



Bản sơ thảo

## BÀI GIẢNG CÂU KIỆN ĐIỆN TỬ

### CHƯƠNG 3

# Transistor lưỡng cực BJT (Bipolar Junction Transistor)

**GV: GVC-TS. Trần Anh Vũ**

Khoa Điện tử

Trường Điện - Điện tử

Email: vu.trananh@hust.edu.vn

# Giới thiệu

## Bản so

- Transistor là gì: một linh kiện 3 cực mà điện áp/dòng điện và/hoặc công suất đầu ra được điều khiển bởi đầu vào
- Thường được dùng: trong ứng dụng audio như một bộ khuếch đại, trong ứng dụng chuyển mạch như một bộ chuyển mạch, và các mạch ổn dòng, ổn áp
- 2 loại transistor cơ bản: BJT và FET, 2 loại transistor này khác nhau ở nguyên lý làm việc và cấu trúc bên trong
- Mục tiêu chương:
  - Mô tả cấu trúc cơ bản của transistor lưỡng cực (BJT)
  - Giải thích và phân tích nguyên lý làm việc và phân cực cơ bản cho BJT
  - Tìm hiểu các thông số đặc trưng của BJT

# Nội dung chương

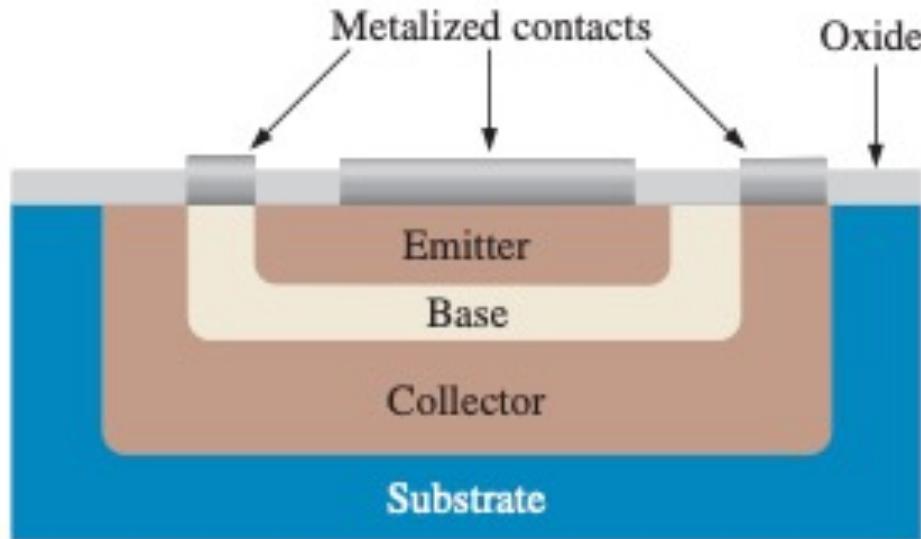
Bản  
số

1. Cấu tạo
2. Nguyên lý làm việc
3. Các cách mắc BJT
4. Phân cực và điểm làm việc tĩnh
5. Chế độ khuếch đại và chế độ chuyển mạch
6. Sơ đồ tương đương của BJT

- Cấu tạo**
- Bản** **sơ** **thảo**
- BJT cấu tạo từ 3 vùng bán dẫn tạp chất phân cách bởi 2 tiếp giáp *pn*
  - 3 vùng được nối dây dẫn ra ngoài tạo thành 3 cực của transistor có tên **cực phát (E - Emitter)**, **cực gốc (B- Base)**, **cực góp (C- Collector)**
    - Cực **B** ở giữa, cực mỏng, pha tạp với nồng độ **nhỏ nhất**,
    - Cực **C** bên cạnh, pha tạp **trung bình**
    - Cực **E** bên cạnh, pha tạp **lớp nhất**
  - Tiếp giáp *pn* giữa cực **B** và cực **E** gọi là tiếp giáp  **$J_E$**
  - Tiếp giáp *pn* giữa cực **B** và cực **C** gọi là tiếp giáp  **$J_C$**
  - BJT có 2 loại:
    - ✓ 2 vùng bán dẫn *n* phân cách bởi vùng bán dẫn *p* – được gọi là **Transistor npn**
    - ✓ 2 vùng bán dẫn *p* phân cách bởi vùng bán dẫn *n* – được gọi là **Transistor pnp**

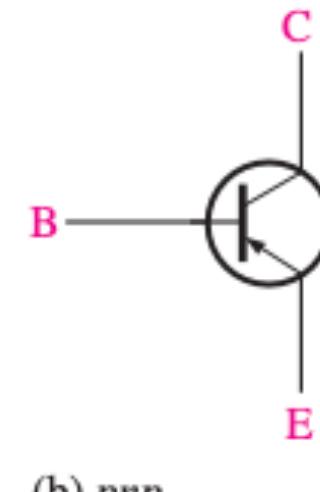
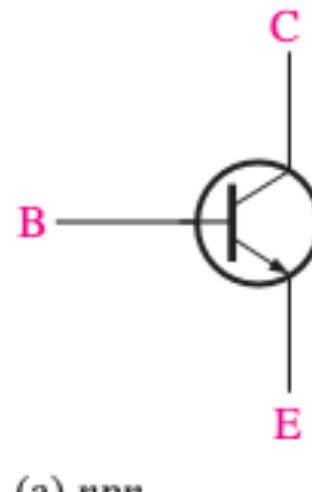
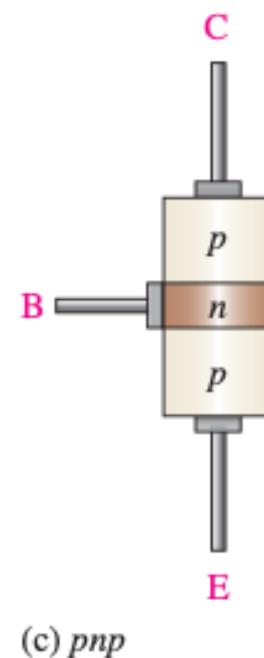
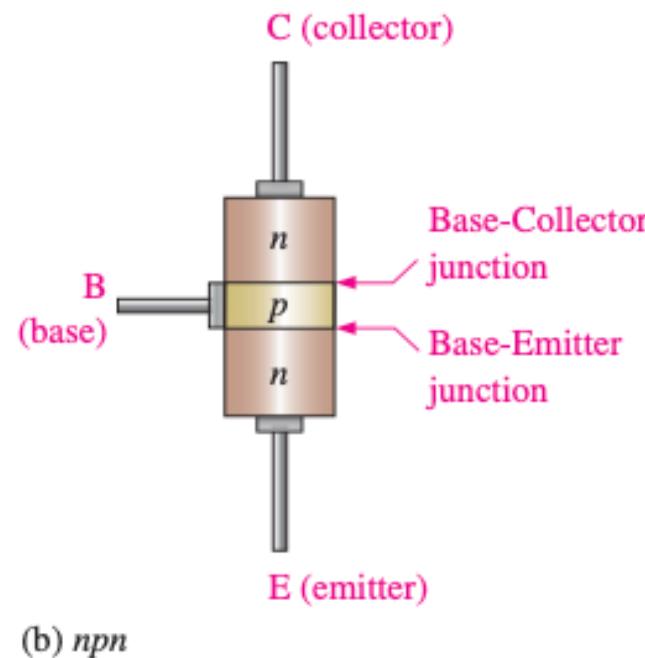
# Cấu tạo

B3



(a) Basic epitaxial planar structure

- Ký hiệu BJT: Mũi tên rất quan trọng
  - Vị trí mũi tên đặt giữa cực B và E
  - Chiều mũi tên hướng từ p sang n
    - ✓ Hướng sang cực E: Transistor loại npn
    - ✓ Hướng sang cực B: Transistor loại pnp



# Nguyên lý hoạt động

Bản sơ

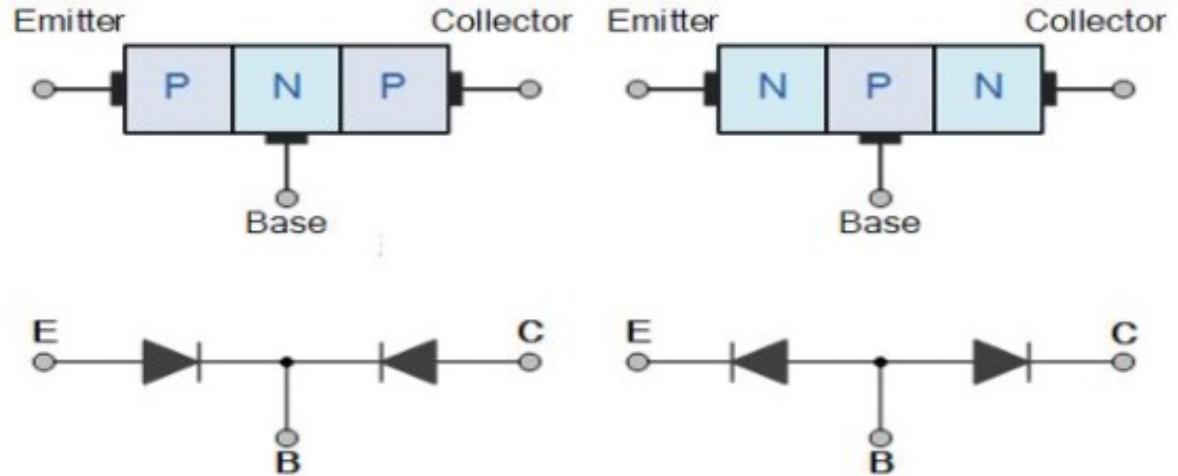


SPECIAL THANKS  
JOSE JOJI  
WESTGHATS TECHNOLOGIES PVT LTD

# Bản 50

# Nguyên lý hoạt động

- 2 lớp tiếp giáp  $pn$  cần phân cực (bias) với nguồn DC bên ngoài một cách phù hợp.



## • Phân cực:

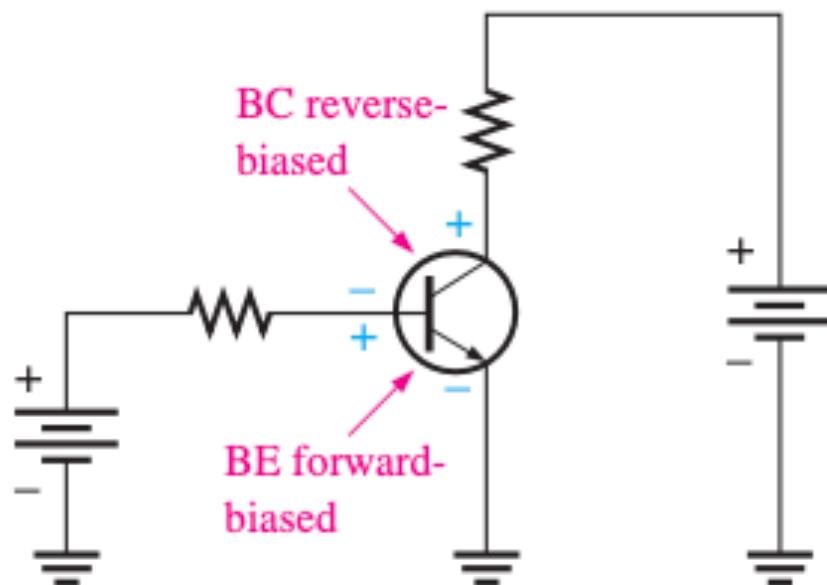
$J_E$ - phân cực thuận $J_C$ - phân cực ngược	☞	BJT làm việc ở vùng tích cực (active region) (Dùng trong chế độ khuếch đại tín hiệu)
$J_E$ - phân cực ngược $J_C$ - phân cực thuận	☞	BJT làm việc ở vùng tích cực đảo (reverse - active region) (Dùng trong chế độ khuếch đại đảo tín hiệu)
$J_E$ - phân cực ngược $J_C$ - phân cực ngược	☞	BJT làm việc ở vùng cắt dòng (cutoff region) (Dùng trong chế độ chuyển mạch – switch)
$J_E$ - phân cực thuận $J_C$ - phân cực thuận	☞	BJT làm việc ở chế độ bão hòa (saturation region) (Dùng trong chế độ chuyển mạch – switch)

# Nguyên lý hoạt động

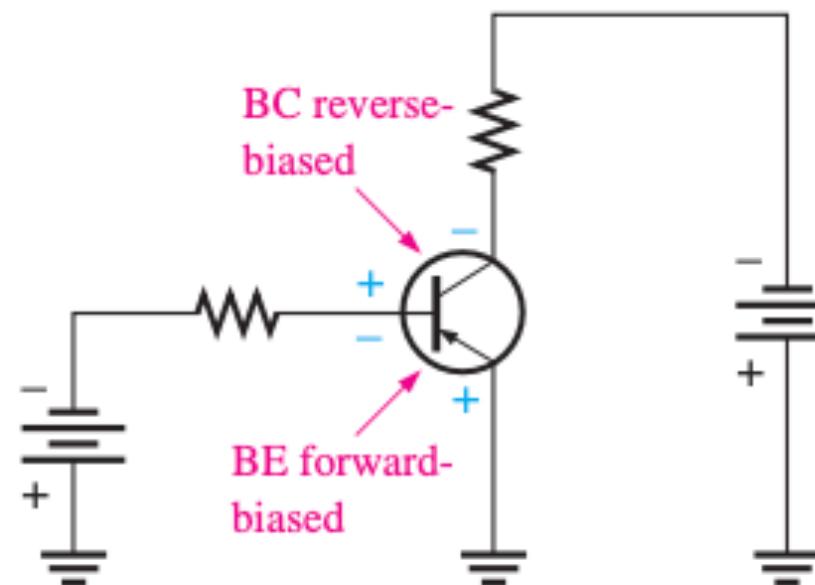
Bản

- Đề BJT hoạt động với chức năng **khuếch đại**, 2 lớp tiếp giáp *pn* cần phân cực:

- $J_E$  phân cực thuận
- $J_C$  phân cực ngược



(a) *npn*



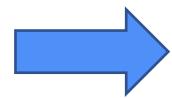
(b) *pnp*

# Nguyên lý hoạt động

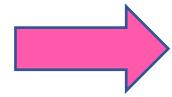
Xét Transistor npn, ở chế độ khuếch đại

Bản

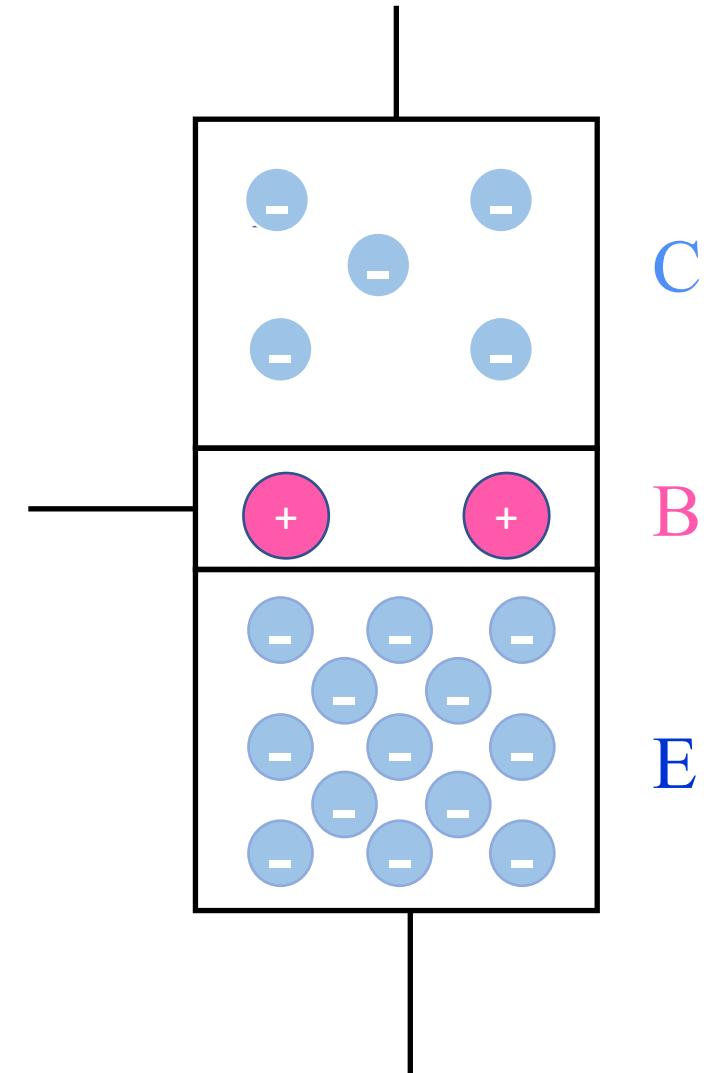
Cực C pha tạp trung bình



Cực B rất mỏng và pha tạp thấp nhất



Cực E pha tạp cao nhất



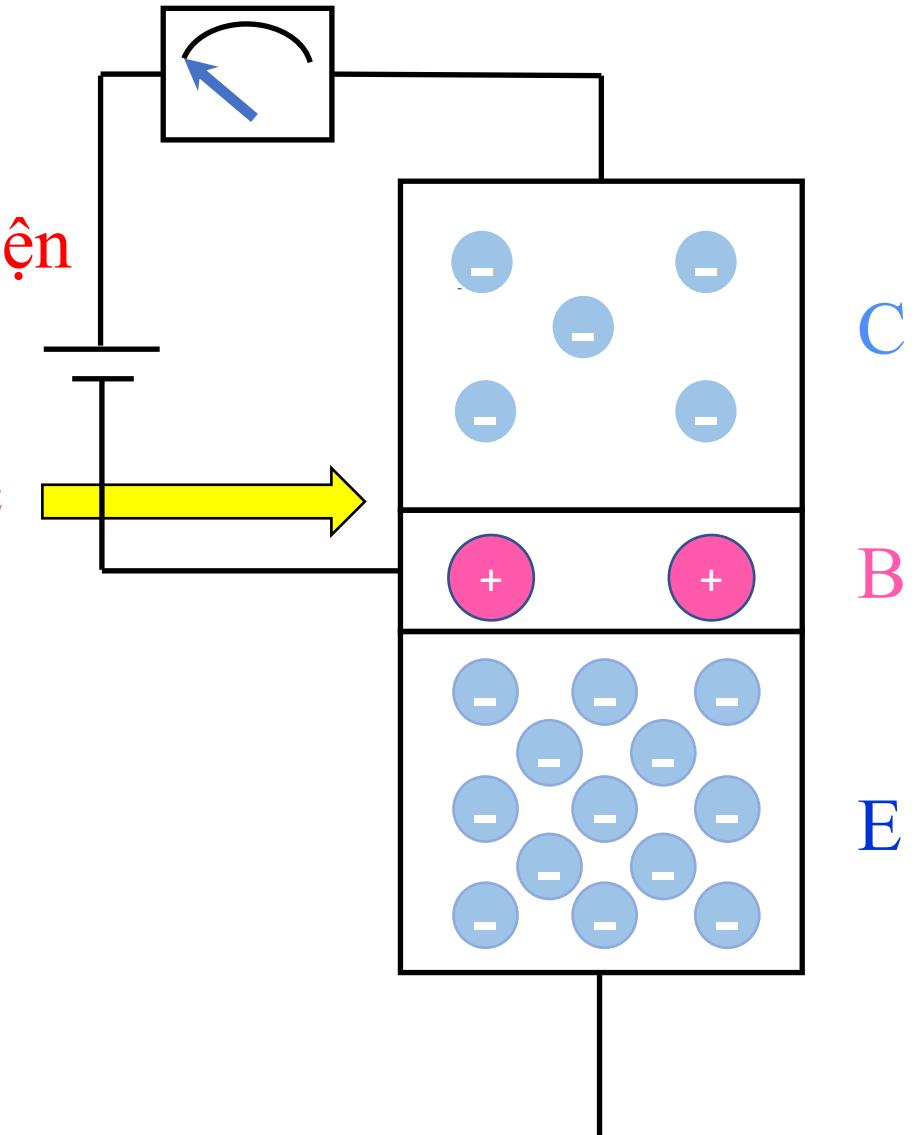
# Nguyên lý hoạt động

Phân cực Transistor

Bản

Tiếp giáp  $J_C$  phân cực ngược

Không có dòng điện



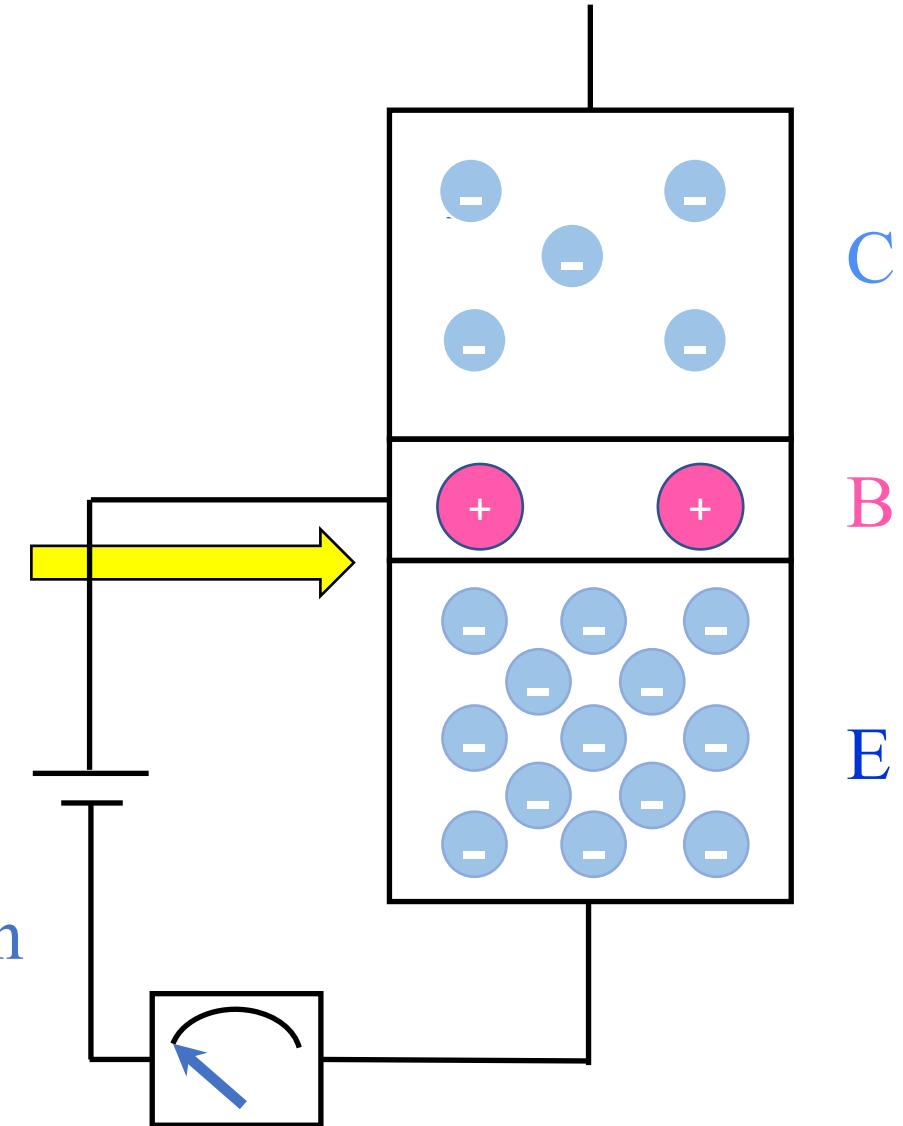
# Nguyên lý hoạt động

Phân cực Transistor

Bản

Tiếp giáp JE phân cực thuận

Có dòng điện



# Nguyên lý hoạt động

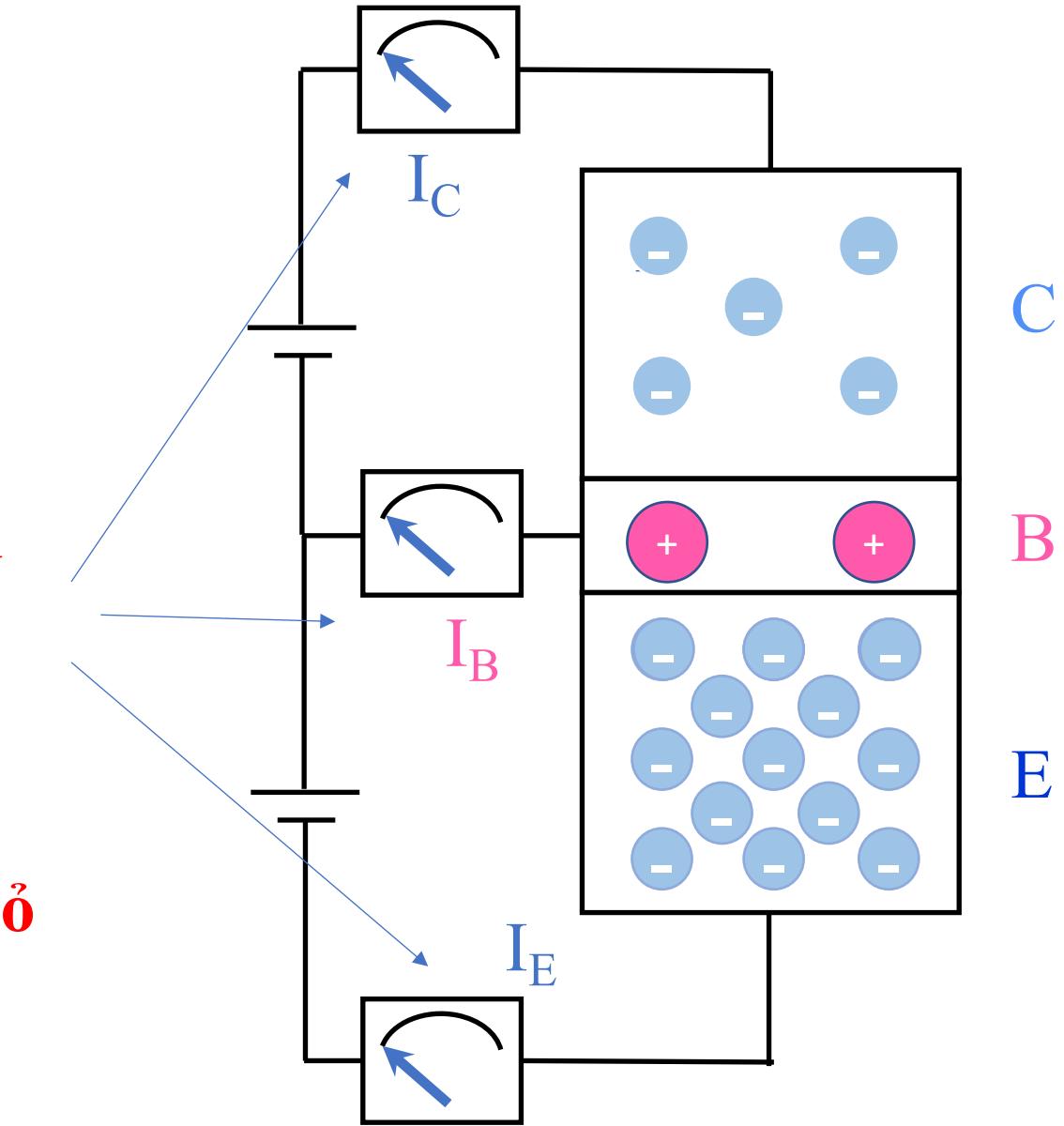
Phân cực Transistor

Bản

Khi cả 2 tiếp giáp  
được phân cực

Dòng chảy  
ở các cực

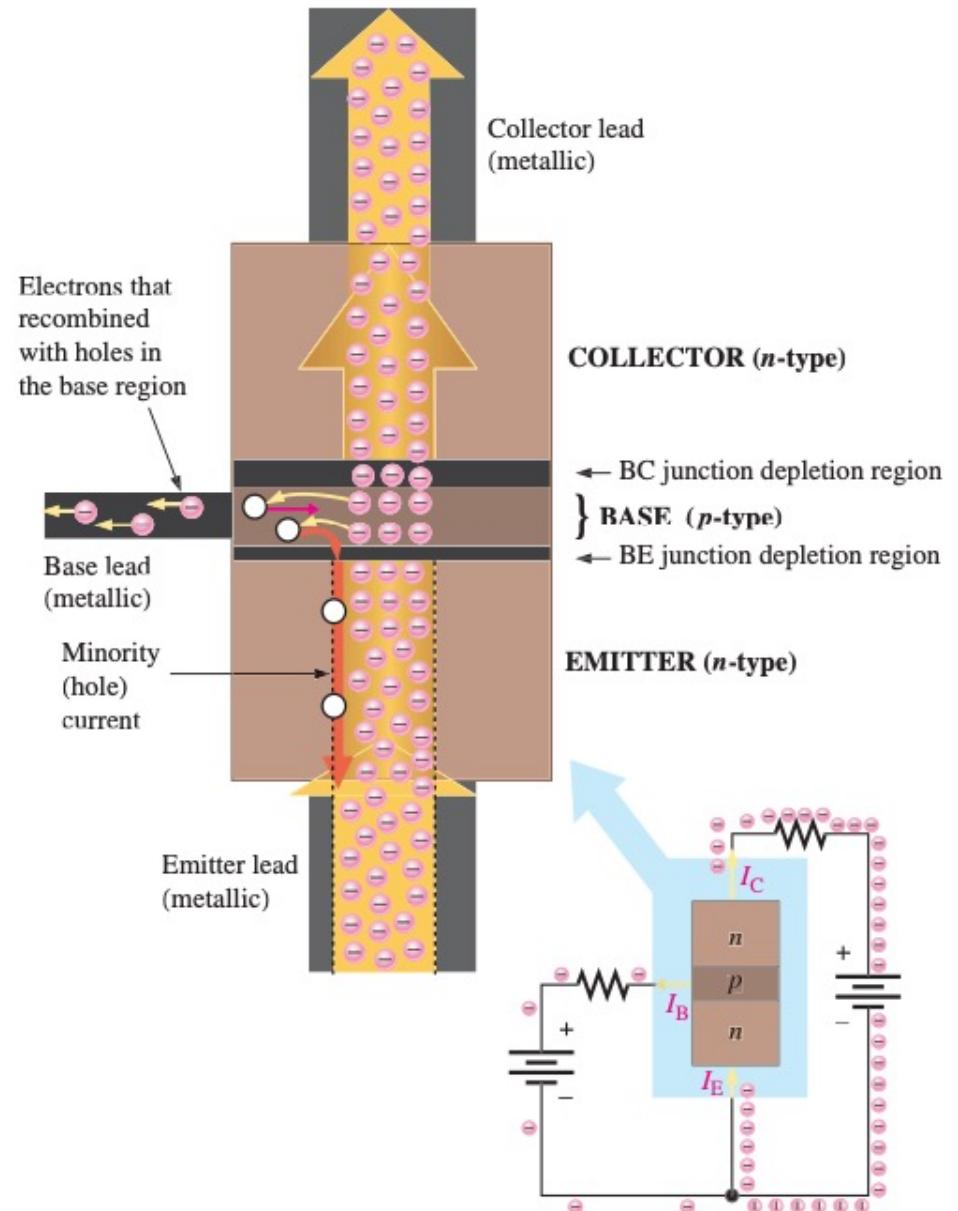
Lưu ý dòng  $I_B$  rất nhỏ  
so với dòng  $I_E$  và  $I_C$



# Nguyên lý hoạt động

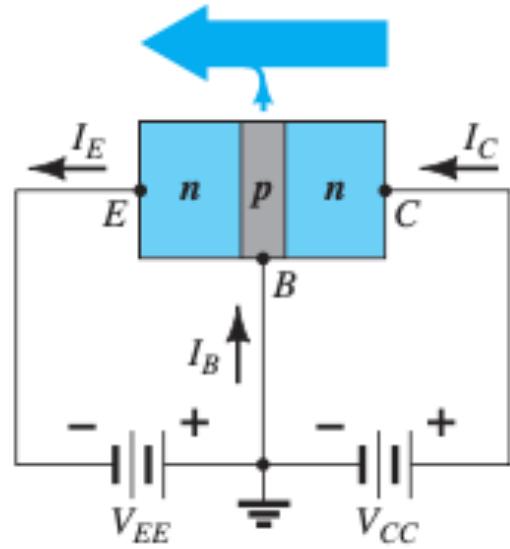
Bản

- BE p/c thuận => e từ vùng E khuếch tán mạnh sang B
- Tại vùng B (rất mỏng)
  - ✓ Một số lượng nhỏ e tái hợp với h tạo thành dòng  $I_B$
  - ✓ Phần lớn e bị cuốn sang vùng C (do điện trường tiếp giáp BC) tạo thành  $I_C$
- Sự thay đổi  $I_B$  (nhỏ) gây ảnh hưởng mạnh tới dòng  $I_C$  (lớn)

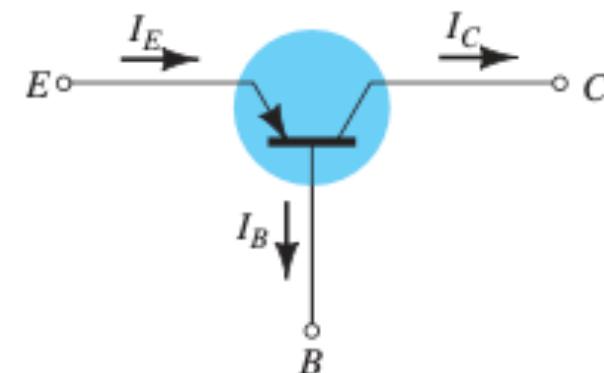
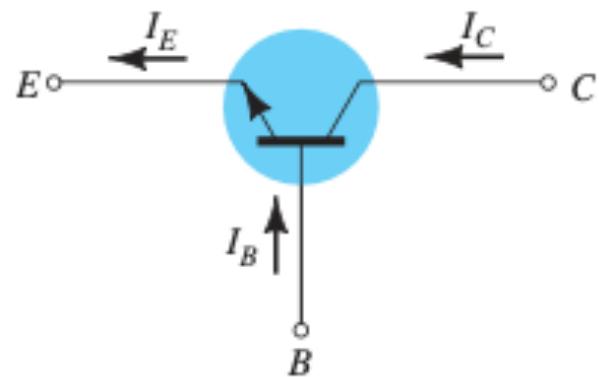
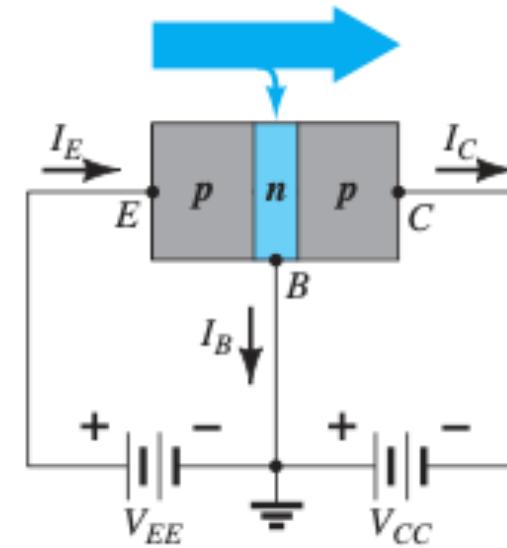


