

Giáo trình Điện tử cơ bản

cuduongthancong.com

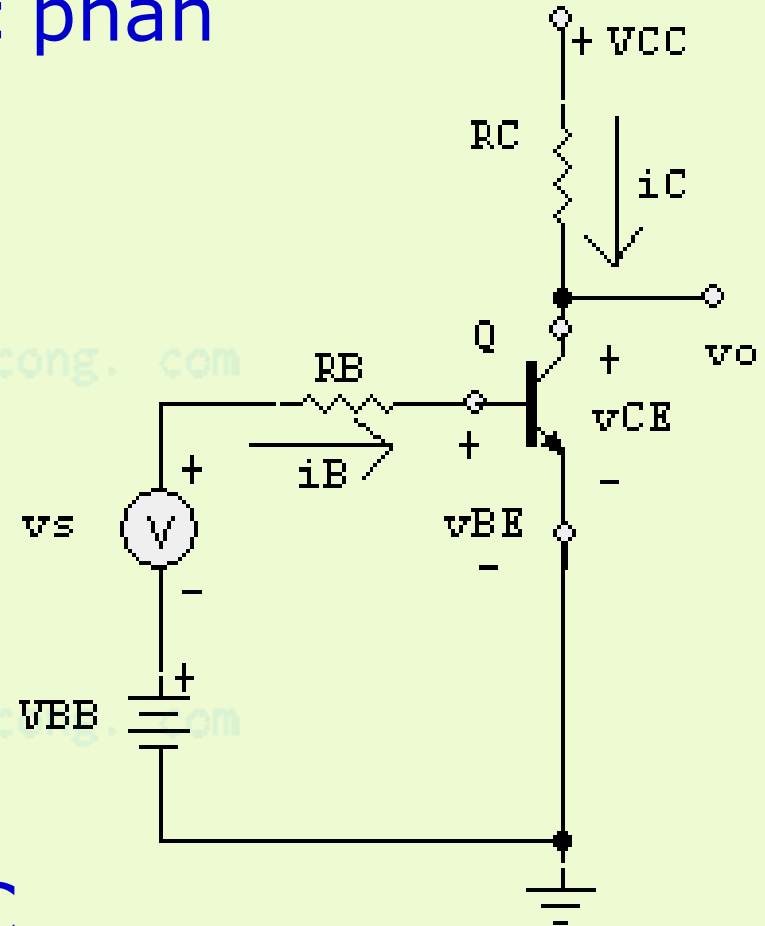
Ch. 5 (9,10). Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ

cuduongthancong.com

I. Mạch khuếch đại Transistor

Khi cho tín hiệu (ac) tác động vào mạch khuếch đại đã được phân cực trước (H.1)

- Các dòng điện và điện thế sẽ thay đổi chung quanh điểm tĩnh điều hành Q (H.2),
- Các dòng i_B , i_C gồm có thành phần DC và cả thành phần AC
- Các điện thế v_{BE} , v_{CE} gồm có cả thành phần DC và cả thành phần AC



H.1

Ghép bằng tụ (liên lạc bằng tụ)

Do tụ có dung kháng:

$$X_c = 1 / \omega C = 1 / (2 \pi f C)$$

- Nên ở DC, $f=0\text{Hz} \rightarrow X_c$ vô hạn (tụ hở) ngăn không cho tín hiệu qua mạch
- Ở AC, $f = 1 \text{ kHz} \rightarrow X_c$ nhỏ (tụ nối tắt) cho tín hiệu qua mạch để khuếch đại.

- Ghép tốt khi

$$X_c < 0,1R$$

R là điện trở liên hệ với tụ ghép

Mạch Khuếch đại phân cực cực nền

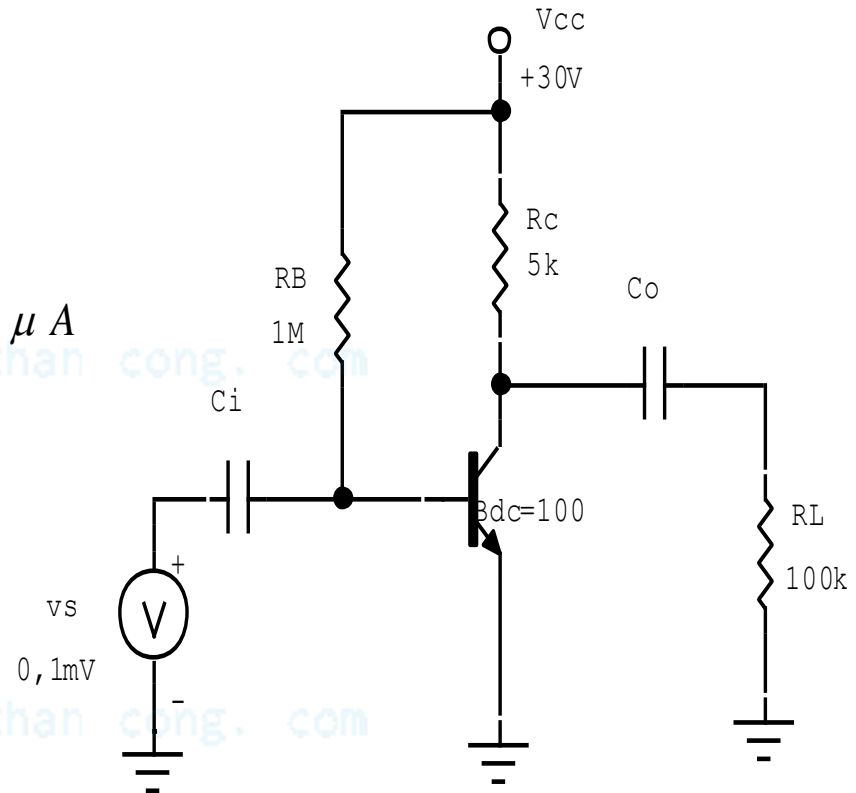
- Xét mạch sau:

Mạch phân cực với điểm điều hành Q:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{(30 - 0,7)V}{1M\Omega} \approx 30\mu A$$

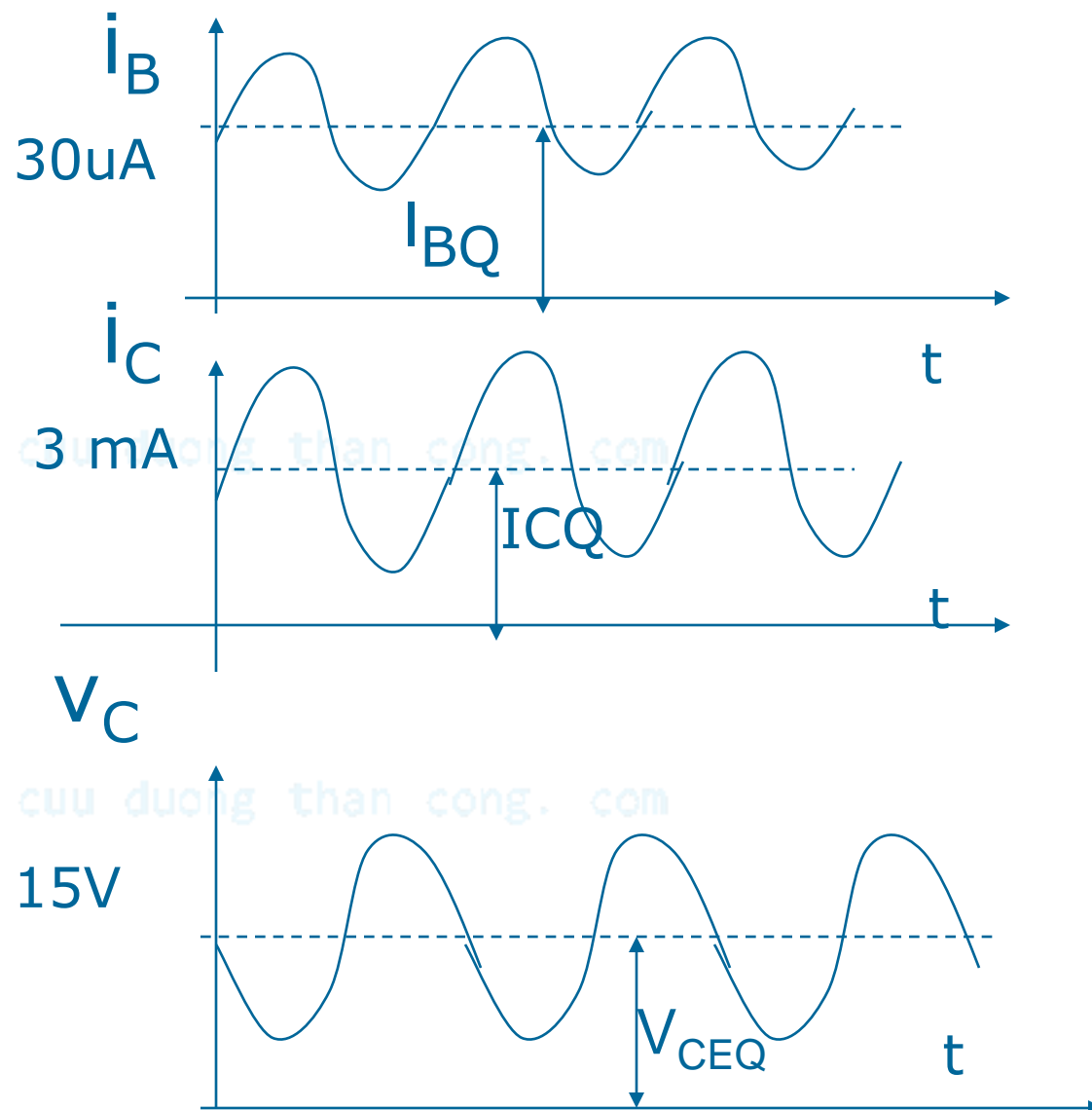
$$I_C = \beta I_B = 100(30\mu A) = 3mA$$

$$\begin{aligned} V_{CE} = V_C = V_{CC} - I_C R_C \\ = 30V - 3mA(5k\Omega) = 15V \end{aligned}$$



Tín hiệu AC đặt chồng lên trị Q (H.) sau

- Dạng sóng ở các cực:



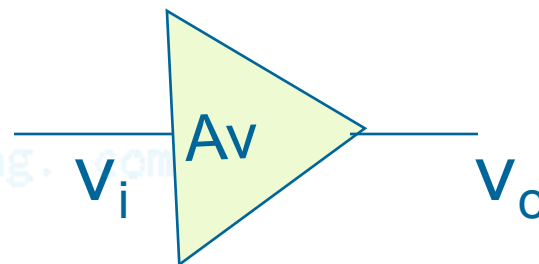
Độ lợi điện áp

- Định nghĩa:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i}$$

$$v_o = A_v v_i$$

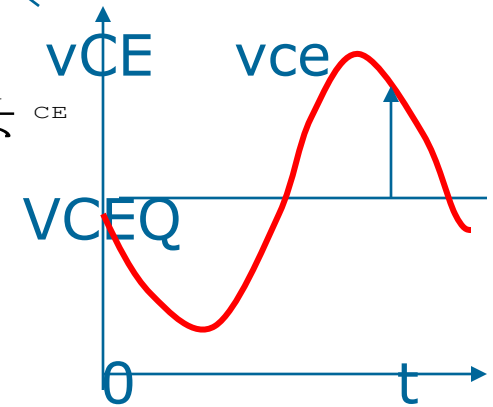
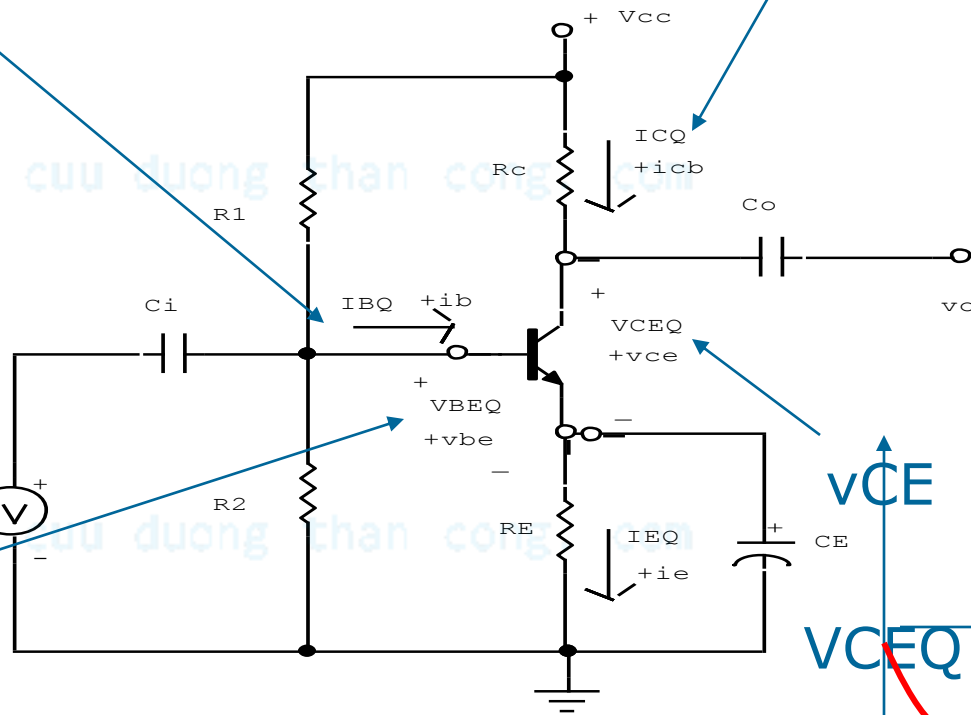
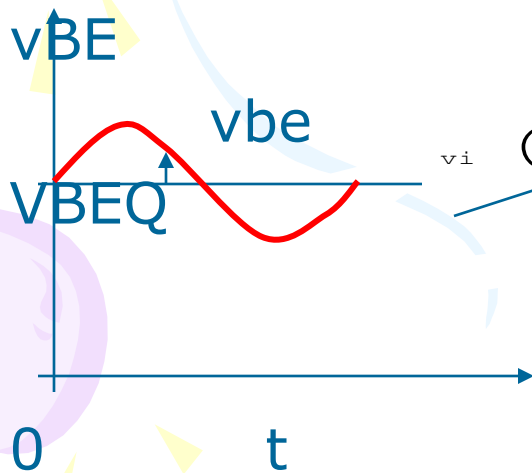
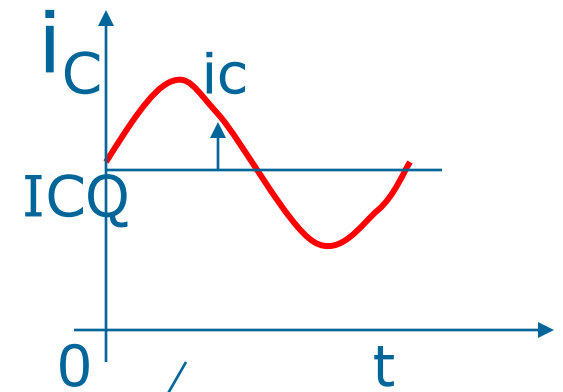
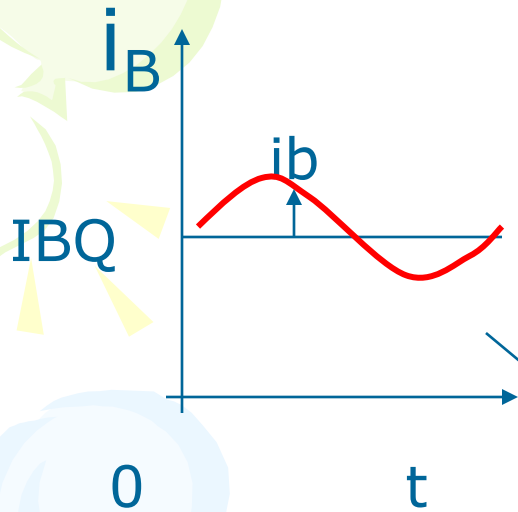
$$v_i = \frac{v_o}{A_v}$$



9.2 Mạch khuếch đại phân cực cực phát

- Tương tự, ngoài các tụ ghép ngõ vào, ngõ ra, còn có tụ ghép song song với điện trở cực phát R_E . gọi là tụ phân dòng(bypass capacitor)
- Điều kiện tụ phân dòng tốt $X_c < 0,1R$ với R là điện trở R_E
- Tụ phân dòng tạo nên mass ac nhưng không làm thay đổi trị số điểm Q, không làm giảm độ lợi điện áp của mạch dù có điện trở phân cực ổn định R_E .

• Khuếch đại tín hiệu nhỏ



Mạch khuếch đại VDB

- Xét mạch sau

Trị số điểm Q:

$$V_B = V_{BB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$= \frac{2,2}{10 + 2,2} 10V = 1,8V$$

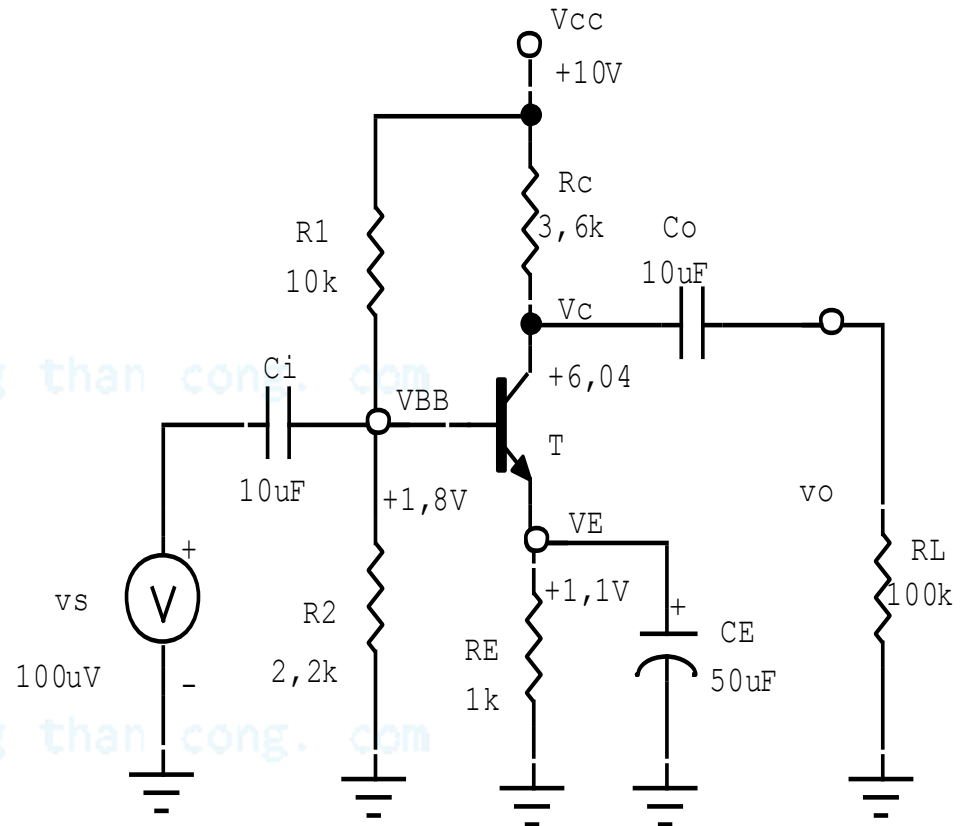
$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$= 1,8V - 0,7V = 1,1V$$

$$I_C = I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1,1V}{1k\Omega} = 1,1mA$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 10V - 1,1mA(3,6k\Omega) \\ = 10V - 3,96 = 6,04V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 6,04 - 1,1 = 4,94V$$



Mạch khuếch đại TSEB

Xét mạch sau

Trị số điểm Q

$$V_B = 0V$$

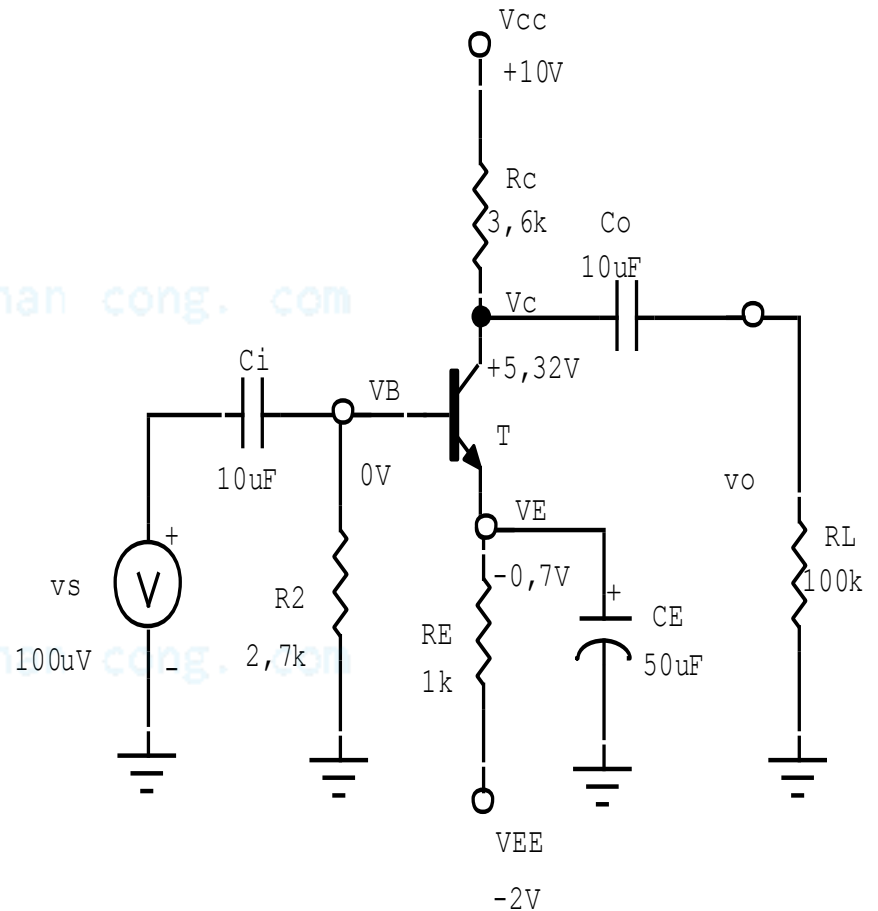
$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$= 0V - 0,7V = -0,7V$$

$$I_C = I_E = \frac{V_{EE} - 0,7V}{R_E} = \frac{1,3V}{1k\Omega} = 1,3mA$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 10V - 1,3mA(3,6k\Omega) \\ = 10V - 4,68V = 5,32V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 5,32 - (-0,7) = 6,02V$$



9.3 Hoạt động tín hiệu nhỏ

- Do đặc tuyến vào không tuyến tính, nên nếu tín hiệu vào lớn tín hiệu ra sẽ bị méo dạng
 - Để tránh biến dạng, tín hiệu vào phải có biên độ nhỏ, thường chọn trị số đỉnh - đỉnh bằng $1/10$ trị số dòng điện tĩnh điều hành I_{CQ} .
- (Xem hình trong sách trang 298 và tr.299)

- Các trị số dòng điện và điện thế đều là tổng cộng thành phần xoay chiều (AC) với thành phần 1 chiều (DC), và được viết như sau:

$$i_B = I_{BQ} + i_b \quad (1a)$$

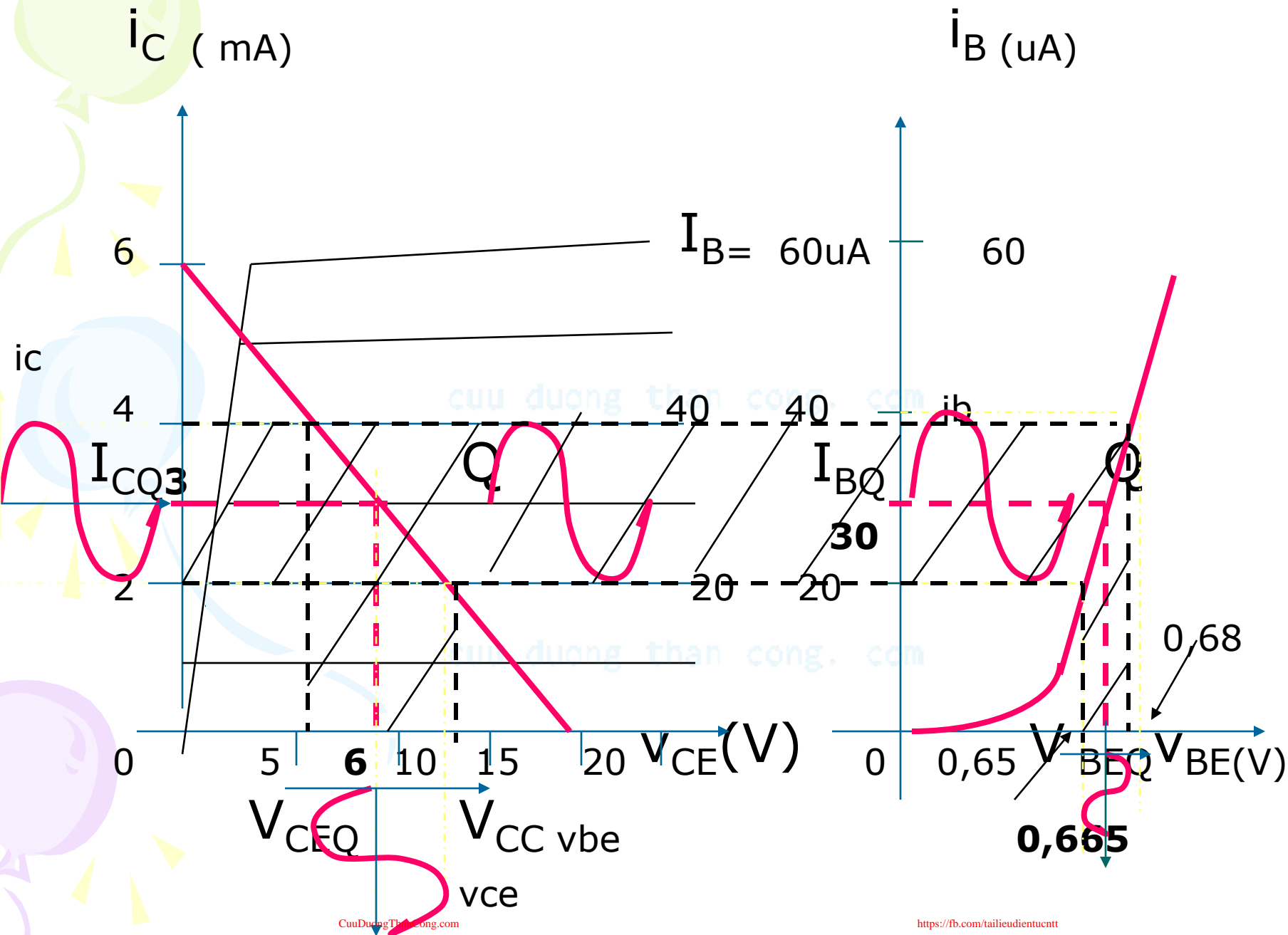
$$i_C = I_{CQ} + i_c \quad (1b)$$

$$v_{CE} = V_{CEQ} + v_{ce} \quad (1c)$$

$$v_{BE} = V_{BEQ} + v_{be} \quad (1d)$$

- i_b, i_c, v_{be}, v_{ce} là trị số tức thời của thành phần xoay chiều (AC).
- i_B, i_C, v_{BE}, v_{CE} là trị số tức thời tổng cộng gồm cả thành phần AC và thành phần DC .
- $I_{BQ}, I_{CQ}, V_{BEQ}, V_{CEQ}$ là thành phần DC (là trị số điểm tĩnh điều hành Q)

