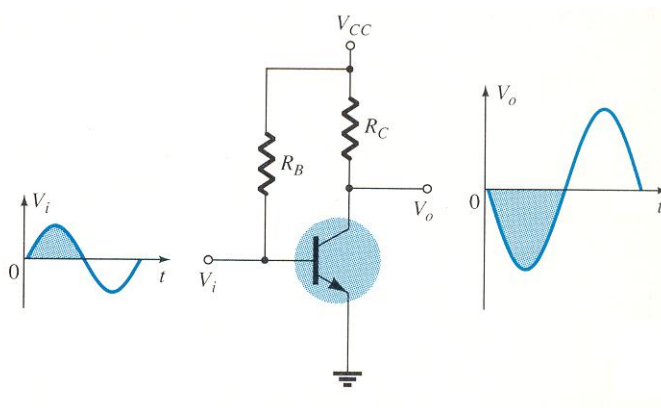


## Bài 8: KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ

### 8.1 Khái niệm

Mạch khuếch đại có tính chất là khi ta đưa vào một tín hiệu nhỏ, ở ngõ ra sẽ xuất hiện một tín hiệu có biên độ lớn hơn nhiều lần. Mạch khuếch đại được sử dụng trong hầu hết các thiết bị điện tử, như mạch khuếch đại âm tần trong Amply, khuếch đại tín hiệu video, v.v ...



Hình 8.1: Mạch khuếch đại điện áp

Có ba loại mạch khuếch đại chính là :

- *Khuếch đại về điện áp*: Là mạch khi ta đưa một tín hiệu có biên độ nhỏ vào, đầu ra ta sẽ thu được một tín hiệu có biên độ lớn hơn nhiều lần.
- *Mạch khuếch đại về dòng điện*: Là mạch khi ta đưa một tín hiệu có cường độ yếu vào, đầu ra ta sẽ thu được một tín hiệu cho cường độ dòng điện mạnh hơn nhiều lần.
- *Mạch khuếch đại công suất*: Là mạch khi ta đưa một tín hiệu có công suất yếu vào, đầu ra ta thu được tín hiệu có công suất mạnh hơn nhiều lần. Thực ra mạch khuếch đại công suất là kết hợp cả hai mạch khuếch đại điện áp và khuếch đại dòng điện làm một.

Transistor được sử dụng trong mạch khuếch đại gồm: FET và BJT. Trong đó FET có ưu điểm về kích thước và điện áp cung cấp thấp, dẫn đến công suất tiêu thụ thấp hơn BJT và độ tin cậy cao hơn BJT. Tuy nhiên FET lại có nhược điểm là điện dẫn  $g$  nhỏ và

nhạy cảm với điện tích tĩnh, do đó FET thường được tích hợp trong mạch IC, còn BJT thường dùng cho các mạch rời. Trong phạm vi bài học này tập trung vào việc ứng dụng BJT trong mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ.

### 8.1.1 Phân cực transistor BJT

Ta biết BJT có thể hoạt động trong 3 vùng:

- *Vùng tác động*: (vùng khuếch đại hay tuyến tính)

- Nối phát – nền (E – B) phân cực thuận
- Nối thu – nền (C – B) phân cực nghịch

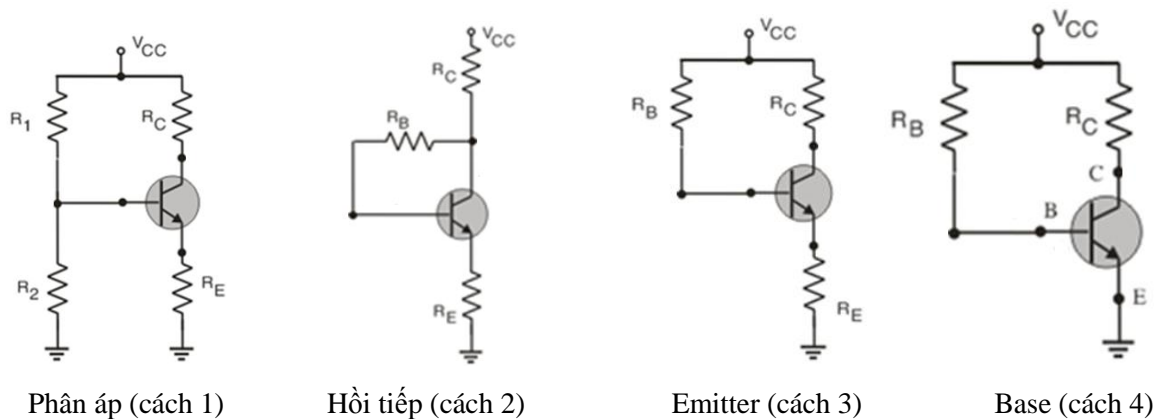
- *Vùng bão hòa*:

- Nối phát – nền (E – B) phân cực thuận
- Nối thu – nền (C – B) phân cực thuận

- *Vùng ngưng*: Nối phát – nền (E – B) phân cực nghịch

Tùy theo nhiệm vụ mà hoạt động của transistor phải được đặt trong vùng nào. Như vậy, phân cực transistor là đưa các điện áp một chiều vào các cực của transistor như thế nào để transistor hoạt động trong vùng mong muốn. Dĩ nhiên người ta còn phải thực hiện một số biện pháp khác để ổn định hoạt động transistor nhất là khi nhiệt độ của transistor thay đổi. Trong trường hợp chúng ta đang khảo sát mạch khuếch đại dùng transistor BJT do đó cần phải phân cực cho transistor hoạt động trong vùng tác động (vùng khuếch đại).

Có 4 cách phân cực cơ bản của transistor như sau:



Hình 8.2: Bốn cách phân cực cơ bản của transistor

Trong đó

- Cách 3 là trường hợp đặc biệt của cách 1 khi  $R_2 = \infty$
- Cách 4 là trường hợp đặc biệt của cách 1 khi  $R_2 = \infty, R_E = 0$

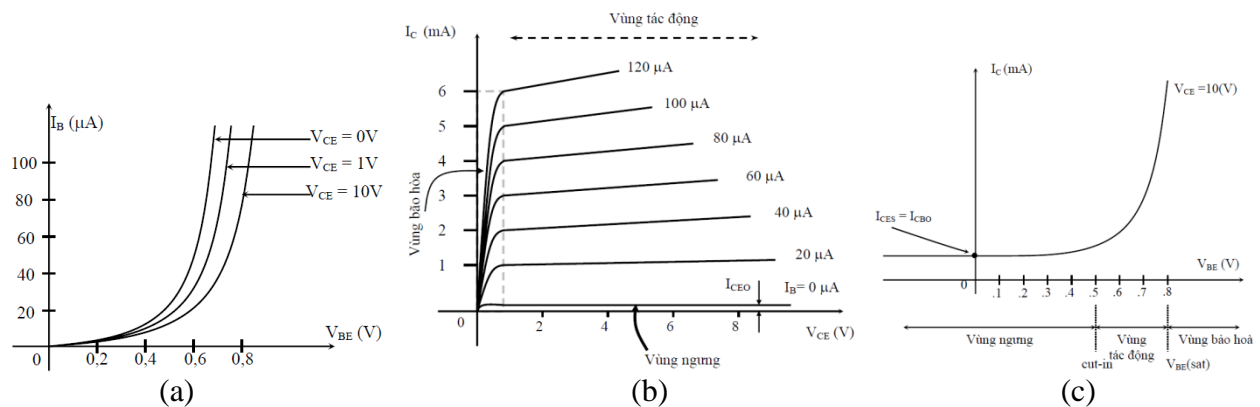
Vậy ta có 2 cách phân cực tổng quát là:

- Cách 1: phân cực bằng cầu phân áp
- Cách 2: phân cực bằng hồi tiếp điện áp

Với mỗi cách phân cực ta có 3 cách đưa tín hiệu vào/ra:

- Mạch cực phát chung (E chung): tín hiệu vào ở cực B và ra ở cực C
- Mạch cực thu chung (C chung): tín hiệu vào ở cực B và ra ở cực E
- Mạch cực nền chung (B chung): tín hiệu vào ở cực E và ra ở cực C

Xem xét các đặc tuyến của transistor BJT mắc theo kiểu cực phát chung được trình bày như trong hình sau.



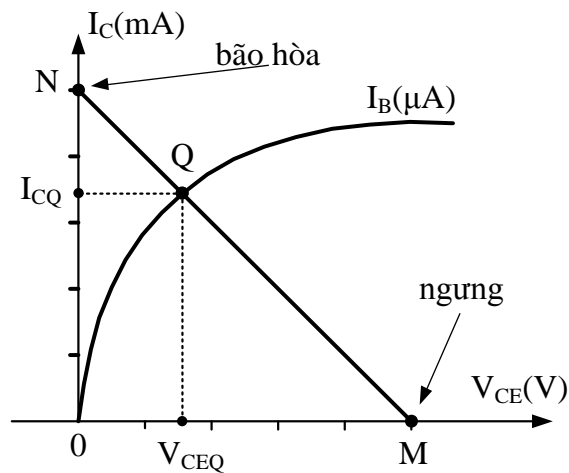
Hình 8.3: Các đặc tuyến của transistor BJT

(a) đặc tuyến ngõ vào (b) đặc tuyến ngõ ra (c) đặc tuyến truyền đạt

Từ đặc tuyến ngõ ra ta thấy các vùng hoạt động của transistor: vùng bão hòa, vùng tác động và vùng ngưng. Từ đặc tuyến ngõ vào và đặc tuyến ngõ ra, có thể suy ra đặc tuyến truyền đạt của transistor BJT. Đặc tuyến truyền đạt biểu diễn sự thay đổi của dòng điện ngõ ra  $I_C$  theo điện áp ngõ vào  $V_{BE}$  với điện áp ngõ ra làm thông số. Đối với transistor Silicon thì vùng hoạt động có  $V_{BE}$  nằm trong khoảng 0,5 – 0,8V. Trong vùng tác động, đặc tuyến truyền đạt có dạng hàm mũ. Khi dòng  $I_B$  tăng thì  $V_{BE}$  tăng,  $V_{BE}$  tăng một lượng nhỏ thì  $I_C$  tăng được một lượng lớn, đây chính là đặc tính khuếch đại của transistor.