# Nguyên lý hoạt động

Bản



$$I_E = I_C + I_B$$

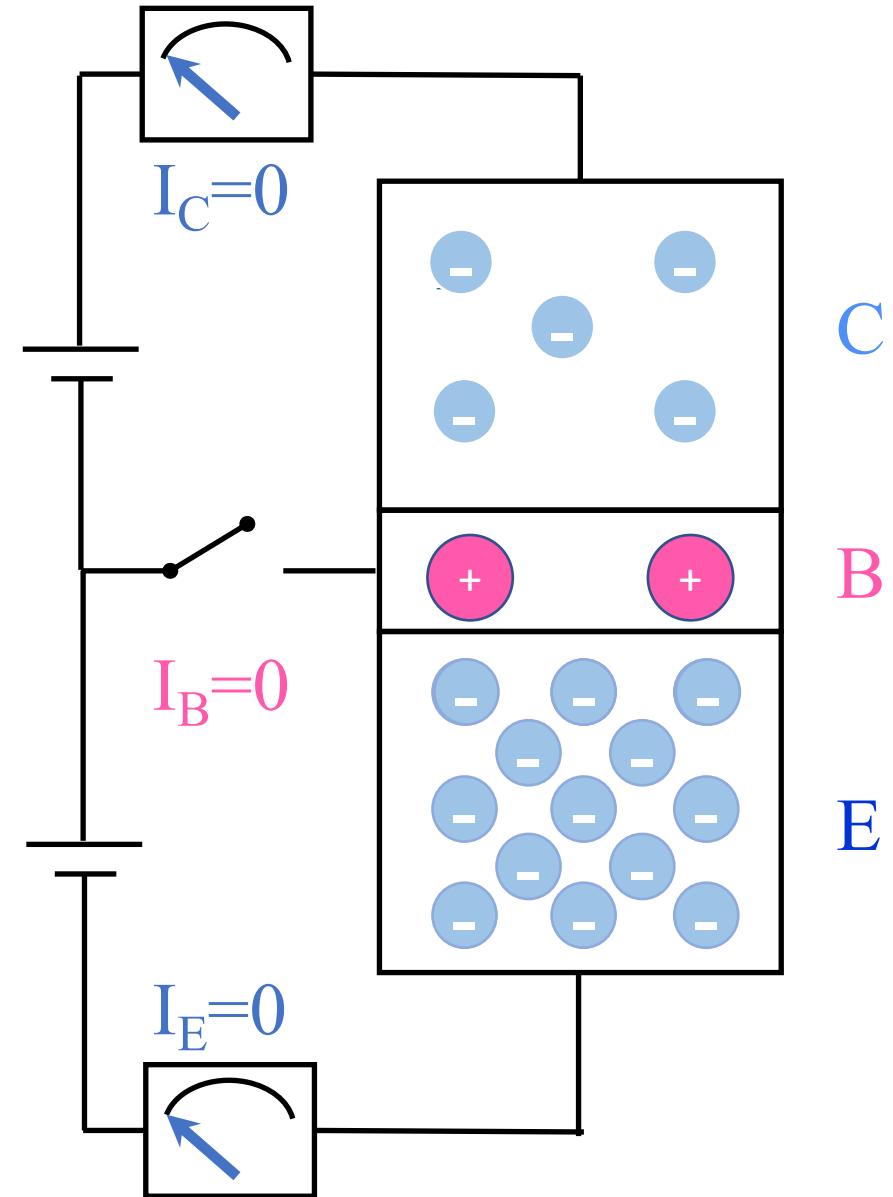


# Nguyên lý hoạt động

Bản ~~sơ~~ Lưu ý: Khi mở khoá (hở cực B), tất cả các dòng bằng không

Mặc dù dòng  $I_B$  rất nhỏ nhưng lại điều khiển dòng  $I_E$  và  $I_C$

=> Khuếch đại: dòng  $I_B$  nhỏ điều khiển dòng  $I_E$ ,  $I_C$  lớn hơn



# Trắc nghiệm: Nguyên lý hoạt động và phân cực

The heaviest doping is found in the emitter region

The thinnest of all three regions is called the base

The collector-base junction is reverse biased

The base-emitter junction is forward biased

The majority of the emitter carrier flow to the collector

# Hệ số truyền đạt dòng điện $\alpha, \beta$

$$\bullet I_E = I_C + I_B$$

thường  $I_B \ll I_C$  và  $I_E$

- Hệ số truyền đạt dòng điện Emi $\alpha$ : là tỷ số giữa dòng Colect $\alpha$  và dòng Emi

$\alpha_{dc}$  - Hệ số truyền đạt dòng điện Emi $\alpha$  một chiều

$\alpha_{ac}$  - Hệ số truyền đạt dòng điện Emi $\alpha$  xoay chiều

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

$$\alpha_{ac} = \frac{dI_C}{dI_E} \cong \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{I_{Ci} - I_{Ci-1}}{I_{Ei} - I_{Ei-1}}$$

- Do  $I_B \ll I_C$  và  $I_E$  nên có thể coi  $I_C \cong I_E$
- Trên thực tế  $\alpha_{dc}$  thường không khác nhiều  $\alpha_{ac}$  tức là  $\alpha_{dc} \cong \alpha_{ac}$
- $\alpha$  có giá trị khoảng từ 0,9 ÷ 0,998
- $\alpha$  ít phụ thuộc vào dòng  $I_C$  và tần số tín hiệu

# Hệ số truyền đạt dòng điện $\alpha, \beta$

Bản Sô

- Tỷ số  $I_C/I_B$  của mỗi transistor đặc trưng cho khả năng khuếch đại dòng điện => *Hệ số truyền đạt dòng điện Colecto*  $\beta$ :

- Hệ số khuếch đại dòng điện  $\beta_{dc}$  (hay  $\beta$ ):

- Còn được gọi là  $h_{FE}$

- $\beta$  thay đổi theo:  $I_C$ ,  $U_{CE}$ , và  $t^\circ$

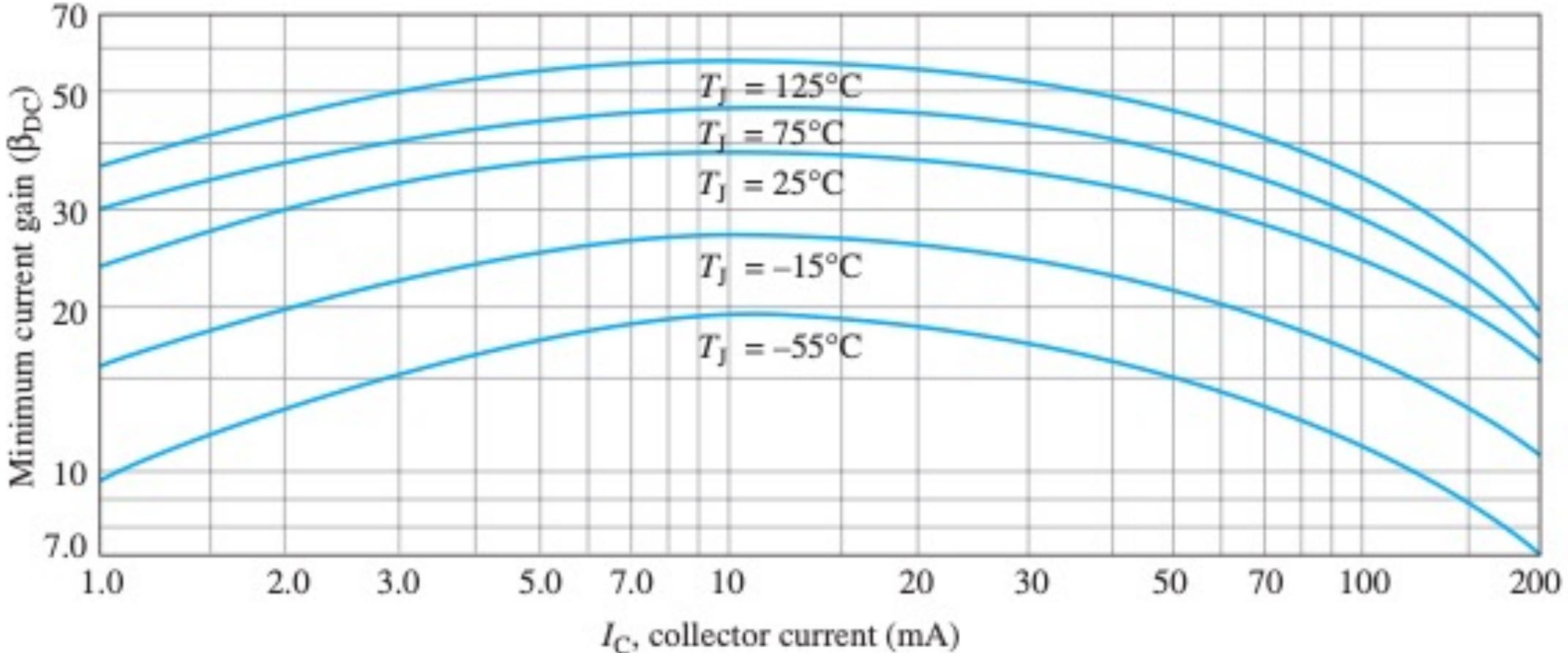
- Datasheet thường cho  $h_{FE}$  min và đồ thị xác định  $h_{FE}$

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$$

- Liên hệ:  $\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$        $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

- Xoay chiều:  $\beta_{ac}$  tương tự nhưng là các giá trị  $\Delta$

# Hệ số truyền đạt dòng điện $\alpha, \beta$



# Các công thức dòng điện trong BJT

Bảng số

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

$$I_C = \alpha I_E$$

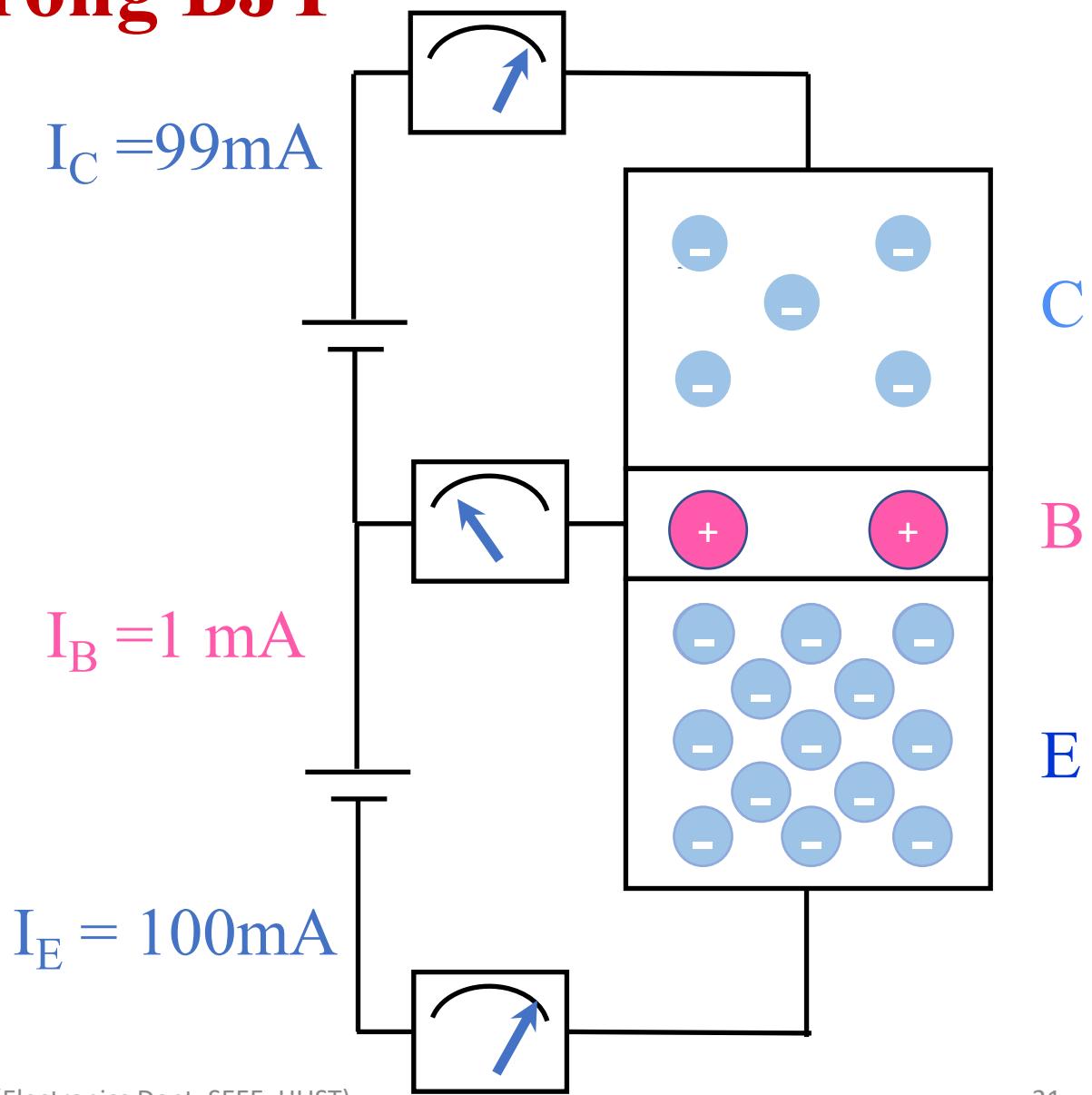
$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

# Các công thức dòng điện trong BJT

Bản Phân cực Transistor

$$\beta = \frac{99\text{mA}}{1\text{mA}} = 99$$



# Trắc nghiệm: dòng điện trong transistor

Bản  $\beta$  is the ratio of collector current to base current

The sum of the base and collector current is the emitter current

In NPN transistor, the flow from emitter to collector  
is composed of electrons

In PNP transistor, the flow from emitter to collector  
is composed of holes

Both NPN and PNP transistor show current gain

# Đặc tuyến của BJT

Bản  
đặc  
tuyến

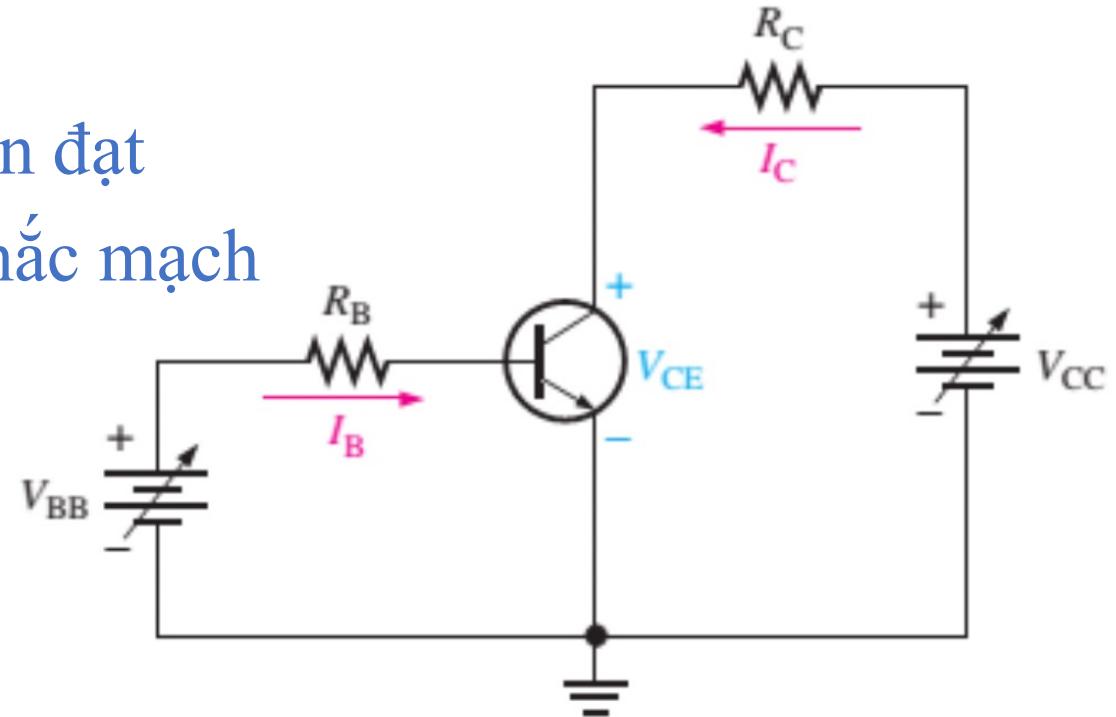
- Có đặc tuyến vào, đặc tuyến ra, đặc tuyến phản hồi, đặc tuyến truyền đạt

- Đặc tuyến thay đổi theo mỗi cách mắc mạch

- Các đại lượng quan tâm

- $I_B, I_C, I_E$ : liên hệ với  $\alpha, \beta$
  - $U_{CE}, U_{BE}$ : với  $U_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$

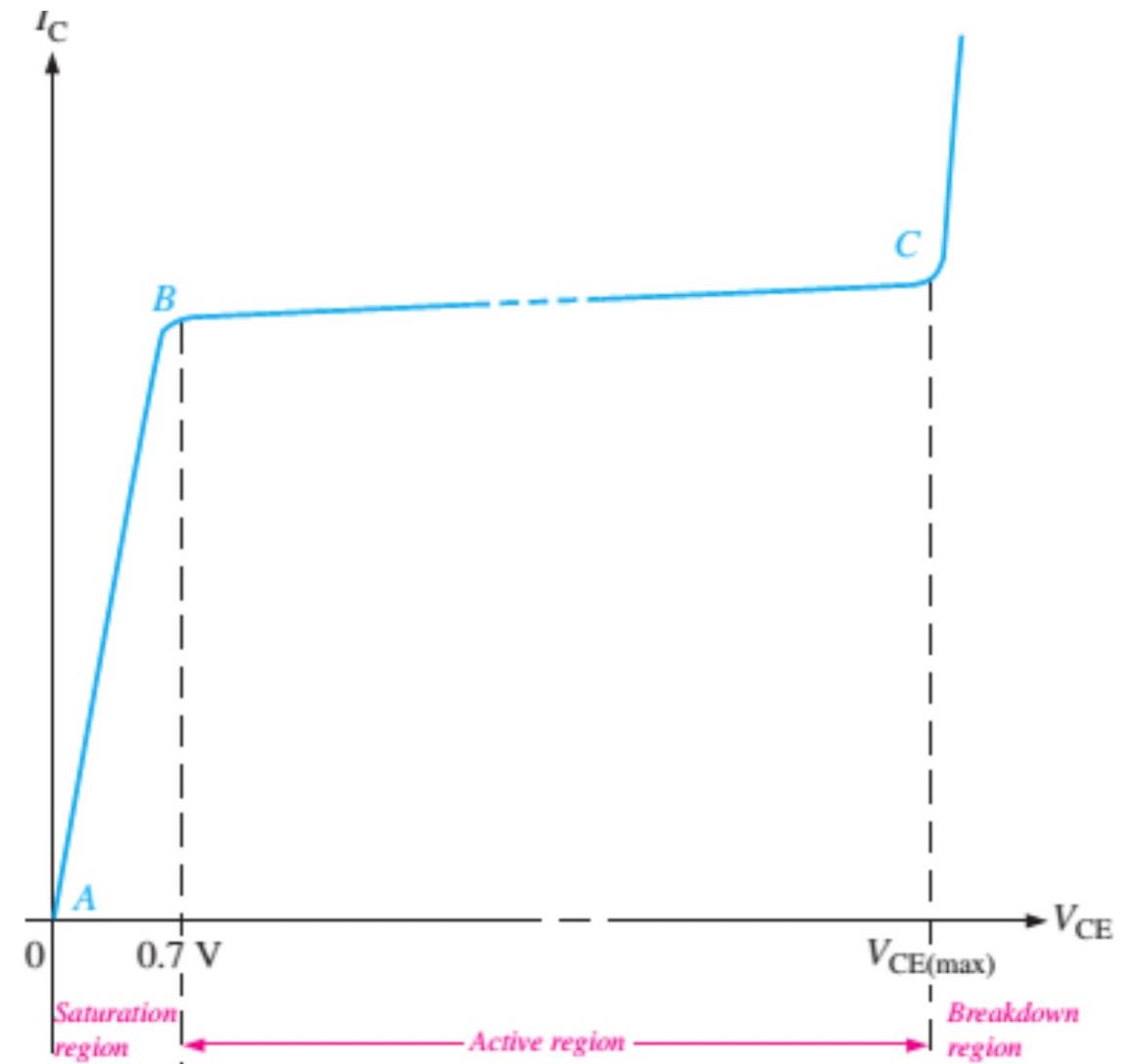
- Thông dụng nhất là đặc tuyến Colecto: mô tả mối quan hệ  $I_C$  và  $U_{CE}$  trong sơ đồ E chung



# Đặc tuyến của BJT

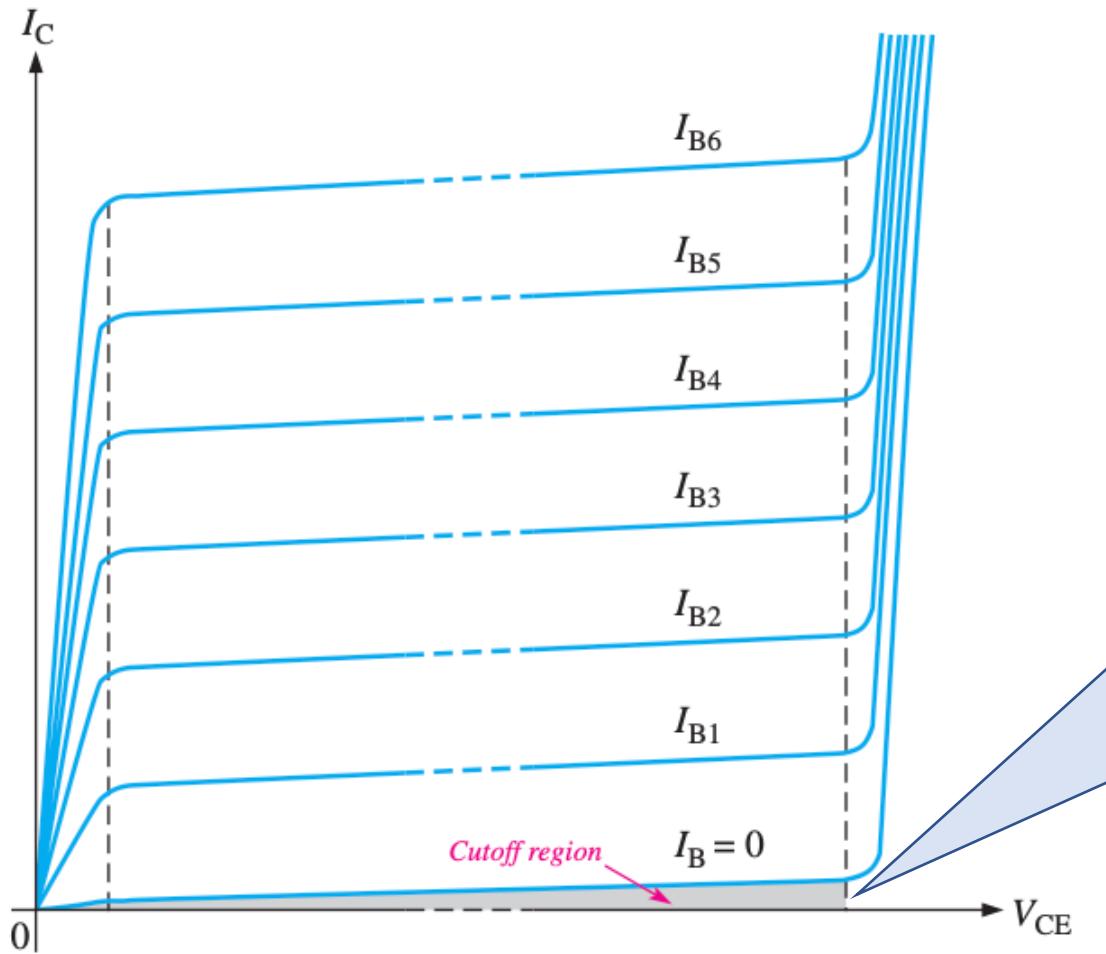
Bản Đồ  
Đặc tuyến Coleto:

- Với mỗi giá trị  $I_B$ , có một đường cong liên hệ  $I_C$  và  $U_{CE}$
- Đồ thị có 4 vùng
  - ✓ Vùng bão hòa (saturation):  $U_{CE} \approx 0$
  - ✓ Vùng tích cực (active): khuếch đại tuyến tính ( $I_C = \beta \cdot I_B$ )
  - ✓ Vùng đánh thủng (breakdown):  $U_{CE}$  lớn quá mức cho phép
  - ✓ Vùng thứ 4?



# Đặc tuyến của BJT

Bản Vẽ tại nhiều  $I_B$  khác nhau  $\Rightarrow$  Họ đặc tuyến Colecto



Vùng 4:  
Khi  $I_B = 0 \Rightarrow I_C \approx 0$   
 $\Rightarrow$  transistor ngừng dẫn  
= cắt dòng  
**Vùng cắt dòng**

# Đặc tuyến của BJT

Nhận xét các vùng:

- Vùng tích cực: là vùng transistor làm việc ở chế độ khuếch đại. Trong vùng này:  $I_C = \beta \cdot I_B$
- Vùng bão hòa:  $U_{CE} \approx 0 \Rightarrow$  sụt áp trên transistor rất nhỏ  $\Rightarrow$  “thông” bão hòa  $\Rightarrow R_C$  được “ON”,  $I_C$  cực đại
- Vùng cắt dòng:  $U_{CE} \approx E_C \Rightarrow$  ngừng dẫn “cắt/ngắt” dòng  $\Rightarrow R_C$  bị “OFF”,  $I_C$  cực nhỏ = dòng rò
- Vùng đánh thủng: tiếp giáp CB (phân cực ngược) bị đánh thủng  $\Rightarrow$  hỏng transistor

# Nội dung chương

Bản  
số

1. Cấu tạo
2. Nguyên lý làm việc
3. Các cách mắc BJT
4. Phân cực và điểm làm việc tĩnh
5. Chế độ khuếch đại và chế độ chuyển mạch
6. Sơ đồ tương đương của BJT

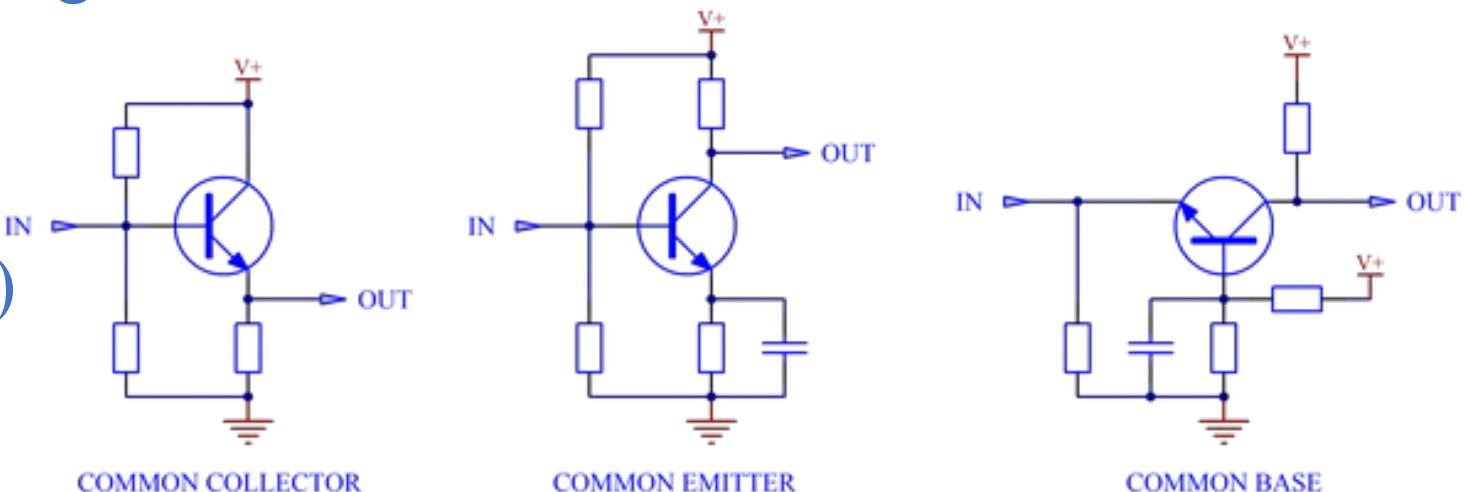
# Các cách mắc BJT

Bản  
định  
nhà  
vật  
lý

Phần tử 4 cực (2 cực đầu vào và 2 cực đầu ra): Dùng để mô hình hoá các tầng/các khối trong mạch điện

Transistor là phần tử 3 cực => cần 1 cực dùng chung để mô hình hoá thành phần tử 4 cực => Trong mạch khuếch đại, khái niệm **X (E,C,B) chung**: ám chỉ cực dùng chung cho cả đầu vào và đầu ra

- Mạch Bazơ chung (BC)
- Mạch Colectơ chung (CC)
- Mạch Emítơ chung (EC)



# Các cách mắc BJT

Bản Sơ

Lưu ý: Ta quan tâm đến việc khuếch đại tín hiệu  $\Rightarrow$  quan tâm đến xoay chiều  $\Rightarrow$  có 2 điểm đặc biệt:

- Các tụ điện: coi như dây dẫn vì C thường đủ lớn để  $Z_C \approx 0$  ở dải tần số làm việc.
- Nguồn điện: cực dương ( $E_C$ ) và cực âm (0 V) được nối tắt với nhau vì nội trở nguồn thường rất nhỏ
- Các tụ điện là “dây dẫn” đối với tín hiệu cần khuếch đại nhưng “cách ly” mức điện áp 1 chiều  $\Rightarrow$  dẫn AC, chặn DC
- Có khái niệm  $r'_e$  (trong giáo trình là  $r_e$ ): điện trở giữa B-E, sẽ học trong phần sơ đồ tương đương BJT

# Mạch Bazo chung – BC (Common-Base)

Bản Mạch vào:

$I_E$  – dòng vào,  $U_{BE}$  – điện áp vào

$\Rightarrow$  Khảo sát đặc tuyến tính

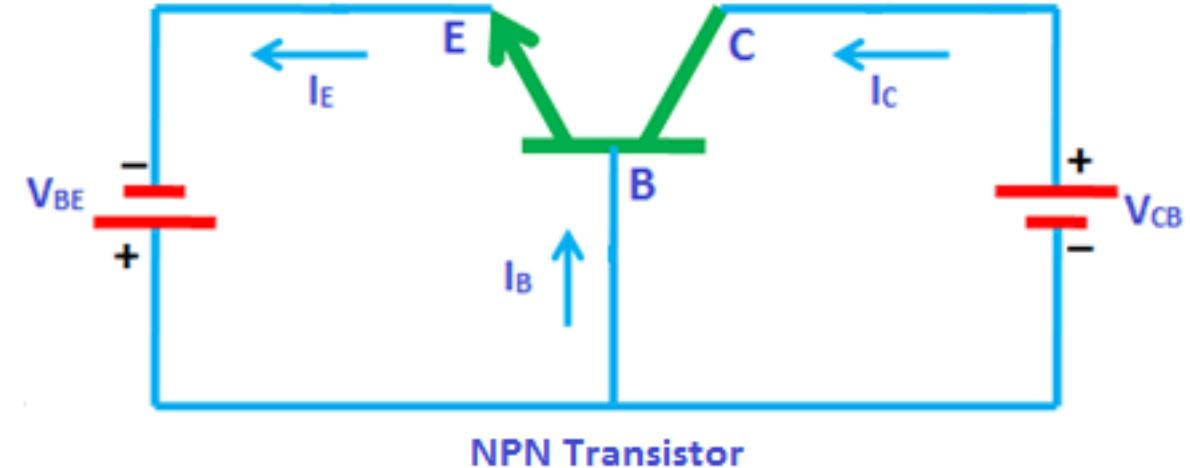
$$I_E = f(U_{BE}) \mid U_{CB} = \text{const}$$

Mạch ra:

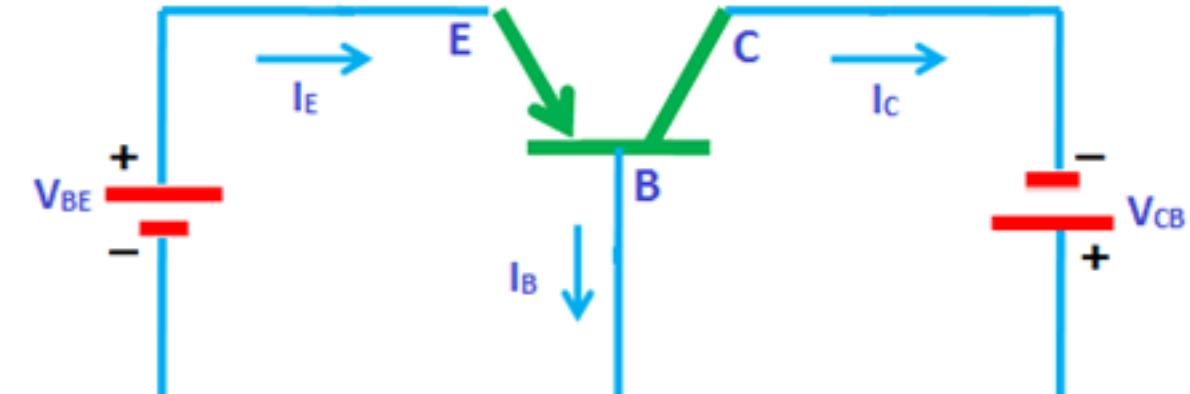
$I_C$  – dòng ra,  $U_{CB}$  – điện áp ra

$\Rightarrow$  Khảo sát đặc tuyến tính

$$I_C = f(U_{CB}) \mid I_E = \text{const}$$



NPN Transistor



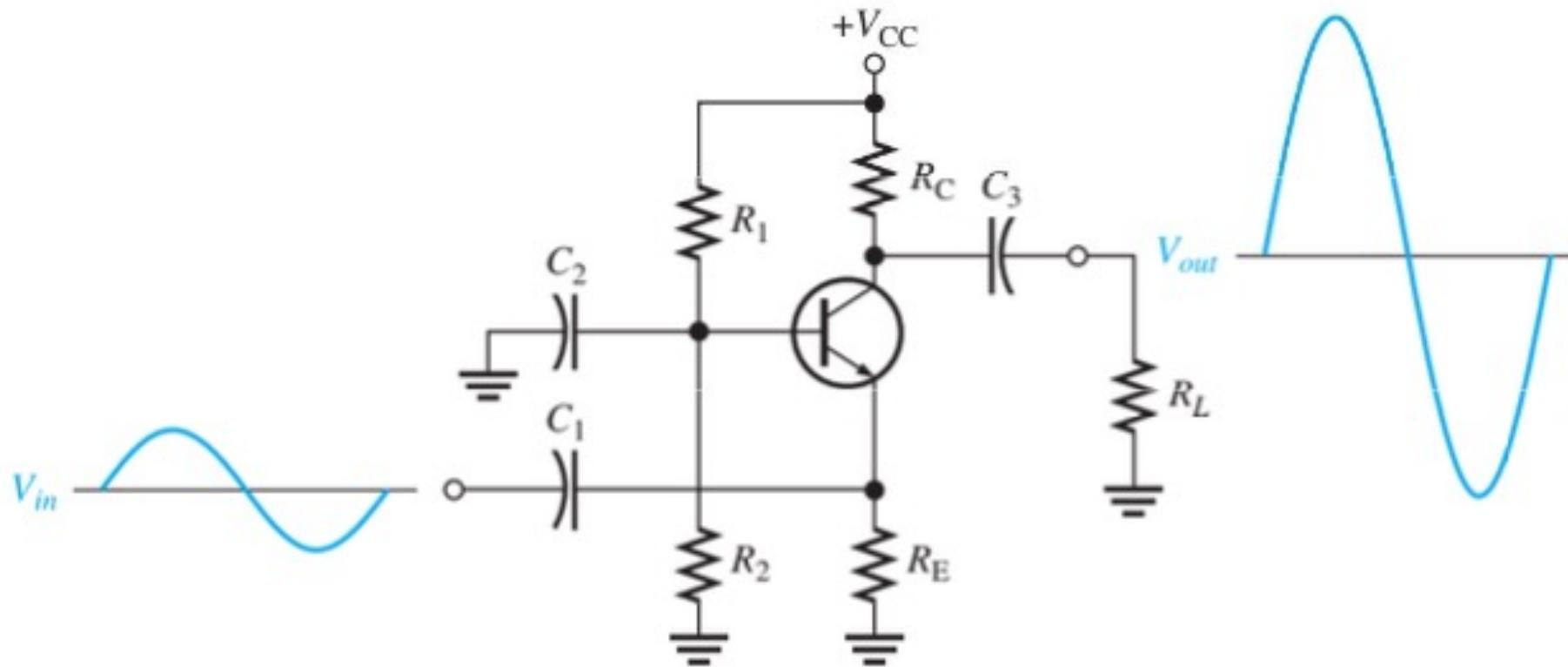
PNP transistor

Common base configuration

# Mạch Bazo chung – BC (Common-Base)

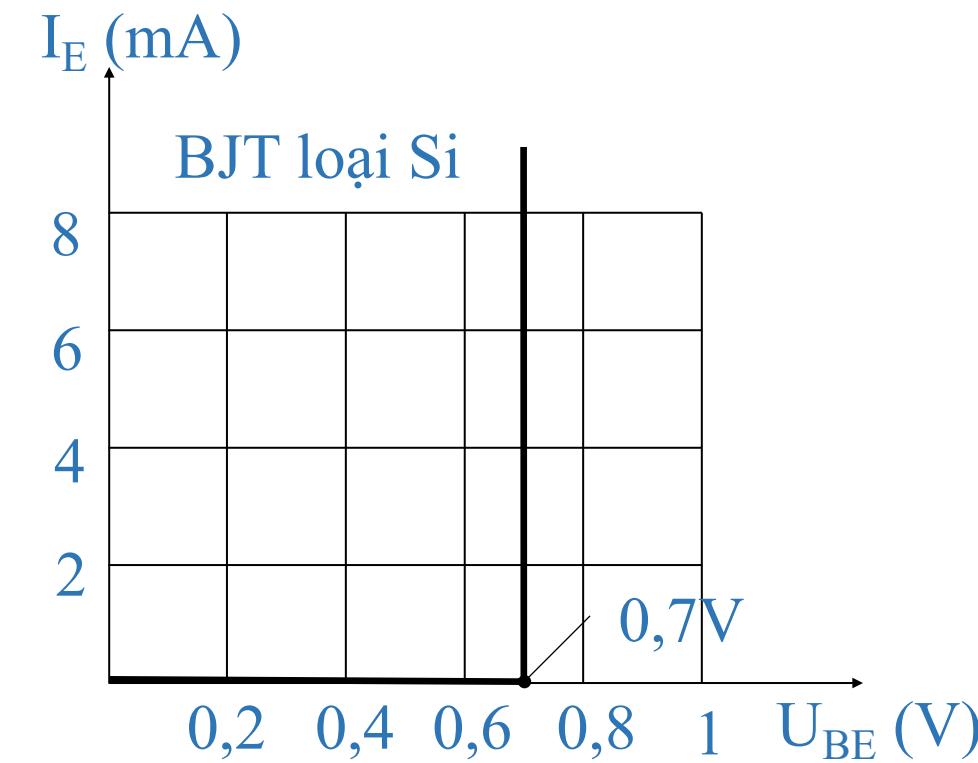
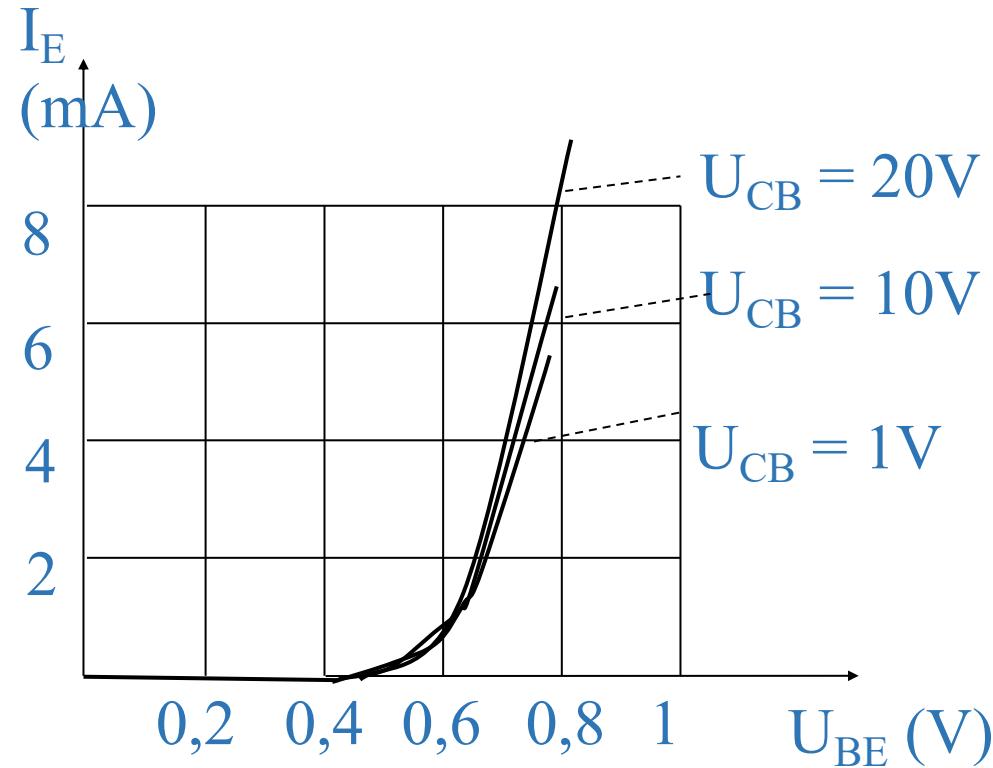
Tín hiệu vào cực E, ra ở cực C