Phân giải bằng đồ thị



- Ta có các trị sau:

Điểm tĩnh điều hành Q ($I_B=30\mu A$; $I_{CQ}=3mA$;
 $V_{CEQ}=9V$)

Các trị số thay đổi (ac):

$$v_{be} = 0,68V - 0,65V = 0,030V = 30mV$$

$$i_b = 40\mu A - 20\mu A = 20\mu A$$

$$i_c = 4mA - 2mA = 2mA$$

$$v_{ce} = 6V - 12V = 6V$$

- Tính được:

Độ lợi dòng: $A_i = \beta = i_c / i_b = 2mA / 20\mu A = 100$

Độ lợi thế: $A_v = v_{ce} / v_{be} = - 6V / 0,03V = - 200$

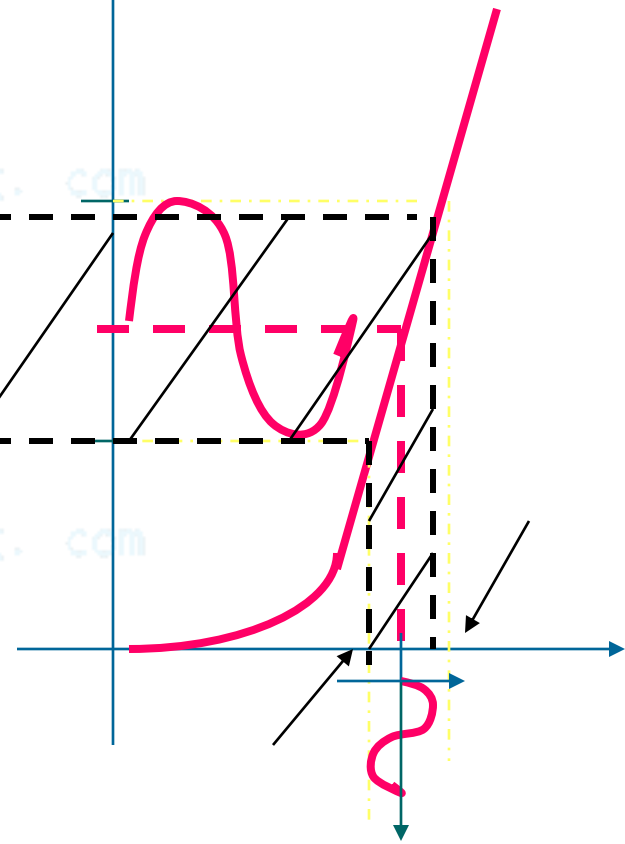
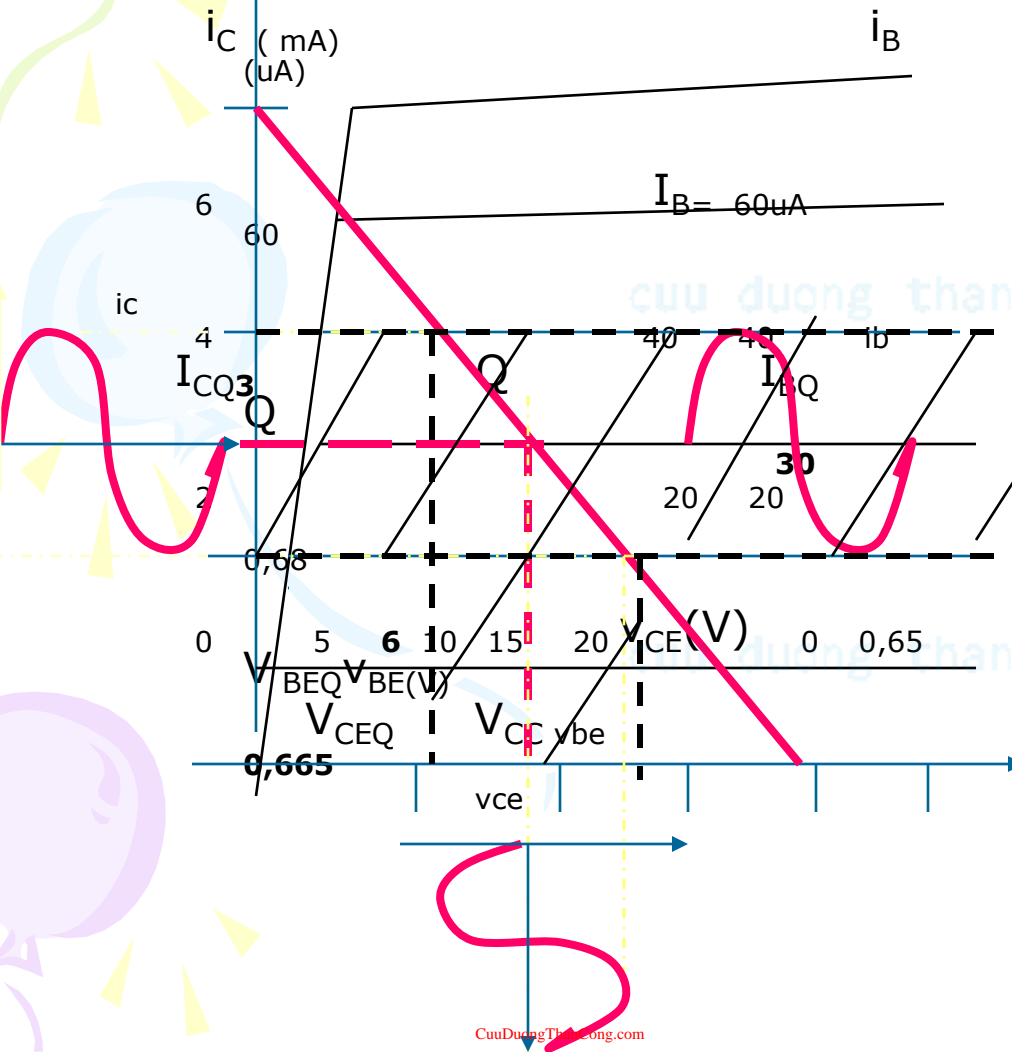
Tổng trở vào $R_i = v_{be} / i_b = 60mV / 20\mu A = 3k\Omega$

Tổng trở ra : $R_o = v_{ce} / i_c = 6V / 2mA = 3k\Omega$

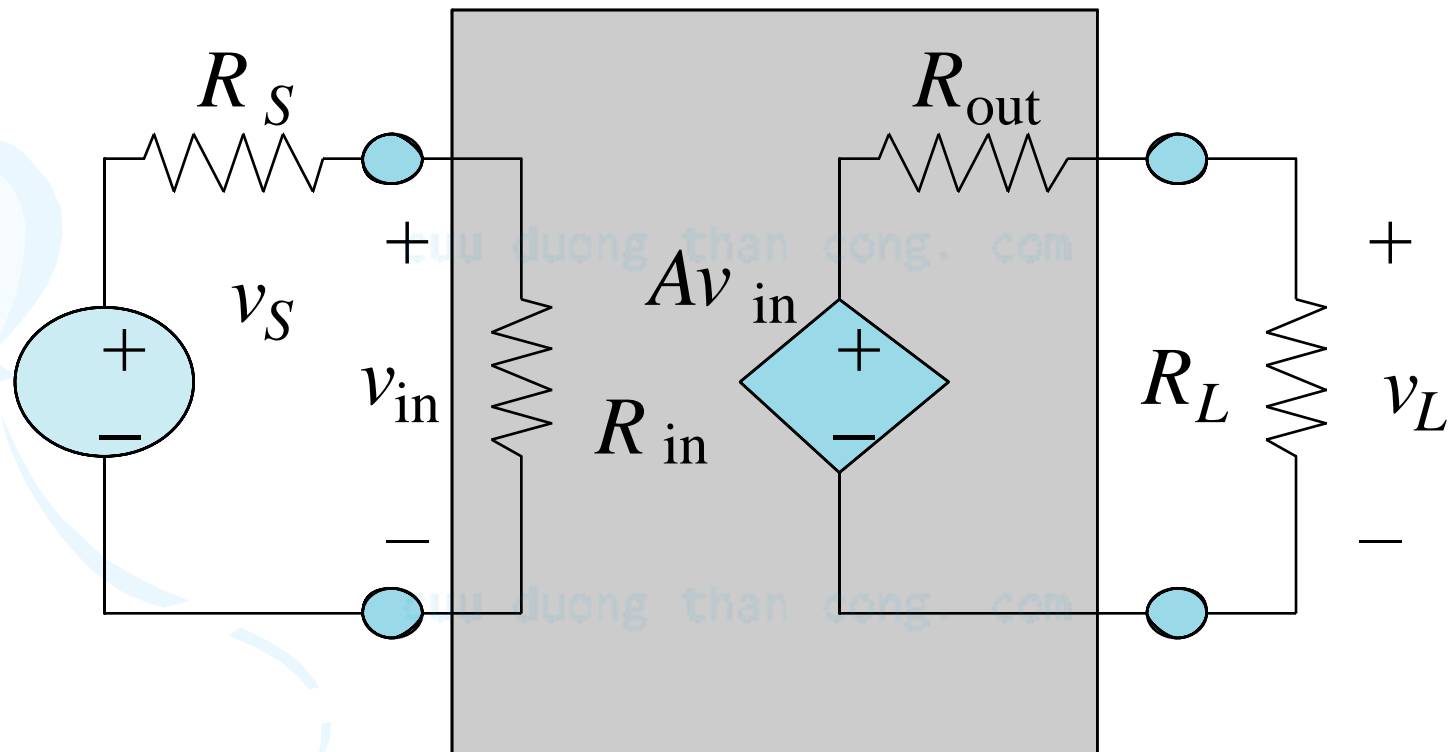
$$A_i = \frac{I_c}{I_b} = \frac{2 \text{ mA}}{20 \mu \text{ A}} = 100$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-6 \text{ V}}{0,03 \text{ V}} = -200$$

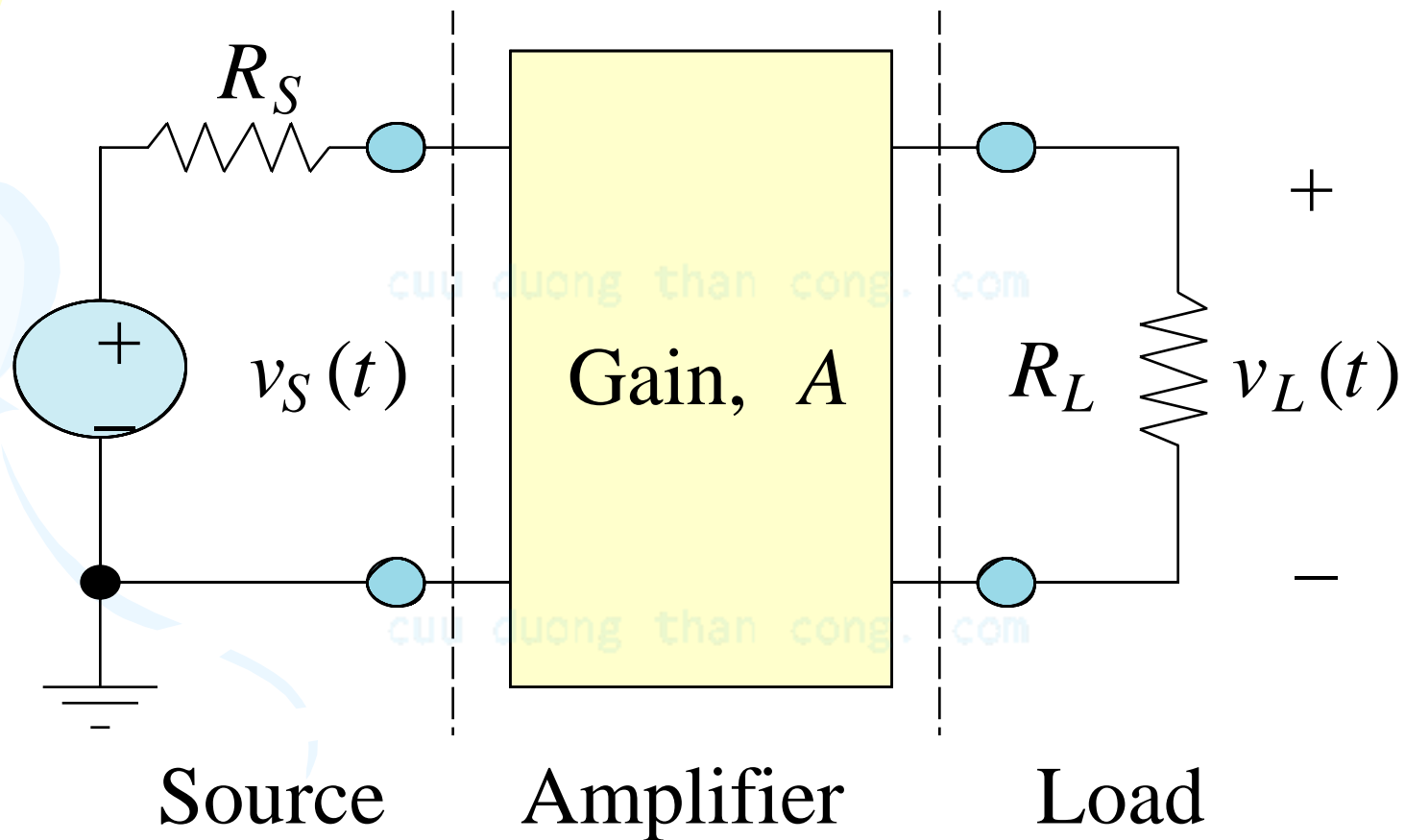
Phân giải bằng đồ thị



Mạch tương đương của mạch khuếch đại điện thế



2. Sơ đồ đơn giản mạch khuếch đại



III. Mạch tương đương trong chế độ động

- Theo mạch điện ở h.1, vùng nền-phát cho

$$V_{BB} + v_s = i_B R_B + v_{BE} \quad (2)$$

$$V_{BB} + v_s = (I_{BQ} + i_b) R_B + (V_{BEQ} + v_{be}) \quad (3)$$

sắp xếp lại:

$$V_{BB} - I_{BQ} R_B - V_{BEQ} = i_b R_B + v_{be} - v_s \quad (4)$$

khi cho vế phải của (4) bằng zero, còn lại:

$$v_s = i_b R_B + v_{be} \quad (5)$$

là phương trình vòng nền-phát với mọi số hạng DC cho bằng zero.

- Tương tự với phương trình vòng thu – phát:

$$V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} \quad (6)$$

$$V_{CC} = (I_{CQ} + i_c) R_C + (V_{CEQ} + v_{ce}) \quad (7)$$

Hay:

$$V_{CC} - I_{CQ} R_C - V_{CEQ} = i_c + v_{ce} \quad (8)$$

Cho vế bên phải (8) bằng zero ta có:

$$i_c R_C + v_{ce} = 0 \quad (9) \rightarrow$$

$$v_{ce} = -i_c R_C \quad (10)$$

là phương trình vòng thu-phát với mọi số hạng DC bằng zero.

Phương trình (5) và (10) liên quan đến các thông số ac trong mạch. Các phương trình này có được trực tiếp bằng cách cho tất cả các dòng và thế DC bằng zero.

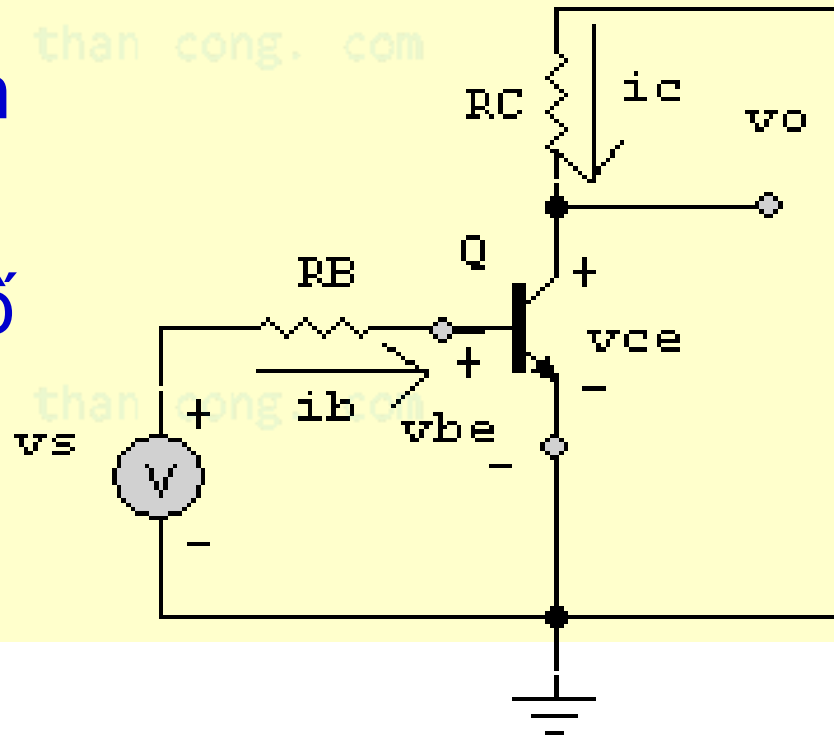
- Lưu ý rằng :

Mạch nối tắt cho điện thế bằng zero $V=0$

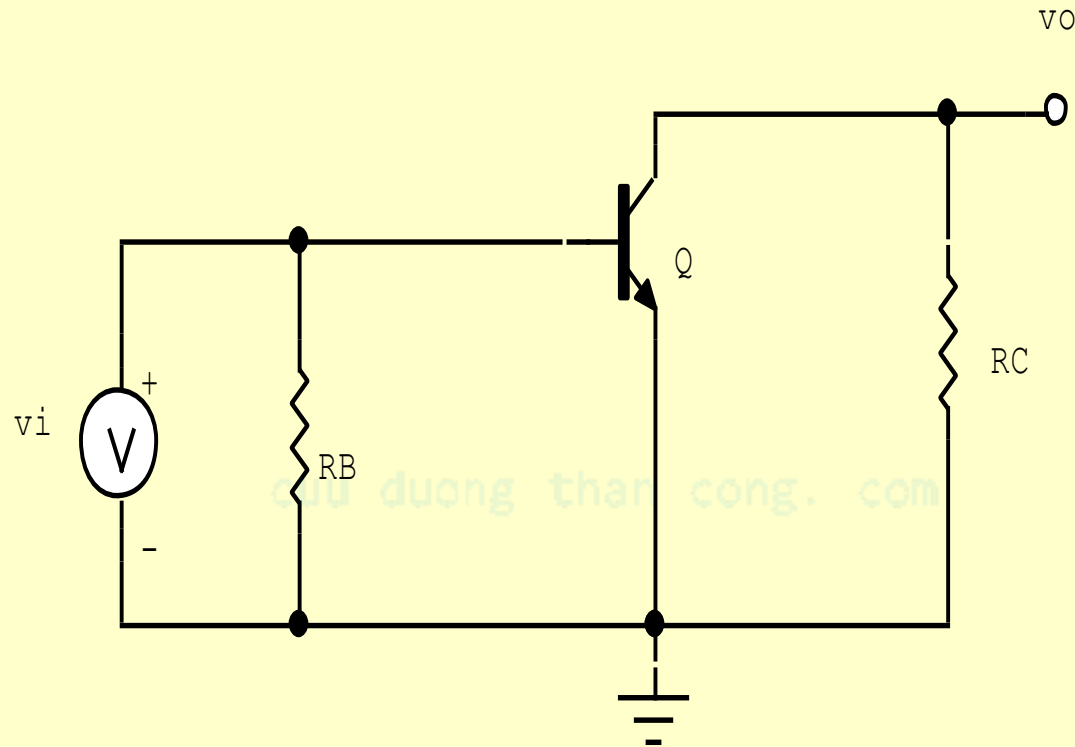
Mạch hở cho dòng điện bằng không $I=0$.

Những kết quả trên là hệ quả trực tiếp của sự áp dụng nguyên lý chồng chập vào mạch tuyến tính.

- Kết quả ta có mạch tương đương ở chế độ ac, và mọi trị số dòng và thế là tín hiệu thay đổi theo thời gian.



- Mạch điện ở chế độ động (AC)



- Để có thể áp dụng các định luật Ohm và định luật Kirchhoff, ta phải thay transistor bằng mô hình thông số (vật lý hoặc toán học)

Mô hình thông số của Transistor

- Có nhiều loại mô hình thông số như:

Mô hình chữ T (thông số r).

Mô hình thông số hỗn tạp π .

Mô hình thông số hỗn tạp h.

Mô hình thông số y .

cuuduongthancong.com

.....

- **Tất cả các mô hình trên chỉ áp dụng trong trường hợp khuếch đại tuyến tính với tín hiệu nhỏ.**

cuuduongthancong.com

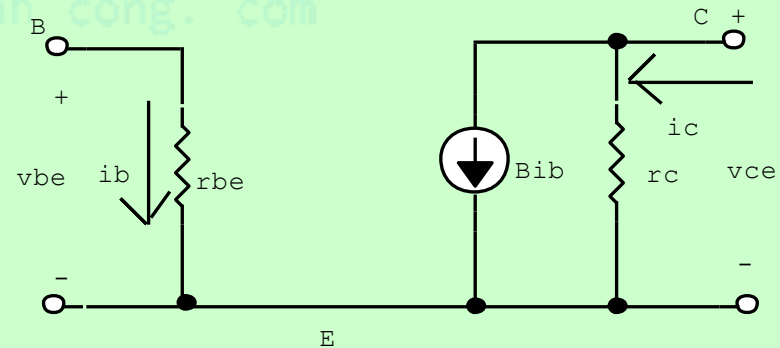
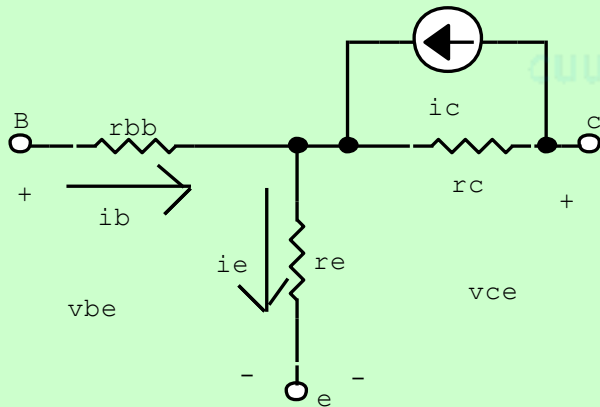
Sau đây ta sẽ xét đến 3 mô hình thường gặp là thông số chữ T, hỗn tạp π , hỗn tạp h.

1. Mô hình thông số r (chữ T)

- Do phân cực thuận, nên nối nền phát có điện trở động cho bởi:

$$r_e = V_T / I_{CQ}$$

- Do phân cực nghịch nên nối thu – phát có điện trở nghịch r_c rất lớn ,và có dòng i_c chạy qua:



$$\text{Do: } v_{be} = r_{bb}i_b + r_e i_e = r_e i_{e-} = (\beta + 1) r_e i_b = r_{be} i_b$$

$$v_{ce} = r_c i_c + r_e i_e = r_c i_c = \beta r_c i_b$$

2. Mô hình thông số π hỗn tạp

- Xem transistor có tính tuyến tính ở chế độ tín hiệu nhỏ, theo lý thuyết tứ cực ta có:
- Ở mạch nền – phát :

$$r_{\pi} = \frac{v_{be}}{i_b} = \beta r_e = \beta \frac{V_T}{|I_{CQ}|}$$

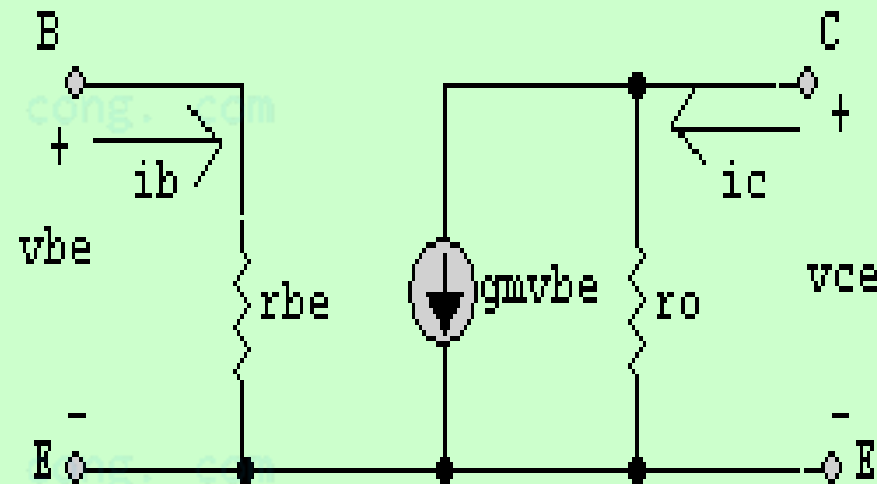
- Ở mạch thu – phát:

$$\beta = \frac{i_c}{i_b} = \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{i_b} \right) = g_m r_{\pi}$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} = \frac{I_{CQ}}{V_T}$$

