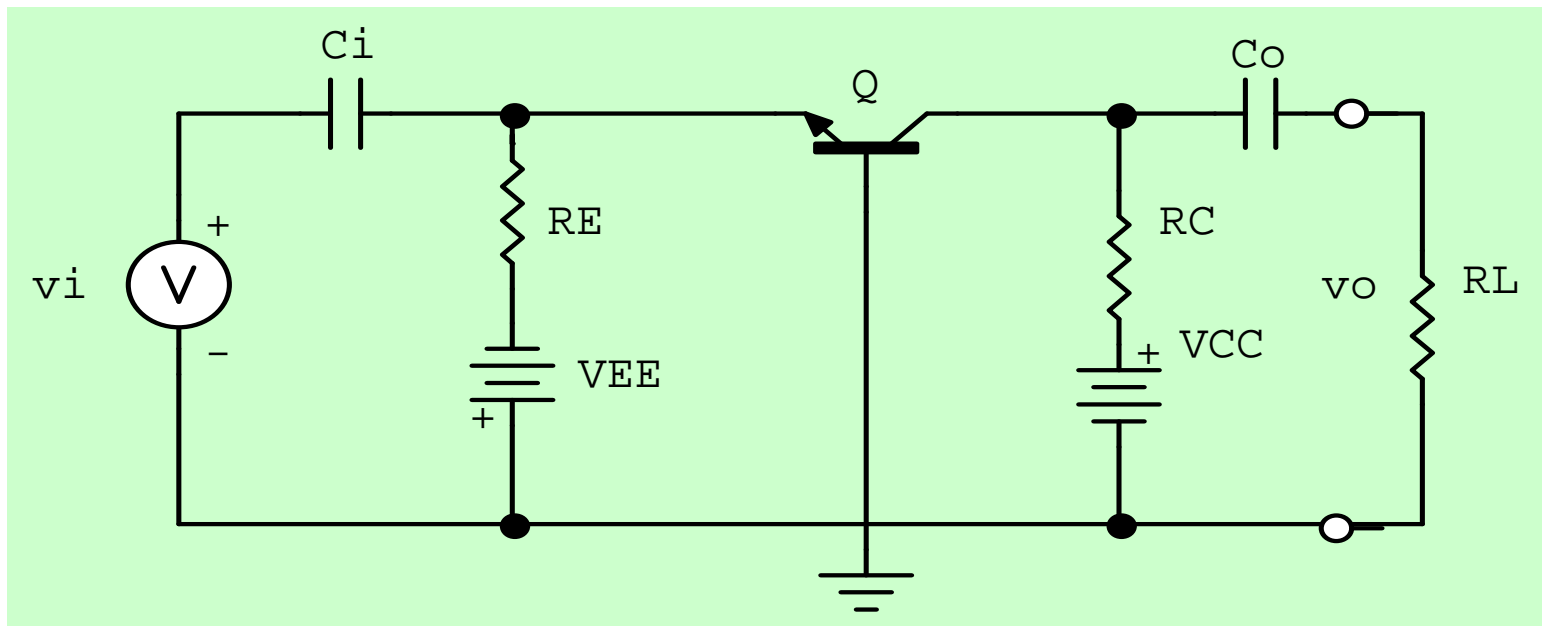
## Chú ý: Transistor còn được gọi là:

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 nhóm từ TRANSFER RESISTOR (Điện trở chuyển).
4. Đối với transistor loại pnp, cách lý luận về hoạt động cũng giống như ở tran-sistor npn nhưng thay điện tử tự do bằng lỗ trống, nên có chiều dòng điện ngược lại.

# CÁC CÁCH RÁP VÀ ĐẶC TUYẾN VI

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

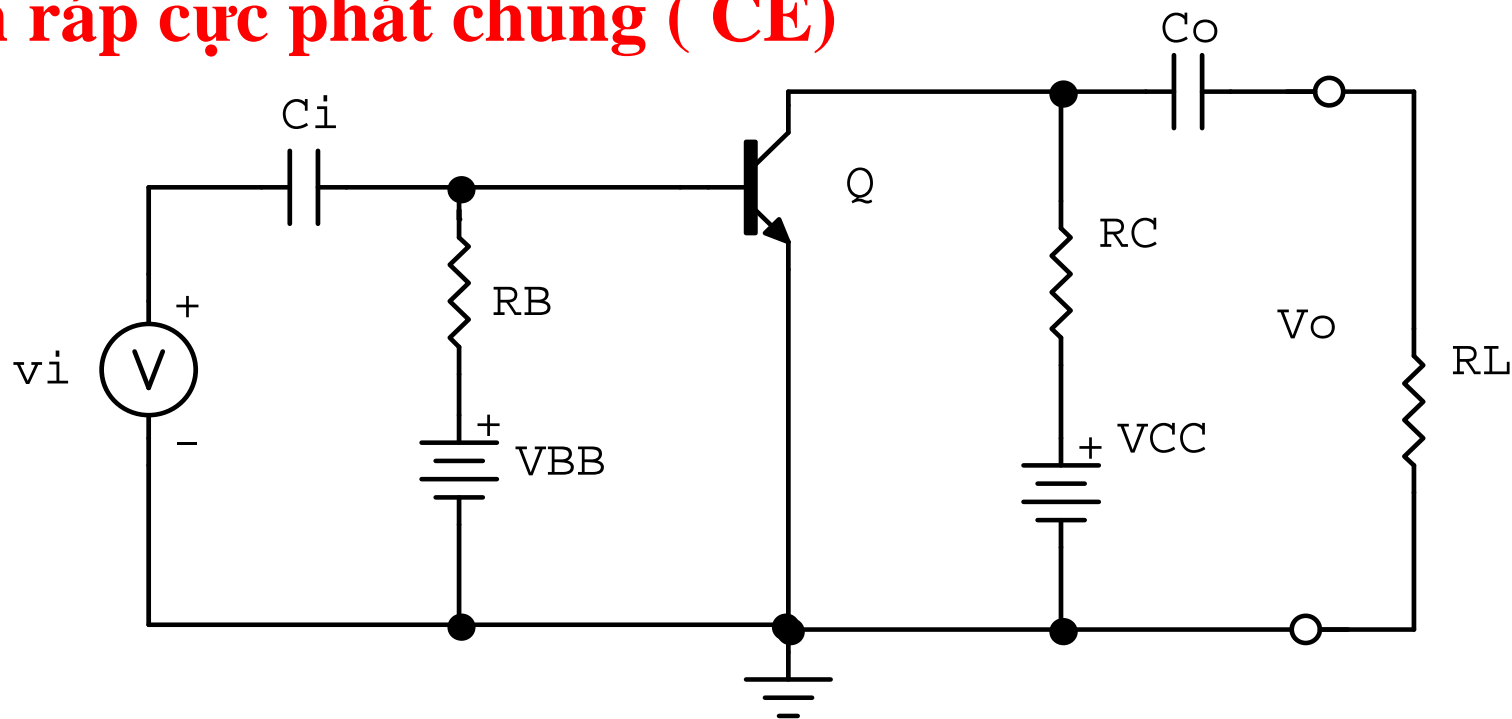
## 1. Cách ráp cực nền chung (CB)





# CÁC CÁCH RÁP VÀ ĐẶC TUYẾN VI

## 2. Cách ráp cực phát chung (CE)



Do:

Tín hiệu vào nền – phát BE

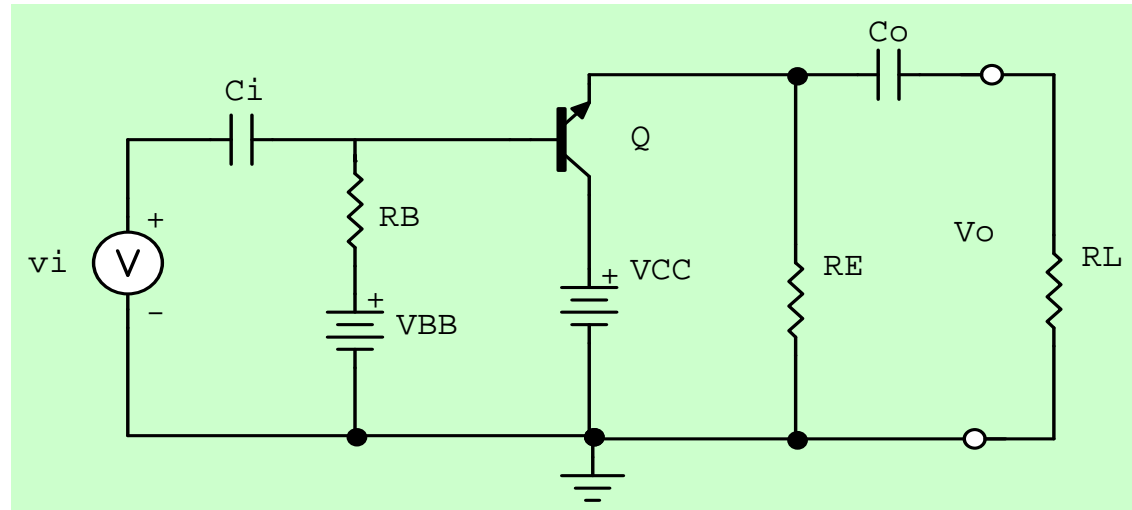
Tín hiệu ra thu – phát CE

Cả 2 ngõ vào và ra có cực phát chung

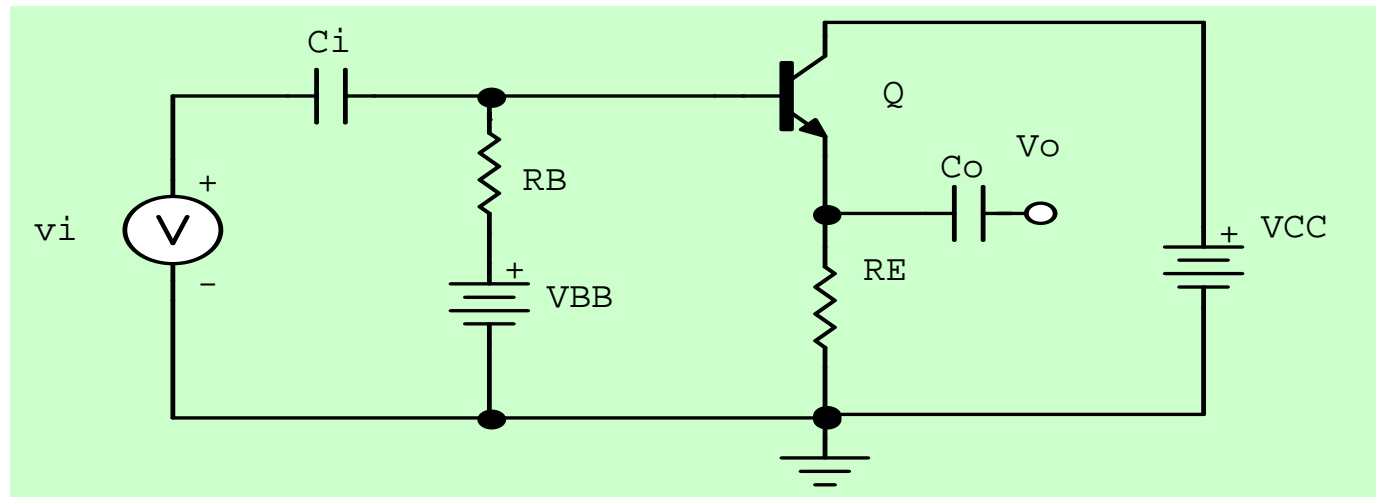
# CÁC CÁCH RÁP VÀ ĐẶC TUYẾN VI

## 3. Cách ráp thu chung (CC hay EF)

- Mạch điện



- Hoặc:



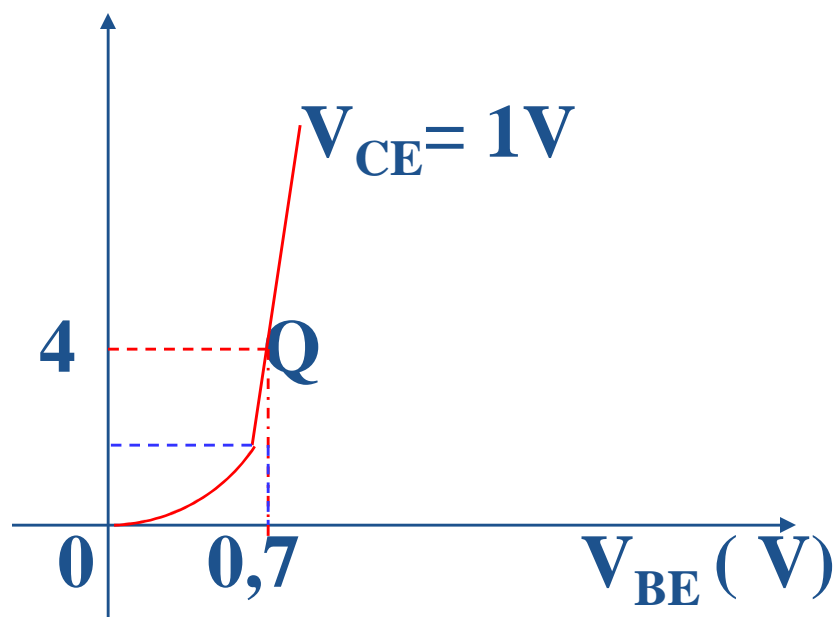


# ĐẶC TUYẾN CÁCH RÁP CE

- Gồm có 3 đặc tuyến thông dụng sau:

a. Đặc tuyến vào  $I_B = f(V_{BE})|_{V_{CE} = Cte}$

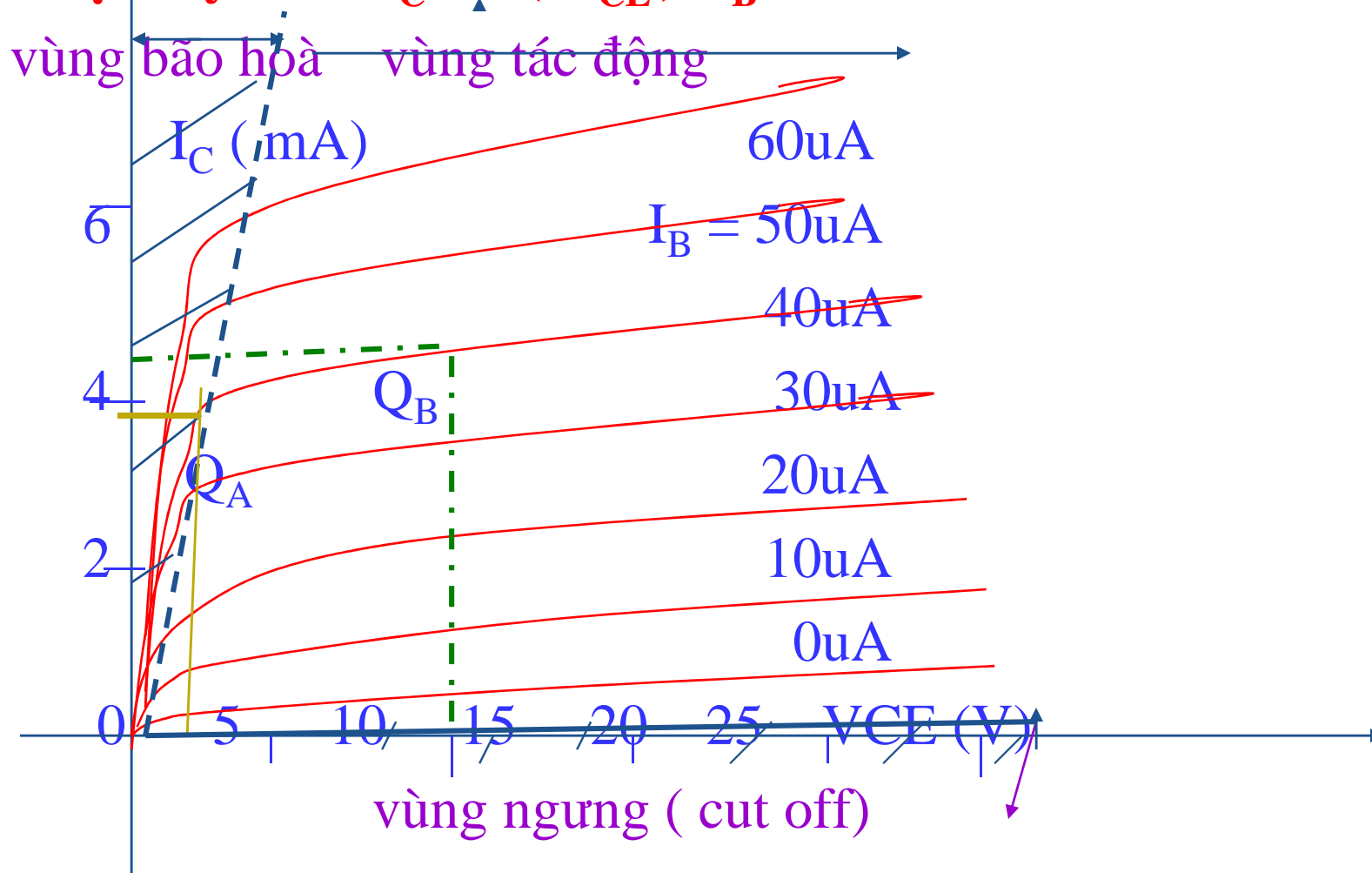
$I_B$  (mA)





# ĐẶC TUYẾN CÁCH RÁP CE

**b. Đặc tuyến ra  $I_C = f(V_{CE})$   $I_B = Cte$**



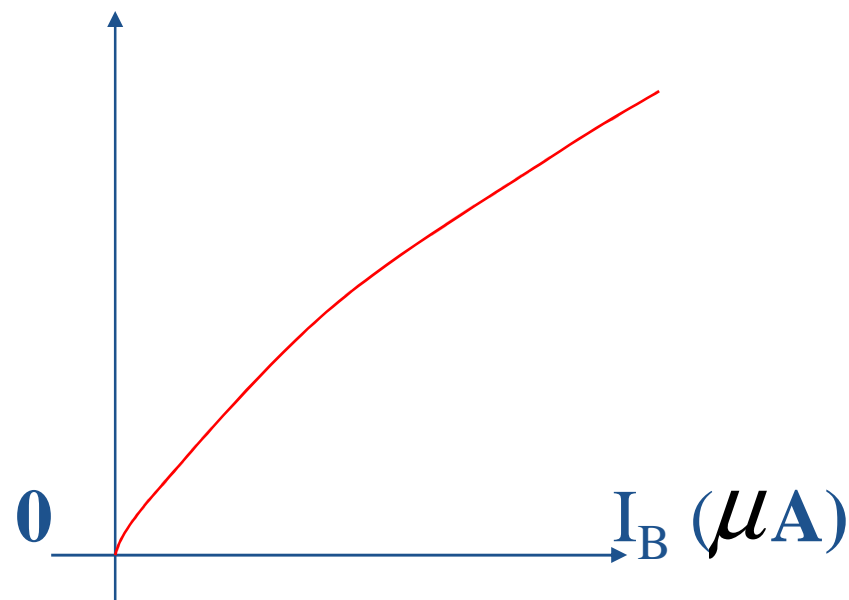


# ĐẶC TUYẾN CÁCH RÁP CE

**c. Đặc tuyến truyền  $I_C = f(I_B)$   $V_{CE} = \text{Cte}$**

$I_C$  (mA)

- 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)



## Độ lợi (độ khuếch đại) dòng

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

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Big|_{Q_A} = \frac{3,8mA}{40\mu A} = \frac{3,810^{-3}}{4010^{-6}} = 95$$

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

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Big|_{Q_B} = \frac{4,2mA}{40\mu A} = \frac{4,210^{-3}}{4010^{-6}} = 105$$

# 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

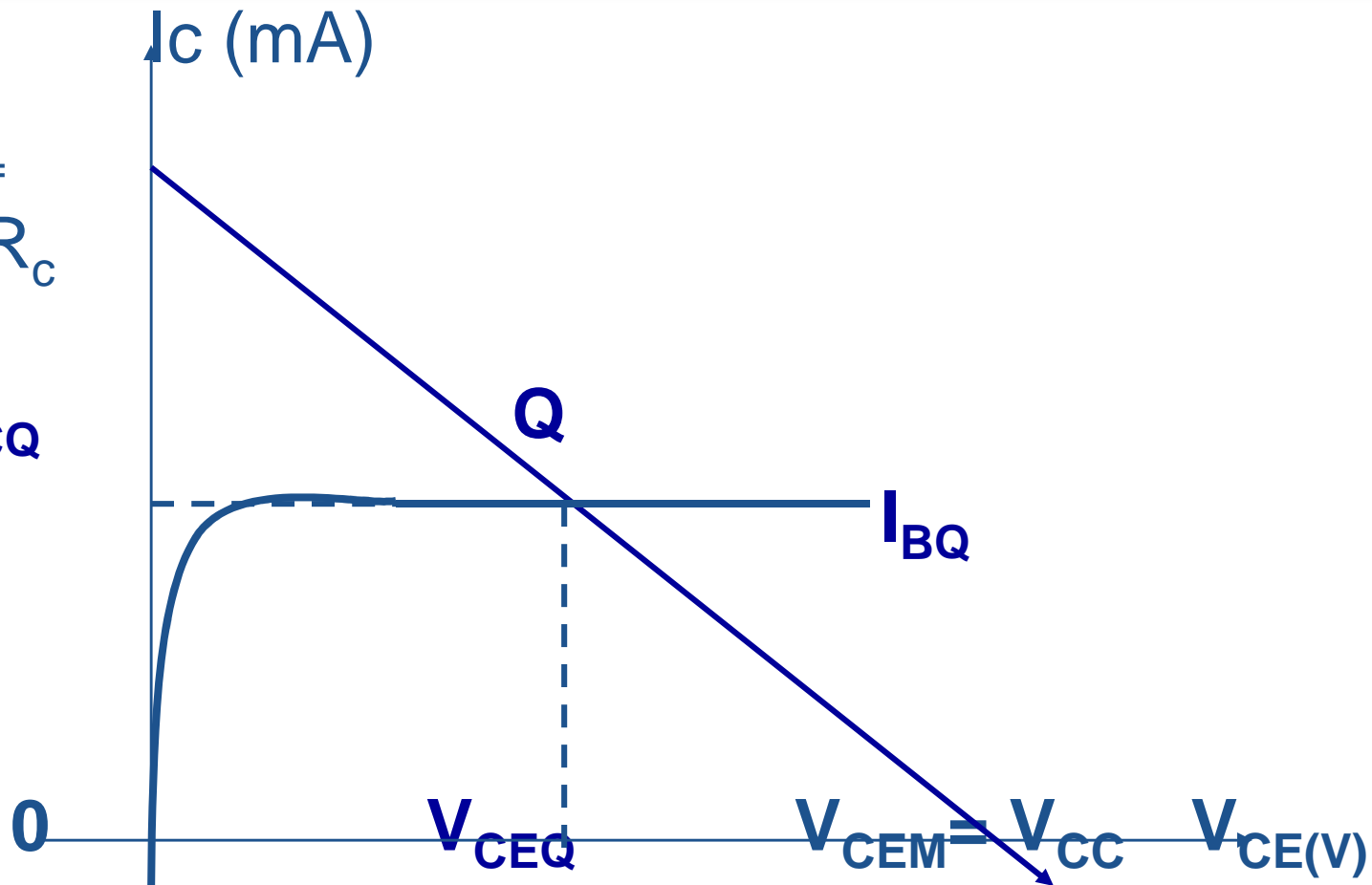
- Giao điểm đường tải tĩnh và đường phân cực  $I_B$  chọn trước cho ta trị số điểm tĩnh Q.

# ĐƯỜNG THẲNG TẢI TĨNH – DCLL

- Vẽ

$$I_{CM} = V_{CC}/R_C$$

$I_{CQ}$





# ĐƯỜNG THẲNG TẢI TĨNH – DCLL

## 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)

# ĐƯỜNG THẲNG TẢI TĨNH – DCLL

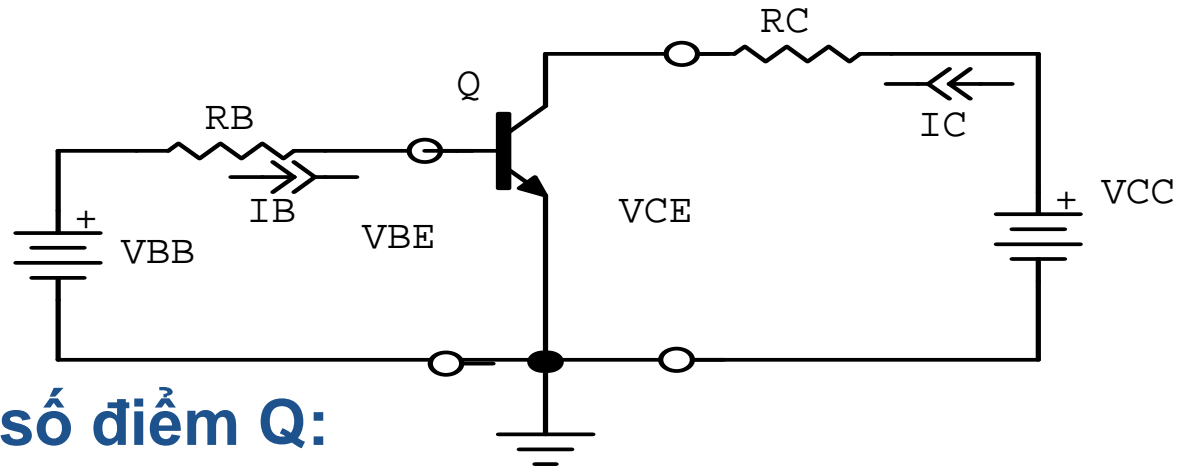
## CHÚ Ý

- 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 .