Với tín hiệu, cực B được nối đất (chung) nhờ tụ  $C_2$



# Họ đặc tuyến của mạch BC

Bản  
Họ đặc tuyến vào  $I_E = f(U_{BE}) | U_{CB} = \text{const}$

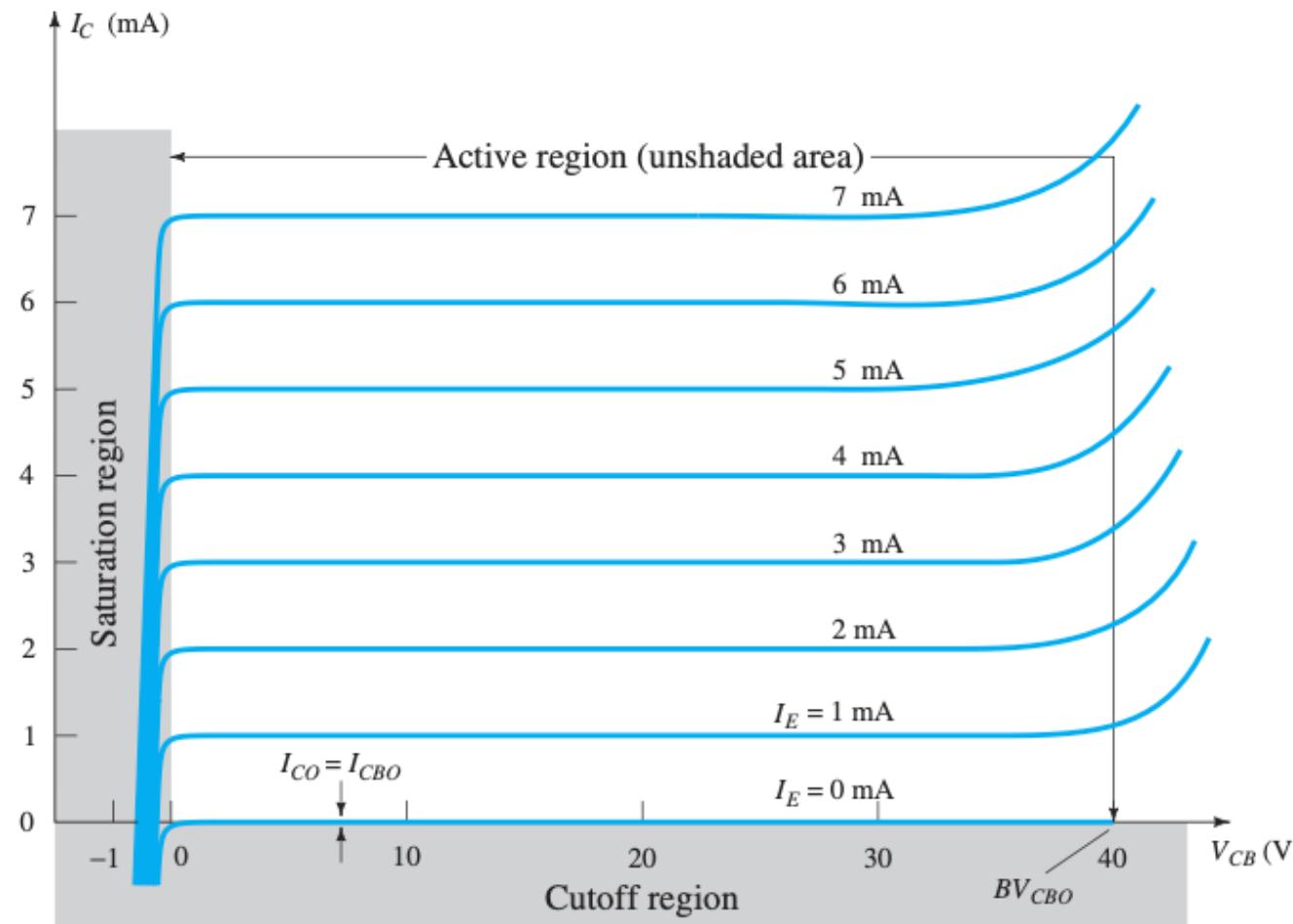


Đặc tuyến vào tuyến tính hóa lý tưởng

# Họ đặc tuyến của mạch BC

Họ đặc tuyến ra  $I_C = f(U_{CB}) | I_E = \text{const}$

Bản  
Họ  
đặc  
tuyến  
ra  
 $I_C = f(U_{CB}) | I_E = \text{const}$



# Đặc tuyến của mạch BC

Bản Sô

- Vùng tích cực (Active-Region): đây là vùng khuếch đại tín hiệu
- Vùng bão hòa (Saturation-Region): khi  $U_{CB} \leq 0$ . Cả 2 tiếp xúc Emitter và Collector đều phân cực thuận
- Vùng cắt dòng (Cutoff-Region) với giá trị  $I_E \leq 0$ . Vùng này tiếp xúc Emitter phân cực ngược, dòng  $I_E = 0$ . Tại vùng cắt dòng, cả 2 tiếp xúc phân cực ngược
- Vùng đánh thủng (Breakdown – Region): Nếu  $U_{CB}$  quá lớn sẽ gây nên hiện tượng đánh thủng tiếp giáp Collector làm dòng  $I_C$  tăng đột ngột (đánh thủng Zenner hay đánh thủng thác lũ, hoặc cả hai)

# Mạch BC<sub>đảo</sub>

## Bản Đồ

### Đặc điểm:

- ✓ Tín hiệu ra cùng pha với tín hiệu vào
- ✓ Trở kháng vào:  $R_{in} \approx r'_e \approx 0.026/I_E$  (tại nhiệt độ phòng)
- ✓ Trở kháng ra:  $R_{out} \approx R_C$
- ✓ Hệ số khuếch đại điện áp:  $K_u \approx (R_C // R_L)/r'_e$
- ✓ Hệ số khuếch đại dòng điện:  $K_i \approx 1 (< 1)$

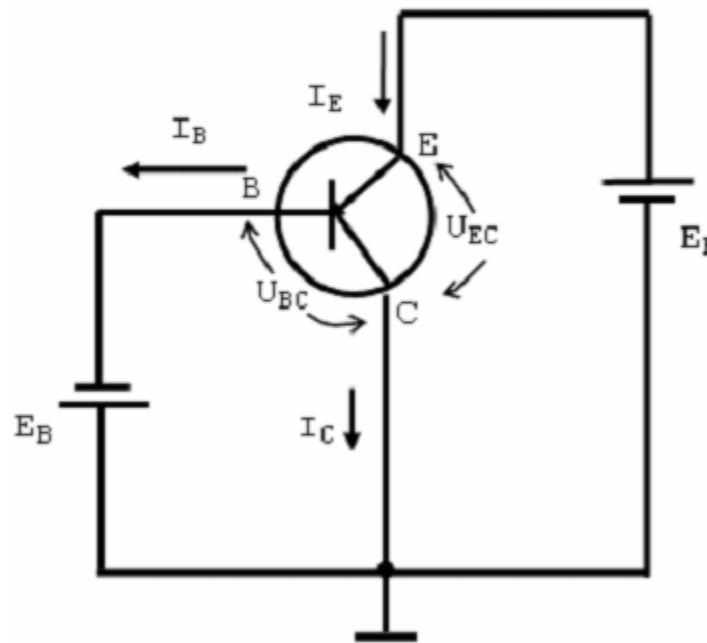
### Nhận xét:

- ✓ Vì  $r'_e$  rất nhỏ nên: mạch có trở kháng vào rất thấp(xấu) và  $K_u$  thường khá lớn (tốt)
- ✓ Ít thông dụng, chỉ ứng dụng khi nội trở nguồn tín hiệu đủ thấp

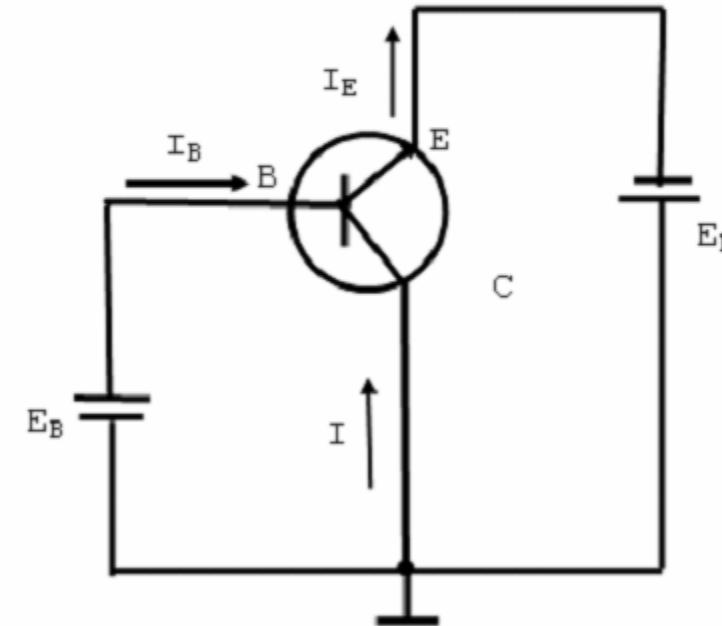
# Mạch Colectơ chung – CC (Common-Collector)

Tín hiệu vào cực B, ra ở cực E. Cực C được nối đất (chung)

Bản



a) BJT loại PNP

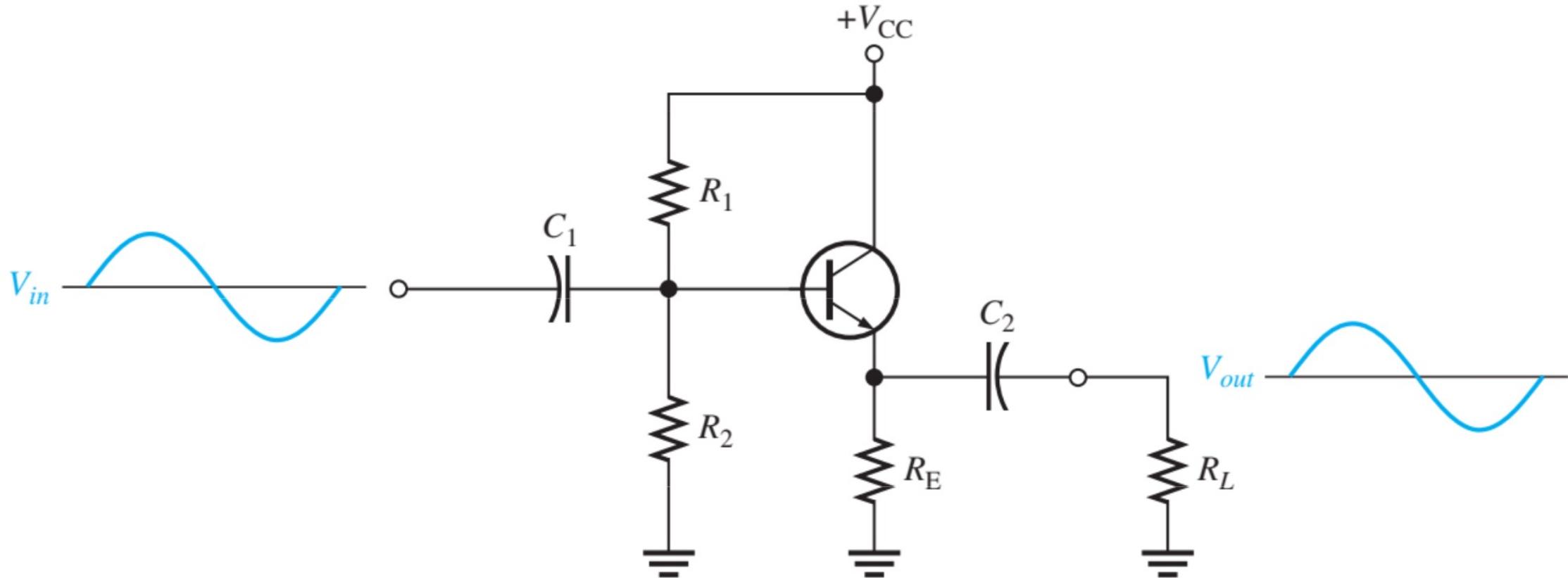


b) BJT loại NPN

Mạch Colectơ chung - CC đối với tranzito loại PNP và NPN.

# Mạch Colectơ chung – CC (Common-Collector)

Tín hiệu vào cực B, ra ở cực E. Cực C được nối đất (chung)



# Mạch Colecto chung – CC (Common-Colector)

Bản  
Đồ

## • Đặc điểm:

- Tín hiệu ra cùng pha với tín hiệu vào
- Trở kháng vào:  $R_{in} \approx R_1 // R_2 // \beta_{ac}(R_E // R_L)$
- Trở kháng ra:  $R_{out} \approx (R_s/\beta_{ac}) // R_E$
- Hệ số khuếch đại điện áp:  $K_u \approx 1$
- Hệ số khuếch đại dòng điện:  $K_i = I_E/(U_{in}/R_{in})$

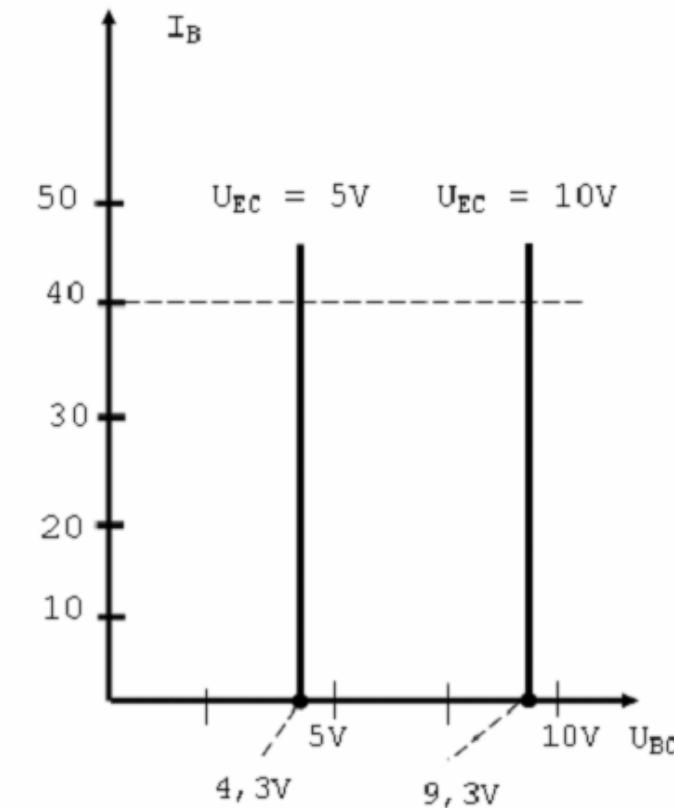
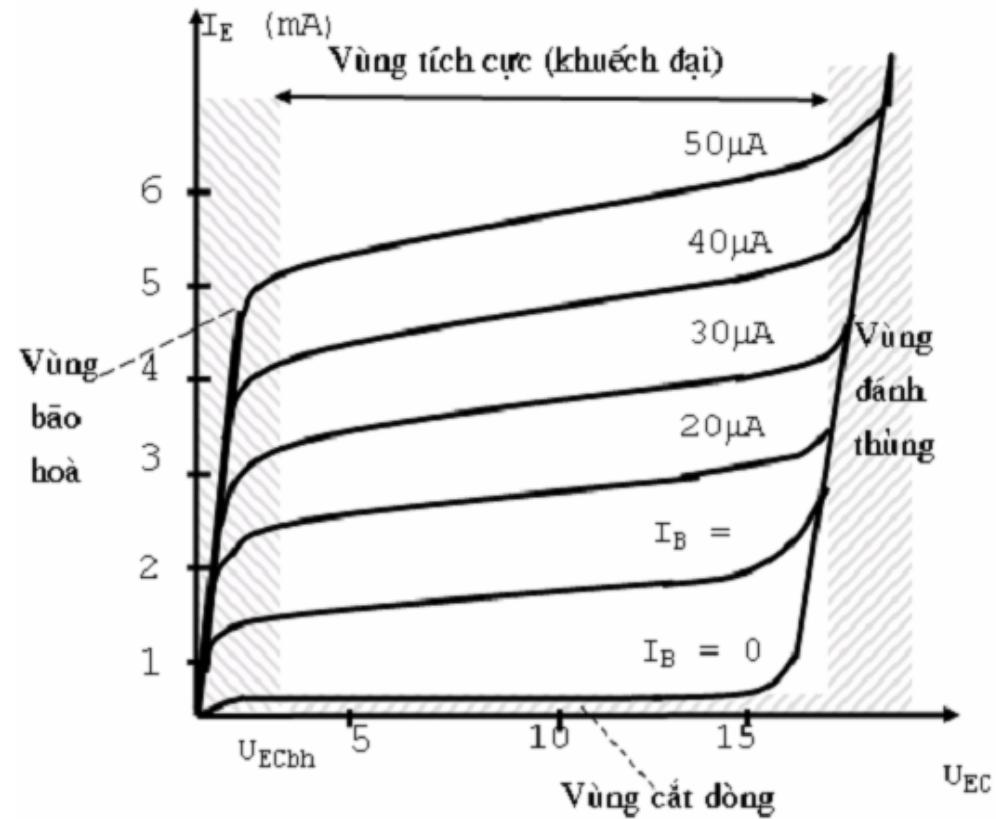
## • Nhận xét:

- Trở kháng vào lớn, trở kháng ra nhỏ
- Hệ số khuếch đại dòng điện lớn
- Mạch CC còn gọi là mạch lặp điện áp, lặp Emitter follower

Chú thích:  $R_s$  nội trở của nguồn tín hiệu vào

# Bản Sô

## Họ đặc tuyến của mạch CC



a) Họ đặc tuyến ra  $I_E = f(U_{EC}) \mid I_B = \text{const}$

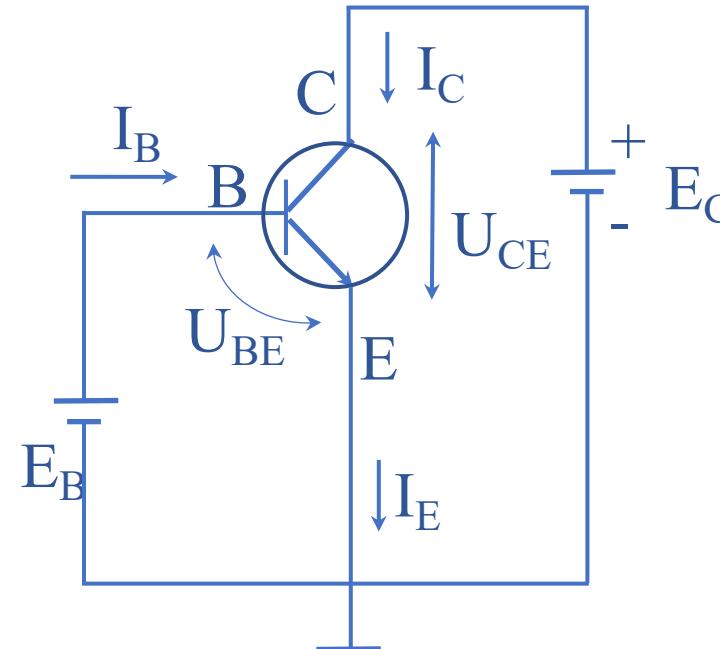
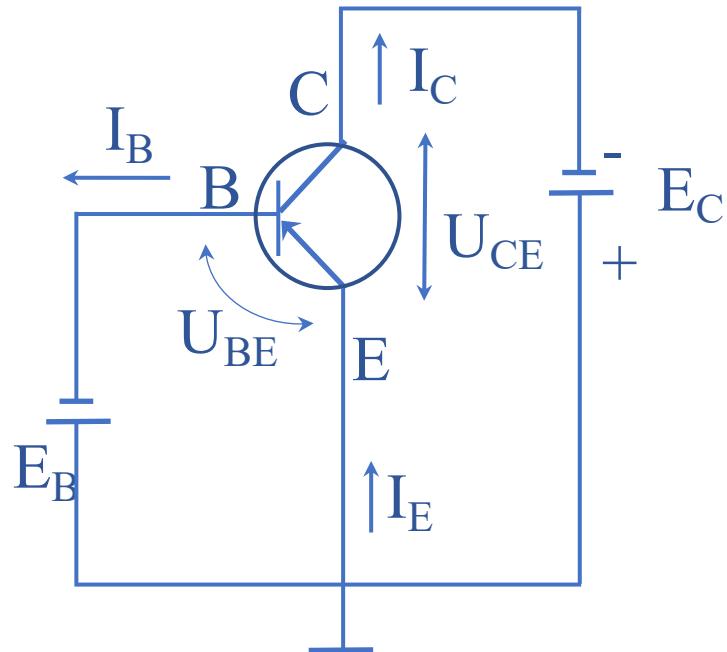
b) Họ đặc tuyến vào  $I_B = f(U_{BC}) \mid U_{EC} = \text{const}$

**Họ đặc tuyến ra và vào của mạch Colectơ chung - CC (BJT loại NPN - Si)**

TS. Trần Anh Vũ (Electronics Dept. SEEE, HUST)

# Mạch Emítô chung – EC (Common-Emitter)

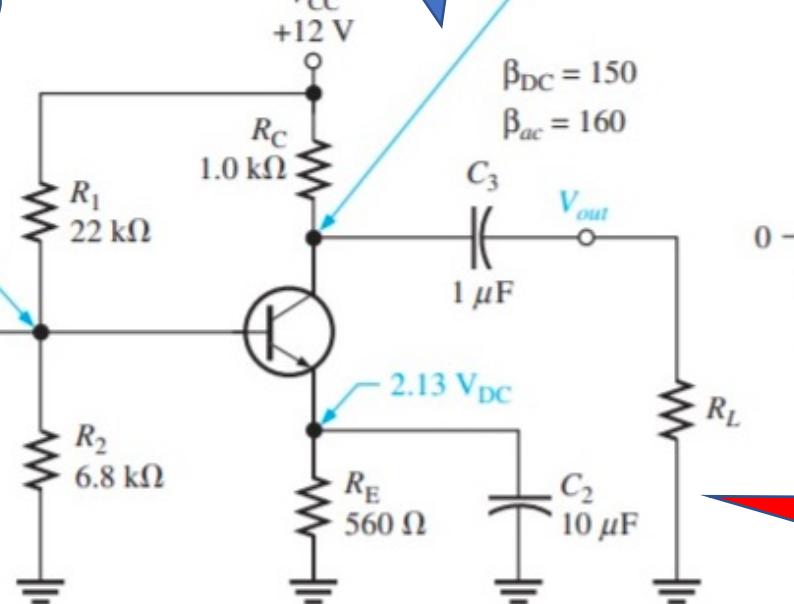
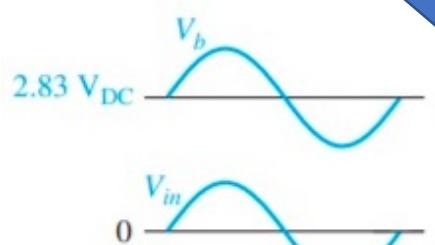
- Bản sao
- Tín hiệu vào cực B, ra ở cực C
  - Mạch Emítô chung đối với Transistor loại PNP và NPN



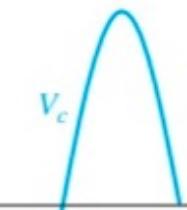
# Mạch Emítơ chung – EC (Common-Emitter)

- Bản sao
- Tín hiệu vào cực B, ra ở cực C
  - Cực E nối đất nhờ tụ C2

$C_1$  dẫn tín hiệu AC,  
chặn DC



$C_3$  dẫn tín hiệu AC,  
chặn DC



Dạng tín hiệu tại E là?

# Mạch Emítơ chung (EC)– Common-Emitter(CE)

Bản  
Đồ

## • Đặc điểm:

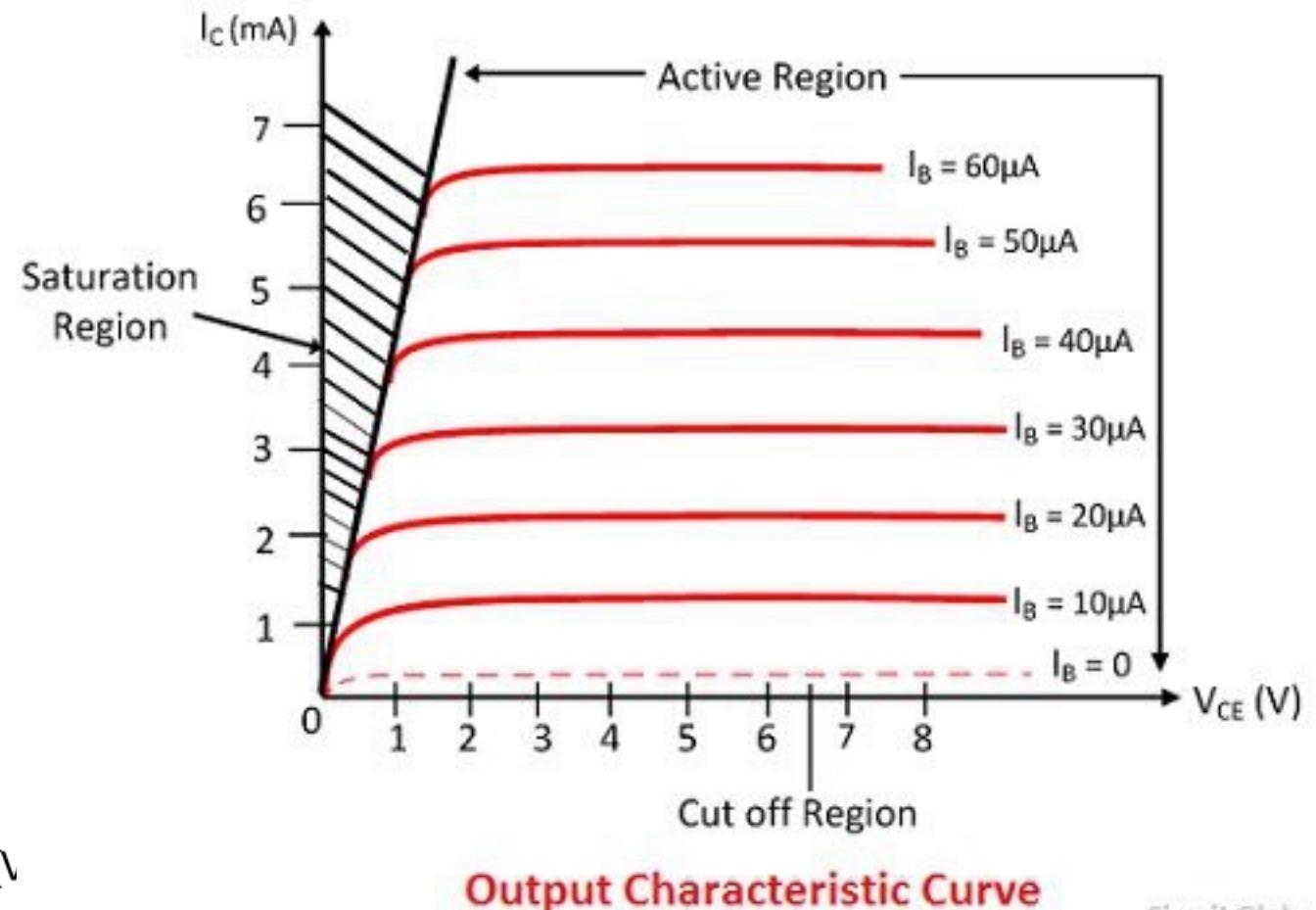
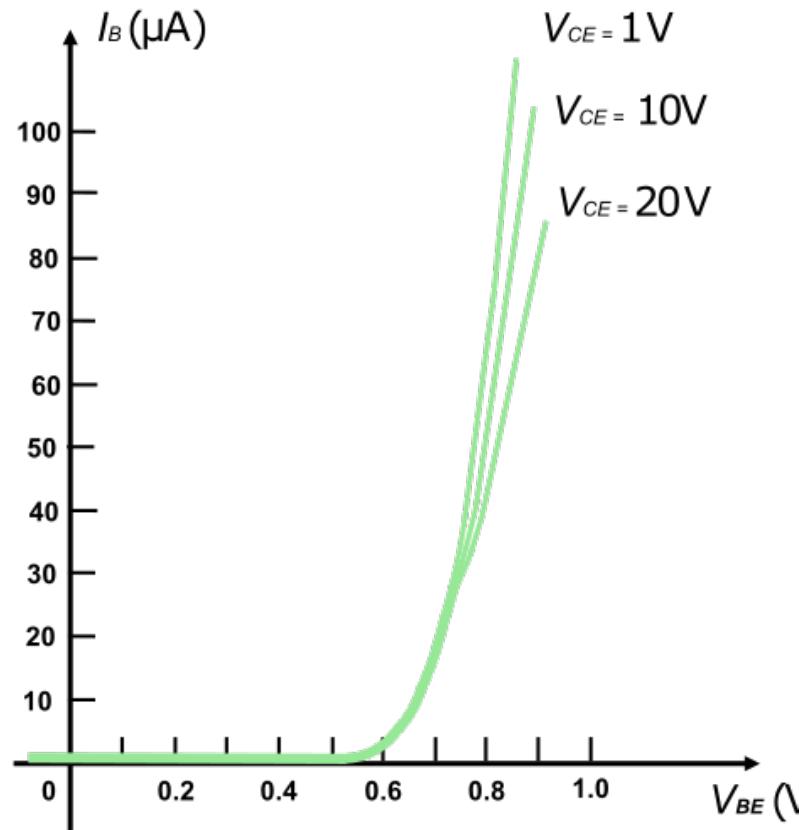
- Tín hiệu ra ngược pha với tín hiệu vào
- Trở kháng vào:  $R_{in} \approx R_1 // R_2 // (\beta_{ac}.r'_e)$
- Trở kháng ra:  $R_{out} \approx R_C$
- Hệ số khuếch đại điện áp:  $K_u \approx (R_C // R_L)/r'_e$
- Hệ số khuếch đại dòng điện:  $K_i \approx I_C/I_{in}$

## • Nhận xét:

- Hệ số khuếch đại điện áp lớn
- Hệ số khuếch đại dòng điện lớn
- Rất thông dụng
- Nếu bỏ tụ  $C_2 \Rightarrow$  tồn tại  $R_E \Rightarrow$  thay  $r'_e$  bằng  $(r'_e + R_E) \Rightarrow R_{in} tăng, K_u giảm$
- Nếu bỏ một phần tụ  $C_2$  thì sao?

