

## CHƯƠNG II:

### MẠCH KHUẾCH ĐẠI VÀ KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

#### I. MẠCH KHUẾCH ĐẠI DÙNG TRANSISTOR LƯỜNG CỰC.

##### 1. Mạch cung cấp và ổn định chế độ công tác.

###### 1.1. Mạch cung cấp.

Để có dòng tĩnh  $I_C$  trong mạch collector, phải cung cấp cho bazơ một điện áp nào đó, gọi là thiên áp. Cung cấp thiên áp cho bazơ thường lấy từ nguồn cung cấp collector. Để cung cấp cho bazơ có thể dùng các sơ đồ:

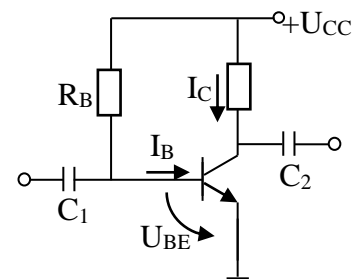
###### a. Mạch định dòng bazơ:

Dòng  $I_B$  được cấp cố định bằng  $U_{CC}$  và  $R_B$ :

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

Do  $U_{BE}$  rất nhỏ, ta có thể bỏ qua:

$$\Rightarrow I_B = \frac{U_{CC}}{R_B}$$



Dòng  $I_B$  không phụ thuộc vào nhiệt độ cũng như không phụ thuộc vào tham số của transistor.

Do  $I_C = \beta I_B$  nên dòng collector  $I_C$  phụ thuộc nhiều vào  $\beta$ , làm cho điểm làm việc chỉ được ổn định đối với những biến đổi của  $U_{BE}$ , còn với các biến đổi của  $\beta$  thì không được ổn định. Vì vậy, mạch này chỉ được dùng trong các bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ, tần số thấp. Mạch có ưu điểm là đơn giản.

Các tụ điện  $C_1$  và  $C_2$  làm nhiệm vụ chống sự ảnh hưởng của tín hiệu xoay chiều với nguồn cung cấp một chiều.

Ta có:  $U_{CE} + I_C R_C = U_{CC}$

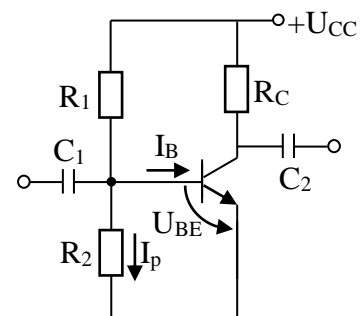
$\Rightarrow U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C$  Đây chính là phương trình đường tải tĩnh.

###### b. Mạch định áp bazơ:

Cung cấp thiên áp bằng phương pháp định áp bazơ nhận được từ bộ phân áp  $R_1, R_2$  mắc song song với nguồn cung cấp collector  $U_{CC}$ .

Thiên áp  $U_{BE0}$  được xác định:

$$U_{BE} = I_p R_2 = U_{CC} - R_1 (I_p + I_B)$$



Thường chọn  $I_p \gg I_B$ , do đó:

$$U_{BE} \approx U_{CC} - R_1 I_p$$

Ta có:

$$U_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{CC}$$

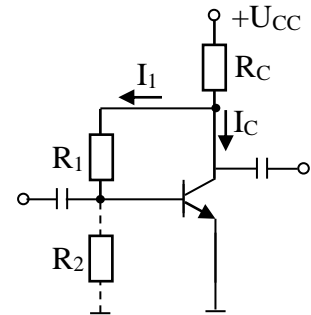
## 1.2. Các sơ đồ ổn định chế độ công tác.

Các sơ đồ ổn định điểm làm việc được dùng phổ biến nhất hiện nay là sơ đồ dùng hồi tiếp âm một chiều nhằm biến đổi thiên áp mạch vào của transistor sao cho có thể hạn chế sự di chuyển điểm làm việc tĩnh trên đặc tuyến ra, gây nên bởi các yếu tố mất ổn định.

- Sơ đồ cung cấp và ổn định điểm làm việc bằng hồi tiếp âm điện áp một chiều:

Điện trở  $R_1$  vừa làm nhiệm vụ đưa thiên áp vào bazơ bằng phương pháp định dòng bazơ vừa dẫn điện áp hồi tiếp về mạch vào.

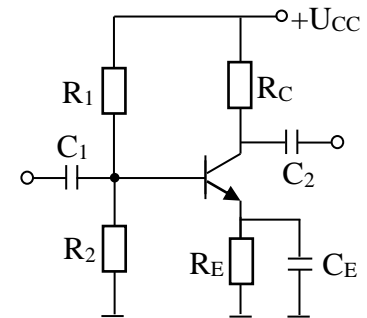
*Nguyên tắc ổn định:* Nếu có một nguyên nhân mất ổn định nào đó làm cho dòng điện một chiều  $I_C$  trên colector tăng thì điện thế  $U_{CE}$  giảm, do đó dòng định thiên bazơ  $I_B$  giảm theo, làm cho  $I_C$  giảm xuống, do đó dòng tĩnh ban đầu  $I_C$  được giữ nguyên.



- Sơ đồ cung cấp và ổn định điểm làm việc bằng hồi tiếp âm dòng điện một chiều:

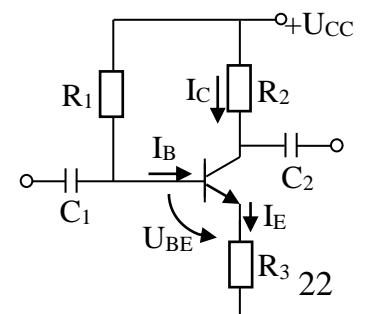
*Nguyên tắc ổn định:* Khi  $I_C$  tăng thì điện áp hạ trên điện trở  $R_E$ :  $U_{E0} = I_E R_E$  tăng. Vì điện áp bazơ lấy trên bộ phân áp  $R_1, R_2$  gần như không đổi, nên thiên áp giữa bazơ và emitơ  $U_{BE0} = I_p R_2 - U_{E0}$  ( $U_{E0}$  là điện áp tĩnh trên emitơ) giảm làm cho  $I_B$  giảm theo, do đó  $I_C$  không tăng được.

Điện trở  $R_E$  làm nhiệm vụ hồi tiếp âm dòng điện một chiều để ổn định điểm làm việc. Để tránh hồi tiếp âm đối với dòng tín hiệu (dòng xoay chiều) làm giảm hệ số khuếch đại của mạch, cần mắc song song với  $R_E$  một tụ thoát cao tần  $C_E$  có trị số sao cho có thể coi  $C_E$  ngắn mạch đối với dòng tín hiệu.



*Ví dụ 1:* Cho mạch điện như hình vẽ:

Biết rằng:



$$U_{cc} = 15V, \quad R_1 = 750k\Omega, \quad R_2 = 4k\Omega,$$

$$R_3 = 1,5k\Omega, \quad \beta = 99.$$

Chọn  $U_{BE} = 0,6V$ .