# MẠCH PHÂN CỰC CƠ BẢN

- Mạch phân cực bằng 2 nguồn cấp điện riêng:



Tính được trị số điểm Q:

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

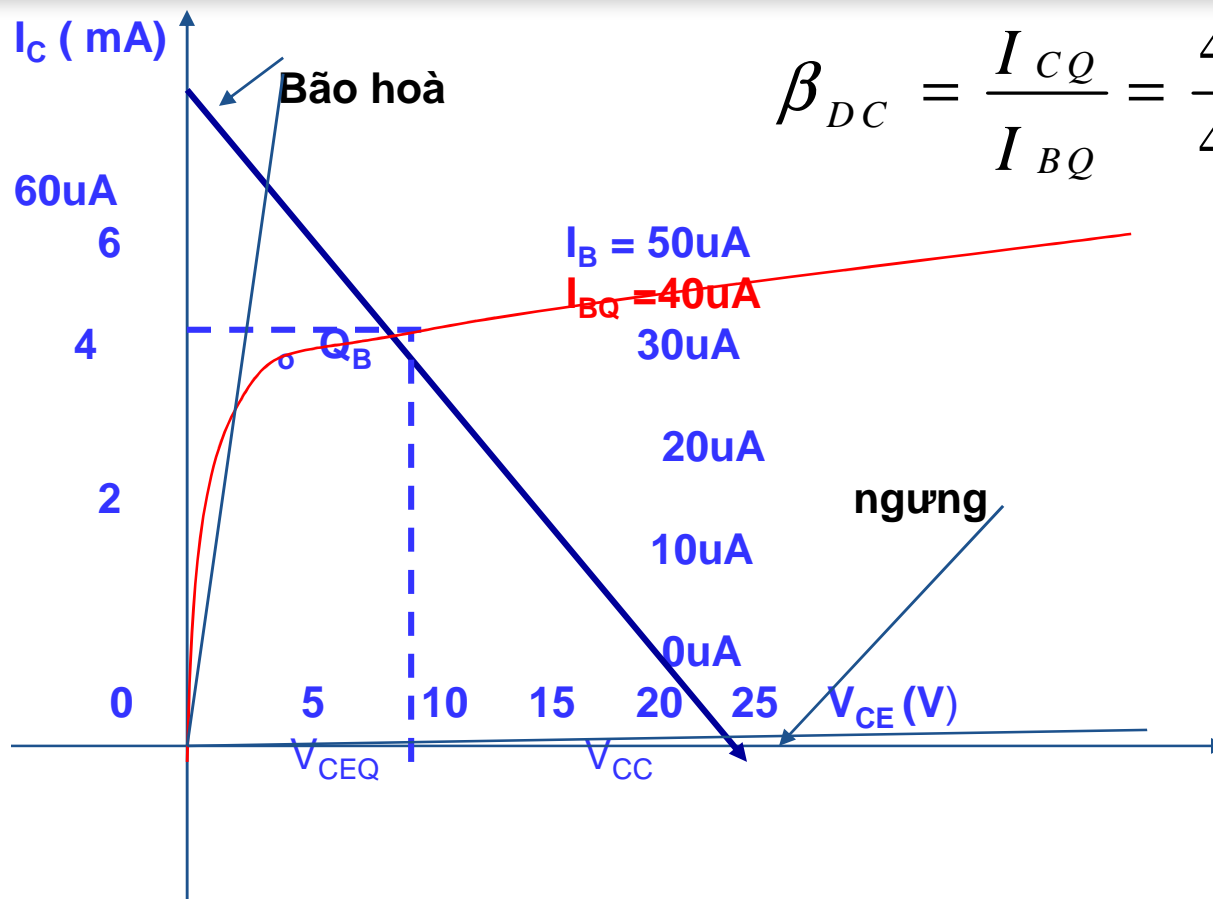
$$I_B = (V_{BB} - V_{BE}) / R_B \quad (2)$$

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

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} \quad (4) \rightarrow V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C \quad (6)$$



# MẠCH PHÂN CỰC CƠ BẢN



$$\beta_{DC} = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}} = \frac{4mA}{4\mu A} = 100$$

**Thí dụ :** Với  $V_{CC} = 18V$ ;  $R_C = 3k$  , 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 hình trên ta có:

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

- Tính được độ lợi dòng DC :

$$\beta_{DC} = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}} = \frac{4\text{mA}}{4\mu\text{A}} = 100$$

- Transistor có tính khuếch đại dòng
- Độ lợi dòng có thể tính nhanh từ đồ thị.



# Độ lợi dòng và độ lợi thế ở chế độ động

- Xét đồ thị
- Ta có:
  - Độ lợi dòng

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

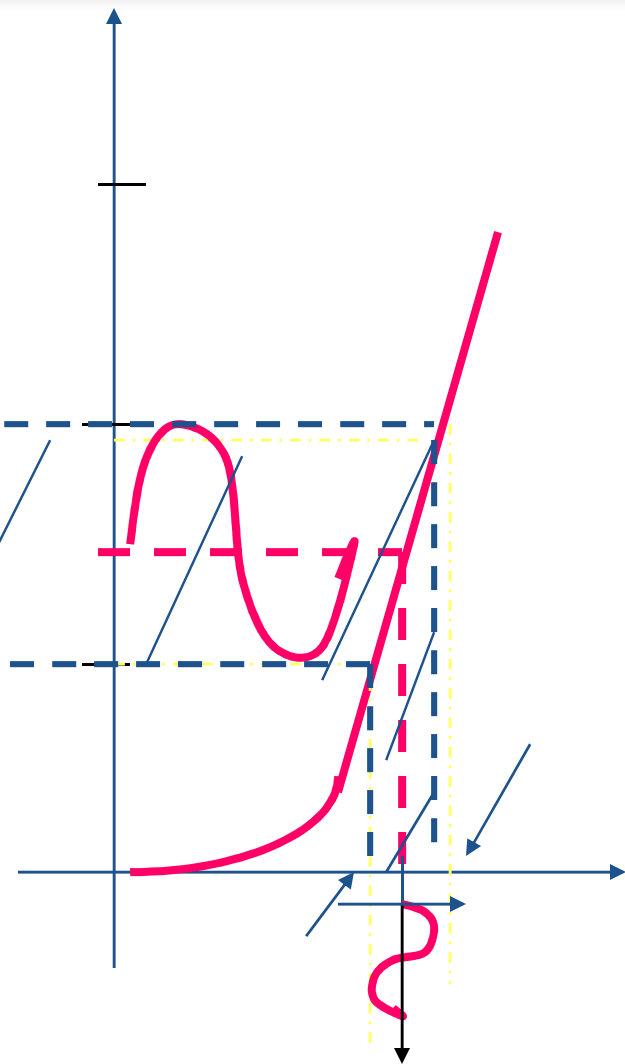
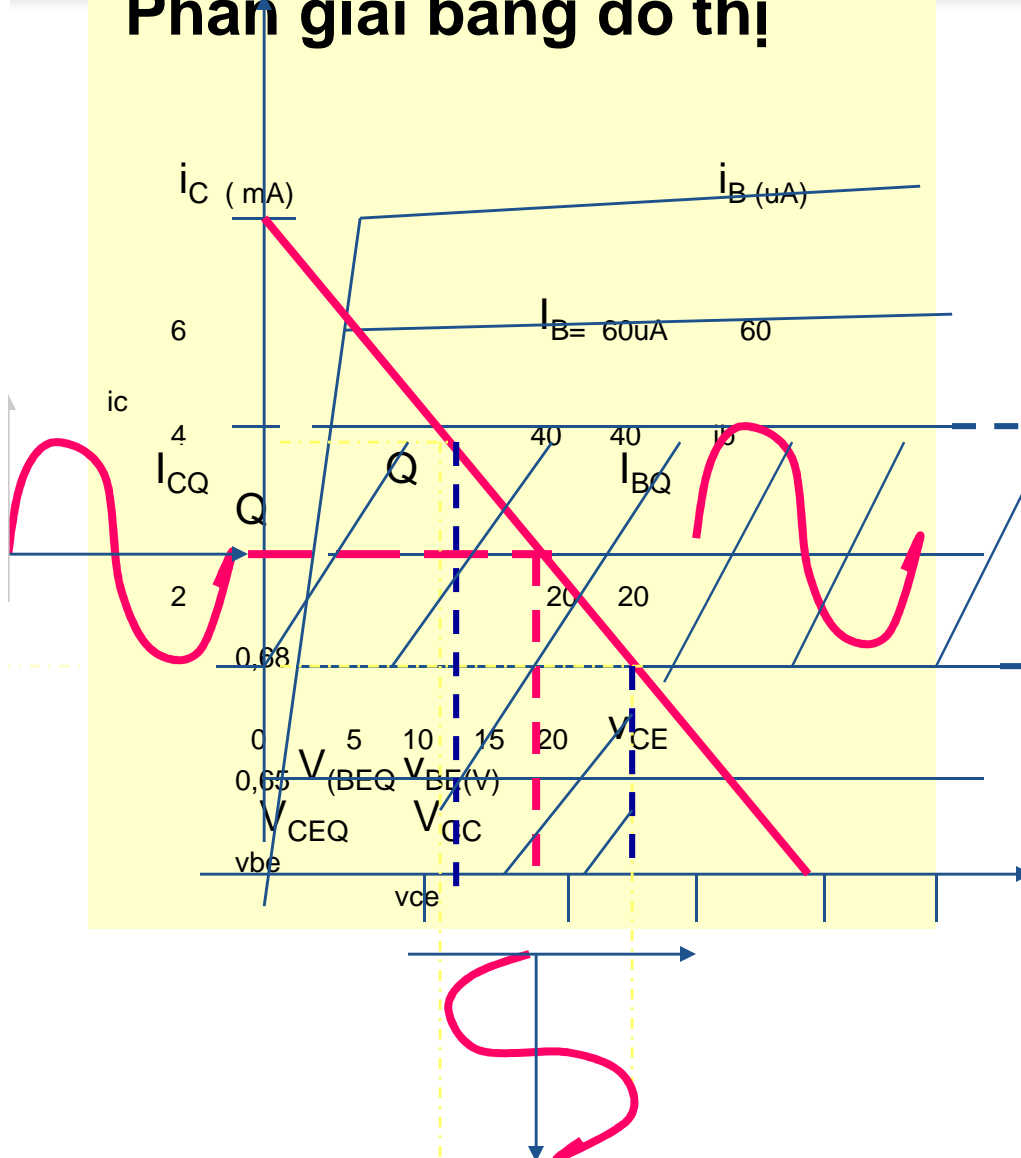
- Độ lợi thế

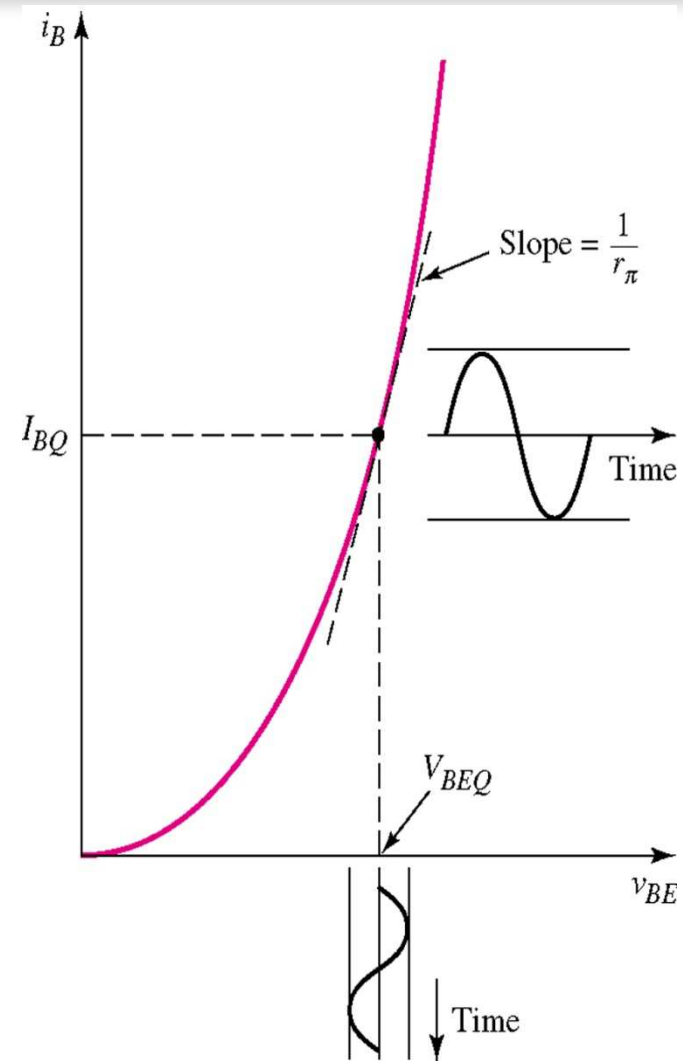
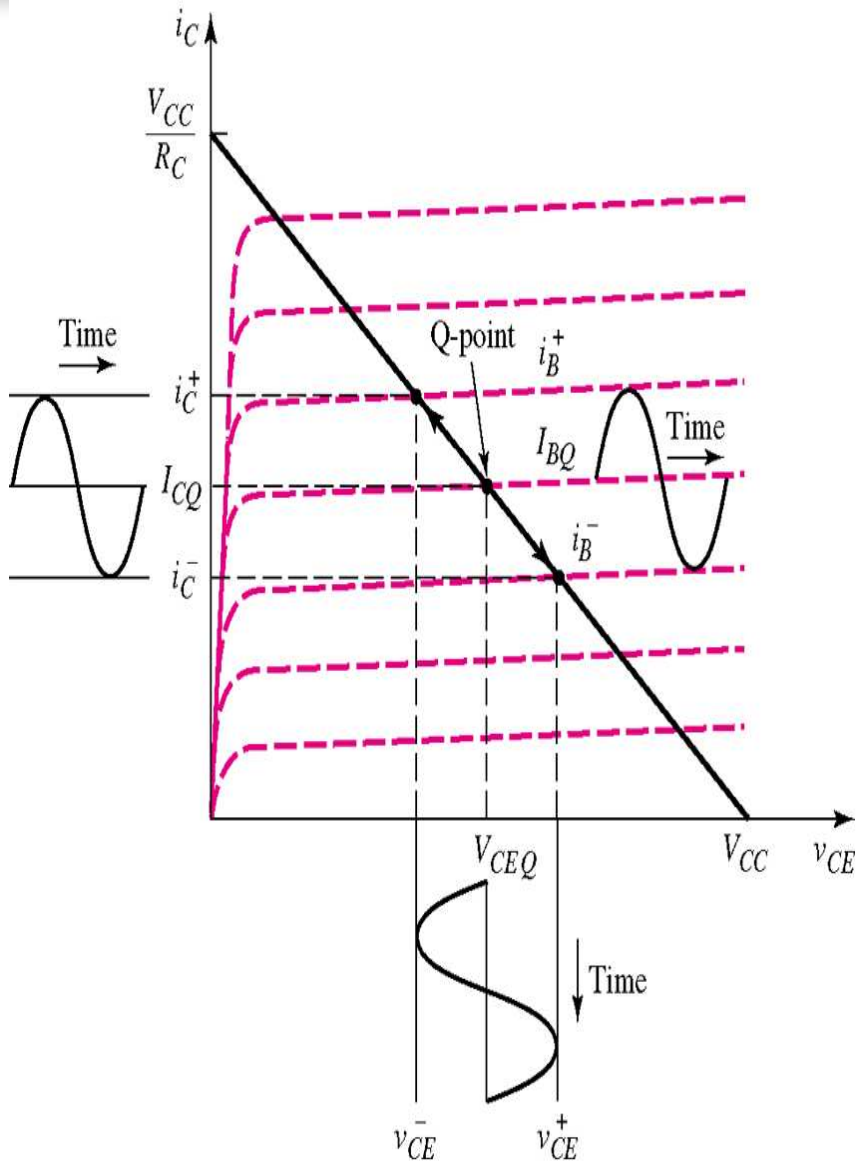
$$A_v = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{BE}} \bigg|_Q = \frac{V_{CE2} - V_{CE1}}{V_{BE2} - V_{BE1}} \bigg|_Q = \frac{6 - 12}{0,68 - 0,65} = -200$$