# Họ đặc tuyến của mạch EC

Bản • BJT loại NPN (Si)



# Họ đặc tuyến của mạch EC

Bản Sô

- Vùng tích cực (Active-Region): đây là vùng khuếch đại tín hiệu khi tiếp xúc Emitor phân cực thuận và tiếp xúc Colecto phân cực ngược
- Vùng bão hòa (Saturation-Region): khi cả 2 tiếp xúc Emitor và Colecto đều phân cực thuận. Khi này dòng IC tăng rất nhanh.
- Vùng cắt dòng (Cutoff-Region) nằm giưới đặc tuyến ứng với giá trị  $I_B = 0$ . Vùng này tiếp xúc Emitor và Colecto đều phân cực ngược. Với  $I_B = 0$ , có dòng dư –gọi là dòng  $I_{CE0}$ . Dòng này được xác định như trên với cực Bazơ hở ( $I_B = 0$ )
- Vùng đánh thủng (Breakdown – Region): Nếu  $U_{CB}$  quá lớn sẽ gây nên hiện tượng đánh thủng tiếp giáp Colecto làm dòng  $I_C$  tăng đột ngột

# Nội dung chương

Bản  
số

1. Cấu tạo
2. Nguyên lý làm việc
3. Các cách mắc BJT
4. Phân cực và điểm làm việc tĩnh
5. Chế độ khuếch đại và chế độ chuyển mạch
6. Sơ đồ tương đương của BJT

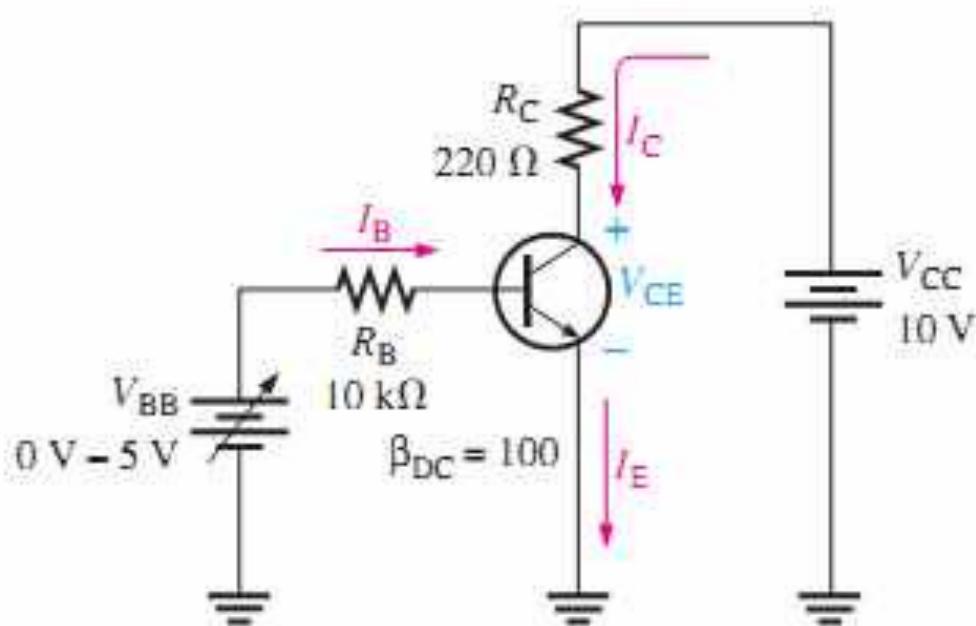
# Phân cực và điểm làm việc tĩnh

Bản Sơ Cours

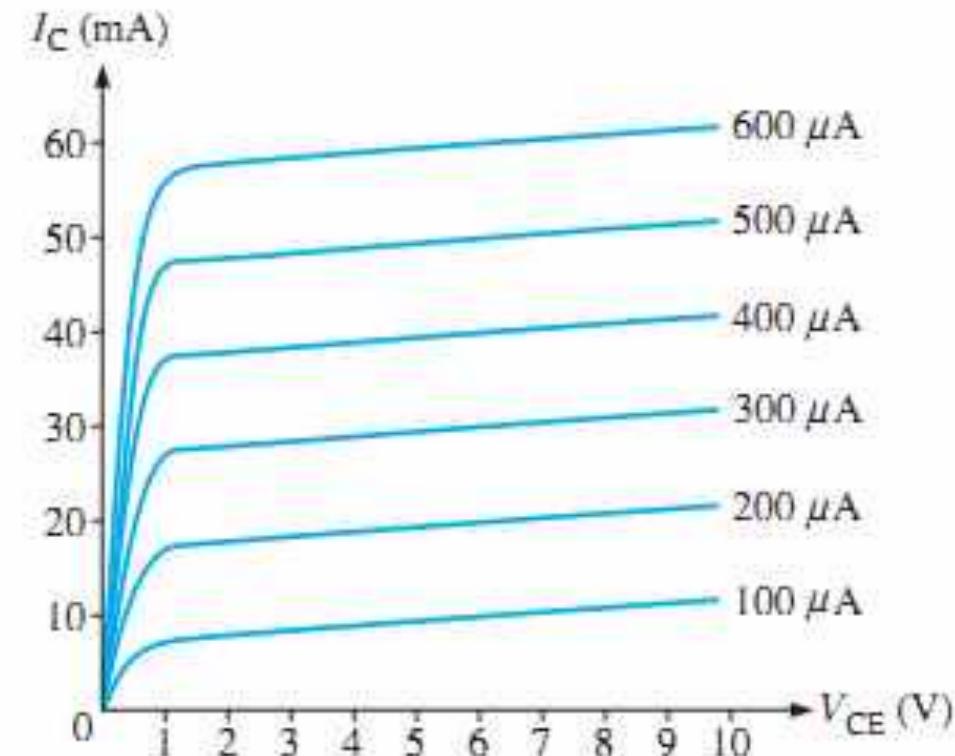
- Đường tải một chiều và điểm làm việc tĩnh
- Các kiểu phân cực cho transistor

# Đường tải một chiều và điểm làm việc tĩnh

Bản Sơ



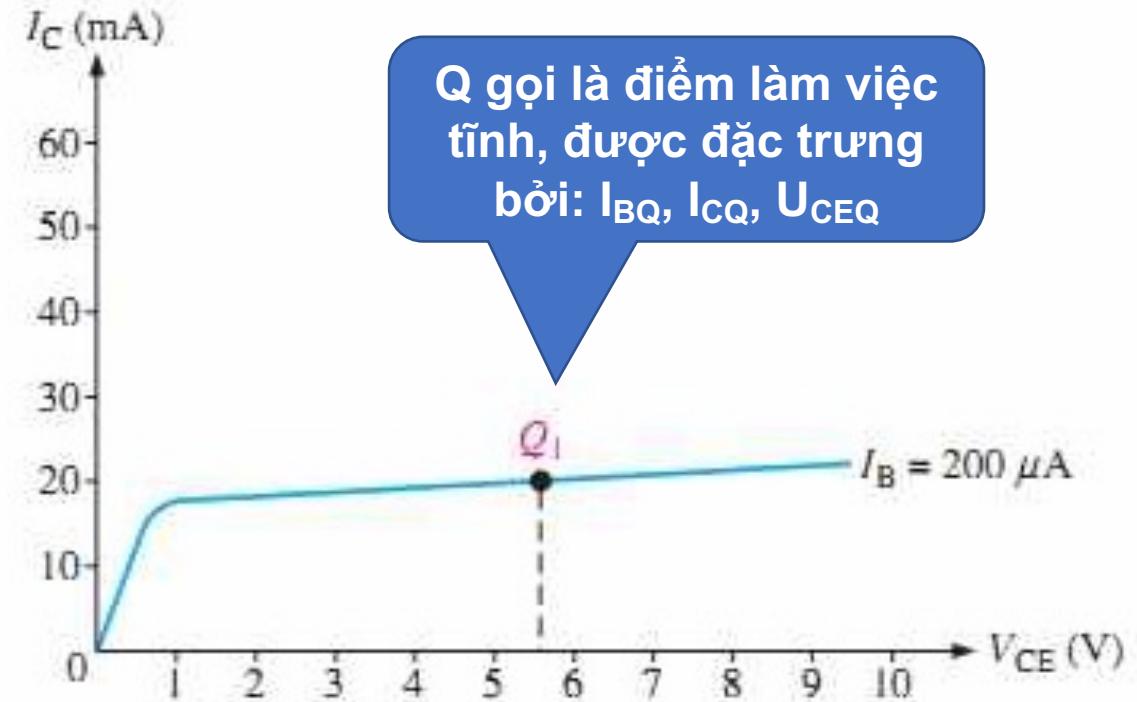
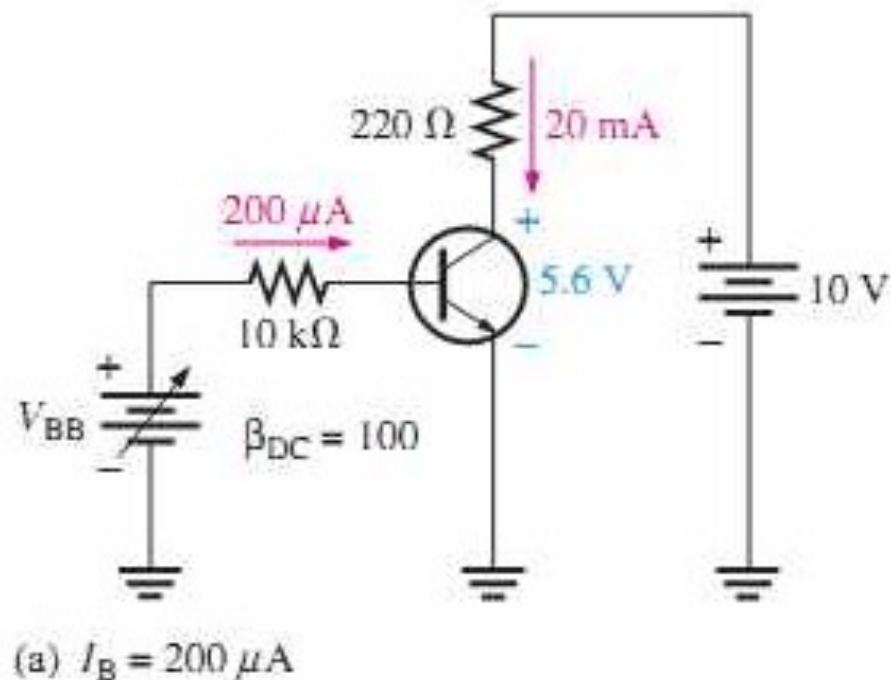
(a) DC biased circuit



(b) Collector characteristic curves

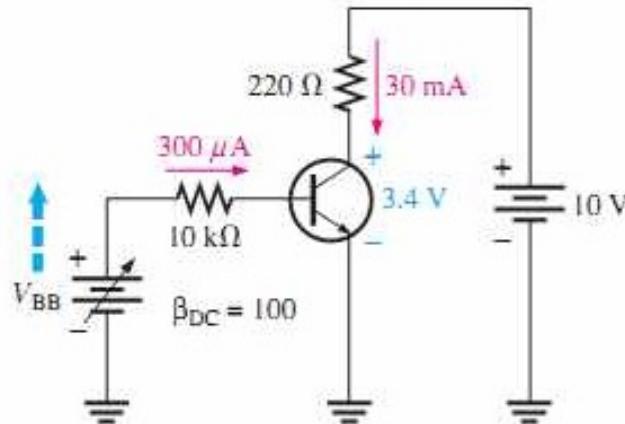
# Đường ~~tải~~<sup>số</sup> một chiều và điểm làm việc tĩnh

Bản ~~sơ~~ • Xét một mạch điện thực tế: sau khi phân cực nhưng chưa đưa tín hiệu vào => làm việc tĩnh

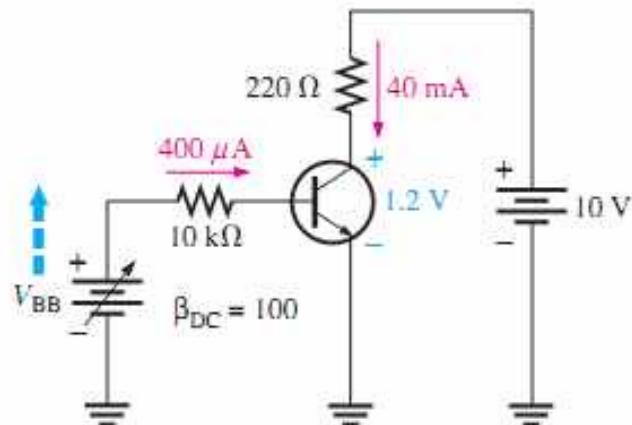


# Đường tải một chiều và điểm làm việc tĩnh

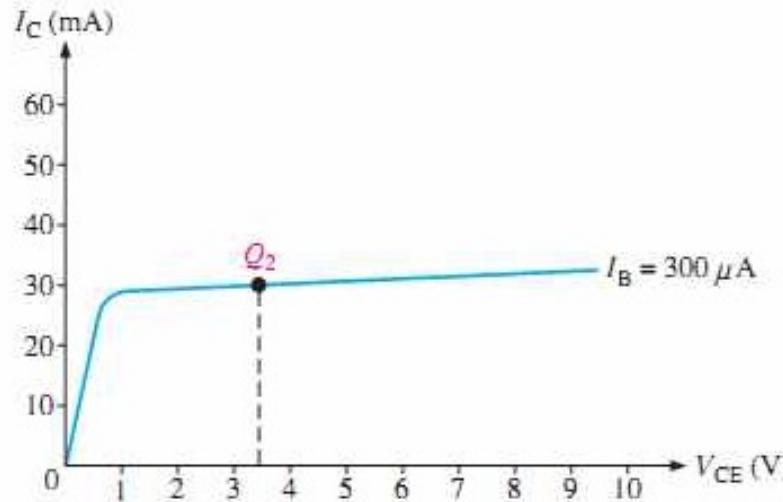
Bài



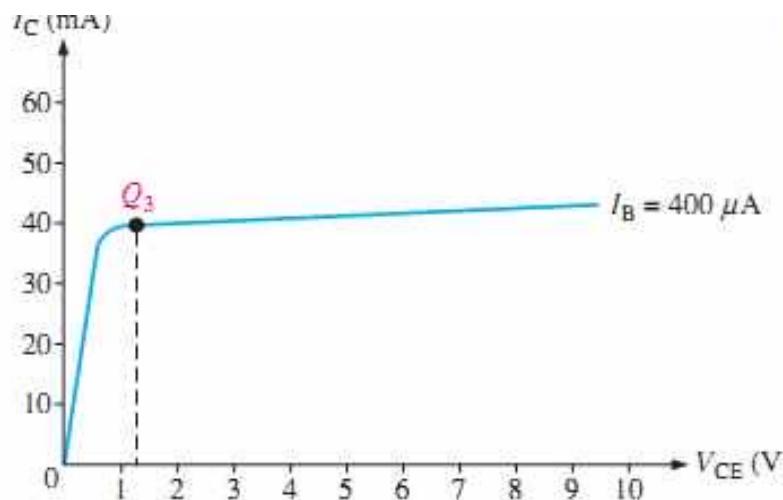
(b) Increase  $I_B$  to  $300 \mu A$  by increasing  $V_{BB}$



(c) Increase  $I_B$  to  $400 \mu A$  by increasing  $V_{BB}$



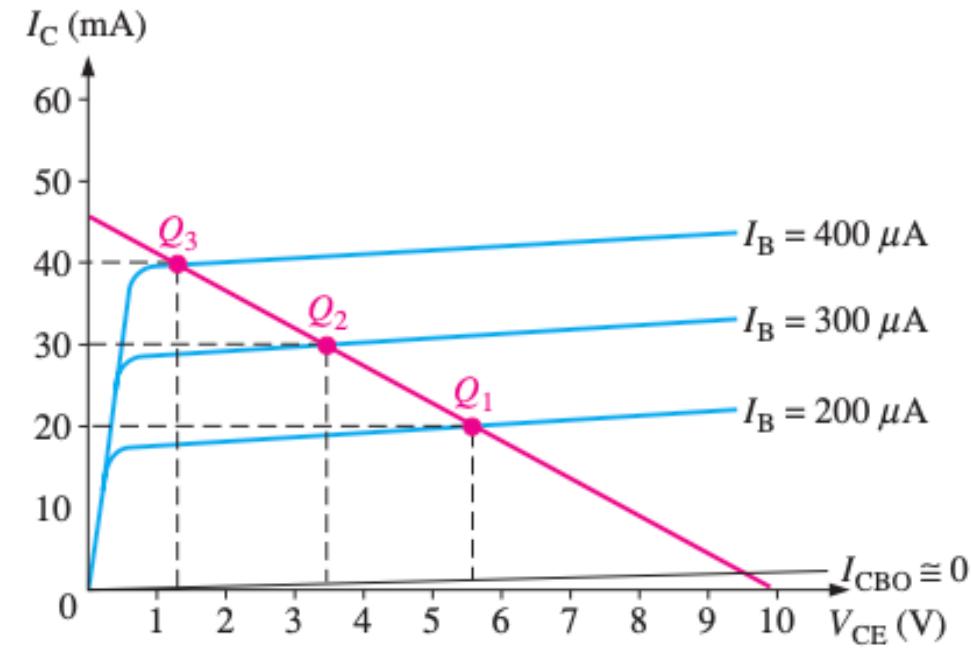
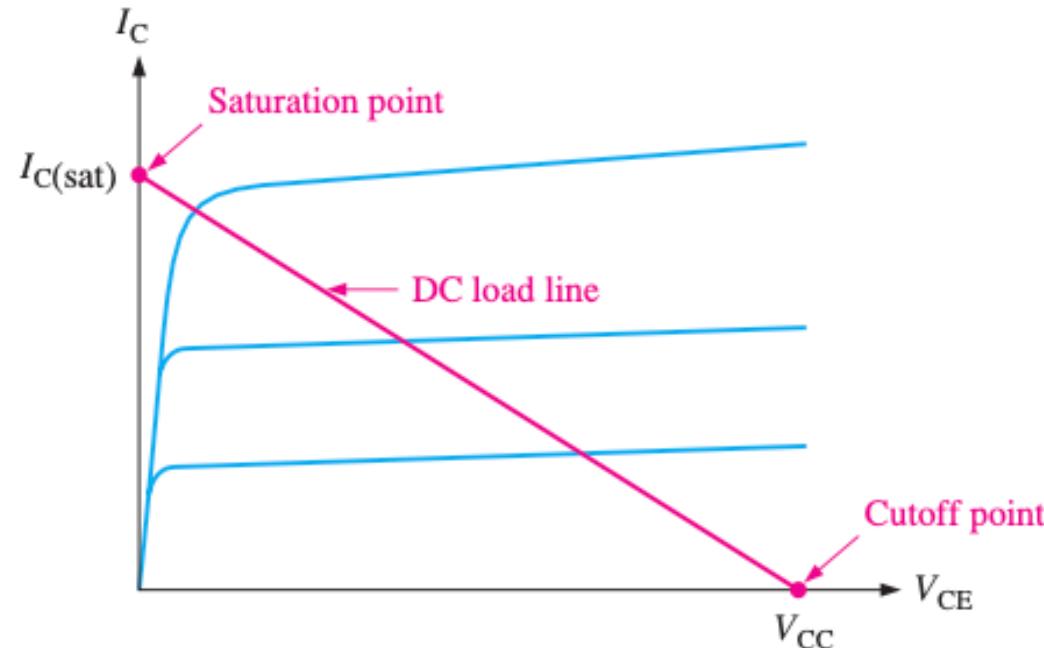
- Tăng  $I_B$   
=>  $I_C$  tăng,  $U_{CE}$  giảm



# Đường tải một chiều và điểm làm việc tĩnh

Bản Sơ Tạo

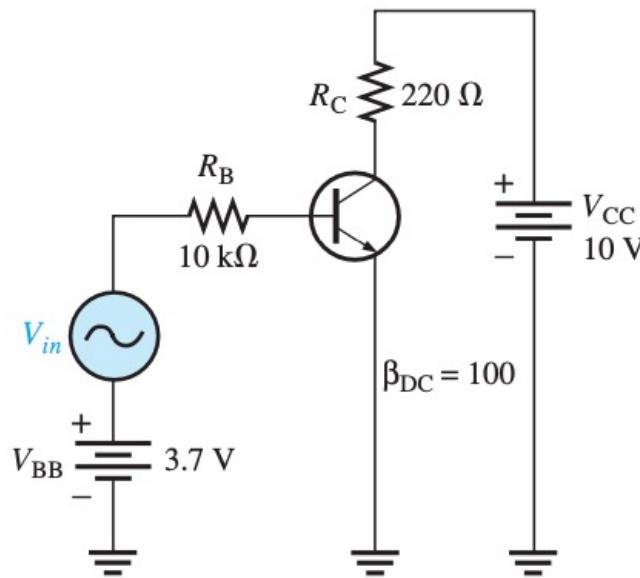
- Quỹ tích của Q (khi  $I_B$  thay đổi) tạo thành một đường thẳng
- Phương trình:  $E_C = I_C \cdot R_C + U_{CE} \Rightarrow$  Đường tải một chiều (DC load line)



# Bản

# Đường tải một chiều và điểm làm việc tĩnh

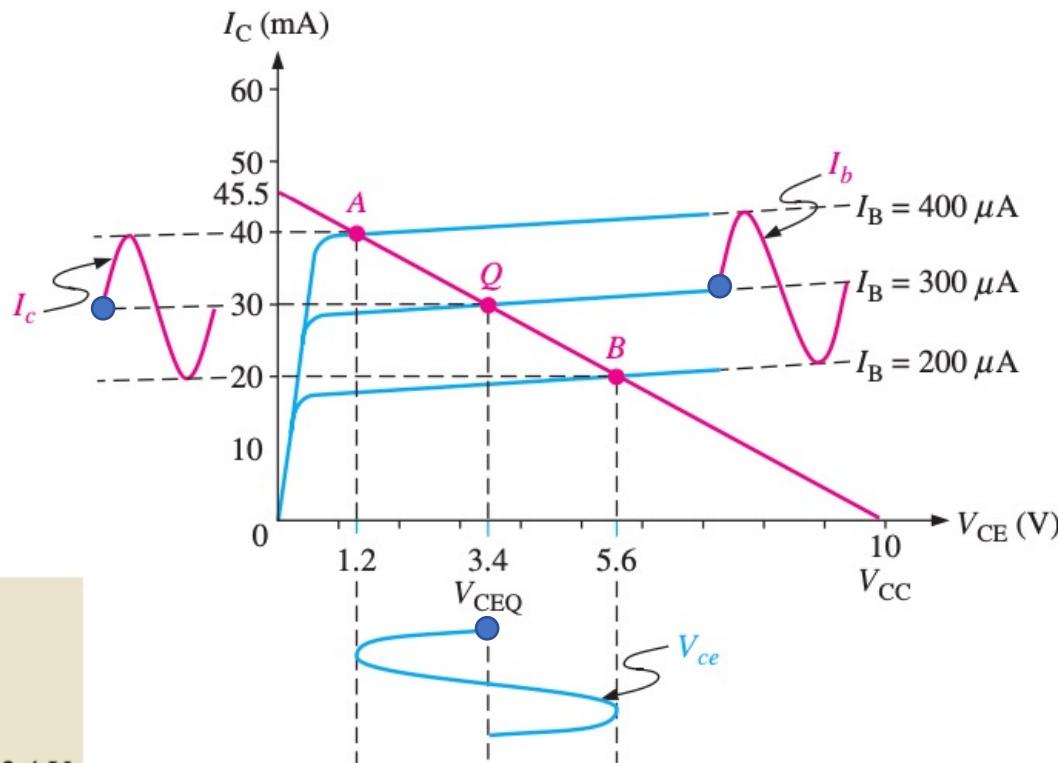
- Khi có tín hiệu vào (chế độ động)  $\Rightarrow I_B$  biến thiên  $\Rightarrow I_C$  và  $U_{CE}$  thay đổi theo (xung quanh Q)



$$I_{BQ} = \frac{V_{BB} - 0.7\text{ V}}{R_B} = \frac{3.7\text{ V} - 0.7\text{ V}}{10\text{ k}\Omega} = 300\text{ }\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta_{DC} I_{BQ} = (100)(300\text{ }\mu\text{A}) = 30\text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C = 10\text{ V} - (30\text{ mA})(220\text{ }\Omega) = 3.4\text{ V}$$



- Chú ý: Có cả đường tải xoay chiều, khác đường tải một chiều

# Đường tải một chiều và điểm làm việc tĩnh

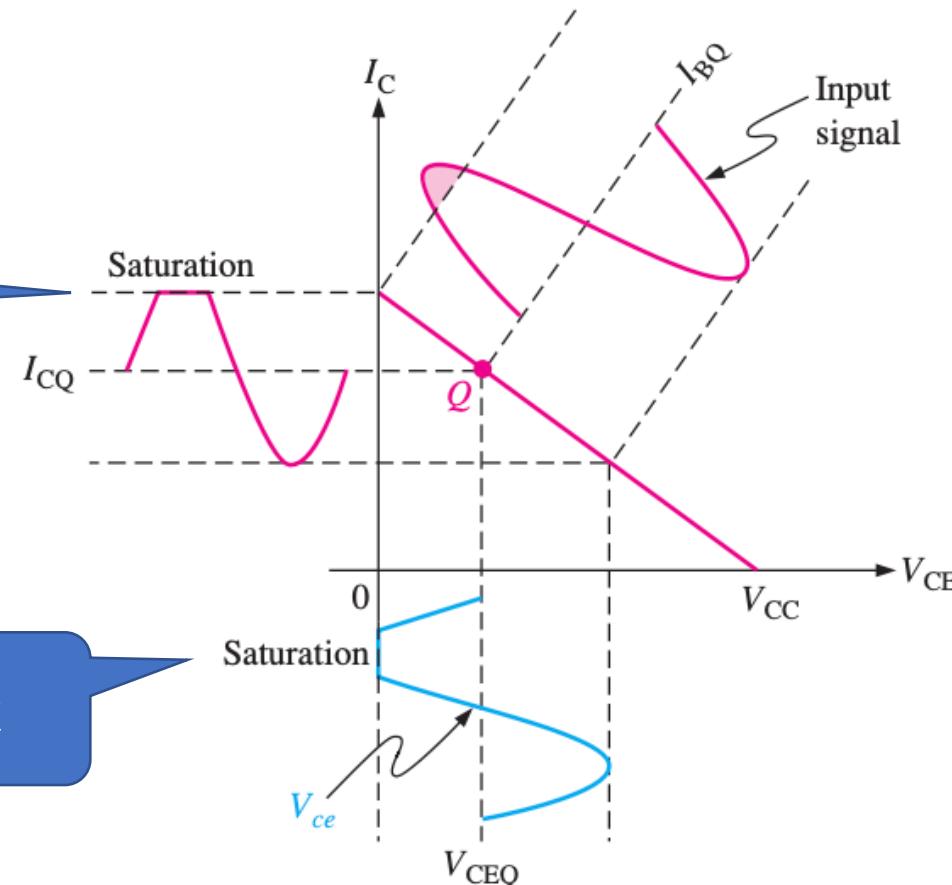
Bản Võ  
Sơ

Vị trí của Q tác động tới tín hiệu ra?

- TH1: Q lệch lên trên

IC bị bão hoà

$U_{CE}$  bị cắt



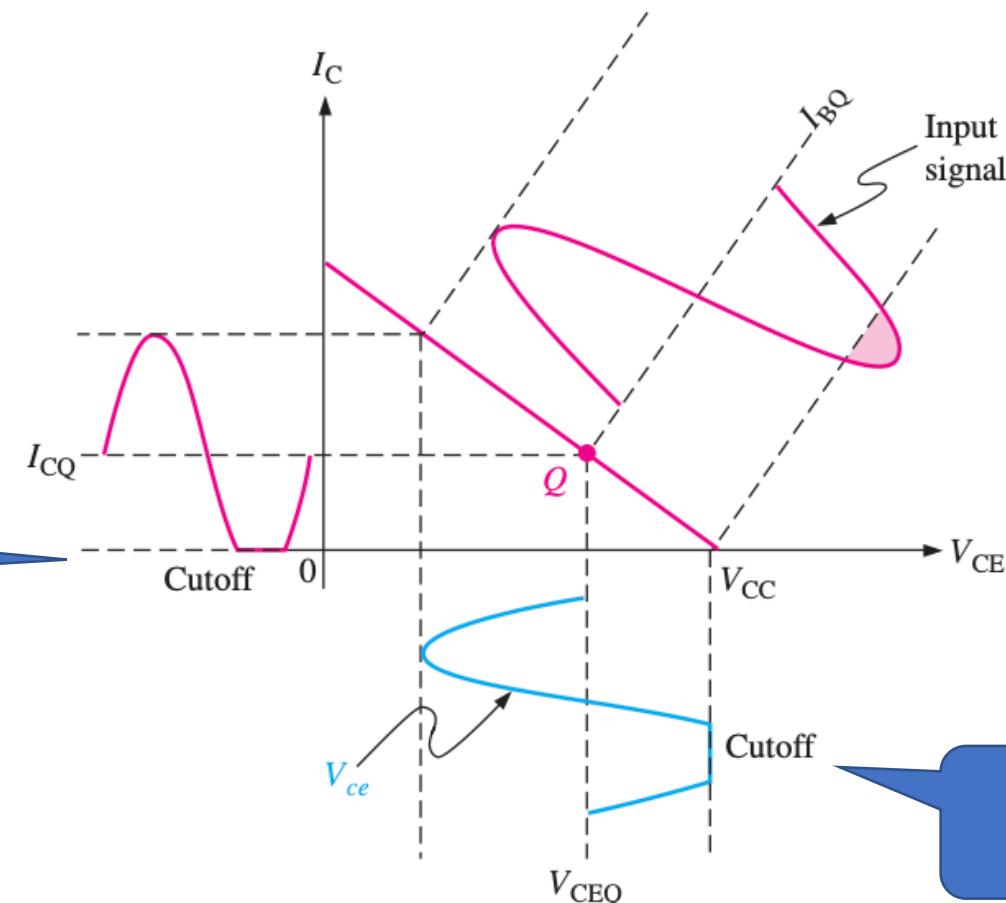
(a) Transistor is driven into saturation because the Q-point is too close to saturation for the given input signal.

# Đường ~~tải~~<sup>số</sup> một chiều và điểm làm việc tĩnh

Bản Vị trí của Q của Q tác động tới tín hiệu ra?

- TH2: Q lệch xuống dưới

I<sub>C</sub> bị cắt



$U_{CE}$  bị cắt

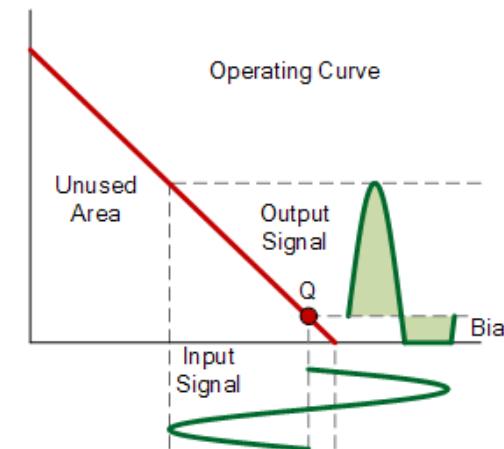
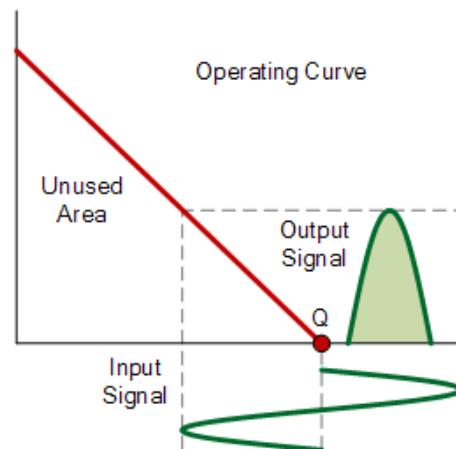
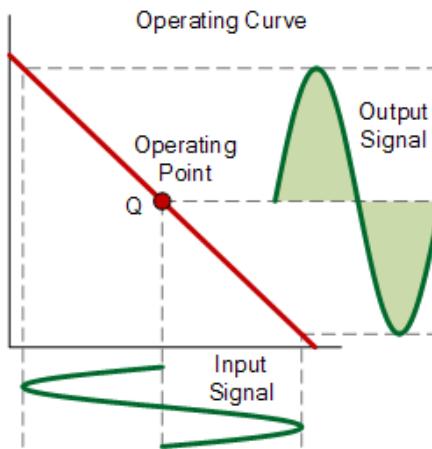
(b) Transistor is driven into cutoff because the Q-point is too close to cutoff for the given input signal.

# Đường tải một chiều và điểm làm việc tĩnh

Bản Sơ

Rõ ràng là vị trí của Q tác động tới chế độ khuếch đại của mạch:

- Chính giữa (chế độ A - class A): ít méo nhưng nhiệt sinh ra rất lớn,  
 $P_D = E_C^2 / 4R_C$
- Tại điểm cắt (chế độ B): nhiệt nhỏ nhưng bị méo  
=> “Thỏa hiệp” bằng chế độ AB nằm giữa A và B



# Phân cực và điểm làm việc tĩnh

Bản Sơ

- Đường tải một chiều và điểm làm việc tĩnh
- Các kiểu phân cực cho transistor

# Các kiểu phân cực cho transistor

Bản Sơ

- Phân cực (bias) là việc “cấp sẵn” các  $U_{DC}$  và  $I_{DC}$  vào transistor để xác lập điểm làm việc tĩnh => sẵn sàng làm việc khi “có tín hiệu”
- Có 5 kiểu cơ bản:
  - ✓ Phân cực Bazor
  - ✓ Phân cực hồi tiếp Emitor (\*)
  - ✓ Phân cực hồi tiếp Colecto
  - ✓ Phân cực bằng phân áp
  - ✓ Phân cực Emitor (\*\*)
- Chú ý: (\*) Tên gọi trong giáo trình: phân cực Emitor  
(\*\*) Không có trong giáo trình
- Mạch phân cực tốt khi điểm Q ít bị thay đổi khi  $\beta$  thay đổi (do nhiệt...)

# Các kiểu phân cực cho transistor

## ❖ Phân cực Bazo

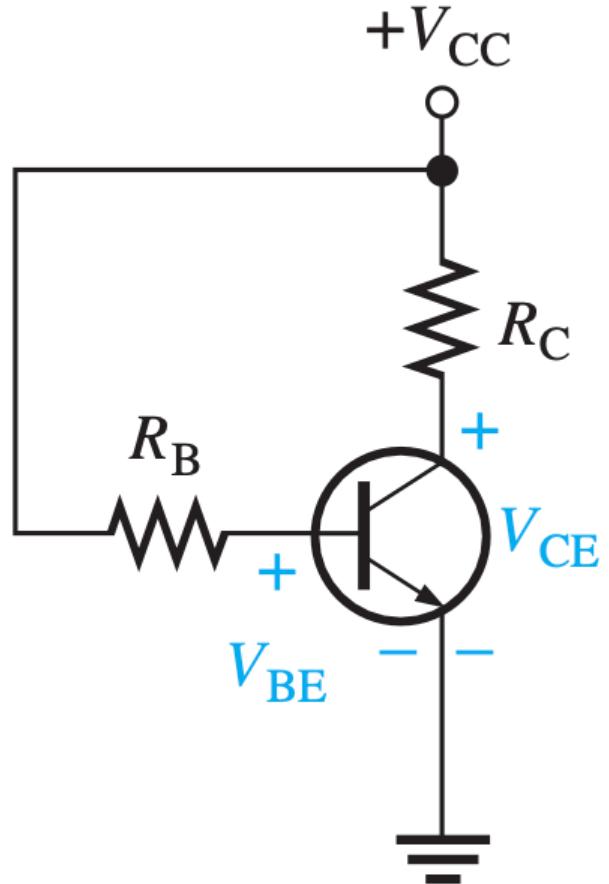
- Bản – Tên khác: phân cực (dòng) cố định
- Là kiểu đơn giản nhất
- Xác định điểm Q:

$$V_{CC} = V_{RB} + V_{BE} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_C = \beta I_B = \beta \left( \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \right)$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$



Base bias

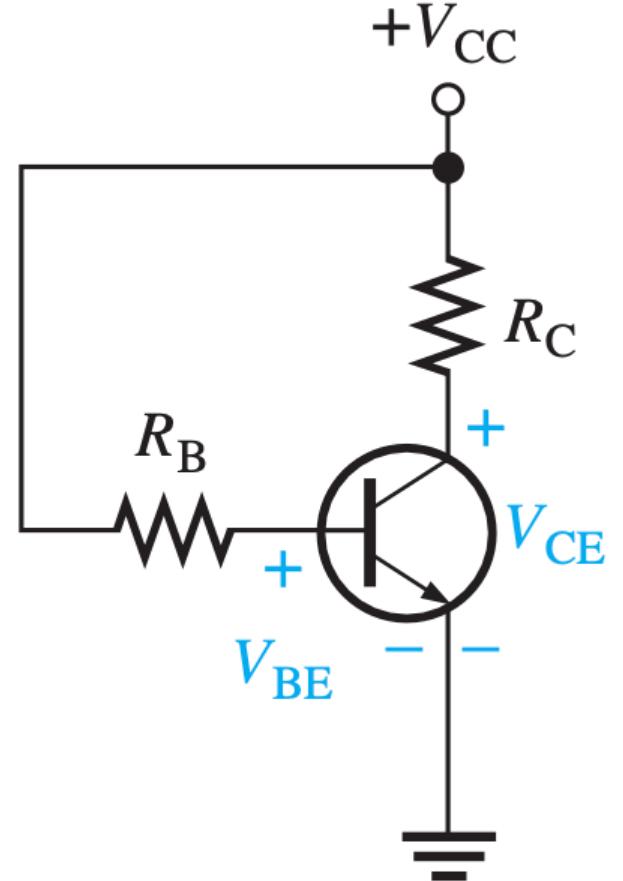
# Các kiểu phân cực cho transistor

## ❖ Phân cực Bazo

Bản

- Nhận xét:

- ✓  $I_C$  phụ thuộc mạnh vào  $\beta_{DC}$  do đó:
  - $Q$  di động theo nhiệt độ
  - $Q$  thay đổi mỗi khi thay transistor (kể cả cùng 1 loại)
- ✓ Thường chỉ dùng khi transistor hoạt động ở chế độ chuyên mạch