- Xác định các dòng điện và điện áp 1 chiều trên các cực của transistor.
- Vẽ đường tải 1 chiều trên đặc tuyến ra và xác định điểm làm việc tĩnh P trên đường tải đó.

Giải:

a. Ta có:

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_1 + (1 + \beta)R_3} = \frac{15 - 0,6}{750 + (1 + 99) \cdot 1,5} = 0,016(mA)$$

$$I_C = \beta I_B = 0,016 \cdot 99 = 1,584(mA)$$

$$I_E = (1 + \beta)I_B = (1 + 99) \cdot 0,016 = 1,6(mA)$$

$$U_E = I_E R_3 = 1,6 \cdot 1,5 = 2,4(V)$$

$$U_B = U_{BE} + U_E = 0,6 + 2,4 = 3(V)$$

$$U_C = U_{cc} - I_C R_2 = 15 - 1,584 \cdot 4 = 8,664(V)$$

b. Ta có:

$$U_{cc} = I_C R_2 + U_{CE} + I_E R_3$$

$$\text{Mà: } I_C \approx I_E \Rightarrow U_{CE} \approx U_{cc} - I_C (R_2 + R_3) = 15 - 5,5 \cdot I_C$$

+ Phương trình đường tải tĩnh:

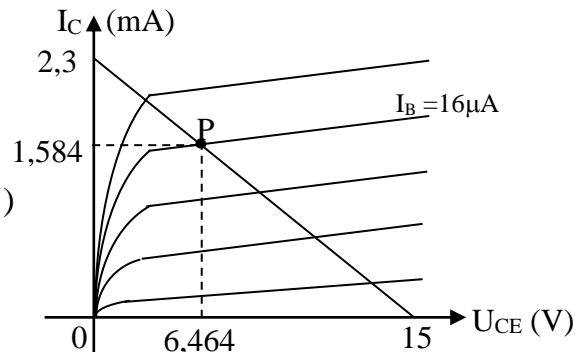
$$U_{CE} = 15 - 5,5 \cdot I_C$$

+ Điểm làm việc tĩnh:  $P(U_{CE}, I_C)$

$$U_{CE} = U_C - U_E = 8,664 - 2,4 = 6,264(V)$$

$$I_C = 1,584(mA)$$

$$\Rightarrow P(6,264V; 1,584mA)$$



Ví dụ 2: Cho mạch điện như hình vẽ:

Biết rằng:

$$U_{cc} = 12V, \quad R_1 = 20k\Omega, \quad R_2 = 4k\Omega,$$

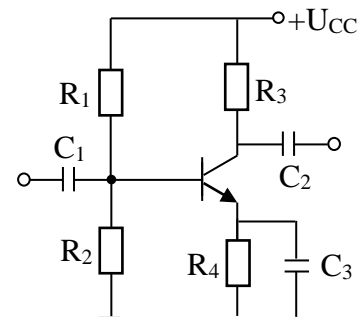
$$R_3 = 4k\Omega, \quad R_4 = 1k\Omega, \quad \beta = 99.$$

Chọn  $U_{BE} = 0,6V$ .

Xác định các dòng điện và điện áp 1 chiều trên các cực của transistor.

Giải:

Ta có:



$$U_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{CC} = \frac{4}{20 + 4} \cdot 12 = 2(V)$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 2 - 0,6 = 1,4(V)$$

$$I_E = \frac{U_E}{R_4} = \frac{1,4}{1} = 1,4(mA)$$

$$I_B = \frac{I_E}{1 + \beta} = \frac{1,4}{1 + 99} = 0,014(mA)$$

$$I_C = \beta I_B = 99 \cdot 0,014 = 1,386(mA)$$

$$U_C = U_{cc} - I_C R_3 = 12 - 1,386 \cdot 4 = 6,456(V)$$

Ví dụ 3: Cho mạch điện như hình vẽ:

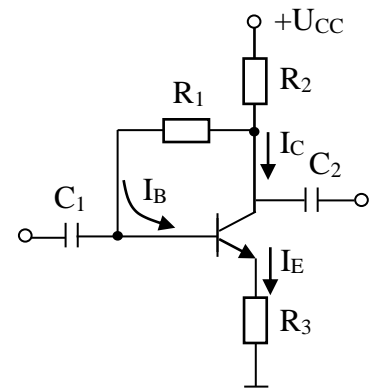
Biết rằng:

$$U_{cc} = 16V, \quad R_1 = 550k\Omega, \quad R_2 = 4k\Omega,$$

$$R_3 = 1,5k\Omega, \quad \beta = 99.$$

Chọn  $U_{BE} = 0,6V$ .

Xác định các dòng điện và điện áp 1 chiều trên các cực của transistor.



Giải:

a. Ta có:

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_1 + (1 + \beta)(R_2 + R_3)} = \frac{16 - 0,6}{550 + (1 + 99) \cdot (4 + 1,5)} = 0,014(mA)$$

$$I_C = \beta I_B = 0,014 \cdot 99 = 1,386(mA)$$

$$I_E = (1 + \beta) I_B = (1 + 99) \cdot 0,014 = 1,4(mA)$$

$$U_E = I_E R_3 = 1,4 \cdot 1,5 = 2,1(V)$$

$$U_B = U_{BE} + U_E = 0,6 + 2,1 = 2,7(V)$$

$$U_C = U_{cc} - (I_B + I_C) R_2 = 16 - 1,4 \cdot 4 = 10,4(V)$$

## 2. Mạch khuếch đại dùng transistor lưỡng cực.

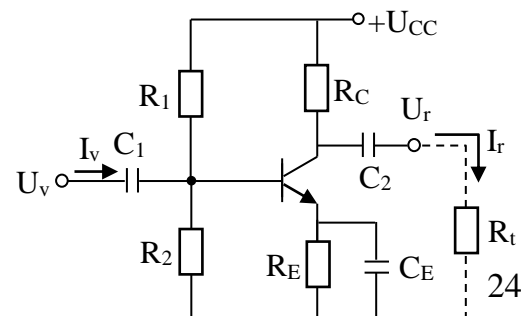
2 nguyên tắc khi vẽ sơ đồ tương đương ở chế độ tín hiệu bé:

- Các nguồn 1 chiều được coi như nguồn 0V (nối mass).
- Các tụ điện được coi như nguồn ngắn mạch.

### 2.1. Mạch khuếch đại Emitơ chung (EC).

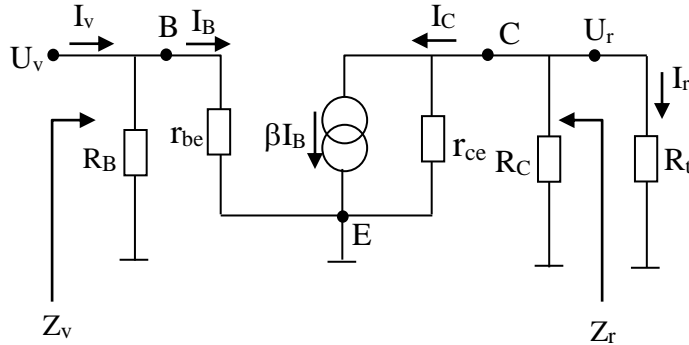
a. Tầng EC đơn giản:

Sơ đồ nguyên lý tầng EC đơn giản:



Trong đó: Điện dung  $C_E$  có trị số đủ lớn, sao cho hạ áp trên emitor chỉ hạ áp một chiều và mạch chỉ có hồi tiếp âm dòng điện một chiều để ổn định điểm làm việc tĩnh.