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

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

## Phân giải bằng đồ thị







# MẠCH PHÂN CỰC TRANSISTOR NỔI

Để Transistor hoạt động ta phải cấp điện DC cho các cực B,C,E (phân cực) để xác định điểm tĩnh điều hành Q (  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$  ).

Hai mạch transistor cơ bản:

- Khuếch đại
- Giao hoán

tùy theo dạng mạch ta có cách phân cực tương ứng theo một trong các dạng sau.



# MẠCH PHÂN CỰC CỐ ĐỊNH

## 1. Phân cực cố định

Áp dụng định luật Kirchhoff về thế ta có :

**Mạch nền - phát:**

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

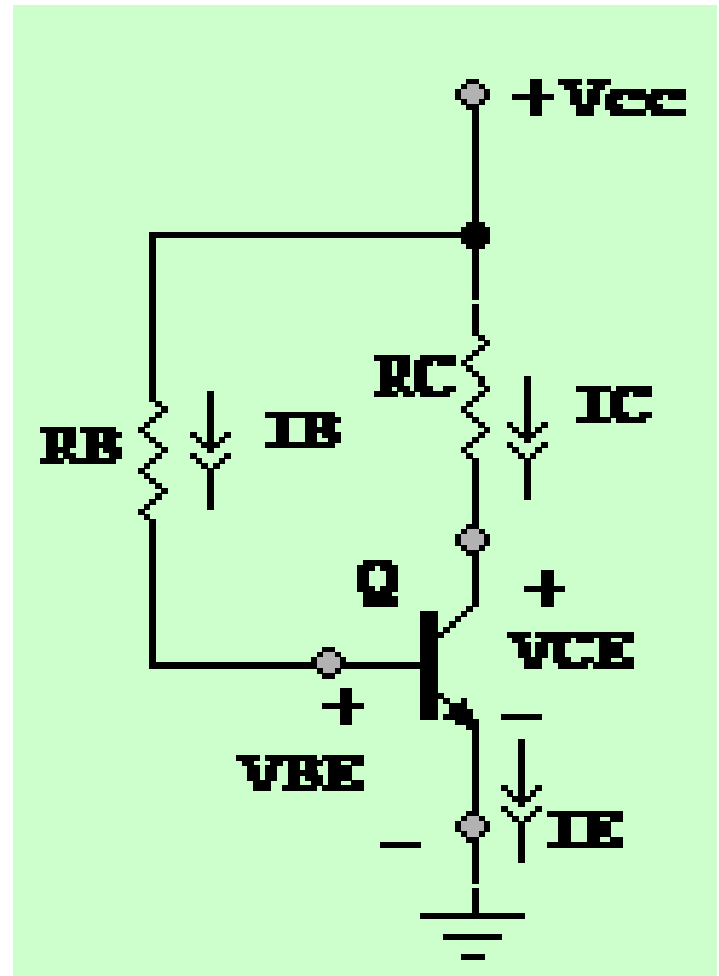
$$I_B = (V_{CC} - V_{BE}) / R_B \quad (2)$$

**Mạch thu - phát:**

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

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

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C \quad (5)$$

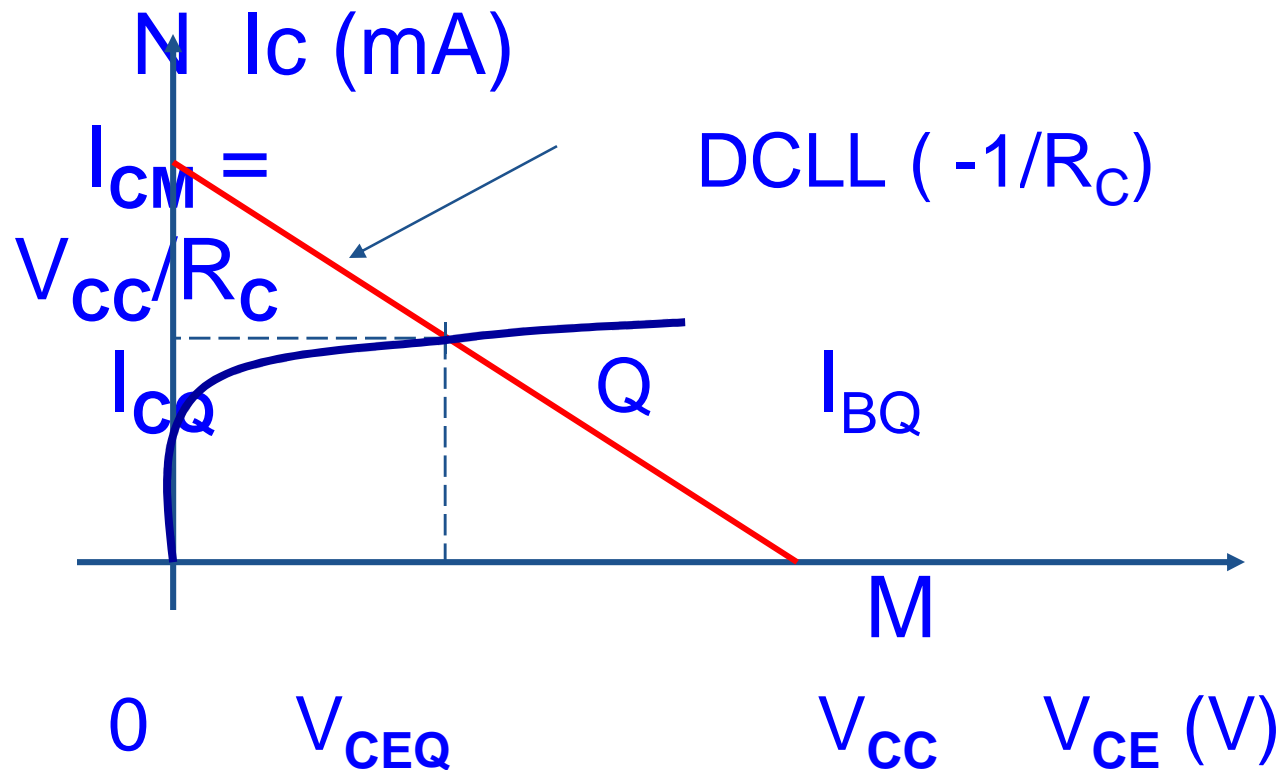




# MẠCH PHÂN CỰC CỐ ĐỊNH

- Phương trình đường tải tĩnh:

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





# MẠCH PHÂN CỰC CỐ ĐỊNH

## Thí dụ 1

- Cho mạch ở h.4.1.1 với  $V_{CC} = +5V$ ,  $R_B = 430\text{ k}$ ,  $R_C = 1\text{ k}$ ,  $\beta = 200$ ,  $V_{BE} = 0,7\text{ V}$ . Tính trị số điểm tĩnh điều hành Q.

- Giải:*

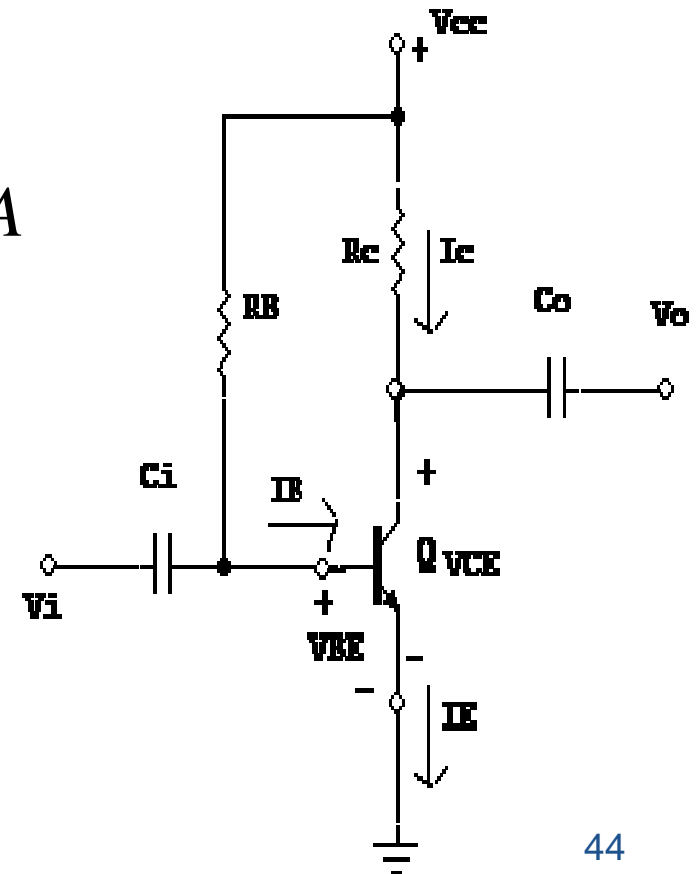
$$I_B = \frac{(5 - 0,7)V}{430k\Omega} = \frac{(5 - 0,7)V}{430 \cdot 10^3} = 10\mu A$$

$$I_C = 200(10\mu A) = 2mA$$

$$V_{CE} = 5 - (1 \cdot 10^3)(2 \cdot 10^{-3}) = 3V$$

- $P_D = V_{CEQ} I_{CQ} \rightarrow$

$$P_D = 3V(2mA) = 6\text{ mW}$$



# MẠCH PHÂN CỰC CÔ ĐỊNH CÓ ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH $R_E$

Ta có:

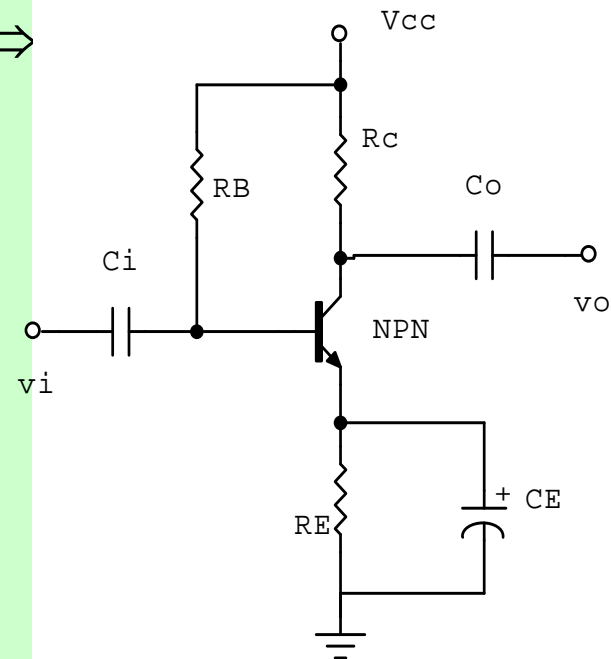
$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E = V_{BE} + I_B [R_B + (\beta + 1) R_E] \Rightarrow$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_C = \beta \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E} \cong \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta} + R_E}$$

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



Khi  $T$  tăng,  $I_C$  tăng  $\rightarrow V_E = R_E I_E$  tăng  $\rightarrow V_{BE}$  giảm  $\rightarrow I_B$  giảm  $\rightarrow I_C$  giảm lại, cân bằng lại.

