

CHƯƠNG 3: TRANSISTOR LƯỜNG CỰC

TS. PHẠM NGUYỄN THANH LOAN

Hà Nội, 9/24/2012

Tổ chức lớp

2

- Số tín chỉ: 3
- Giảng viên: TS. Phạm Nguyễn Thanh Loan
- Văn phòng: Phòng 618, thư viện Điện Tử
- Email: loanpham.sinhvien@gmail.com
- Sách:
 1. Electronic Devices and Circuit Theory, Robert Boylestad and Louis Nashelsky
 2. Kỹ thuật Mạch điện tử, Phạm Minh Hà
- Bài tập tại lớp, bài tập về nhà theo nhóm được cung cấp tại lớp

Nội dung chương 3

3

- Nhắc lại kiến thức cơ bản
- Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ
- Các phương pháp phân tích
 - ▣ Dùng sơ đồ tương đương: kiểu tham số hỗn hợp, kiểu mô hình r_e - chương 7
 - ▣ Dùng đồ thị - chương 7
- Đặc điểm kỹ thuật
- Ảnh hưởng của các yếu tố đến hoạt động
- Ổn định hoạt động

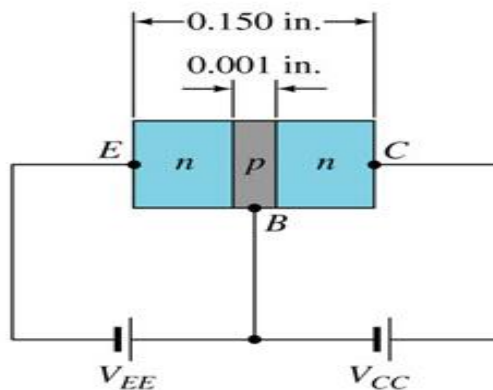
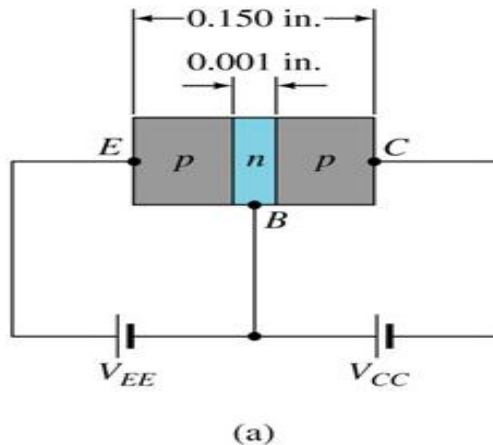
Nhắc lại kiến thức cơ bản

4

- Cấu trúc và hoạt động
- Các cách mắc mạch
- Định thiên cho bộ khuếch đại làm việc ở chế độ tuyến tính
 - ▣ Bằng dòng bazơ cố định
 - ▣ Bằng phân áp
 - ▣ Bằng hồi tiếp điện áp

Cấu trúc và hoạt động BJT

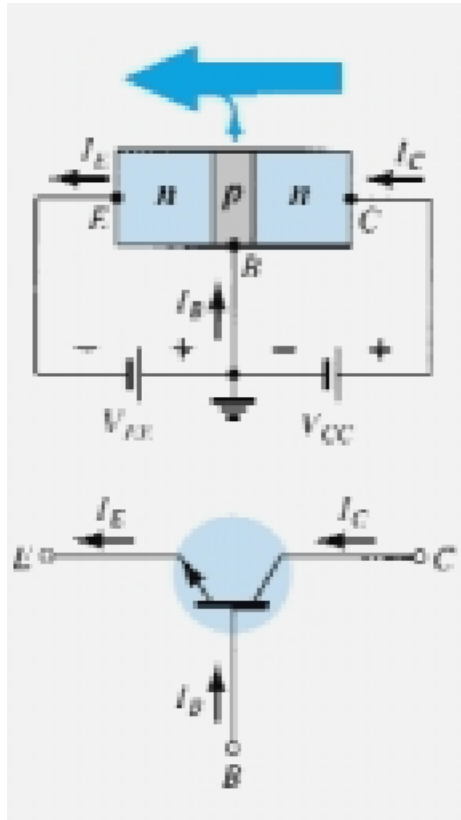
❖ Cấu tạo của BJT



- ❑ Transistor lưỡng cực BJT (Bipolar Junction Transistor)
- ❑ Hai loại BJT: NPN và PNP
- ❑ Ba cực điện: E, B và C
- ❑ E: Emitter; B: Base, C: Collector
- ❑ Lớp base nằm giữa, và mỏng hơn rất nhiều so với emitter và collector

Cấu trúc và hoạt động (NPN)

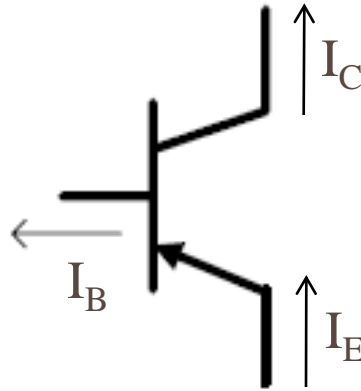
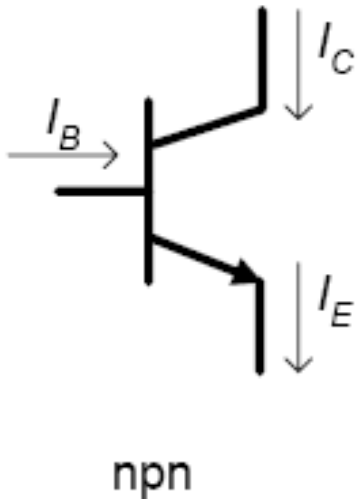
❖ Phân cực tiếp giáp BE và BC



- **Tiếp giáp BE phân cực thuận:**
electron (e) đi từ miền E vào miền B, tạo thành dòng I_E (dòng khuếch tán, dòng của hạt đa số)
- **Tiếp giáp BC phân cực ngược:**
hầu hết các electron qua miền B để sang miền C, tạo thành dòng I_C (dòng trôi, dòng của hạt thiểu số)
- Một số (e) tái hợp với lỗ trống trong miền B, tạo thành dòng I_B
- Do vậy: $I_E = I_C + I_B$

Cấu trúc và hoạt động

❖ Ký hiệu của BJT



- 3 cực: B, E và C
- Mũi tên chỉ chiều dòng điện giữa 2 cực B và E
- Dòng điện quy ước là dòng của hạt dẫn dương (lỗ trống)
- NPN: $B \rightarrow E$
- PNP: $E \rightarrow B$

Tham số kỹ thuật

- $I_E = I_C + I_B$
- $I_C = \beta I_B$
- $\beta = 100 \div 200$ (có thể lớn hơn)
- β là hệ số khuếch đại dòng điện
- $I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$
- $I_C \approx \alpha I_E$ (bỏ qua I_{CBO} vì rất nhỏ)
- $\alpha = 0.9 \div 0.998$.
- α là hệ số truyền đạt dòng điện

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

Tham số kỹ thuật

9

- $I_E = I_C + I_B$
- $I_C = \beta I_B$
- $\beta = 100 \div 200$ (có thể lớn hơn)
- β là hệ số khuếch đại dòng điện
- $I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$
- $I_C \approx \alpha I_E$ (bỏ qua I_{CBO} vì rất nhỏ)
- $\alpha = 0.9 \div 0.998$.
- α là hệ số truyền đạt dòng điện

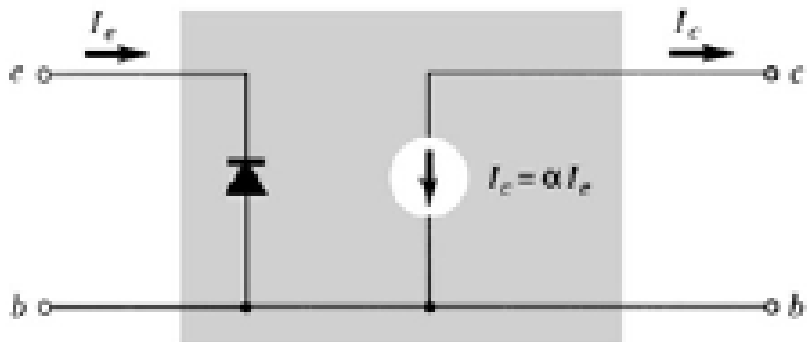
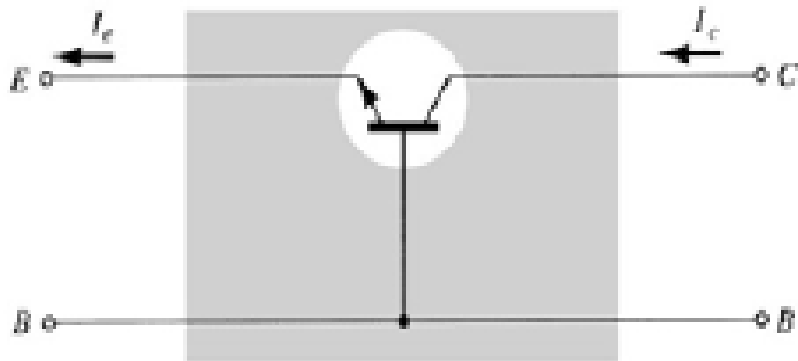
$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

Các cách mắc mạch

- Có 3 cách mắc mạch (hoặc gọi là cấu hình)
 - ▣ BC (chung bazơ)
 - ▣ EC (chung emitter)
 - ▣ CC (chung collector)
- Cấu hình được phân biệt bởi cực nào được nối với đầu vào và đầu ra

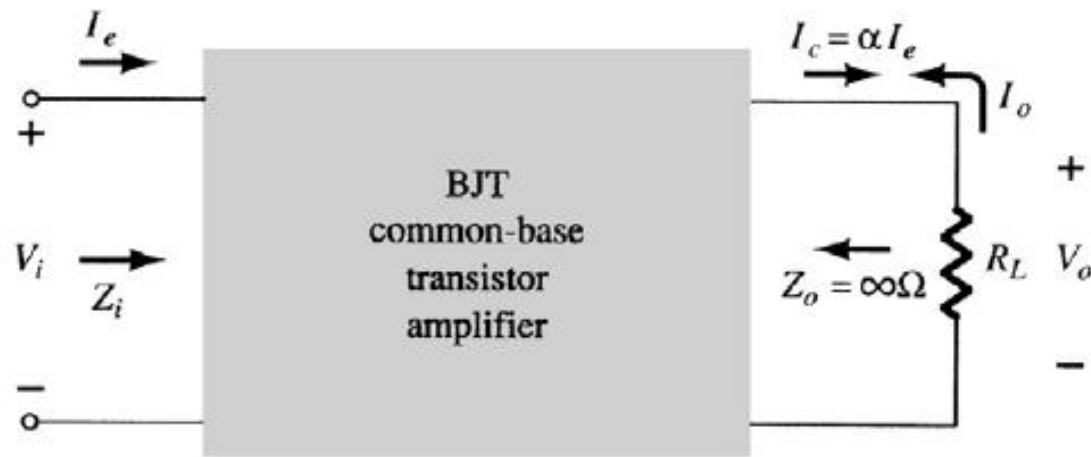
| Cấu hình | Đầu vào | Đầu ra |
|----------|---------|--------|
| BC | E | C |
| EC | B | C |
| CC | B | E |

Cấu hình CB



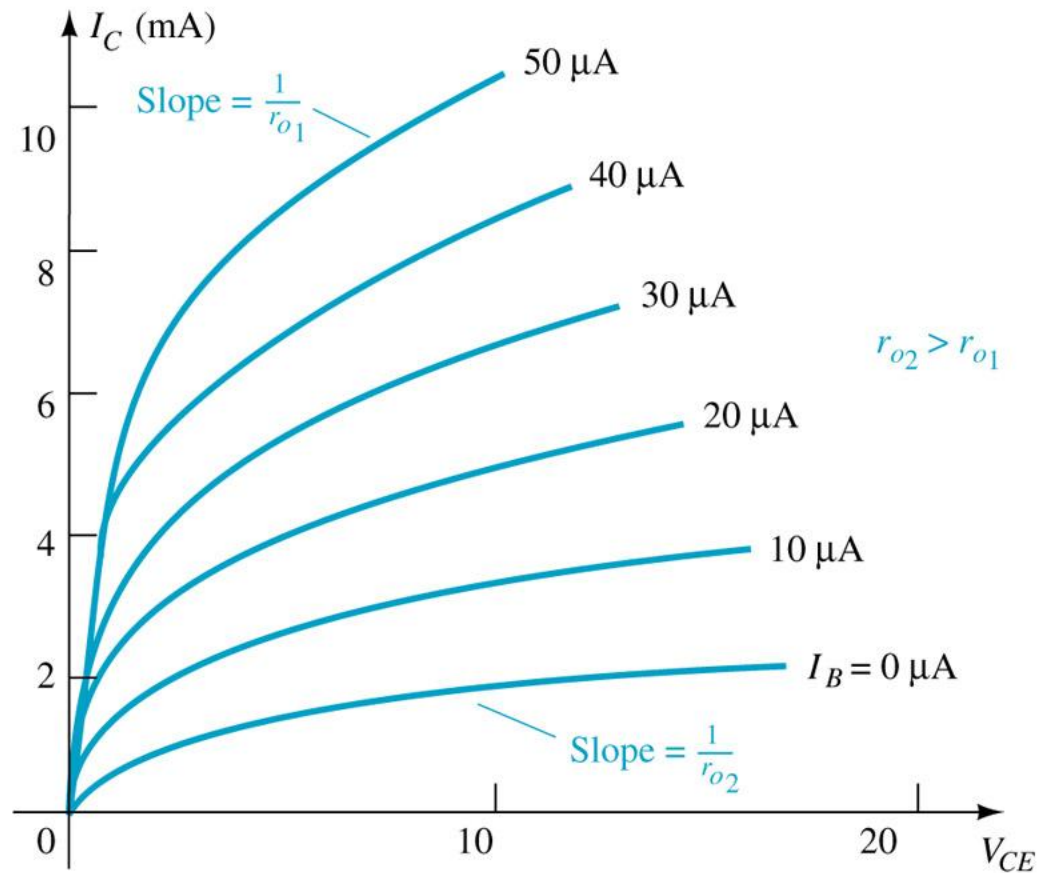
- Chung B giữa đầu vào và đầu ra
- Đầu vào: r_e là điện trở xoay chiều của 1 điốt:
$$r_e = 26\text{mV}/I_E$$
- Cách ly giữa đầu vào và đầu ra
- Đầu ra: dòng điều khiển I_e , $I_c = \alpha I_e$

Cấu hình CB

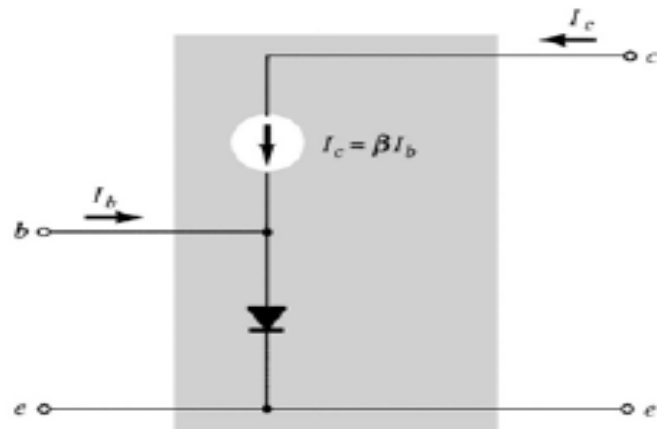
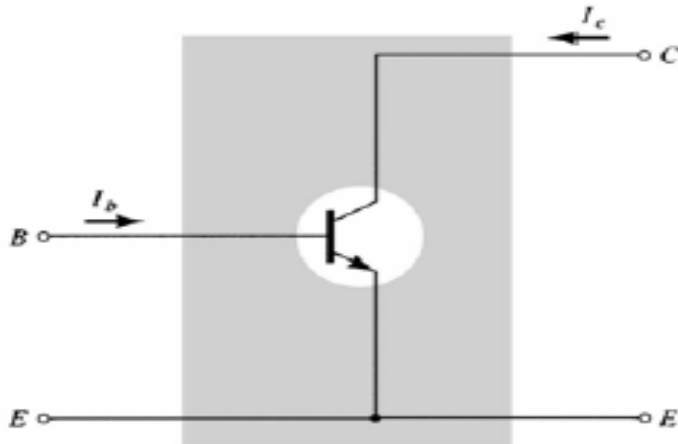


- 1) $Z_i = r_e$ (n Ω -50 Ω)
- 2) $Z_o = r_o \approx \infty$ (nM Ω) với Z_o là độ dốc của đường đặc tuyến ra. $Z_o = \infty$ nếu đường này nằm ngang
- 3) $A_v = \alpha R_L / r_e \approx R_L / r_e$ tương đối lớn, U_o & U_i đồng pha
- 4) $A_i = -\alpha \approx 1$

Cấu hình CE

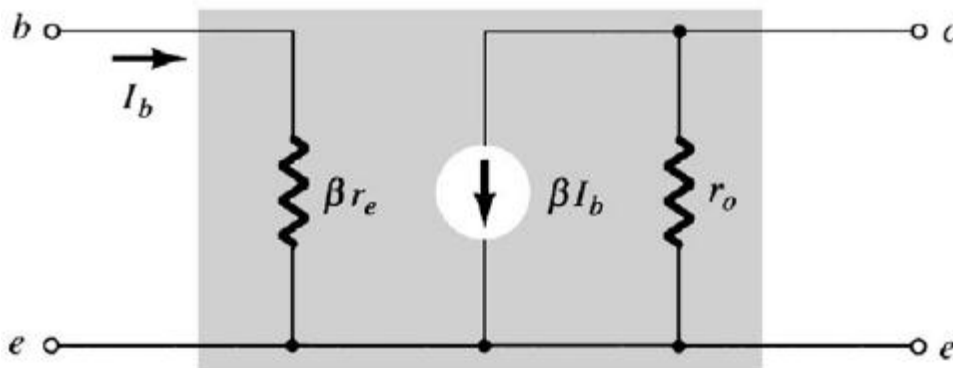
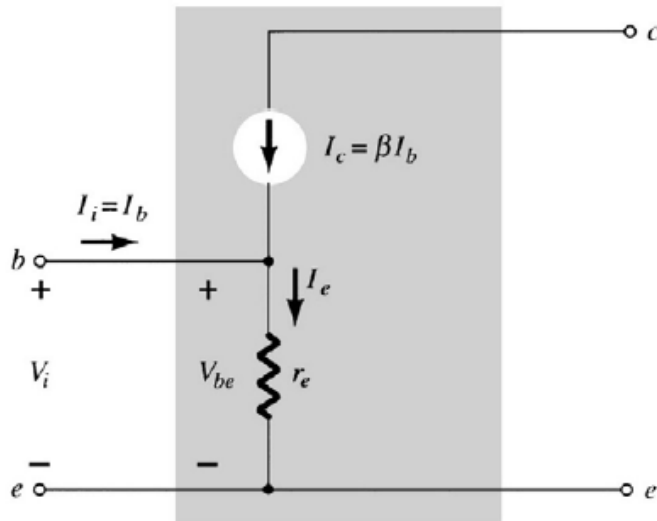


Cấu hình CE



- Chung E giữa vào và ra
- Đầu vào: 1 điốt tương đương, với r_e = điện trở xoay chiều của điốt
- Đầu ra: nguồn dòng điều khiển $I_c = \beta I_b$

Cấu hình CE



□ $Z_i = U_{be}/I_b \approx \beta I_b r_e / I_b \approx \beta r_e$

Khoảng $n100\Omega - nK\Omega$

□ $Z_o = r_o \approx \infty$

(không được đưa vào trong mô hình r_e)

Xác định từ phân tích đặc tuyến ra: $r_o = 40-50K\Omega$

□ $A_v = -R_L/r_e$ ($r_o = \infty$)

□ $A_i = I_c/I_b = \beta$

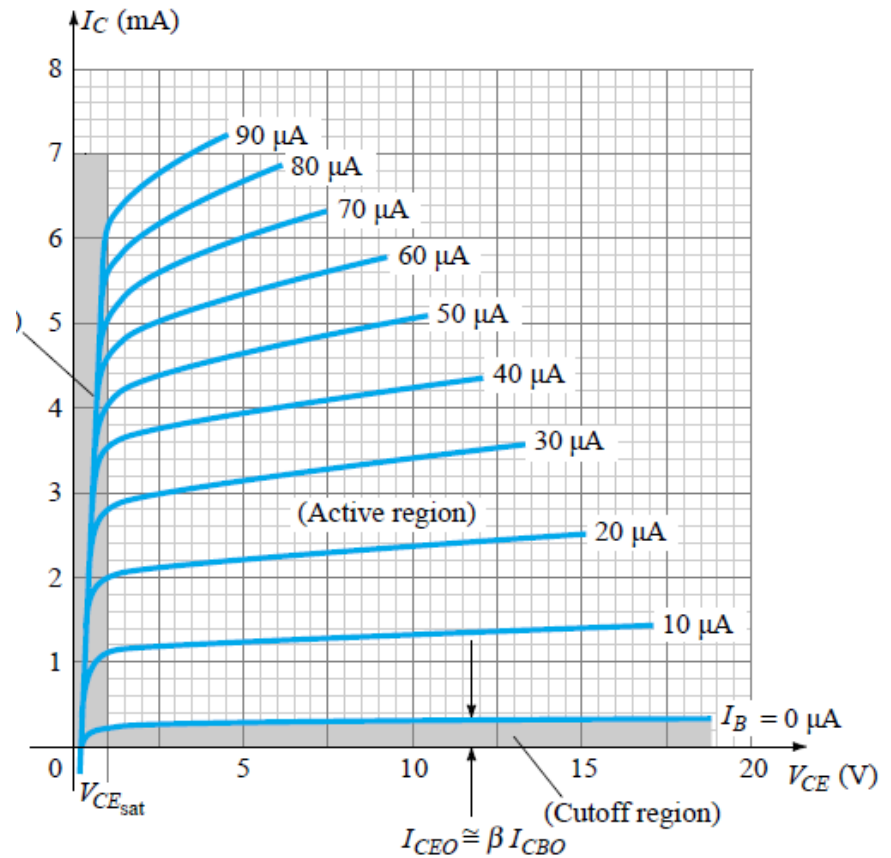
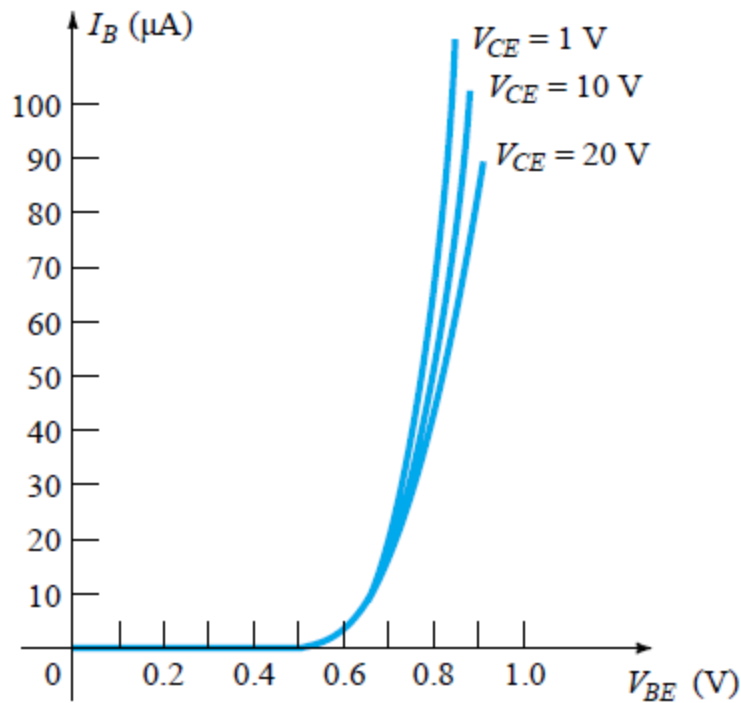
Sơ đồ có Z_i , Z_o trung bình; A_v , A_i lớn

Cấu hình CC

- Sơ đồ giống cấu hình CE
 - ▣ Tham khảo sách Electronic Devices and Circuit theory

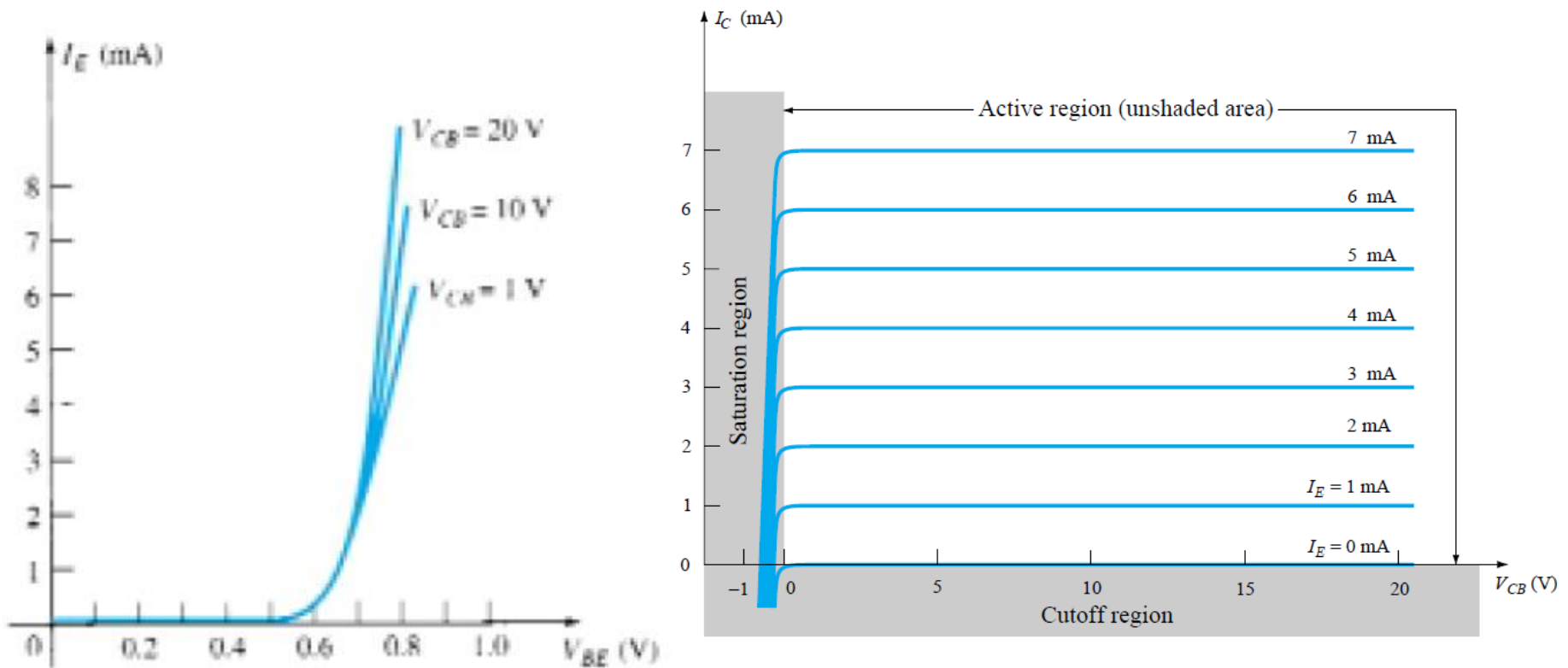
Đặc tuyến của BJT

- Đặc tuyến vào và ra cho mạch E chung (EC)