Sơ đồ tương đương:



Từ sơ đồ tương đương, ta tính các tham số cơ bản của mạch:

- Trở kháng vào  $Z_v$ :

$$Z_v = R_B // r_{be} = R_1 // R_2 // r_{be}.$$

- Trở kháng ra  $Z_r$ :

$$\text{Khi } U_v = 0V \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow \beta I_B = 0 \Rightarrow Z_r = R_C // r_{ce} \approx R_C.$$

- Hệ số khuếch đại dòng điện  $K_i$ :

$$K_i = \frac{I_r}{I_v} = \frac{I_r}{I_C} \cdot \frac{I_C}{I_B} \cdot \frac{I_B}{I_v}$$

Mà:

$$I_r R_t = -I_C (R_C // R_t) \Rightarrow \frac{I_r}{I_C} = -\frac{R_C // R_t}{R_t}$$

$$\frac{I_C}{I_B} = \beta$$

$$I_B r_{be} = I_v (R_B // r_{be}) \Rightarrow \frac{I_B}{I_v} = \frac{R_B // r_{be}}{r_{be}}$$

$$\Rightarrow K_i = \frac{I_r}{I_v} = -\beta \cdot \frac{R_B // r_{be}}{r_{be}} \cdot \frac{R_C // R_t}{R_t}$$

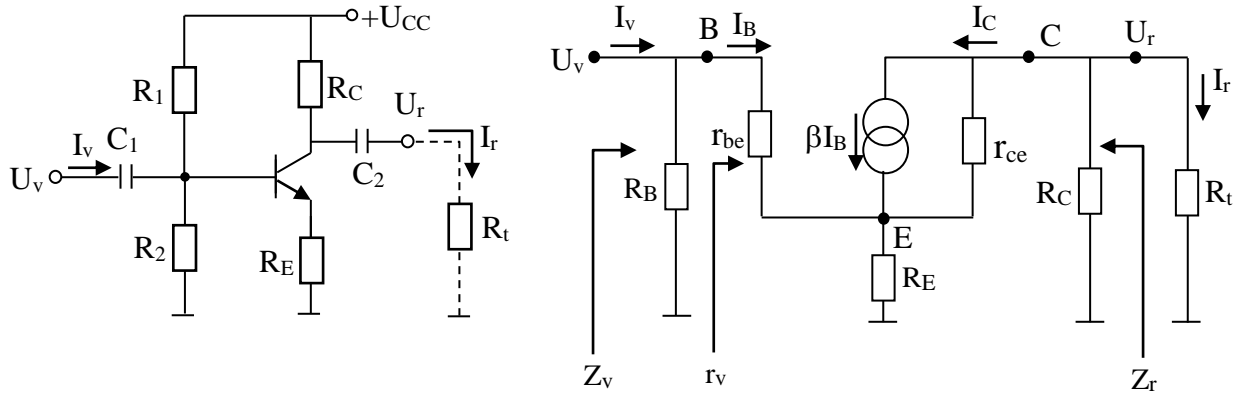
- Hệ số khuếch đại điện áp  $K_u$ :

$$K_u = \frac{U_r}{U_v} = \frac{I_r R_t}{I_v (R_B // r_{be})} = K_i \cdot \frac{R_t}{R_B // r_{be}} \approx -\beta \cdot \frac{R_C // R_t}{r_{be}}$$

Pha giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra:

*b. Tầng EC có hồi tiếp âm dòng điện:*

Sơ đồ tầng EC có hồi tiếp âm dòng điện: Sơ đồ tương đương:



Từ sơ đồ tương đương, ta tính các tham số cơ bản của mạch.

- Trở kháng vào  $Z_v$ :

$$Z_v = R_B // r_v.$$

Trong đó:

$$R_B = R_1 // R_2$$

$$r_v = \frac{U_B}{I_B} = \frac{I_B r_{be} + (1 + \beta) I_B R_E}{I_B} = r_{be} + (1 + \beta) R_E$$

- Trở kháng ra  $Z_r$ :

$$\text{Khi } U_v = 0 \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow \beta I_B = 0 \Rightarrow Z_r \approx R_C // r_{ce} \approx R_C.$$

- Hệ số khuếch đại dòng điện  $K_i$ :

$$K_i = \frac{I_r}{I_v} = \frac{I_r}{I_C} \cdot \frac{I_C}{I_B} \cdot \frac{I_B}{I_v}.$$

Mà:

$$I_r R_t = -I_C (R_C // R_t) \Rightarrow \frac{I_r}{I_C} = -\frac{R_C // R_t}{R_t}$$

$$\frac{I_C}{I_B} = \beta$$

$$I_B r_v = I_v (R_B // r_v) \Rightarrow \frac{I_B}{I_v} = \frac{R_B // r_v}{r_v}.$$

$$\Rightarrow K_i = \frac{I_r}{I_v} = -\beta \cdot \frac{R_B // r_v}{r_v} \cdot \frac{R_C // R_t}{R_t}.$$

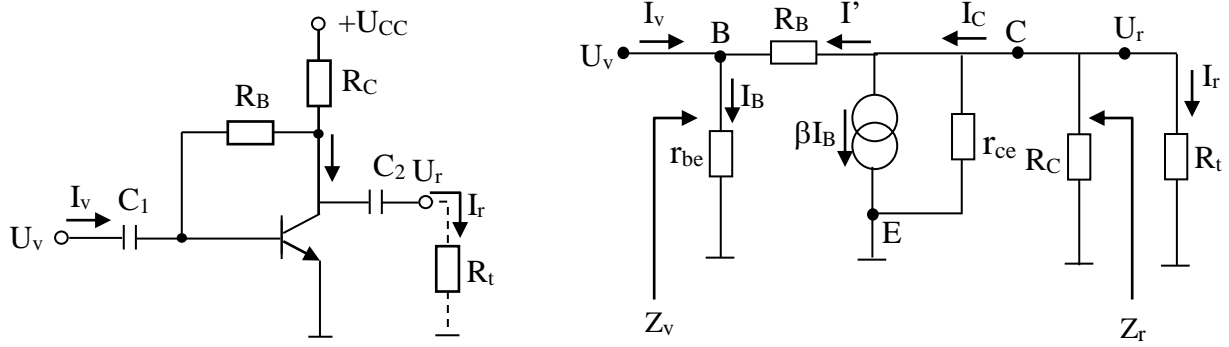
Hệ số khuếch đại điện áp  $K_u$ :

$$K_u = \frac{U_r}{U_v} = \frac{I_r R_t}{I_v (R_B // r_v)} = K_i \frac{R_t}{R_B // r_v} = -\beta \cdot \frac{R_C // R_t}{r_v}.$$

Nếu chọn  $R_C = R_E$  thì có thể lấy ra hai điện áp có biên độ bằng nhau và ngược pha. Mạch điện như vậy, thường dùng để kích thích cho tầng đẩy kéo.

c. Tầng EC có hồi tiếp âm điện áp:

Sơ đồ tăng EC có hồi tiếp âm điện áp: Sơ đồ tương đương:



Từ sơ đồ tương đương, ta tính các tham số cơ bản của mạch.