# MẠCH PHÂN CỰC CÔ ĐỊNH CÓ ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH $R_E$

## Thí dụ 4:

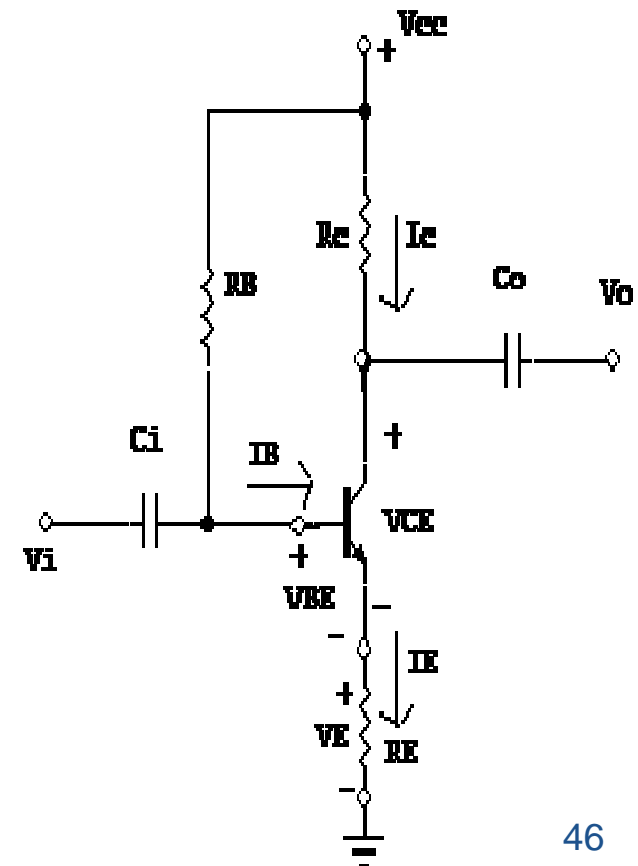
- Cho mạch như h.4.2.1 với  $V_{CC} = +12\text{ V}$ ,  $R_B = 470\text{ k}$ ,  $R_C = 2\text{ k}$ ,  $R_E = 1\text{ k}$ ,  $h_{FE} = 100$ . Tính trị số điểm tĩnh  $Q$  và  $P_D$ .
- Giải:*

$$I_{BQ} = \frac{(12 - 0,7)V}{470k\Omega + (100 + 1)1k\Omega} = 19,79\mu A \cong 20\mu A$$

$$I_{CQ} = 100(20\mu A) = 2mA$$

$$V_{CEQ} = 12V - (2 + 1)k\Omega(2mA) = 12 - 6 = 6V$$

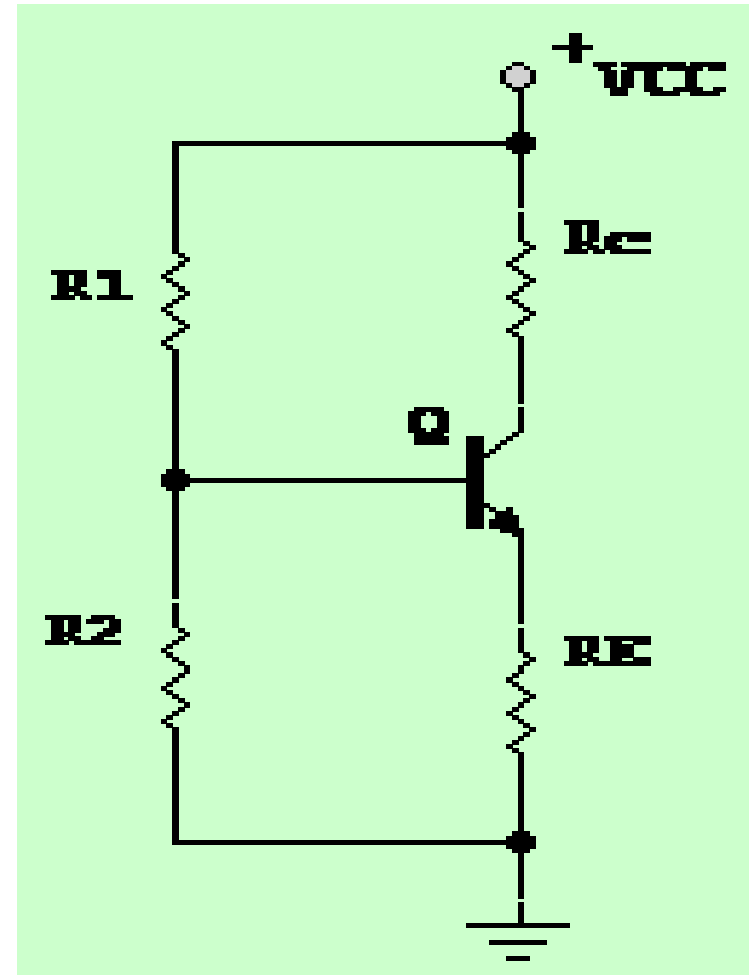
$$P_D = 6V(2mA) = 12mW$$



# MẠCH PHÂN CỰC BẰNG CẦU PHÂN THỂ VÀ ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH $R_E$

- Mạch điện:  
 $R_1$ ,  $R_2$  điện trở phân cực.  
 $R_C$  điện trở cấp điện  
 $R_E$  điện trở ổn định nhiệt .

Là mạch rất thông dụng.



# MẠCH PHÂN CỰC BẰNG CẦU PHÂN THỂ VÀ ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH $R_E$

## Mạch điện tương đương DC

- Theo định lý Thevenin:

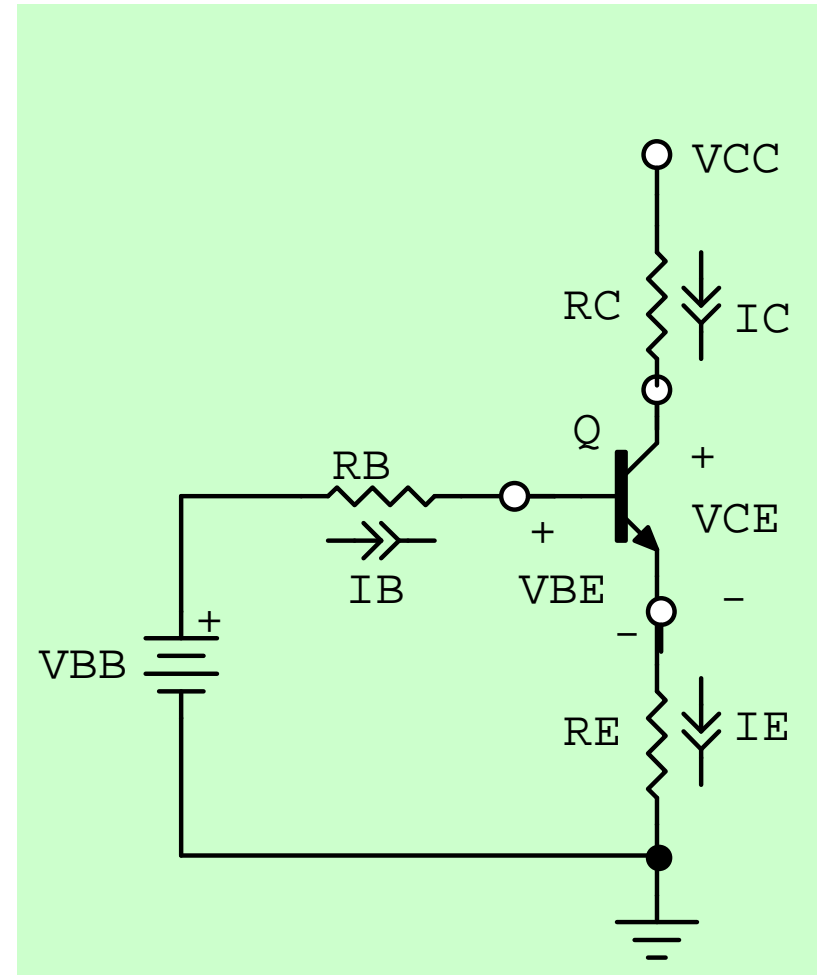
$$V_{BB} = [R_2 / (R_1 + R_2)] V_{CC} \quad (1)$$

$$R_B = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) \quad (2)$$

- Theo định lý Kirchhoff:

$$V_{BB} = R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E \quad (3)$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E} \quad (4)$$





# MẠCH PHÂN CỰC BẰNG CẦU PHÂN THỂ VÀ ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH $R_E$

- Mạch thu – phát :

$$I_C = \beta I_B = \beta \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E} \cong \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta} + R_E} \quad (5)$$

và :

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E \quad (6)$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (R_C I_C + R_E I_E) = V_{CC} - \left[ R_C + \left( \frac{\beta + 1}{\beta} \right) R_E \right] I_C \quad (7)$$

$$V_{CE} \approx V_{CC} - (R_C + R_E) I_C \quad (8)$$

Điểm tĩnh điều hành cho bởi ( 4), (5), (8)

# MẠCH PHÂN CỰC BẰNG CẦU PHÂN THỂ VÀ ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH $R_E$

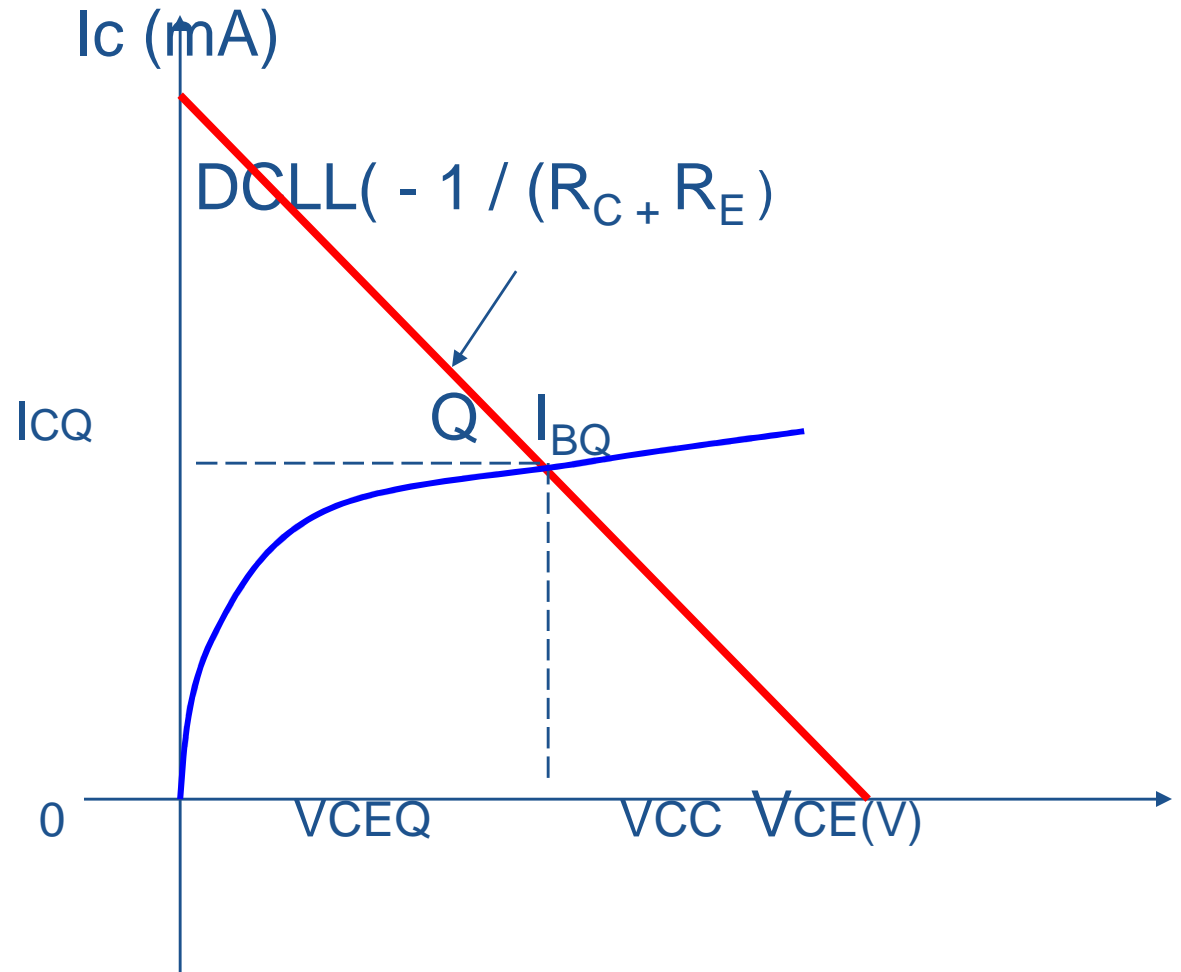
- Phương trình đường tải tĩnh:

$$I_C = -\frac{V_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

$I_{CM}$

với:

$$I_{CM} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$



# MẠCH PHÂN CỰC BẰNG CẦU PHÂN THỂ VÀ ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH $R_E$

## VAI TRÒ CỦA ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH NHIỆT $R_E$

- **Khi nhiệt độ  $T$  tăng**,  $I_{CBO}$  tăng,  $\rightarrow I_C$  tăng  $\rightarrow V_E$  tăng  $\rightarrow V_{BE} = (V_{BB} - V_E)$  giảm  $\rightarrow I_B$  giảm  $\rightarrow I_C$  giảm lại để chống lại sự gia tăng nói trên, giữ Transistor không hư.
- Cách mắc  $R_E$  được gọi là mạch **hồi tiếp âm** để làm mạch ổn định và cải tiến các đại lượng khác tốt hơn( dải thông, tổng trở, nhiều, biến dạng).

# MẠCH PHÂN CỰC BẰNG CẦU PHÂN THỂ VÀ ĐIỆN TRỞ ỔN ĐỊNH $R_E$

## Thí dụ 5

- Cho mạch hình H.4.1.4a có :  $V_{CC} = 12\text{ V}$ ,  $R_1 = 56\text{ k}$ ,  $R_2 = 10\text{ k}$ ,  $R_C = 2,5\text{ k}$ ,  $R_E = 500\Omega$ . Tính trị số điểm tĩnh Q và nhận xét.