- $r_o = (V_A + V_{CQ})/I_{CQ}$ rất lớn
 V_A điện thế Early

g_m được gọi là hệ số truyền dẫn



3. Mô hình thông số hỗn tạp h

- Xét các hàm sau:

$$V_{BE} = f(I_B, V_{CE}) \quad (1)$$

$$I_C = f(I_B, V_{CE}) \quad (2)$$

Đạo hàm riêng phần cho:

$$dV_{BE} = \left. \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \right|_{V_{CE}=h.s} dI_B + \left. \frac{\partial V_{BE}}{\partial V_{CE}} \right|_{I_B=h.s} dV_{CE}$$

$$dI_C = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \right|_{V_{CE}=h.s} dI_B + \left. \frac{\partial I_C}{\partial V_{CE}} \right|_{I_B=h.s} dV_{CE}$$

trong đó:

$$dV_{BE} = v_{be} ; dI_B = i_b ; dI_C = i_c ; dV_{CE} = v_{ce}$$

•
$$h_{ie} = \left. \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \right|_{V_{CE} = h.s.} = \left. \frac{v_{be}}{i_b} \right|_{v_{ce} = 0}$$
 tổng trở vào nối tắt (Ω)

$$h_{re} = \left. \frac{\partial V_{BE}}{\partial V_{CE}} \right|_{I_B = h.s.} = \left. \frac{v_{be}}{v_{ce}} \right|_{i_b = 0}$$

tỉ số điện thế nghịch mạch hở

$$h_{fe} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \right|_{V_{CE} = h.s.} = \left. \frac{i_c}{i_b} \right|_{v_{ce} = 0}$$

độ lợi dòng thuận nối tắt

$$h_{oe} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial V_{CE}} \right|_{I_C = h.s.} = \left. \frac{i_c}{v_{ce}} \right|_{i_c = 0}$$

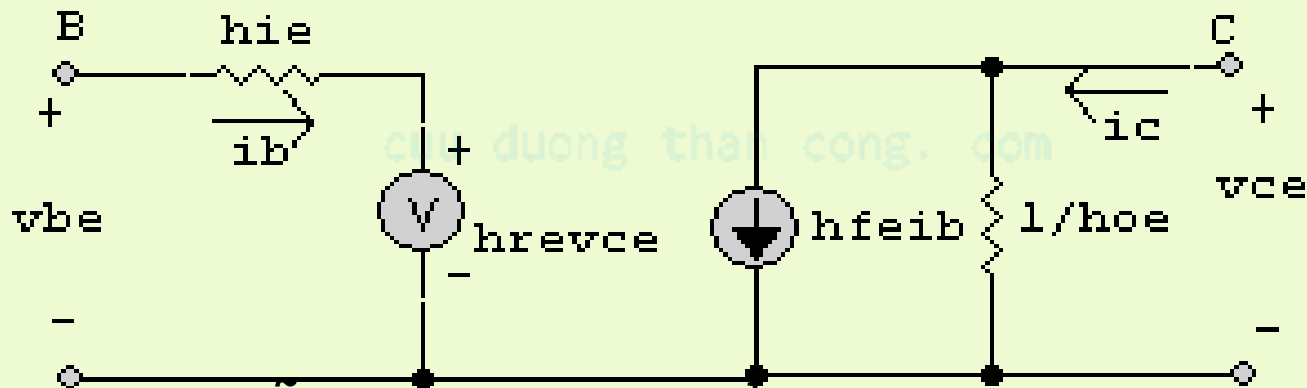
tổng dẫn ra mạch hở (S)

- Thay vào trên ta có:

$$v_{be} = h_{ie} i_b + h_{re} v_{ce} \quad (1)$$

$$i_c = h_{fe} i_b + h_{oe} v_{ce} \quad (2)$$

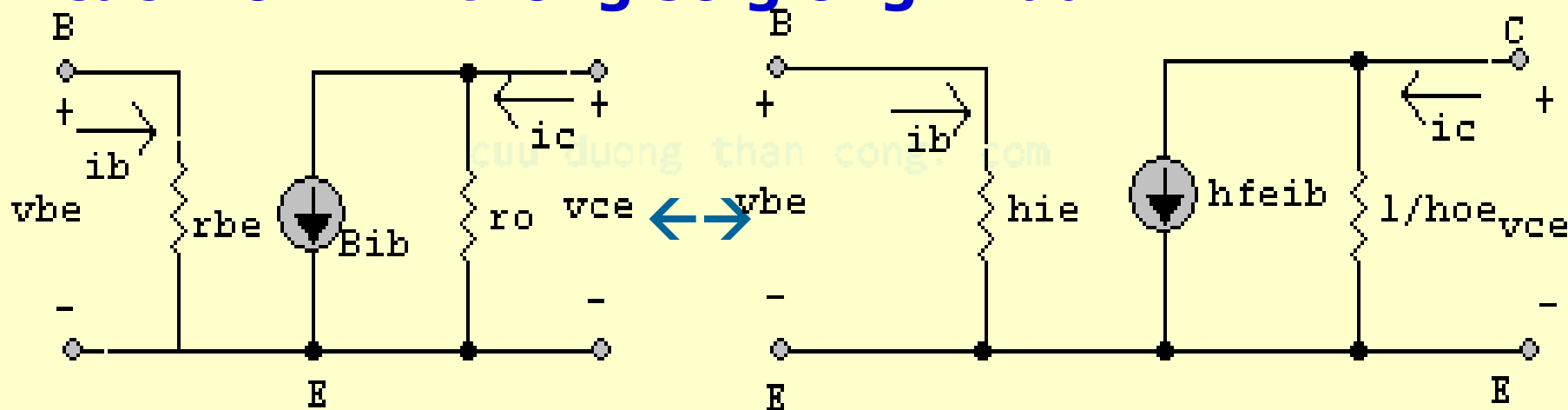
- và được biểu diễn bởi mạch sau:



- Thông số hỗn tạp h có thể tính được từ các đặc tuyến
- Thông số hỗn tạp h thay đổi theo nhiệt độ.
- Thông số hỗn tạp h được cho bởi nhà sản xuất, có trị chính xác trong phân giải mạch và cho các biểu thức dễ nhớ.
- Có thể suy ra các thông số từ thông số hỗn tạp h .

- Thay mô hình thông số transistor vào mạch tương đương, áp dụng các định luật mạch điện để phân giải mạch ở chế độ động (ac).

a. Trong trường hợp gần đúng (cho $h_{re} = 0$) thì các mô hình thông số giống nhau :



Ta có :

$$r_{be} = r_{\pi} = h_{ie} ; \quad \beta = h_{fe} ; \quad r_o = r_c = 1 / h_{oe}$$

Nếu có thêm điều kiện h_{oe} rất nhỏ, ta có phép gần đúng thứ 2.

IV. Phân giải mạch khuếch đại với thông số h

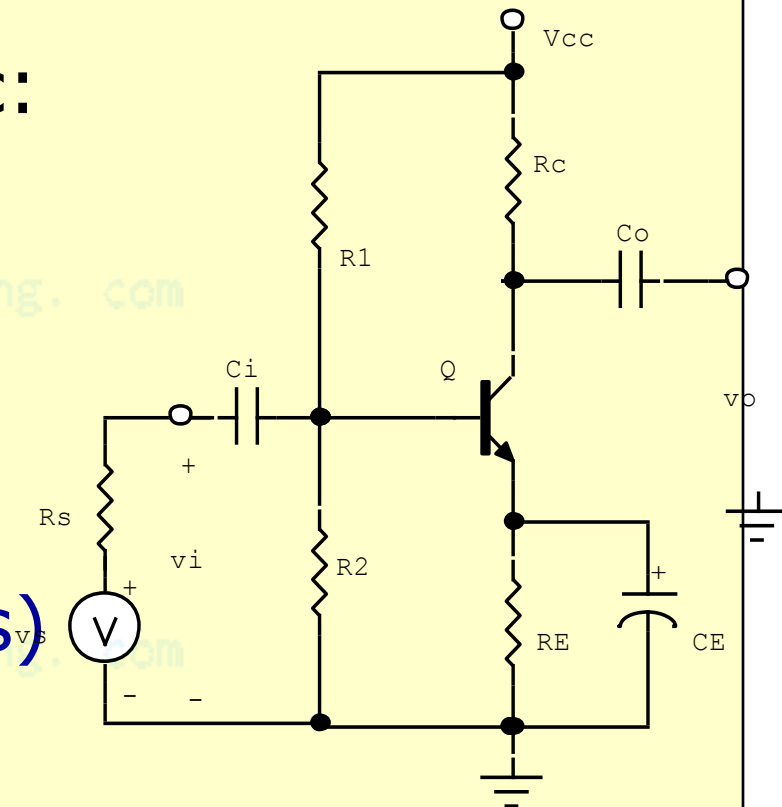
- Xét mạch khuếch đại ráp cực phát chung (CE):

- Vai trò các linh kiện khác:

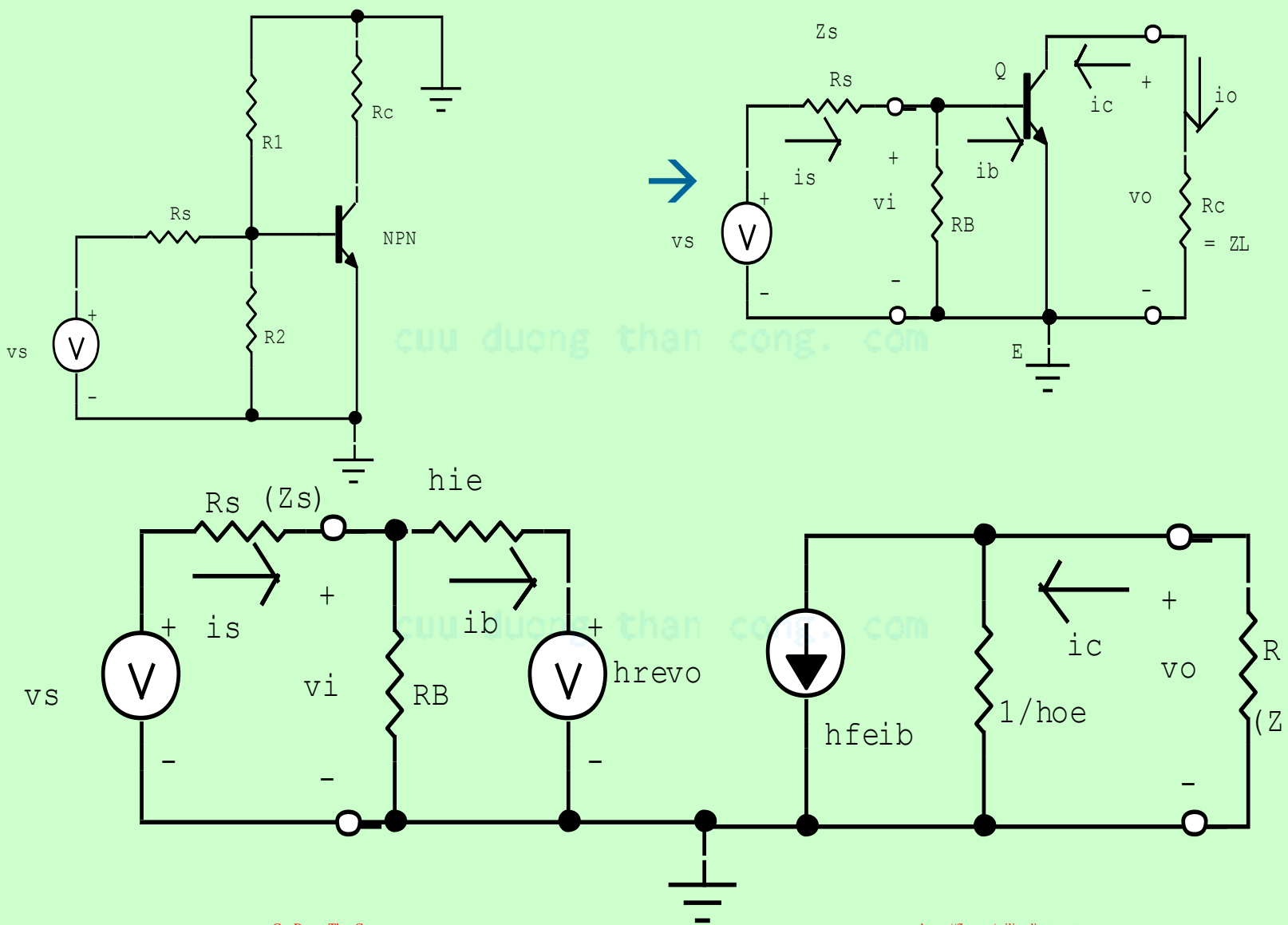
Tụ C_i , C_o là tụ liên lạc
(ngăn dòng dc cho
dòng ac qua)

Tụ hoá C_E có trị số lớn
là tụ phân dòng (bypass)
nối tắt ở chế độ ac.

$$X_c = 1 / (\omega C) =$$
$$= \frac{1}{2 \pi f C} \approx 0 \Omega$$



• Mạch điện tương đương ở chế độ động (ac)



- **Giải mạch :**

$$V_i = V_{be} = h_{ie} I_b + h_{re} V_o \quad (1)$$

$$I_o = I_c = h_{fe} I_b + h_{oe} V_o \quad (2)$$

- **Từ (1):**

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_{be}}{I_b} = h_{ie} + h_{re} \frac{V_o}{I_b} \quad (3)$$

$$V_o = V_{ce} = -Z_L I_o \Rightarrow I_o = -Y_L V_o \quad (4)$$

$$-V_o Y_L = h_{fe} I_i + h_{oe} V_o \quad (5)$$

- **Thay (4) vào (2):**

$$\frac{V_o}{I_o} = - \frac{h_{fe}}{h_{oe} + Y_L} \quad (6)$$

- **Thay (5) vào (3):**

$$Z_i = h_{ie} - \frac{h_{fe} h_{re}}{h_{oe} + Y_L} = h_{ie} - \frac{h_{fe} h_{re} Z_L}{1 + h_{oe} Z_L} \quad (7 \text{ \& } 8)$$