### Đường thẳng lấy điện (Load line):

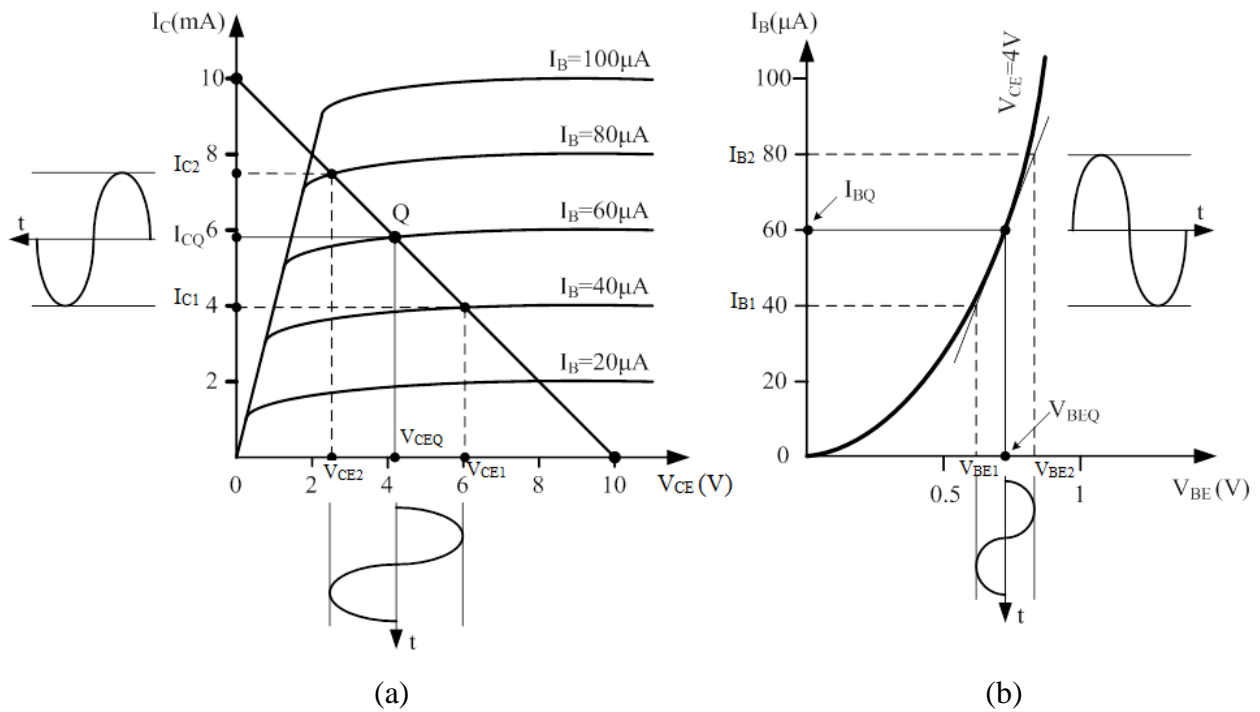
- Phương trình đường thẳng lấy điện:  $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$
- Đường lấy điện được vẽ trên đặc tuyến ra qua 2 điểm xác định sau:
  - Điểm ngưng,  $I_C = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{CC}$  (Điểm M)
  - Điểm bão hòa:  $V_{CE} = 0 \rightarrow I_C = V_{CC} / R_C$  (Điểm N)
  - Nối 2 điểm M và N lại ta có được đường lấy điện
  - Giao điểm đường lấy điện và đường phân cực  $I_B$  chọn trước cho ta trị số điểm tĩnh Q.



Hình 8.4: Đường thẳng lấy điện

### Vai trò của đường thẳng lấy điện:

- Phân giải mạch Transistor.
- Xác định điểm tĩnh điều hành Q.
- Cho biết trạng thái hoạt động của transistor (tác động, bão hoà, ngưng dẫn).
- Mạch khuếch đại có tuyến tính hay không.
- Thiết kế mạch khuếch đại theo ý định (chọn trước điểm tĩnh Q, tính các trị số linh kiện)
- Độ lợi dòng điện thay đổi theo vị trí điểm tĩnh điều hành Q.
- Điểm tĩnh điều hành Q thay đổi vị trí theo điện thế phân cực transistor và còn thay đổi theo tín hiệu xoay chiều (AC) tác động vào mạch.



Hình 8.5: Phân giải bằng đồ thị  
(a) đặc tuyến ra (b) đặc tuyến vào

- **Độ lợi dòng DC (một chiều):**

$$\beta_{DC} = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}}$$

- **Độ lợi dòng AC (xoay chiều):**

$$A_i = \beta_{AC} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_Q = \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{B2} - I_{B1}}$$

- **Độ lợi áp**

$$A_v = \left. \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{BE}} \right|_Q = \frac{V_{CE2} - V_{CE1}}{V_{BE2} - V_{BE1}}$$

### 8.1.2 Mạch tương đương xoay chiều của transistor BJT

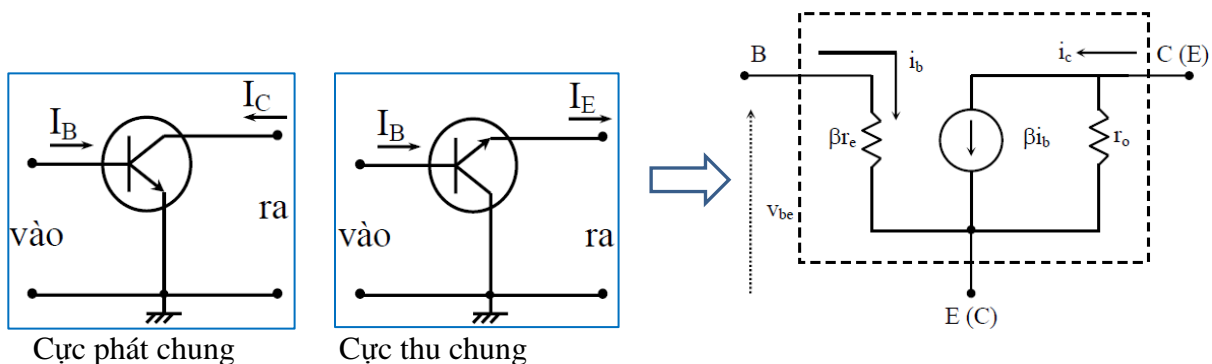
Transistor BJT là linh kiện phi tuyến, nhưng khi xét với tín hiệu trong phạm vi biến thiên nhỏ thì mức độ phi tuyến ảnh hưởng không lớn, nên có thể xem như mạch tuyến tính. Trong chế độ tín hiệu nhỏ do tính tuyến tính nên transistor được vẽ thành các mạch tương đương xoay chiều gồm R, nguồn dòng, để có thể tính toán và phân tích theo các nguyên lý của lý thuyết mạch điện. Các mô hình tương đương như:

- Mô hình thông số  $r_e$  (tần số thấp)
- Mô hình thông số hỗn tạp  $h$  (tần số thấp)
- Mô hình thông số hỗn tạp  $\pi$  (tần số cao)
- Mô hình thông số  $y$  (tần số cao)

Trong bài này, chúng ta khảo sát chủ yếu transistor BJT NPN và phân tích tín hiệu nhỏ theo mô hình thông số  $r_e$  (các kết quả và phương pháp phân tích vẫn đúng với BJT PNP, chỉ cần chú ý đến chiều dòng điện và cực tính của nguồn điện áp một chiều).

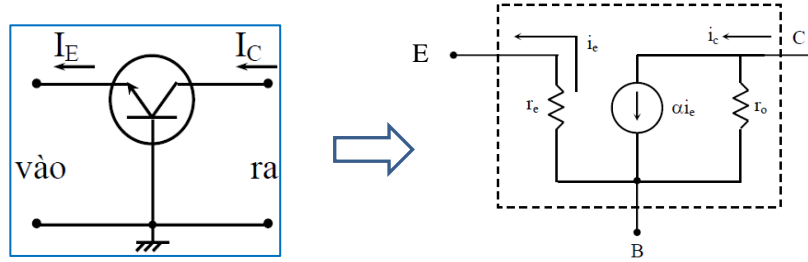
BJT là linh kiện điều khiển dòng ra bằng dòng vào nên mô hình tương đương xoay chiều của nó luôn có nguồn dòng được điều khiển bởi một dòng điện khác. Với mô hình tương đương xoay chiều của BJT, các tổng trở vào và tổng trở ra ta có mạch tương đương kiểu  $r_e$ . Trong kiểu tương đương này thường dùng chung một mạch cho kiểu ráp cực phát chung và cực thu chung và một mạch riêng cho ráp cực nền chung.

- Mạch cực phát chung (E chung) hoặc thu chung (C chung):



Nguồn dòng:  $i_c = \beta i_b$ ,  $\beta$  là độ lợi dòng điện xoay chiều trong cách mắc cực phát/thu chung (được nhà sản xuất cung cấp).

- Mạch cực nền chung (B chung):



Nguồn dòng:  $i_c = \alpha i_e$ ,  $\alpha$  là độ lợi dòng điện xoay chiều trong cách mắc cực nền chung (được nhà sản xuất cung cấp).

**Ghi chú:** thường thì có thể bỏ  $r_o$  trong mạch tương đương khi điện trở  $R_C$  quá lớn.

Trong mô hình trên ta có điện trở động ở nhiệt độ phòng ( $25^\circ\text{C}$ ):  $r_e = \frac{26(\text{mV})}{I_{CQ}} (\Omega)$ ,

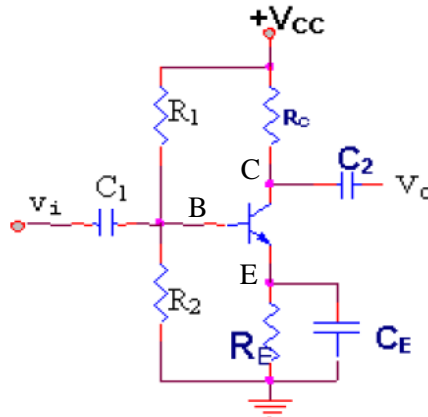
$r_e$  phụ thuộc vào điểm làm việc tĩnh (một chiều)  $Q$  ( $I_{BQ}$ ,  $I_{CQ}$ ,  $V_{CEQ}$ ). Điểm làm việc tĩnh ảnh hưởng đến  $r_e$  nên ảnh hưởng đến khả năng khuếch đại tín hiệu xoay chiều.

Việc tính toán và phân tích mạch khuếch đại dùng transistor bao gồm các phần sau:

- Tính toán chế độ một chiều (hay phân cực transistor - đã trình bày trong các bài trước)
- Tính toán các tham số ở chế độ xoay chiều (chế độ động).