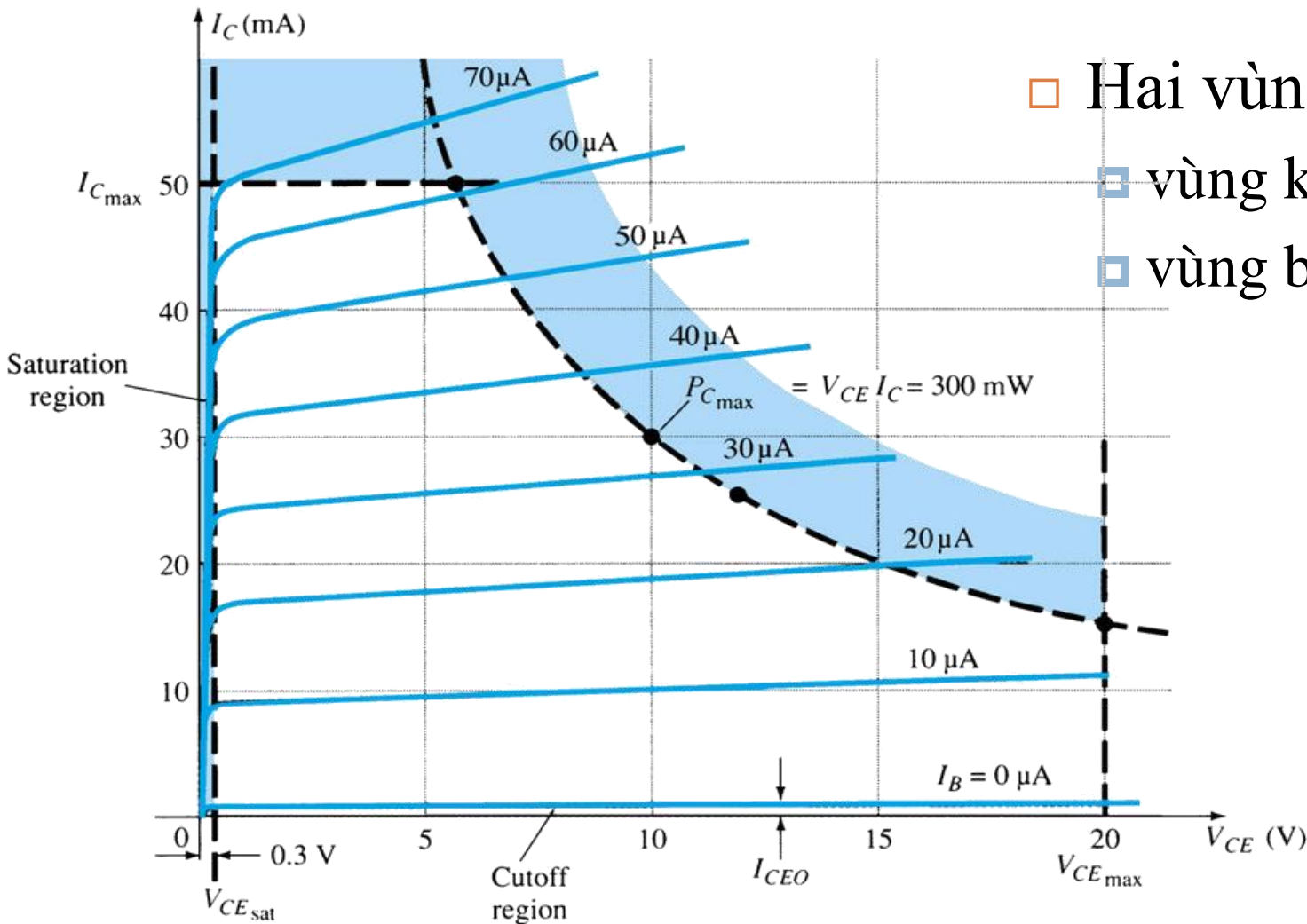
Đặc tuyến của BJT

- Đặc tuyến vào và ra cho mạch B chung (BC)



Giới hạn hoạt động của BJT

19



Phân cực 1 chiều cho BJT

- Để có thể khuếch đại tín hiệu, BJT cần được “đặt” ở vùng tích cực (vùng cắt và vùng bão hòa được dùng trong chế độ chuyển mạch: switch)
- ➔ Tiếp giáp BE phân cực thuận, tiếp giáp BC phân cực ngược
- Phân cực: thiết lập điện áp, dòng điện một chiều theo yêu cầu
 - NPN: $V_E < V_B < V_C$
 - PNP: $V_E > V_B > V_C$

Phân cực cho BJT

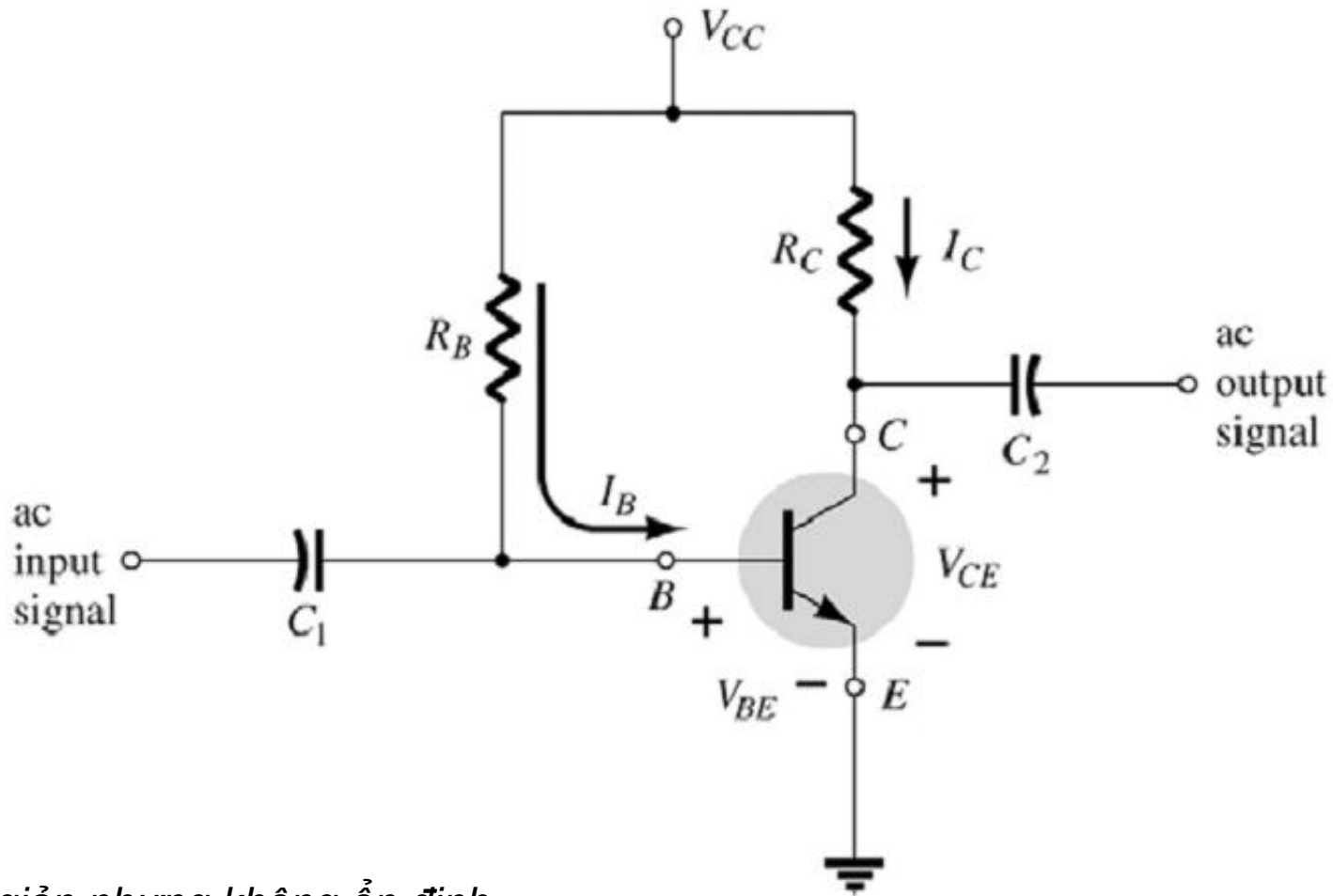
- Chú ý: các tham số kỹ thuật và mối liên hệ

$$V_{BE} \approx 0,6 \div 0,7V \text{ (Si)} ; 0,2 \div 0,3V \text{ (Ge)}$$

$$I_E = I_C + I_B \quad I_C = \beta I_B \quad I_C \approx \alpha I_E$$

- Có 3 cách phân cực
 - ▣ Fixed base current
 - ▣ Feedback current (emitter current)
 - ▣ Voltage divider

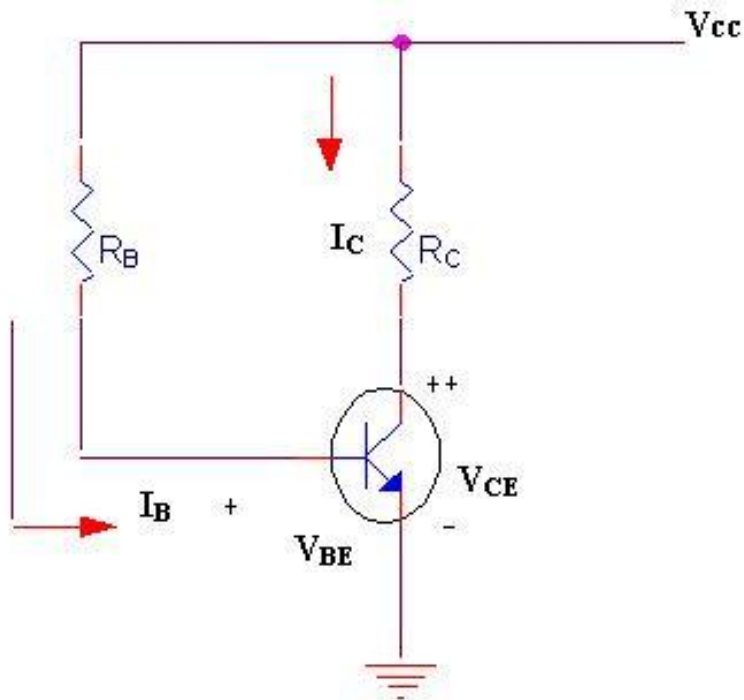
Mạch phân cực bằng dòng bazơ cố định



Đơn giản nhưng không ổn định

Mạch phân cực bằng dòng bazơ cố định

23



Vòng BE:

$$V_{CC} - I_B R_B - U_{BE} = 0$$

$$\Rightarrow I_B = (V_{CC} - U_{BE}) / R_B$$

$$I_C = \beta * I_B$$

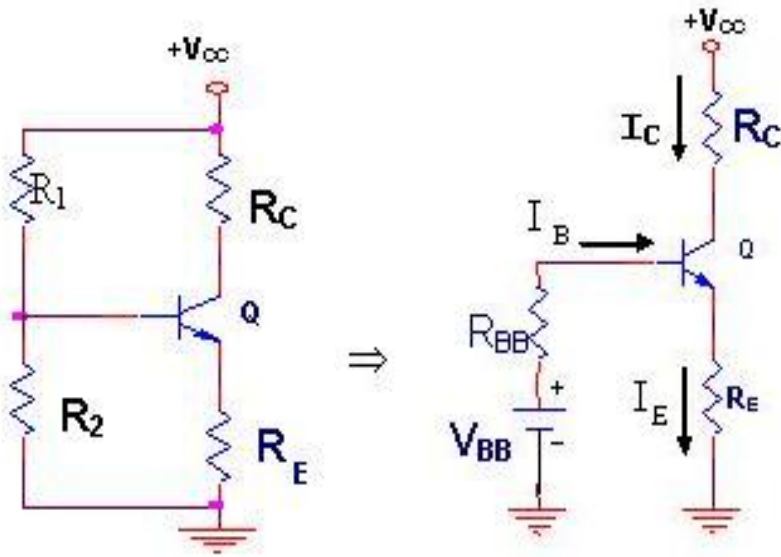
Vòng CE :

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

Mạch đơn giản nhưng không ổn định

Mạch phân cực bằng bộ phân áp

24



Dòng và áp không phụ thuộc β

Cách 1: Mạch tương đương Thevenin:

$$R_{BB} = R_1 // R_2$$

$$V_{BB} = V_{cc} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

⇒ Tương đương mạch phân cực bằng dòng bazơ

Cách 2: Tính toán xấp xỉ:

Nếu $\beta * R_2 \geq 10R_1 \rightarrow I_2 \approx I_1$

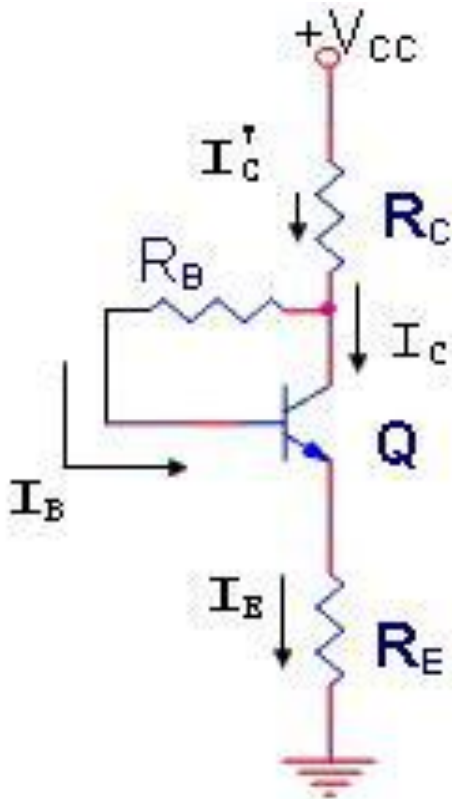
$$\Rightarrow V_{BB} = V_{cc} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$\Rightarrow V_E = V_{BB} - U_{BE} \rightarrow I_c \approx I_e = V_e / R_e$$

$$\Rightarrow U_{CE} = V_{cc} - I_C (R_C + R_E)$$

Mạch phân cực bằng điện áp hồi tiếp

25



Vòng BE:

$$(1) V_{cc} - I_c' R_C - I_B R_B - U_{BE} - I_E R_E = 0$$

$$(2) I_C = \beta * I_B ; I_E \cong I_C$$

$$(3) \text{Kirchoof cho dòng tại C: } I_C = I_B + I_c' \\ \rightarrow I_c' = I_C - I_B = (\beta - 1) I_B$$

$$(1) + (2) + (3)$$

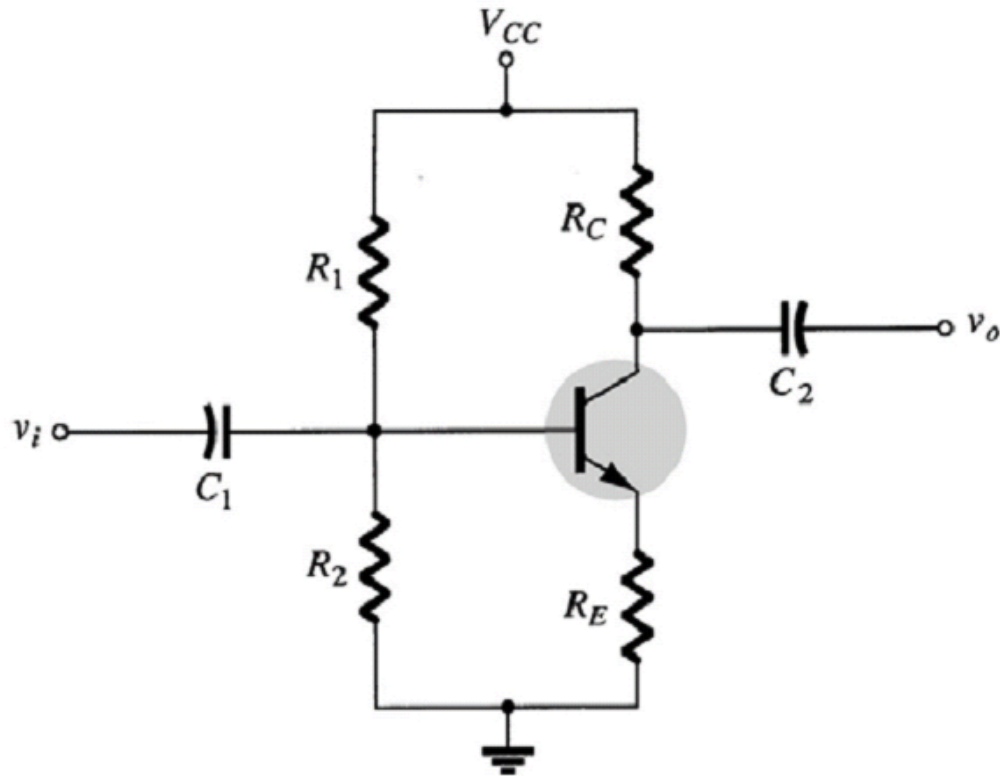
$$\rightarrow I_B = (V_{cc} - U_{BE}) / [R_B + \beta(R_C + R_E)]$$

Vòng CE:

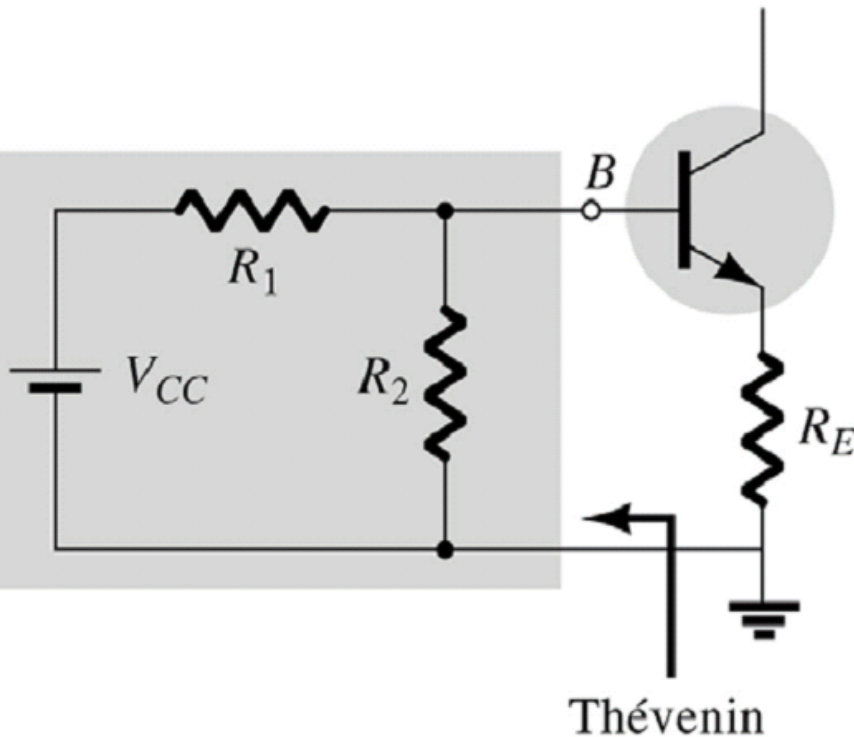
$$U_{CE} = V_{cc} - I_C (R_C + R_E)$$

Độ ổn định tương đối tốt

Mạch phân cực bằng bộ phân áp



Mạch phân cực bằng bộ phân áp



Định lý Thévenin:

$$R_{BB} = R_1 // R_2$$

$$E_{BB} = R_2 V_{CC} / (R_1 + R_2)$$

⇒ Tương đương mạch phân cực bằng dòng bazơ

Mạch phân cực bằng bộ phân áp

Tính toán xấp xỉ

Nếu $\beta * R_E \geq 10R_2 \rightarrow I_2 \approx I_1$

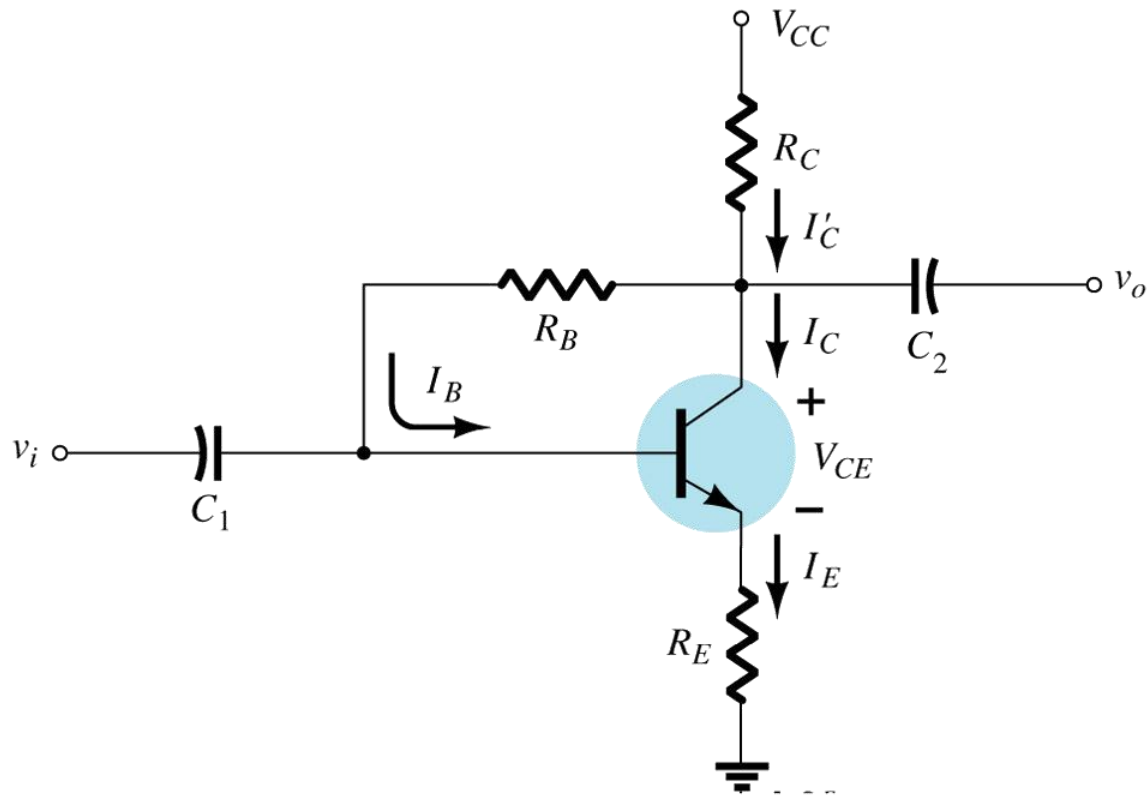
$$\Rightarrow V_B = R_2 * V_{CC} / (R_1 + R_2)$$

$$\Rightarrow V_E = V_B - U_{BE} \Rightarrow I_C \approx I_E = V_E / R_E$$

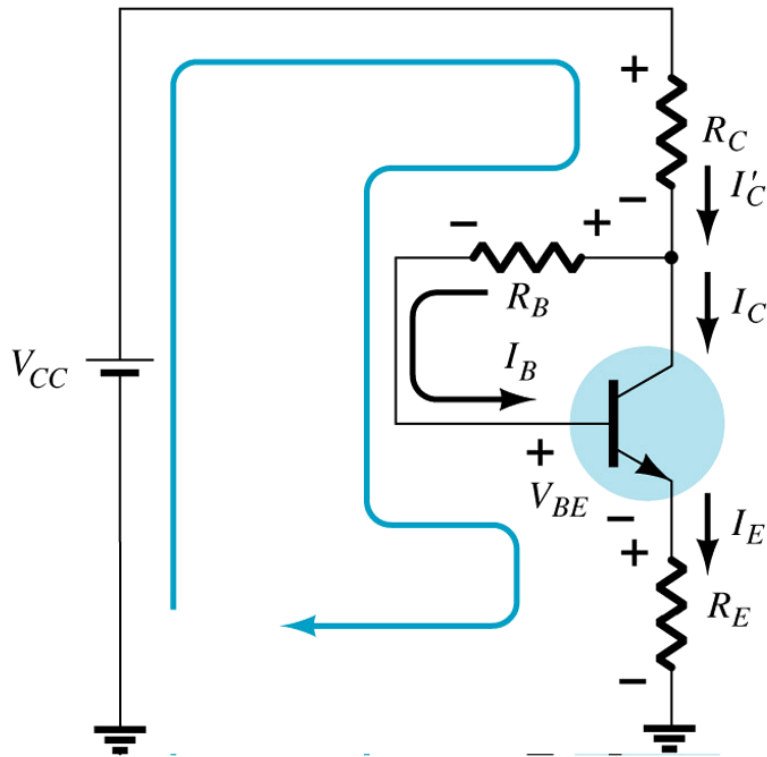
$$\Rightarrow U_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

Dòng và áp không phụ thuộc β

Mạch phân cực bằng điện áp hồi tiếp



Mạch phân cực bằng điện áp hồi tiếp



Vòng BE:

$$V_{CC} - I'_C R_C - I_B R_B - U_{BE} - I_E R_E = 0$$

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

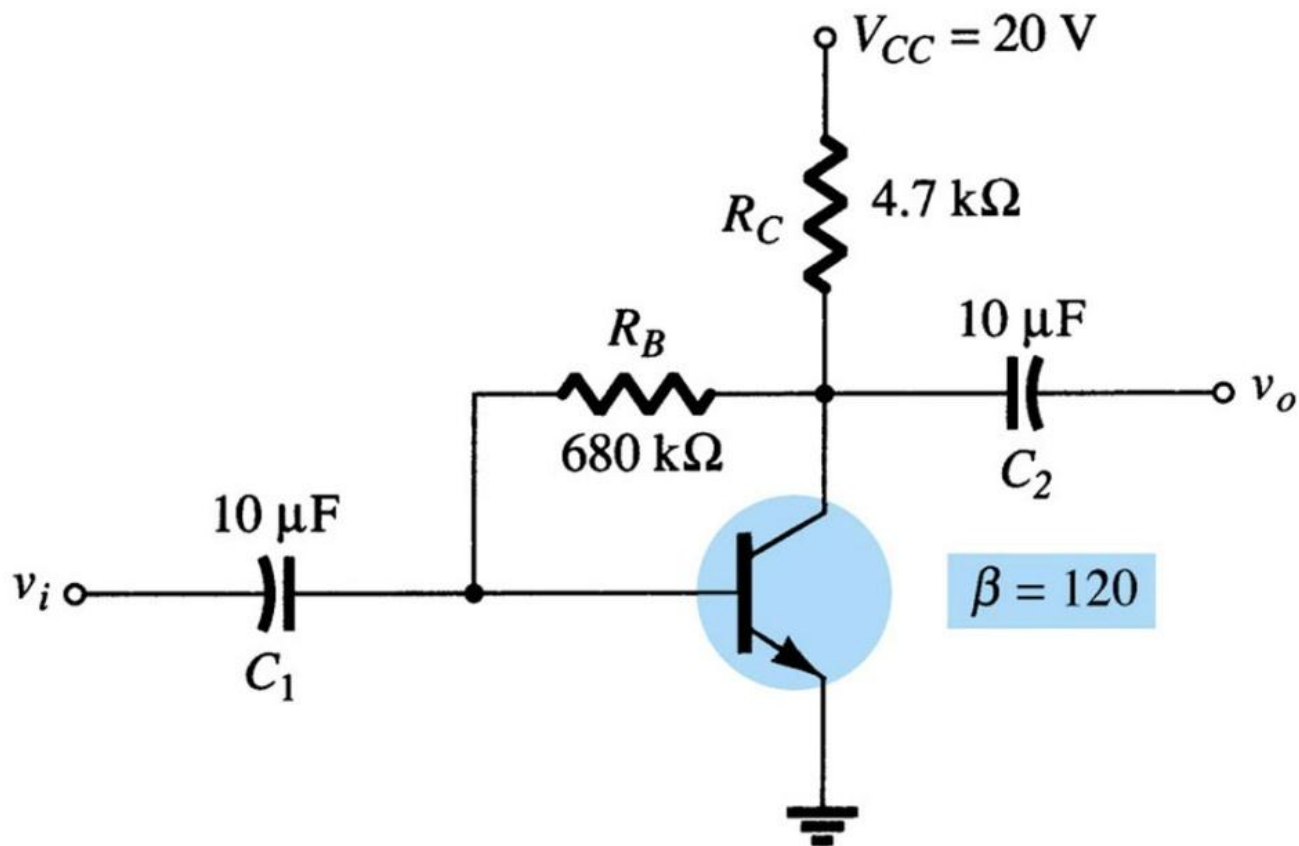
$$\text{với } I'_C \approx I_C \quad I_E \approx I_C$$

Vòng CE:

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

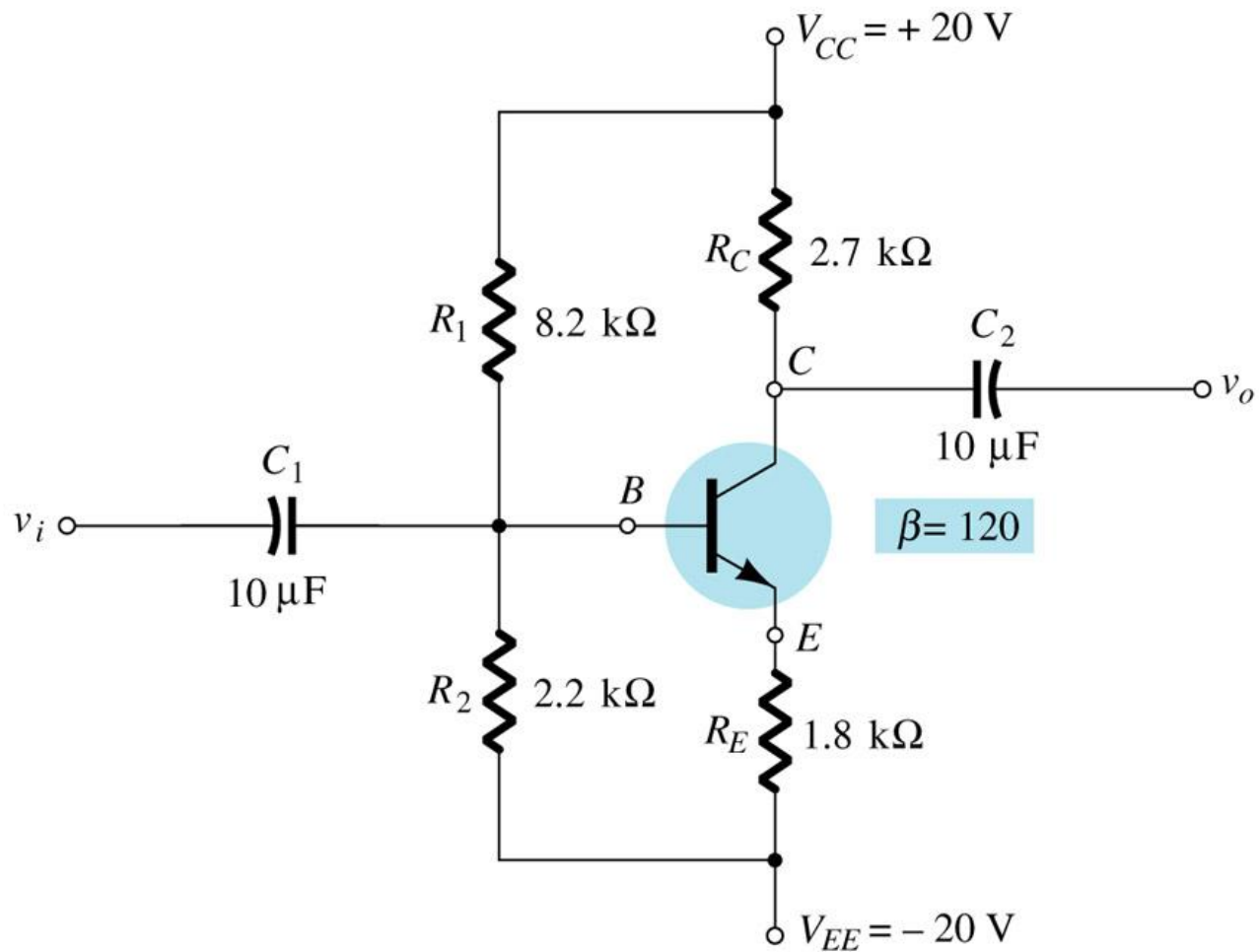
Ví dụ

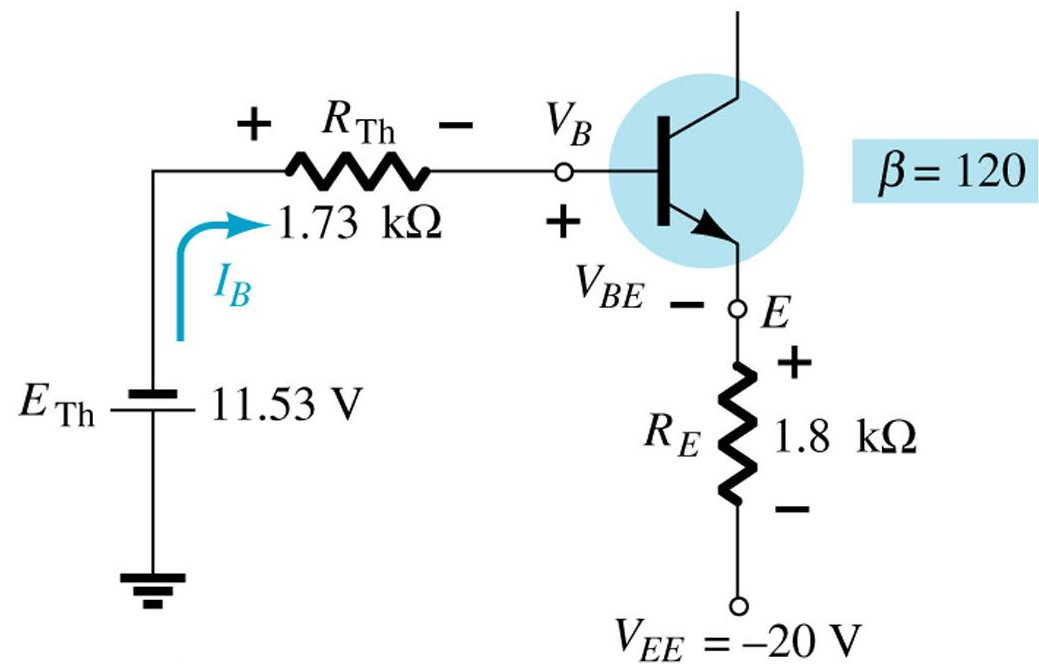
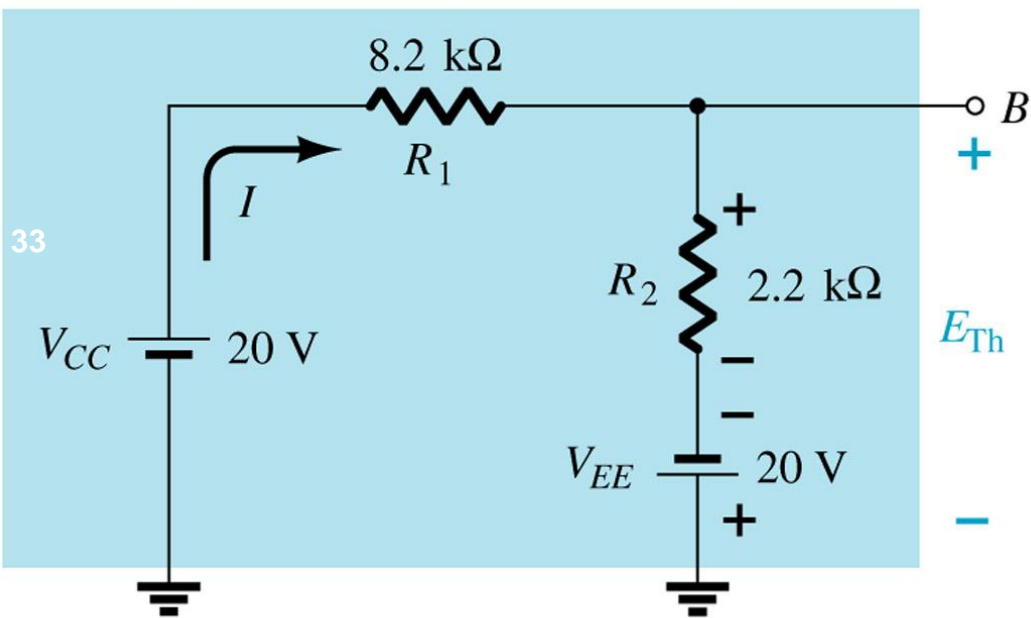
31



Ví dụ

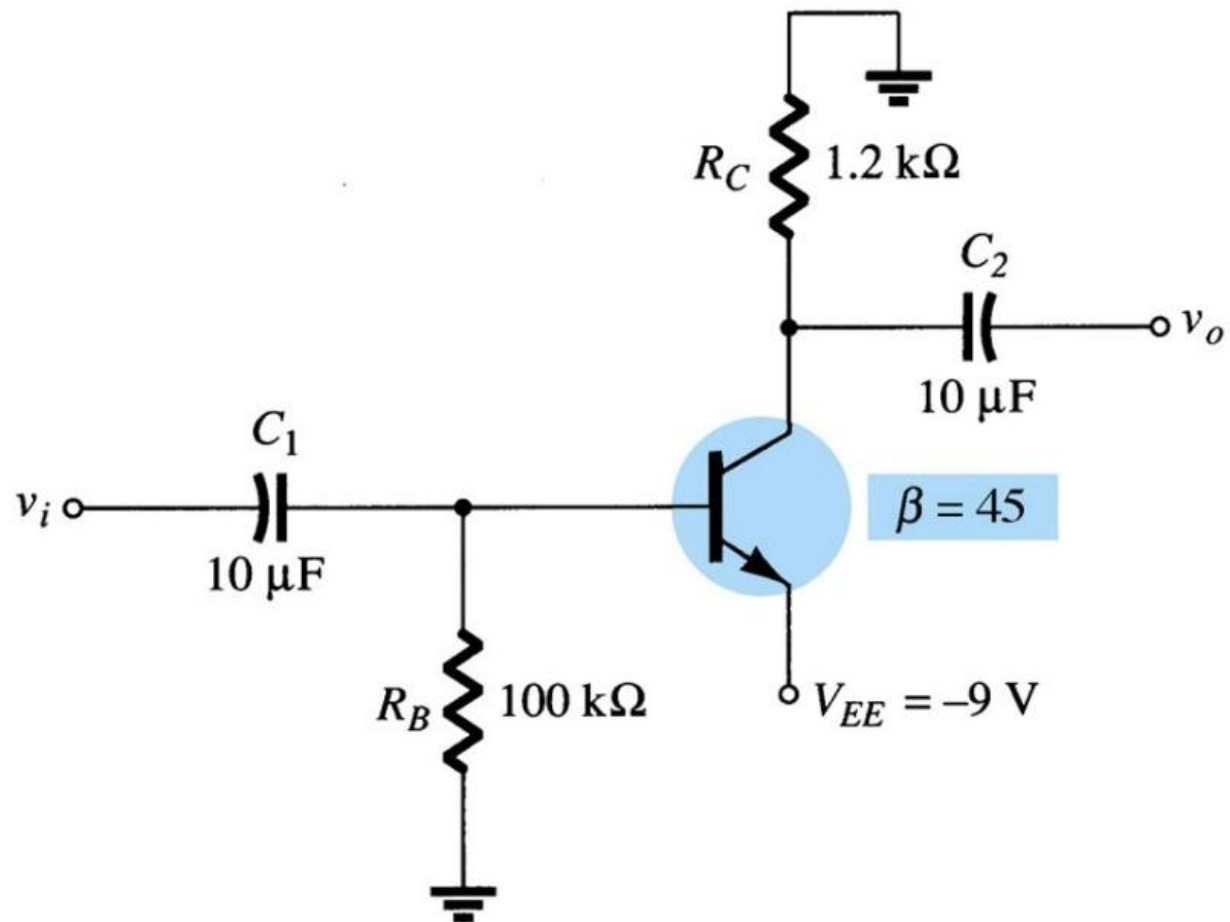
32





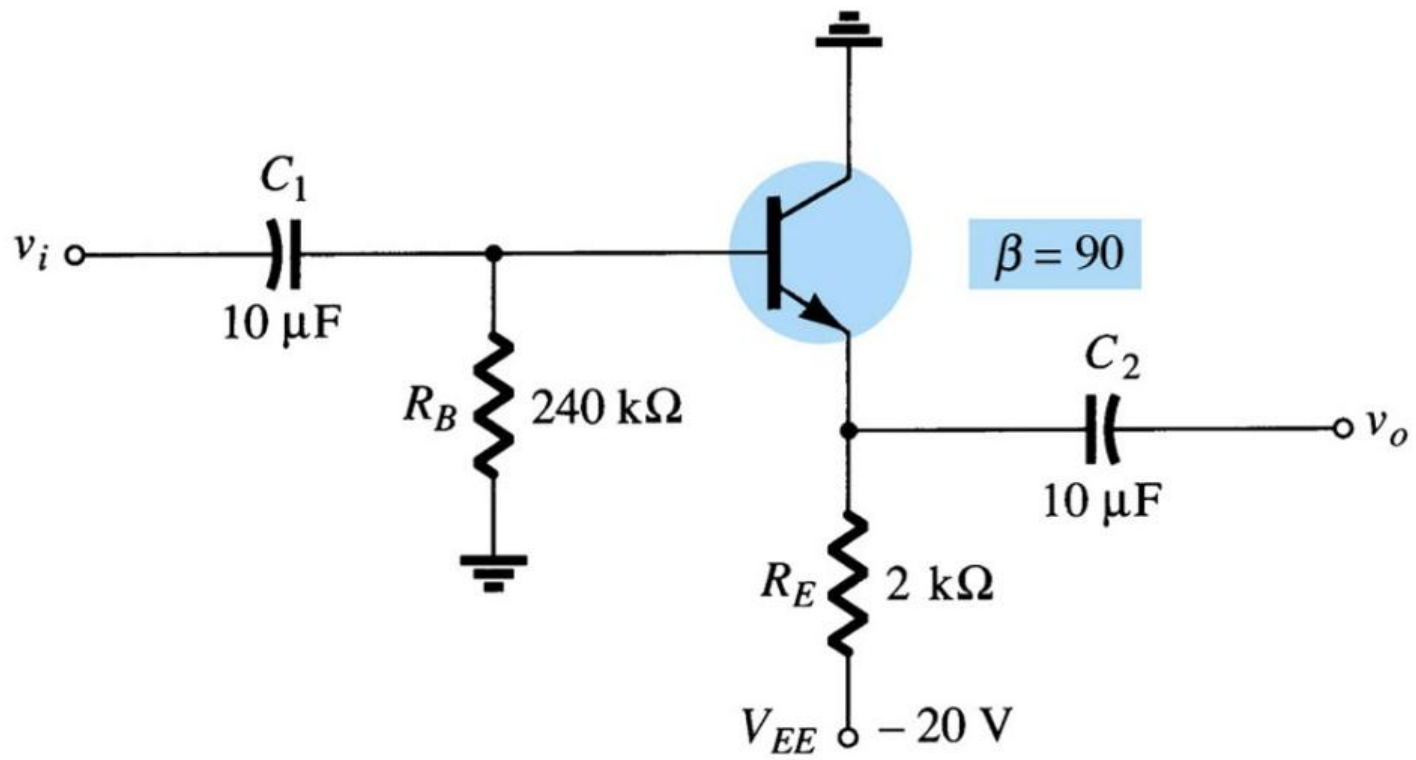
Ví dụ

34



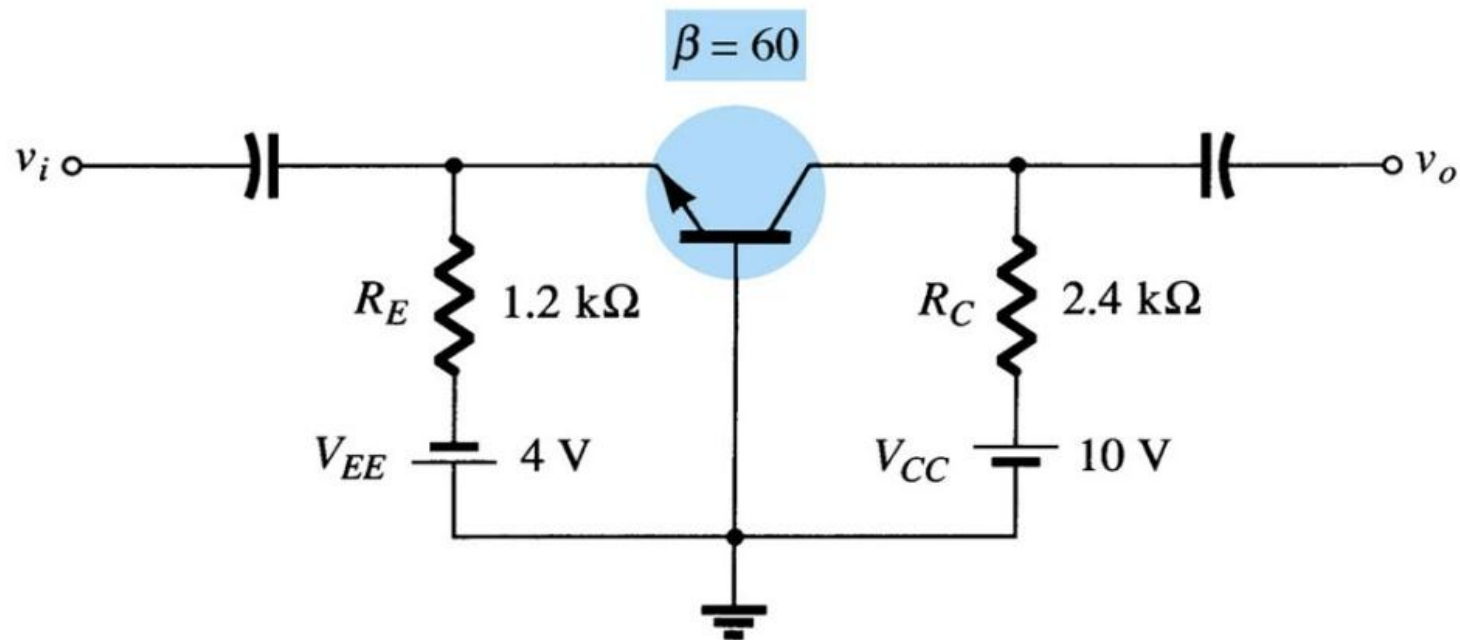
Ví dụ

35



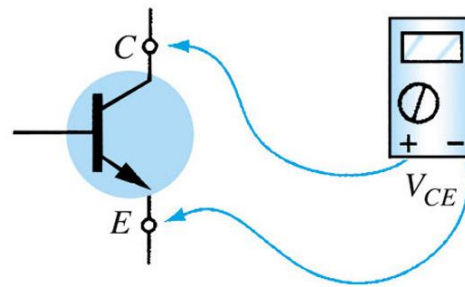
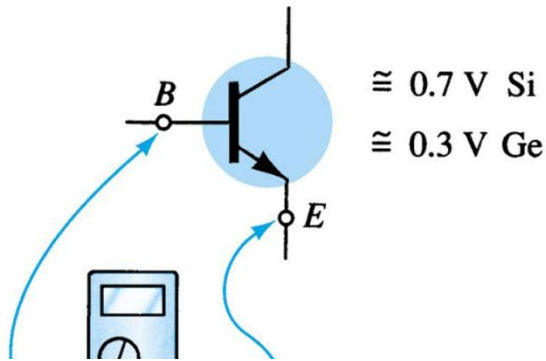
Ví dụ

36

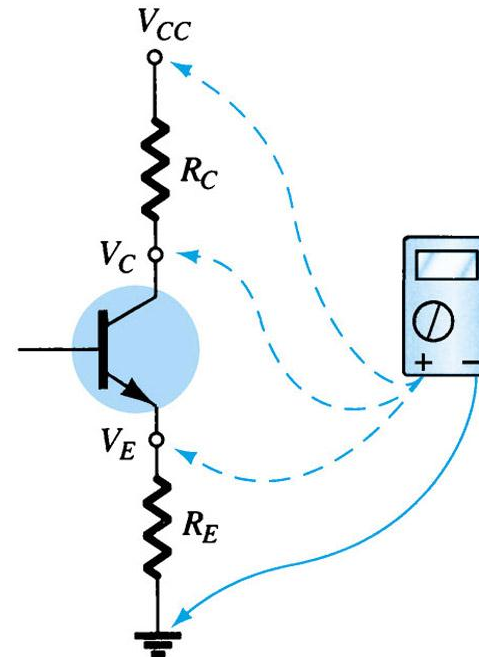
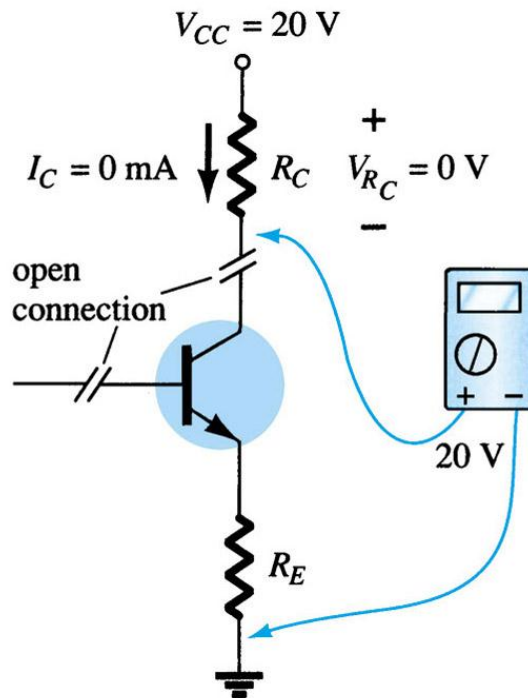


Trouble Shooting

37



$0.3 \text{ V} = \text{saturation}$
 $0 \text{ V} = \text{short-circuit state}$
 or poor connection
 Normally a few volts
 or more



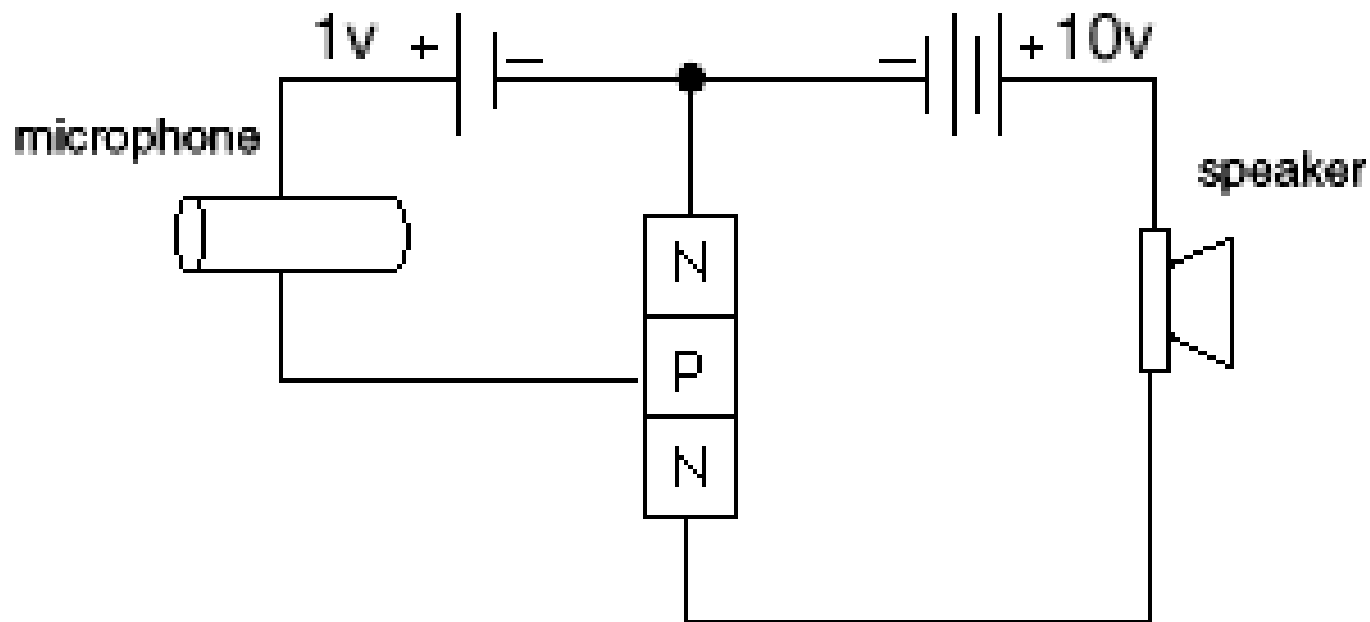
Mô hình tín hiệu nhỏ

Mô hình tín hiệu nhỏ

- Tín hiệu nhỏ:
 - ▣ Không có giới hạn chính xác, phụ thuộc tương quan giữa tín hiệu vào và tham số linh kiện
 - ▣ Vùng làm việc được coi là **tuyến tính**
- Khuếch đại xoay chiều:
 - ▣ $P_{\text{out}} > P_{\text{in}}$ (??? Định luật bảo toàn năng lượng)
- Mô hình BJT:
 - ▣ Mô hình là 1 mạch điện tử miêu tả xấp xỉ hoạt động của thiết bị trong vùng làm việc đang xét
 - ▣ Khuếch đại BJT tín hiệu nhỏ được coi là tuyến tính cho hầu hết các ứng dụng

Sự khuếch đại trong BJT

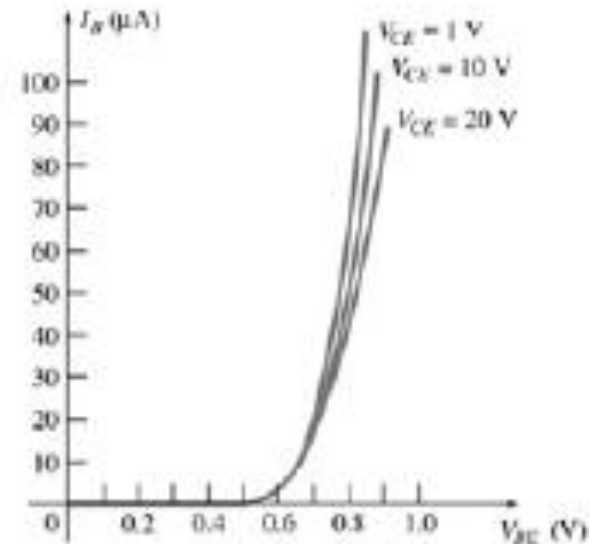
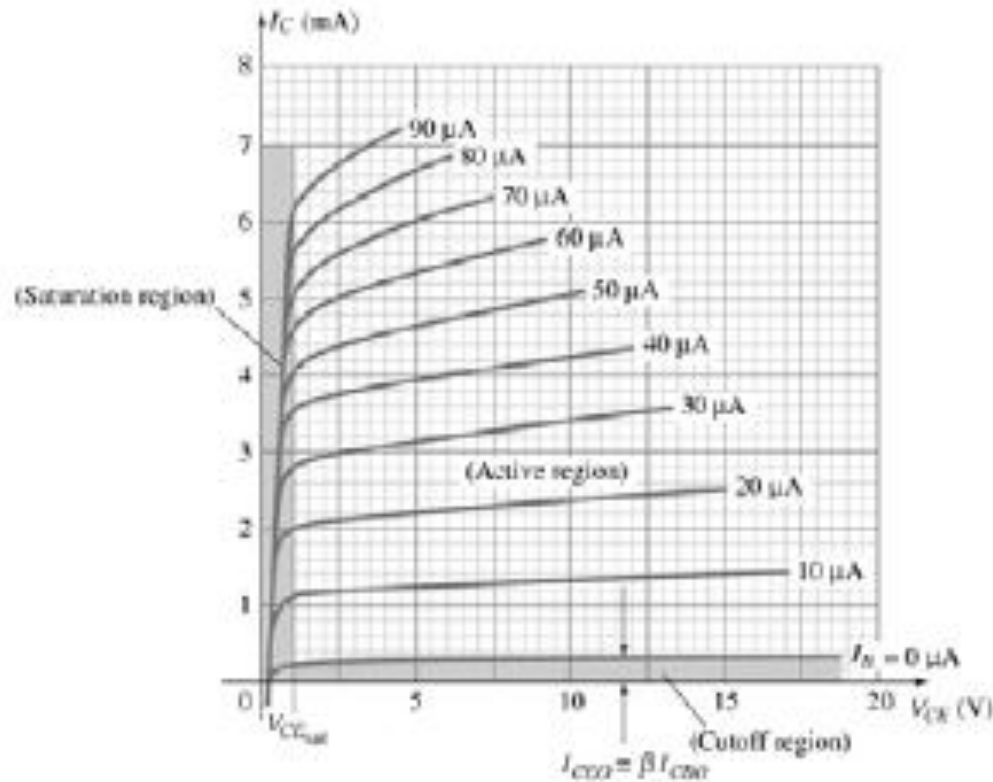
40



Các phương pháp phân tích

- Mạch KĐ dùng BJT được coi là **tuyến tính**
=> có thể sử dụng nguyên lý xếp chồng: phân tích DC và AC riêng biệt
- Phân tích bằng đồ thị
- Phân tích dựa trên các sơ đồ tương đương:
 - ▣ Sơ đồ tương đương tham số hỗn hợp H
 - ▣ Sơ đồ tương đương tham số dẫn nạp Y
 - ▣ Sơ đồ tương đương mô hình r_e