- **Độ lợi dòng điện:**
Thay (4) vào (2):

$$I_o = h_{fe} I_i - h_{oe} (Z_L I_o) \Rightarrow I_o (1 + h_{oe} Z_L) = h_{fe} I_i \quad (9) \Rightarrow$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{h_{fe}}{1 + h_{oe} Z_L} = \frac{h_{fe} Y_L}{h_{oe} + Y_L} \quad (10 \text{ \& } 11)$$

- **Độ lợi điện thế:**
Thay (9) vào (1):

$$V_i = h_{ie} \left(\frac{1 + h_{oe} Z_L}{h_{fe}} \right) I_o + h_{re} V_o \quad (12)$$

- Thay (4) vào (12):**

$$V_i = h_{ie} \left(\frac{1 + h_{oe} Z_L}{h_{fe}} \right) \left(- \frac{V_o}{Z_L} \right) + h_{re} V_o \Rightarrow$$

$$V_o \left(h_{re} - \frac{h_{ie} (1 + h_{oe} Z_L)}{h_{fe} Z_L} \right) = V_i \quad (13) \Rightarrow$$

Hay:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{h_{fe} Z_L}{h_{re} h_{fe} Z_L - (h_{ie} + h_{oe} Z_L)} = \frac{-h_{fe} Z_L}{h_{ie} + (h_{ie} h_{oe} - h_{re} h_{fe})} \Rightarrow$$

$$A_V = \frac{-h_{fe} Z_L}{h_{ie} + \Delta h Z_L} \quad (14)$$

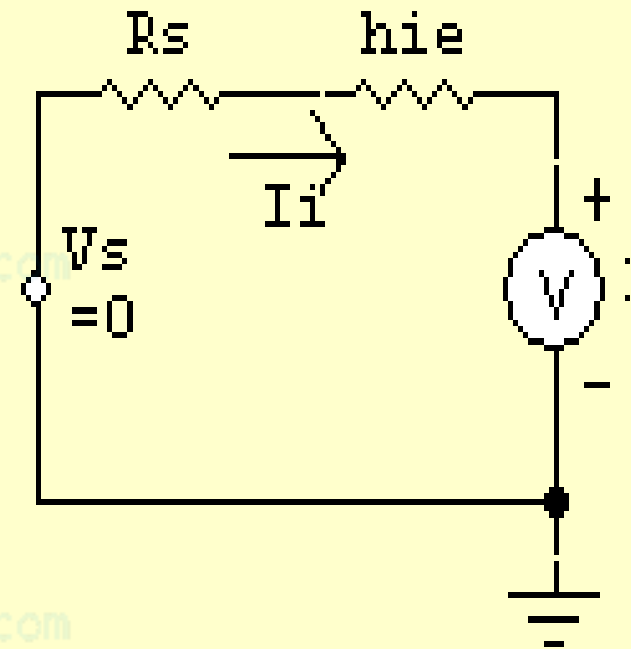
• **Tổng trở ra:** $Z_o = \left. \frac{V_o}{I_o} \right|_{V_s=0, Z_L \rightarrow \infty}$

Theo mạch ta có:

$V_s = 0 \rightarrow$

$$V_s = (R_s + h_{ie}) I_i + h_{re} V_o = 0 \Rightarrow$$

$$I_i = \frac{-h_{re} V_o}{(R_s + h_{ie})} \quad (19)$$



Thay (19) vào (2):

$$I_o = \frac{-h_{fe} h_{re} V_o}{R_s + h_{ie}} + h_o V_o \Rightarrow I_o = \left(h_o - \frac{h_{fe} h_{re}}{R_s + h_{ie}} \right) V_o \quad (20) \Rightarrow$$

• Hay:

$$Z_o = \frac{1}{h_o - \frac{h_{fe}h_{re}}{R_s + h_{ie}}} = \frac{R_s + h_{ie}}{R_sh_o + \Delta h} \quad (21)$$

• **Chú ý:**

a. Các thông số và các công thức trên đều áp dụng chung cho các cách ráp với lưu ý về chỉ số sau:

➤ Cách ráp cực nền chung : $h_{ib}, h_{rb}, h_{fb}, h_{ob}$.

➤ Cách ráp cực thu chung : $h_{ic}, h_{rc}, h_{fc}, h_{oc}$.

b. Trong Data chỉ cho các thông số $h_{ie}, h_{re}, h_{fe}, h_{oe}$ nên ta phải chuyển đổi sang các thông số của cách ráp tương ứng (xem bảng chuyển đổi trong giáo trình)

- Các trường hợp khác :

- **1. Có tải riêng R_L :**

Vẫn áp dụng các công thức (8),
(10),(14).(21)

nhưng thay $Z_L=R_c$ bằng trị số $Z_L = R_c // \mathbf{R_L}$.

- 2. Khi kể đến điện trở R_B thì các công thức trở thành:**

$$\mathbf{Z_{iB} = R_B // Z_i}$$

- 3. Nếu điện thế nguồn V_s có R_s thì:**

$$\mathbf{Z_{is} = R_s + Z_{iB}}$$

$$\mathbf{A_{vs} = (Z_{iB} / Z_s + Z_{iB}) A_v}$$

$$\mathbf{A_{is} = (I_o / I_s) = (I_o / I_i)(I_i / I_s) = A_i [Z_s / (Z_s + Z_i)]}$$

- 4. Khi Z_o quá lớn thì tính**

$$\mathbf{Z_o = R_c // Z_o}$$

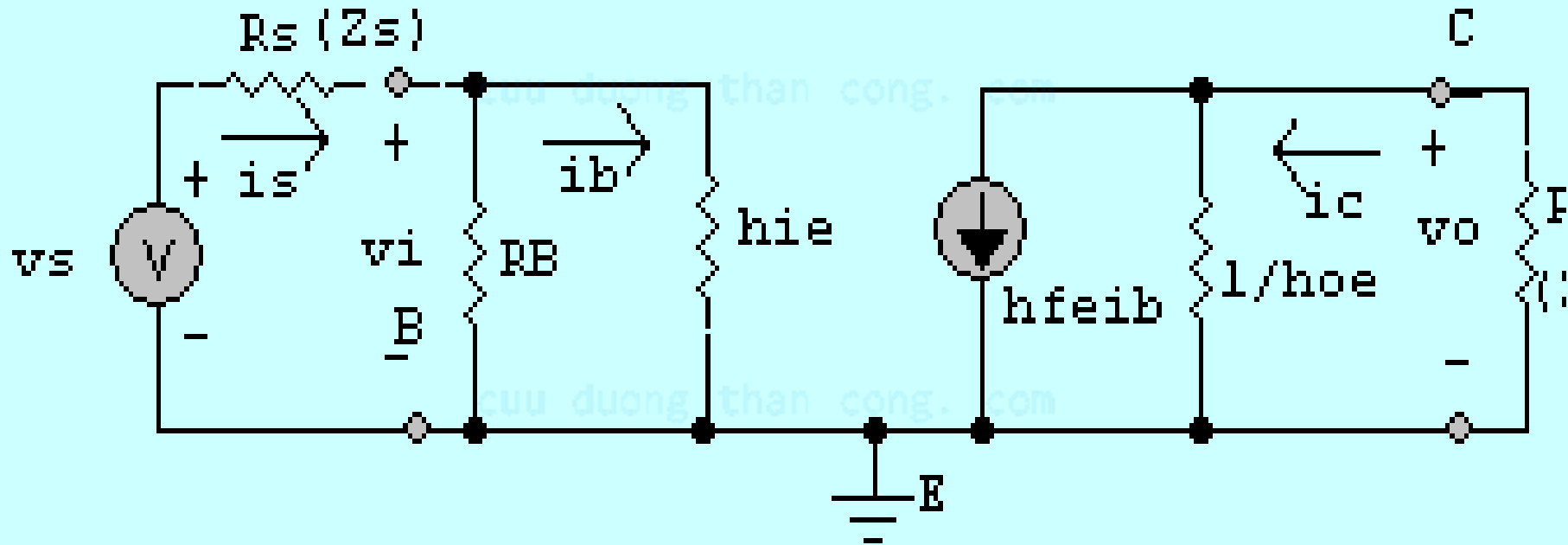
Cách tính gần đúng thứ nhất: Khi $h_{re} = 0$

$$(8) \rightarrow Z_i = h_{ie} \text{ hoặc } Z_i' = R_B // Z_i$$

$$(10) \rightarrow A_i = h_{fe} / (1 + h_{oe} Z_L)$$

$$(14) \rightarrow A_v = -h_{fe} Z_L / [h_{ie} (1 + h_{oe} Z_L)]$$

$$(21) \rightarrow Z_o = 1 / h_{oe} \text{ và } Z_o' = R_C // Z_o = R_C // (1 / h_{oe})$$



Ta có thể tính trực tiếp các công thức trên từ mạch tương đương gần đúng trên:

Từ mạch điện gần đúng ta tính được:

- Tổng trở vào:

$$V_i = Z_i I_i \rightarrow Z_i = V_i / I_i = h_{ie} \text{ và } Z_i' = R_B // h_{ie}$$

Độ lợi dòng :

$$\begin{aligned} I_o &= \{ (1 / h_{oe}) / [(1/h_{oe}) + Z_L] \} h_{fe} I_b = \\ &= h_{fe} I_b / [1 + h_{oe} Z_L] = h_{fe} I_i / [1 + h_{oe} Z_L] \end{aligned}$$

$$A_i = I_o / I_i = h_{fe} / [1 + h_{oe} Z_L]$$

Độ lợi thế:

$$V_o = -I_o Z_L = -Z_L h_{fe} I_i / [1 + h_{oe} Z_L] \rightarrow$$

$$A_v = V_o / V_i = -h_{fe} Z_L / \{ h_{ie} [1 + h_{oe} Z_L] \}$$

Tổng trở ra :

$$V_s = 0 \text{ và } Z_L \rightarrow \infty \rightarrow V_o = -I_o (1 / h_{oe}) \rightarrow$$

$$Z_o = 1 / h_{oe} \text{ và } Z_o' = [R_c // (1 / h_{oe})]$$

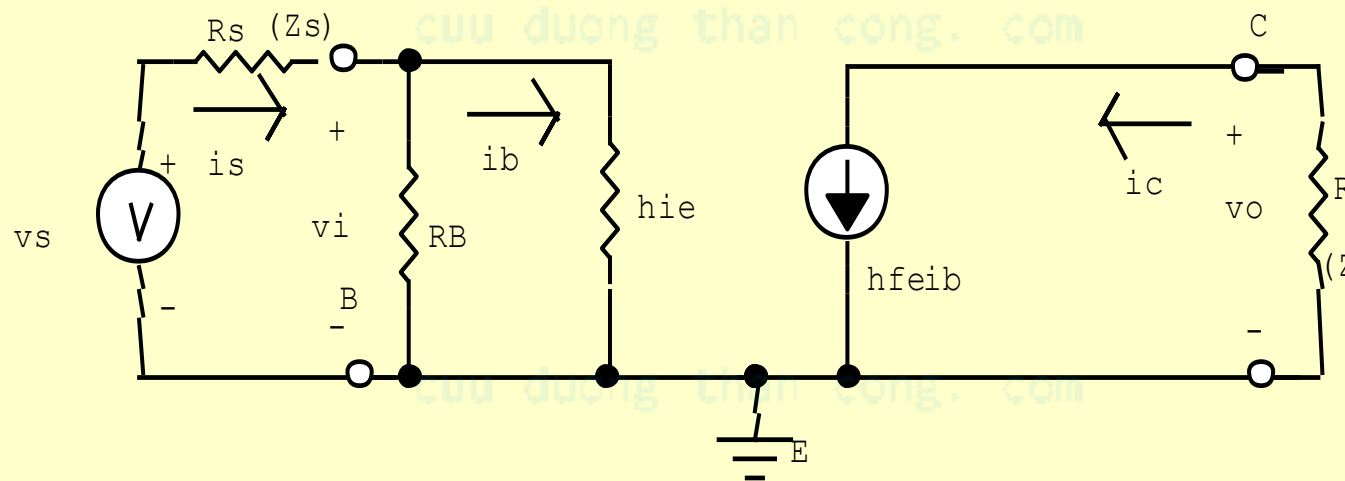
b. Cách tính gần đúng khi: $h_{re}=0$ và $h_{oe}Z_L < 1$

$$(8) \rightarrow Z_i = h_{ie} \text{ hoặc } Z_i' = R_B // h_{ie}$$

$$(10) \rightarrow A_i = h_{fe} \text{ hoặc } A_{iB} = h_{fe} R_B / (R_B + h_{ie})$$

$$(14) \rightarrow A_v = - h_{fe} Z_L / h_{ie} \text{ hoặc } A_v = - h_{fe} R_C / h_{ie}$$

$$(21) \rightarrow Z_o \rightarrow \infty \text{ (vô cực) } \rightarrow Z_o' = R_C$$



Ta có thể tính trực quan từ mạch điện tương đương gần đúng này.