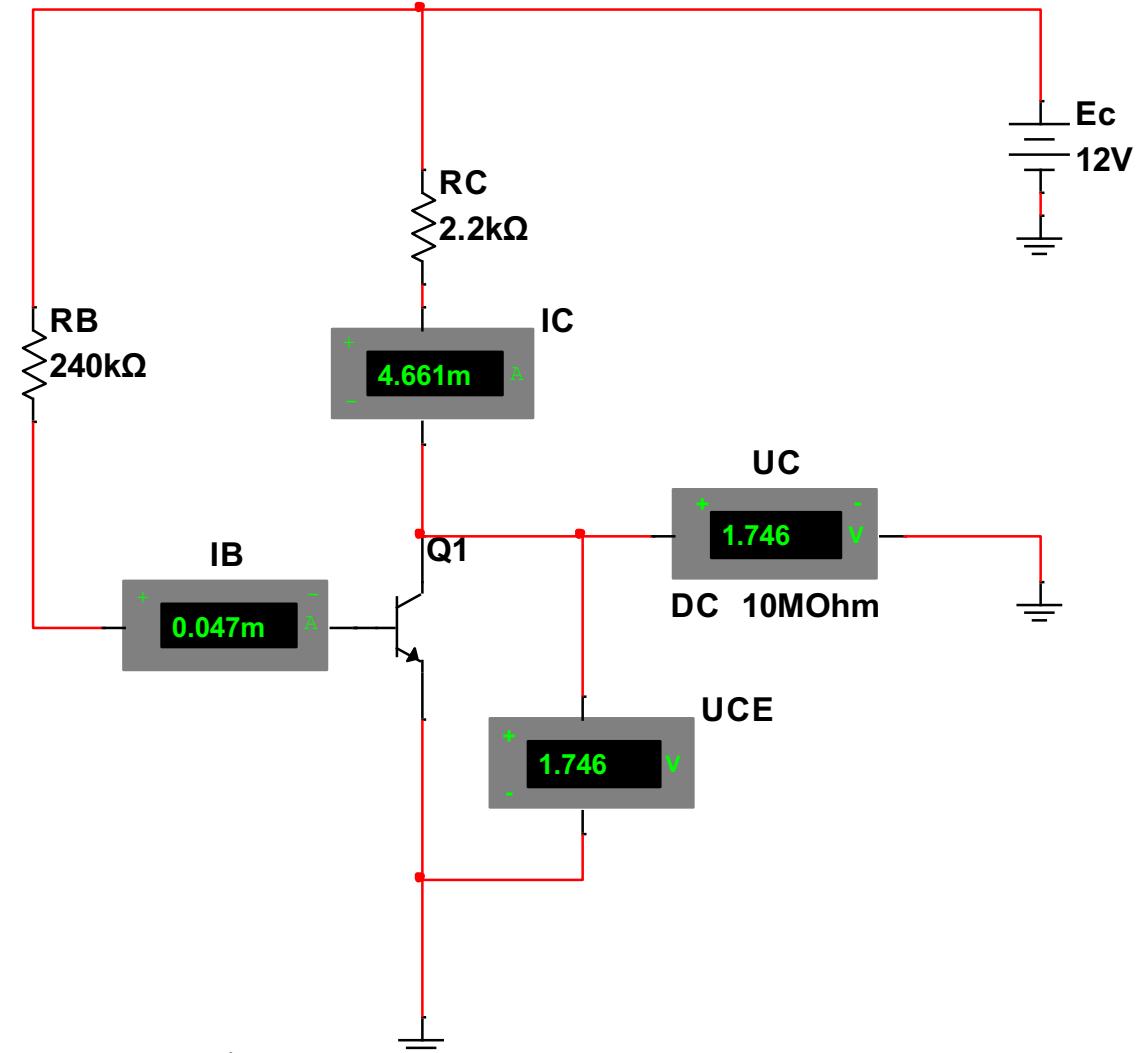


Base bias

# Ví dụ so thảo

## Bản

\* Tìm điểm Q? Vẽ đường tải?  $\beta=100$ ;  
 $U_{BE}=0,7V$



# Ví dụ so thảo

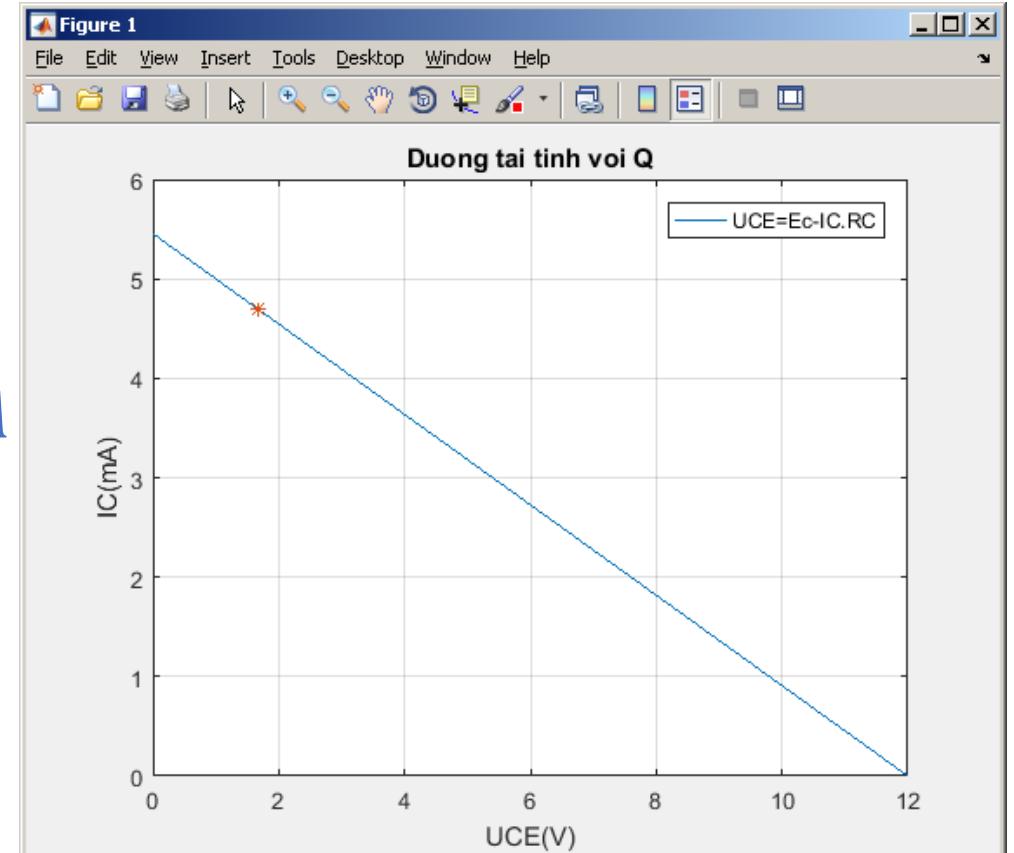
## ❖ Phân tích bài toán

Bản

Xác định điểm Q:

- $I_B = \frac{(E_C - U_{BE})}{R_B} = \frac{12 - 0.7}{240k} = 0.047 \text{ mA} = 47 \mu\text{A}$
- $I_C = \beta \times I_B = 100 \times 0.047 \mu\text{A} = 4.7 \text{ mA}$

- Vẽ đường tải một chiều



# Sự xê dịch điểm làm việc tĩnh Q khi nhiệt độ thay đổi

Ví dụ  $E_C = 8V$ ;  $R_B = 360K\Omega$ ;  $R_C = 2,2K\Omega$

Bản  $\beta_{dc} = h_{FE} = 100$  ở  $T = 25^0C$

$\beta_{dc} = h_{FE} = 150$  ở  $T = 100^0C$

Tìm điểm làm việc tĩnh Q tại nhiệt độ  $T = 25^0C$  và  $T = 100^0C$  (BJT là Si)

# Ví dụ

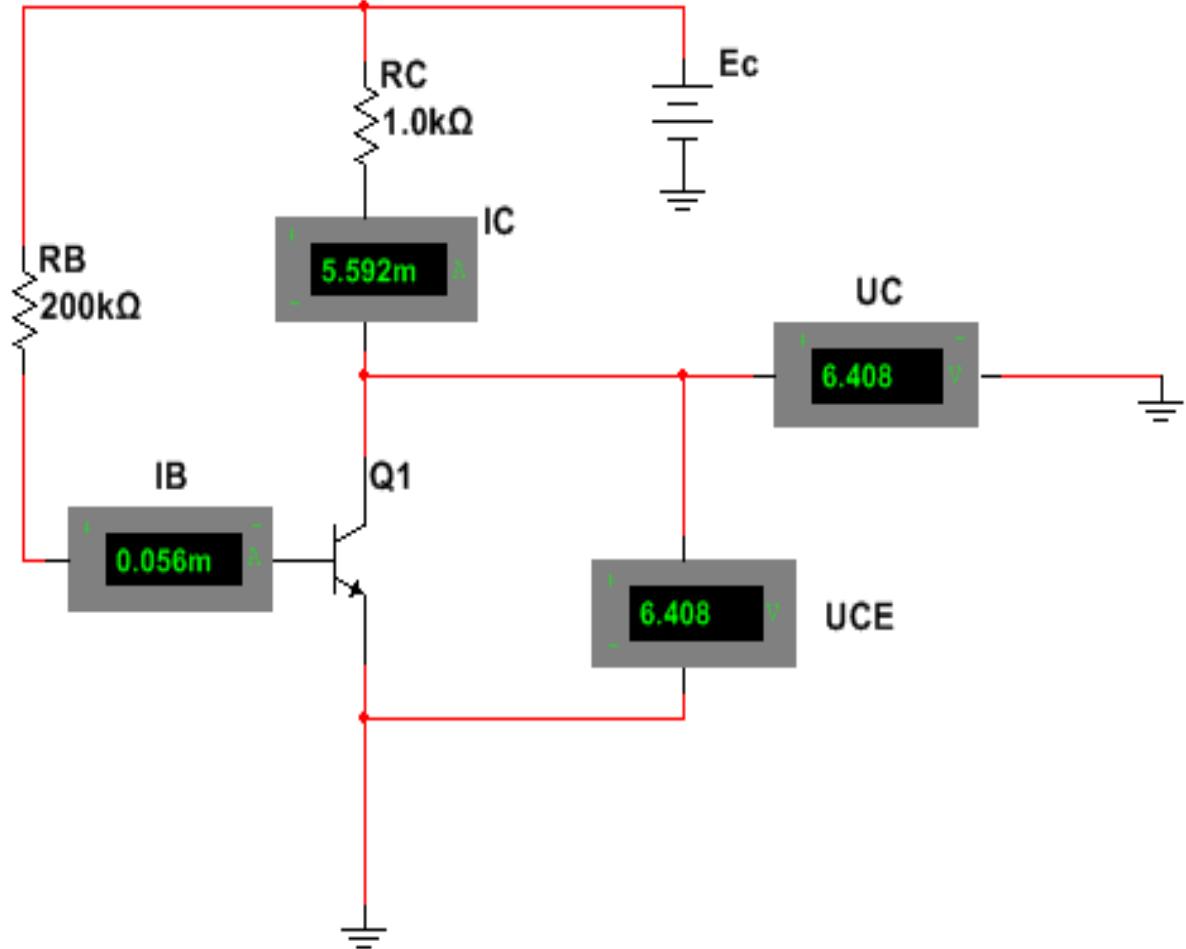
## Bản thảo

- Mạch mắc EC có  $R_B = 200\text{k}\Omega$ ,  $R_C = 1\text{k}\Omega$ , nguồn  $E_C=12\text{V}$ , transistor loại NPN, (Si) với  $\beta=100$

Theo tính toán lý thuyết

- $I_B = \frac{(E_C - U_{BE})}{R_B} = \frac{12 - 0.7}{200k} = 0.0565\text{mA}$
- $I_C = \beta \times I_B = 100 \times 0.0565\mu\text{A} = 5.65\text{ mA}$
- $U_{CE} = E_C - I_C \times R_C = 12 - 1000 \times 5.65\text{mA} = 6.35\text{ V}$

=> Nhận xét: Kết quả đo được gần đúng với tính toán theo lý thuyết



# Các kiểu phân cực cho transistor

Bản

## ❖ Phân cực hồi tiếp Emito

- ✓ Chú ý: tên trong giáo trình là “phân cực Emito”
- ✓ Điện trở  $R_E$  “feedback” sự thay đổi  $I_C$  ngược về  $I_B$
- ✓ Xác định điểm Q...

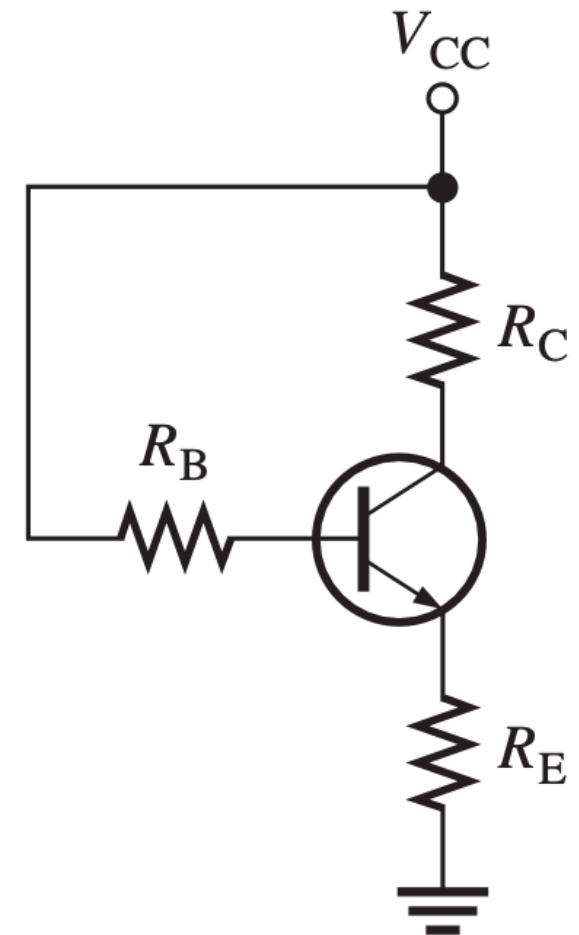
$$V_{CC} = V_{RB} + V_{BE} + V_{RE} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

Thay giá trị  $I_E = (\beta + 1)I_B$

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

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

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$



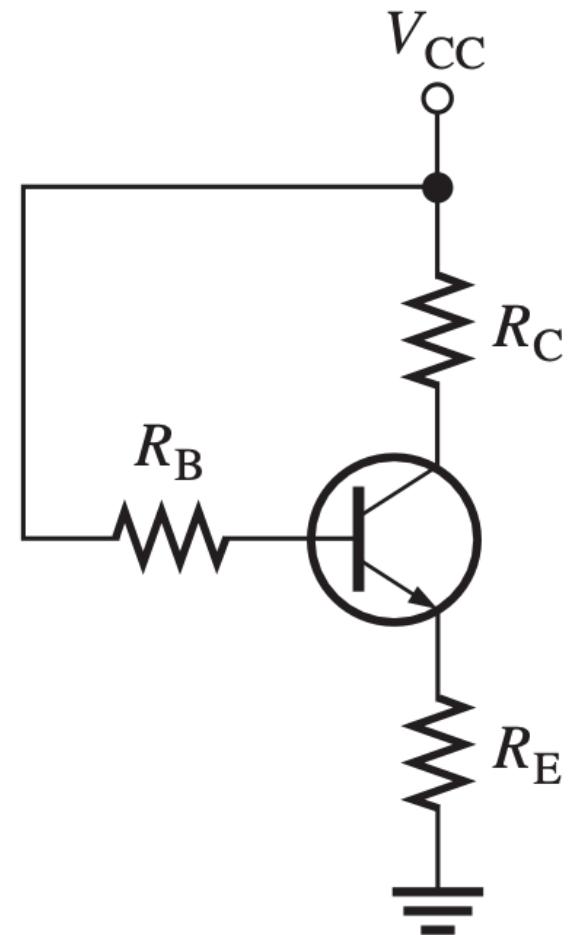
Emitter feedback bias

# Các kiểu phân cực cho transistor

## ❖ Phân cực hồi tiếp Emitter

Nhận xét:

- ✓  $R_E$  giúp giảm sự phụ thuộc của  $I_C$  vào  $\beta_{dc}$   
 $\Rightarrow$  giảm phụ thuộc  $t^o$
- ✓  $R_E$  giúp tăng trở kháng vào
- ✓ Nhược điểm:  $I_C$  và  $K_u$  bị giảm mạnh nếu  $R_E$  lớn



Emitter feedback bias

# Các kiểu phân cực cho transistor

Bản

## ❖ Phân cực hồi tiếp Colecto

- ✓ Điện trở  $R_B$  mắc giữa B và C  $\Rightarrow$  “Feedback” sự thay đổi sút áp trên  $R_C$  (tỷ lệ với  $I_C$ )
- ✓ Xác định điểm Q ( $I_B$ ,  $I_C$ ,  $U_{CE}$ ):

$$V_{CC} = V_{R_C} + V_{R_B} + V_{BE} = I_C R_C + I_B R_B + V_{BE}$$

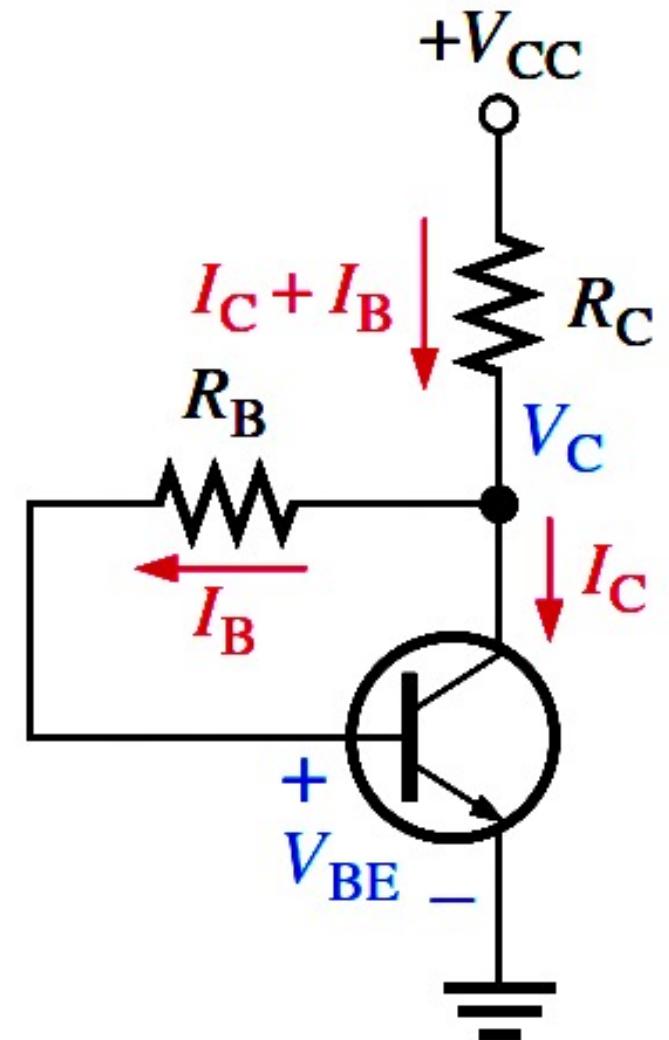
Thay giá trị  $I_C = \beta I_B$

$$V_{CC} = \beta I_B R_C + I_B R_B + V_{BE}$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_C} \Rightarrow I_C = \beta I_B = \beta \left( \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_C} \right)$$

$$V_{CC} = V_{R_C} + U_{CE}$$

$$\Rightarrow U_{CE} = V_{CC} - V_{R_C} = V_{CC} - \beta \left( \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_C} \right) R_C$$



Collector feedback bias

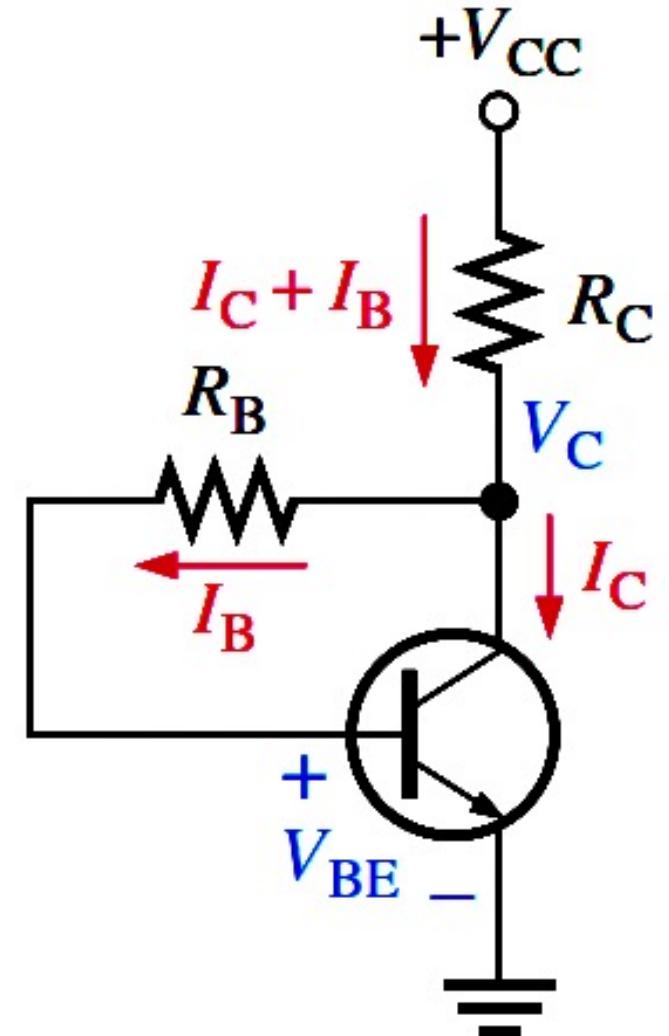
# Các kiểu phân cực cho transistor

## ❖ Phân cực hồi tiếp Colecto

Bản

Nhận xét:

- ✓  $R_C$  giúp giảm sự phụ thuộc của
- ✓  $I_C$  vào  $\beta_{dc} \Rightarrow$  giảm phụ thuộc t°
- ✓ Mạch có độ ổn định tốt nhưng đặc tính xoay chiều không tốt



Collector feedback bias

# Các kiểu phân cực cho transistor

Bản

## ❖ Phân cực bằng phân áp

- ✓ R<sub>1</sub> và R<sub>2</sub> tạo thành mạch phân áp (mạch chia áp)
- ✓ Xác định điểm Q (I<sub>B</sub>, I<sub>C</sub>, U<sub>CE</sub>) (gần đúng):

Giả thiết I<sub>B</sub> << I<sub>2</sub>

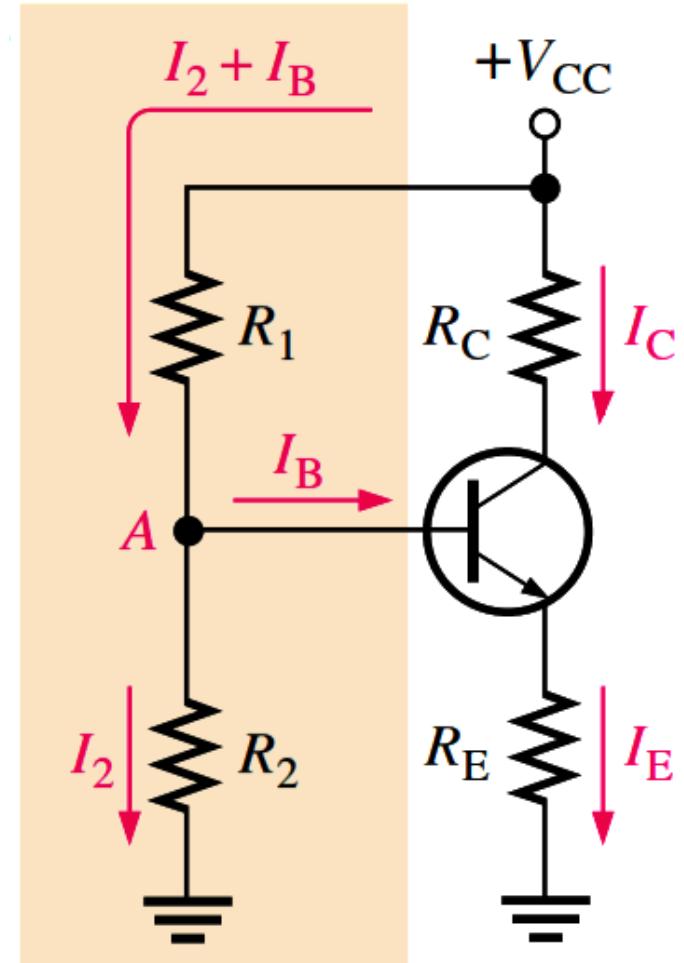
$$V_B \approx \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{CC}$$

$$\Rightarrow V_E = V_B - V_{BE}$$

$$\Rightarrow I_C \approx I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

$$\Rightarrow I_B = I_C / \beta$$

$$\Rightarrow U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$



Voltage-divider bias

# Các kiểu phân cực cho transistor

Bản

## ❖ Phân cực bằng phân áp

- ✓ Xác định điểm Q ( $I_B$ ,  $I_C$ ,  $U_{CE}$ ) (đúng): biến đổi tương đương Thevenin, với

$$V_{BB} = V_{th} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{CC}$$

$$R_B = R_{th} = \left( \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

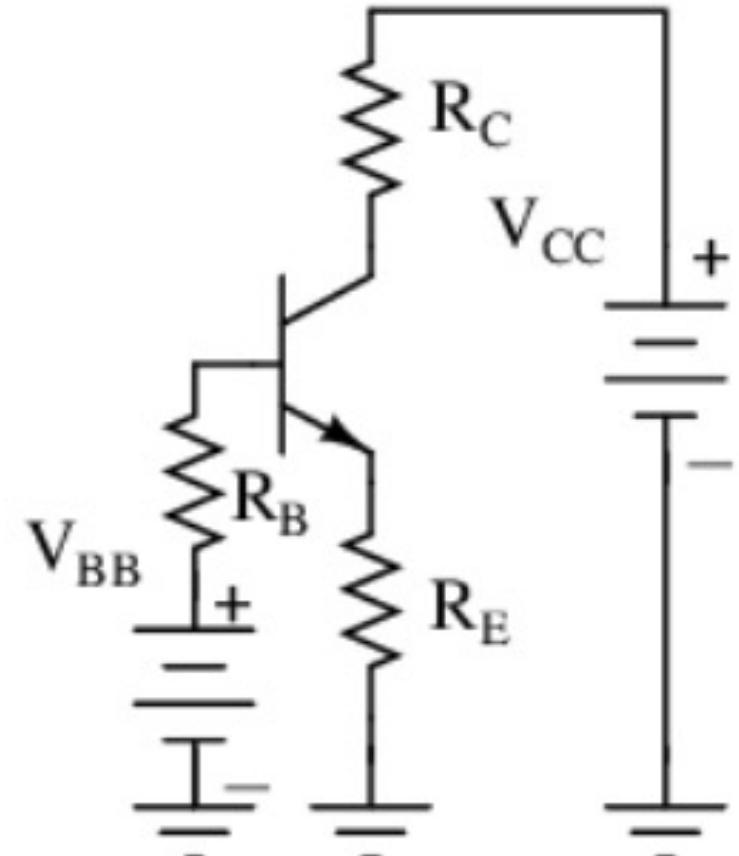
$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE} + V_{RE} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

Thay giá trị  $I_E = (\beta + 1)I_B$

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

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

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$



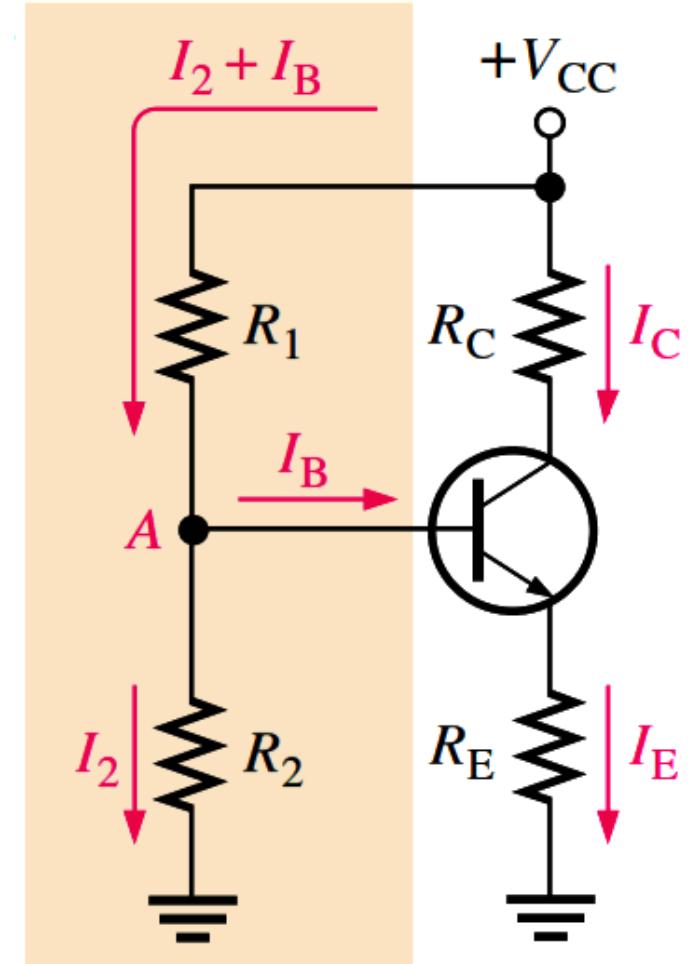
Voltage-divider bias

# Các kiểu phân cực cho transistor

Bản

Nhận xét

- ✓  $R_E$  giúp giảm sự phụ thuộc của  $I_C$  vào  $\beta_{DC}$   
=> giảm phụ thuộc t<sup>o</sup>
- ✓ Thông thường,  $I_B$  khá nhỏ so với dòng qua  $R_1$  và  $R_2$  =>  $U_A$  ít phụ thuộc transistor => các điện áp phân cực gần như không đổi
- ✓ Mạch hoạt động rất ổn định, ít phụ thuộc vào sự đồng đều của transistor => tốt cho sản xuất hàng loạt



Voltage-divider bias

# Các kiểu phân cực cho transistor

Bản

## ❖ Phân cực Emitter

- ✓ Chú ý: Không có trong giáo trình
- ✓ Sử dụng cả nguồn dương ( $V_{CC}$ ) và âm (quy ước  $V_{EE} > 0$ )
- ✓ Xác định điểm Q ( $I_B$ ,  $I_C$ ,  $U_{CE}$ ):

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

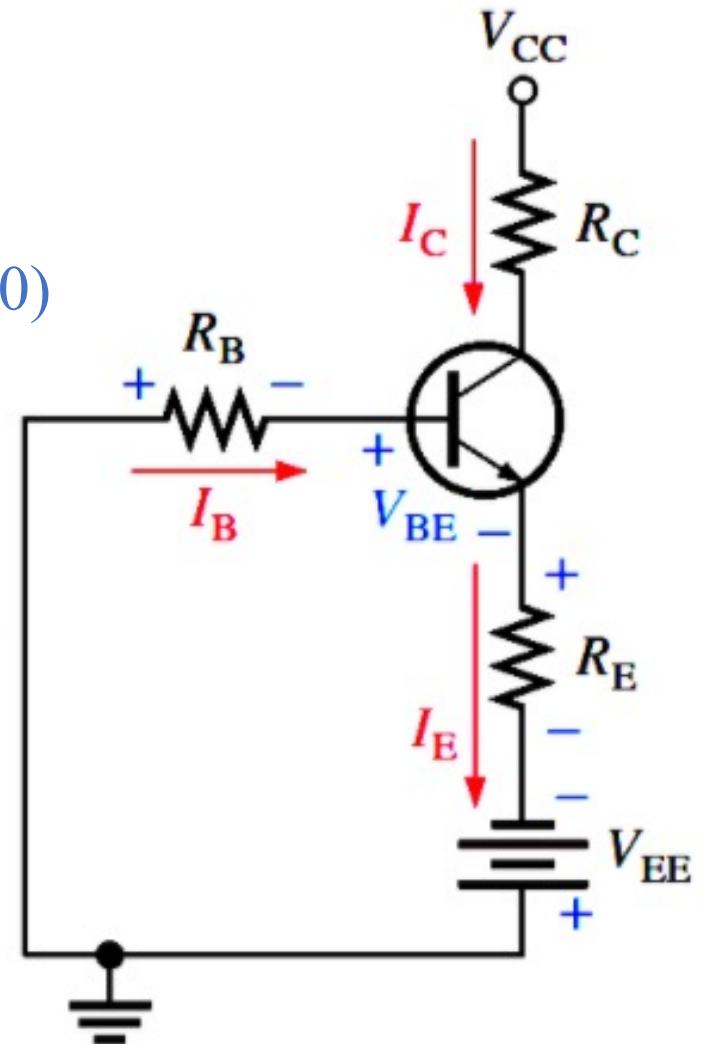
Thay giá trị  $I_E = (\beta + 1)I_B$

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

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

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

$$\approx V_{CC} + V_{EE} - I_C (R_C + R_E)$$



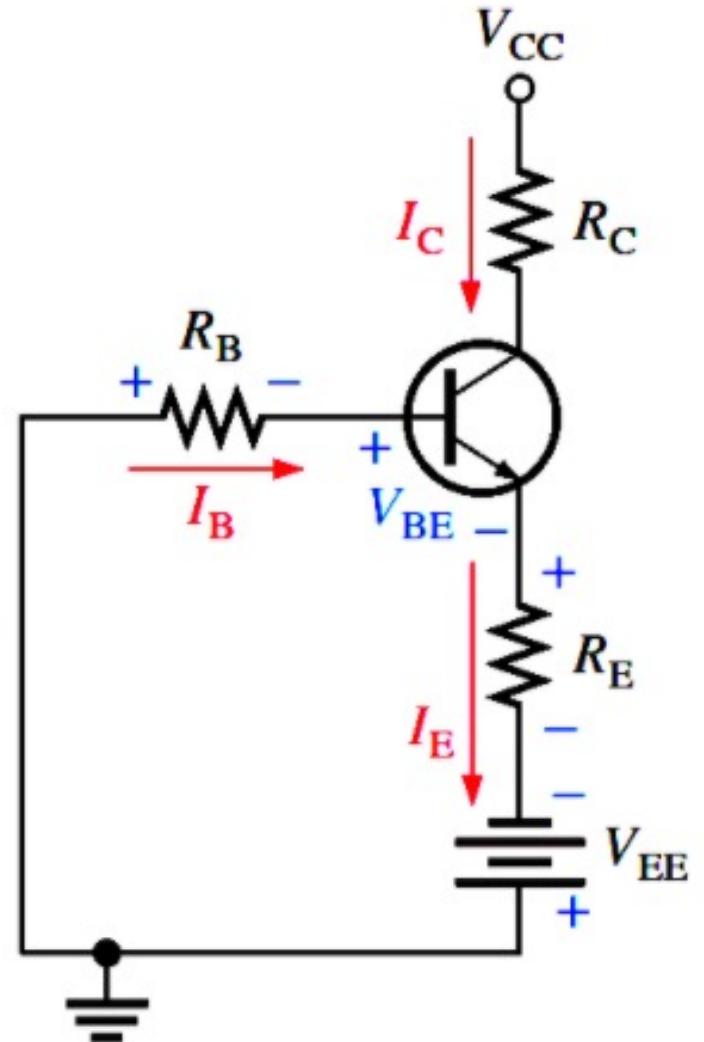
Emitter bias

# Các kiểu phân cực cho transistor

Nhận xét:

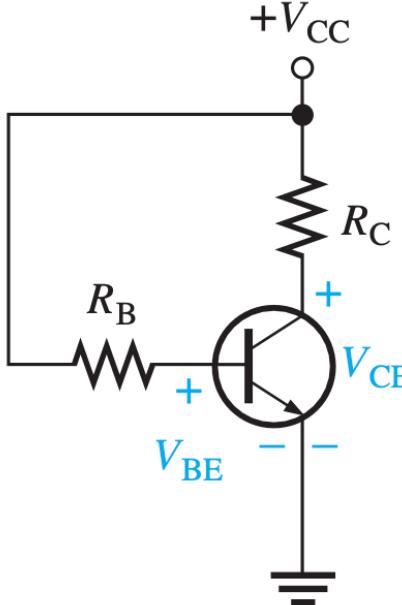
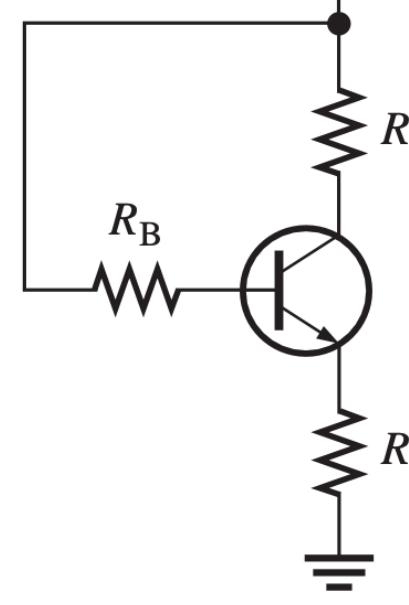
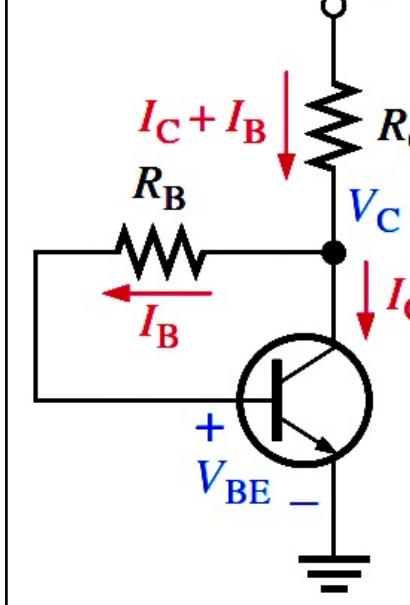
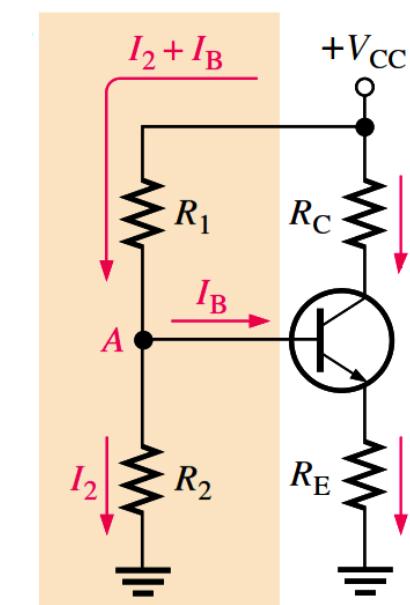
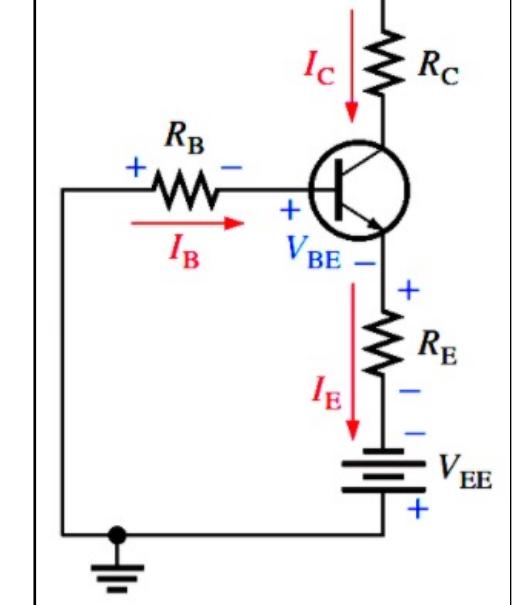
Điểm làm việc rất ổn định, ít phụ thuộc  $\beta_{dc}$  và nhiệt độ