- Giải:**

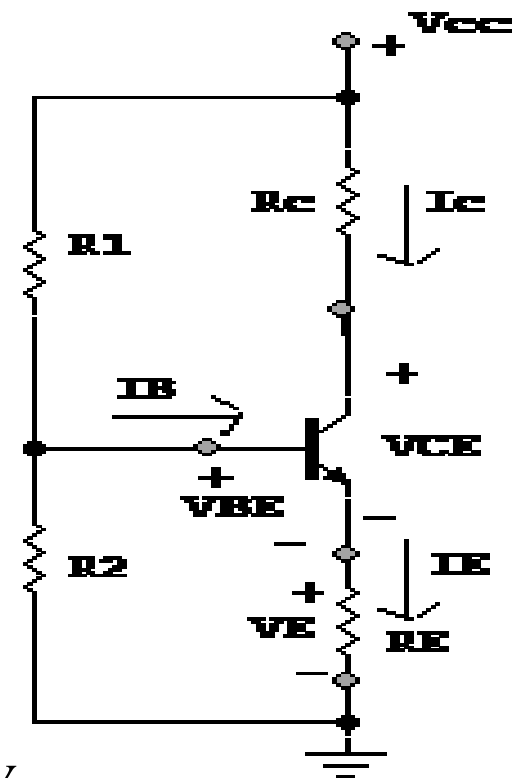
$$V_{BB} = \frac{56(10)}{56+10} 12\text{V} = 1,8\text{V}$$

$$R_B = \frac{56(10)}{56+10} = 8,48\text{k}\Omega \cong 8,5\text{k}\Omega$$

$$I_{BQ} = \frac{(1,8 - 0,7)\text{V}}{[8,5 + 101(0,5)]\text{k}\Omega} = 18,65\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = 100(18,65\mu\text{A}) = 1,865\text{mA}$$

$$V_{CEQ} = 12\text{V} - (2,5 + 0,5)\text{k}\Omega (1,865\text{mA}) = 6,4\text{V}$$



# PHÂN CỰC BẰNG ĐIỆN TRỞ CỰC THU-NỀN

- Mạch điện thu-nền:

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

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

và :

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

Mạch thu – phát:

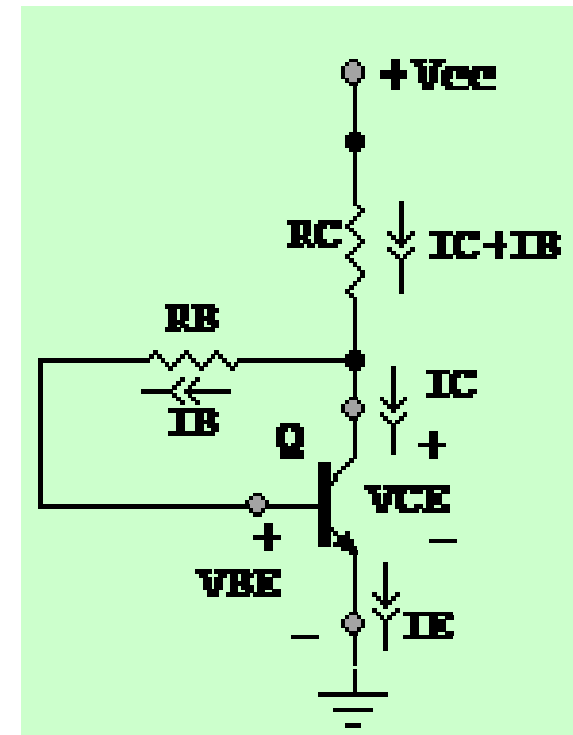
$$V_{CC} = R_C (I_C + I_B) + V_{CE} \quad (4)$$

$$V_{CE} = V_C = V_{CC} - R_C (I_C + I_B) \quad (5)$$

Chú ý : Trong (1) nếu chưa biết  $V_C$  thì phải tính từ

$$V_{CC} = R_C (I_C + I_B) + R_B I_B + V_{BE} \quad (1')$$

$$I_B = (V_{CC} - V_{CE}) / [R_B + (\beta + 1)R_C] \quad (2')$$

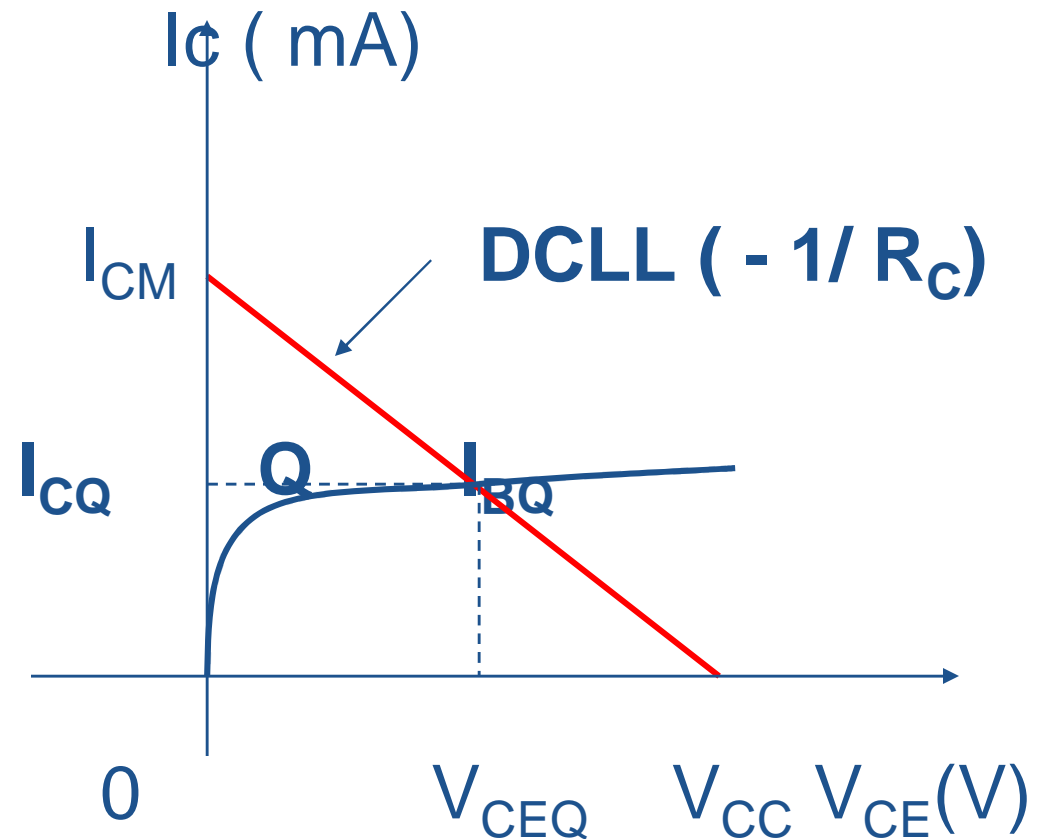


# PHÂN CỰC BẰNG ĐIỆN TRỞ CỰC THU-NỀN

- Phương trình DCLL:

$$I_C = -\frac{V_{CE}}{R_C} + \frac{V_{CC}}{R_C}$$

- $I_{CM} = V_{CC} / R_C$
- $V_{CEM} = V_{CC}$



# PHÂN CỰC BẰNG ĐIỆN TRỞ CỰC THU-NỀN

## Vai trò của điện trở hồi tiếp $R_B$

- Để có được sự ổn định nhiệt độ tốt hơn, cần kết hợp cả 2 điện trở  $R_B$  và  $R_E$  ( xét ở đoạn sau).
- Khi nhiệt độ  $T$  tăng  $\rightarrow I_C$  tăng  $\rightarrow V_{CE}$  giảm  $\rightarrow V_B$  giảm  $\rightarrow I_B$  giảm  $\rightarrow I_C$  giảm chống lại sự gia tăng trên, làm mạch ổn định nhiệt độ.
- Đây là loại mạch thường sử dụng ở các mạch tiền khuếch đại Micro( máy vi âm)

# PHÂN CỰC BẰNG ĐIỆN TRỞ CỰC THU-NỀN

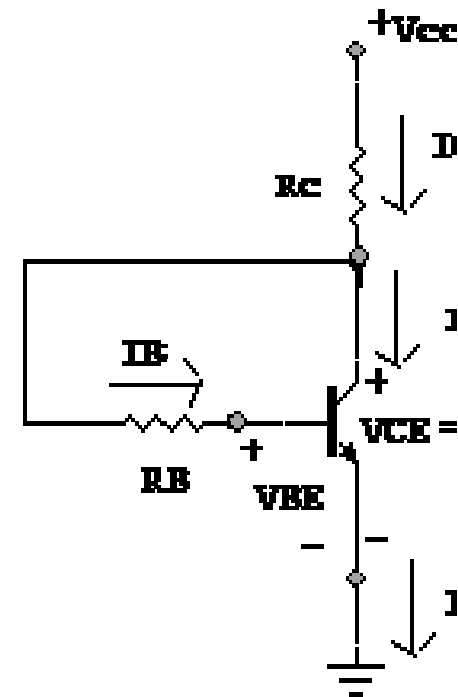
## Thí dụ 7:

- Cho mạch theo H.4.1.6 với  $V_{CC} = 9V$ ,  $R_C = 1k\Omega$ ,  $R_B = 39k\Omega$ . Tính Q.
- **Giải:**

$$I_B = \frac{(9 - 0,7)V}{(39 + 51)k\Omega} = 92,23\mu A$$

$$I_C = 50(92,23\mu A) = 4,61mA$$

$$V_{CE} = 9V - 1k\Omega(4,61mA) = 4,4V$$





# PHÂN CỰC BẰNG ĐIỆN TRỞ HỒI TIẾP $R_B$ VÀ $R_E$

- Mạch thu - nền :

$$V_{CC} = R_C(I_C + I_B) + R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E \quad (1)$$

$$= R_C(\beta + 1) + R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E$$

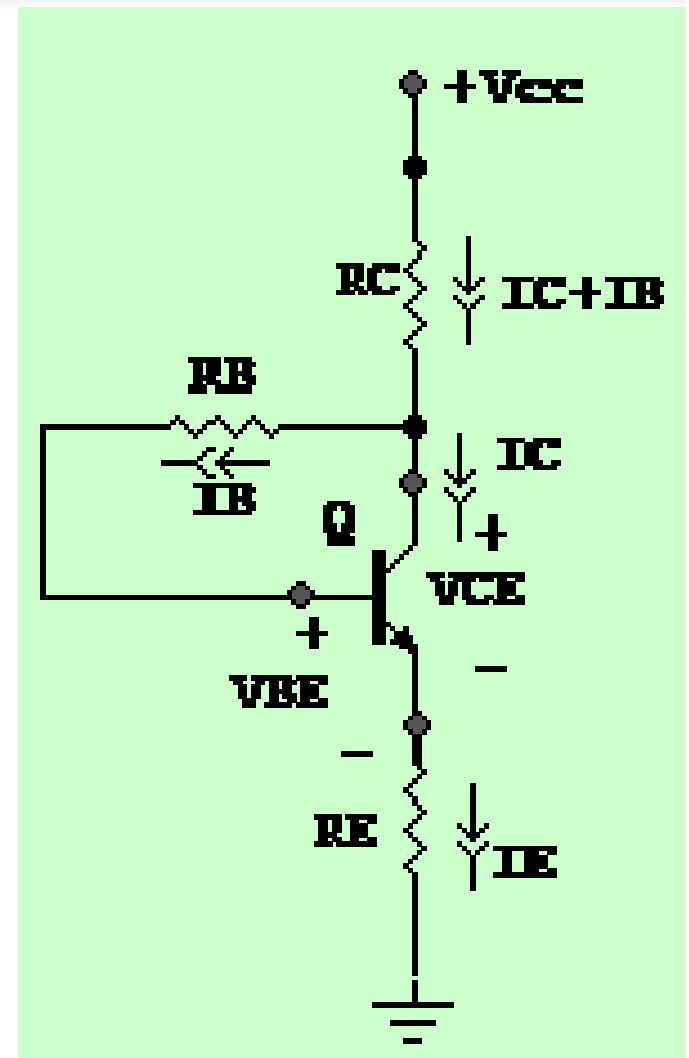
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)(R_C + R_E)}$$