2. Mạch khuếch đại phân cực hồi tiếp R_B :

- Tụ C_B nối tắt nên ta có mạch tương đương:

$$Z_i = R_{B1} // h_{ie}$$

$$A_v = V_o / V_i =$$
$$= -h_{fe} Z_L / h_{ie}$$

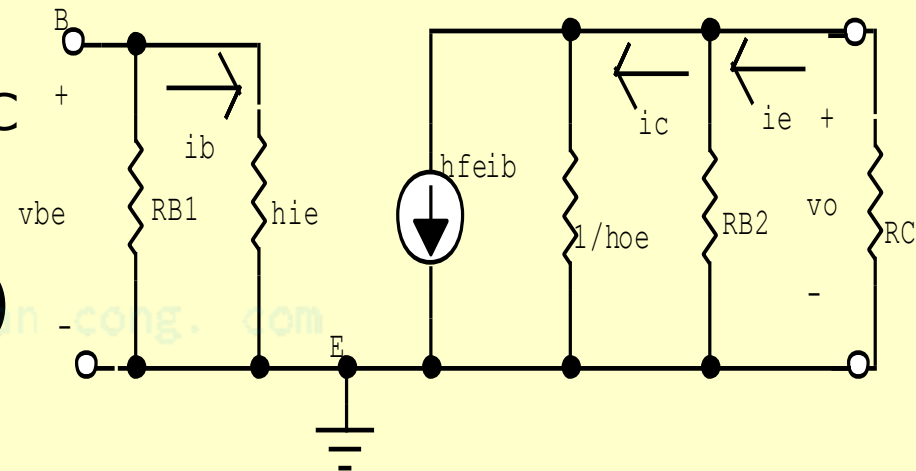
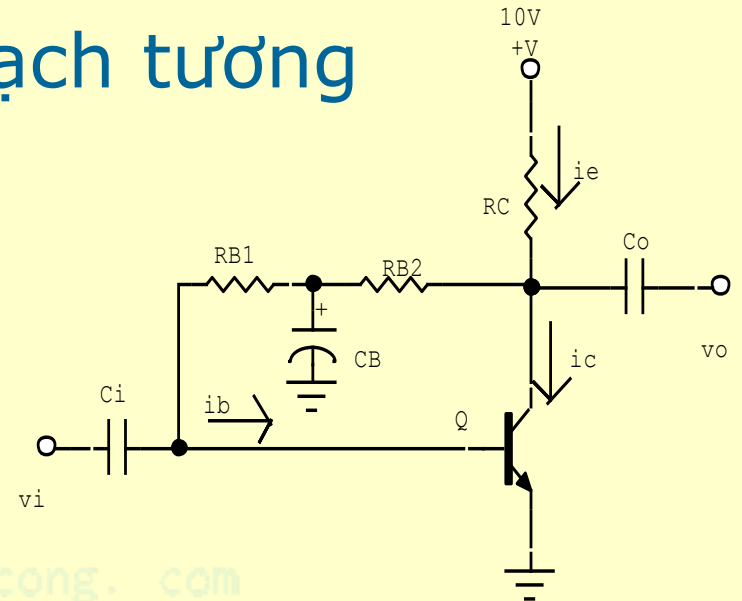
Với:

$$Z_L = (1/h_{oe}) // R_{B2} // R_C$$

$$A_i = I_o / I_i = h_{fe}$$

(do $1/h_{oe}$; R_B rất lớn)

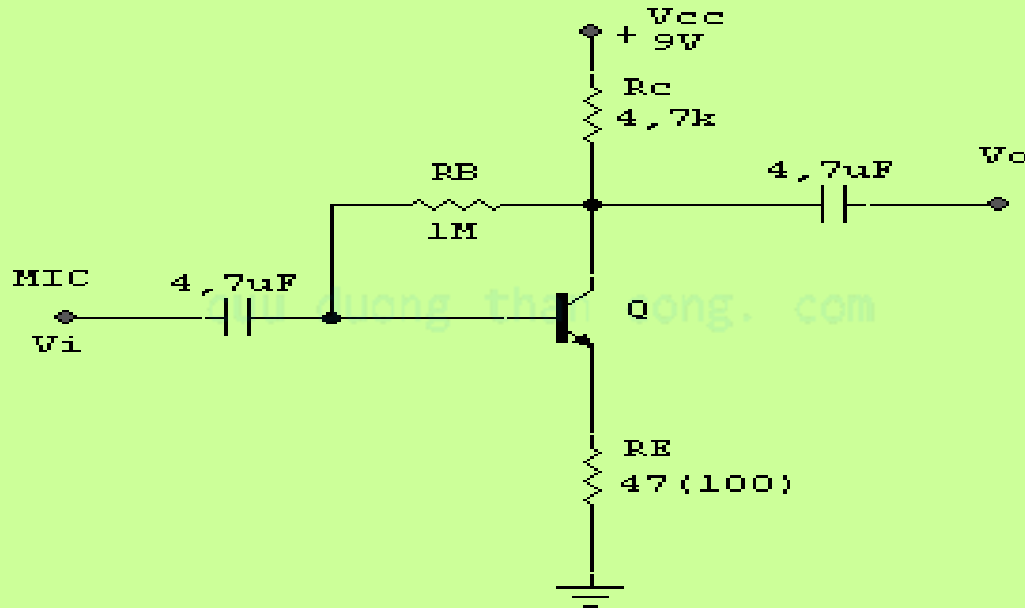
$$Z_o = (1/h_{oe}) // R_C$$



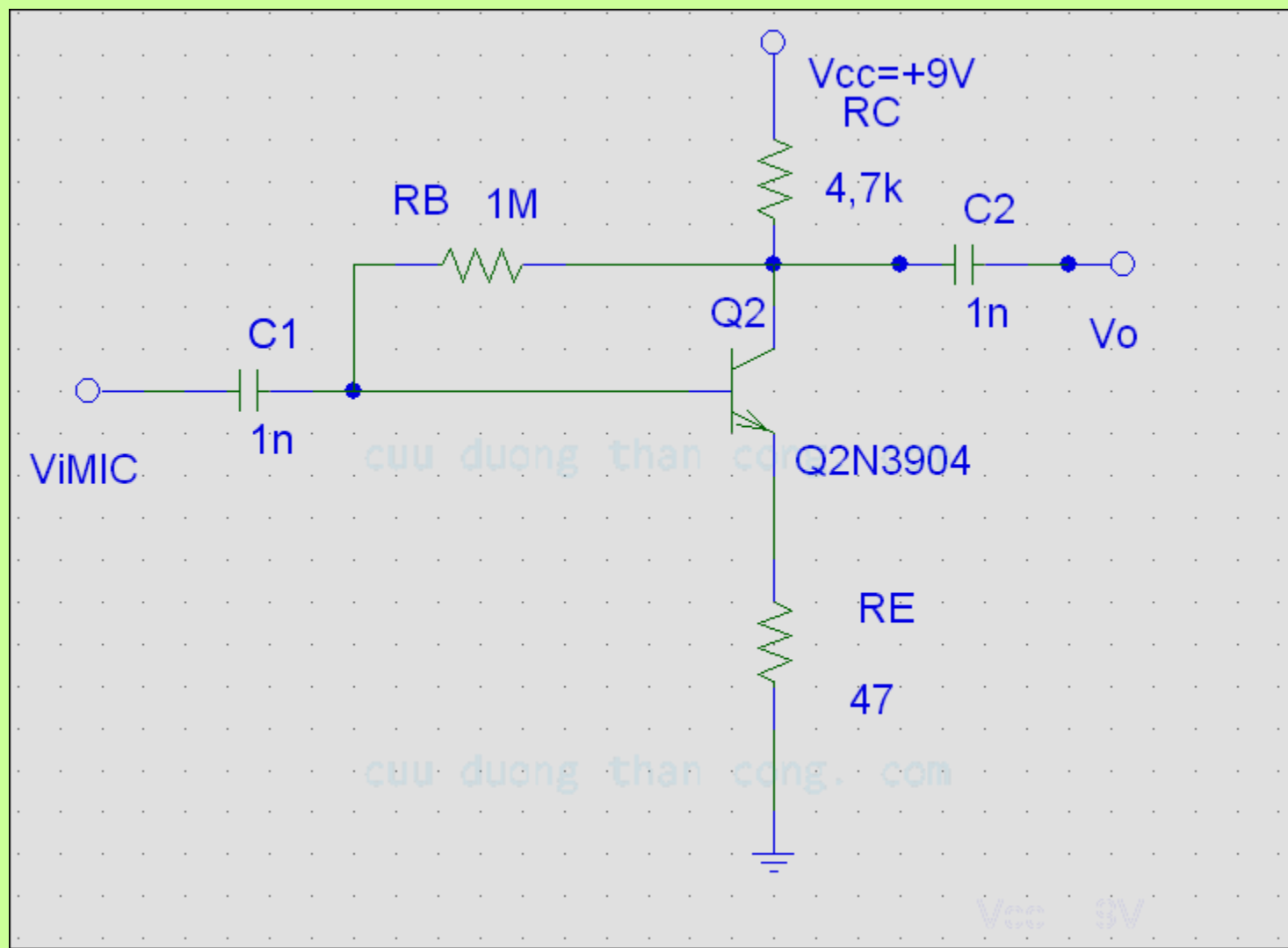
- Cách giải đầy đủ xem ở giáo trình

Ứng dụng

- Mạch tiền khuếch đại Micro



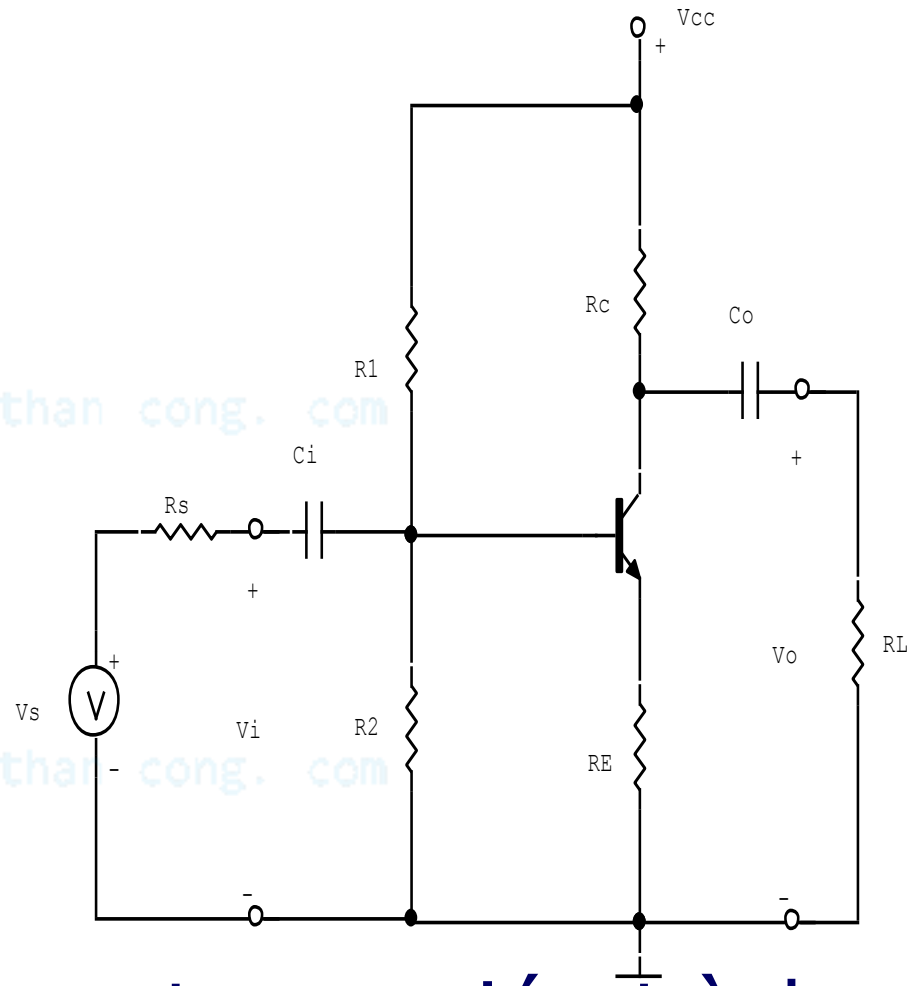
- $A_v = 50 - 150$; $BW = 30 \text{ Hz} - 250 \text{ Hz}$
- $R_i = 3k - 8 \text{ kohm}$; $R_o = 4 \text{ kohm}$



Mạch khuếch đại cực phát chung không có tụ phân dòng C_E .