✓ Nhược điểm: cần thêm nguồn âm  $V_{EE}$   
=> phiền hà, ít dùng



Emitter bias

# Các kiểu phân cực cho transistor

Bazo	Hồi tiếp Emitter	Hồi tiếp Collector	Phân áp	Emito
<p>Kém ổn định, chỉ dùng cho mạch đóng cắt</p> 	<p>Ôn định tốt</p> 	<p>Ôn định tốt</p> 	<p>Ôn định rất tốt, độ đồng đều cao, thông dụng nhất</p> 	<p>Ôn định tốt, cần thêm nguồn âm</p> 

# Nội dung chương

Bản  
số

1. Cấu tạo
2. Nguyên lý làm việc
3. Các cách mắc BJT
4. Phân cực và điểm làm việc tĩnh
5. Chế độ khuếch đại và chế độ chuyển mạch
6. Sơ đồ tương đương của BJT

# Chế độ khuếch đại và chế độ chuyển mạch

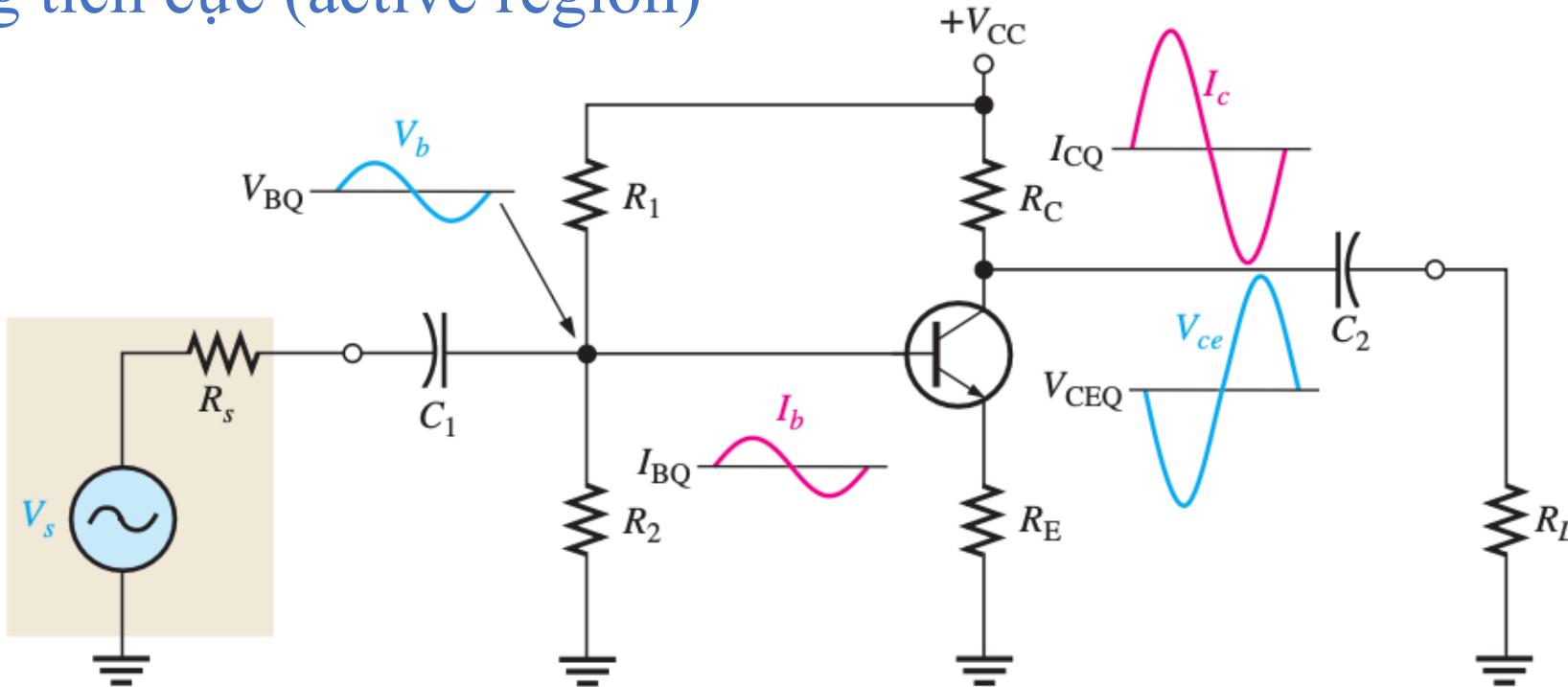
- Chế độ khuếch đại tuyến tính
- Chế độ chuyển mạch

# Chế độ khuếch đại

Bản  
sơ

- Khuếch đại tuyến tính = linear amplification

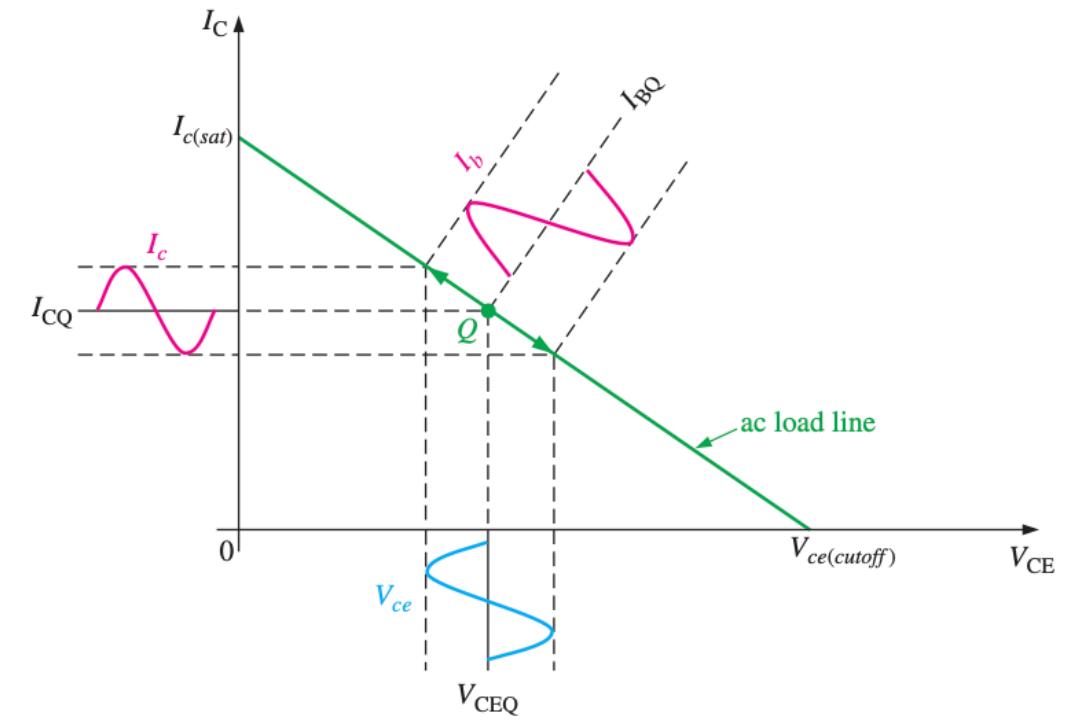
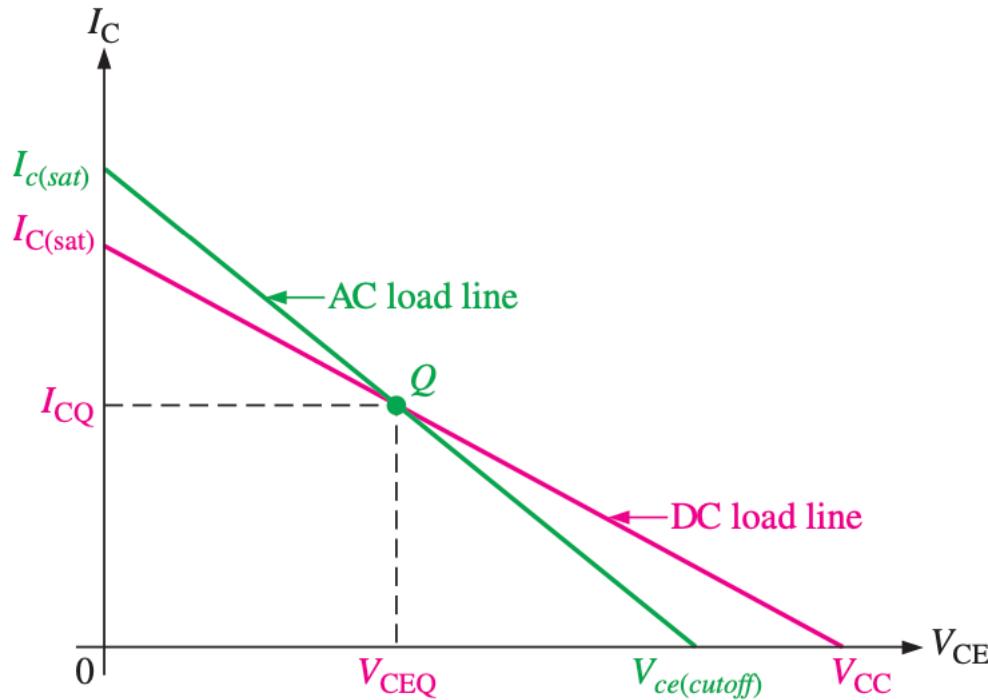
- Tín hiệu ra (dòng, áp,...) =  $K \times$  tín hiệu vào
- Transistor làm việc ở chế độ khuếch đại => làm việc chủ yếu trong vùng tích cực (active region)



# Chế độ khuếch đại

Bản Sơ

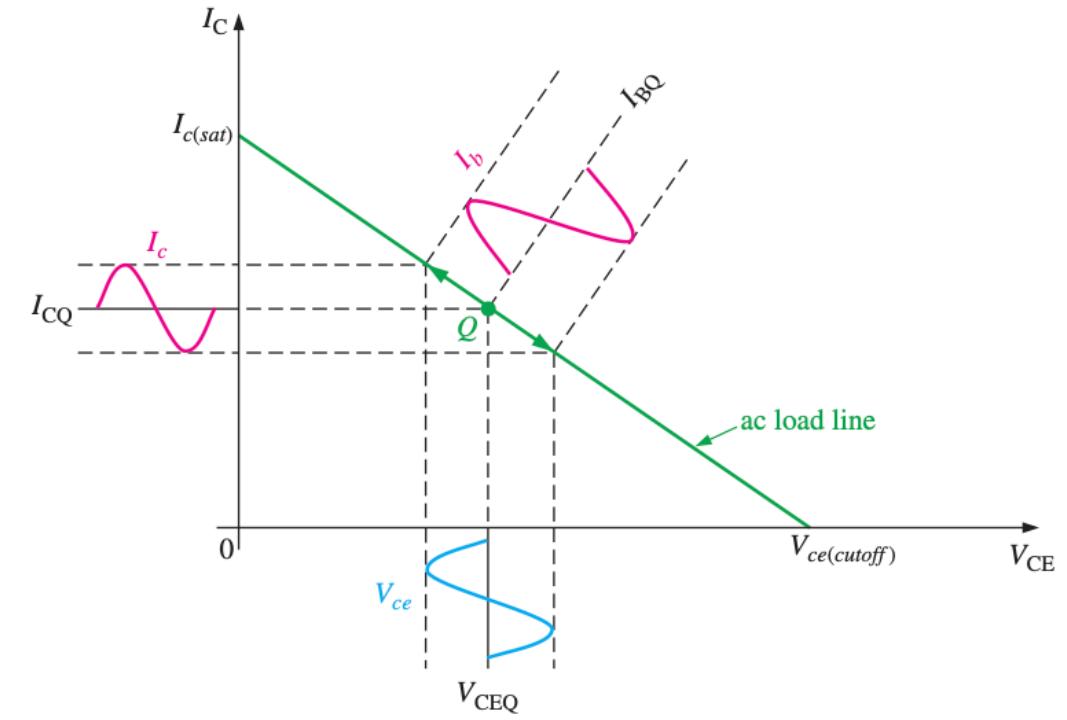
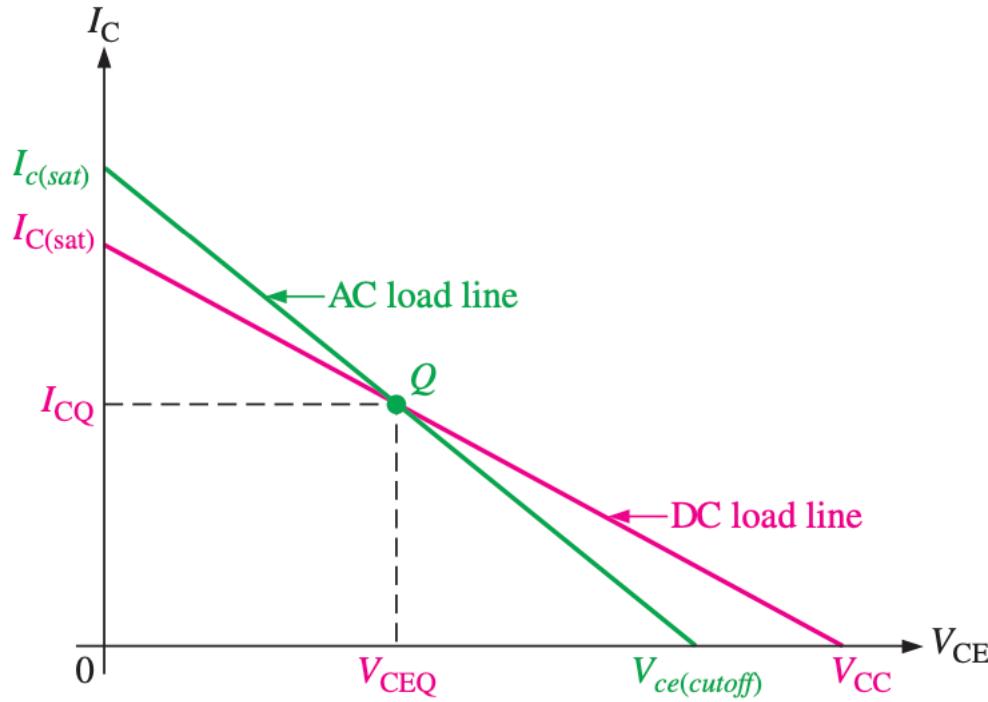
- Khi khuếch đại, xuất hiện đường tải AC (khác DC) do ảnh hưởng của tải  $R_L$  mắc song song với  $R_C$  tại đầu ra của tín hiệu AC



# Chế độ khuếch đại

Bản <sup>sơ</sup>

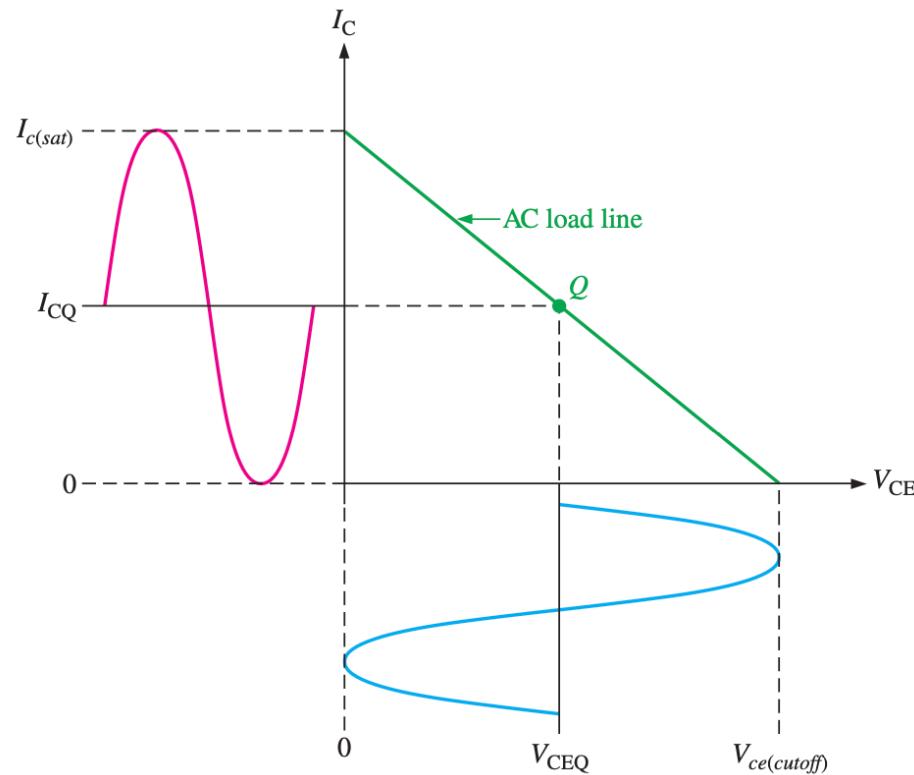
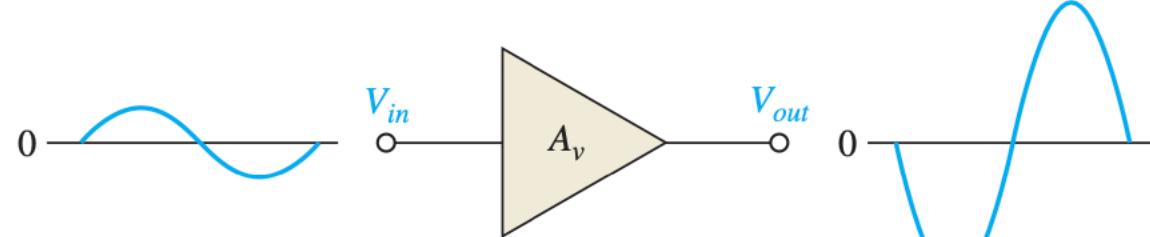
- Khi khuếch đại, xuất hiện đường tải AC (khác DC) do ảnh hưởng của tải  $R_L$  mắc song song với  $R_C$  tại đầu ra của tín hiệu AC



# Chế độ khuếch đại A

Bản  
số

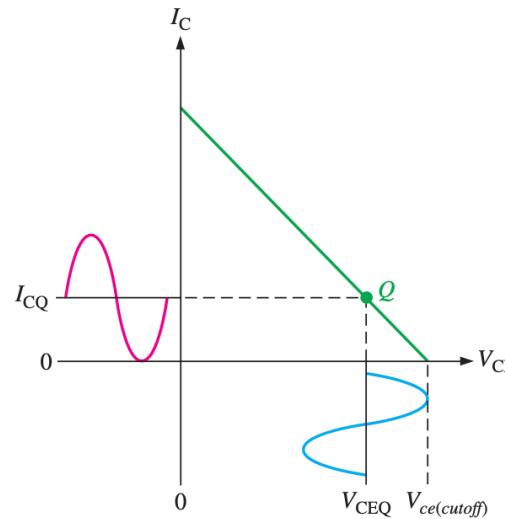
- Nếu khuếch tín hiệu đại hoạt động hoàn toàn trên vùng tuyến tính.
- Đầu ra tối đa khi điểm Q nằm giữa đường tải động



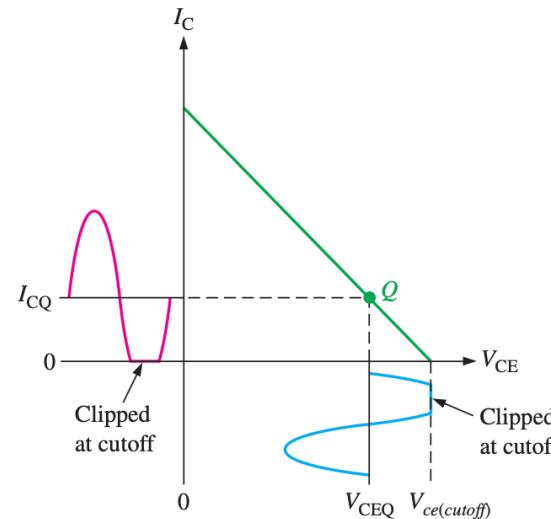
# Chế độ khuếch đại A

Bản Sơ

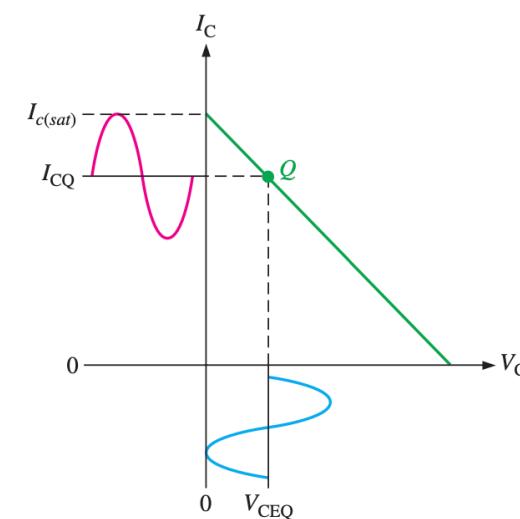
- Đầu ra thấp hơn khi điểm Q nằm dịch về phía “bão hoà” hoặc “cắt dòng”.
- Tăng tín hiệu đầu vào  $\Rightarrow$  đầu ra bị cắt đỉnh



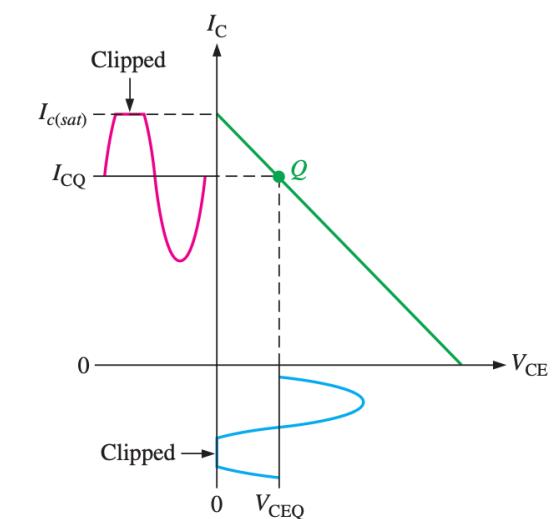
(a) Amplitude of  $V_{ce}$  and  $I_c$  limited by cutoff



(b) Transistor driven into cutoff by a further increase in input amplitude



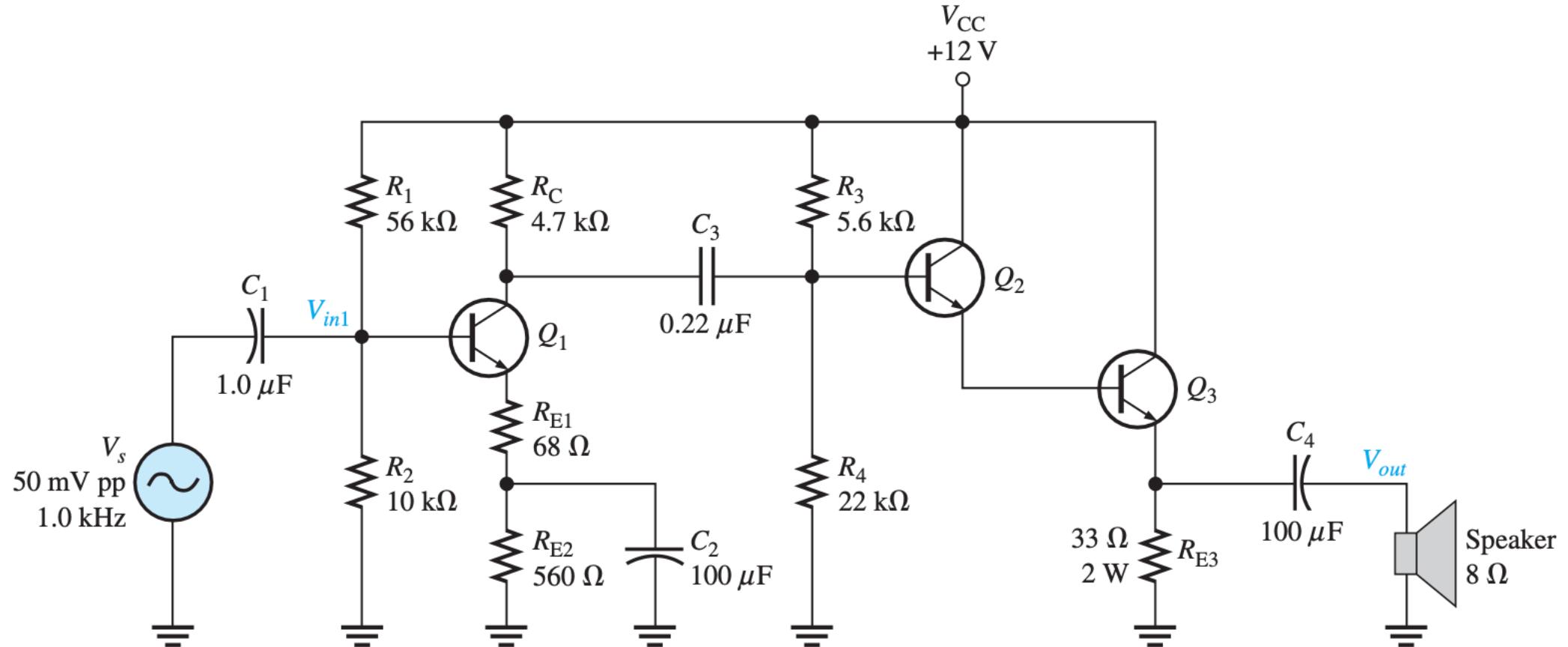
(a) Amplitude of  $V_{ce}$  and  $I_c$  limited by saturation



(b) Transistor driven into saturation by a further increase in input amplitude

# Chế độ khuếch đại A

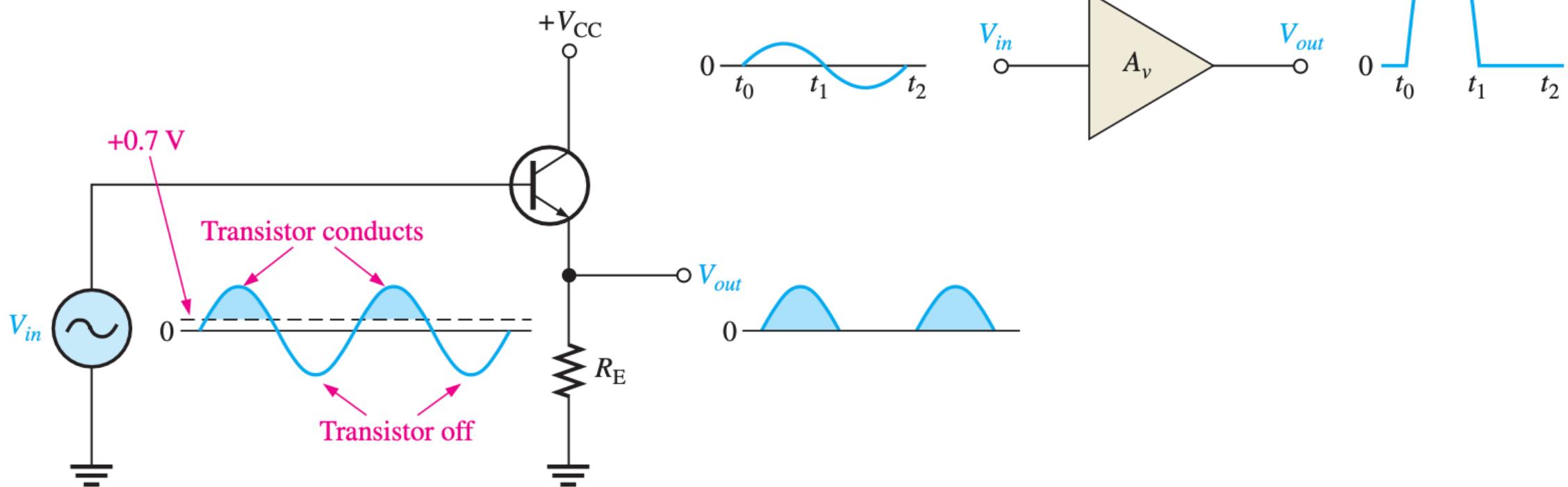
Bản•Sơ



# Chế độ khuếch đại B

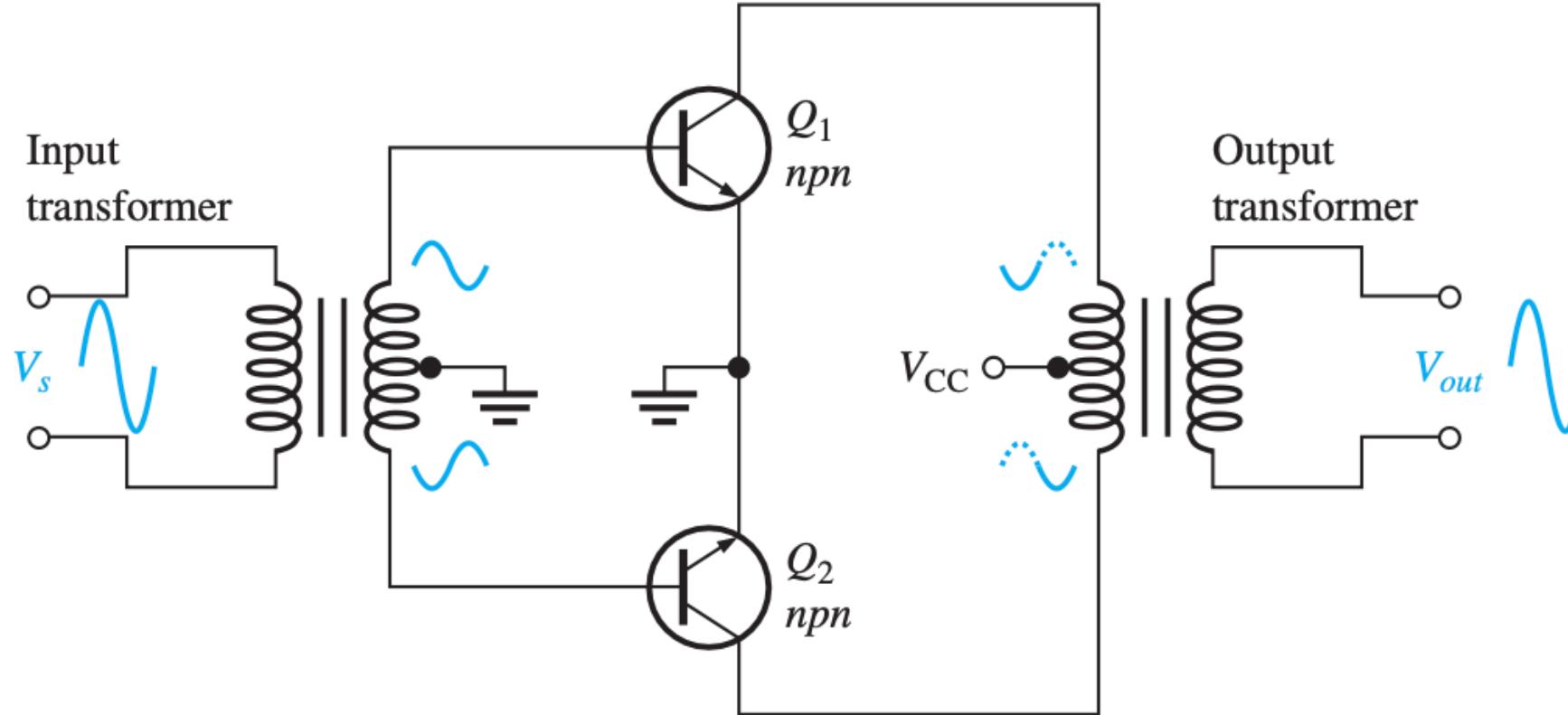
Bản  
sơ

- Khi bộ khuếch đại được phân cực ở điểm "cutoff", hoạt động trong nửa chu kỳ tín hiệu ở vùng tuyến tính, nửa chu kỳ bị cắt
- Điểm Q tại điểm cắt dòng:  $I_{CQ}=0, V_{CEQ} = V_{CE(\text{cutoff})}$