## 8.2 Tính khuếch đại của transistor BJT

Xem mạch điện hình 8.6

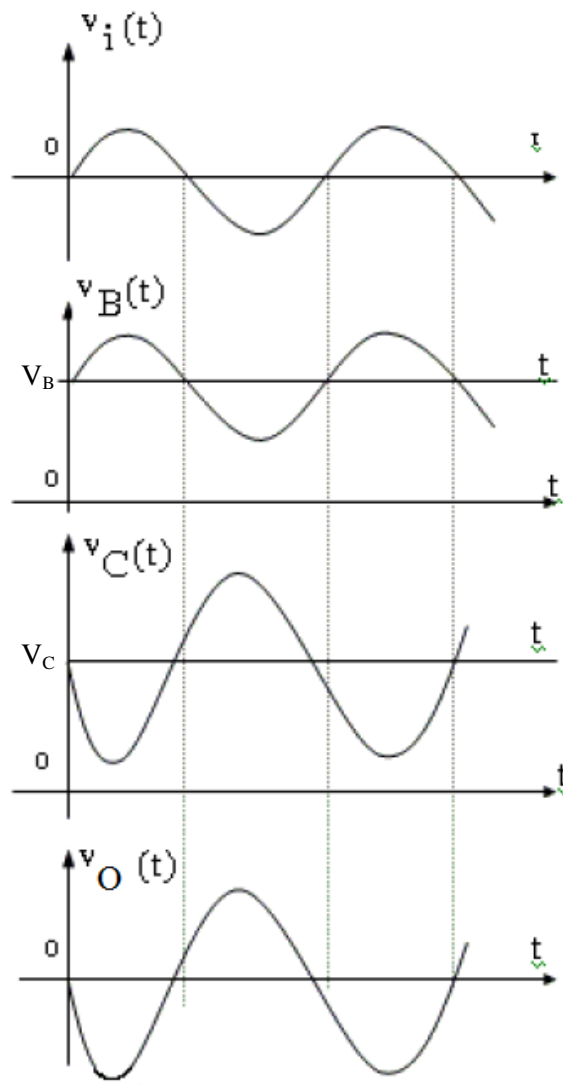


Hình 8.6: Mạch khuếch đại cực phát chung

Giả sử ta đưa một tín hiệu xoay chiều có dạng hình sin, biên độ nhỏ vào chân B của transistor BJT như trong hình trên. Điện áp ở chân B ngoài thành phần phân cực một chiều  $V_B$  còn có thành phần xoay chiều của tín hiệu  $v_i(t)$  chồng lên.

$$v_B(t) = V_B + v_i(t)$$

Các tụ  $C1$  và  $C2$  ở ngõ vào và ngõ ra được chọn như thế nào để có thể xem như nối tắt (dung kháng rất nhỏ) ở tần số của tín hiệu. Như vậy tác dụng của các tụ liên lạc  $C1$  và  $C2$  là cho thành phần xoay chiều của tín hiệu đi qua và ngăn thành phần phân cực một chiều.



Hình 8.7: Giản đồ tín hiệu theo thời gian



- Khi  $v_B(t) > V_B$ , tức bán kỳ dương của tín hiệu,  $V_{BE}$  tăng tức dòng  $I_B$  tăng và do  $I_C = \beta I_B$  nên dòng cực thu  $I_C$  cũng tăng. Ngoài ra ta có  $i_C(t) = I_C + i_c(t)$ , do đó điện áp tại cực thu:  $v_C(t) = V_{CC} - R_C i_C(t)$  giảm hơn trị số tĩnh  $V_C$ .
- Khi  $v_B(t) < V_B$ , tức bán kỳ âm của tín hiệu, dòng  $I_B$  giảm đưa đến dòng  $I_C$  cũng giảm và lúc này  $v_C(t)$  tăng hơn trị số tĩnh  $V_C$ .

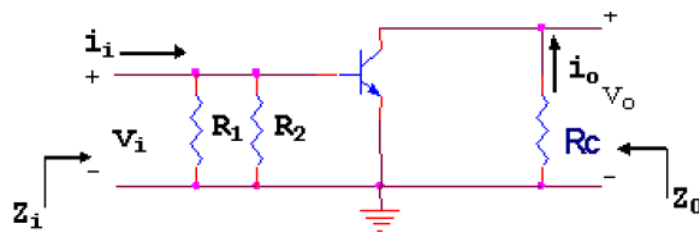
Như vậy ở mạch trên ta thấy  $v_C(t)$  biến thiên ngược chiều với  $v_B(t)$ , tức  $v_o(t)$

ngược pha với  $v_i(t)$ . Định nghĩa tỉ số:  $A_v = \frac{v_o(t)}{v_i(t)}$  là độ khuếch đại (hay độ lợi)

điện áp của mạch.

### Các chỉ tiêu của mạch khuếch đại:

Xem xét mạch tương đương xoay chiều của mạch hình 8.6. Về mạch xoay chiều thì các tụ liên lạc  $C_1$ ,  $C_2$  và tụ phân dòng  $C_E$  xem như nối tắt. Tụ  $C_E$  được mắc song song với điện trở  $R_E$  thì trong mạch tương đương cũng không còn sự hiện của  $R_E$ . Ta vẽ mạch tương đương xoay chiều của mạch hình 8.6 như sau:



Hình 8.8: Mạch tương đương xoay chiều của mạch khuếch đại cực phát chung

Từ sơ đồ khối của mạch tương đương xoay chiều, ta có:

#### - Độ lợi điện áp:

Một trong những đặc tính quan trọng nhất của mạch khuếch đại là độ lợi điện áp, chính là tỷ số điện áp ngõ ra và ngõ vào:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} \quad (8.1)$$

#### - Độ lợi dòng điện:

Độ lợi dòng điện được xác định bởi phương trình:

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} \quad (8.2)$$

**- Tổng trở vào  $Z_i$ :**

Tổng trở vào  $Z_i$  được xác định bởi định luật Ohm có phương trình:

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i} \quad (8.3)$$

**- Tổng trở ra  $Z_o$ :**

Tổng trở ra thường được xác định tại các đầu ngõ ra nhưng hoàn toàn khác với tổng trở. Sự khác nhau đó là: tổng trở ra được xác định tại các đầu ngõ ra nhìn vào hệ thống khi không có tín hiệu ở ngõ vào.

$$Z_o = \frac{v_o}{i_o} \quad (8.4)$$

**- Độ lợi công suất:**

$$A_p = \frac{P_o}{P_i} = \frac{v_o i_o}{v_i i_i} = A_v A_i \quad (8.5)$$

**- Mối quan hệ về pha:**

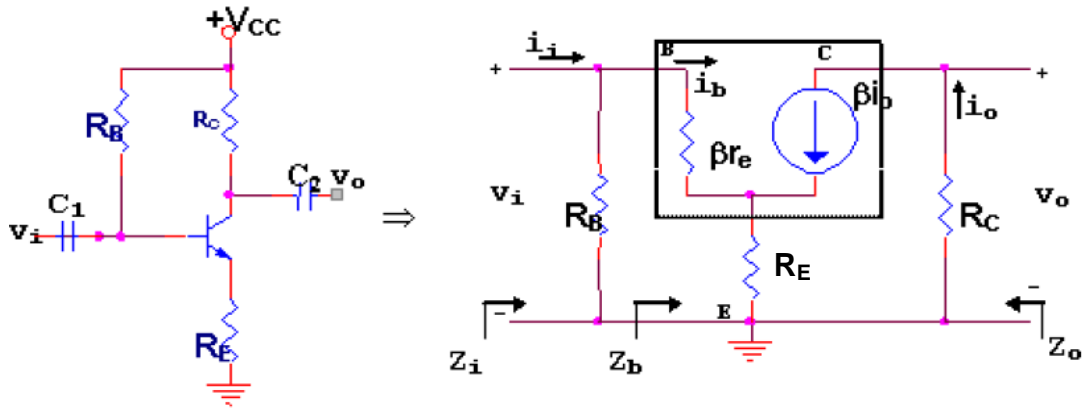
Mối quan hệ về pha của tín hiệu vào và tín hiệu ra dạng sin rất quan trọng. Đối với các mạch khuếch đại transistor ở dải tần trung bình cho phép bỏ qua ảnh hưởng của các phần tử dung kháng, tín hiệu vào và tín hiệu ra có thể cùng pha hoặc ngược pha nhau  $180^\circ$  tùy theo đặc tính của mạch.

### 8.3 Mạch khuếch đại cực phát chung

Tín hiệu đưa vào cực nền B, lấy ra ở cực thu C. Cực phát E dùng chung cho ngõ vào và ngõ ra.

#### 8.3.1 Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực cố định và ổn định cực phát

Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực cố định và ổn định cực phát và mạch tương đương xoay chiều được trình bày trong hình 8.9.



Hình 8.9: Mạch khuếch đại cực phát chung

Trong đó trị số  $\beta$  do nhà sản xuất cung cấp (khoảng từ 20 – 500).

Trị số  $r_e$  được tính từ mạch phân cực:

$$r_e = \frac{26\text{mV}}{I_{CQ}}$$

$I_{CQ}$  được xác định bởi công thức sau:

$$I_{CQ} \approx \frac{\beta(V_{CC} - V_{BE})}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

Ghi chú:  $V_{BE} = 0,7\text{V}$  với transistor BJT là Silicon.

$V_{BE} = 0,3\text{V}$  với transistor BJT là Germanium.

Các tụ  $C_1$  và  $C_2$  ở ngõ vào và ngõ ra có thể xem như nối tắt (dung kháng rất nhỏ).

Từ mạch tương đương ta tìm được các thông số của mạch như sau:

a) Độ lợi điện áp:

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

Ta có:

$$v_o = -\beta i_b R_C$$

$$v_i = \beta r_e i_b + R_E i_e = \beta r_e i_b + (1 + \beta) R_E i_b \quad , \text{ vì ta có: } i_e = (1 + \beta) i_b$$

Suy ra:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{\beta R_C}{\beta r_e + (1 + \beta)R_E} \quad (8.6)$$

Do  $\beta \gg 1$  nên:

$$A_v \approx -\frac{R_C}{r_e + R_E} \quad (8.7)$$

$$\text{Nếu } R_E \gg r_e \text{ suy ra: } A_v \approx -\frac{R_C}{R_E} \quad (8.8)$$

Dấu “-” cho thấy  $v_o$  và  $v_i$  ngược pha nhau.

b) Tổng trở vào:

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i}$$

Ta đặt:

$$Z_b = \frac{v_i}{i_b} = \frac{\beta r_e i_b + (1 + \beta)R_E i_b}{i_b} \approx \beta(r_e + R_E) \approx \beta R_E \quad (8.9)$$

Ta có:

$$Z_i = R_B // Z_b \quad (8.10)$$

c) Độ lợi dòng điện

$$A_i = \frac{i_o}{i_i}$$

Trong đó

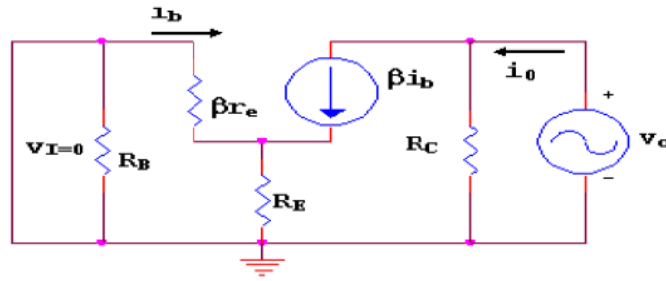
$$i_o = -\frac{v_o}{R_C}; i_i = \frac{v_i}{Z_i} \Rightarrow A_i = -\frac{v_o}{v_i} \frac{Z_i}{R_C} \quad (8.11)$$

$$\text{Hay } A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_C} \quad (8.12)$$

d) Tổng trở ra:

$$Z_o = \frac{v_o}{i_o} \quad (8.13)$$

Để tính tổng trở ra của mạch, đầu tiên ra nối tắt ngõ vào ( $v_i = 0$ ), áp một nguồn giả tưởng có trị số  $v_o$  vào phía ngõ ra như hình sau, sau đó lập tỉ số  $z_o$