Phương pháp đồ thị



Đặc tuyến vào ra transistor BJT mắc CE

Phương pháp đồ thị

43

Điểm làm việc Q và đường tải:

- Điểm làm việc Q: điểm làm việc cố định trên đường đặc tuyến, được xác định bằng phân cực
- Đường tải: hình vẽ của tất cả giá trị phối hợp có thể của I_C và V_{CE} .
- 2 loại đường tải:

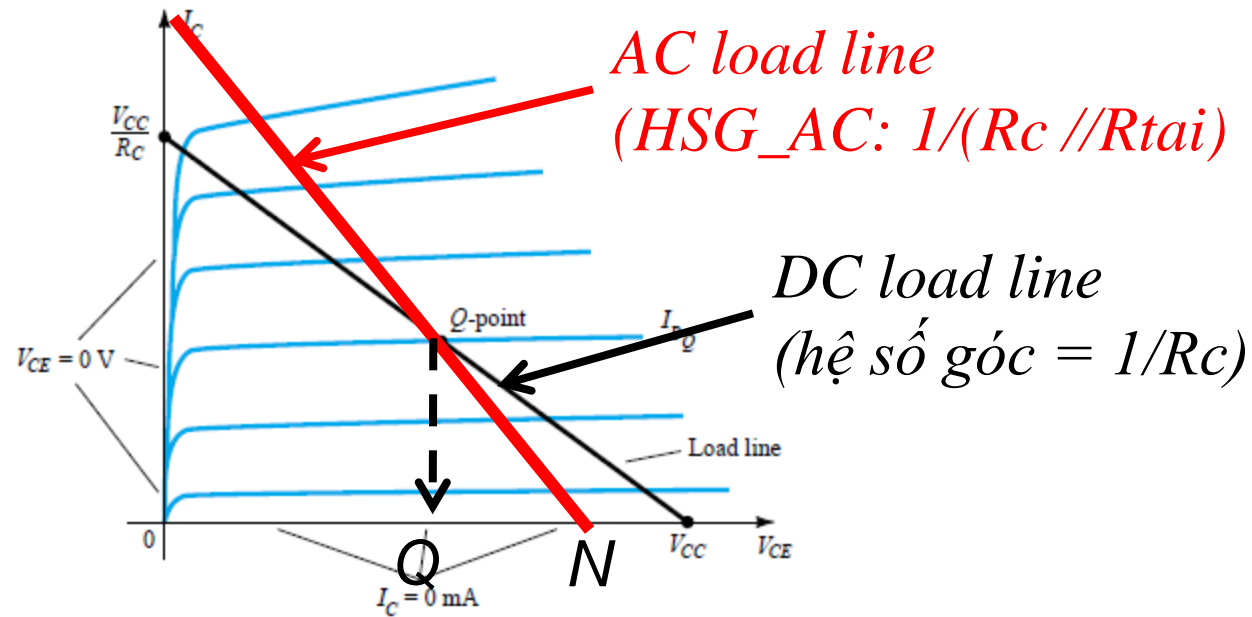
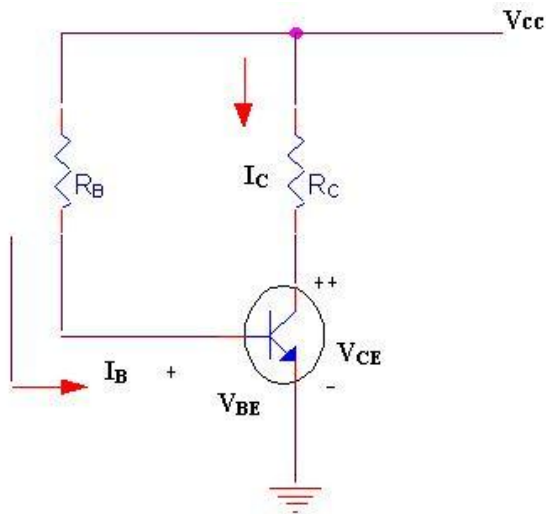
Đường tải tĩnh (chế độ 1 chiều): $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

Đường tải động (chế độ xoay chiều): $u_{CE} = V_{CC} - I_c(R_C // R_L)$

Dốc hơn so với đường tải tĩnh \Rightarrow ảnh hưởng đến điện áp ra

Xác định đường tải động

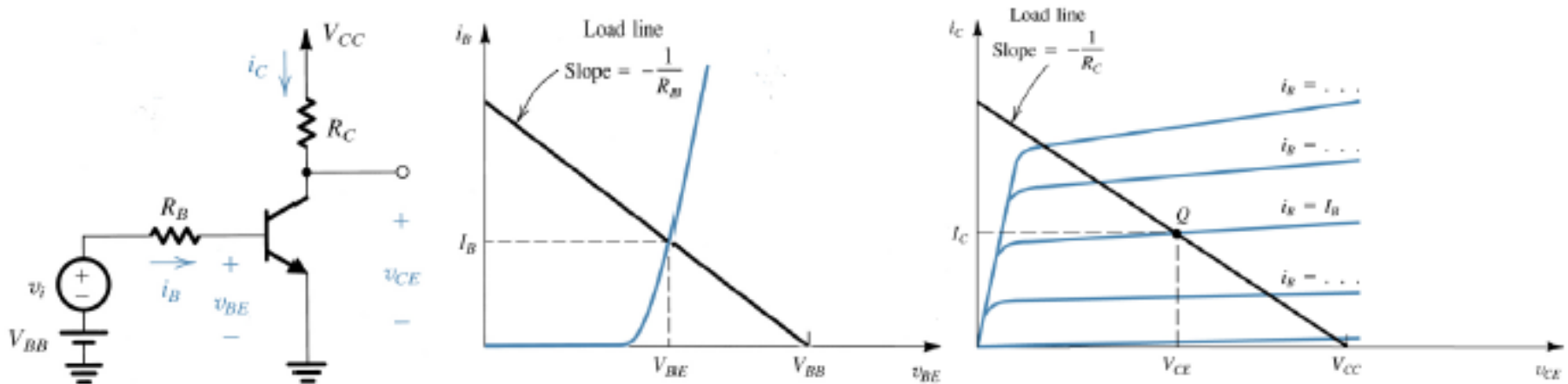
44



- ❖ Đường tải động dốc hơn đường tải tĩnh
- ❖ $ON = OQ + QN$ mà $QN = I_{CQ}/HSG_AC = I_{CQ} * (R_C // R_{tai})$
- ❖ Đường tải động đi qua điểm hoạt động tĩnh Q và N

Các phương pháp phân tích

Phương pháp đồ thị

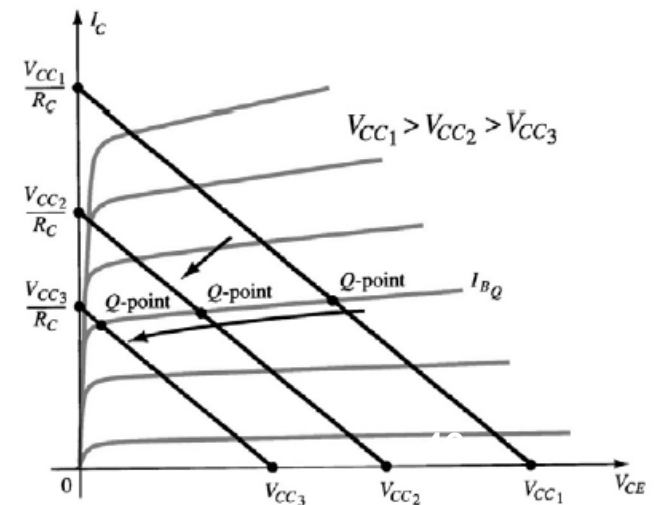
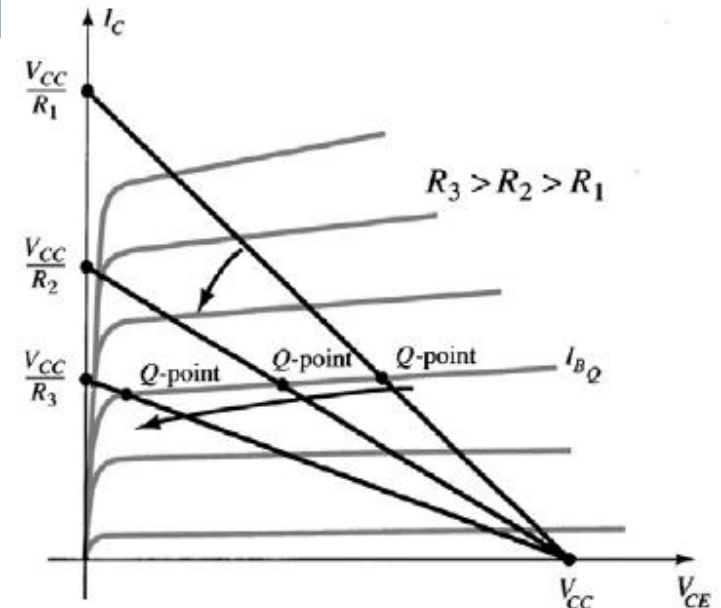
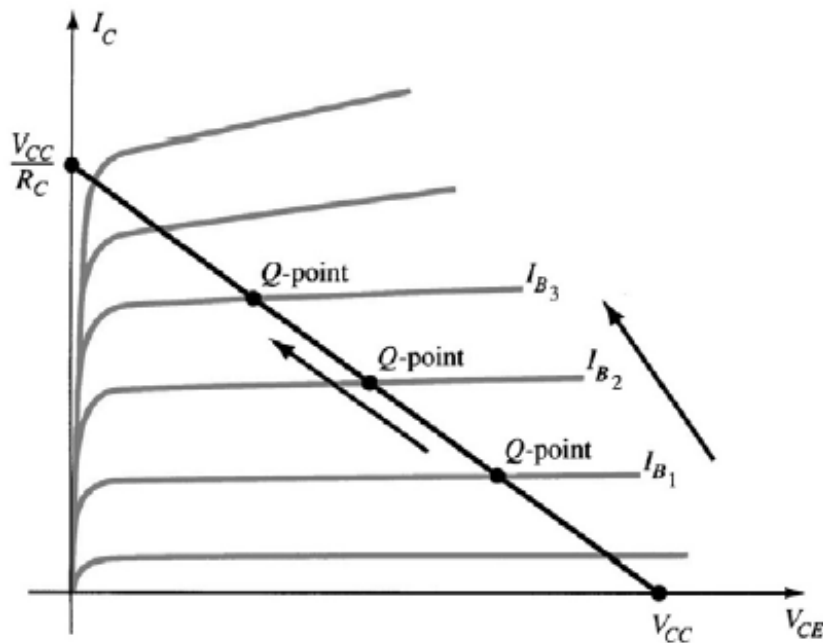


- Ví dụ: Xác định đường tải cho đồ thị trên

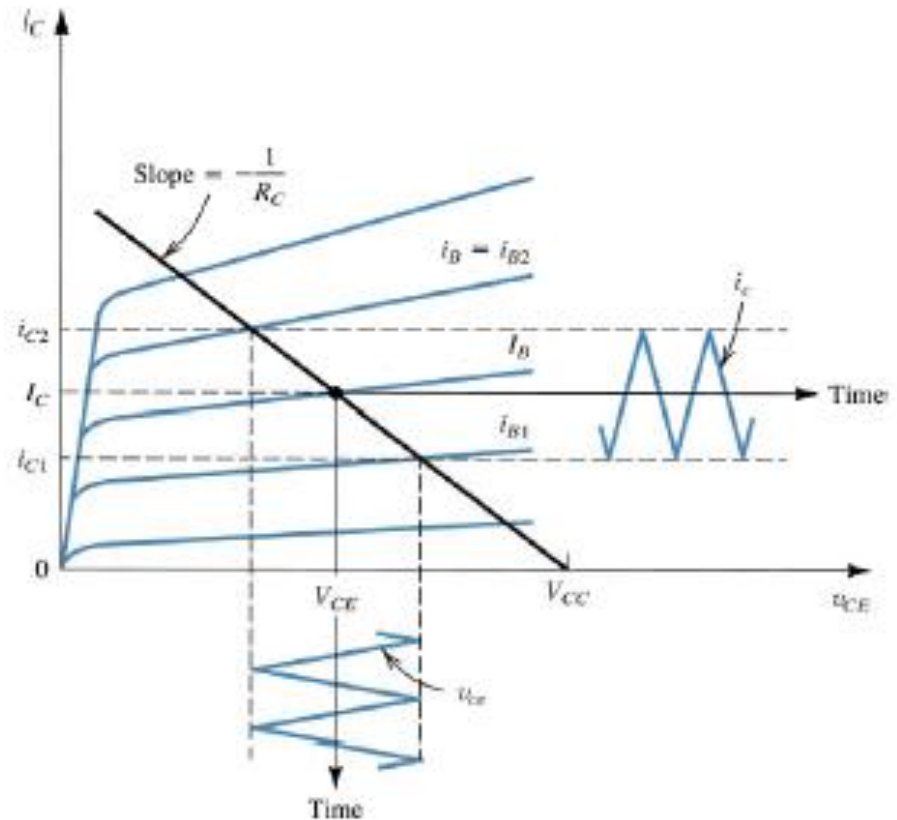
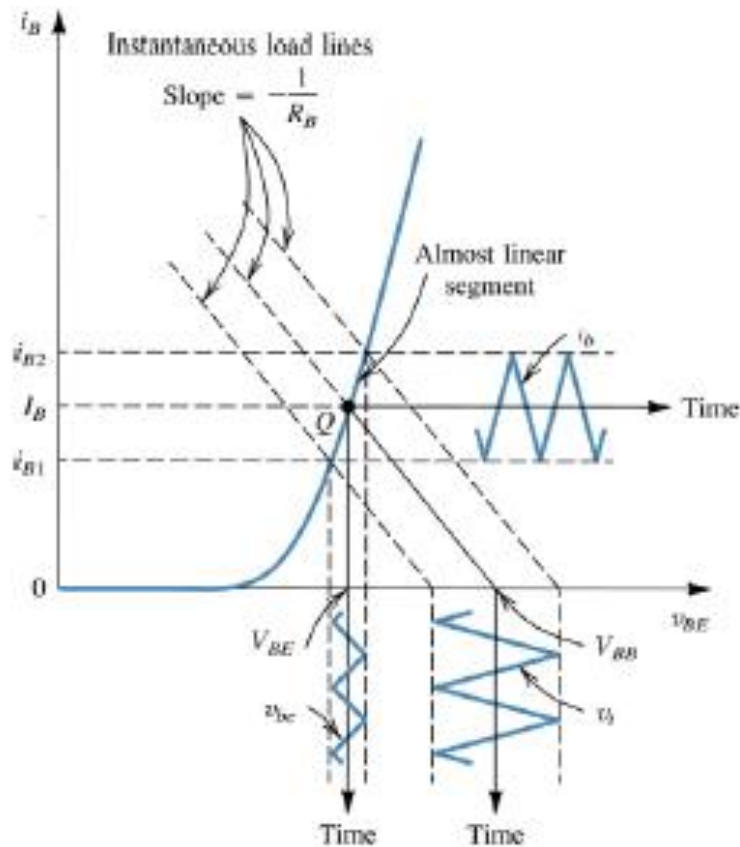
Các phương pháp phân tích

Phương pháp đồ thị

Vị trí Q tương ứng khi R_C , V_{CC} , I_B lần lượt thay đổi

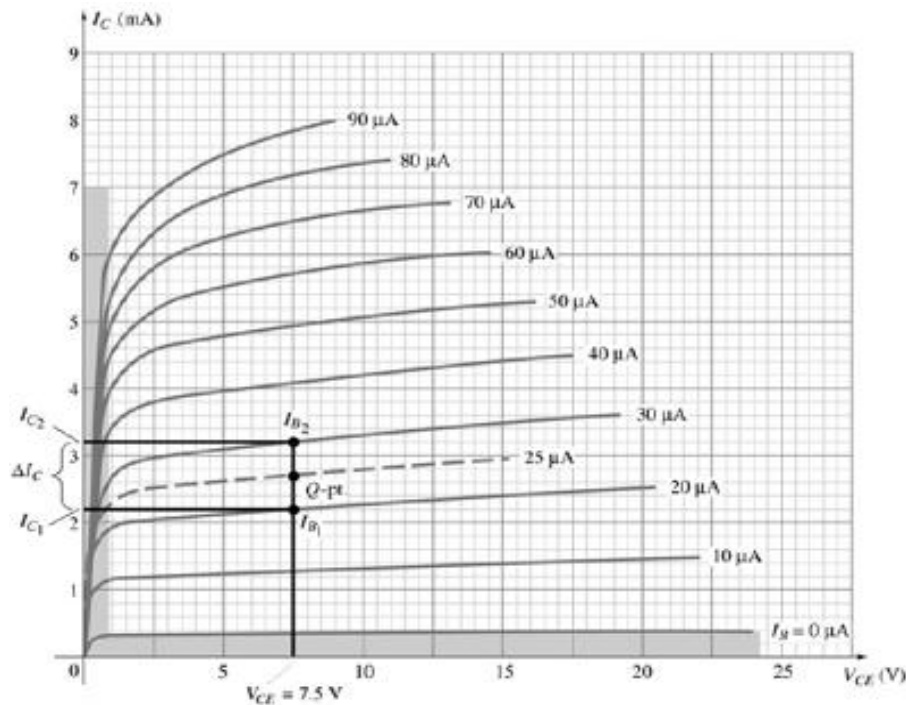


Phương pháp đồ thị



- Tương ứng với đặc tuyến vào và ra (tín hiệu lớn) \rightarrow xác định tín hiệu nhỏ vào và ra tương ứng (biến đổi theo thời gian)

Phương pháp đồ thị



- Tín hiệu vào: thay đổi dòng vào Δi_b bằng thay đổi Δv_{be}
- Tín hiệu ra: thay đổi Δv_{ce} , Δi_c
- $A_i = i_o/i_i = \Delta i_c/\Delta i_b$
- $A_v = v_o/v_i = \Delta v_{ce}/\Delta v_{be}$
- $Z_{in} = v_i/i_i = \Delta v_{be}/\Delta i_b$
- $Z_{out} = v_o/i_o = \Delta v_{ce}/\Delta i_c$

Phương pháp đồ thị

49

Ảnh hưởng của vị trí điểm Q (điều kiện 1 chiều) đến tín hiệu xoay chiều (ra)

- Điểm Q gần vùng cắt (cutoff): BJT sẽ rơi vào vùng không dẫn dù khi giá trị vào rất bé → cắt phần dương điện áp ra (tín hiệu ra tại Collector nghịch pha với tín hiệu vào tại Base)
- Điểm Q gần vùng bão hoà (saturation): BJT rơi vào vùng bão hoà dễ dàng, dẫn tới cắt phần âm điện áp ra
- Tín hiệu vào quá lớn gây ra cắt cả phần âm và dương điện áp ra

***Để dàng “quan sát” lập luận trên
bằng đồ thị đường tải tĩnh***

Các phương pháp phân tích

50

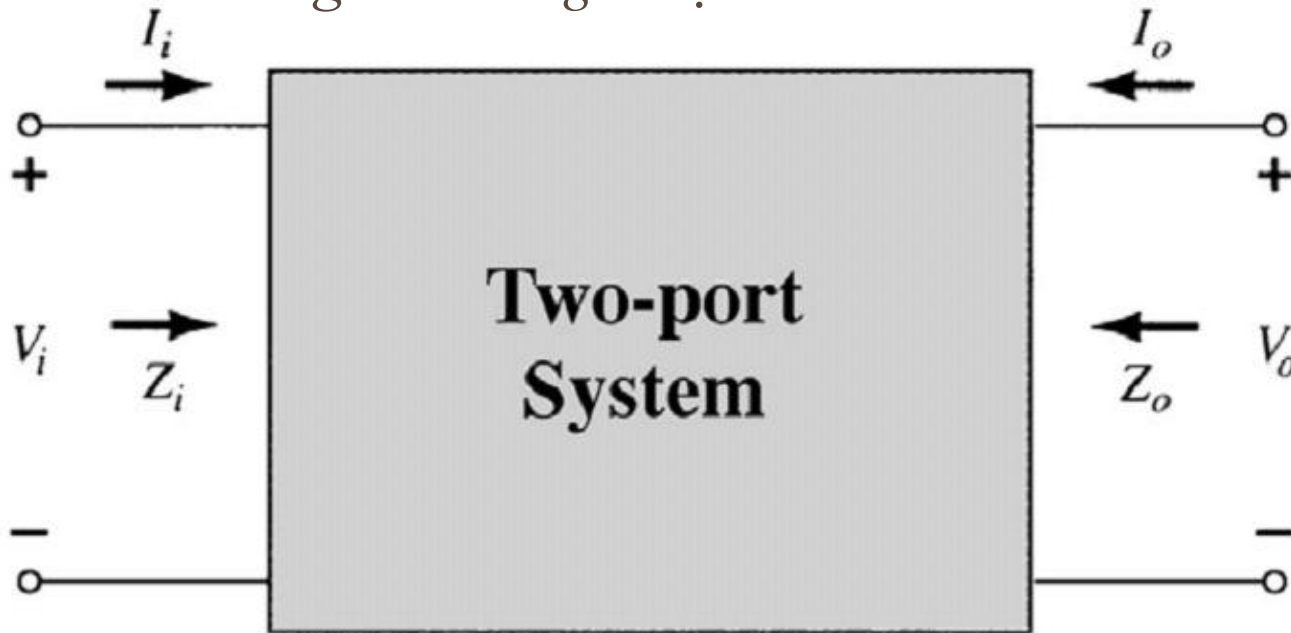
- Mạch KĐ dùng BJT được coi là tuyến tính
=> có thể sử dụng nguyên lý xếp chồng: phân tích DC và AC riêng biệt
- Phân tích bằng đồ thị
- Phân tích dựa trên các sơ đồ tương đương:
 - ▣ Sơ đồ tương đương tham số hỗn hợp H
 - ▣ Sơ đồ tương đương tham số dẫn nạp Y
 - ▣ Sơ đồ tương đương mô hình r_e

***Mô Hình Mạng
Hai Cửa***

Mô hình mạng hai cửa

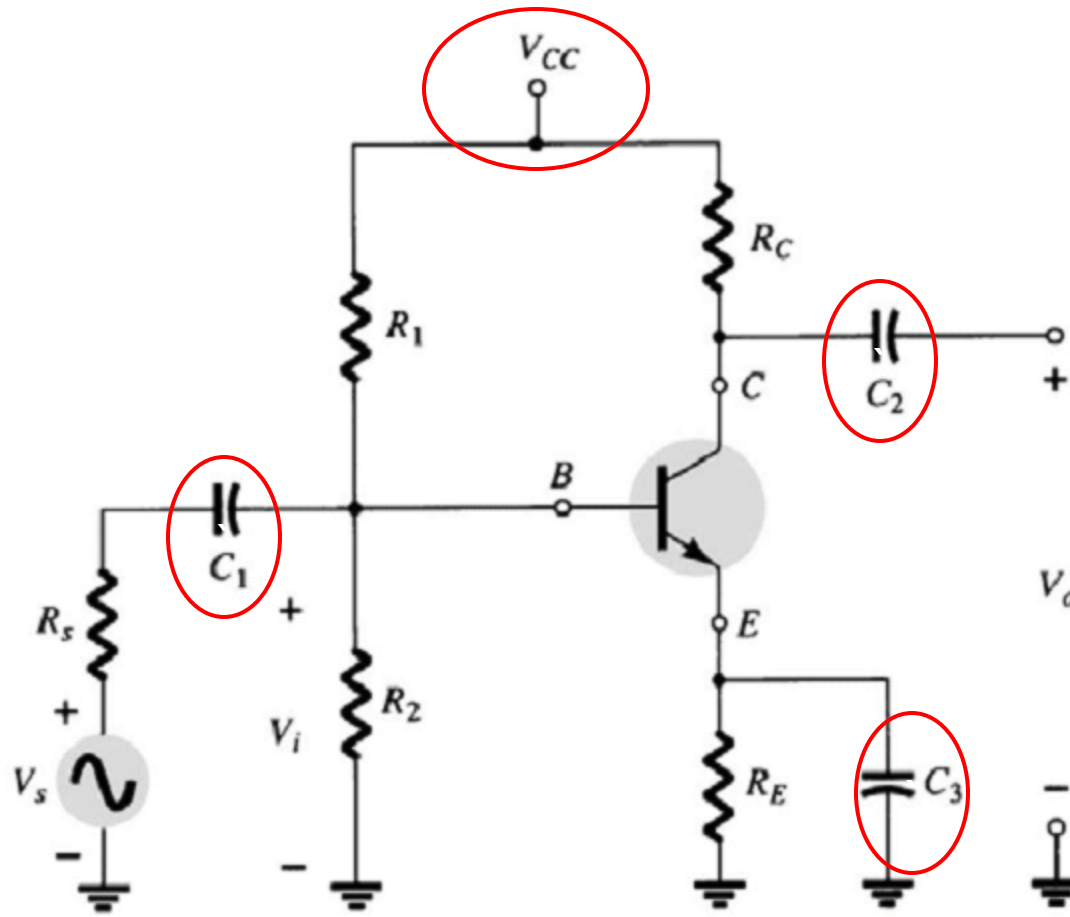
51

- ❖ Mô hình biểu diễn cho hầu hết các loại mạch: để phân tích tín hiệu nhỏ
- ❖ Đặc trưng bởi 2 cực vào (input) và 2 cực ra (output)
- ❖ Vào và Ra thường có chung 1 cực



Mô hình mạng 2 cửa (tiếp theo)

52

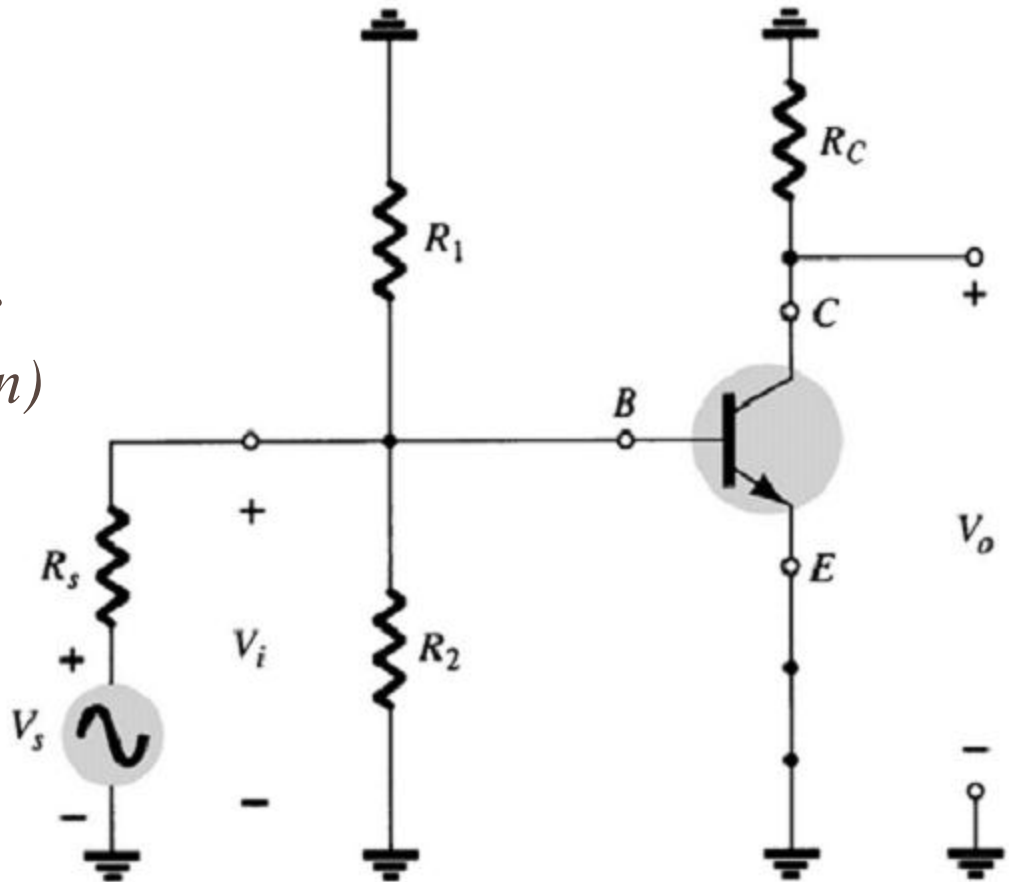


Phân tích tín hiệu nhỏ (AC)

53

❖ CHÚ Ý:

- ❖ Nguồn 1 chiều V_{cc} → tương đương với đất ảo
- ❖ Các tụ cho tín hiệu 1 chiều qua (xét lý tưởng $Z_C = 0$ → tụ xem như dây dẫn)
- ❖ Vẽ lại mạch tương đương (khác hẳn mạch tương đương của chế độ 1 chiều DC)



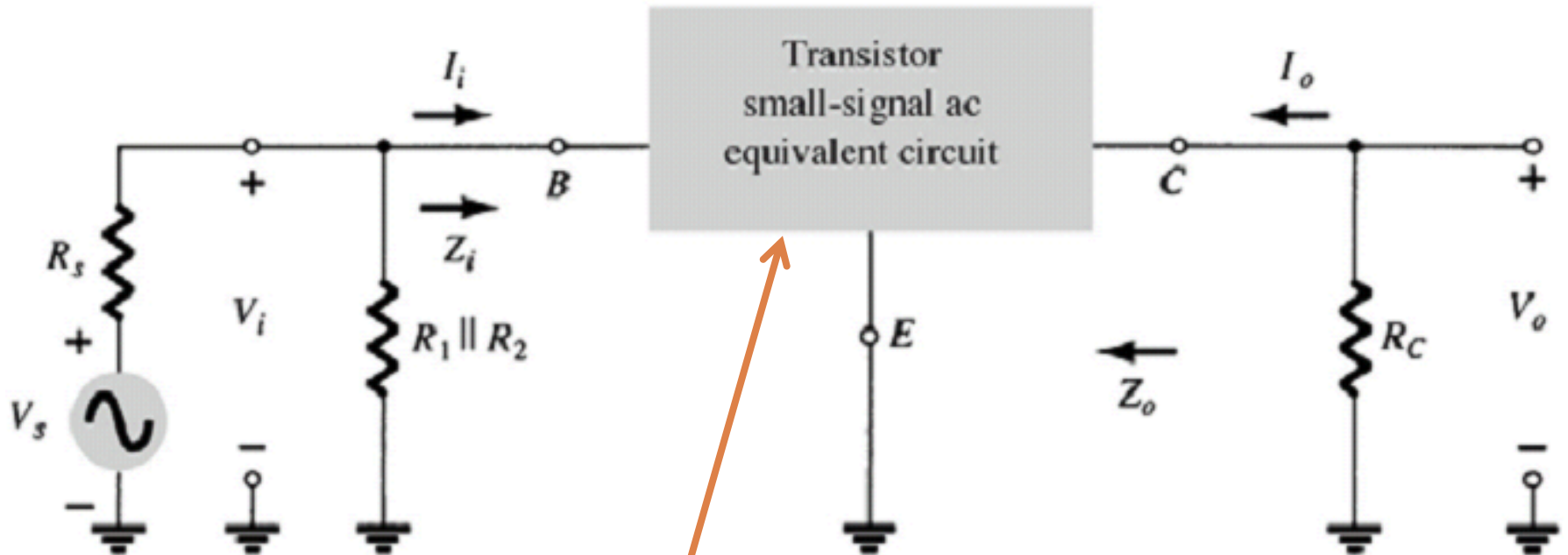
Nguyên tắc vẽ mô hình tín hiệu nhỏ

54

- 1) Nguồn DC: xem như nối đất (đất ảo)
- 2) Các tụ điện trong mạch được xem như ngắn mạch (thành dây dẫn)
- 3) Nhóm các transistor song song
- 4) Vẽ lại mạch điện một cách hợp lý và logic

Sơ đồ tương đương của BJT

55



??????????
??????????