- Trở kháng vào  $Z_v$ :

Ta có:

$$I' = \frac{U_r - U_B}{R_B}. \quad \text{Mà: } U_r = -\beta I_B (R_C // R_t)$$

Nhưng:

$$I_B = \frac{U_B}{r_{be}} \Rightarrow U_r = -\beta \frac{U_B (R_C // R_t)}{r_{be}}$$

$$\Rightarrow I' = -\frac{\beta U_B (R_C // R_t)}{r_{be} R_B} - \frac{U_B}{R_B} = -\frac{1}{R_B} \left( 1 + \frac{\beta (R_C // R_t)}{r_{be}} \right) U_B.$$

Mặt khác:

$$U_B = I_B r_{be} = (I_v + I') r_{be} = I_v r_{be} + I' r_{be}$$

$$= I_v r_{be} - \frac{1}{R_B} \left( 1 + \frac{\beta (R_C // R_t)}{r_{be}} \right) r_{be} U_B$$

$$\Rightarrow U_B \left[ 1 + \frac{r_{be}}{R_B} \left( 1 + \frac{\beta (R_C // R_t)}{r_{be}} \right) \right] = I_v r_{be}$$

Vậy:

$$Z_v = \frac{U_B}{I_v} = \frac{r_{be}}{1 + \frac{r_{be}}{R_B} \left( 1 + \frac{\beta (R_C // R_t)}{r_{be}} \right)}$$

Trở kháng ra  $Z_r$ :

$$\text{Khi } U_v = 0 \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow \beta I_B = 0 \Rightarrow Z_r = R_C // R_B.$$

- Hệ số KĐ dòng điện  $K_i$ :

$$K_i = \frac{I_r}{I_v} = \frac{I_r}{I_C} \cdot \frac{I_C}{I_B} \cdot \frac{I_B}{I_v}$$

Mà:

$$I_r R_t = -I_C (R_C // R_t) \Rightarrow \frac{I_r}{I_C} = -\beta \frac{(R_C // R_t)}{R_t}$$

$$\frac{I_C}{I_B} = \beta$$

$$I_B r_{be} = I_v Z_v \Rightarrow \frac{I_B}{I_v} = \frac{Z_v}{r_{be}} = \frac{1}{1 + \frac{r_{be}}{R_F} \left( 1 + \frac{\beta(R_C // R_t)}{r_{be}} \right)}$$

Vậy ta có:

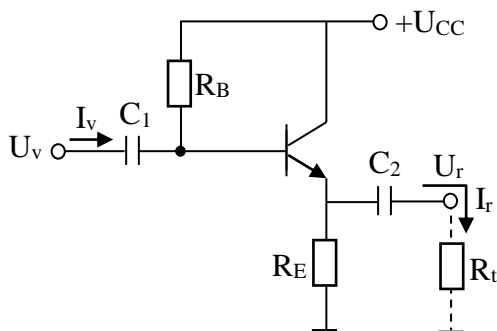
$$K_i = \frac{I_r}{I_v} = -\beta \frac{(R_C // R_t)}{R_t} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r_{be}}{R_F} \left( 1 + \frac{\beta(R_C // R_t)}{r_{be}} \right)}$$

- Hệ số KĐ điện áp  $K_u$ :

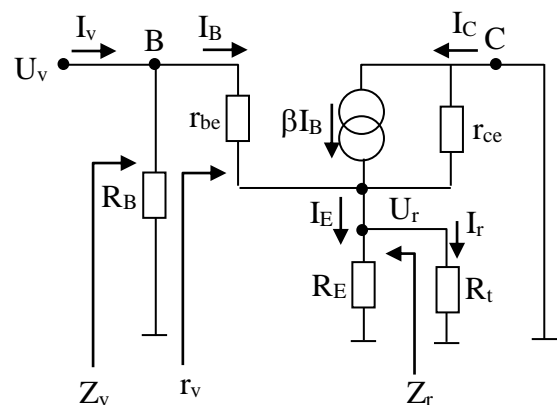
$$K_u = \frac{U_r}{U_v} = -\beta \frac{R_C // R_t}{r_{be}}$$

## 2.2. Mạch khuếch đại Colectơ chung (CC).

Sơ đồ mạch:



Sơ đồ tương đương:



Từ sơ đồ tương đương, ta tính các tham số cơ bản của mạch.

Trở kháng vào  $Z_v$ :

$$Z_v = \frac{U_v}{I_v} = R_B // r_v$$

Trong đó:  $R_B = R_1 // R_2$

$$r_v = \frac{U_B}{I_B} = \frac{I_B r_{be} + (1 + \beta) I_B (R_E // R_t)}{I_B} = r_{be} + (1 + \beta) (R_E // R_t)$$

- Trở kháng ra  $Z_r$ :

Khi  $U_v = 0 \Rightarrow Z_r \approx R_E$ .

- Hệ số khuếch đại dòng điện  $K_i$ :



$$K_i = \frac{I_r}{I_v} = \frac{I_r}{I_E} \frac{I_E}{I_B} \frac{I_B}{I_v}$$

Ta có:

$$I_r R_t = I_E (R_E // R_t) \Rightarrow \frac{I_r}{I_E} = \frac{R_E // R_t}{R_t}$$

$$\frac{I_E}{I_B} = 1 + \beta$$

$$I_B r_v = I_v (R_B // r_v) \Rightarrow \frac{I_B}{I_v} = \frac{R_B // r_v}{r_v}$$

$$\Rightarrow K_i = \frac{I_r}{I_v} = (1 + \beta) \frac{R_B // r_v}{r_v} \cdot \frac{R_E // R_t}{R_t}$$

- Hệ số khuếch đại điện áp  $K_u$ :

$$K_u = \frac{U_r}{U_v} = \frac{I_r R_t}{I_v (R_B // r_v)} = K_i \frac{R_t}{R_B // r_v} = (1 + \beta) \frac{R_E // R_t}{r_v}$$

Nếu  $r_{be} \ll (1 + \beta)(R_E // R_t)$  thì  $r_v \approx (1 + \beta)(R_E // R_t)$

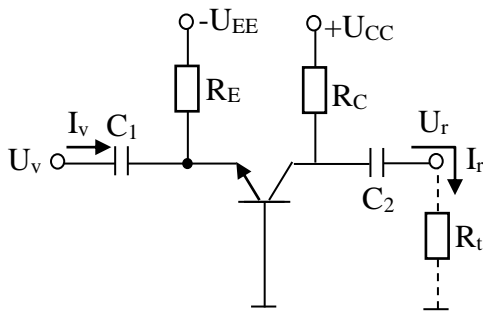
$$\Rightarrow K_u \approx 1$$

Vậy, mạch khuếch đại CC có trở kháng vào lớn, trở kháng ra nhỏ và có hệ số khuếch đại điện áp  $K_u \approx 1$  nên thường được sử dụng để phối hợp trở kháng. Hiệu quả của mạch có thể đạt được tương đương với một biến áp.