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

- Mạch thu – phát:

$$V_{CC} = R_C(I_C + I_B) + V_{CE} + R_E I_E$$

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

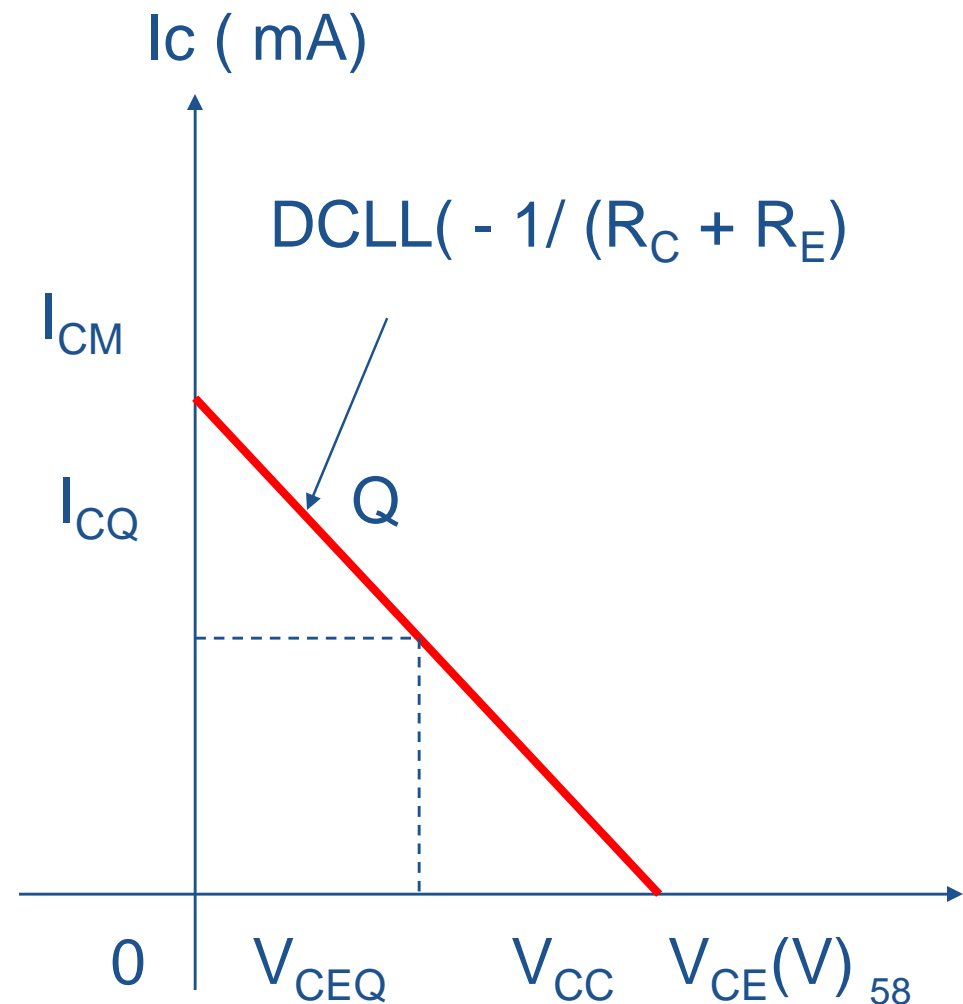


# PHÂN CỰC BẰNG ĐIỆN TRỞ HỒI TIẾP $R_B$ VÀ $R_E$

- Phương trình DCLL:

$$I_C = -\frac{V_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

- $I_{CM} = V_{CC} / (R_C + R_E)$
- $V_{CEM} = V_{CC}$



# PHÂN CỰC BẰNG ĐIỆN TRỞ HỒI TIẾP $R_B$ VÀ $R_E$

## Thí dụ 8

- Cho mạch phân cực theo H. 4.1.7 với  $V_{CC} = 10V$ ,  $R_C = 4,7k\Omega$ ,  $R_B = 250k$ ,  $R_E = 1,2k$ . Tính trị số điểm tĩnh  $Q$  khi  $\beta = 90$  và  $\beta = 135$  ( thay ñoải 50%).

- *Giải:*

a. Với  $\beta = 90$  cho:

$$I_{CQ} = \frac{90(10 - 0,7)V}{[250 + 91(4,7 + 1,2)]k\Omega} = 90(11,81\mu A) = 1,063mA$$

$$V_{CEQ} = 10V - (4,7 + 1,2)k\Omega(1,063mA) = 10 - 6,271 = 3,729V$$

b. Với  $\beta = 135$  cho:

# PHÂN CỰC BẰNG ĐIỆN TRỞ HỒI TIẾP $R_B$ VÀ $R_E$

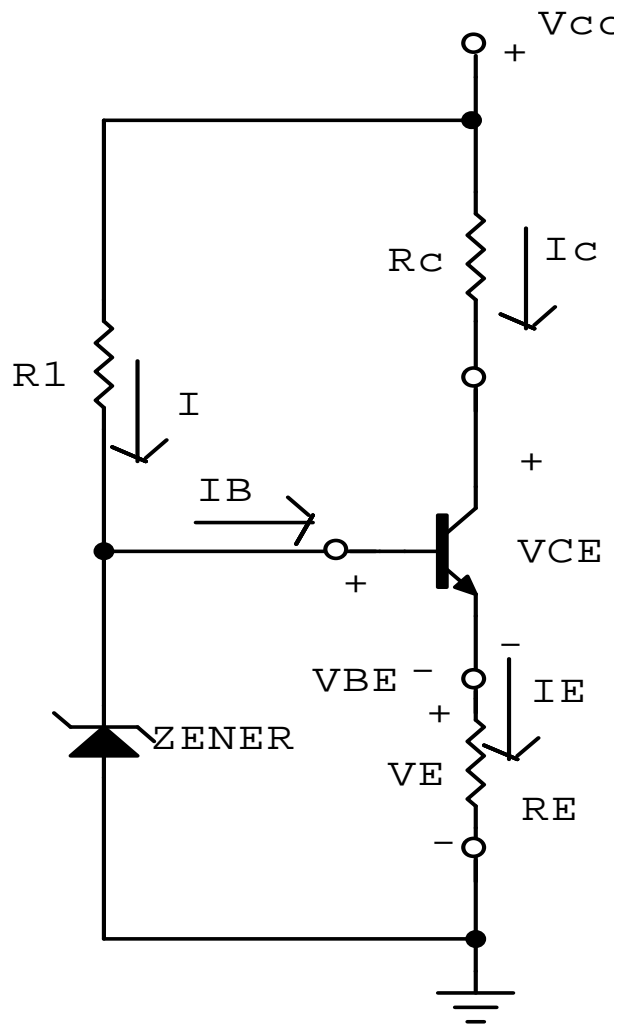
- Với  $\beta = 135$

$$I_{CQ} = \frac{135(10 - 0,7)V}{[250 + 136(4,7 + 1,2)]k\Omega} = 135(8,9\mu A) = 1,2mA$$

$$V_{CEQ} = 10V - (4,7 + 1,2)k\Omega(1,2mA) = 10 - 7,08 = 2,92V$$

$\beta$	=90	=135	tăng 50%
$I_{CQ}$	1,063 mA	1,2 mA	tăng 12,88%
$V_{CEQ}$	3,729V	2,92V	giảm 21,69%

# PHÂN CỰC BẰNG NGUỒN ỔN DÒNG



- Ta có:

$$V_Z = V_{BE} + R_E I_E$$

hay:

$$I_C \cong I_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_E} = \frac{V_Z}{R_E} = I_{S.}$$

# PHÂN CỰC BẰNG NGUỒN ỒN DÒNG

Hoặc mạch

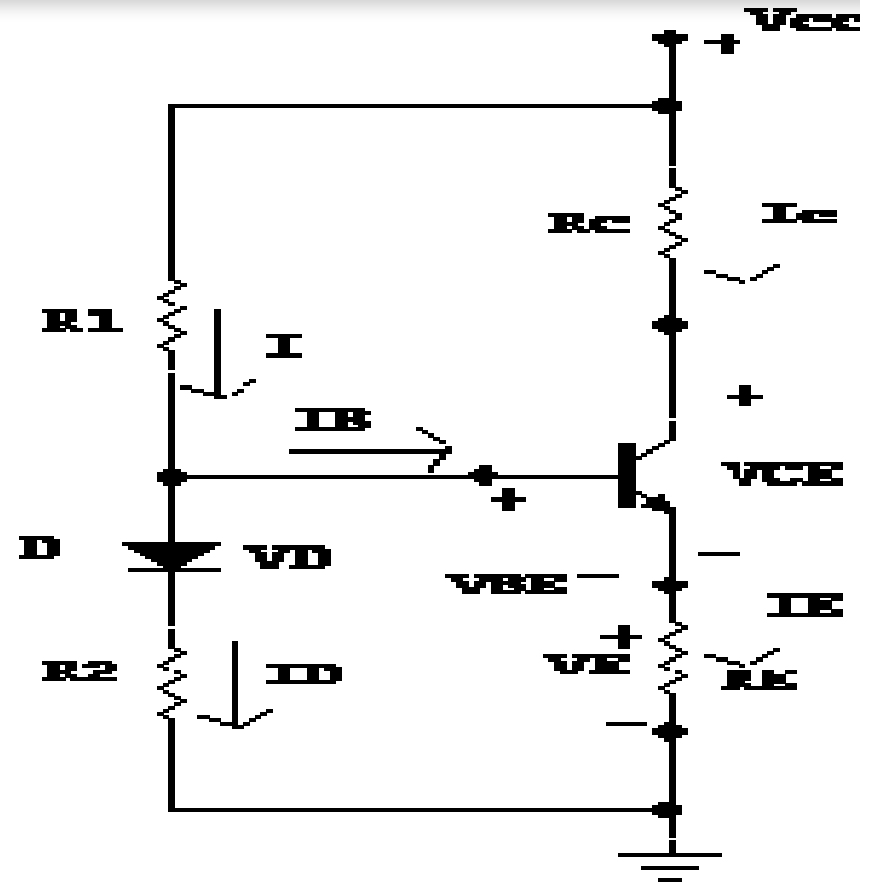
- Ta có:

$$-R_2 I_D + V_D + V_{BE} + R_E I_E = 0$$

$$I_E = \frac{V_D - V_{BE} + R_2 I_D}{R_E}$$

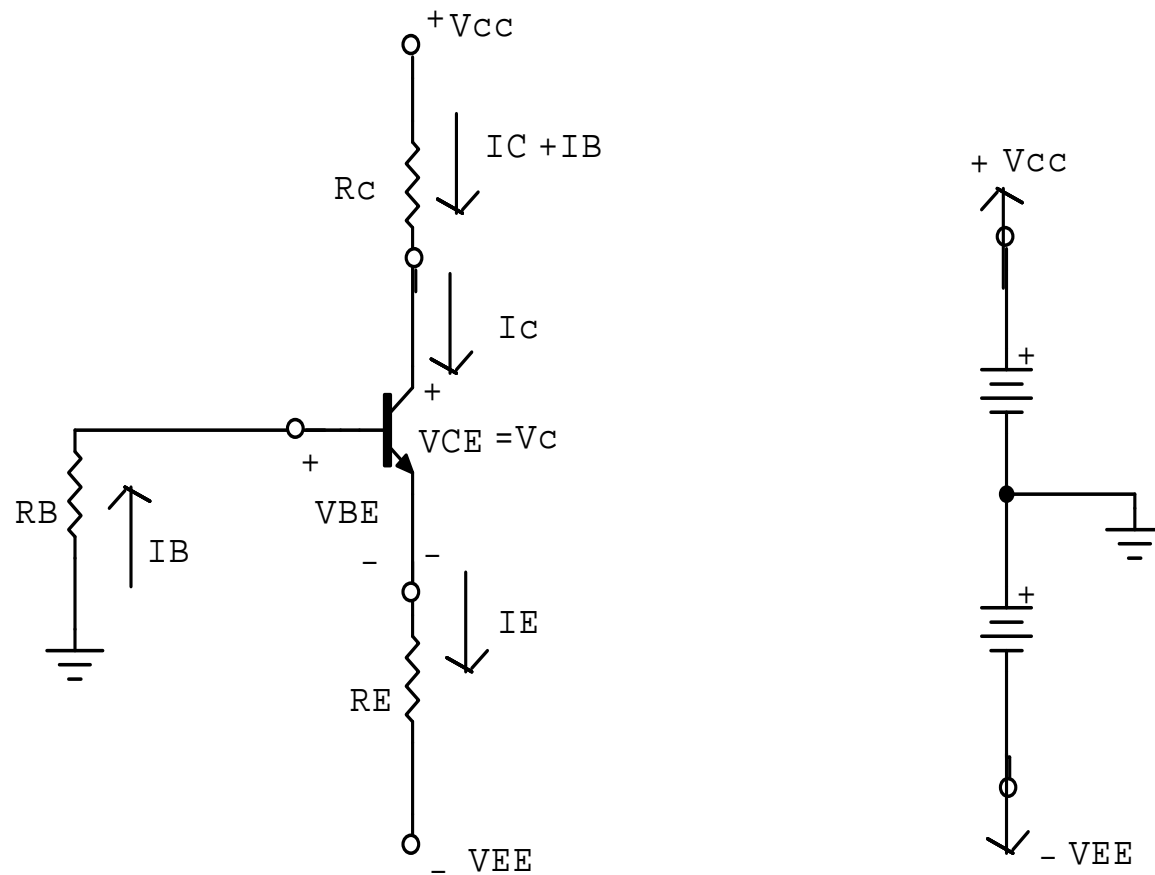
- Do  $V_{BE} = V_D$
- Cho:

$$I_E = \frac{R_2 I_D}{R_E} = \frac{V_{R2}}{R_E} = h.s.$$



# PHÂN CỰC BẰNG HAI NGUỒN

- Ta có mạch:



# PHÂN CỰC BẰNG HAI NGUỒN

Xét mạch sau:

1. Mạch nền phát cho (với  $I_B = 0$ )

$$R_B I_B + V_{BE} + I_E R_E - V_{EE} = 0$$

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

2. Mạch thu phát cho:

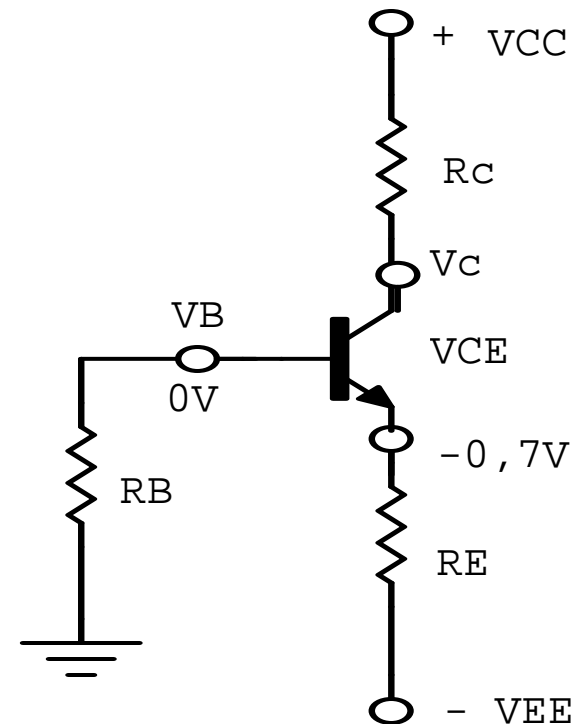
$$V_{CC} - (-V_{EE}) = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

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

Cũng có thể tính nhanh:

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C$$

$$V_{CE} = V_C + 0,7V$$





# PHÂN CỰC BẰNG HAI NGUỒN

- Ta có:

$$R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E - V_{EE} = 0$$

- Dòng  $I_B \ll I_C$ :

$$V_{BE} + R_E I_E - V_{EE} = 0$$

- Cho dòng điện :

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} = I_o = I_S$$

- Và:

$$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} + R_C I_C - V_{EE} = 0$$

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

# PHÂN CỰC BẰNG HAI NGUỒN

- **Thí dụ:** Cho mạch có:  $V_{CC} = 10\text{ V}$ ,  $V_{EE} = -10\text{ V}$ .  
 $R_C = 1,2\text{ k}$ ,  $R_E = 1,5\text{ k}$  với  $50 < \beta < 200$ . Tính trị số điểm tĩnh Q.