Các phương pháp phân tích

56

- Phân tích dựa trên các sơ đồ tương đương:
 - ▣ Sơ đồ tương đương tham số hỗn hợp H
 - ▣ Sơ đồ tương đương tham số dẫn nạp Y
 - ▣ Sơ đồ tương đương mô hình r_e
- Phân tích bằng đồ thị

Các phương pháp phân tích

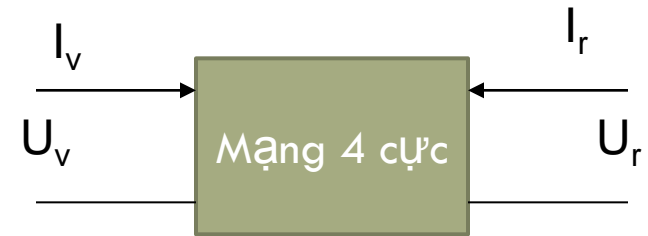
Sơ đồ tương đương hỗn hợp H

- Công thức mạng 4 cực:

$$U_v = h_{11}I_v + h_{12}U_r$$

$$I_r = h_{21}I_v + h_{22}U_r$$

- Giá trị các tham số được xác định tại một điểm làm việc danh định (có thể không phải điểm Q thực tế)
- Chỉ số e (hoặc b, c) cho các cấu trúc CE (hoặc CB, CC)



Các phương pháp phân tích

Sơ đồ tương đương hỗn hợp H

| Tham số | EC | BC | CC |
|----------------|----------------------|--------------------|--------------|
| $h_{11} (h_i)$ | 1k Ω | 20 Ω | 1k Ω |
| $h_{12} (h_r)$ | 2,5x10 ⁻⁴ | 3x10 ⁻⁴ | ≈ 1 |
| $h_{21} (h_f)$ | 50 | -0,98 | -50 |
| $h_{22} (h_o)$ | 25 μ A/V | 0,5 μ A/V | 25 μ A/V |
| 1/ h_{22} | 40k Ω | 2M Ω | 40k Ω |

Các phương pháp phân tích

Sơ đồ tương đương dẫn nạp Y

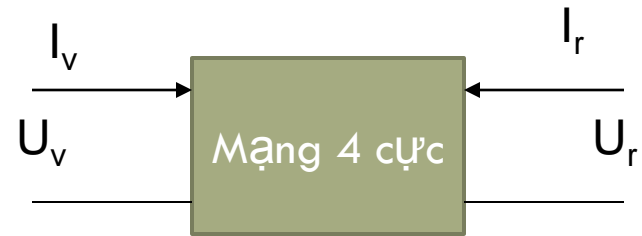
- Công thức mạng 4 cực:

$$I_v = y_{11}U_v + y_{12}U_r$$

$$I_r = y_{21}U_v + y_{22}U_r$$

- Chỉ số e (hoặc b, c) cho các cấu trúc CE (hoặc CB, CC)

- Bảng khoảng giá trị tham khảo trong sách



Các phương pháp phân tích

Sơ đồ tương đương mô hình r_e

- ❑ Mô hình hoá BJT bằng một điốt và nguồn dòng điều khiển, đưa vào cấu trúc mạng 2 cửa

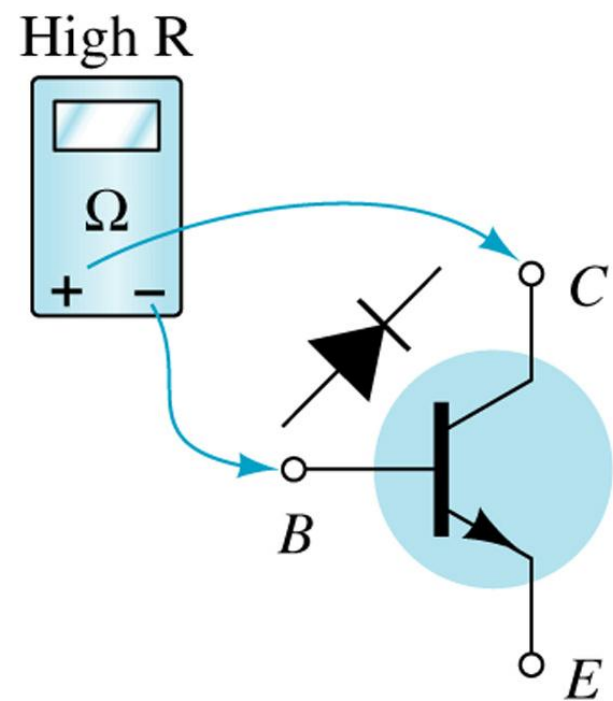
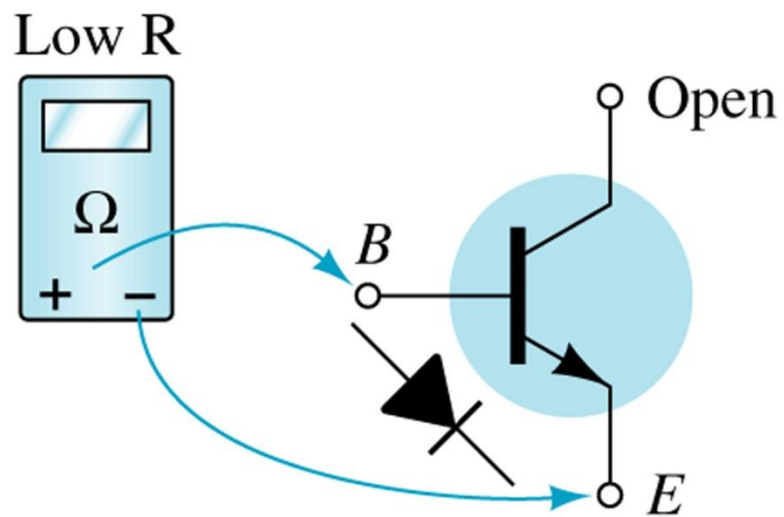
Trong đó:

- ✓ Đầu vào: tiếp giáp BE (phân cực thuận) làm việc như 1 điốt
- ✓ Đầu ra: nguồn dòng điều khiển, với dòng điều khiển là dòng vào, mô tả liên hệ $I_c = \beta I_b$ hoặc $I_c = \alpha I_e$.

Các loại cấu hình EC; BC và CC

Đo thử

61



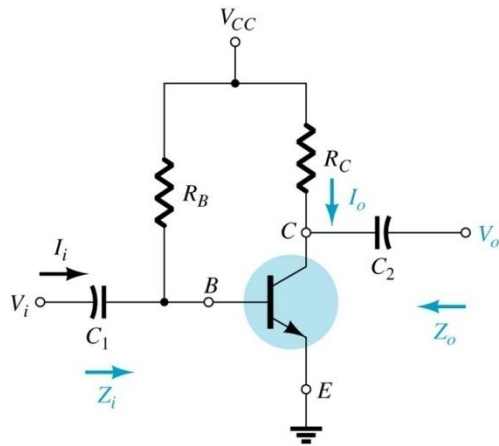
So sánh mô hình tương đương

| <i>Mô hình tham số H</i> | <i>Mô hình r_e</i> |
|--|---------------------------------|
| Cố định. Không biến đổi theo điểm làm việc | Có biến đổi theo điểm làm việc |
| Có xét đến tín hiệu hồi tiếp | Bỏ qua tín hiệu hồi tiếp |
| Có xét đến điện trở ra | Bỏ qua điện trở ra |

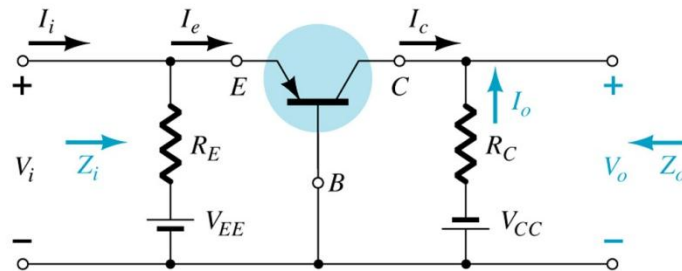
Các phương pháp phân tích

Sơ đồ tương đương mô hình r_e

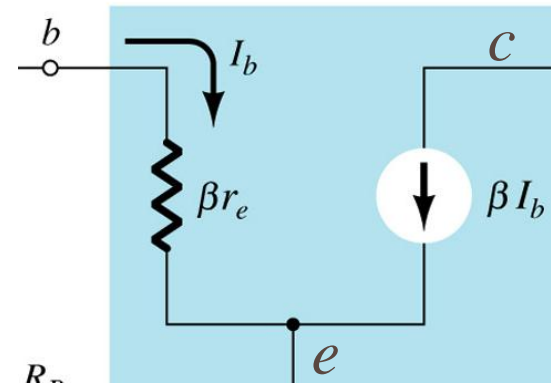
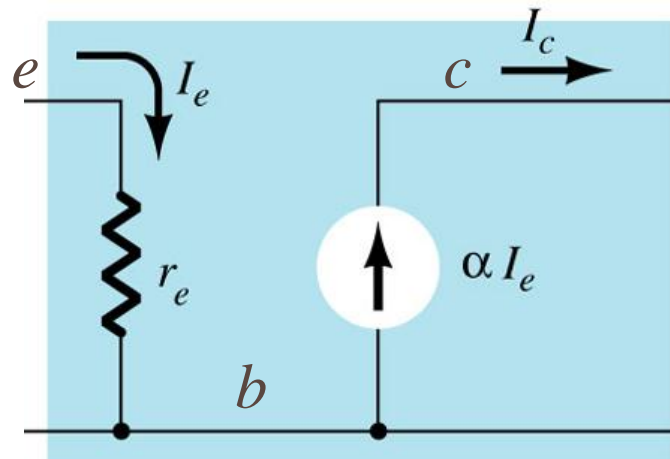
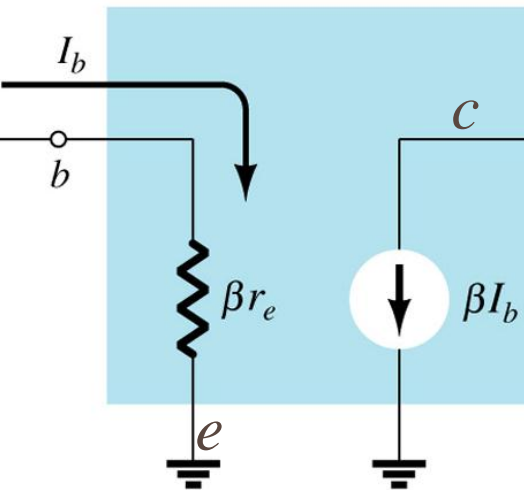
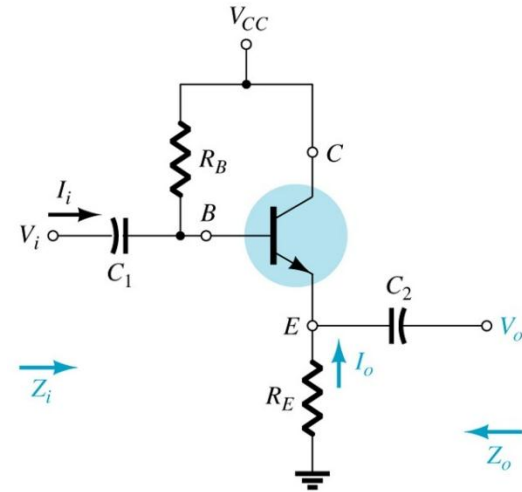
❖ *EC*



❖ *BC*



❖ *CC*



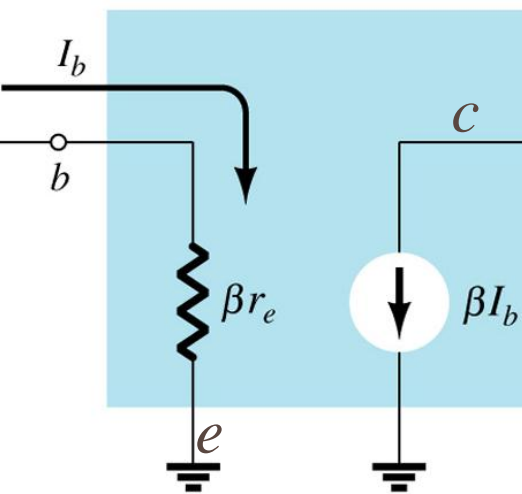
Các phương pháp phân tích

Sơ đồ tương đương mô hình r_e

❖ Liên hệ đến mô hình transistor đã học ở lớp Cấu kiện

➔ Xác định R_{in} và quan hệ $I_{out} = f(I_{in})$ để vẽ mô hình r_e

❖ EC

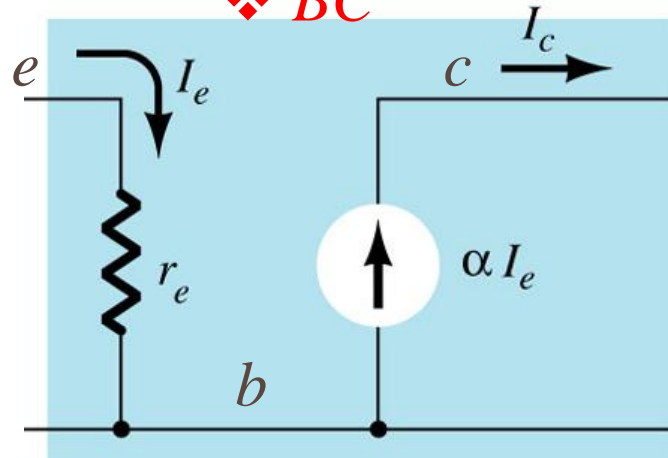


Input: i_b, v_b

Output: i_c, v_c

$$R_{in} = V_b / i_b = \beta r_e$$

❖ BC

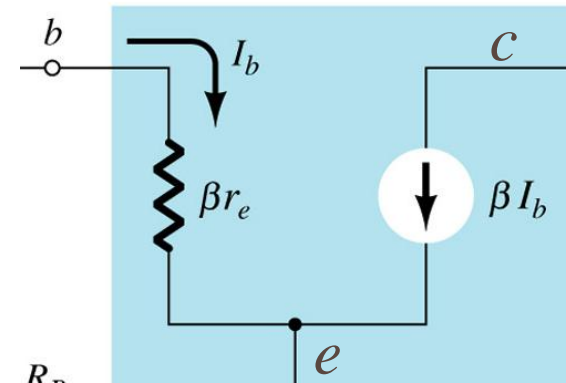


Input: i_e, v_e

Output: i_c, v_c

$$R_{in} = v_e / i_e = r_e$$

❖ CC



Input: i_b, v_b

Output: i_c, v_c

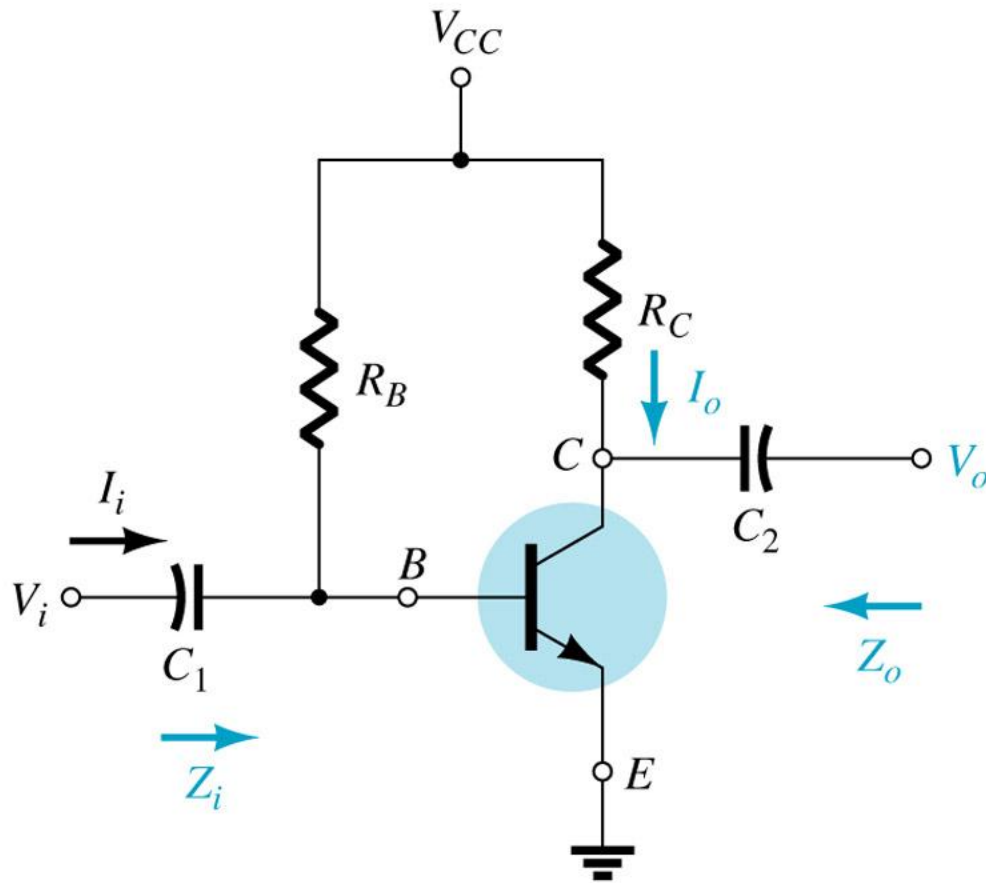
$$R_{in} = V_b / i_b = \beta r_e$$

Các phương pháp phân tích

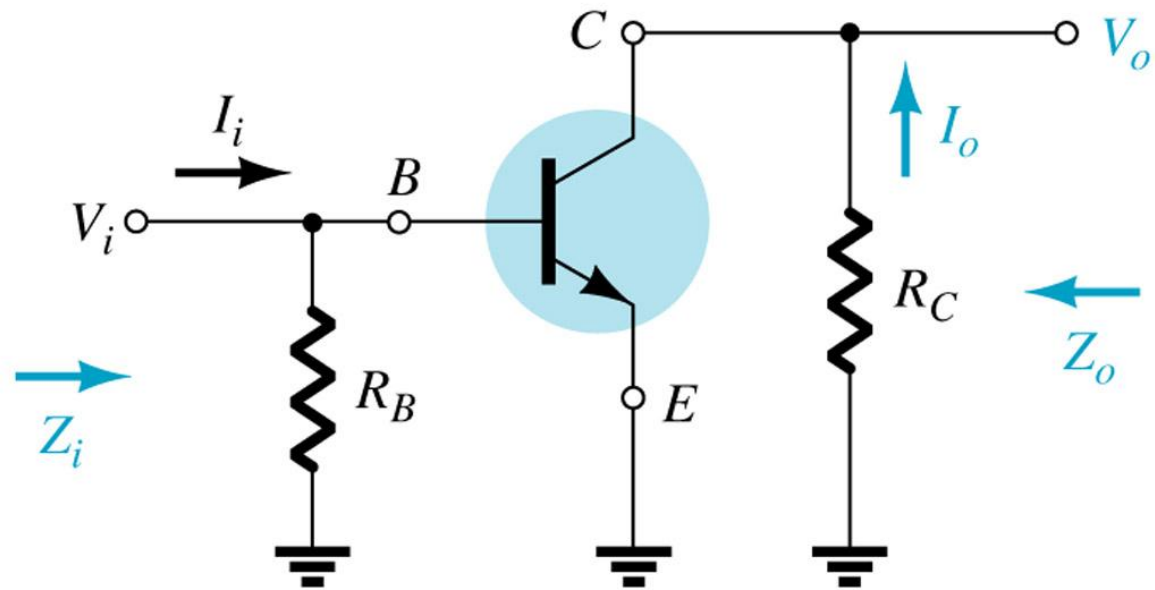
Sơ đồ tương đương mô hình r_e

Phân tích mạch EC

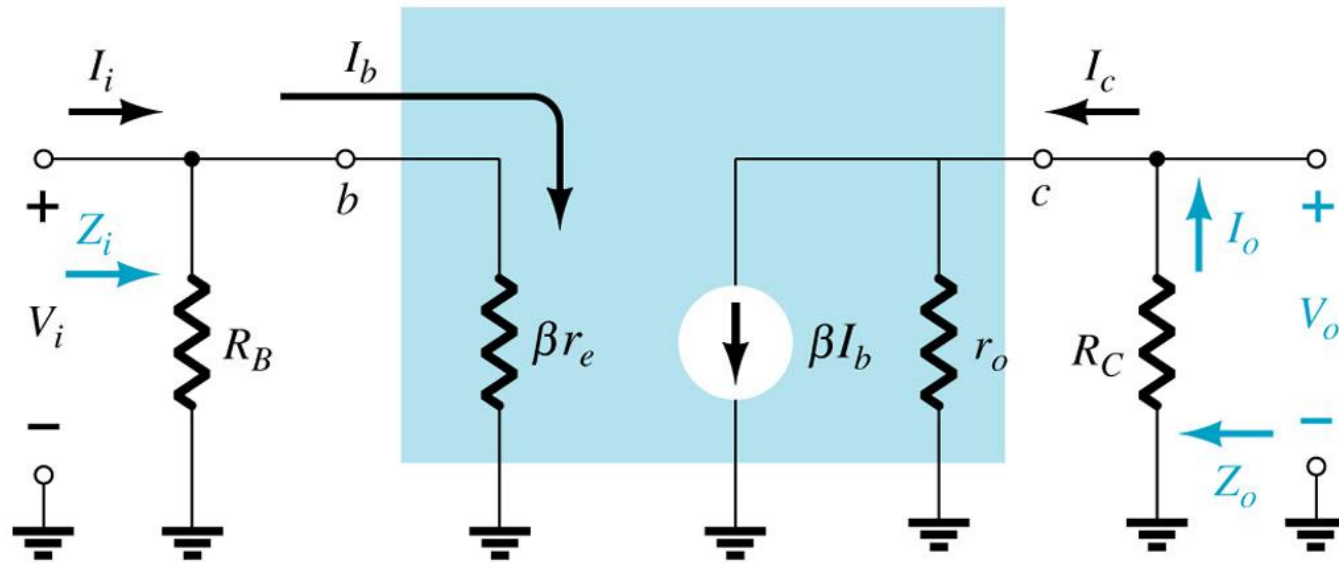
Cấu hình EC phân cực cố định



Cấu hình EC phân cực cố định



Cấu hình EC phân cực cố định



Cấu hình EC phân cực cố định

69

1) $Z_i = R_b \parallel \beta r_e$ nếu $R_b \geq 10\beta r_e$, $Z_i \approx \beta r_e$

2) $Z_o = R_c \parallel r_o$ nếu $r_o \geq 10R_c$, $Z_o \approx R_c$

3) $A_v = - (R_c \parallel r_o) / r_e \approx - R_c / r_e$

(β không xuất hiện tuy nhiên vẫn cần để xác định r_e)

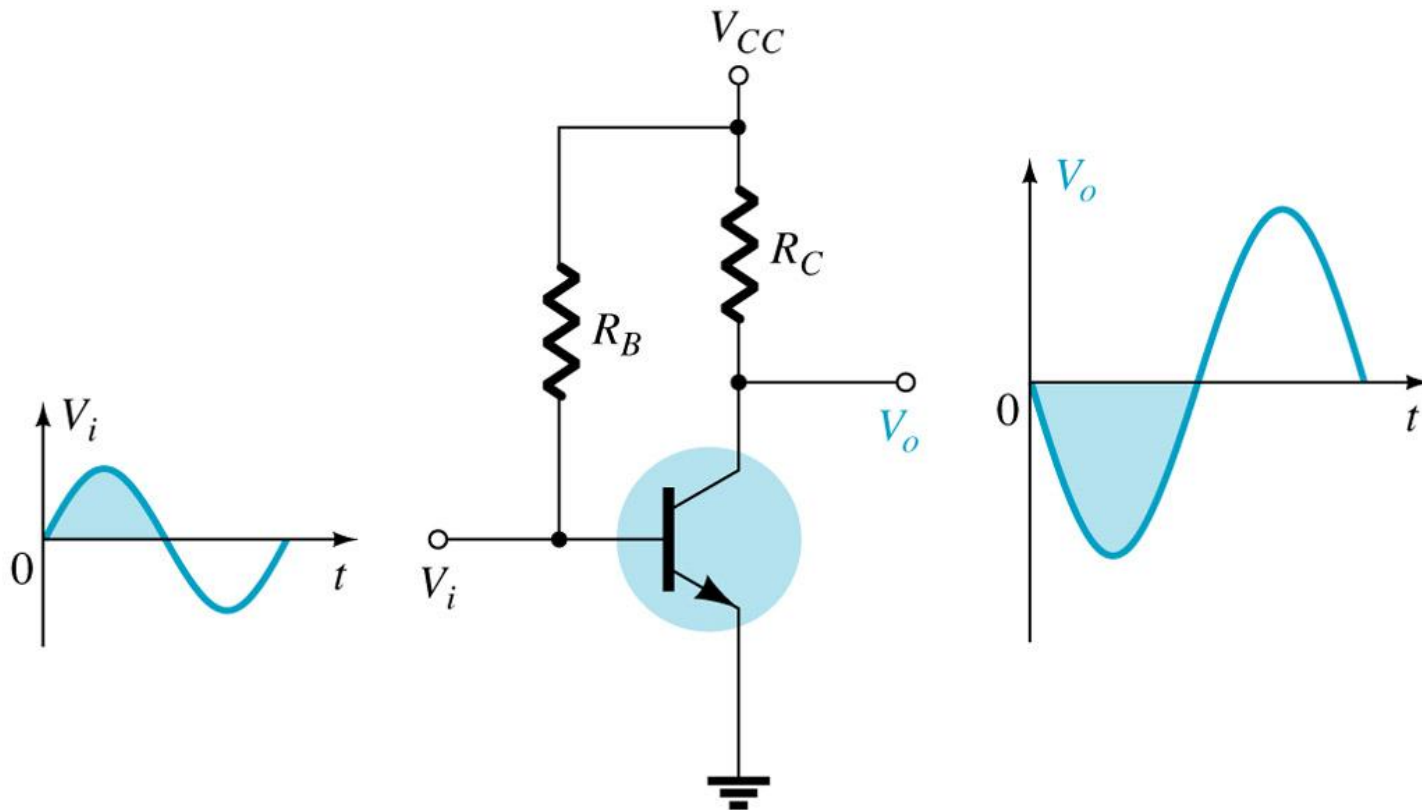
U_i & U_o lệch pha 180°

4) $A_i = \beta R_b r_o / [(r_o + R_c)(R_b + \beta r_e)] \approx \beta$

(I_i là nguồn dòng. I_o là dòng collector)