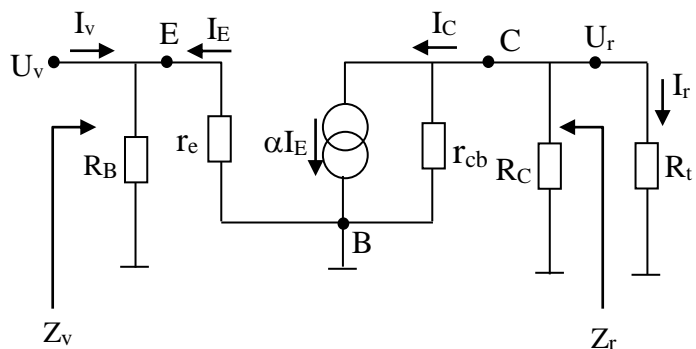
### 2.3. Mạch khuếch đại Bazo chung (BC).

Giống như sơ đồ EC, trong sơ đồ BC để có chế độ tĩnh mong muốn, có thể đưa vào Emitơ dòng một chiều thích hợp nhờ nguồn dòng hoặc dùng hồi tiếp âm điện áp một chiều hoặc mắc nối tiếp với Emitơ một điện trở để tạo hồi tiếp âm dòng điện một chiều.

Sơ đồ mạch:



Sơ đồ tương đương:



Từ sơ đồ tương đương, ta tính các tham số cơ bản của mạch.

- Trở kháng vào  $Z_v$ :  $Z_v = R_E // r_e$ .

- Trở kháng ra  $Z_r$ :

$$\text{Khi } U_v = 0 \Rightarrow I_E = 0 \Rightarrow \alpha I_E = 0 \Rightarrow Z_r \approx R_C.$$

- Hệ số khuếch đại dòng điện  $K_i$ :

$$K_i = \frac{I_r}{I_v} = \frac{I_r}{I_C} \cdot \frac{I_C}{I_E} \cdot \frac{I_E}{I_v}$$

Mà:

$$I_r R_t = -I_C (R_E // R_t) \Rightarrow \frac{I_r}{I_C} = -\frac{R_E // R_t}{R_t}$$

$$\frac{I_C}{I_E} = \alpha$$

$$-I_E r_e = I_v (R_E // r_e) \Rightarrow \frac{I_E}{I_v} = -\frac{R_E // r_e}{r_e}$$

$$\Rightarrow K_i = \frac{I_r}{I_v} = \alpha \frac{R_E // r_e}{r_e} \cdot \frac{R_E // R_t}{R_t}$$

- Hệ số khuếch đại điện áp  $K_u$ :

$$K_u = \frac{U_r}{U_v} = \frac{I_r R_t}{I_v (R_E // r_e)} = K_i \frac{R_t}{R_E // r_e} = \alpha \frac{R_E // R_t}{r_e}$$

Vậy mạch KĐ BC có trở kháng vào nhỏ, trở kháng ra lớn và hệ số khuếch đại dòng điện nhỏ, còn hệ số khuếch đại điện áp lớn.

## II. MẠCH KHUẾCH ĐẠI DÙNG TRANSISTOR TRƯỜNG FET.

### 1. Mạch cung cấp và ổn định chế độ công tác.

Ở chế độ tĩnh, điện áp  $U_{GS}$  điều khiển dòng một chiều  $I_D$  theo công thức:

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_P} \right)^2$$

Khi thay đổi điện áp  $U_{GS}$  sẽ làm thay đổi dòng cực máng  $I_D$ , sự thay đổi này được đặc trưng bởi độ dẫn  $g_m$ :

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}}$$

Ta có:

$$g_m = \left. \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} \right|_P = \frac{dI_D}{dU_{GS}} = \frac{d}{dU_{GS}} \left[ I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_P} \right)^2 \right] = \frac{2I_{DSS}}{|U_P|} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_P} \right).$$

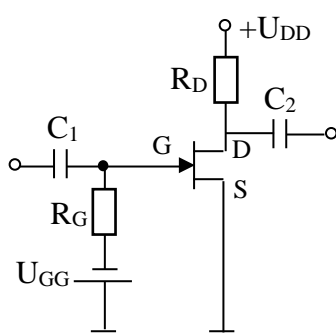
Khuếch đại dùng FET có độ lợi điện áp tốt với đặc trưng trở kháng đầu vào cao nên chúng được sử dụng trong các sơ đồ có tiêu hao năng lượng thấp với dải tần số thích hợp và kích thước, trọng lượng nhỏ.

Biến đầu vào điều khiển cho transistor lưỡng cực BJT là dòng điện, còn transistor trường FET là điện áp.

Ta xét các mạch cung cấp và ổn định điểm làm việc của transistor trường JFET:

### 1.1. Mạch phân cực cố định.

Sơ đồ mạch:



Ở chế độ tĩnh (khi chưa có tín hiệu xoay chiều):

$$I_G = 0 \quad (A)$$

$$U_G = I_G R_G = 0 \cdot R_G = 0 \quad (V)$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 2, ta có:

$$-U_{GG} - U_{GS} = 0 \Rightarrow U_{GS} = -U_{GG}$$

Vì  $U_{GG}$  là nguồn một chiều ổn định nên  $U_{GS}$  cũng không thay đổi. Do đó, ta gọi là phân cực cố định.

Dòng cực máng  $I_D$  được tính theo công thức:

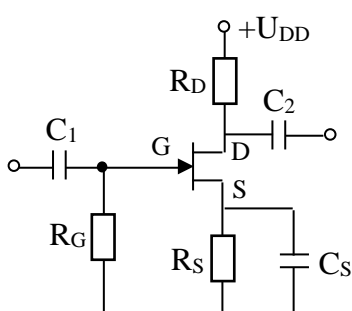
$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_p} \right)^2$$

Do  $U_{GS} = -U_{GG}$  nên trên đường đặc tuyến truyền đạt xác định mức  $I_D$  tương ứng.

Ta có:  $U_{DS} = U_{DD} - I_D R_D$ . Đây là phương trình đường tải tĩnh.