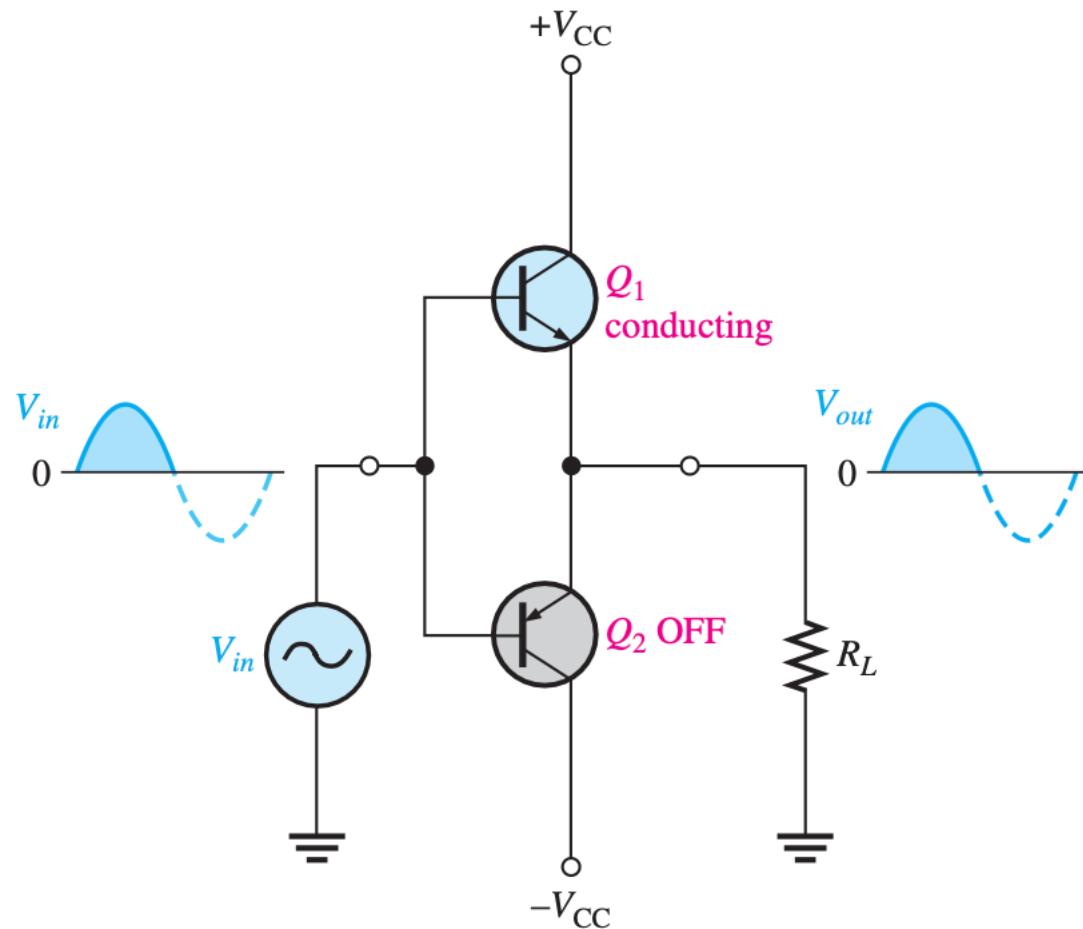
# Chế độ khuếch đại B

Bản•sơ  
Mạch hoạt động ở chế độ đẩy kéo

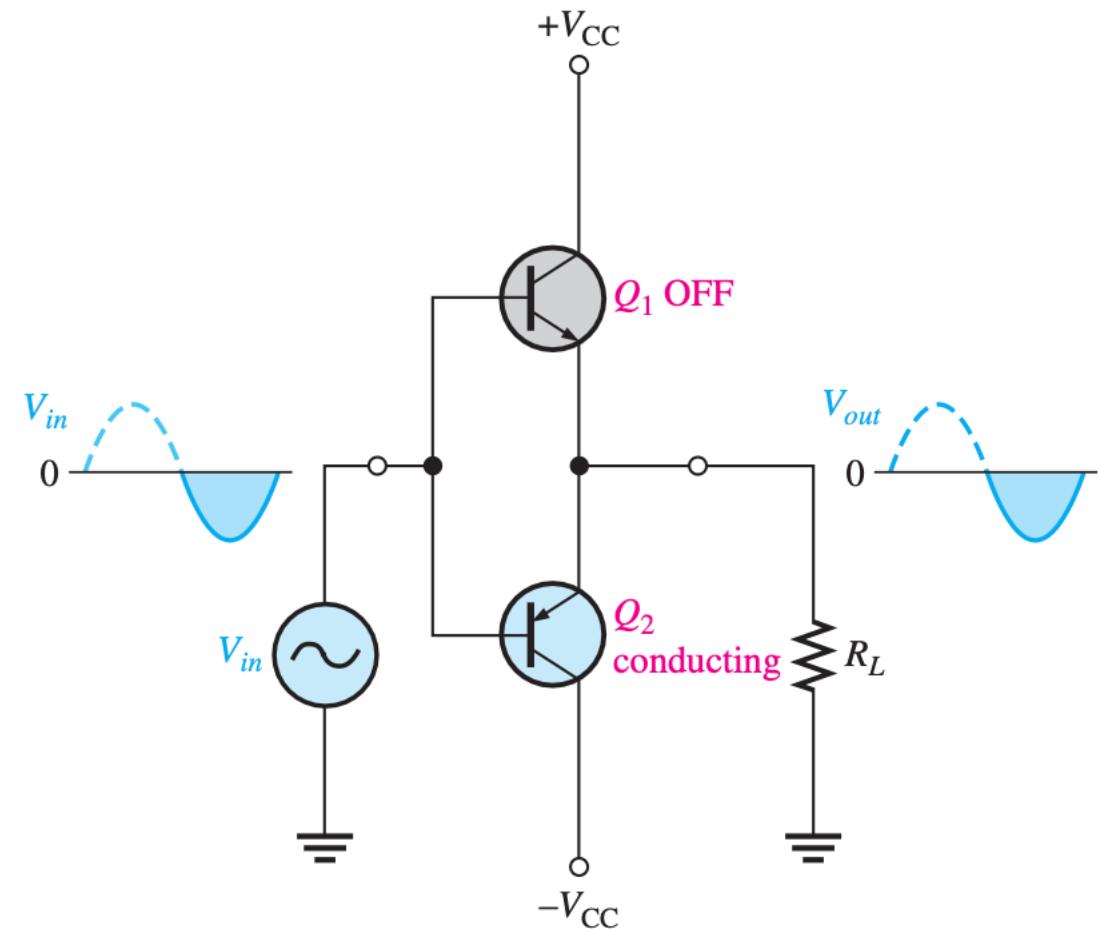


# Chế độ khuếch đại B

B2



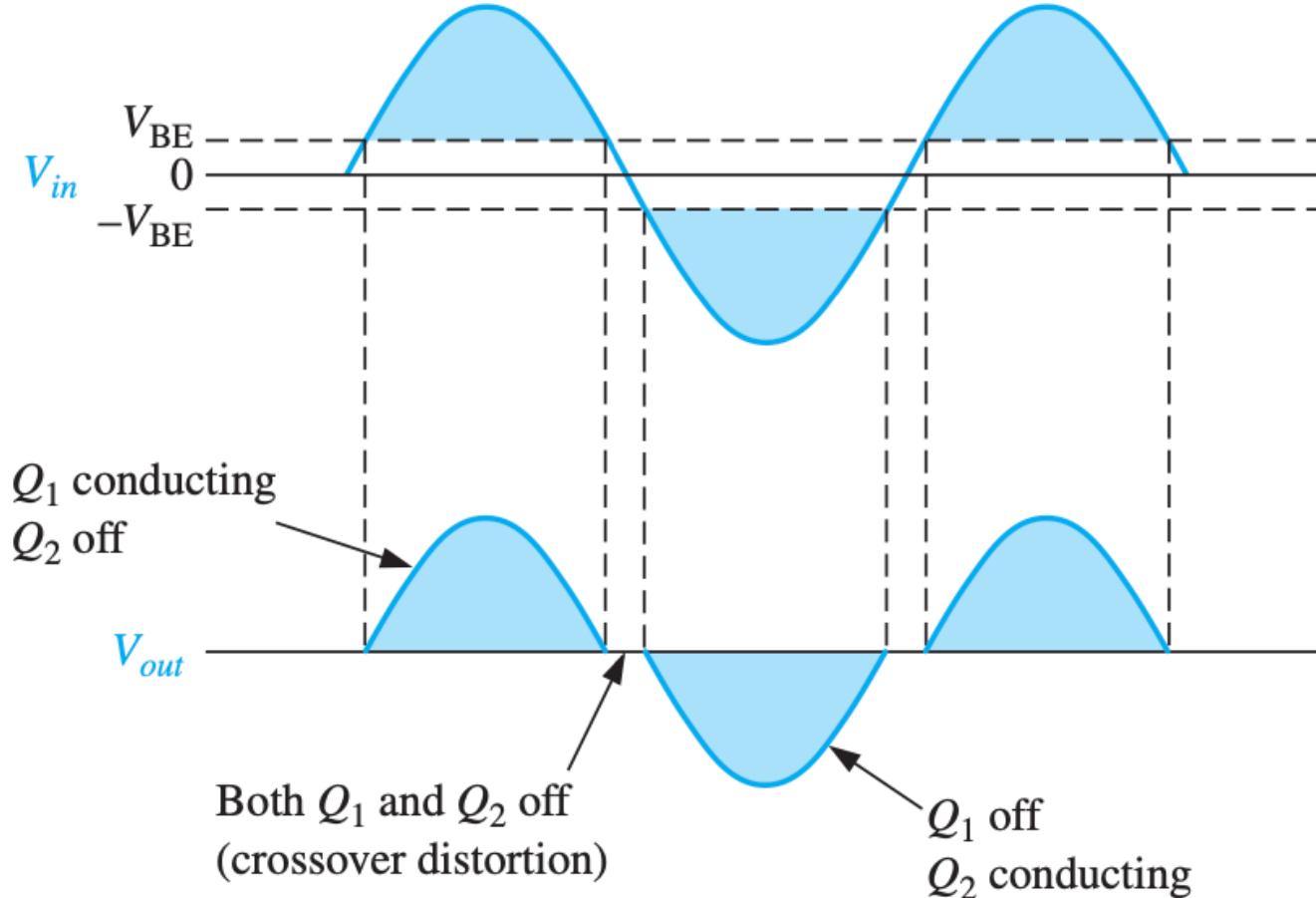
(a) During a positive half-cycle



(b) During a negative half-cycle

# Chế độ khuếch đại B

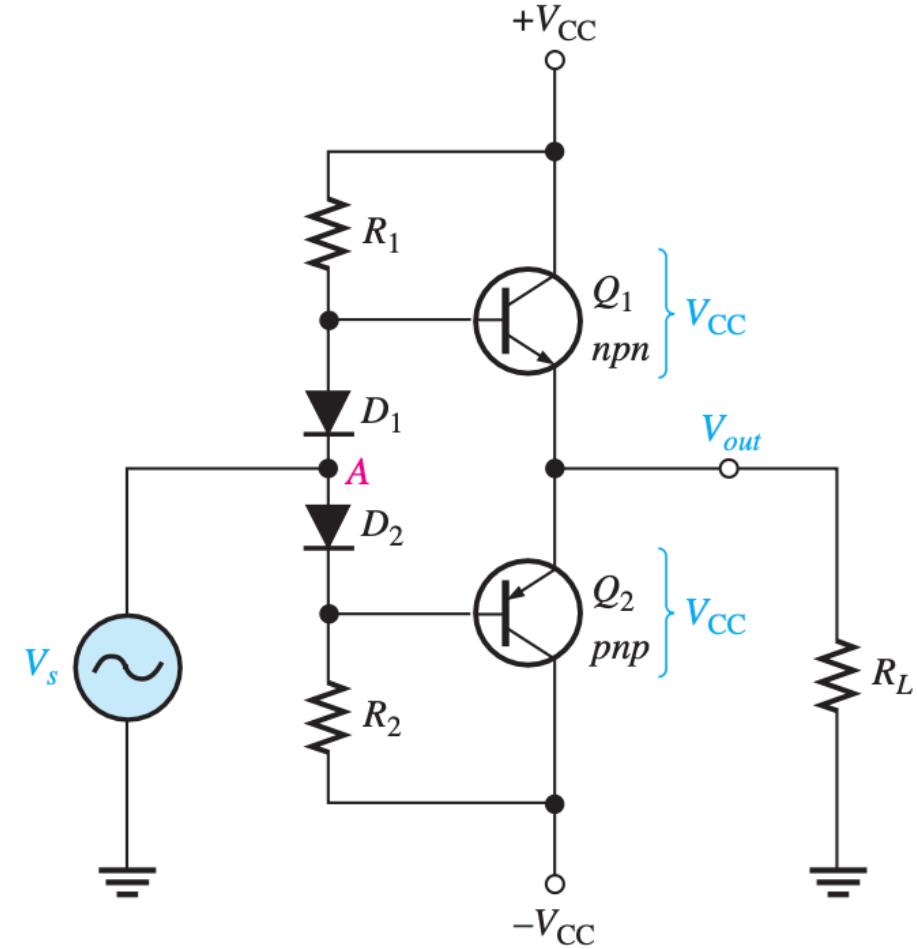
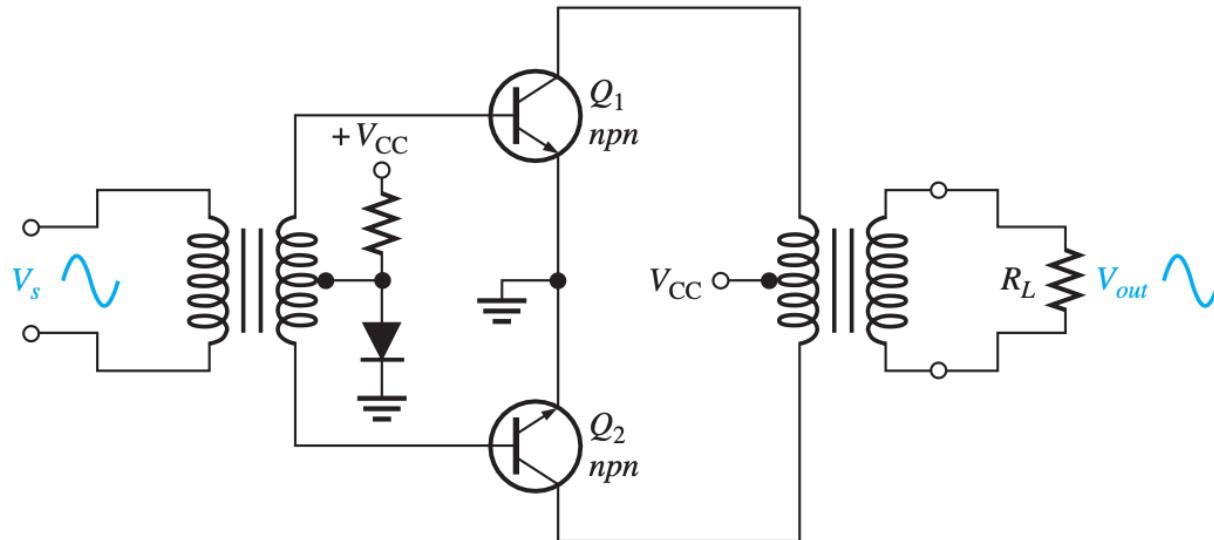
Bản•Số  
Điện áp cực Bazo=0V, transistor tắt khi  $V_{in} < U_{BE}$  => gây méo



# Chế độ khuếch đại AB

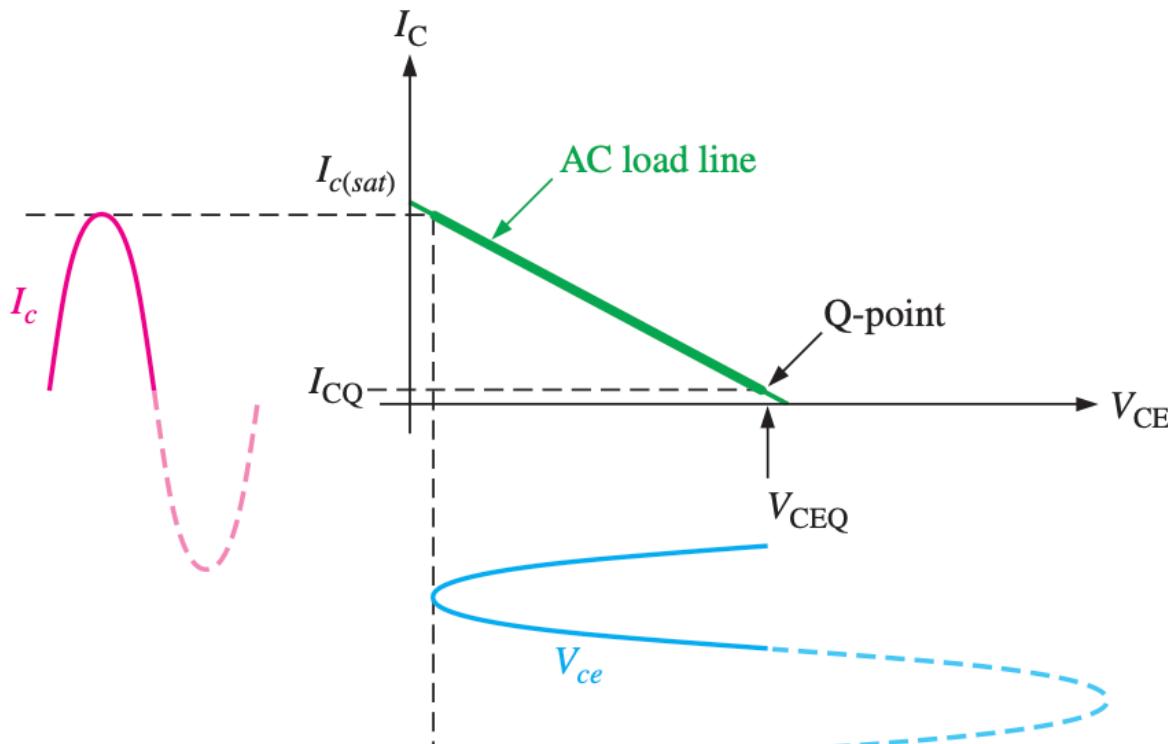
Bản  
• Sơ

Điểm Q được phân cực vượt qua ngưỡng  $U_{BE}$ , transistor bắt đầu dẫn khi tín hiệu =0

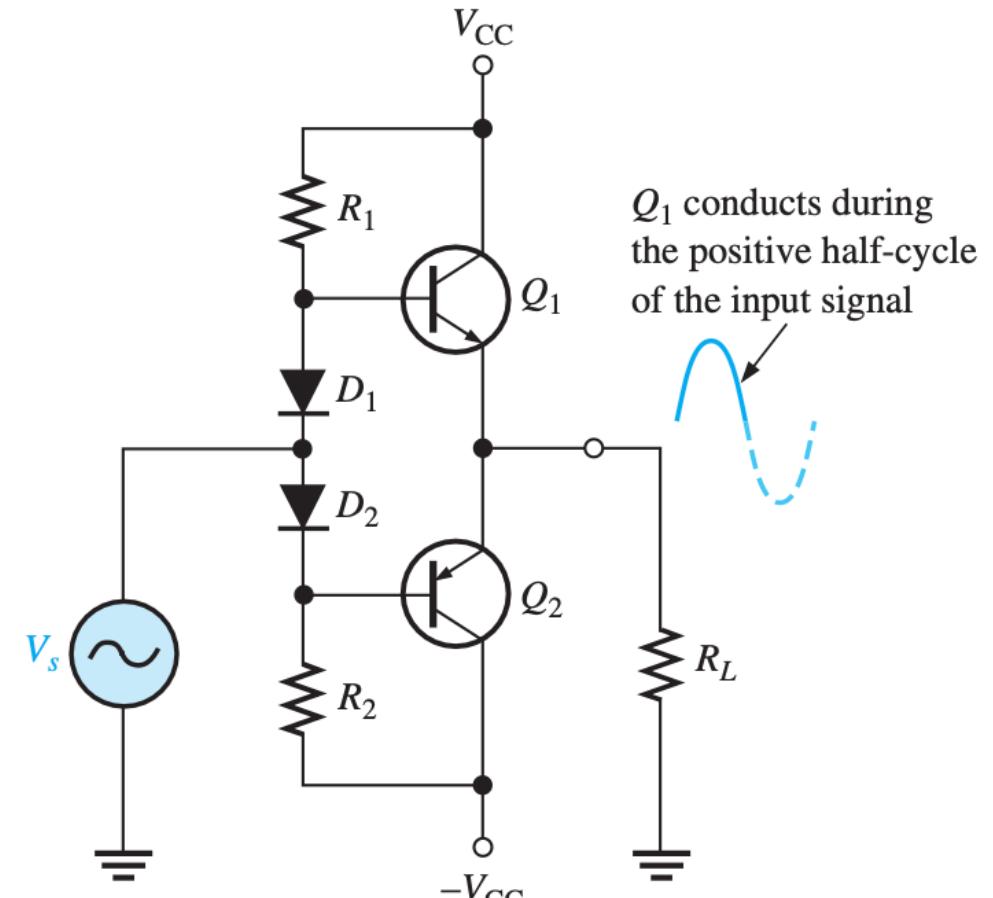


# Chế độ khuếch đại AB

B2



(a) AC load line for  $Q_1$



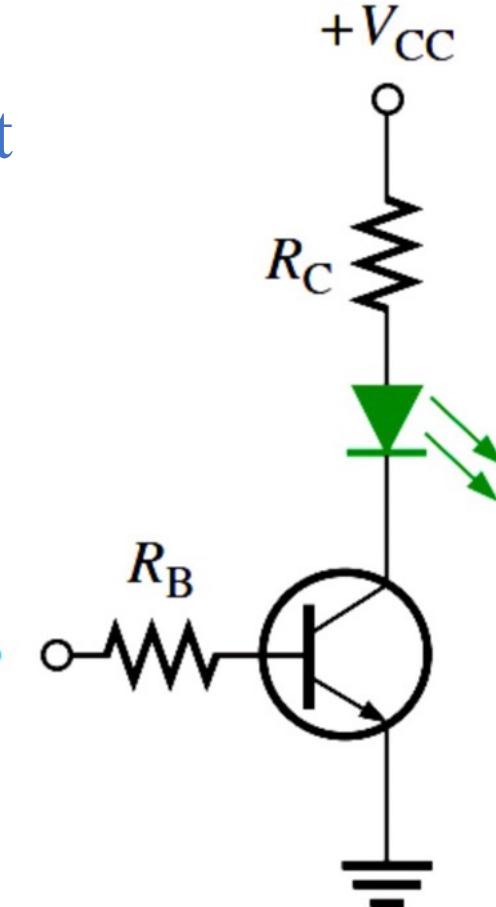
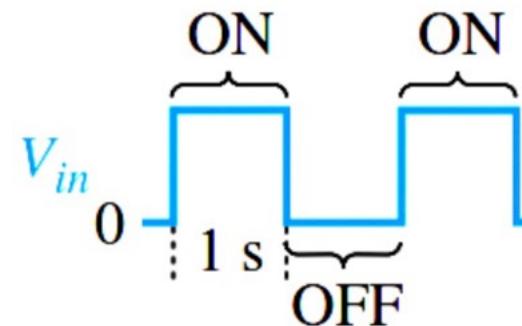
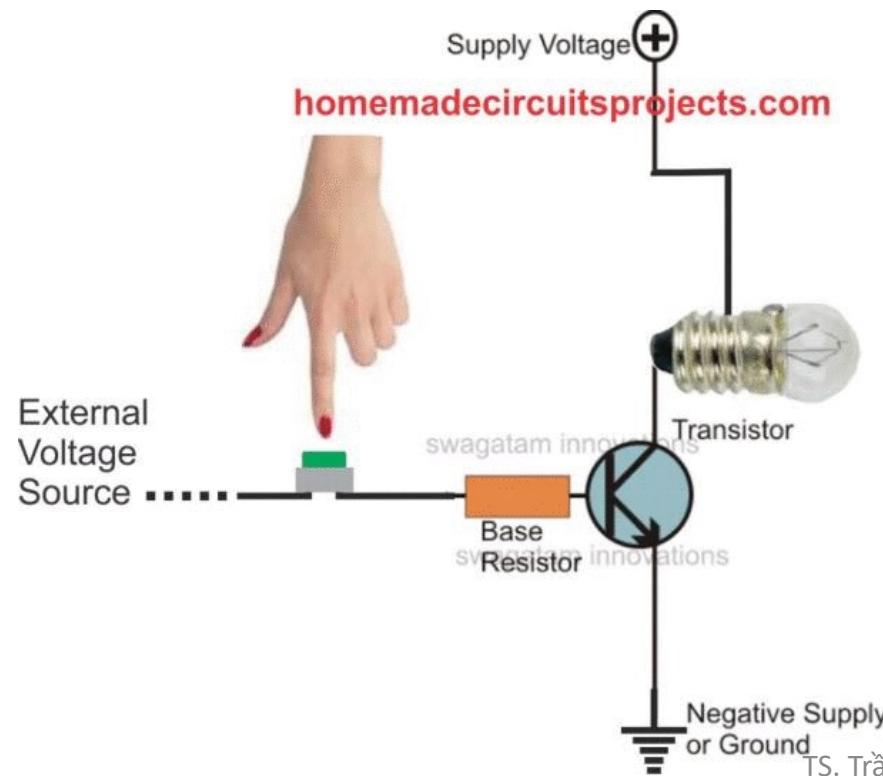
(b) Circuit

# Chế độ ch

Bản Sơ

• Chuyển mạch = switching = ON + OFF

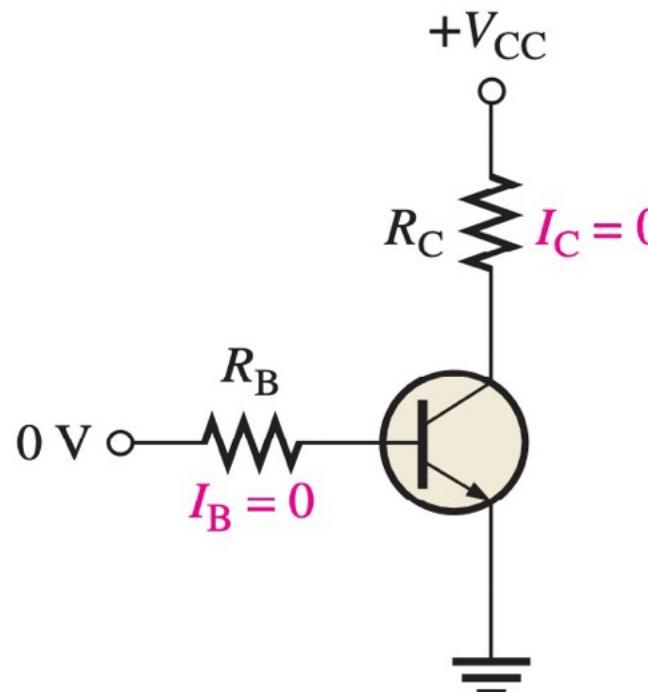
- ON: Có tín hiệu (1) - Đóng mạch- đèn sáng
- OFF: Không có tín hiệu (0) – Hở mạch - đèn tắt



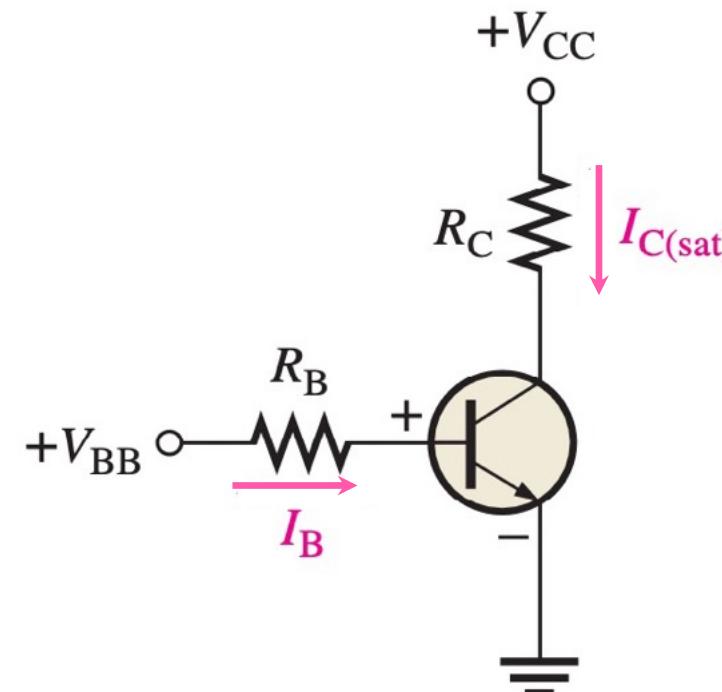
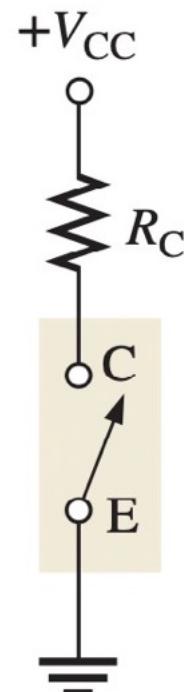
# Chế độ chuyển mạch

Bản <sup>sơ</sup> Lý tưởng:

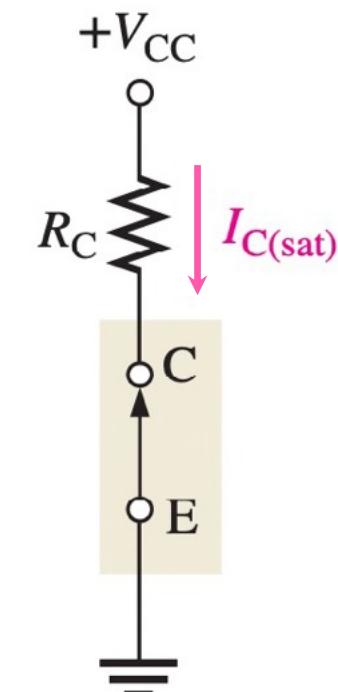
- Khi OFF (cắt):  $I_C = 0$ ;  $U_{CE} = E_C \Rightarrow P_D = 0$
- Khi ON (bão hòa):  $U_{CE} = 0$ ;  $I_C = E_C/R_C \Rightarrow P_D = 0$



(a) Cutoff — open switch



(b) Saturation — closed switch

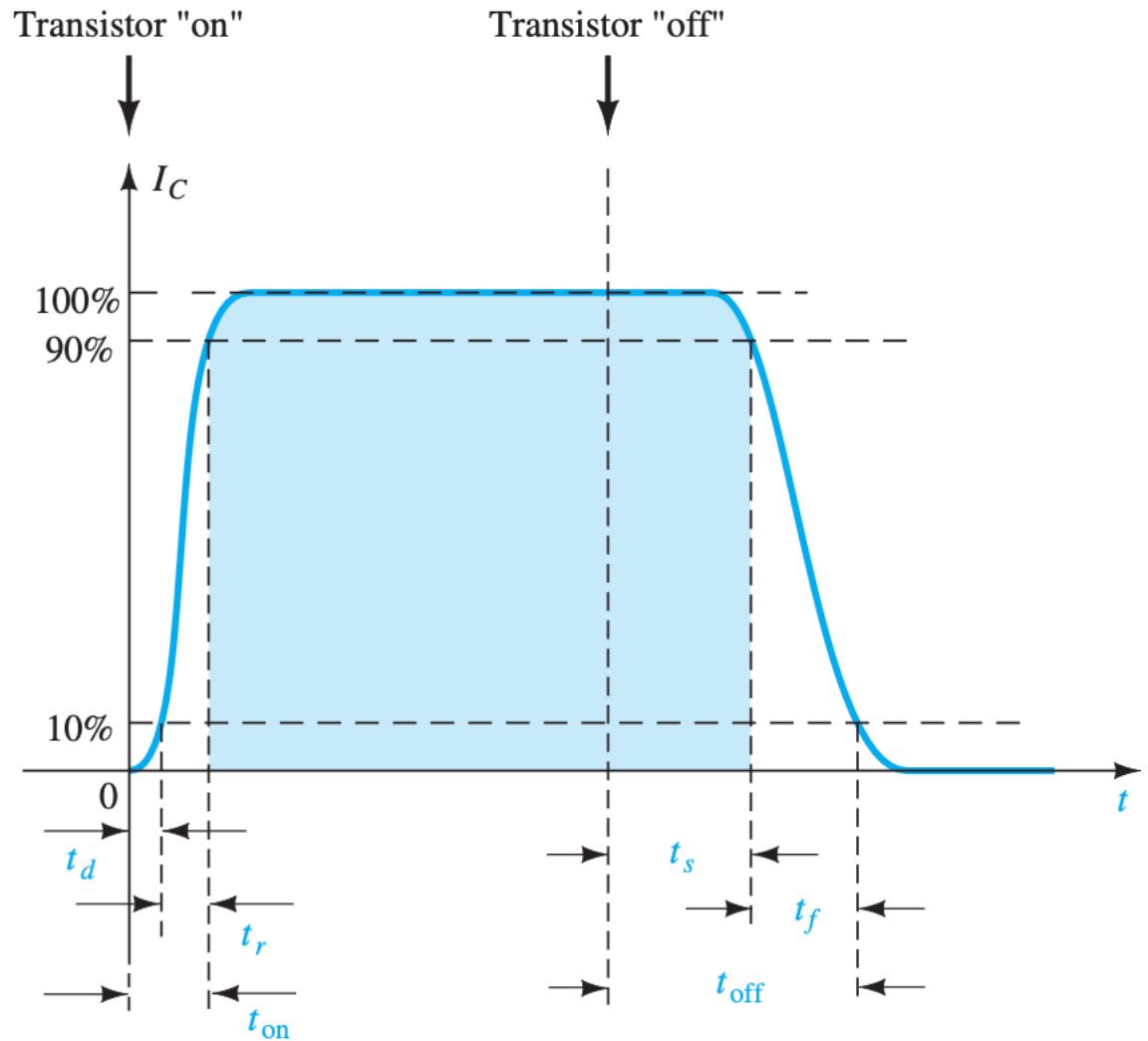


# Chế độ chèn mạch

Bản Sơ

- Thực tế  $P_D$  luôn lớn hơn 0 do:
  - Cắt vẫn còn dòng rò  $I_C$ , bão hòa vẫn còn sụt áp  $U_{CE}$
  - Chuyển ON ↔ OFF, xuất hiện sườn dốc, do hạt mang điện có quán tính

$$t_{on} = t_r + t_d$$



# Nội dung chương

Bản  
số

1. Cấu tạo
2. Nguyên lý làm việc
3. Các cách mắc BJT
4. Phân cực và điểm làm việc tĩnh
5. Chế độ khuếch đại và chế độ chuyển mạch
6. Mô hình tương đương của BJT

# Mô hình tương đương của BJT

Bản  
Sơ  
đồ  
tương  
đương  
tín  
hiệu  
lớn  
=>  
Xem  
giáo  
trình

- Sơ đồ tương đương tín hiệu lớn => Xem giáo trình
- Sơ đồ tương đương tín hiệu nhỏ
- Mô hình tương đương ở tần số cao => Xem giáo trình

# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản  
• Cố

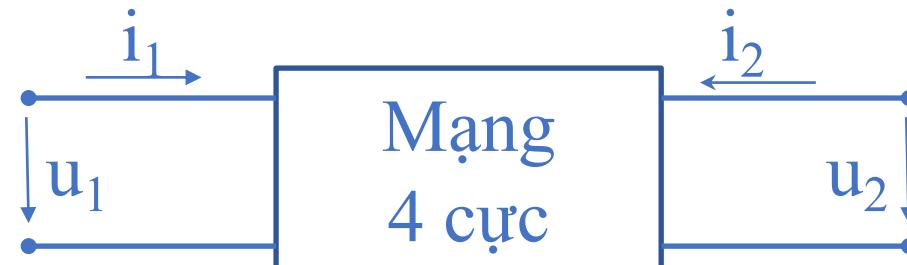
Có nhiều loại mô hình

- Mô hình tương đương tham số Z
- Mô hình tương đương tham số Y
- Mô hình tương đương tham số H
- Mô hình tương đương tham số  $r_e$  (vật lý)

• Đặc điểm chung: coi mạch khuếch đại dùng BJT là một mạng 4 cực

=> tìm cách mô tả mối quan hệ giữa:

- ✓ Điện áp vào  $u_1$
- ✓ Dòng điện vào  $i_1$
- ✓ Điện áp ra  $u_2$
- ✓ Dòng điện ra  $i_2$



# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản  
• Sô  
năo

Mô hình tương đương tham số Z

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} u_1 = z_{11}i_1 + z_{12}i_2 \\ u_2 = z_{21}i_1 + z_{22}i_2 \end{cases}$$

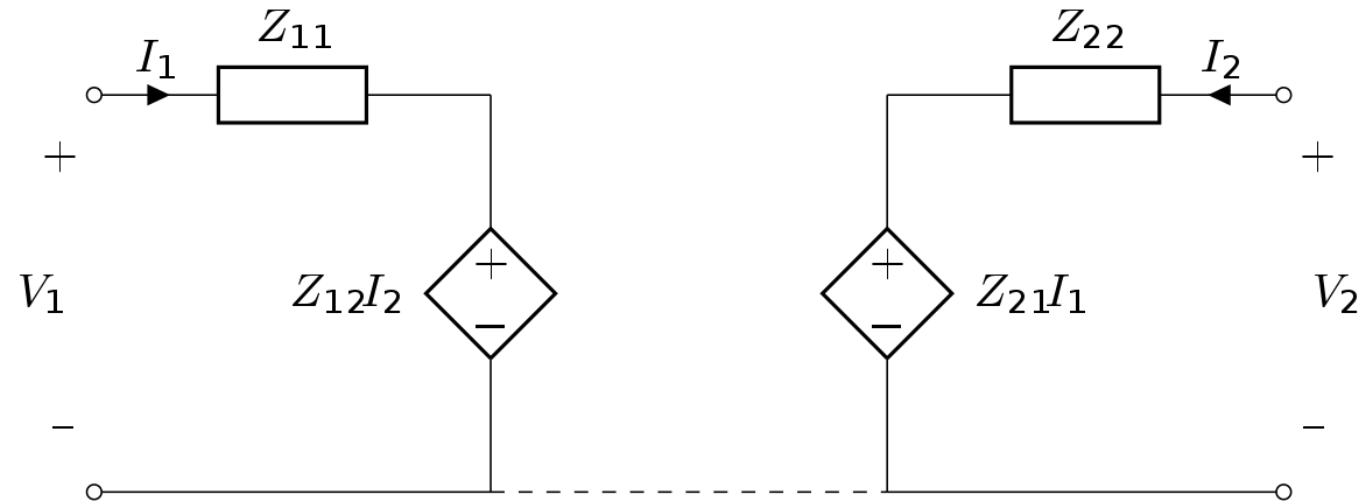
Với:

$$z_{11} = \left. \frac{u_1}{i_1} \right|_{i_2=0}$$

$$z_{21} = \left. \frac{u_2}{i_1} \right|_{i_2=0}$$

$$z_{12} = \left. \frac{u_1}{i_2} \right|_{i_1=0}$$

$$z_{22} = \left. \frac{u_2}{i_2} \right|_{i_1=0}$$



# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản  
• Sô

Mô hình tương đương tham số Y

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} i_1 = y_{11}u_1 + y_{12}u_2 \\ i_2 = y_{21}u_1 + y_{22}u_2 \end{cases}$$

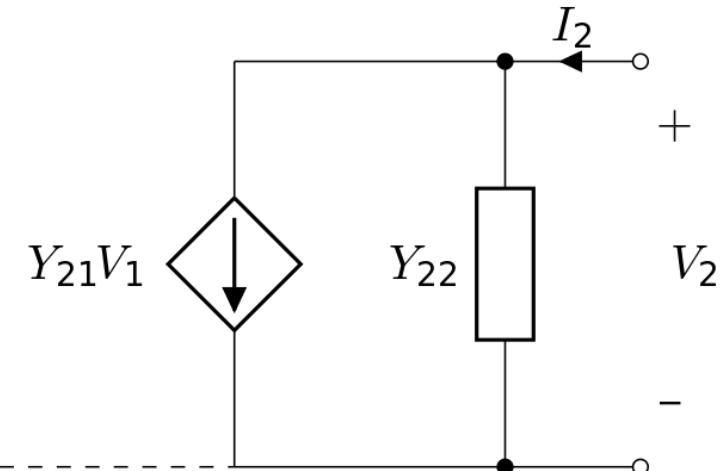
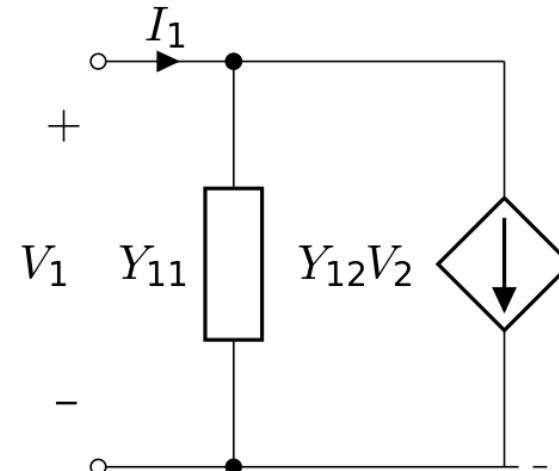
Với:

$$y_{11} = \left. \frac{i_1}{u_1} \right|_{u_2=0}$$

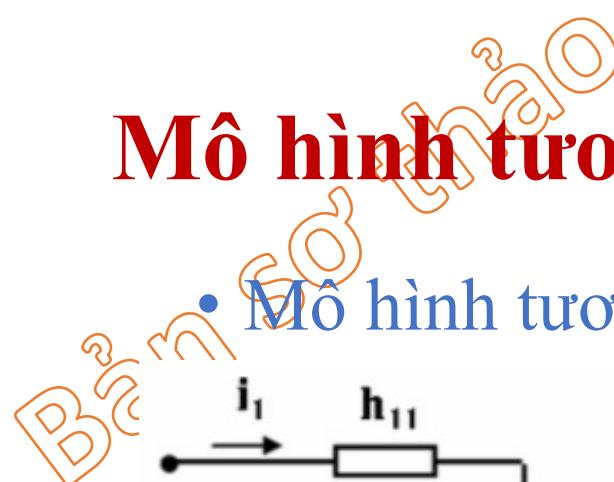
$$y_{21} = \left. \frac{i_2}{u_1} \right|_{u_2=0}$$

$$y_{12} = \left. \frac{i_1}{u_2} \right|_{u_1=0}$$

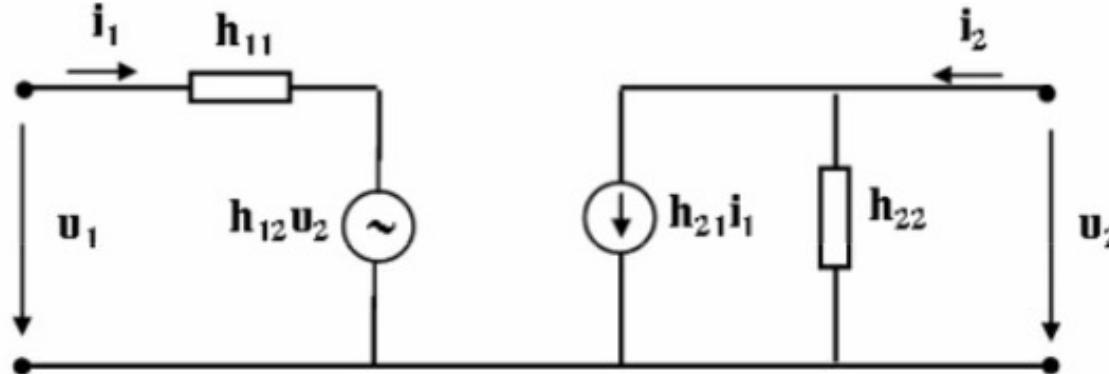
$$y_{22} = \left. \frac{i_2}{u_2} \right|_{u_1=0}$$