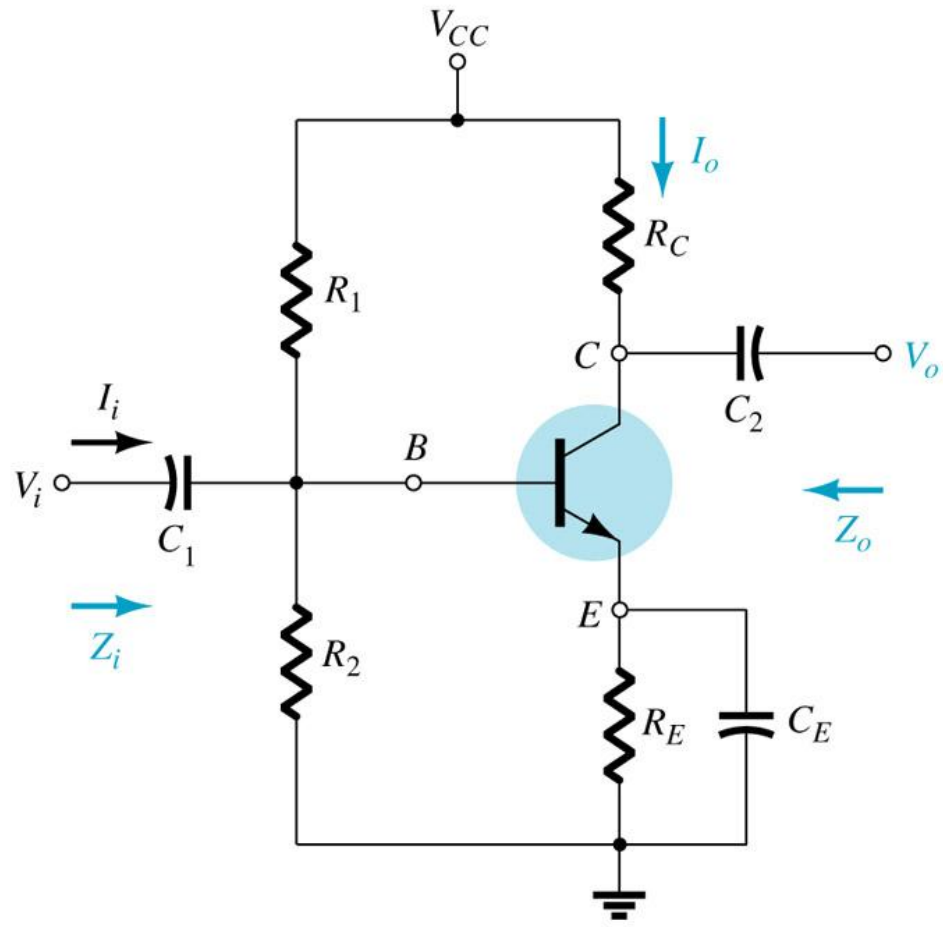
Cấu hình EC phân cực cố định

70



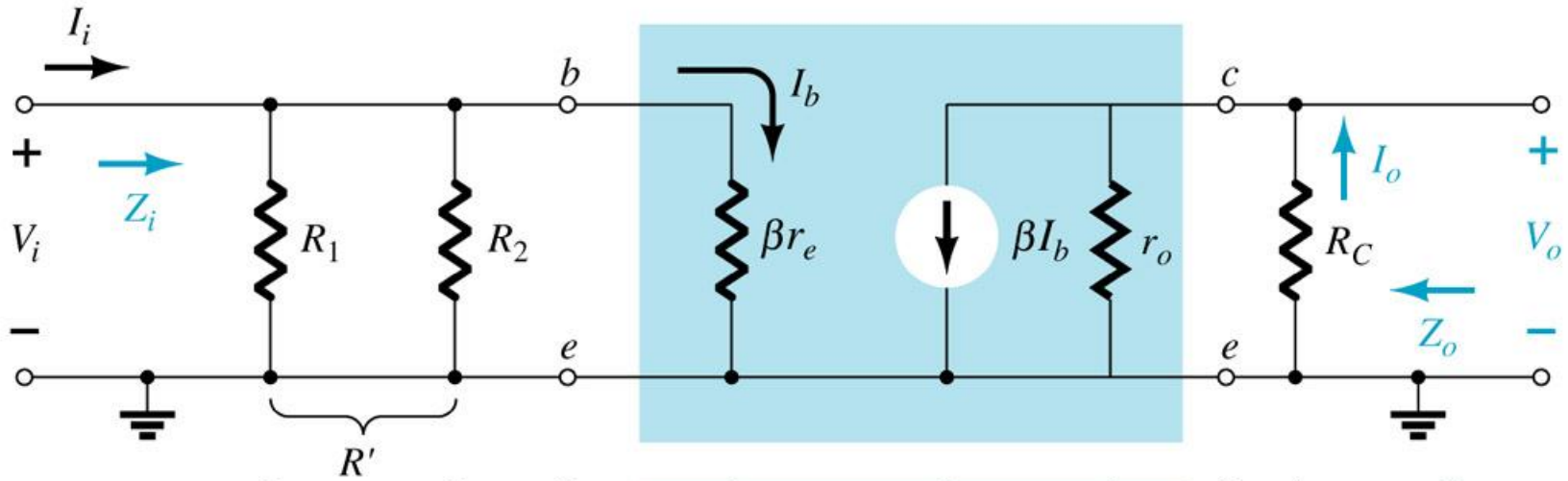
Cấu hình EC phân áp

71



Cấu hình EC phân áp

72



Cầu hình EC phân áp

73

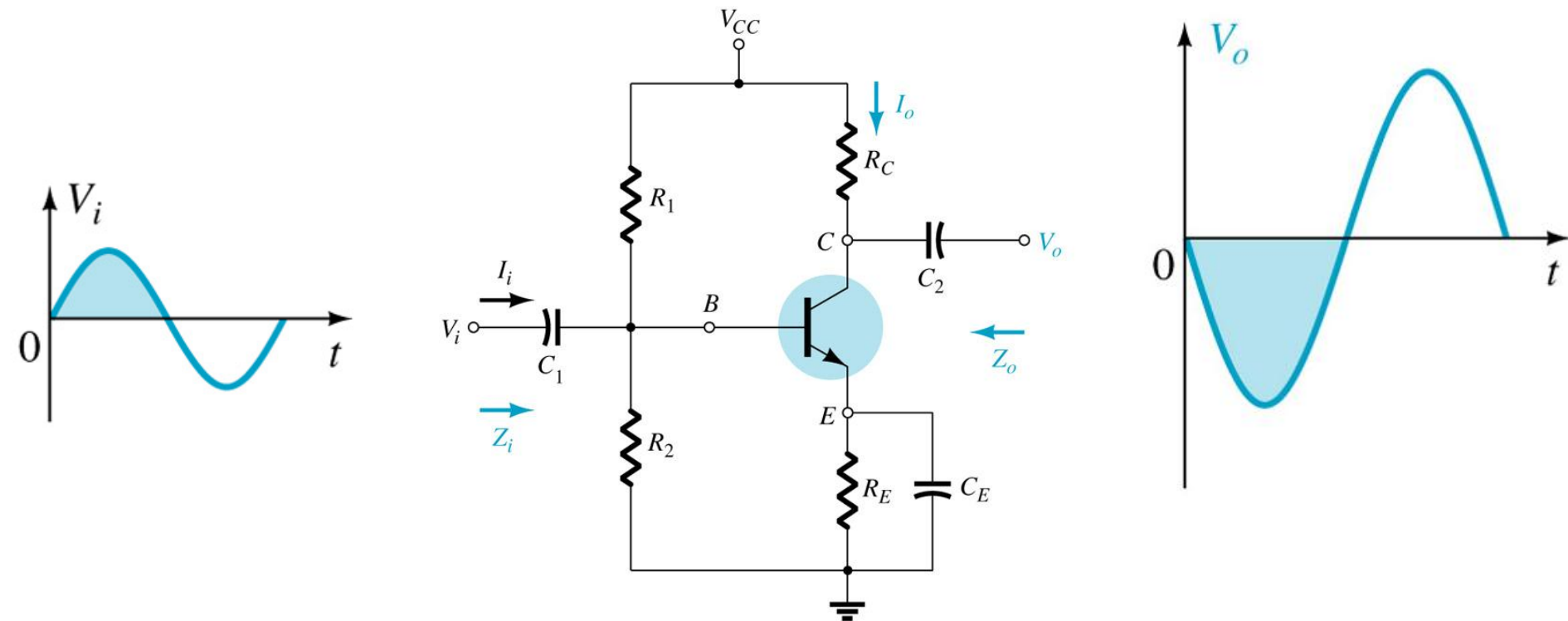
- 1) $Z_i = R_1 \parallel R_2 \parallel \beta r_e = R' \parallel \beta r_e$
- 2) $Z_o = R_c \parallel r_o$ (If $r_o \geq 10R_c$, $Z_o \approx R_c$)
- 3) $A_v = - (R_c \parallel r_o) / r_e \approx - R_c / r_e$

Giống như đã có trong cầu hình CE phân cực cố định

- 4) $A_i = \beta R' r_o / [(r_o + R_c)(R' + \beta r_e)]$
 $\approx \beta R' / (R' + \beta r_e)$ nếu $r_o \geq 10R_c$
 $\approx \beta$ nếu $R' \geq 10 \beta r_e$

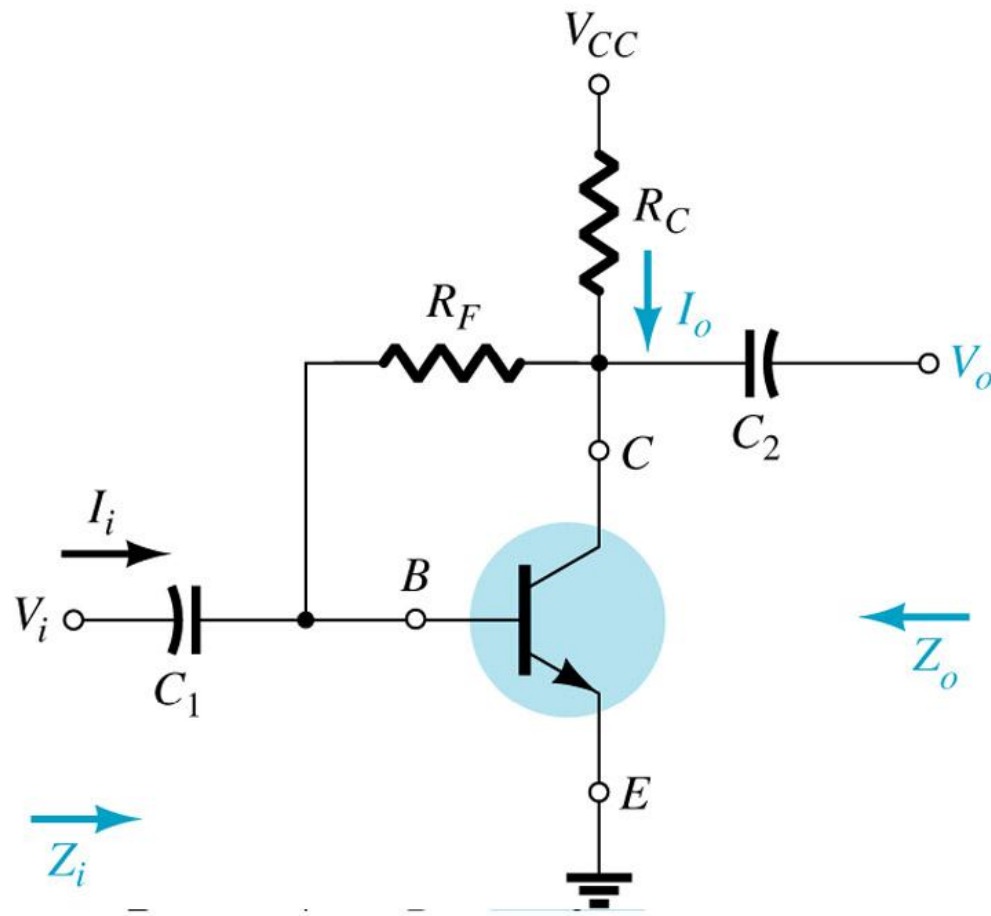
Cấu hình EC phân áp

74



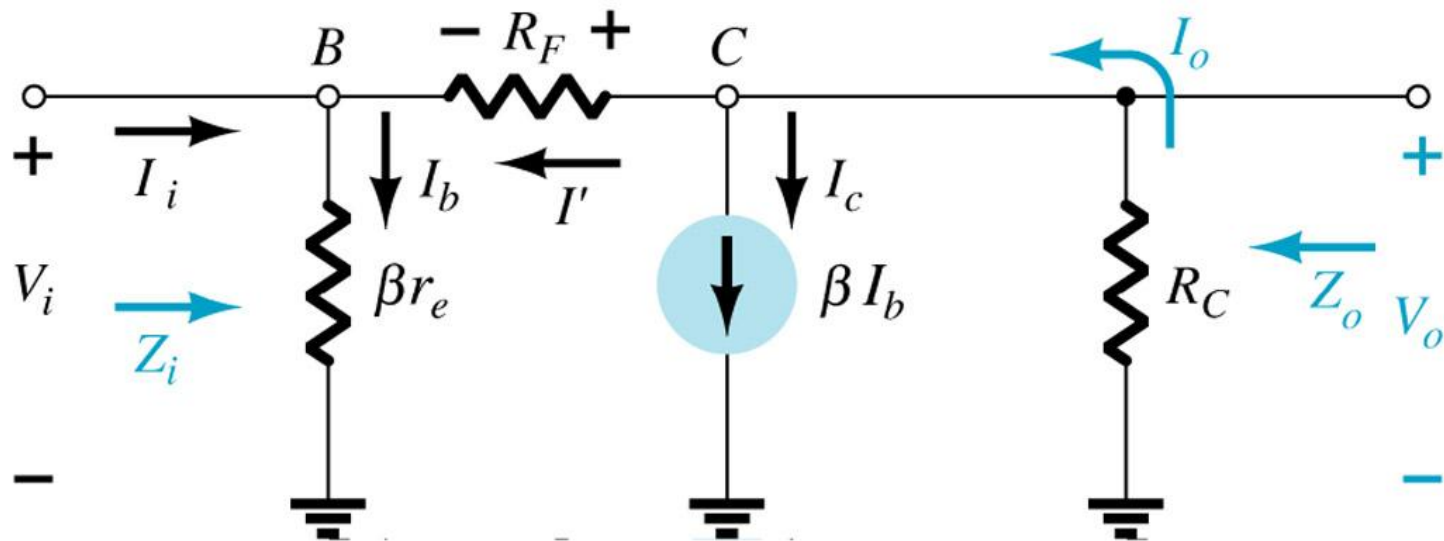
Cấu hình CE hồi tiếp

75



Cấu hình EC hồi tiếp

76



Cấu hình EC hồi tiếp

77

$$1) \quad Z_i = r_e / (1/\beta + R_c/R_f)$$

$$2) \quad Z_o = R_c // R_f$$

$$3) \quad A_v = -R_c/r_e$$

$$4) \quad A_i = \beta R_f / (R_f + \beta R_c) \\ \approx R_f/R_c$$

nếu $\beta R_c \gg R_f$

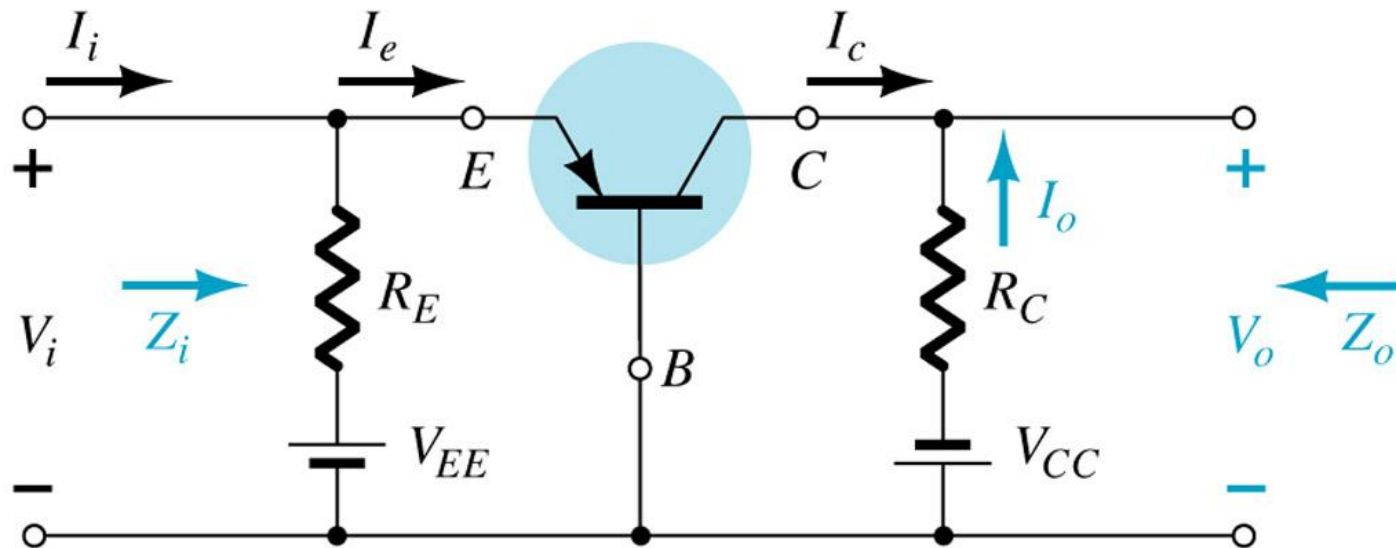
Khi $r_o \neq \infty$ cần thêm r_o trong công thức

Các phương pháp phân tích

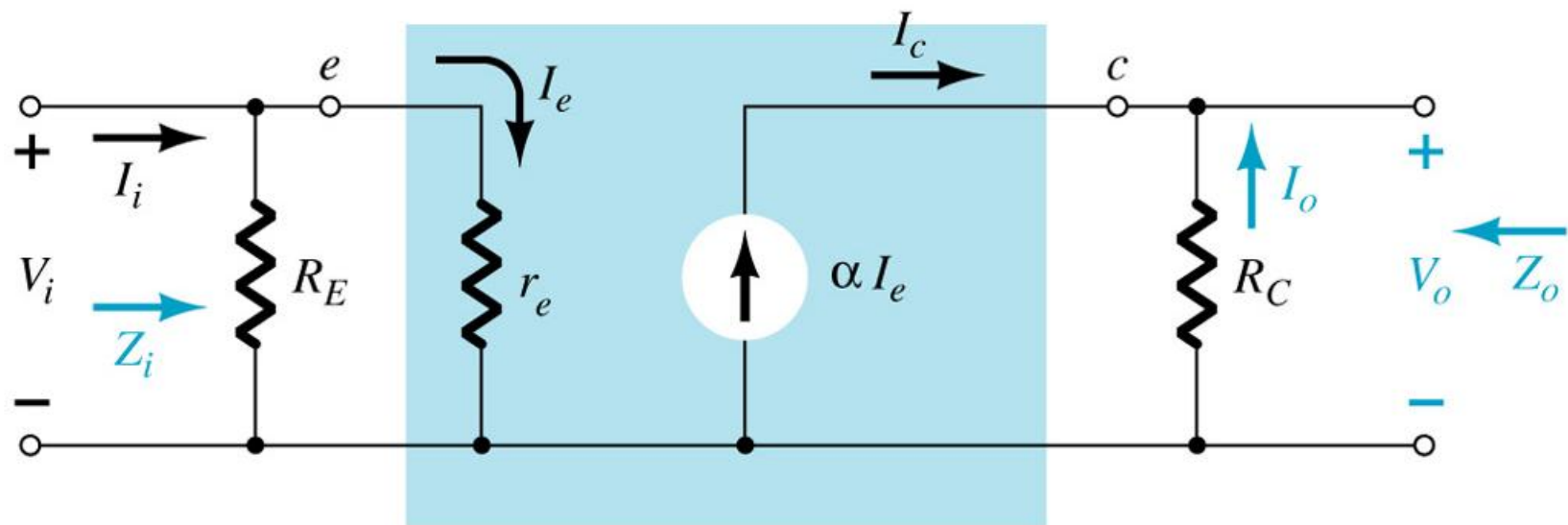
Sơ đồ tương đương mô hình r_e

Phân tích mạch BC

Cấu hình BC



Cấu hình BC



Cấu hình BC

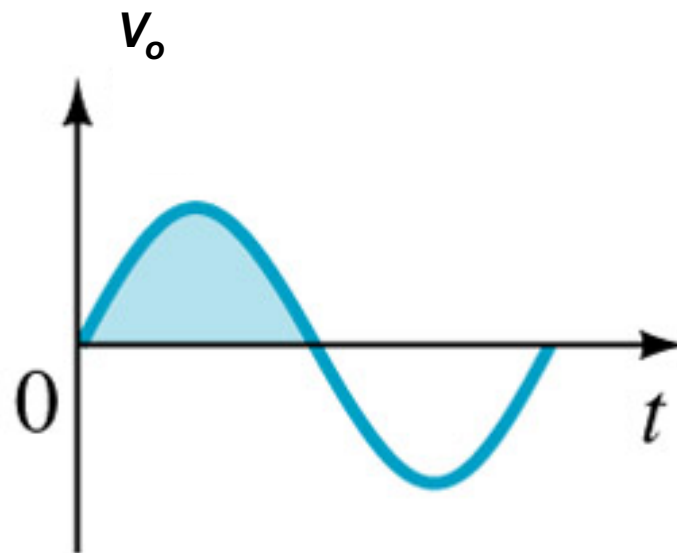
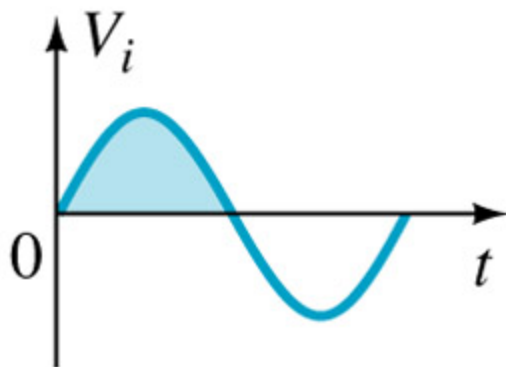
1) $Z_i = R_e || r_e$ Trở kháng vào tương đối nhỏ