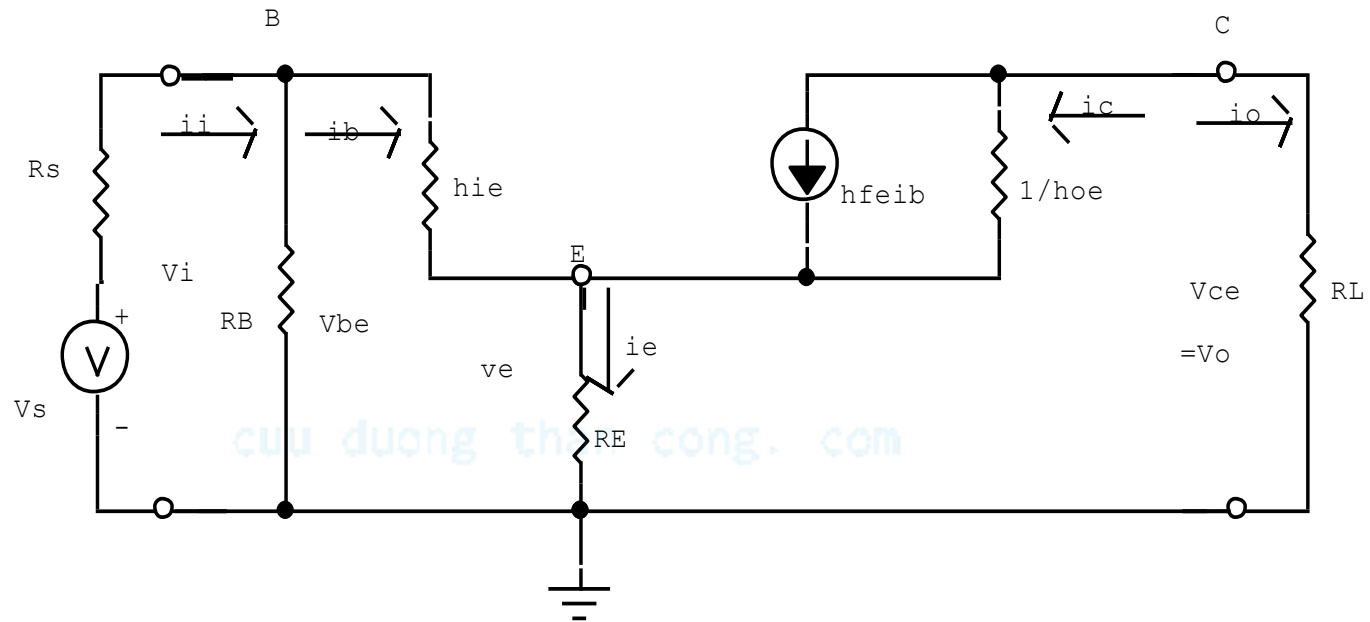
Mạch điện

Vì không có tụ
Phân dòng C_E
Nên mạch tương
đương có dạng:



Cách giải đầy đủ xem trong giáo trình

Mạch tương đương ($h_{re}=0$ và $h_{oe}R_L<1$)



- Ta có:

$$V_i = V_{be} + V_e$$

$$V_e = R_E I_e$$

- Giải được:

$$\mathbf{V_i = h_{ie}I_b + I_e R_E = [h_{ie} + (h_{ie} + 1)R_E]I_b}$$

$$\mathbf{Z_i = V_i / I_i = h_{ie} + (h_{ie} + 1)R_E}$$

$$\mathbf{Z_i' = R_B // Z_i}$$

$$\mathbf{A_V = V_o / V_i = \frac{-h_{fe}Z_L}{h_{ie} + (h_{fe} + 1)R_E}}$$

$$\mathbf{A_I = I_o / I_i = h_{fe}}$$

$$\mathbf{Z_o = [(1/h_{oe}) + R_E]}$$

$$\mathbf{Z_o' = Z_o // R_c = R_c}$$

3. Phân giải mạch ráp CC bằng thông số h_{xe}

- **Mạch tương đương:**

Ta có kết quả tương tự như ở mạch ráp CE nhưng không có tụ C_E và điện trở $R_C = 0$.

- **Tổng trở vào:**

$Z_i = h_{ie} + (h_{fe} + 1) R_E$ rất lớn

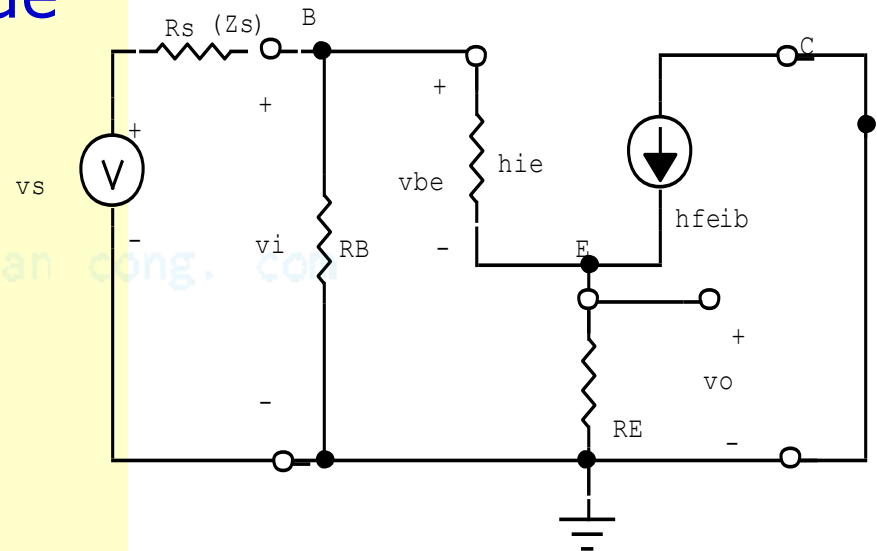
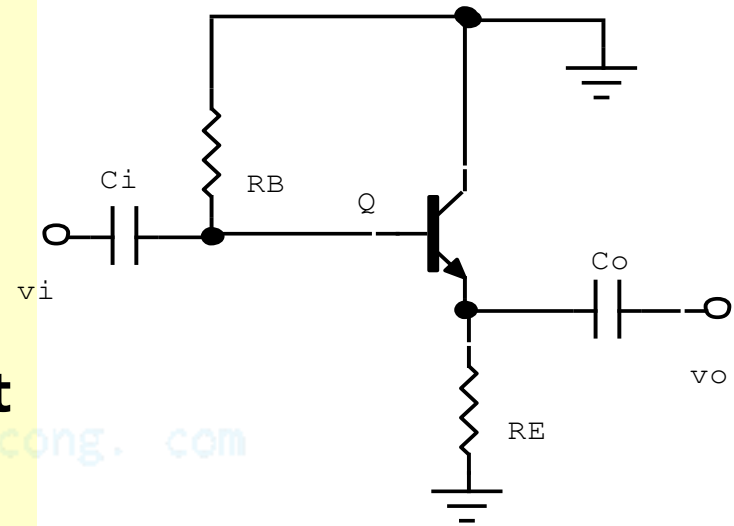
(thường chọn R_B rất lớn để không làm giảm Z_i).

- **Độ lợi thế:**

$$\begin{aligned} A_v &= V_o / V_i = \\ &= (h_{fe} + 1) R_E / [h_{ie} + (h_{fe} + 1) R_E] \\ &= 1 \end{aligned}$$

- **Độ lợi dòng:**

$$A_i = I_o / I_i = h_{fe} + 1$$



- Tổng trở ra:**

$$Z_o = V_o / I_o \quad V_s = 0 \text{ và } R_E \rightarrow \infty$$

$$V = [h_{ie} + (R_s // R_B)] I_b$$

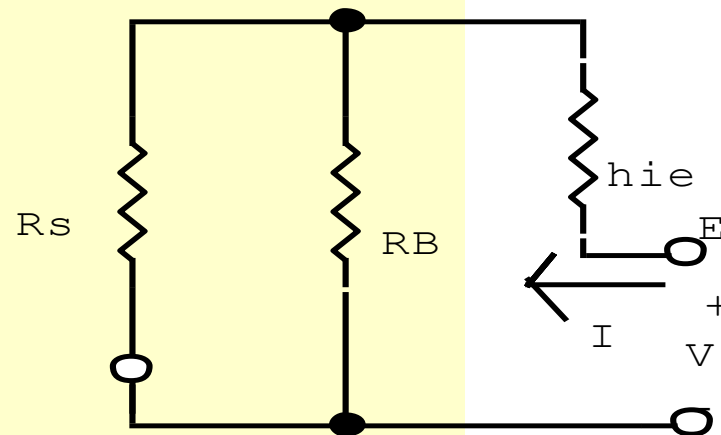
$$I = (h_{fe} + 1) I_b$$

$$Z_o = V / I =$$

$$\frac{[(R_s // R_B) + h_{ie}]}{(h_{fe} + 1)}$$

$$= (R_s + h_{ie}) / (h_{fe} + 1) \quad (\text{nếu } R_B \text{ lớn})$$

có trị rất nhỏ.



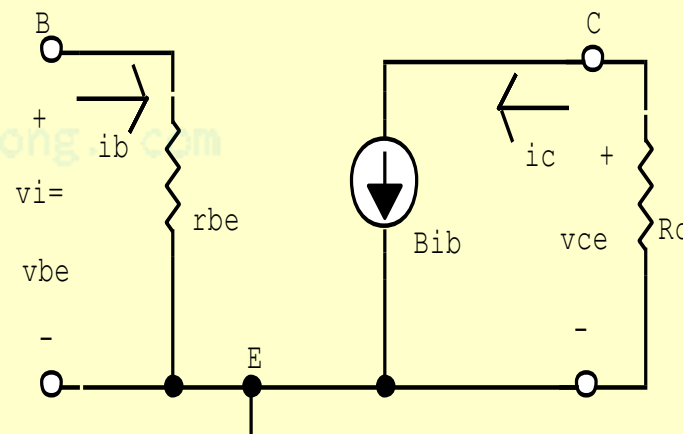
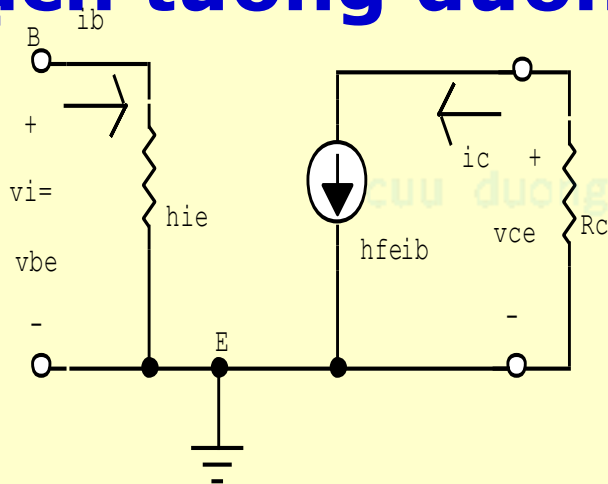
Nhận xét :

Mạch ráp CC hay EF có :

- * Tổng trở vào rất lớn (vài trăm kOhm)
- * Độ lợi thế gần bằng 1.
- * Độ lợi dòng lớn
- * Tổng trở ra rất nhỏ (vài chục Ohm)

V. Sự tương đương giữa các thông số

- Mạch khuếch đại chu phát chung :**
Trong điều kiện gần đúng ta có các mạch tương đương giống nhau:



$$r_e = V_T / I_{EQ} = V_T / I_{CQ}$$

$$r_e = h_{ie} / h_{fe}$$

$$\beta = h_{fe}$$

$$r_{be} = h_{ie}$$

Mạch khuếch đại

- Đại lượng đặc trưng mạch khuếch đại

cuu duong than cong. com

Zi	= hie	= rbe
AV	= -hfeRC / hie	= - RC / re
Ai	= hfe	=
Zo	= RC	= RC

cuu duong than cong. com

- Mạch khuếch đại cực phát chung không có tụ C_E :

$$Z_i = r_{\pi} + (\beta + 1) R_E$$

$$A_i = \beta$$

$$A_v = - \frac{R_C}{r_e + R_E} = - \frac{R_C}{R_E}$$

$$Z_o = R_C$$

- Mạch khuếch đại ráp theo cực thu chung (CC,EF)

$$Z_i = r_{be} + (\beta + 1) R_E$$

$$A_i = \beta + 1$$

$$A_v = \frac{(\beta + 1) R_E}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \leq 1$$

$$Z_o = \frac{R_S + r_{be}}{\beta + 1}$$

V. Thiết tính mạch khuếch đại Transistor

Cách 1

Chọn trước:

- Dạng mạch cần ráp (phân cực VDB)
- V_{cc}
- Trị số Q: $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$, $V_{CQ} = V_{cc}/2$
- $S_I = 11$
- A_v

• Tính trị số linh kiện

1. Tính R_C

$$A_v = -h_{fe} R_C / h_{ie} \rightarrow R_C = A_v h_{ie} / h_{fe} \quad (1)$$

2. Tính R_E

$$R_E + R_C = (V_{CC} - V_{CEQ}) / I_{CQ} \rightarrow R_E \quad (2)$$

3. Tính R_B

$$S_I = 1 + R_B / R_E = 11 \rightarrow R_B = 10 R_E \quad (3)$$

4. Tính V_{BB} , R_1 , R_2

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

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

Cách 2

1.Chọn trước:

- Mạch phân cực Cầu chia thế
- V_{CC}
- I_{CQ}
- β_{min}
- $\underline{h_{FEmin}} =$
- $V_E = 0,1 V_{CC}$
- $V_{CE} = 0,5 V_{CC}$
- $V_{RC} = 0,4 V_{CC}$
- $R_B = h_{FE} R_E / 10$

2. Tính trị số linh kiện

Áp dụng qui tắc 10

$$1. R_E = V_E / I_{EQ} = V_E / I_{CQ}$$

$$2. R_C = 4 R_E$$

$$3. R_B = h_{FEmin} R_E / 10$$

$$4. V_{BB} = V_{BE} + V_E + R_B I_C / h_{FEmin}$$

$$5. R_1 = R_B V_{CC} / V_{BB}$$

$$6. R_2 = R_B / [1 - (V_{BB} / V_{CC})]$$