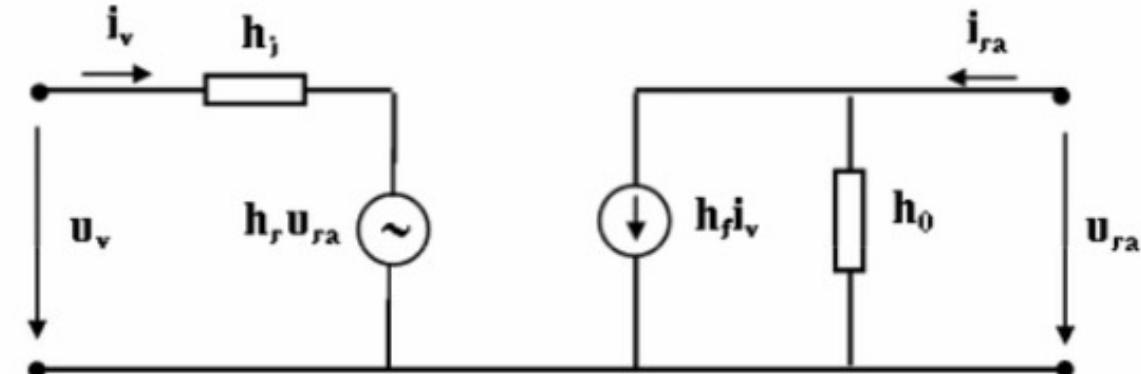
# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ



## • Mô hình tương đương tham số H



Mô hình tương đương tham số h  
(Dùng ký hiệu  $h_{11}, h_{12}, h_{21}, h_{22}$ )



Mô hình tương đương tham số h  
(Dùng ký hiệu  $h_i, h_r, h_f, h_0$ )

$$\begin{cases} u_1 = h_{11}i_1 + h_{12}u_2 \\ i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}u_2 \end{cases}$$

$$h_{11} = \left. \frac{u_1}{i_1} \right|_{u_2=0}$$

$$h_{21} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{u_2=0}$$

$$h_{12} = \left. \frac{u_1}{u_2} \right|_{i_1=0}$$

$$h_{22} = \left. \frac{i_2}{u_2} \right|_{i_1=0}$$

# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản  
•

## Mô hình tương đương tham số H

- $h_{11}$  thay bằng  $h_i$ : gọi là điện trở vào
- $h_{12}$  thay bằng  $h_r$ : gọi là hệ số truyền đạt điện áp ngược
- $h_{21}$  thay bằng  $h_f$ : gọi là hệ số truyền đạt dòng điện thuận (hệ số khuếch đại dòng điện)
- $h_{22}$  thay bằng  $h_o$ : gọi là dẫn nạp ra

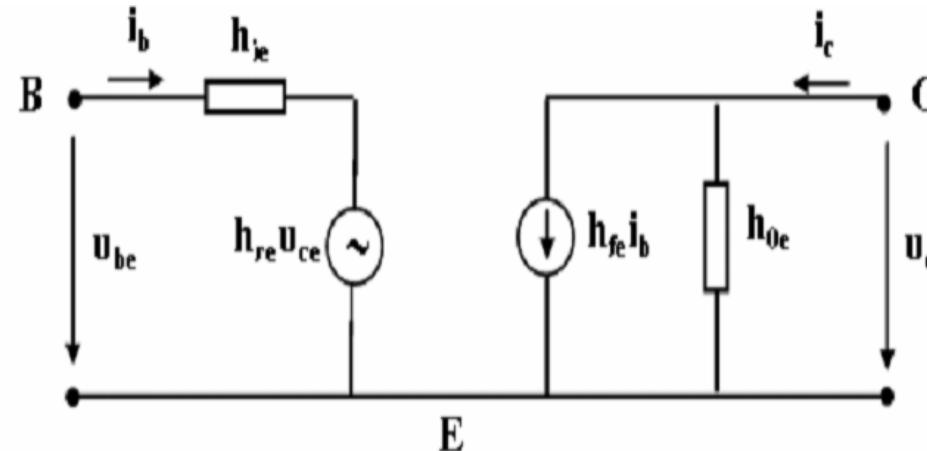
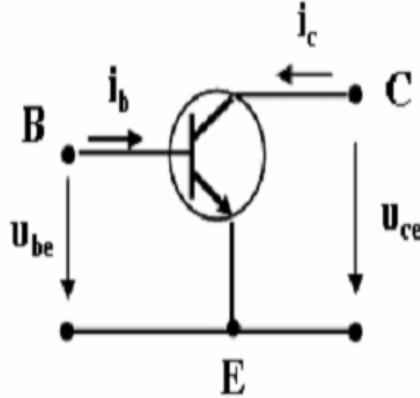
Tham số h	EC	CC	BC
$h_i$	$1K\Omega$	$1K\Omega$	$20\Omega$
$h_r$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	1	$3 \cdot 10^{-4}$
$h_f$	50	-50	-0,98
$h_o$	$25\mu A/V$	$25\mu A/V$	$0,5\mu A/V$
$1/h_o$	$40K\Omega$	$40K\Omega$	$2M\Omega$

# Mô hình tương đương tham số h dùng cho BJT

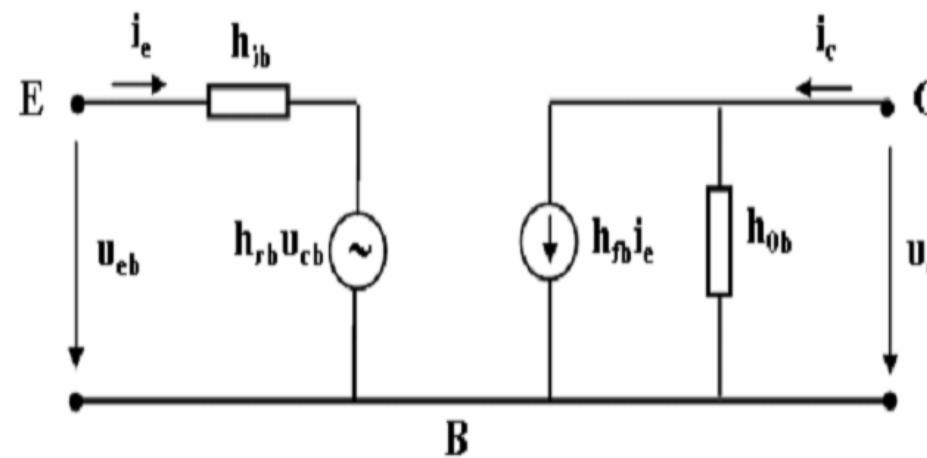
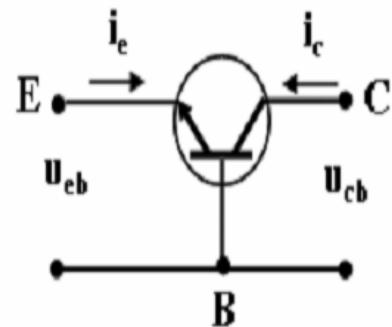
- Emítơ chung (EC):  $h_{ie}$ ,  $h_{re}$ ,  $h_{fe}$ ,  $h_{oe}$
- Bazơ chung (BC):  $h_{ib}$ ,  $h_{rb}$ ,  $h_{fb}$ ,  $h_{ob}$
- Colectơ chung (CC):  $h_{ic}$ ,  $h_{rc}$ ,  $h_{fc}$ ,  $h_{oc}$

$$\begin{cases} \alpha_{ac} = h_{fb} \\ \beta_{ac} = h_{fe} \end{cases}$$

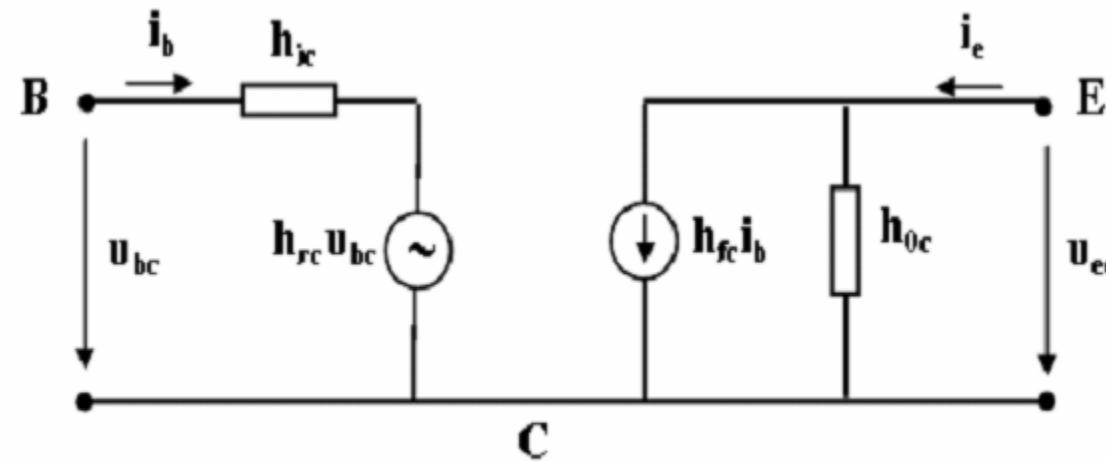
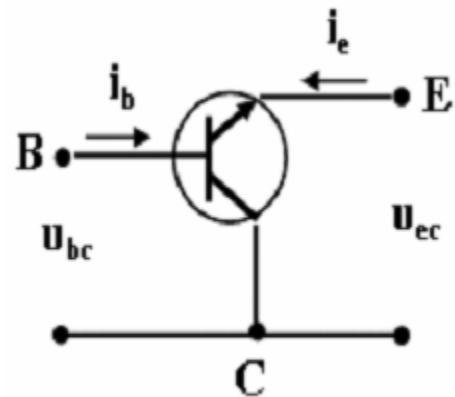
Bản SC



a) Mạch EC và sơ đồ tương đương đầy đủ của BJT

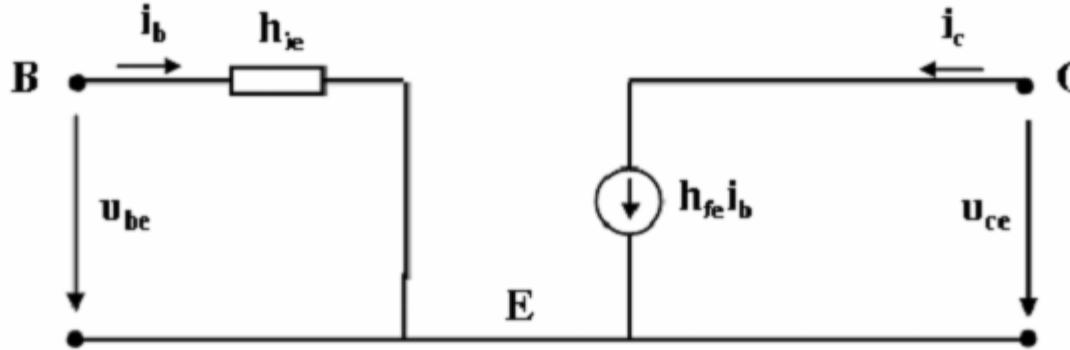


b) Mạch BC và sơ đồ tương đương đầy đủ của BJT

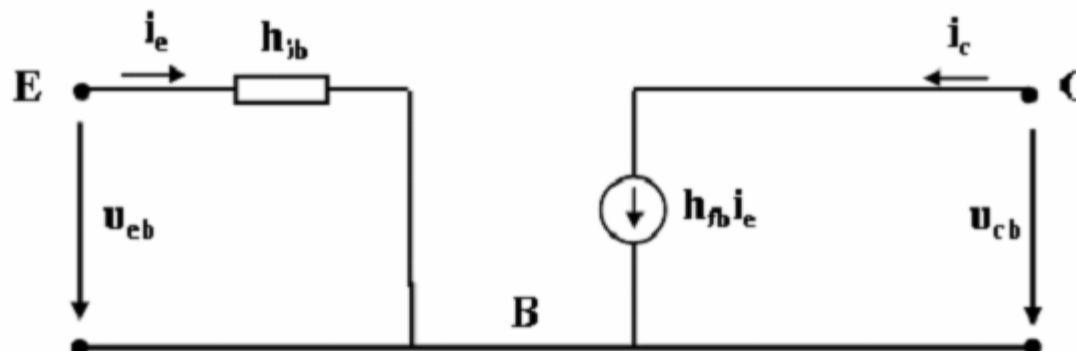


c) Mạch CC và sơ đồ tương đương đầy đủ của BJT

# Sơ đồ tương đương rút gọn



a) Mô hình tương đương rút gọn của mạch EC (bỏ qua  $h_{re} u_{ce}$  và  $h_{oe}$  vì giá trị rất nhỏ)



b) Mô hình tương đương rút gọn của mạch BC (bỏ qua  $h_{rb} u_{ce}$  và  $h_{oe}$  vì giá trị rất nhỏ)

# Xác định tham số h

$$h_{ie} = \frac{\partial u_v}{\partial i_v} = \frac{\partial u_{be}}{\partial i_b} \cong \left. \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta i_B} \right|_{U_{CE}=Const}$$

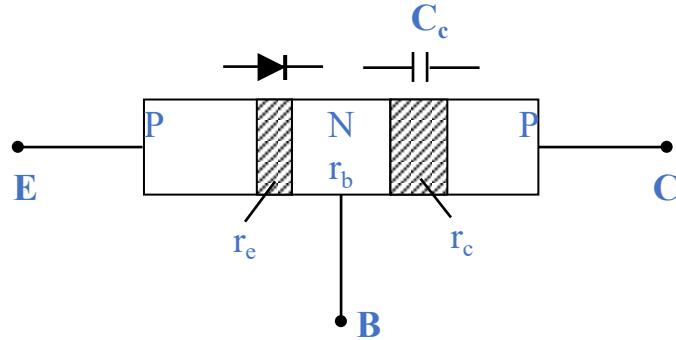
$$h_{re} = \frac{\partial u_v}{\partial u_{ra}} = \frac{\partial u_{be}}{\partial u_{ce}} \cong \left. \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{CE}} \right|_{I_B=Const}$$

$$h_{fe} = \frac{\partial i_{ra}}{\partial i_v} = \frac{\partial i_c}{\partial i_b} \cong \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} \right|_{U_{CE}=Const}$$

$$h_{oe} = \frac{\partial i_{ra}}{\partial u_{ra}} = \frac{\partial i_c}{\partial u_{ce}} \cong \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta u_{CE}} \right|_{I_B=Const}$$

# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

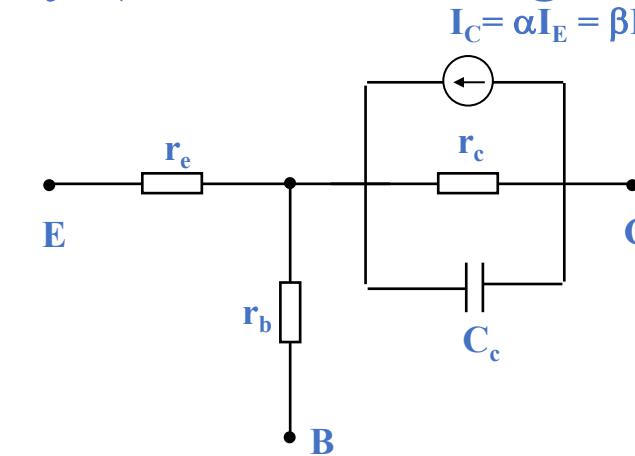
Bản • 50



$$I_E = I_{SE} \left( e^{\frac{U_{EB}}{U_T}} - 1 \right)$$

$$r_e = \frac{\partial U_{EB}}{\partial I_E}$$

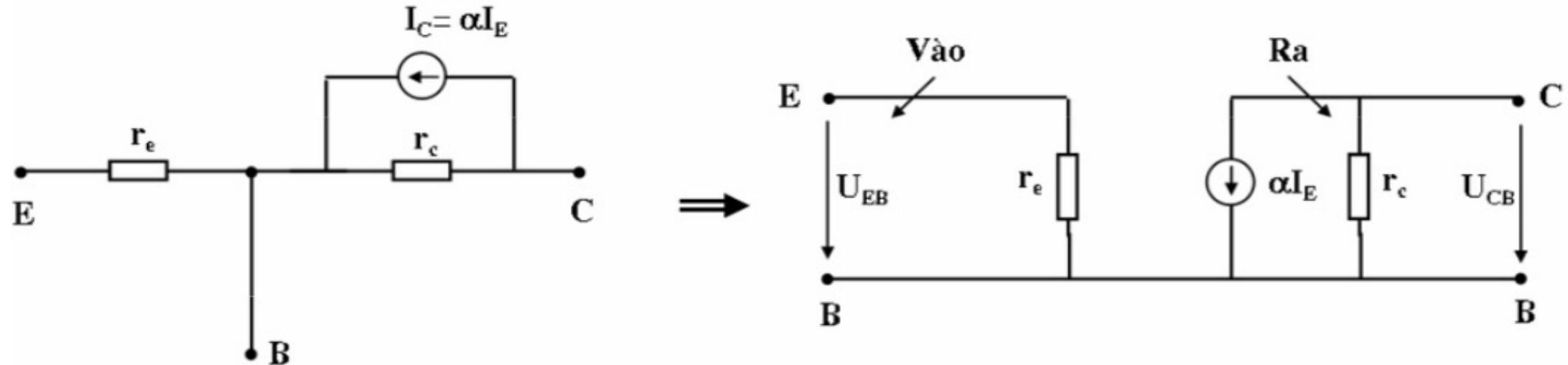
$$r_e \cong \frac{\partial U_{EB}}{\partial I_E} \cong \frac{26\text{mV}}{I_E}$$



- Mạch BC:  
 $r_e$  từ vài  $\Omega$  đến  $50\Omega$   
 $r_c$  từ  $1M\Omega$  đến  $2M\Omega$
- Mạch EC:  
 $r_e$  từ vài  $\Omega$  đến  $50\Omega$   
 $r_c$  từ  $40k\Omega$  đến  $50k\Omega$

# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản  
• Mô hình tương đương tham số  $r_e$ : mạch BC

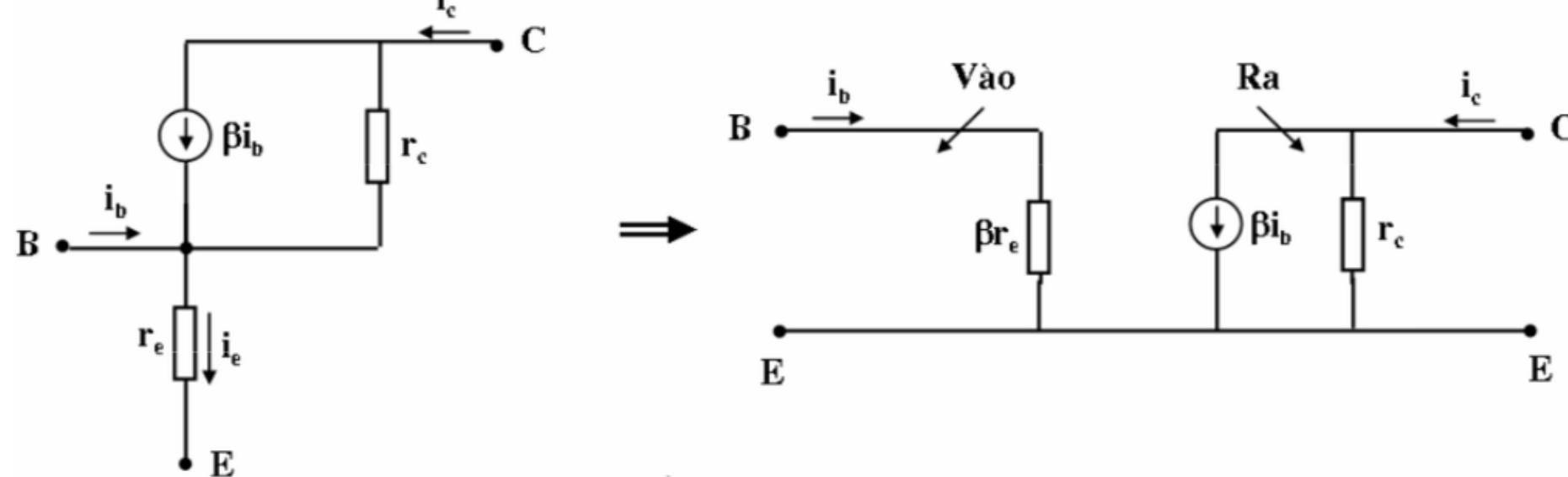


- Nhận xét:
  - Trở kháng vào:  $r_v = r_e$
  - Trở kháng ra:  $r_{ra} = r_c$

# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản  
•

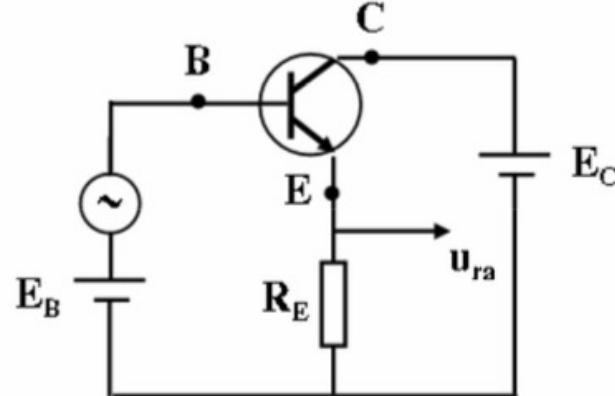
- Mô hình tương đương tham số  $r_e$ : mạch EC



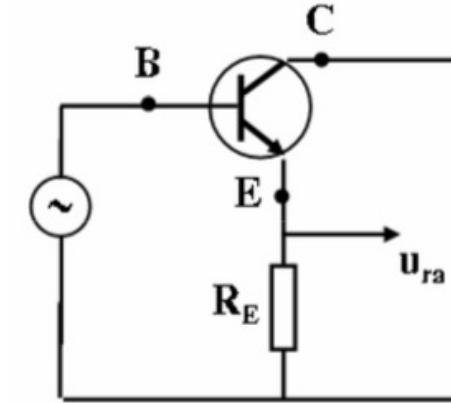
- Nhận xét:
  - Trở kháng vào:  $r_v = \frac{U_{BE}}{i_b} = \frac{i_e r_e}{i_b} = \frac{(\beta+1)i_b r_e}{i_b} = (\beta + 1)r_e \cong \beta r_e$
  - Trở kháng ra:  $r_{ra} = r_c$

# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

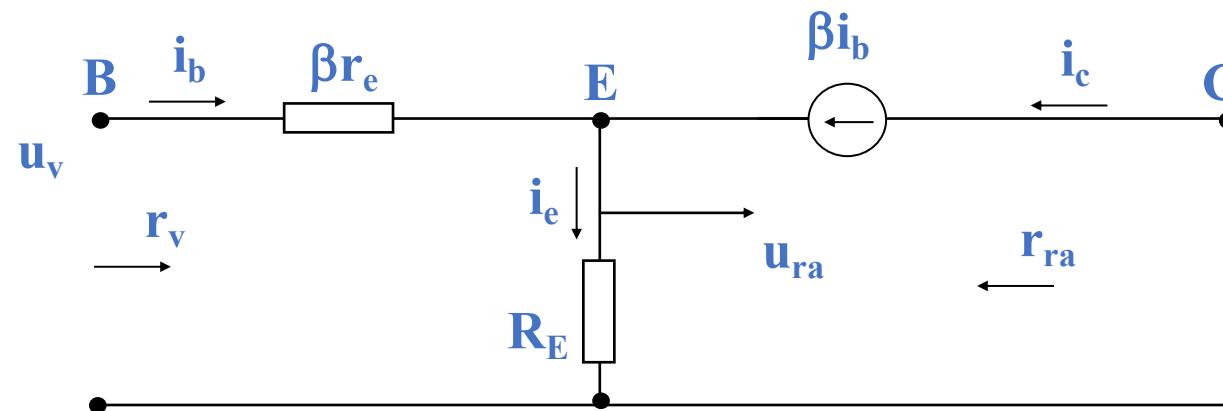
Bản  
•



Mạch CC đầy đủ chế độ một chiều và xoay chiều



Mạch CC đối với tín hiệu xoay chiều



# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản • Sô

Mô hình tương đương tham số  $r_e$ : mạch CC

$$r_v = \frac{u_v}{i_v} = \frac{U_B}{i_b} = \frac{i_b \beta r_e + i_e R_E}{i_b} = \frac{i_b \beta r_e + (\beta + 1)i_b R_E}{i_b}$$

$$r_v = \beta r_e + (\beta + 1)R_E \approx \beta R_E$$

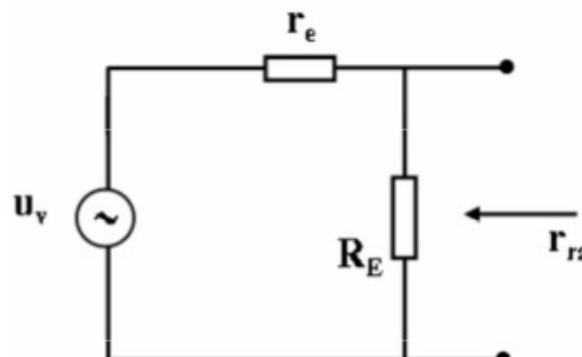
$$i_b = \frac{u_v}{r_v} \quad i_e = (\beta + 1)i_b = (\beta + 1)\frac{u_v}{r_v} = \frac{(\beta + 1)u_v}{\beta r_e + (\beta + 1)R_E}$$

$$i_e \approx \frac{u_v}{r_e + R_E}$$

$$r_{ra} = R_E // r_e \approx r_e$$

$$K_u = \frac{u_{ra}}{u_v} = \frac{R_E}{R_E + r_e} \approx 1$$

$$K_i = \frac{i_{ra}}{i_v} = \frac{i_e}{i_b} = \frac{(\beta + 1)i_b}{i_b} \approx \beta$$

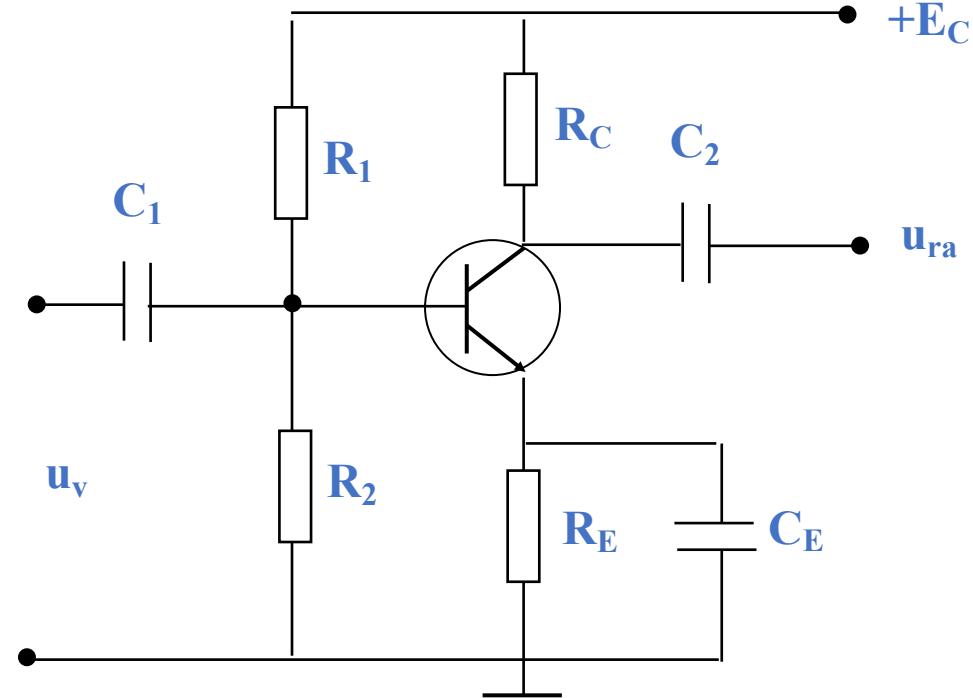


# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản • Ví dụ:

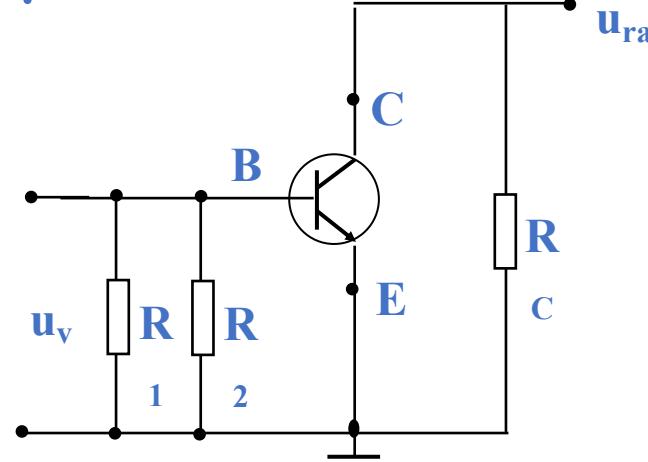
Cho mạch như hình vẽ.

- Vẽ sơ đồ tương đương sử dụng mô hình tương đương vật lý
- Tính:  $r_v$ ,  $r_r$ ,  $K_u$ ,  $K_i$

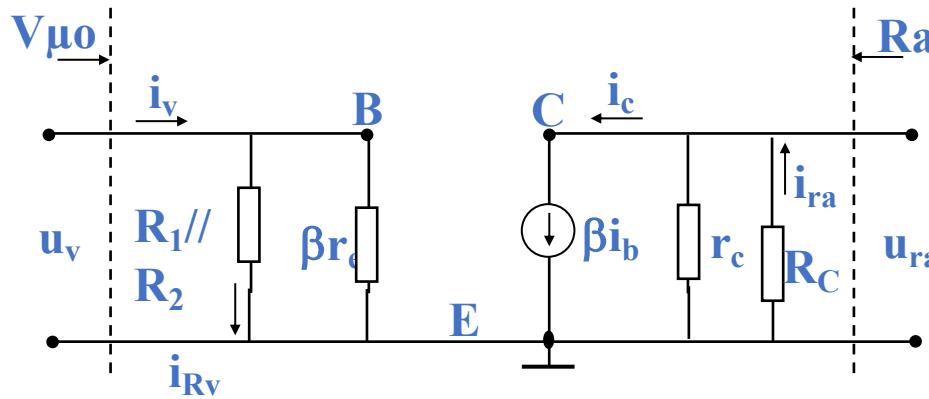


# Mô hình tương đương tín hiệu nhỏ

Bản • Ví dụ:



a) Sơ đồ mạch đối với tín hiệu xoay chiều



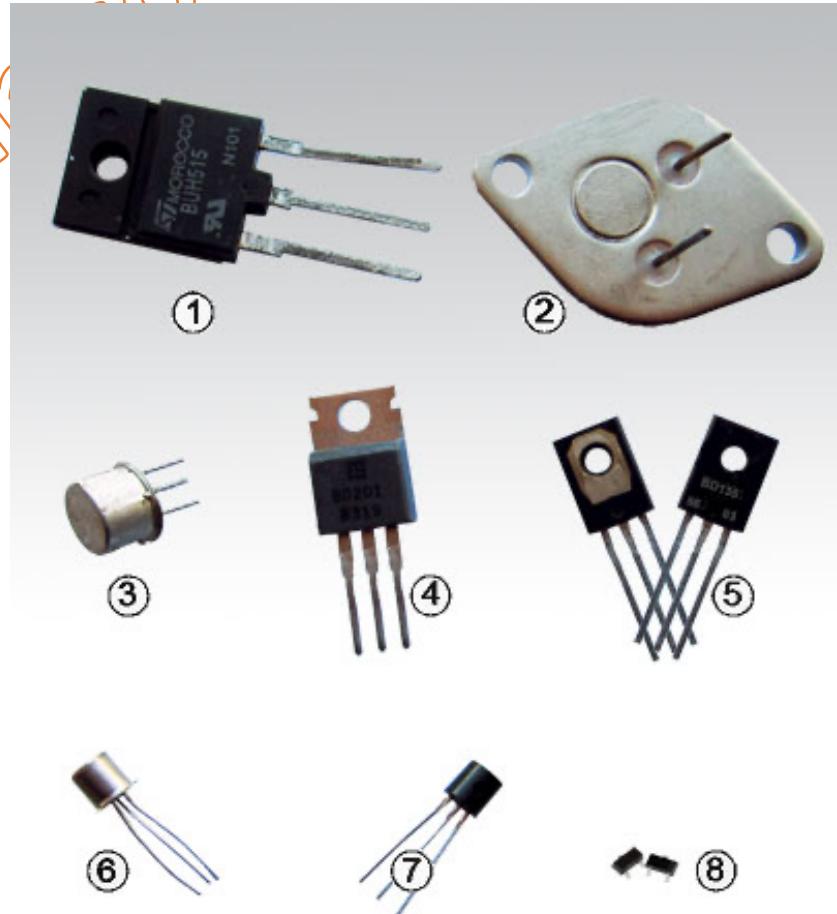
b) Thay thế BJT bằng mô hình tham số r\_e

- $r_v = R_1 // R_2 // \beta \cdot r_e$
- $K_u = - (r_c // R_C) / r_e \approx - R_C / r_e$
- $K_i = [\beta \cdot (R_1 // R_2)] / [(R_1 // R_2 + \beta \cdot r_e)]$

$$r_r = r_c // R_C$$

$$K_i \approx \beta$$

# Ví dụ một số loại BJT thực tế



1. **BUH515:** High Voltage (1500V) high power (50W) NPN fast switching transistor in an ISOWATT218 package, originally designed for use in analogue TV timebases but also used in switched mode power supplies.
2. **2N3055:** NPN Silicon Power transistor (115W) designed for switching and amplifier applications. Can be used as one half of a complementary push-pull output pair with the PNP MJ2955 transistor.
3. **2N2219:** NPN silicon transistor in a metal cased TO-39 package, designed for use as a high speed switch or for amplification at frequencies from DC (0Hz) up to UHF at about 500MHz.
4. **2N6487:** General purpose NPN output transistor with a power rating up to 75W in a TO-220 package.
5. **BD135/BD136:** Complementary (NPN/PNP) pair of low-medium power audio output transistors in a SOT-32 package.
- 6, 7 and 8. **2N222:** Small signal general purpose amplifier and switching transistors

# Tổng kết chương

Bản ~~sơ~~ tóm

## Nội dung đã học

- ✓ Cấu tạo và nguyên lý làm việc
- ✓ Các dạng mắc mạch
- ✓ Phân cực và điểm làm việc tĩnh
- ✓ Chế độ khuếch đại và chế độ chuyển mạch
- ✓ Sơ đồ tương đương

## Nội dung quan trọng (tăng GPA, CPA):

- ✓ Cấu tạo, nguyên lý, đặc tuyến của BJT
- ✓ Các mạch EC, CC, BC và đặc điểm
- ✓ Các sơ đồ phân cực: đặc điểm, tính toán đường tải và điểm làm việc tĩnh, vẽ hình
- ✓ Sơ đồ tương đương  $r_e$  (quan trọng) và H: vẽ lại mạch và tính toán các thông số  
trở kháng,  $K_u$ ,  $K_i$