2) $Z_o = R_c$ Trở kháng ra lớn

3) $A_v = \alpha R_c / r_e \approx R_c / r_e$ Tương đối lớn
 U_i & U_o cùng pha

4) $A_i = -\alpha \approx -1$ Không khuếch đại dòng

Cầu hình BC

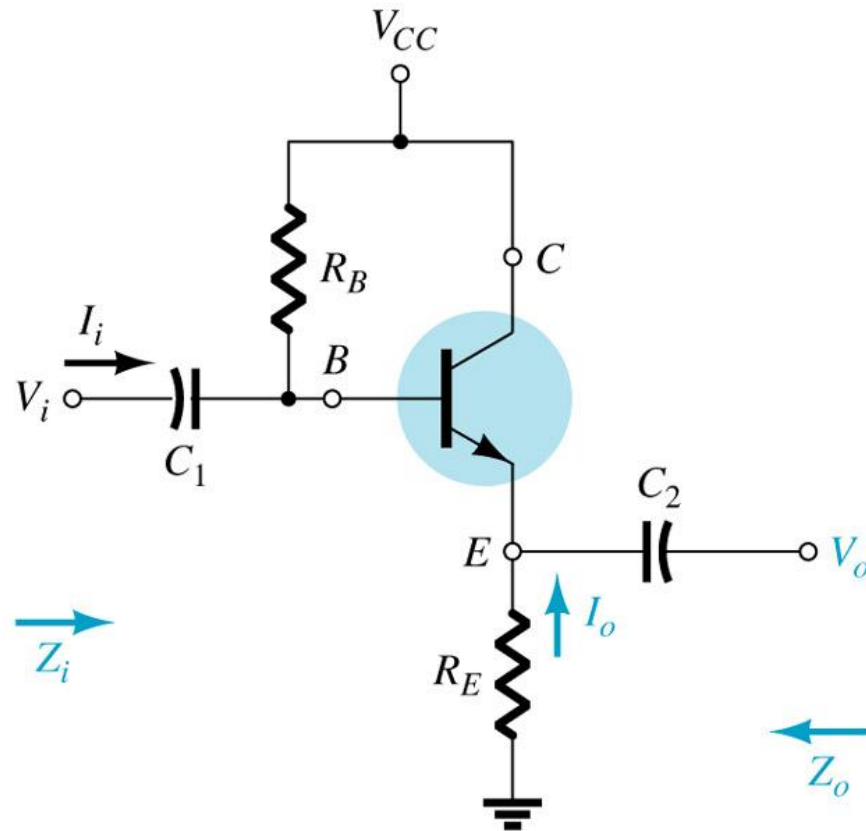


Các phương pháp phân tích

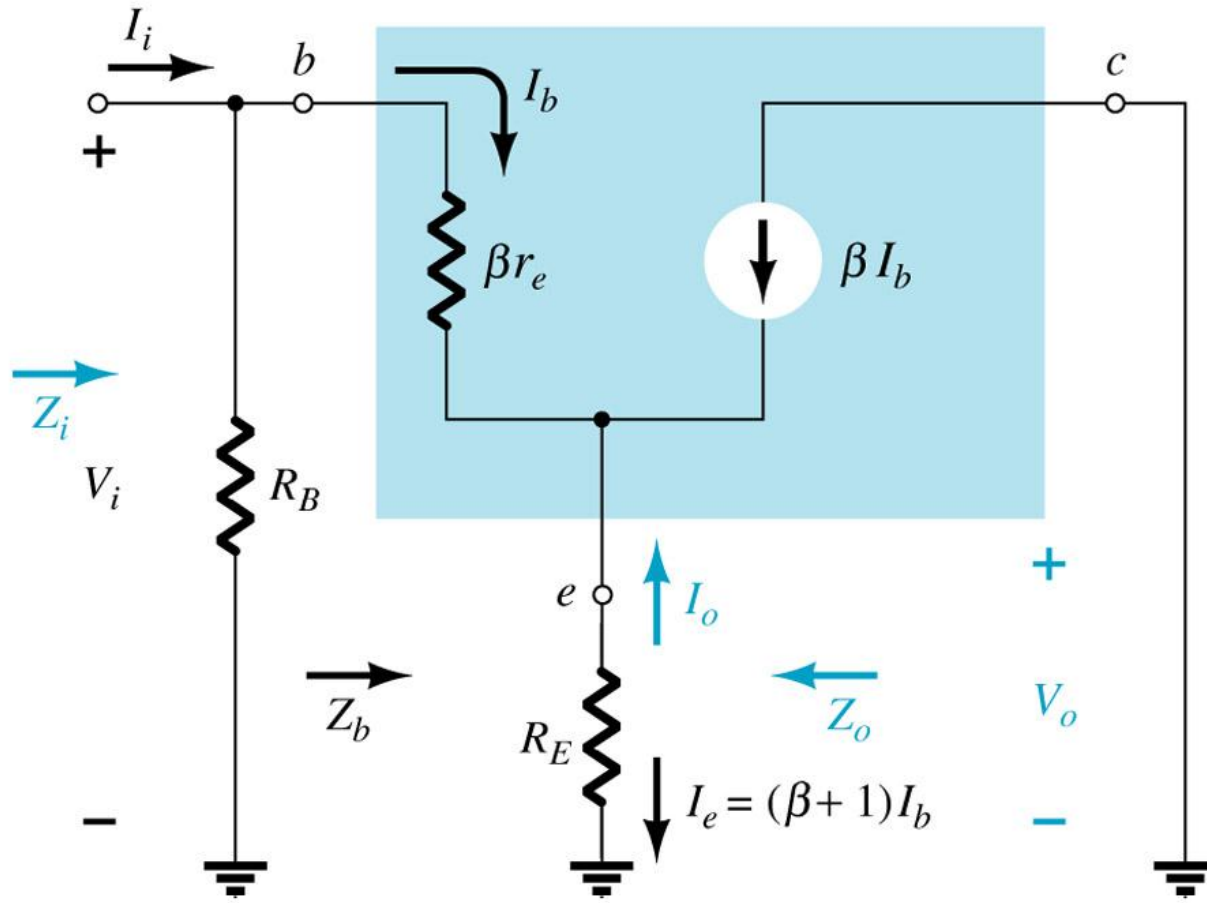
Sơ đồ tương đương mô hình r_e

Phân tích mạch CC

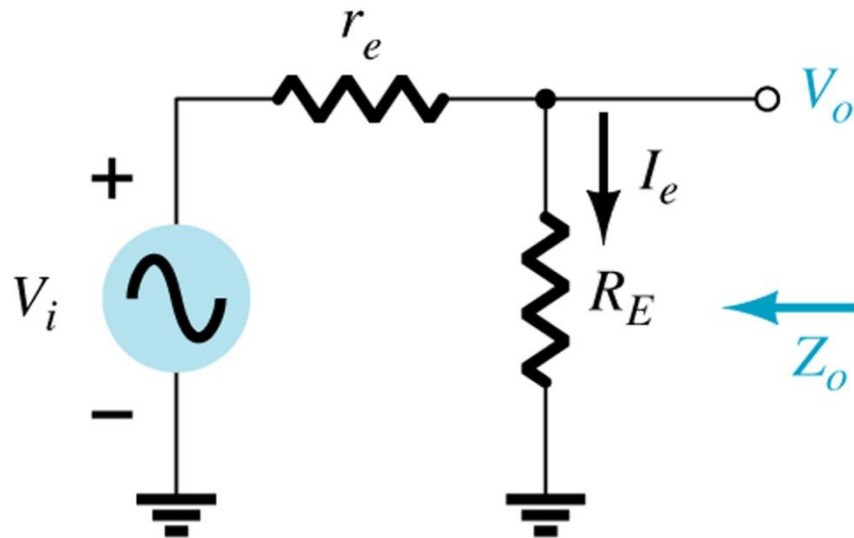
Cấu hình CC phân cực cố định



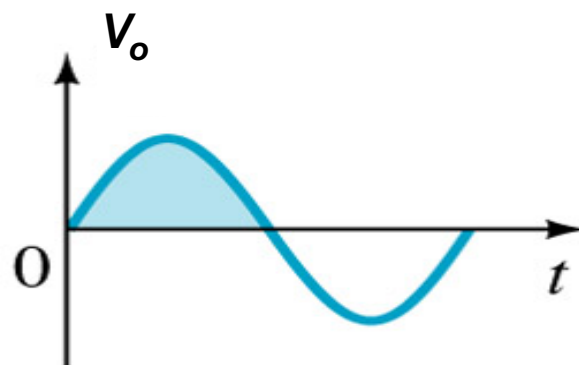
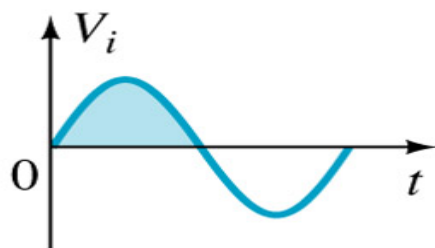
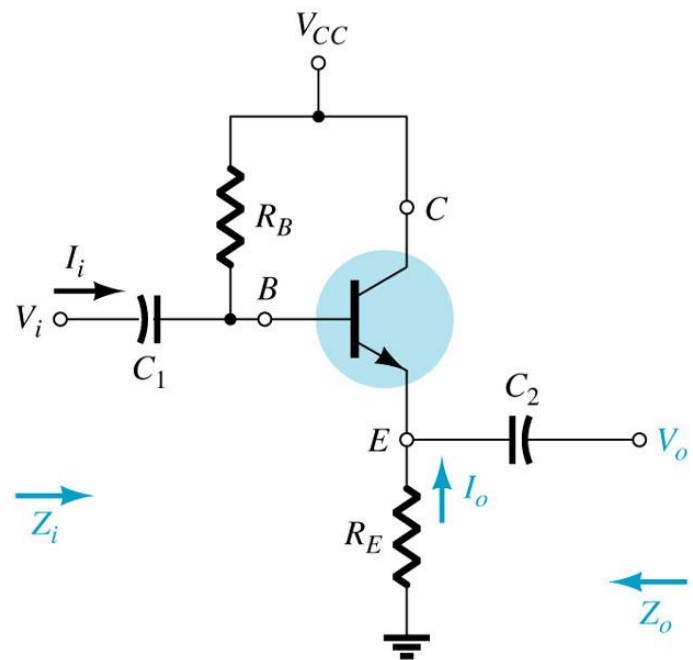
Cấu hình CC phân cực cố định



Cấu hình CC phân cực cố định



Sơ đồ tính trở kháng ra



Cấu hình CC phân cực cố định

1) $Z_i = R_b \parallel [\beta r_e + (\beta + 1)R_e] \approx R_b \parallel \beta(r_e + R_e)$

Trở kháng vào cao

2) $Z_o = R_e \parallel r_e \approx r_e$ vì $R_e \gg r_e$

Trở kháng ra nhỏ

3) $A_v = R_e / (R_e + r_e) \approx 1$

Điện áp ra cùng pha và nhỏ hơn điện áp vào 1 chút

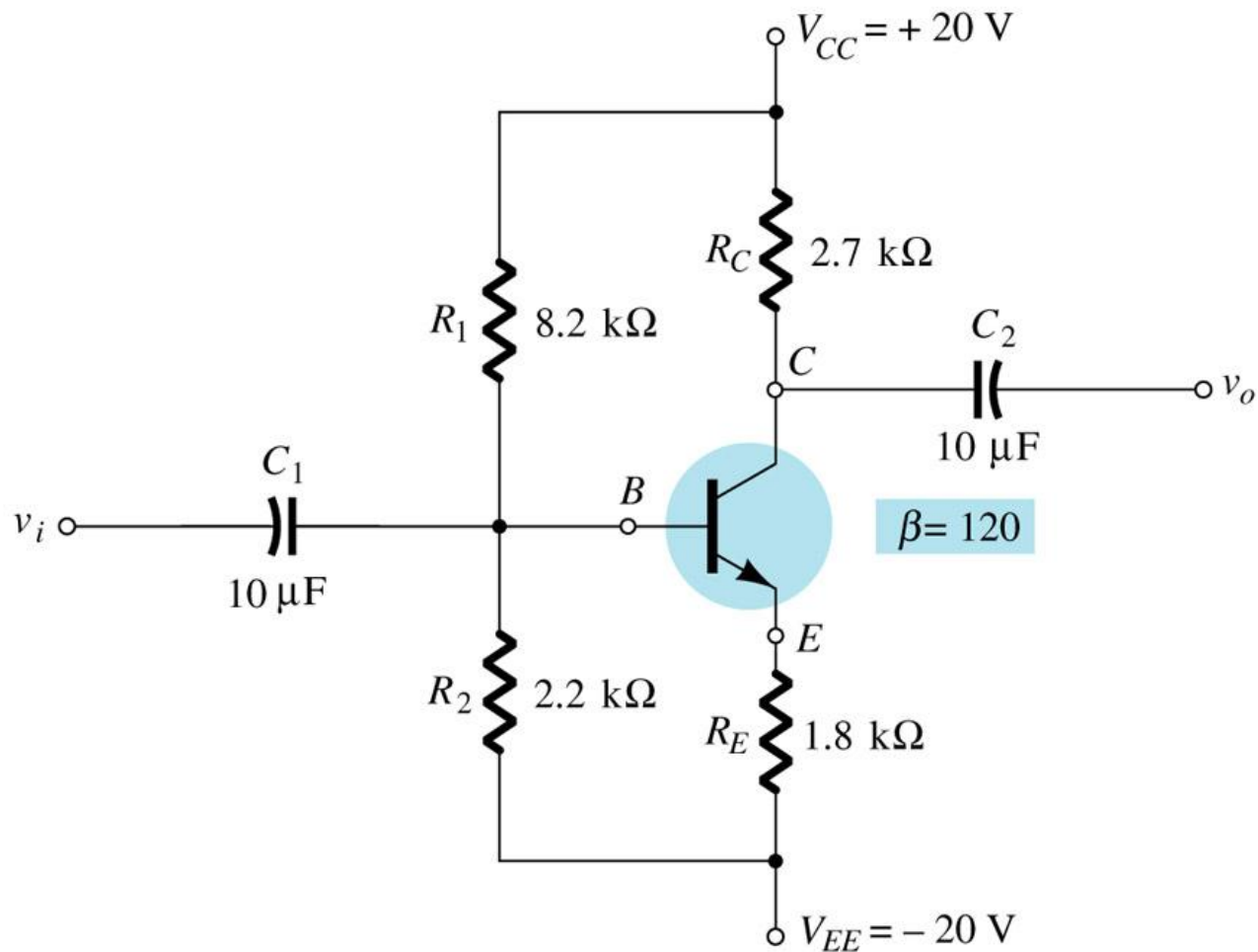
=> “mạch lặp emitter”

4) $A_i = -\beta R_b / [R_b + \beta(r_e + R_e)]$

Ứng dụng: phối hợp trở kháng.

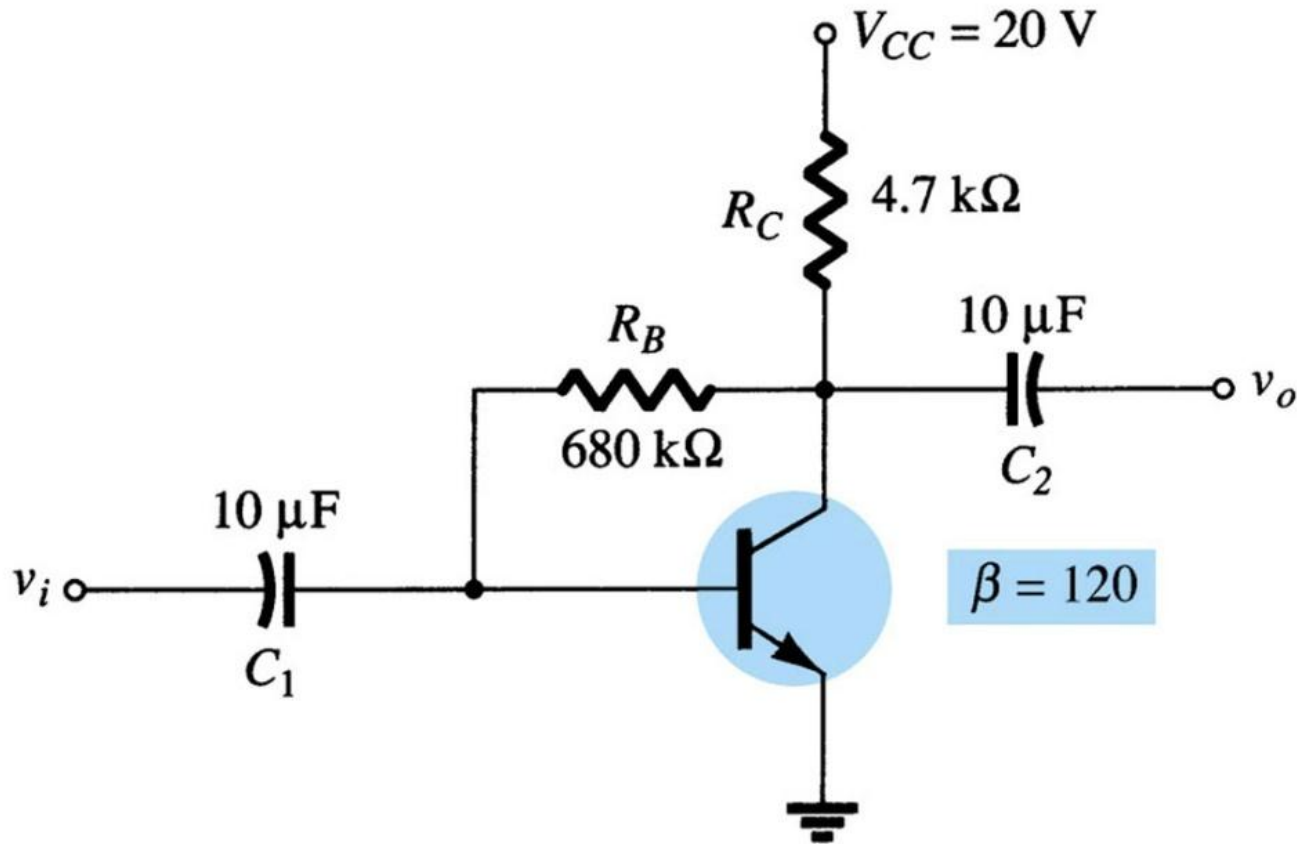
Ví dụ: Xác định A_i , A_v , Z_i , Z_o ?

89



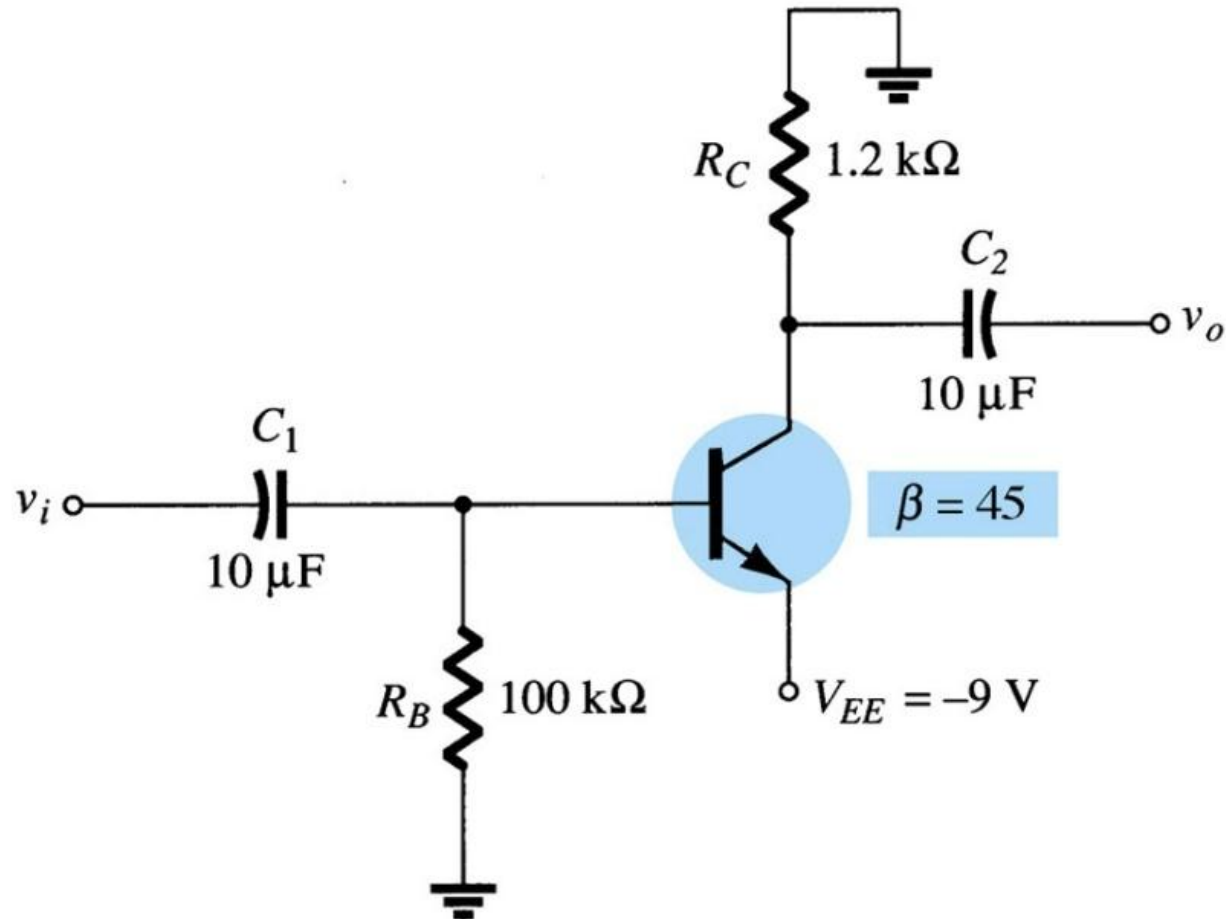
Ví dụ: Xác định A_i , A_v , Z_i , Z_o ?

90



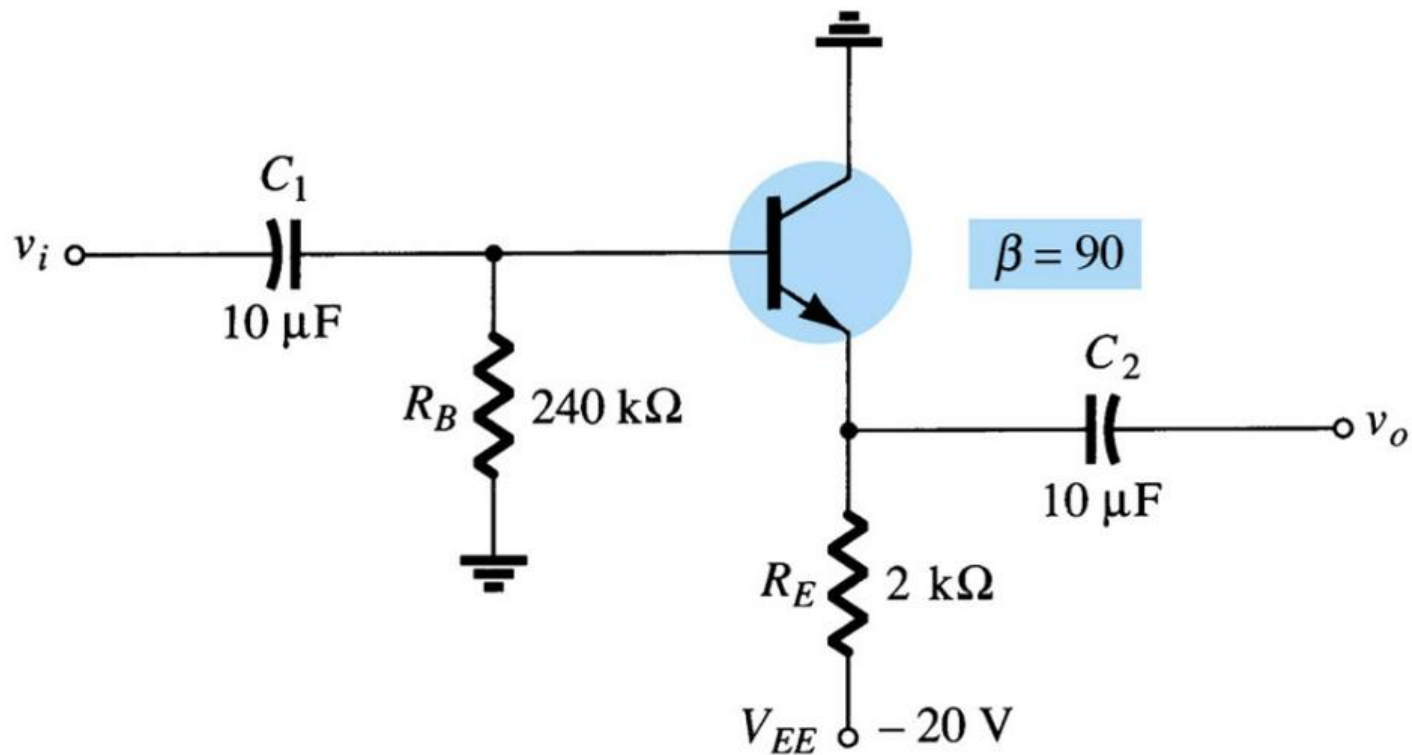
Ví dụ: Xác định A_i , A_v , Z_i , Z_o ?

91



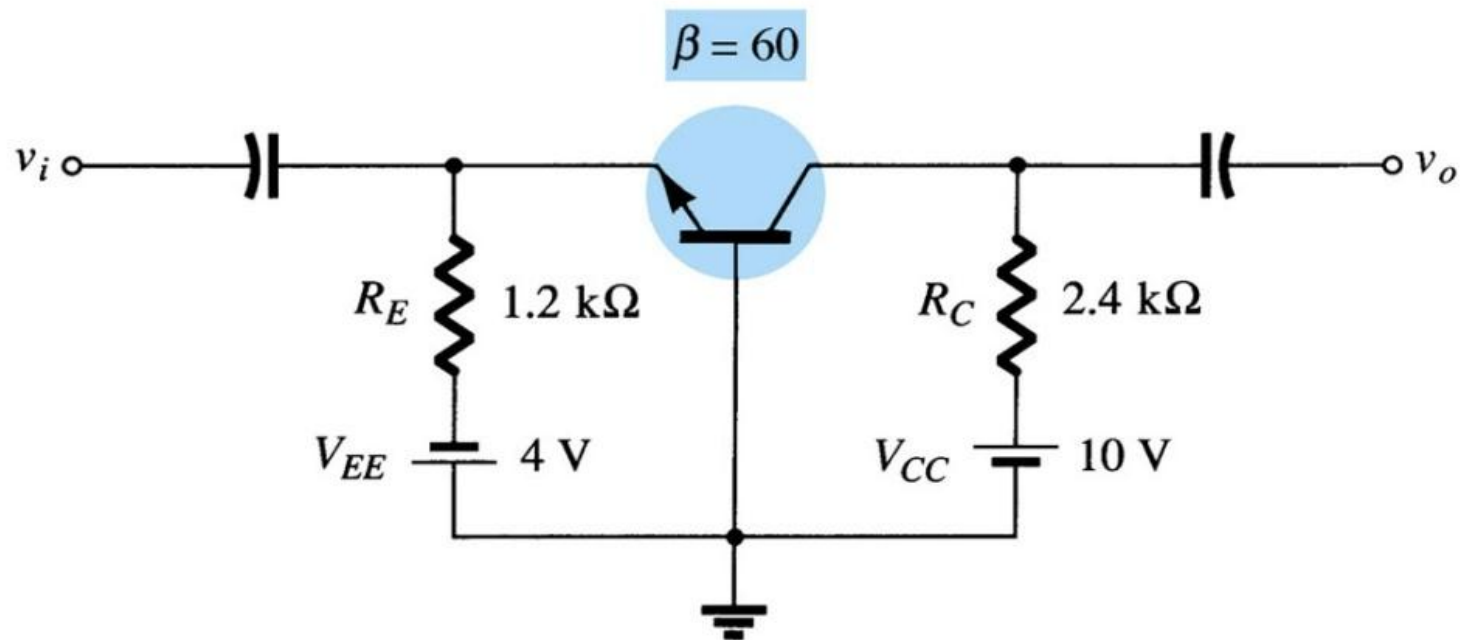
Ví dụ: Xác định A_i , A_v , Z_i , Z_o ?

92



Ví dụ

93



Đặc điểm kỹ thuật

□ Tên: 2N+số, ví dụ 2N4123, 2N2218...