### 1.2. Mạch phân cực tự động (tự phân cực).

Sơ đồ mạch:



Ở chế độ tĩnh, tụ điện có thể thay thế bằng hở mạch (không có dòng qua tụ) và điện trở  $R_G$  bị ngắn mạch, vì

$$I_G = 0 \text{ A.}$$

$$\text{Ta có: } U_S = I_D R_S$$

$$-U_{GS} - U_S = 0$$

$$\Rightarrow U_{GS} = -U_S = -I_D R_S.$$

$$\text{Mà: } I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_p} \right)^2 = I_{DSS} \left( 1 + \frac{I_D R_S}{U_p} \right)^2.$$

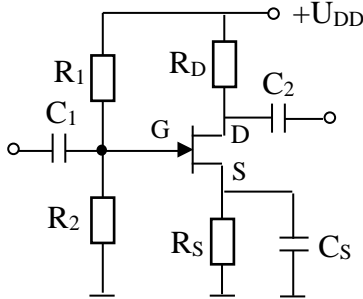
$\Rightarrow$  Xác định được đặc tuyến tĩnh.

Ta có:

$$U_{DS} = U_{DD} - U_{R_D} - U_{R_S} = U_{DD} - I_D(R_D + R_S)$$

### 1.3. Mạch phân áp.

Sơ đồ mạch:



Khi  $I_G = 0$  A thì  $I_{R_1} = I_{R_2}$ .

Ta có: 
$$U_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{DD}.$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 2, ta có:

$$U_G - U_{GS} - U_{R_S} = 0.$$

Mà: 
$$U_{R_S} = I_S R_S = I_D R_S$$

$$\Rightarrow U_{GS} = U_G - I_D R_S.$$

Mà: 
$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_p} \right)^2.$$

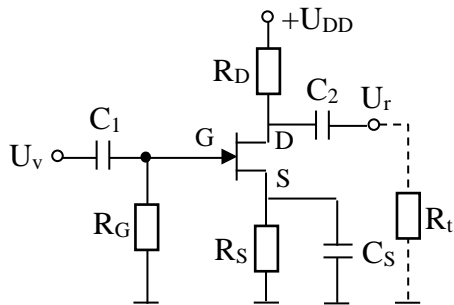
Ta có:

$$U_{DS} = U_{DD} - U_{R_D} - U_{R_S} = U_{DD} - I_D(R_D + R_S).$$

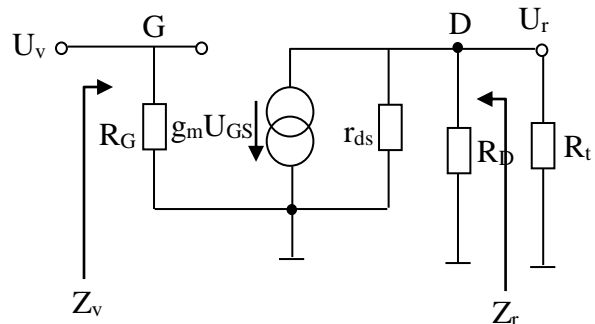
## 2. Mạch khuếch đại dùng transistor trường.

### 2.1. Mạch khuếch đại Source chung (SC).

Sơ đồ mạch:



Sơ đồ tương đương:



- Trở kháng vào:  $Z_v = R_G.$

- Trở kháng ra:

Khi  $U_v = 0V \Rightarrow U_{GS} = 0 \Rightarrow g_m U_{GS} = 0 \Rightarrow Z_r = R_D // r_{ds} \approx R_D$

- Hệ số khuếch đại điện áp  $K_u$ :

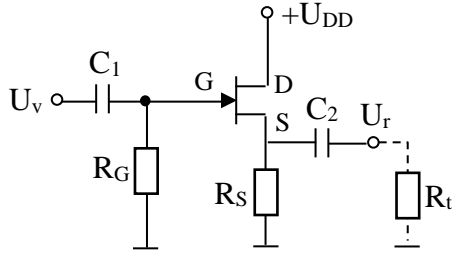
$$K_u = \frac{U_r}{U_v}$$

Ta có: 
$$U_r = -g_m U_{GS} (R_D // R_t).$$

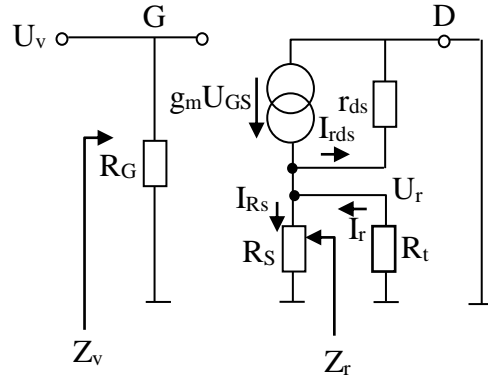
$$\begin{aligned} \text{Mà: } U_{GS} &= U_v. \\ \Rightarrow U_r &= -g_m U_v (R_D // R_t) \\ \Rightarrow K_u &= \frac{U_r}{U_v} = -g_m (R_D // R_t) \end{aligned}$$

## 2.2. Mạch khuếch đại Drein chung (DC).

Sơ đồ mạch:



Sơ đồ tương đương:



- Trở kháng vào:  $Z_v = R_G$ .
- Trở kháng ra: Khi  $U_v = 0 \text{ V} \Rightarrow$  cực G coi như nối đất  $\Rightarrow U_r = -U_{GS}$ .

Áp dụng định luật Kirchoff 1, ta có:

$$\begin{aligned} I_r + g_m U_{GS} &= I_{r_{ds}} + I_{R_s} = \frac{U_r}{r_{ds}} + \frac{U_r}{R_s} \\ \Rightarrow I_r &= U_r \left( \frac{1}{r_{ds}} + \frac{1}{R_s} \right) - g_m U_{GS} = U_r \left( \frac{1}{r_{ds}} + \frac{1}{R_s} \right) + g_m U_r = U_r \left( \frac{1}{r_{ds}} + \frac{1}{R_s} + g_m \right) \\ \Rightarrow Z_r &= \frac{U_r}{I_r} = 1 / \left( \frac{1}{r_{ds}} + \frac{1}{R_s} + g_m \right) = r_{ds} // R_s // (1/g_m) \end{aligned}$$

- Hệ số khuếch đại điện áp  $K_u$ :

$$K_u = \frac{U_r}{U_v}$$

Ta có:  $U_r = g_m U_{GS} (R_s // r_{ds} // R_t)$ .