- **Giải:**
$$I_E = \frac{(10 - 0,7)V}{1,5k\Omega} = 6,2\text{mA}$$
$$V_{CE} = [10 + 10]V - (1,2 + 1,5)k\Omega(6,2\text{mA}) = 3,26V$$

- **Hoặc tính từ:**
$$V_C = 10V - 1,2k\Omega(6,2\text{mA}) = 2,56V$$
$$V_E = -V_{BE} = -0,7V$$
$$V_{CE} = V_C - V_E = 2,56 - (-0,7) = 3,26V$$

# Hệ số ổn định nhiệt trong mạch phân cực bằng cầu phân thể và $R_E$

- Ta có:

$$\begin{aligned} V_{BB} &= R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E = R_B I_B + V_{BE} + R_E (I_B + I_C) = \\ &= V_{BE} + R_B I_B + R_E I_C + R_E I_B = V_{BE} + (R_B + R_E) I_B + R_E I_C \end{aligned} \quad (1)$$

$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CBO} \quad (2).$$

Thay (2) vào (1):

$$V_{BB} = (R_B + R_E) \left[ \frac{I_C}{\beta} - \left( \frac{\beta + 1}{\beta} \right) I_{CBO} \right] + V_{BE} + R_E I_C$$

hay:

$$\beta (V_{BB} - V_{BE}) = (R_B + R_E) I_C - (R_B + R_E) (\beta + 1) I_{CBO} + \beta R_E I_C$$

# Hệ số ổn định nhiệt trong mạch phân cực bằng cầu phân thể và $R_E$

- Sắp xếp lại:

$$\beta(V_{BB} - V_{BE}) = (R_B + (\beta + 1)R_E)I_C - (R_B + R_E)(\beta + 1)I_{CBO}$$

Hay: 
$$I_C = \frac{\beta(V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta + 1)R_E} + \frac{(\beta + 1)(R_B + R_E)}{R_B + (\beta + 1)R_E} I_{CBO}$$

Tính được:

$$S_I = \frac{\partial I_C}{\partial I_{CBO}} = \frac{(\beta + 1)(R_B + R_E)}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

Do :  $(\beta + 1)R_E \approx R_B$  nên:

$$S_I = \frac{(R_B + R_E)}{R_E} = 1 + \frac{R_B}{R_E}$$

$S_I$  càng nhỏ mạch càng ổn định ( 1- 11),  $S_I = 11$  là trị số tối ưu.

# Hệ số ổn định nhiệt trong mạch phân cực bằng cầu phân thể và $R_E$

- Tương tự: 
$$S_V = \frac{-\beta}{R_B + (\beta + 1)R_E} \approx -\frac{1}{R_E}$$

$$S_\beta = \frac{\partial I_C}{\partial \beta} = \frac{(R_B + R_E)(V_{BB} - V_{BE}) + \beta R_B I_{CBO}}{[R_B + (\beta + 1)R_E]^2}$$

- Vì trong công thức vẫn còn chứa cả  $I_{CBO}$ ,  $V_{CE}$ , và nên ta có thể tính theo cách sau:

$$I_C \left[ \frac{R_B + (\beta + 1)R_E}{\beta} \right] = (V_{BB} - V_{BE}) + (R_B + R_E)(\beta + 1)I_{CBO}$$

Suy ra: 
$$I_{C2} \left( \frac{R_B + (\beta_2 + 1)R_E}{\beta_2} \right) = I_{C1} \left( \frac{R_B + (\beta_1 + 1)R_E}{\beta_1} \right)$$

$$\frac{I_{C2}}{I_{C1}} = \frac{R_B + (\beta_2 + 1)R_E}{R_B + (\beta_1 + 1)R_E} \left( \frac{\beta_2}{\beta_1} \right)$$

# Hệ số ổn định nhiệt trong mạch phân cực bằng cầu phân thể và $R_E$

- Do đó:

$$I_C \left( \frac{R_B + (\beta + 1) R_E}{\beta} \right) = (V_{BB} - V_{BE}) + (R_B + R_E) I_{CBO}$$

- Hay:

$$\frac{\Delta I_C}{I_{C1}} = \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{C1}} = \frac{R_B(\beta_2 - \beta_1) + (\beta_2 - \beta_1) R_E}{[R_B + (\beta_2 + 1) R_E] \beta_1} = \frac{(R_B + R_E) \Delta \beta}{[R_B + (\beta_2 + 1) R_E] \beta_1}$$

$$S_\beta = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \frac{(R_B + R_E)}{[R_B + (\beta_2 + 1) R_E]} = \frac{I_{C1} S_I (I_{C02})}{\beta_1 (\beta_2 + 1)}$$

- Chú ý :** Do cách tính các hệ số ổn định phức tạp ,nên ta chỉ xét hệ số  $S_I$  của mạch trên . Khi đã giải quyết  $S_I$  tốt thì các sự ổn định khác tương đối được giải quyết.



**Thí dụ 1:** Cho mạch ở hình H.4.1.4a có các trị số sau:  $V_{CC} = 12V$ ,  $R_1 = 56\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_C = 2,5\text{ k}\Omega$ ,  $R_E = 500\text{ }\Omega$ ,  $\beta = 100$   
Tính trị số  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_E$ ,  $V_C$ ,  $V_E$ , và  $V_{CE}$ ,  $V_{CB}$ .

**Giải:** Lần lượt tính được

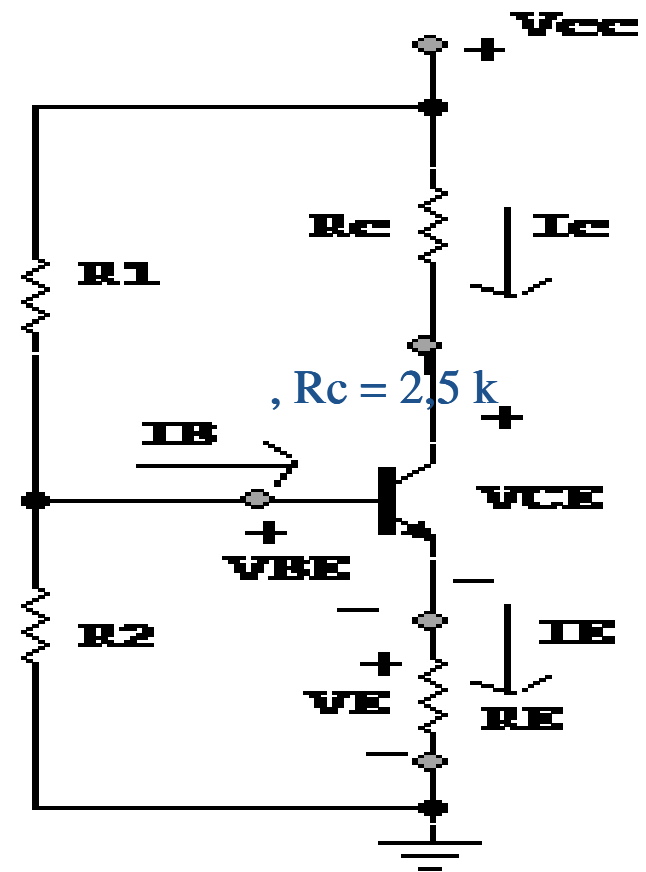
$$V_{BB} = \frac{56(10)}{56+10} 12V = 1,8V$$

$$R_B = \frac{56(10)}{56+10} = 8,48\text{ k}\Omega \cong 8,5\text{ k}\Omega$$

$$I_{BQ} = \frac{(1,8 - 0,7)V}{[8,5 + 101(0,5)]\text{ k}\Omega} = 18,65\mu A$$

$$I_{CQ} = 100(18,65\mu A) = 1,865\text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 12V - (2,5 + 0,5)\text{ k}\Omega(1,865\text{ mA}) = 6,4V$$





- Ta có thể tính các trị số như sau:

$$I_E = (\beta + 1) I_B = 101(18,65\mu A) = 1,883mA$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 12V - 2,5k\Omega(1,865\mu A) = 12V - 4,663V \\ = 7.337V$$

$$V_E = R_E I_E = 0,5k\Omega(1,883mA) = 0,941V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 7.337V - 0,941V = 6,396V = 6,4V$$

$$V_{CB} = V_C - V_B = 7,337V - 1,8V = 5.537$$

- **Nhận xét:** Mạch hoạt động tốt, vì có:
  - Nối BE phân cực thuận
  - Nối CB phân cực nghịch
  - Điểm điều hành gần trung điểm đường thẳng tải tĩnh





**Thí dụ 2:** Cho mạch khuếch đại theo h. Transistor có  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $\beta = 90$ . Tính:

1. Trị số  $I_B, I_C, I_E, V_C, V_E, V_{CE}, V_{CB}$
2. Trị số  $R_i, A_v, A_i, R_o$

**Giải**

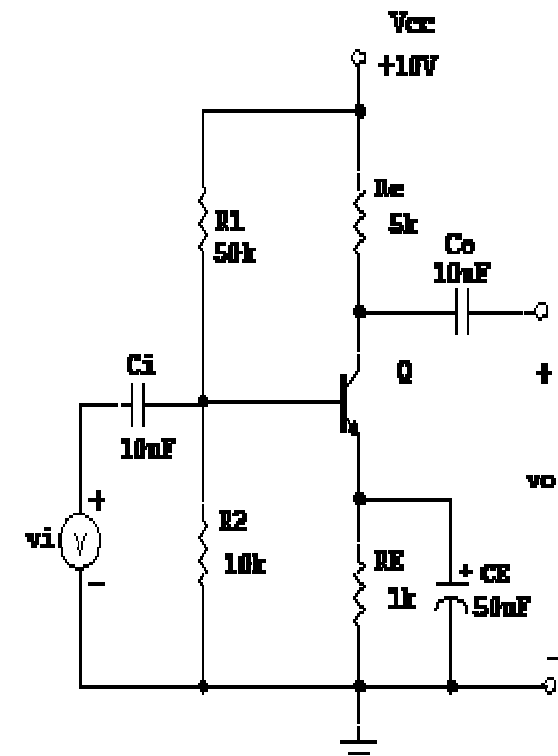
1. Tính trị Q

$$V_{BB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{10}{50 + 10} 10V = 1,67V$$

$$R_{BB} = R_1 \parallel R_2 = \frac{50(10)}{50 + 10} k\Omega = 8,4k\Omega$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{1,67 - 0,7}{8,4 + 151(1)} A = \frac{0,93V}{143,65k\Omega} = 5,83\mu A =$$

$$I_C = \beta I_B = 150(5,83\mu A) = 0,875mA$$



$$S_i = 1 + (8,4/1) = 9,4$$



$$I_E = (\beta + 1) I_B = 151(5,83\mu A) = 0,88mA$$

$$V_E = R_E I_E = 1k\Omega(0,88mA) = 0,88V$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 10V - 5k\Omega(0,875mA) = 10V - 4,375 = 5,625V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 5,625 - 0,88 = 4,745V = 4,75V$$

$$V_{CB} = V_C - V_B = 5,625 - 1,67 = 3,956V = 4V$$

Ta có thể tính  $V_{CE}$  theo cách sau:

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - (R_C + R_E) I_C = 10V - (0,875mA)(5+1)k\Omega = \\ &= 10 - 5,25 = 4,75V \end{aligned}$$

**Nhận xét:**

- Mạch có  $V_{BE} > 0$  nối nền – phát phân cực thuận và  $V_{CB} > 0$  hay  $V_{BC} < 0$  nối thu nền phân cực nghịch, Transistor hoạt động trong vùng tác động:
- Điểm tĩnh điều hành Q gần như trung điểm đường thẳng tải, nên transistor khuếch đại tuyến tính
- $S_I = 9,4$  transistor ổn định nhiệt tốt