□ Thông số cơ bản:

Tối đa: U_{ce} , U_{cb} , U_{eb} , I_c , P_{dis} , T

Đặc tính điện:

- OFF chars.: điện áp đánh thủng của CE, CB, EB, $I_{ccutoff}$, $I_{ecutoff}$
- ON chars.: DC β , $U_{ce(sat)}$, $U_{be(sat)}$
- Tín hiệu nhỏ: current-gain – bandwidth product ($\beta \cdot f$), small-signal β

Ảnh hưởng của các yếu tố kỹ thuật đến hoạt động thiết bị

- Ảnh hưởng của cấu trúc BJT:
 - Vật liệu chế tạo: Ge, Si
 - Mức độ pha tạp
 - Kích thước BJT...
- Ảnh hưởng của tần số làm việc
- Ảnh hưởng của thời gian sử dụng
- Ảnh hưởng của độ ổn định nguồn
- Ảnh hưởng của nhiệt độ

Các ảnh hưởng khác

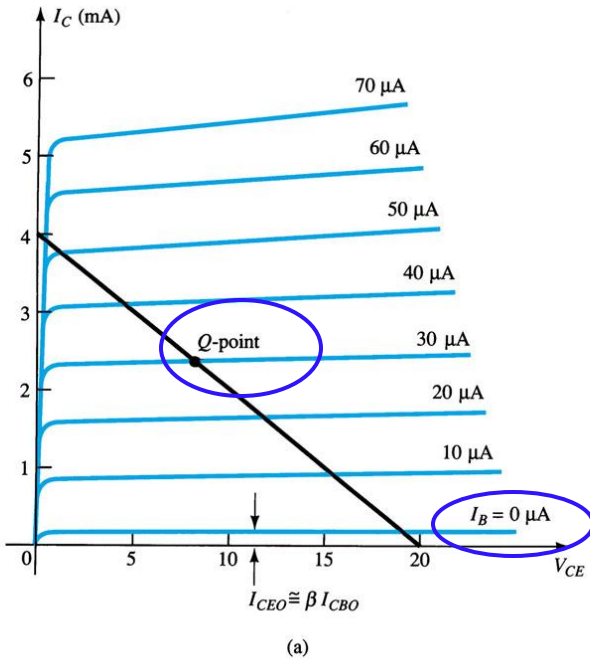
- Ảnh hưởng của tần số làm việc
 - Xét trong phần đáp ứng tần số
- Ảnh hưởng của thời gian sử dụng
- Ảnh hưởng của độ ổn định nguồn
 - Gây méo tín hiệu ra
- Ảnh hưởng của cấu trúc BJT:
 - Vật liệu chế tạo: Ge, Si $\rightarrow V_{be}$, β , nhiệt độ...
 - Mức độ pha tạp \rightarrow áp, dòng, β , nhiệt độ...
 - Kích thước BJT \rightarrow độ lớn của dòng

Ảnh hưởng của nhiệt độ

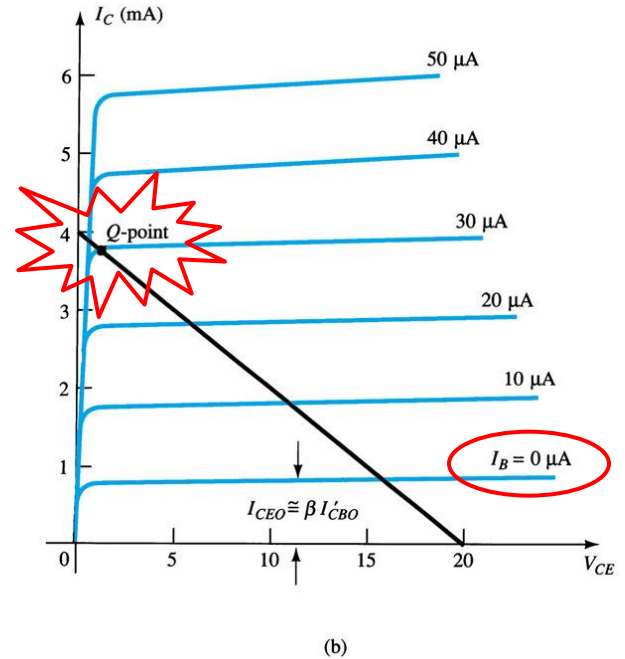
- Nhiệt độ ảnh hưởng nhiều đến các tham số thiết bị
- Khi nhiệt độ tăng:
 - Hệ số β tăng
 - Dòng dò I_{cbo} tăng
 - Điện áp V_{be} giảm
- ➔ gây ra sự không ổn định của mạch do sự dịch chuyển của điểm làm việc Q
- ➔ chất lượng tín hiệu ra giảm
- Đối với BJT chế tạo từ Si, β chịu ảnh hưởng nhiều của nhiệt độ

Ổn định nhiệt

98



Ở nhiệt độ phòng



Khi $T = 100^\circ\text{C}$

Hệ số ổn định

- ✓ $S(I_{co}) = \Delta I_c / \Delta I_{cbo}$ – ảnh hưởng nhiều đến BJT dùng Germani
- ✓ $S(U_{be}) = \Delta I_c / \Delta U_{be}$ – ảnh hưởng ít
- ✓ $S(\beta) = \Delta I_c / \Delta \beta$ – ảnh hưởng nhiều đến BJT dùng Silic

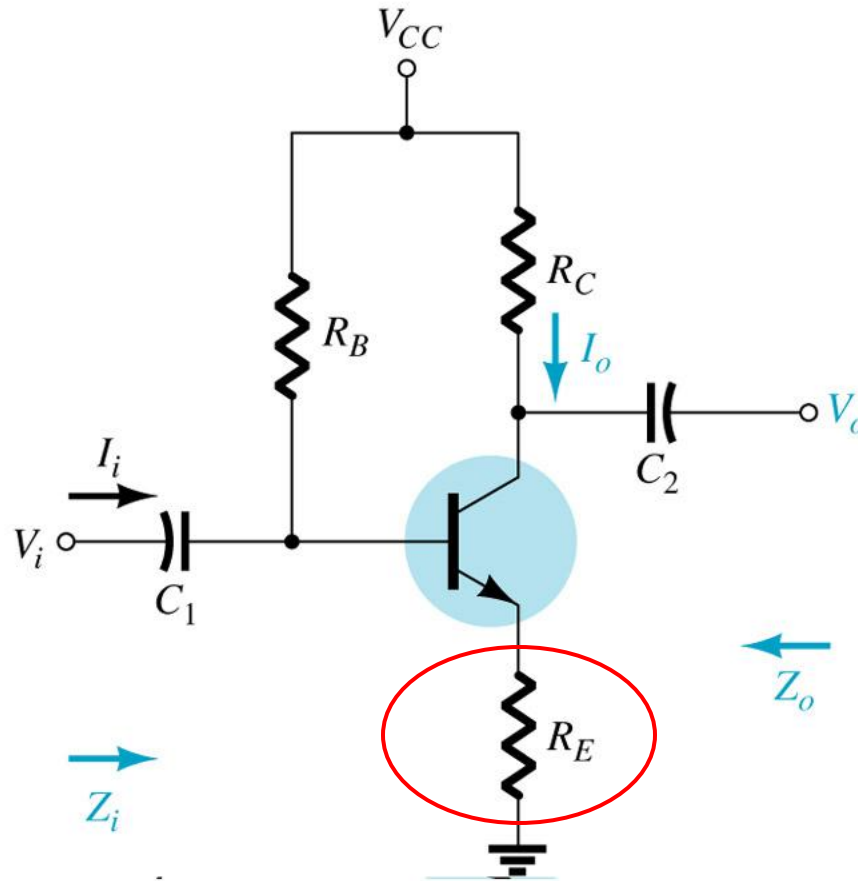
Tổng ảnh hưởng đến dòng I_c

$$\Delta I_c = S(I_{co}) * \Delta I_{cbo} + S(U_{be}) * \Delta U_{be} + S(\beta) * \Delta \beta$$

Ổn định hoạt động BJT

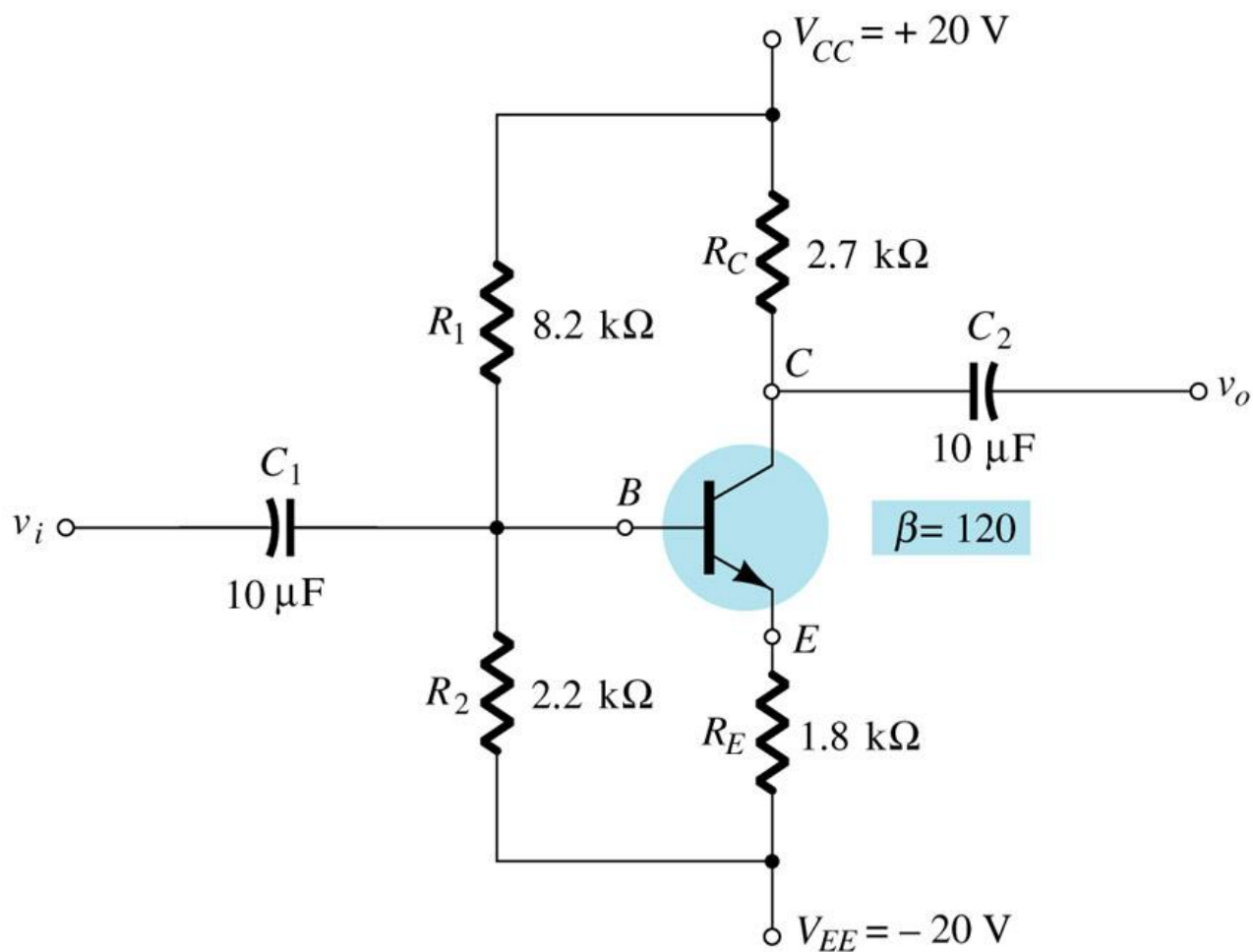
- Hồi tiếp âm điện áp hoặc dòng điện (*thêm R_E tại cực E*)
- Làm mát - bằng quạt hoặc nước
- Ổn định nguồn cung cấp
- Chọn BJT thích hợp với ứng dụng (công suất cao hay thấp, môi trường và nhiệt độ làm việc etc.)

Ổn định bằng hồi tiếp âm điện áp

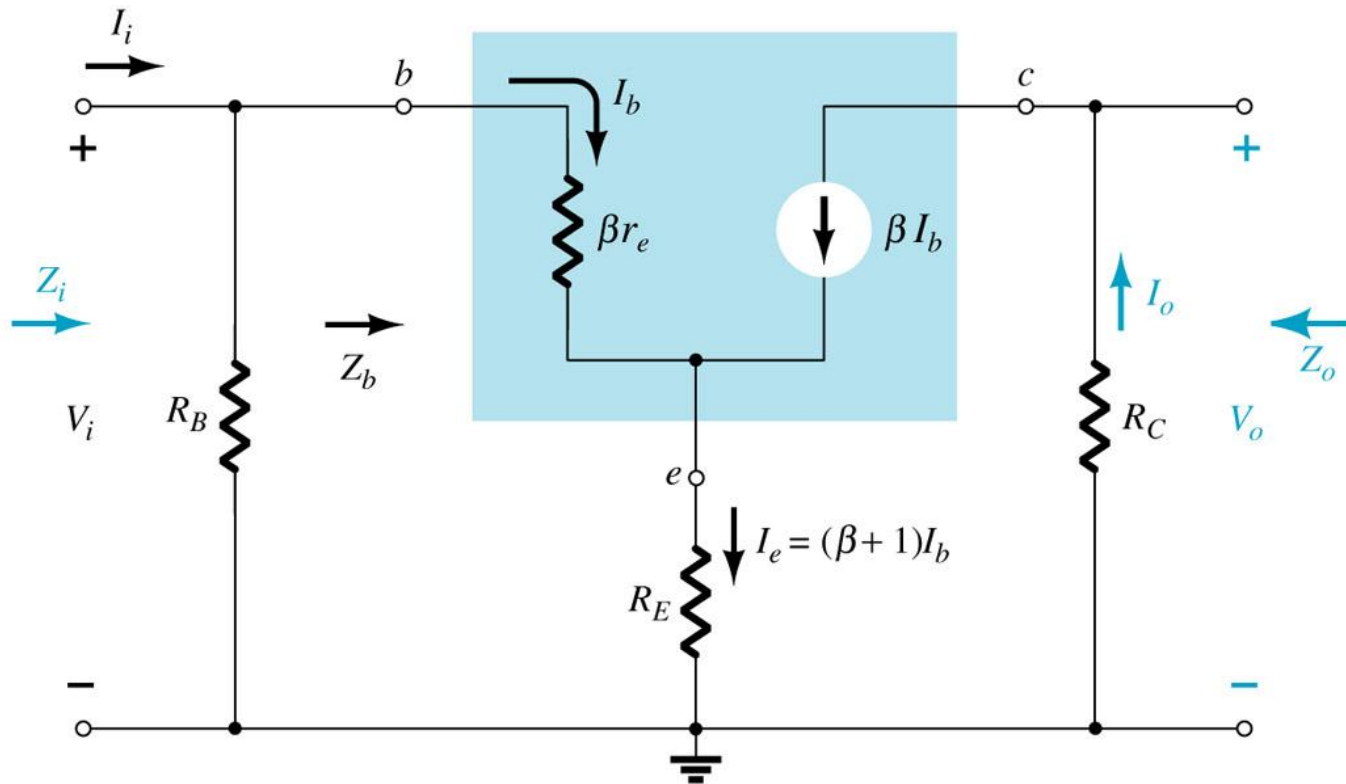


Ổn định chế độ một chiều bằng điện trở R_E

Ổn định bằng hồi tiếp âm điện áp



Ổn định bằng hồi tiếp âm điện áp



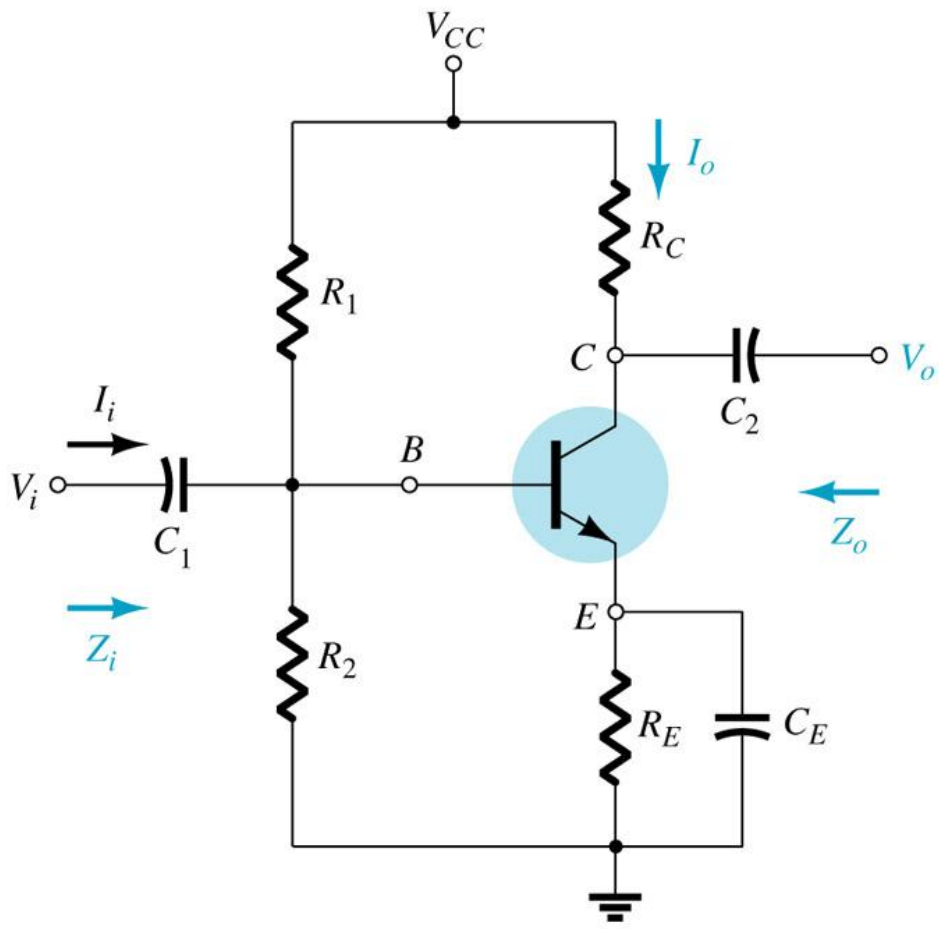
Ổn định bằng hồi tiếp âm điện áp

- $Z_i = R_B // \beta(r_e + R_E)$
- $Z_o = R_C$
- $A_v = -R_C / (r_e + R_E)$
- $A_i = \beta R_B / [R_B + \beta(r_e + R_E)]$

Trở kháng vào tăng nhưng hệ số khuếch đại điện áp giảm

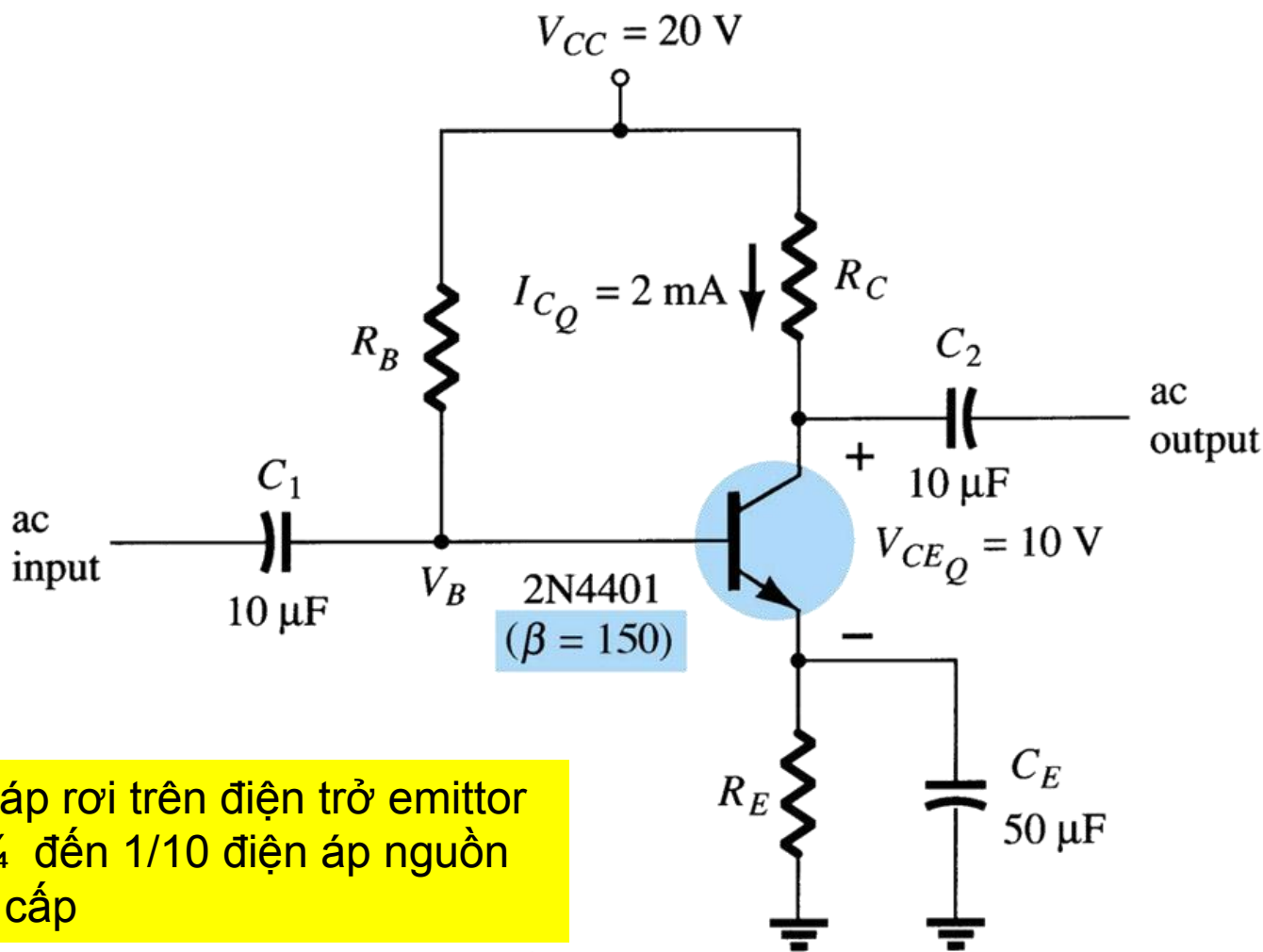
=> sử dụng tụ để ngắn mạch R_E ở chế độ xoay chiều

Sơ đồ CE dùng tụ ngắn mạch R_E



Thiết kế mạch phân cực có R_E ổn định nhiệt

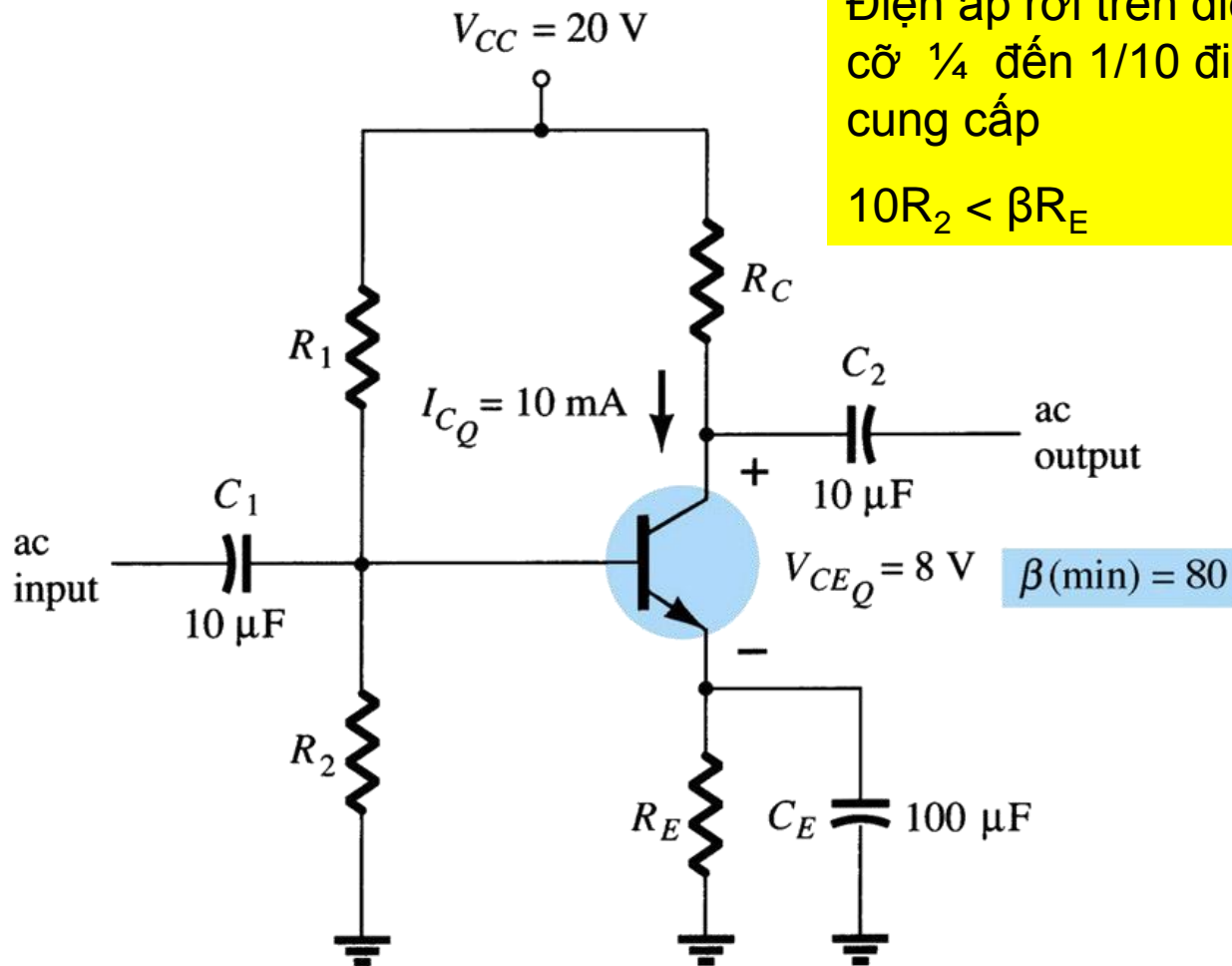
106



Điện áp rơi trên điện trở emitter cỡ $\frac{1}{4}$ đến $\frac{1}{10}$ điện áp nguồn cung cấp

Thiết kế mạch phân cực phân áp

107



Điện áp rơi trên điện trở emitter cỡ $\frac{1}{4}$ đến $\frac{1}{10}$ điện áp nguồn cung cấp

$$10R_2 < \beta R_E$$

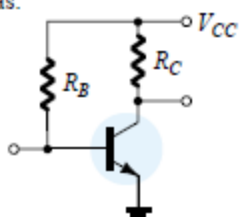
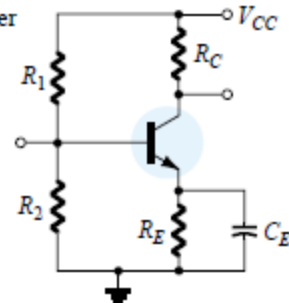
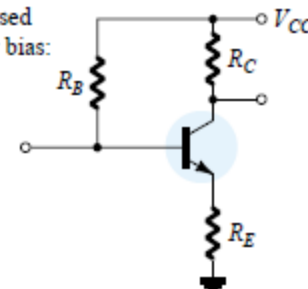
Bài tập

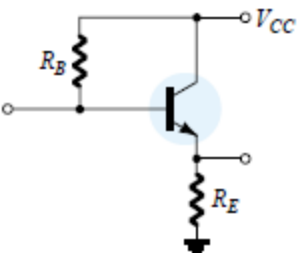
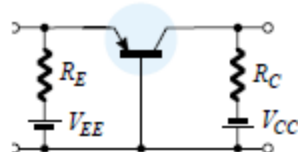
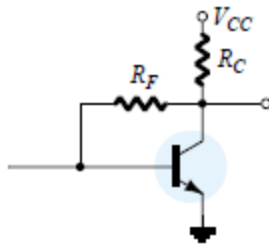
- Chương 3: 3, 5, 11, 14, 21, 28, 30, 33
- Chương 4: 5, 6, 7, **10, 11**, 14, 19, 26, 28, 32, 33
- Chương 7: 6, 8, 10, 23
- Chương 8: 1, 4, 7, 11, 14, 15, 16, 19, 28

Tóm Tắt

(p. 383, sách của tác giả Boylstad)

TABLE 8.1 Relative Levels for the Important Parameters of the CE, CB, and CC Transistor Amplifiers

| Configuration | Z_i | Z_o | A_v | A_i |
|---|---|--|---|---|
| Fixed-bias:  | Medium (1 k Ω) $= R_B \parallel \beta r_e$ $\cong \beta r_e$ $(R_B \geq 10\beta r_e)$ | Medium (2 k Ω) $= R_C \parallel r_o$ $\cong R_C$ $(r_o \geq 10R_C)$ | High (-200) $= \frac{(R_C \parallel r_o)}{r_e}$ $\cong \frac{R_C}{r_e}$ $(r_o \geq 10R_C)$ | High (100) $= \frac{\beta R_B r_o}{(r_o + R_C)(R_B + \beta r_e)}$ $\cong \beta$ $(r_o \geq 10R_C, R_B \geq 10\beta r_e)$ |
| Voltage-divider bias:  | Medium (1 k Ω) $= R_1 \parallel R_2 \parallel \beta r_e$ | Medium (2 k Ω) $= R_C \parallel r_o$ $\cong R_C$ $(r_o \geq 10R_C)$ | High (-200) $= \frac{R_C \parallel r_o}{r_e}$ $\cong \frac{R_C}{r_e}$ $(r_o \geq 10R_C)$ | High (50) $= \frac{\beta(R_1 \parallel R_2)r_o}{(r_o + R_C)(R_1 \parallel R_2 + \beta r_e)}$ $\cong \frac{\beta(R_1 \parallel R_2)}{R_1 \parallel R_2 + \beta r_e}$ $(r_o \geq 10R_C)$ |
| Unbypassed emitter bias:  | High (100 k Ω) $= R_B \parallel Z_b$ $Z_b \cong \beta(r_e + R_E)$ $\cong R_B \parallel \beta R_E$ $(R_E \gg r_e)$ | Medium (2 k Ω) $= R_C$ (any level of r_o) | Low (-5) $= \frac{R_C}{r_e + R_E}$ $\cong \frac{R_C}{R_E}$ $(R_E \gg r_e)$ | High (50) $\cong \frac{\beta R_B}{R_B + Z_b}$ |

| | | | | |
|---|---|---|--|--|
| <p>Emitter-follower:</p>  | <p>High (100 kΩ)</p> $= R_B \parallel Z_b$ $Z_b \cong \beta(r_e + R_E)$ $\cong R_B \parallel \beta R_E$ <p>($R_E \gg r_e$)</p> | <p>Low (20 Ω)</p> $= R_E \parallel r_e$ $\cong r_e$ <p>($R_E \gg r_e$)</p> | <p>Low ($\cong 1$)</p> $= \frac{R_E}{R_E + r_e}$ $\cong 1$ | <p>High (-50)</p> $\cong \frac{\beta R_B}{R_B + Z_b}$ |
| <p>Common-base:</p>  | <p>Low (20 Ω)</p> $= R_E \parallel r_e$ $\cong r_e$ <p>($R_E \gg r_e$)</p> | <p>Medium (2 kΩ)</p> $= R_C$ | <p>High (200)</p> $\cong \frac{R_C}{r_e}$ | <p>Low (-1)</p> $\cong -1$ |
| <p>Collector feedback:</p>  | <p>Medium (1 kΩ)</p> $= \frac{r_e}{\frac{1}{\beta} + \frac{R_C}{R_E}}$ <p>($r_o \geq 10R_C$)</p> | <p>Medium (2 kΩ)</p> $\cong R_C \parallel R_F$ <p>($r_o \geq 10R_C$)</p> | <p>High (-200)</p> $\cong \frac{R_C}{r_e}$ <p>($r_o \geq 10R_C$) $R_F \gg R_C$)</p> | <p>High (50)</p> $= \frac{\beta R_F}{R_F + \beta R_C}$ $\cong \frac{R_F}{R_C}$ |