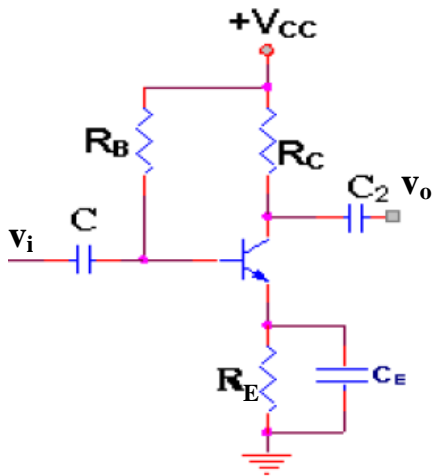


Hình 8.10: Mạch tính tổng trở ra

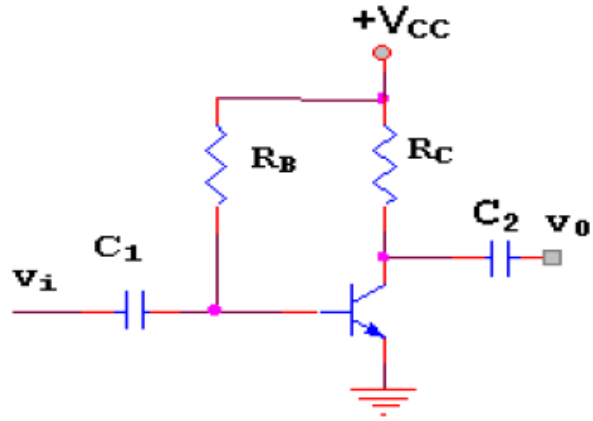
Khi  $v_i = 0 \Rightarrow i_b = 0 \Rightarrow \beta i_b = 0$  (tương đương mạch hở) nên

$$Z_o = \frac{v_o}{i_o} = R_C \quad (8.14)$$

**Ghi chú:** Trong mạch cơ bản hình 8.9 nếu ta mắc thêm tụ phân dòng  $C_E$ , như hình 8.10(a) hoặc nối thẳng chân E xuống mass, như hình 8.10(b) thì trong mạch tương đương xoay chiều sẽ không còn sự hiện diện của điện trở  $R_E$  (hình 8.11)



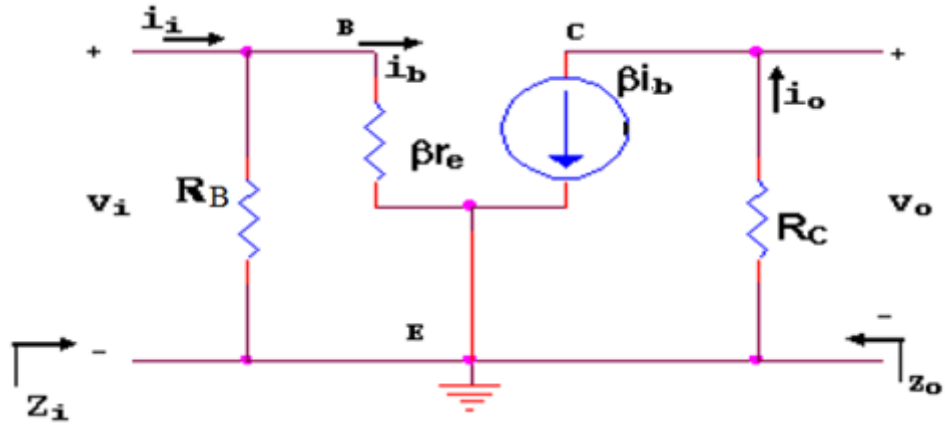
(a)



(b)

Hình 8.10: Mạch khuếch đại cực phát chung phân cực cố định  
(a) mắc thêm tụ phân dòng  $C_E$  (b) nối thẳng chân E xuống mass

Mạch tương đương xoay chiều được trình bày như sau:



Hình 8.11: Mạch tương đương xoay chiều của hình 8.10

Phân giải mạch ta sẽ tìm được các thông số của mạch như sau:

a) Độ lợi điện áp:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_C}{r_e}$$

b) Tổng trở vào:

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i} = R_B // \beta r_e$$

c) Tổng trở ra:

$$Z_o = R_C$$

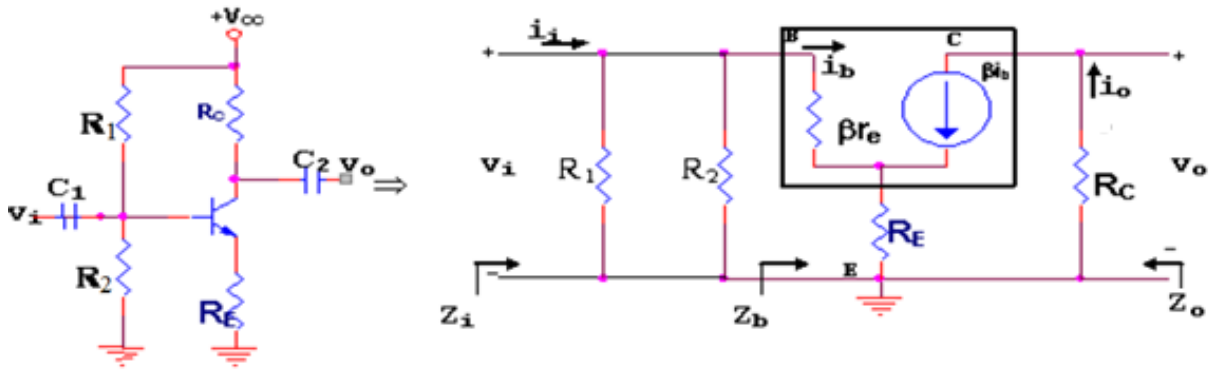
d) Độ lợi dòng điện

$$A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_C}$$

Các kết quả trên có thể suy ra từ các kết quả hình 8.9 khi cho  $R_E = 0$ .

### 8.3.2 Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực bằng cầu phân áp

Đây là dạng mạch rất thông dụng do có độ ổn định tốt. Mạch cơ bản và mạch tương đương xoay chiều của nó được trình bày trong hình sau:



Hình 8.12: Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực bằng cầu phân áp

Trong đó trị số  $\beta$  do nhà sản xuất cung cấp (khoảng từ 20 – 500).

Trị số  $r_e$  được tính từ mạch phân cực:

$$r_e = \frac{26\text{mV}}{I_{CQ}}$$

Với  $I_{CQ}$  được xác định bởi công thức sau:

$$I_{CQ} \approx \frac{V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE}}{R_E}$$

Ghi chú:  $V_{BE} \approx 0,7\text{V}$  với transistor BJT là Silicon.

$V_{BE} \approx 0,3\text{V}$  với transistor BJT là Germanium.

Các tụ  $C_1$  và  $C_2$  ở ngõ vào và ngõ ra có thể xem như nối tắt (dung kháng rất nhỏ).

So sánh mạch ở hình 8.9 và hình 8.12 thì ta thấy hoàn toàn giống nhau nếu thay  $R_B$  bằng  $R_1 // R_2$  nên ta có thể suy ra các kết quả phân giải mạch như sau:

a) Độ lợi điện áp:

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

b) Tổng trở vào:

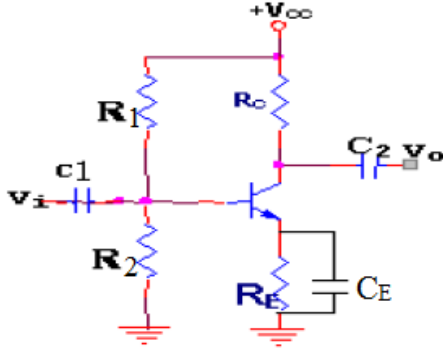
$$Z_i = R_1 // R_2 // Z_b \text{ với } Z_b = \beta(r_e + R_E) \approx \beta R_E$$

c) Tổng trở ra:

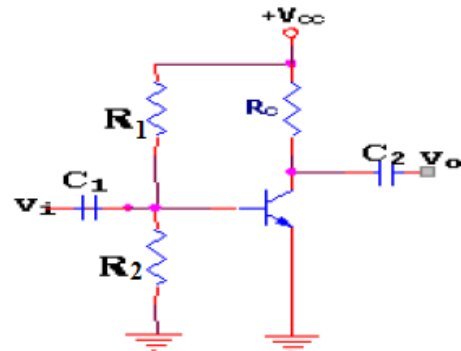
$$Z_o = R_C$$

d) Độ lợi dòng điện:  $A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_C}$

**Ghi chú:** Tương tự như trên thì trong mạch cơ bản hình 8.12 nếu ta mắc thêm tụ phân dòng  $C_E$ , như hình 8.13(a) hoặc nối thẳng chân E xuống mass, như hình 8.13(b) thì trong mạch tương đương xoay chiều sẽ không còn sự hiện diện của điện trở  $R_E$  ( $R_E = 0$ ).



(a)

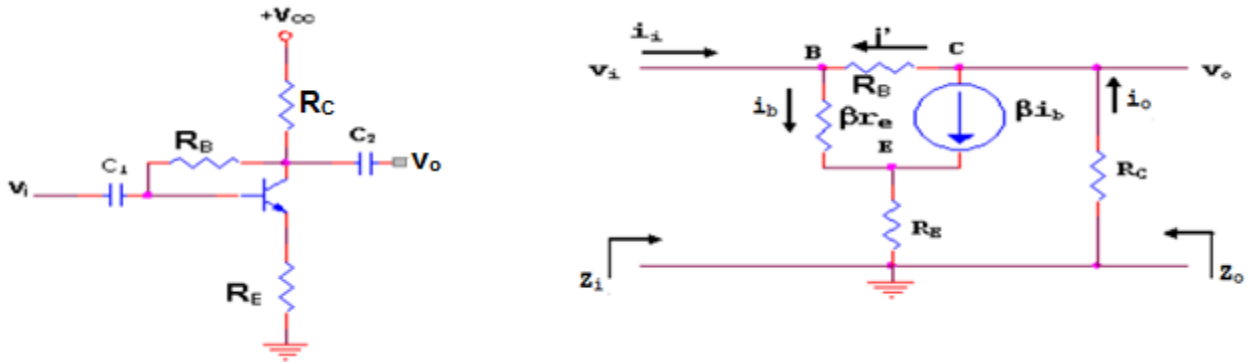


(b)

Hình 8.13: Mạch khuếch đại cực phát chung phân cực bằng cầu phân áp  
(a) mắc thêm tụ phân dòng  $C_E$  (b) nối thẳng chân E xuống mass

### 8.3.3 Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực bằng hồi tiếp điện áp

Mạch cơ bản và mạch tương đương xoay chiều của mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực bằng hồi tiếp điện áp được trình bày trong hình sau:



Hình 8.14: Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực bằng hồi tiếp điện áp

Trong đó trị số  $\beta$  do nhà sản xuất cung cấp (khoảng từ 20 – 500).

Trị số  $r_e$  được tính từ mạch phân cực:



$$r_e = \frac{26\text{mV}}{I_{CQ}}$$

$I_{CQ}$  được xác định bởi công thức sau:

$$I_{CQ} \approx \frac{\beta(V_{CC} - V_{BE})}{R_B + \beta(R_C + R_E)}$$

Ghi chú:  $V_{BE} = 0,7\text{V}$  với transistor BJT là Silicon.

$V_{BE} = 0,3\text{V}$  với transistor BJT là Germanium.