Mà:  $U_v = U_{GS} + U_r \Rightarrow U_{GS} = U_v - U_r$

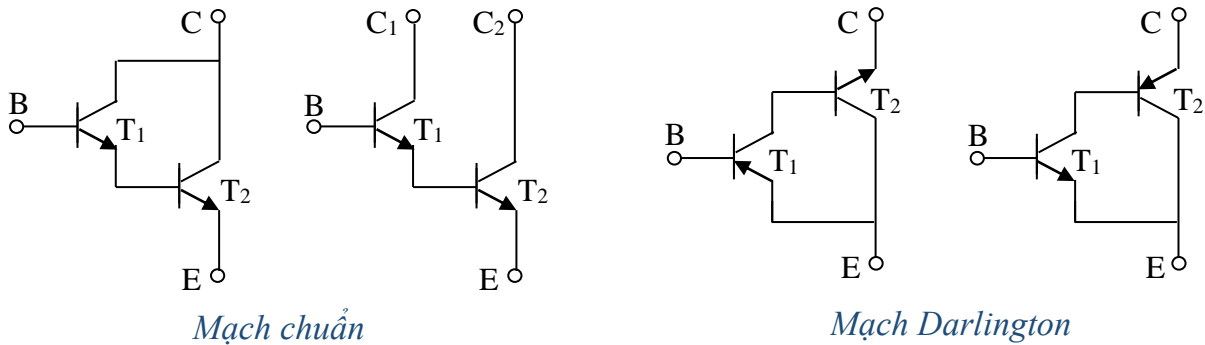
$$\begin{aligned} \Rightarrow U_r &= g_m (U_v - U_r) (R_s // r_{ds} // R_t) \\ &= g_m U_v (R_s // r_{ds} // R_t) - g_m U_r (R_s // r_{ds} // R_t) \\ \Rightarrow K_u &= \frac{U_r}{U_v} = \frac{g_m (R_s // r_{ds} // R_t)}{1 + g_m (R_s // r_{ds} // R_t)} \end{aligned}$$

### III. CÁC SƠ ĐỒ ĐẶC BIỆT.

#### 1. Sơ đồ Darlington.

Trong nhiều trường hợp, đặc biệt trong mạch lặp Emitter, hệ số khuếch đại dòng điện không đủ lớn hoặc khi yêu cầu tăng trở kháng vào của mạch, có thể tổ hợp một số transistor thành sơ đồ Darlington để thỏa mãn yêu cầu đó.

Có nhiều cách mắc hai transistor thành sơ đồ Darlington:



Quan hệ giữa dòng điện ra  $I_C$  và dòng điện vào  $I_B$  của sơ đồ Darlington chuẩn:

Ta có:

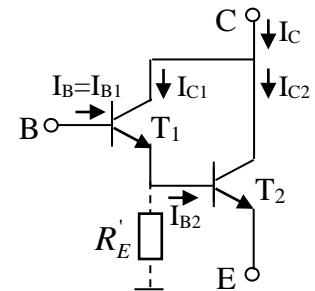
$$\begin{aligned}
 I_{C1} &= \beta_1 I_{B1} + I_{CEo1} \\
 I_{C2} &= \beta_2 I_{B2} + I_{CEo2} = \beta_2 I_{E1} + I_{CEo2} \\
 \Rightarrow I_C &= I_{C1} + I_{C2} = \beta_1 I_{B1} + I_{CEo1} + \beta_2 I_{E1} + I_{CEo2}
 \end{aligned}$$

Mà:

$$\begin{aligned}
 I_{E1} &= (1 + \beta_1)(I_{B1} + I_{CBo}) \\
 \Rightarrow I_C &= \beta_1 I_{B1} + I_{CEo1} + \beta_2 (1 + \beta_1)(I_{B1} + I_{CBo}) + I_{CEo2}
 \end{aligned}$$

Giả thiết  $\beta_1, \beta_2 \gg 1$ , ta có biểu thức gần đúng:

$$I_C \approx \beta_1 \beta_2 (I_{B1} + I_{CBo}) + I_{CEo1} + I_{CEo2}.$$



Nhận xét:

- Sơ đồ Darlington có dòng điện dư lớn hơn sơ đồ dùng một transistor, vì dòng điện dư của  $T_1$  được  $T_2$  khuếch đại. Nếu mắc ba transistor thành sơ đồ Darlington thì dòng dư lại được  $T_3$  tiếp tục khuếch đại lên. Vì vậy trong thực tế, rất ít khi dùng sơ đồ có ba transistor trở lên.
- Vì các tiếp giáp bazơ - emitter của hai transistor nối tiếp, nên điện áp một chiều bazơ - emitter của sơ đồ Darlington cũng như mức trôi của điện áp này lớn gấp đôi so với trường hợp dùng một transistor.

- Để có hồ dẫn lớn, thường chọn  $I_{B1} > I_{B2}$ . Điều này đạt được bằng cách đưa vào emitor  $T_1$  một nguồn dòng hoặc mắc thêm  $R'_E$ .  $R'_E$  phải có trị số lớn hơn  $r_{be2}$  nhiều, sao cho toàn bộ dòng tín hiệu  $I_{E1}$  đi vào bazơ của  $T_2$ .

## 2. Sơ đồ bộ khuếch đại vi sai.

Trong các bộ khuếch đại tín hiệu xoay chiều, người ta không quan tâm đến hiện tượng trôi, vì qua phần tử ghép điện dung, trôi không được đưa đến đầu ra. Trôi chỉ làm thay đổi hệ số khuếch đại của mạch. Ảnh hưởng này có thể khắc phục được bằng hồi tiếp âm.

Còn trong các bộ khuếch đại tín hiệu một chiều, trôi cũng được khuếch đại và đưa đến đầu ra như tín hiệu. Vì vậy, trong trường hợp này phải tìm cách giảm trôi. Trong thực tế, không thể tác động trực tiếp vào transistor để giảm trôi được, nên người ta dùng bộ khuếch đại vi sai.

Bộ khuếch đại vi sai khuếch đại hiệu hai điện áp đặt ở đầu vào, do đó điện áp ra của nó chỉ chịu ảnh hưởng của hiệu các điện áp trôi của transistor. Do đó, bộ khuếch đại vi sai có mức trôi rất thấp. Trường hợp mạch hoàn toàn đối xứng thì trôi được khử hoàn toàn. Để phát huy ưu điểm đó của mạch, người ta không những dùng bộ khuếch đại vi sai để khuếch đại hiệu hai điện áp mà còn để khuếch đại một điện áp. Điện áp đó được đưa đến một đầu vào, đầu vào thứ 2 được nối đất.

### 2.1. Sơ đồ và tham số cơ bản.

Bộ khuếch đại vi sai là một bộ khuếch đại tín hiệu một chiều đối xứng, có hai đầu vào và hai đầu ra.

Sơ đồ dùng transistor lưỡng cực:

Tín hiệu vào:  $U_{V1}$  và  $U_{V2}$ .

Tín hiệu ra:  $U_{r1}$  và  $U_{r2}$ .

Nguyên lý cầu cân bằng:  $T_1 \equiv T_2$ .

$$R_{C1} = R_{C2} = R_C.$$

Điện áp vào được chia làm hai thành phần:

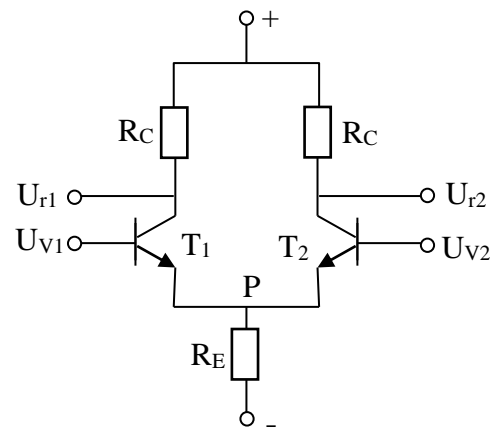
- Điện áp vào đồng pha:  $U_{cm}$ .

$$U_{cm} = \frac{U_{V1} + U_{V2}}{2}.$$

- Điện áp vào hiệu  $U_d$ .

$$U_d = U_{V1} - U_{V2}.$$

Vì giả thiết mạch hoàn toàn đối xứng nên điện thế emitor (điểm P) luôn luôn không đổi. Do đó, sơ đồ khuếch đại vi sai có thể coi như sơ đồ EC có điện áp vào trên



mỗi transistor là  $U_d/2$ . Để tính hệ số khuếch đại  $K_u$ ,  $K_i$  và trở kháng vào  $Z_V$ , trở kháng ra  $Z_r$  có thể áp dụng các biểu thức của sơ đồ EC.