Các tụ  $C_1$  và  $C_2$  ở ngõ vào và ngõ ra có thể xem như nối tắt (dung kháng rất nhỏ).

Từ mạch tương đương ta tìm được các thông số của mạch như sau:

a) Độ lợi điện áp:

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

Ta có:  $i_o = \beta i_b + i' \approx \beta i_b$  (do  $R_B$  thường rất lớn)

Suy ra:  $v_o = -R_C i_o = -\beta R_C i_b$

Mà  $v_i = \beta r_e i_b + R_E i_e = \beta r_e i_b + (1+\beta)R_E i_b = \beta(r_e + R_E) i_b$

Suy ra:

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

b) Tổng trở vào:

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i}$$

Ta có:  $v_i = \beta(r_e + R_E) i_b$

Với:  $i_b = i_i + i' = i_i + \frac{v_o - v_i}{R_B}$

Suy ra:

$$v_i = \beta(r_e + R_E) \left( i_i + \frac{v_o - v_i}{R_B} \right) = \beta(r_e + R_E) i_i + \frac{\beta(r_e + R_E) v_o}{R_B} - \frac{\beta(r_e + R_E) v_i}{R_B}$$

Thay  $v_o = A_v v_i$  vào ta được:

$$v_i = \beta(r_e + R_E)i_i + \frac{\beta(r_e + R_E)}{R_B} A_v v_i - \frac{\beta(r_e + R_E)}{R_B} v_i$$

Suy ra:

$$\beta(r_e + R_E)i_i = v_i + \frac{\beta(r_e + R_E)}{R_B} v_i - \frac{\beta(r_e + R_E)}{R_B} A_v v_i$$

$$\Leftrightarrow \beta(r_e + R_E)i_i = v_i \left[ 1 + \frac{\beta(r_e + R_E)}{R_B} - \frac{\beta(r_e + R_E)}{R_B} A_v \right] = v_i \left[ 1 + \frac{\beta(r_e + R_E)}{R_B} (1 - A_v) \right]$$

$$\Rightarrow Z_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{\beta(r_e + R_E)}{1 + \frac{\beta(r_e + R_E)}{R_B} (1 - A_v)}$$

$$\text{Nếu } R_E \gg r_e \text{ suy ra: } Z_i \approx \frac{\beta R_E}{1 + \frac{\beta R_E}{R_B} (1 - A_v)}$$

Do  $A_v < 0$  suy ra  $1 - A_v = 1 + |A_v| \approx |A_v|$  (vì  $|A_v| \gg 1$ )

Từ đó suy ra:

$$Z_i = \frac{\beta R_E R_B}{R_B + \beta R_E |A_v|}$$

c) Độ lợi dòng điện:

$$A_i = \frac{i_o}{i_i}$$

$$\text{Ta có: } i_o = -\frac{v_o}{R_C}; i_i = \frac{v_i}{Z_i}$$

$$\text{Suy ra: } A_i = \frac{i_o}{i_i} = -\frac{v_o}{R_C} \frac{Z_i}{v_i} = -\frac{v_o}{v_i} \frac{Z_i}{R_C}$$

$$\text{Hay: } A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_C}$$

d) Tổng trở ra:

$$Z_o = \frac{v_o}{i_o}$$

Nối tắt ngõ vào ( $v_i = 0$ )  $\Rightarrow i_b = 0$  và  $\beta i_b = 0$

Suy ra  $Z_o = R_C // R_B$

**Ghi chú:** Tương tự như trên, ở mạch hình 8.14, nếu mắc thêm tụ phân dòng  $C_E$  vào cực E của BJT hoặc nối thẳng chân E xuống mass thì trong mạch tương đương xoay chiều sẽ không còn sự hiện diện của điện trở  $R_E$ , lúc này các thông số của mạch được suy ra khi cho  $R_E = 0$ , ta có được các thông số như sau:

a) Độ lợi điện áp:

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

b) Tổng trở vào:

$$Z_i = \frac{\beta r_e}{1 + \frac{\beta r_e}{R_B}(1 - A_v)} \approx \frac{\beta r_e}{1 + \frac{\beta r_e}{R_B}|A_v|}$$

c) Tổng trở ra:

$$Z_o = R_C // R_B$$

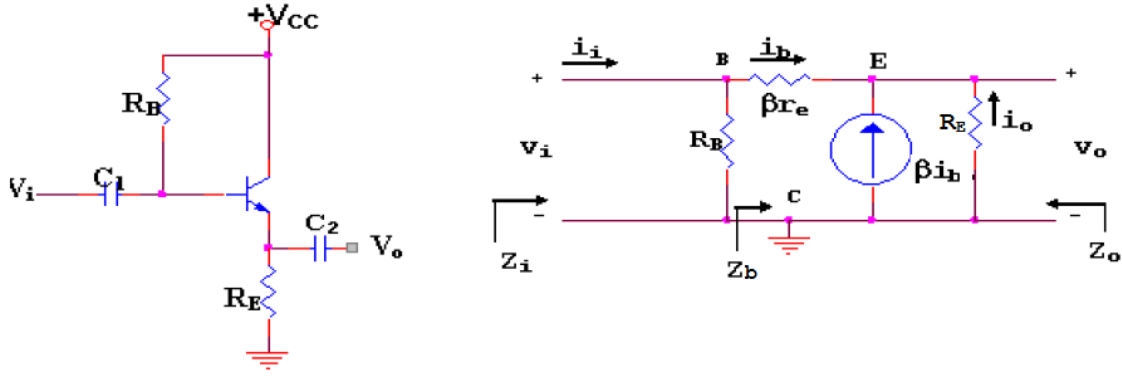
d) Độ lợi dòng điện:

$$A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_C}$$

**Nhận xét:** Mạch khuếch đại cực phát chung với các kiểu phân cực đều cho thấy độ lợi áp và độ lợi dòng lớn nên thường được sử dụng để khuếch đại tín hiệu, độ lệch pha giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra là  $180^\circ$ .

#### 8.4 Mạch khuếch đại cực thu chung

Tín hiệu đưa vào cực nền B, lấy ra ở cực phát E. Cực thu C dùng chung cho ngõ vào và ngõ ra. Mạch cơ bản và mạch tương đương xoay chiều của mạch khuếch đại cực thu chung với kiểu phân cực bằng hồi tiếp điện áp được trình bày trong hình sau:



Hình 8.15: Mạch khuếch đại cực thu chung

Từ mạch tương đương ta tìm được các thông số của mạch như sau:

a) Độ lợi điện áp:

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

Từ mạch tương đương xoay chiều ta có:

$$v_o = R_E i_b + \beta R_E i_b = (1 + \beta) R_E i_b$$

$$v_i = \beta r_e i_b + R_E i_b + \beta R_E i_b = \beta r_e i_b + (1 + \beta) R_E i_b$$

Suy ra

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{(1 + \beta) R_E i_b}{\beta r_e i_b + (1 + \beta) R_E i_b} \approx \frac{R_E}{r_e + R_E} \approx 1$$

b) Tổng trở vào:

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i} = R_B // Z_b$$

Trong đó

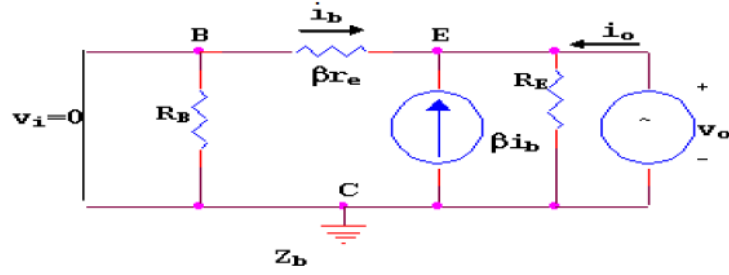
$$Z_b = \frac{v_i}{i_b} = \frac{\beta r_e i_b + (1 + \beta) R_E i_b}{i_b} \approx \beta(r_e + R_E)$$

Suy ra

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i} = R_B // Z_b = R_B // \beta(r_e + R_E) \approx R_B // \beta R_E$$

c) Tổng trở ra:

Nối tắt ngõ vào ( $v_i = 0$ ), áp một điện thế  $v_o$  ở ngõ ra, sơ đồ mạch tương đương trình bày như trong hình sau:



Hình 8.16: Mạch tương đương với ngõ vào được nối tắt

Từ mạch tương đương ta có:

$$i_o = \frac{v_o}{R_E} - i_b - \beta i_b = \frac{v_o}{R_E} - (1 + \beta) i_b$$

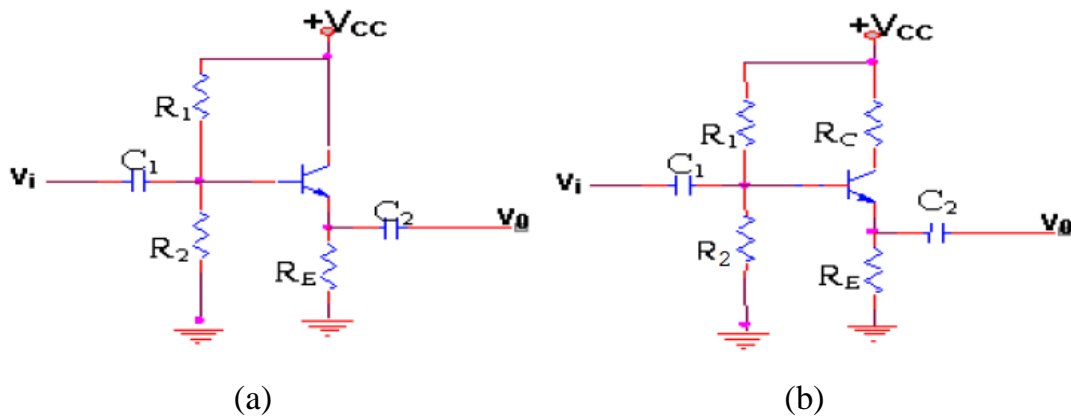
$$\text{Với } i_b = -\frac{v_o}{\beta r_e} \Rightarrow i_o = \frac{v_o}{R_E} + \frac{1 + \beta}{\beta r_e} v_o \approx \left( \frac{1}{R_E} + \frac{1}{r_e} \right) v_o$$

$$\text{Suy ra } \frac{1}{Z_o} = \frac{i_o}{v_o} = \frac{1}{r_e} + \frac{1}{R_E} \Rightarrow Z_o = r_e // R_E$$

d) Độ lợi dòng điện

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{-\frac{v_o}{R_E}}{\frac{v_i}{Z_i}} = -A_v \frac{Z_i}{R_E}$$

**Chi chú:** Mạch khuếch đại cực thu chung cũng có thể được phân cực bằng cầu chia áp như trình bày trong hình 8.17(a). Các công thức phân giải mạch bên trên vẫn đúng, chỉ cần thay  $R_B = R_1 // R_2$ . Mạch cũng có thể được mắc thêm điện trở  $R_C$  như hình 8.17(b), các công thức trên vẫn đúng khi thay  $R_B = R_1 // R_2$ . Tổng trở vào  $Z_i$  và tổng trở ra  $Z_o$  không thay đổi vì  $R_C$  không làm ảnh hưởng đến cực nền và cực phát. Điện trở  $R_C$  được đưa vào chỉ làm ảnh hưởng đến việc xác định điểm tĩnh điều hành.



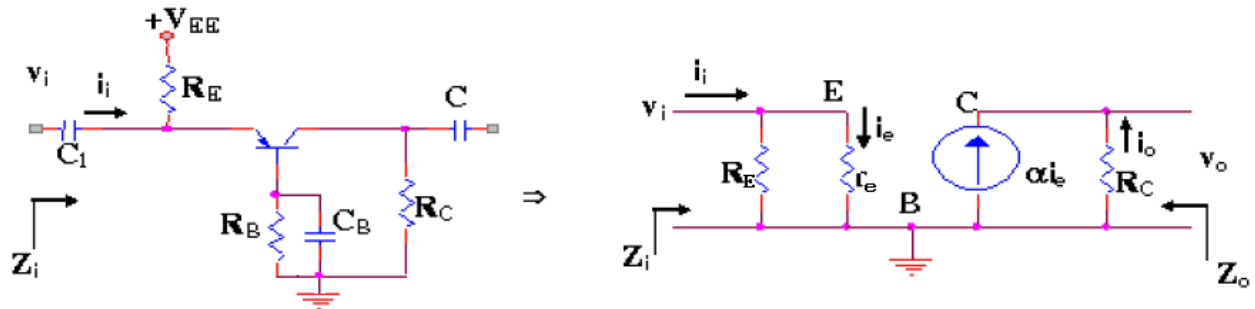
Hình 8.17: Mạch khuếch đại cực thu chung

(a) phân cực bằng cầu chia áp (b) điện trở  $R_C$  được mắc thêm vào mạch

**Nhận xét:** Mạch khuếch đại cực thu chung có điện áp vào và ra cùng pha nhau, độ lợi điện áp xấp xỉ bằng 1, điều này có nghĩa là mạch khuếch đại cực thu chung là mạch lặp (lặp lại tín hiệu). Bên cạnh đó, mạch này có tổng trở vào rất lớn và tổng trở ra lại rất nhỏ. Vì các lý do trên, mạch khuếch đại cực thu chung thường được dùng làm mạch đệm – Buffer (cách ly ngõ vào và ra) giúp cho việc truyền tín hiệu đạt hiệu suất cao nhất.

### 8.5 Mạch khuếch đại cực nền chung

Tín hiệu đưa vào cực phát E, lấy ra ở cực thu C. Cực nền B dùng chung cho ngõ vào và ngõ ra. Mạch cơ bản và mạch tương xoay chiều của mạch khuếch đại cực nền chung được trình bày trong hình sau:



Hình 8.18: Mạch khuếch đại cực nền chung

Từ mạch tương đương ta tìm được các thông số của mạch như sau:

a) Độ lợi điện áp:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{\alpha i_e R_C}{r_e i_e} = \alpha \frac{R_C}{r_e} \approx \frac{R_C}{r_e}$$

b) Tổng trở vào:

$$Z_i = R_E // r_e \approx r_e$$

c) Tổng trở ra:

$$Z_o = R_C$$

d) Độ lợi dòng điện:

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{-\frac{v_o}{R_C}}{\frac{v_i}{Z_i}} = -\frac{v_o}{v_i} \frac{Z_i}{R_C} = -A_v \frac{Z_i}{R_C} \approx -\frac{R_C}{r_e} \frac{r_e}{R_C} \approx -1$$

**Nhận xét:** Mạch khuếch đại cực nền chung có đặc điểm là độ lợi điện áp lớn nhưng độ lợi dòng bé, tín hiệu vào và ra cùng pha. Nhưng tổng trở vào của mạch này khá bé do đó cần phải cải thiện tổng trở ngõ vào. Mạch này thường ứng dụng trong các mạch khuếch đại tần số cao.

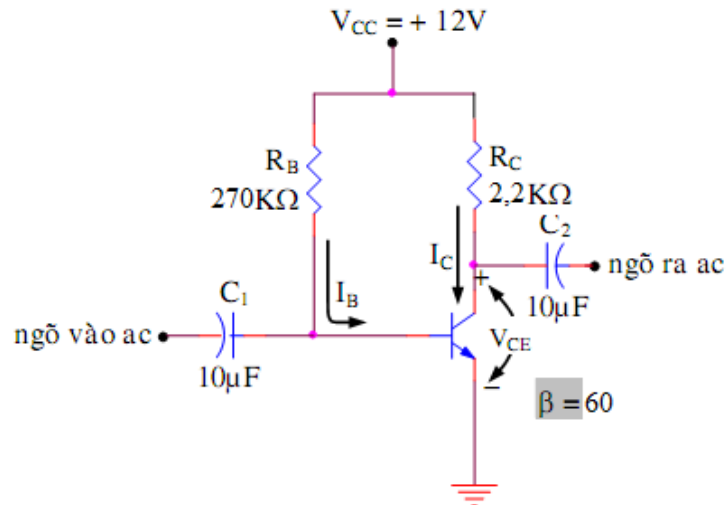
Bảng so sánh các đặc điểm của ba kiểu ráp Transistor BJT trong mạch khuếch đại:

<b>Đặc điểm</b>	<b>E chung</b>	<b>C chung</b>	<b>B chung</b>
Điểm chung	Cực E	Cực C	Cực B
Tín hiệu vào	Cực B	Cực B	Cực E
Tín hiệu ra	Cực C	Cực E	Cực C
Độ lệch pha	Ngược pha	Cùng pha	Cùng pha
Khuếch đại dòng điện	Lớn	Nhỏ	Không
Khuếch đại điện áp	Lớn	Không	Nhỏ
Khuếch đại công suất	Lớn	Nhỏ	Nhỏ
Trở kháng vào	Nhỏ	Lớn	Nhỏ
Trở kháng ra	Lớn	Nhỏ	Lớn

## Bài tập

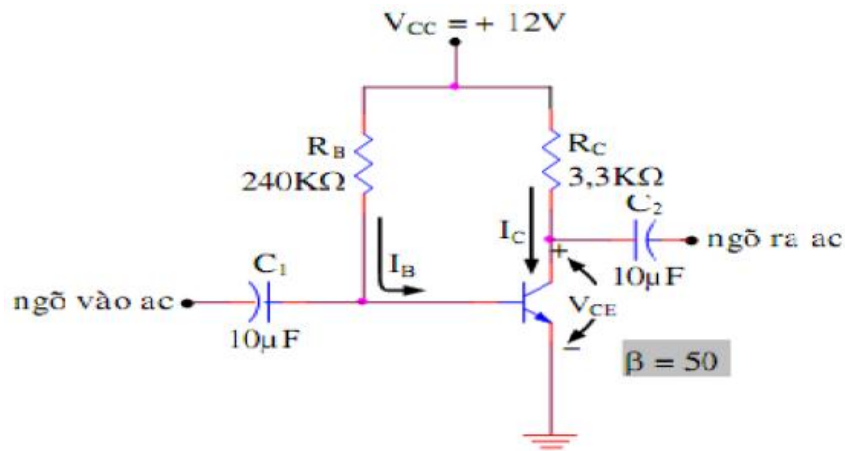
Câu 1: Cho mạch như hình sau:

- Xác định các giá trị phân cực:  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$
- Vẽ mạch tương đương xoay chiều với tín hiệu nhỏ
- Tính tổng trở vào  $Z_i$ , tổng trở ra  $Z_o$ , độ lợi điện áp  $A_v$ , độ lợi điện áp  $A_i$



Câu 2: Cho mạch như hình sau:

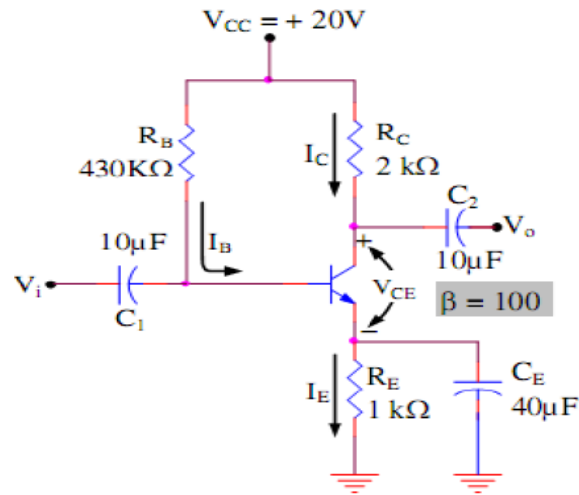
- Xác định các giá trị phân cực:  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$
- Vẽ mạch tương đương xoay chiều với tín hiệu nhỏ
- Tính tổng trở vào  $Z_i$ , tổng trở ra  $Z_o$ , độ lợi điện áp  $A_v$ , độ lợi điện áp  $A_i$





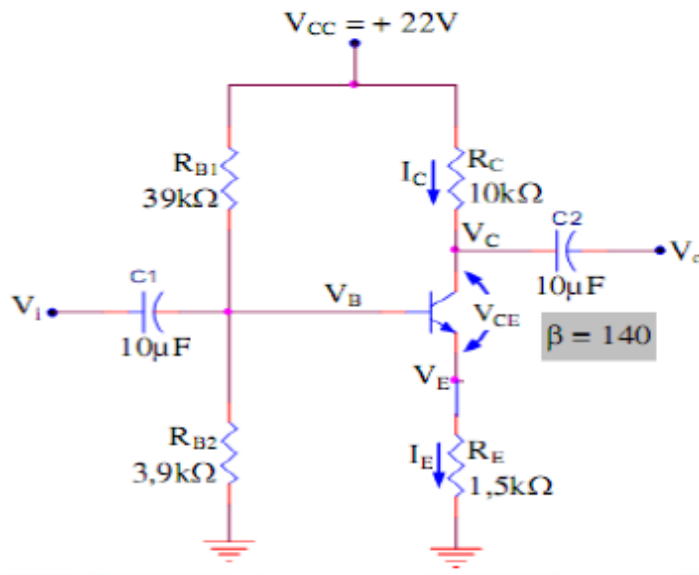
Câu 3: Cho mạch như hình sau:

- Xác định các giá trị phân cực:  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$
- Vẽ mạch tương đương xoay chiều với tín hiệu nhỏ (khi mắc thêm  $C_E$ )
- Tính tổng trở vào  $Z_i$ , tổng trở ra  $Z_o$ , độ lợi điện áp  $A_v$ , độ lợi điện áp  $A_i$

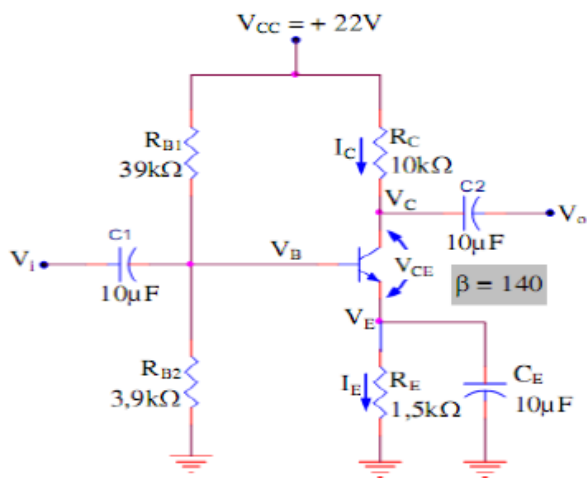


Câu 4: Cho mạch như hình sau:

- Xác định các giá trị phân cực:  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$
- Vẽ mạch tương đương xoay chiều với tín hiệu nhỏ.
- Tính tổng trở vào  $Z_i$ , tổng trở ra  $Z_o$ , độ lợi điện áp  $A_v$ , độ lợi điện áp  $A_i$

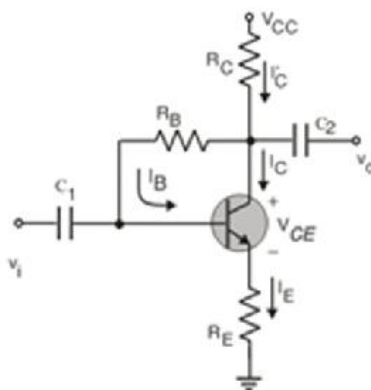


Câu 5: Tương tự câu 4 (khi mắc thêm  $C_E$ )

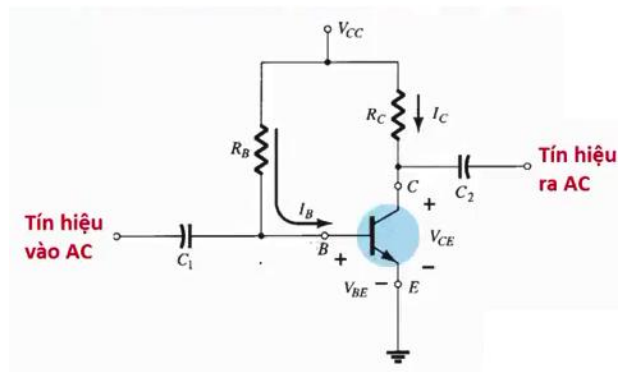


Câu 6: Cho mạch như hình sau:

- Xác định các công thức tính giá trị phân cực:  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_{CE}$
- Vẽ mạch tương đương xoay chiều với tín hiệu nhỏ.
- Tính tổng trở vào  $Z_i$ , tổng trở ra  $Z_o$ , độ lợi điện áp  $A_v$ , độ lợi điện áp  $A_i$



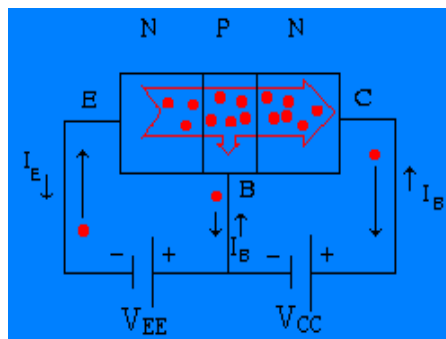
Câu 7: Thiết kế mạch khuếch đại âm thanh (ampli) ra loa có công suất 0,5W, 8Ω bằng cách ghép 2 tầng khuếch đại sử dụng transistor NPN TIP 41 với hệ số khuếch đại  $\beta=100$ , theo cấu hình phân cực cố định (như hình bên dưới). Cho  $C2 = 100\mu F$ ,  $C1$  là tụ 104 ( $104 = 10 * 10^4 = 100.000$  picofarad (pF) = 100 nanofarad (nF) = 0,1 microfarad (uF)).



**Ghi chú:** Khi thiết kế mạch thì chọn các giá trị điện trở theo tiêu chuẩn

## PHỤ LỤC

### A. Phân cực Transistor hoạt động ở chế độ khuếch đại



Hình A.1: Phân cực transistor hoạt động ở chế độ khuếch đại

Sự dẫn điện của transistor được giải thích như sau:

➤ Do mối nối B-E được phân cực thuận :

- điện tử (electron): di chuyển từ B  $\rightarrow$  E tạo thành dòng  $I_{En}$

- lỗ trống: di chuyển từ B  $\rightarrow$  E tạo thành dòng  $I_{Ep}$

Do lượng tạp chất  $E > B$ , nên  $I_{En} \gg I_{Ep}$ , do đó dòng  $I_E = I_{En} + I_{Ep} \approx I_{En}$

➤ Các điện tử này sang đến B, do vùng nền B mỏng, nồng độ lỗ trống ít, nên chỉ có một số rất ít điện tử tái hợp với lỗ trống trong vùng nền.

➤ Cực B nối với cực dương của nguồn  $V_{EE}$ , nên sẽ hút một số ít điện tử trong vùng P xuống tạo thành **dòng nền  $I_B$**

➤ Cực C nối với cực dương nguồn  $V_{CC}$  cao hơn, nên nó hút hầu hết các điện tử ở vùng P sang vùng N của cực C, tạo thành **dòng cực thu collector  $I_C$**

➤ Cực E nối với nguồn âm nên vùng bán dẫn N ở cực E mất điện tử sẽ hút điện tử ở nguồn âm lên thế chỗ tạo thành **dòng  $I_E$**

Với việc phân tích mạch như trên ta thấy :

$$I_E = I_C + I_B \quad (a1)$$

Đặt  $\alpha = I_C / I_E$  gọi là hệ số truyền đạt dòng phát ( $0,95 < \alpha < 0,99$ ).

$\Rightarrow I_C = \alpha \cdot I_E$  do mỗi nối thu nên phân cực nghịch nên qua mỗi nối ngoài dòng  $I_C$  nói trên còn có dòng điện ngược  $I_{CBO}$  do vavs hạt tải nhiều gây ra, nên dòng qua cực C:

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \quad (a2)$$

Từ (a1)(a2) ta có:  $I_C = \alpha(I_B + I_C) + I_{CBO}$

$$\Rightarrow I_C = (\alpha I_B + I_{CBO}) / (1 - \alpha)$$

Đặt  $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$  được gọi là hệ số khuếch đại dòng của transistor.

Ở nhiệt độ thường dòng  $I_{CBO}$  rất nhỏ có thể bỏ qua nên :

$$\Rightarrow I_C = \beta I_B \quad (a3)$$

$$\Rightarrow I_E = I_C + I_B = (\beta + 1) I_B \quad (a4)$$

Do  $\alpha < 1$ , nên  $\beta \gg 1$ , từ (a3)(a4) ta có:

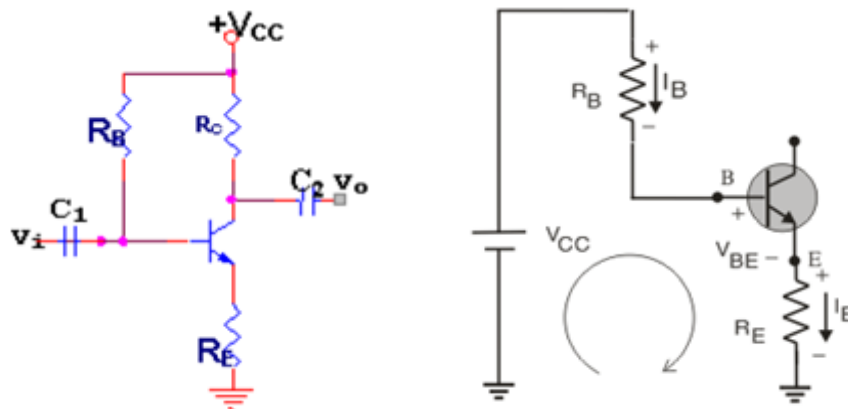
$$I_C \approx I_E = \beta I_B \quad (a5)$$

Ta nói transistor có chức năng khuếch đại dòng một chiều.

## B. Phân cực transistor BJT để tìm điểm làm việc tĩnh

Điểm làm việc tĩnh ảnh hưởng đến  $r_e$  nên ảnh hưởng đến khả năng khuếch đại tín hiệu xoay chiều. Trước khi xét tính khuếch đại của mạch ta phải tìm giá trị  $I_{CQ}$  và  $r_e$  trong chế độ một chiều bỏ qua các tụ liên lạc  $C1$  và  $C2$ .

### B.1. Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực cố định



Hình B.1: Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực cố định

Áp dụng định luật Kirchoff 2 ta có:

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \quad (b1)$$

Mà ta có:  $I_E = (\beta + 1)I_B$  thay vào (b1), ta được:

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + (\beta + 1)I_B R_E \quad (b2)$$

Rút gọn và suy ra dòng điện  $I_B$ :

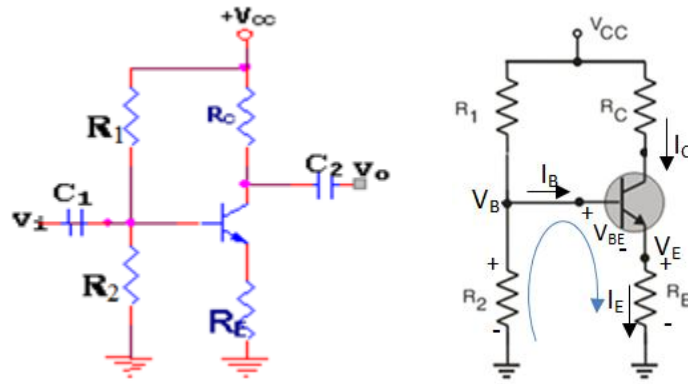
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} \quad (b3)$$

Đây cũng chính là dòng điện  $I_{BQ}$ , từ đó suy ra dòng điện  $I_{CQ}$  như sau:

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = \beta \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} \quad (b4)$$

## B.2. Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực bằng cầu phân áp

Xét mạch sau:



Hình B.2: Mạch phân cực BJT bằng cầu phân áp

Áp dụng định lý Thenvenin ta có:

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \quad (b5)$$

Áp dụng định luật Ohm ta có:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \quad (b6)$$

Áp dụng định luật Kirchoff 2 ta có:

$$V_E + V_{BE} - V_B = 0$$

$$\Rightarrow V_E = V_B - V_{BE} \quad (b7)$$

Thay (b5) vào (b7) ta được:

$$V_E = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} - V_{BE} \quad (b8)$$

Thay (b8) vào (b6) ta được:

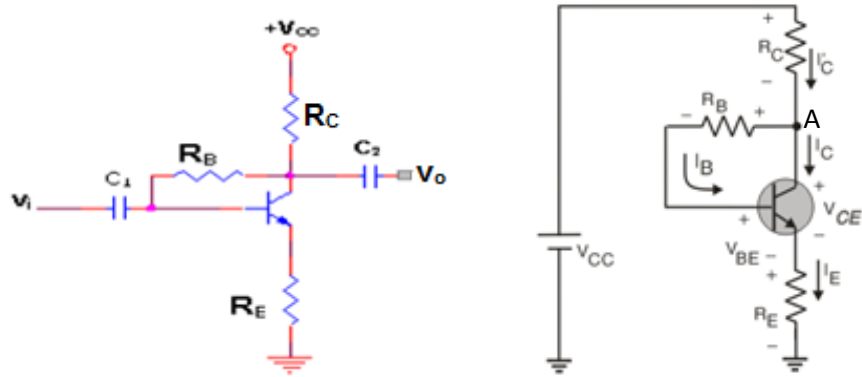
$$I_E = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} - V_{BE}}{R_E}$$

Mà ta có:  $I_C \approx I_E$  (từ công thức (a5))

$$\text{Suy ra: } I_C \approx \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} - V_{BE}}{R_E} \quad (\text{đây cũng chính là } I_{CQ}) \quad (b9)$$

### B.3. Mạch khuếch đại cực phát chung với kiểu phân cực bằng hồi tiếp điện áp

Xét mạch sau:



Hình B.3: Mạch phân cực BJT bằng hồi tiếp điện áp

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$V_{CC} = I_C' R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \quad (b10)$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút A, ta có:

$$I_C' = I_B + I_C \quad (b11)$$

$$\text{Mà ta có: } I_C = \beta I_B \text{ (từ công thức (a3))} \quad (b12)$$

Thay (b11) và (b12), ta được:

$$I_C' = I_B + \beta I_B = (1 + \beta) I_B \quad (b13)$$

$$\text{Và ta có: } I_E = (1 + \beta) I_B \quad (b14)$$

Thay (b13)(b14) vào (b10), ta thu được:

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

Rút gọn và suy ra dòng điện  $I_B$ :

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta)(R_C + R_E)} \quad (b15)$$

Đây chính là giá trị dòng điện  $I_{BQ}$ , từ đó suy ra dòng điện  $I_{CQ}$ :

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = \frac{\beta(V_{CC} - V_{BE})}{R_B + (1 + \beta)(R_C + R_E)} = \frac{\beta(V_{CC} - V_{BE})}{R_B + \beta(R_C + R_E)}, \text{ Vì } \beta \gg 1$$

### C. Phân tích tín hiệu nhỏ theo mô hình thông số h

Việc phân giải các mạch dùng BJT theo thông số h cũng tương đương như kiểu mẫu re. Ở đây ta sẽ không đi sâu vào các chi tiết mà chỉ dừng lại ở những kết quả quan trọng nhất của mạch. Các thông số h thường được nhà sản xuất cho biết. Ngoài ra ta cần nhớ đến các liên hệ giữa 2 mạch tương đương.

$$\begin{aligned} h_{ie} &= \beta r_e & h_{ib} &= r_e \\ h_{fe} &= \beta & h_{fb} &= -\alpha \\ h_{oe} &= 1/r_o \end{aligned}$$

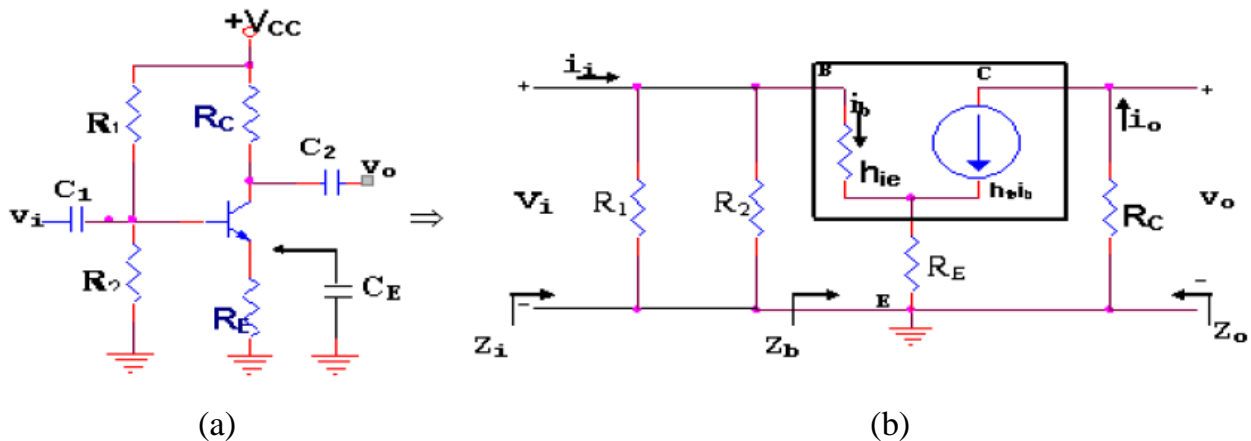
#### C.1 Mạch khuếch đại cực phát chung

Xem mạch hình c.1(a) và mạch tương đương hình c.1(b).

Phân giải mạch tương đương ta tìm được:

$$\text{- Tổng trở vào } Z_i = R_1 // R_2 // Z_b$$

$$\text{với: } Z_b = h_{ie} + (1 + h_{fe})R_E \quad \# \quad h_{ie} + h_{fe}R_E$$



Hình c.1



- Độ lợi điện áp

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = - \frac{h_{fe} R_c}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E} \approx - \frac{h_{fe} R_c}{h_{ie} + h_{fe} R_E}$$

Thường thì:

$$h_{ie} \ll h_{fe} R_E \Rightarrow A_v \approx - \frac{R_c}{R_E}$$

- Độ lợi dòng điện

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = -A_v \frac{Z_i}{R_c}$$

- Tổng trở ra:  $Z_o = R_c$

**Ghi chú:** Trường hợp ta mắc thêm tụ phân dòng  $C_E$  hoặc mạch điện không có  $R_E$  (chân E mắc xuống mass) thì trong mạch tương đương sẽ không có sự hiện diện của  $R_E$

Các kết quả sẽ là:

$$Z_i = R_1 // R_2 // h_{ie}$$

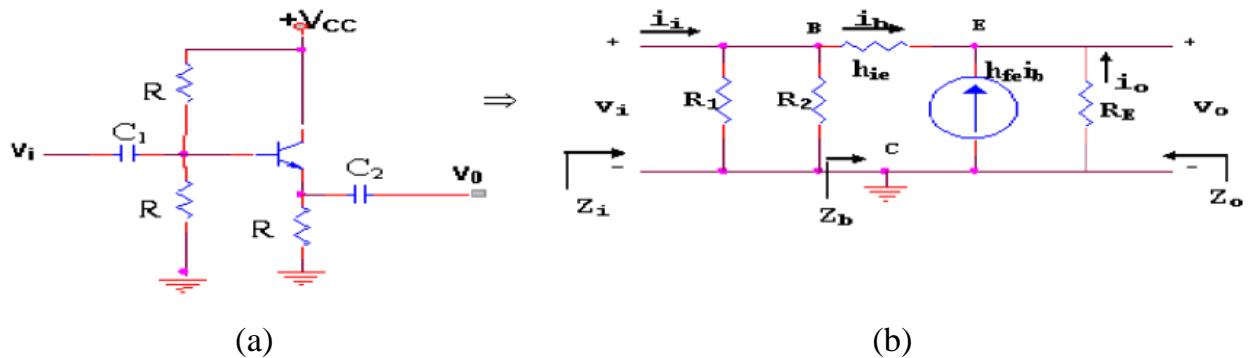
$$Z_o = R_c$$

$$A_v = - \frac{h_{fe} R_c}{h_{ie}}$$

$$A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_c}$$

## C.2 Mạch khuếch đại cực thu chung

Xem mạch hình c.2(a) với mạch tương đương hình c.2(b)

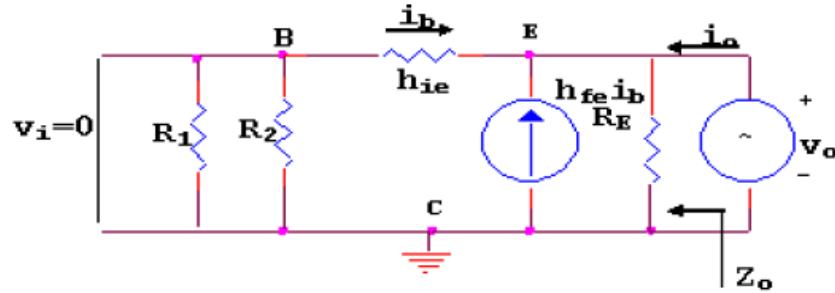


Hình c.2

- Tổng trở vào:  $Z_i = R_1 // R_2 // Z_b$

$$Z_b = \frac{v_i}{i_b} = h_{ie} + (1 + h_{fe})R_E \# h_{ie} + h_{fe}R_E$$

- Tổng trở ra: Mạch tính tổng trở ra như hình c.3



Hình c.3

$$Z_o = \frac{v_o}{i_o}, \quad i_o = \frac{v_o}{R_E} - (1 + h_{fe})i_b \# \frac{v_o}{R_E} - h_{fe}i_b$$

Trong đó  $i_b = -\frac{v_o}{h_{ie}} \Rightarrow i_o = \frac{v_o}{R_E} + h_{fe} \frac{v_o}{h_{ie}}$

$$\Rightarrow \frac{1}{Z_o} = \frac{i_o}{v_o} = \frac{1}{R_E} + \frac{h_{fe}}{h_{ie}} \Rightarrow Z_o = R_E // \frac{h_{ie}}{h_{fe}}$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{(1 + h_{fe})i_b R_E}{h_{ie} + (1 + h_{fe})R_E} \# \frac{h_{fe}R_E}{h_{ie} + h_{fe}R_E} < 1$$

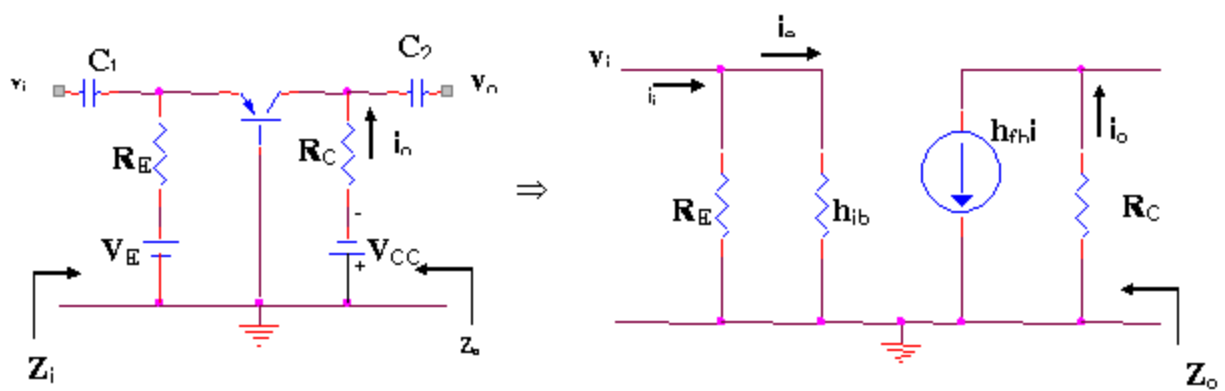
Thông thường  $h_{ie} \ll h_{fe}R_E \Rightarrow A_v \# 1$

- Độ lợi dòng điện:

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = -A_v \frac{Z_i}{R_E}$$

### C.3 Mạch khuếch đại cực nền chung

Dạng mạch và mạch tương đương như hình c.4



Hình c.4

Phân giải mạch tương đương ta tìm được:

$$Z_i = R_E // h_{ib} \# h_{ib}$$

$$Z_o = R_C$$

$$A_v = -\frac{h_{fe} R_C}{h_{ib}}$$

$$A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_C} \# h_{fe} \# -1$$