- Hệ số khuếch đại hiệu:

$$K_{ud} = \frac{U_{r2} - U_{r1}}{U_d} = \frac{U_{rd}}{U_d} \quad \text{với giả thiết } U_{cm} = 0.$$

Ở tần số thấp cũng như ở tần số cao  $K_{ud}$  đều có trị số giống như của mạch EC. Trường hợp cần lấy tín hiệu trên một đầu ra so với đất, ta có hệ số khuếch đại đối với một đầu ra:

$$K_{ud1} = K_{ud2} = \frac{U_{r1}}{U_d} = \frac{U_{rd}}{2U_d} = \frac{K_{ud}}{2}.$$

Khi ở đầu vào chỉ có điện áp đồng pha:  $U_d = 0$  thì  $U_{cm} = U_{V1} = U_{V2}$ : mạch làm việc ở chế độ khuếch đại tín hiệu đồng pha. Lúc này cả hai transistor đều được điều khiển bởi một điện áp có biên độ và pha như nhau. Do mạch đối xứng nên dòng điện trên các cực tương ứng của hai transistor bằng nhau.

- Hệ số nén tín hiệu đồng pha G (CMRR): là tỷ số giữa hệ số khuếch đại hiệu và hệ số khuếch đại đồng pha.

$$G(\text{CMRR}) = \left| \frac{K_{ud}}{K_{cm}} \right| \quad (\text{dB})$$

Để có hệ số nén tín hiệu đồng pha lớn chọn  $R_E$  lớn. Tuy nhiên, không thể chọn  $R_E$  quá lớn sao cho  $I_E R_E$  nhỏ hơn  $(10 \div 15)V$  để đảm bảo điều kiện về công suất tổn hao trên điện trở và điều kiện về nguồn cung cấp  $-U_{EE}$ . Vì vậy trong thực tế, thay cho  $R_E$  người ta dùng một nguồn dòng có điện trở trong lớn và sụt áp trên nó nhỏ.

## 2.2. Hiện tượng trôi.

Trong bộ khuếch đại vi sai, các loại trôi hình thành do những nguyên nhân khác nhau (trôi nhiệt, điện áp nguồn không ổn định, tham số transistor và linh kiện không đối) có trị số như nhau và đặt vào hai transistor đồng pha đều không ảnh hưởng đến tín hiệu ra, vì các loại trôi đó tác dụng vào mạch giống như một điện áp đồng pha.

Trong thực tế, mạch không hoàn toàn đối xứng, do đó sự thay đổi nhiệt độ gây ra một điện áp hiệu (trôi điện áp lệch không):

$$\Delta U_0 = \Delta U_{BE1} - \Delta U_{BE2}$$

Điện áp này tác dụng vào mạch như một tín hiệu. Khi nhiệt độ thay đổi  $1^\circ\text{C}$  thì  $\Delta U_0 \approx 2...3\text{mV}$ . Nếu dòng collector của transistor cũng thay đổi cỡ 10% thì điện áp lệch không đạt tới trị số  $\Delta U_0 \approx 2,5...3\text{mV}$ .

Khi không có tín hiệu vào, trên các đầu vào của bộ khuếch đại có dòng  $I_B$ . Hiệu các dòng điện một chiều:  $I_0 = I_{B1} - I_{B2}$  gọi là dòng lệch không.



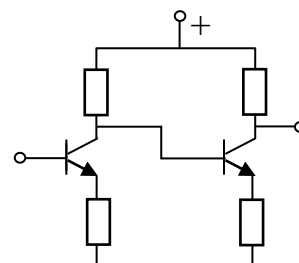
### 3. Sơ đồ mạch ghép giữa các tầng.

Mạch ghép giữa các tầng có nhiệm vụ truyền đạt tín hiệu từ một tầng sang tầng tiếp theo sao cho tổn hao trên nó nhỏ nhất. Vì điện áp ra tầng trước thường khác với điện áp vào tầng tiếp theo, nên ngoài nhiệm vụ truyền đạt tín hiệu, mạch ghép còn có nhiệm vụ dịch mức để phối hợp mức ra tầng trước với mức vào tầng sau.

#### 3.1. Ghép trực tiếp.

Là loại ghép đơn giản nhất. Nó truyền đạt được các tín hiệu một chiều và hay được dùng trong các mạch tổ hợp.

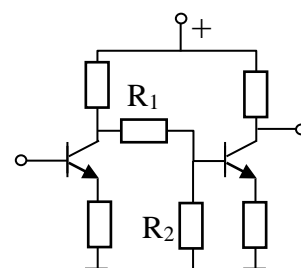
Trong cách ghép này, điện thế bazơ tầng sau phụ thuộc vào điện thế collector tầng trước. Đây là vấn đề cần lưu ý để chọn điểm làm việc tĩnh khi sử dụng loại ghép này.



#### 3.2. Ghép điện trở.

Do có các điện trở  $R_1$ ,  $R_2$  nên trong mạch ghép có tổn hao và nó tạo ra một mức dịch điện áp nào đó. Nếu trong mạch phân áp có thêm phần tử phụ thuộc tần số, thì mạch ghép này có thể tạo nên một hàm truyền đạt tùy ý phụ thuộc tần số.

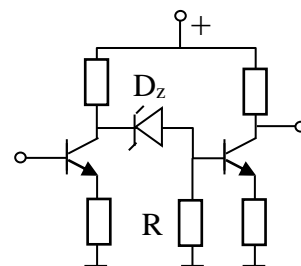
Ghép điện trở ít được dùng trong các mạch tổ hợp, vì các điện trở lớn chiếm thể tích lớn.



#### 3.3. Ghép diode Zener.

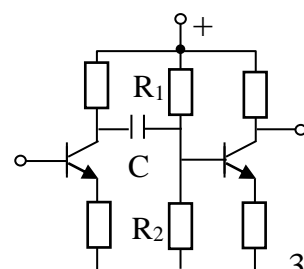
Loại ghép này vẫn tạo ra được một mức dịch điện áp nào đó, trong khi sụt áp trên nó không đáng kể, vì điện trở vi phân của diode Zener nhỏ. Để cho diode luôn làm việc trong khu vực Zener, phải có dòng Zener cỡ 1 mA chạy qua diode.

Ghép diode Zener đắt hơn các loại ghép khác, nên nó ít được dùng. Để giảm giá thành có thể thay diode Zener bởi một hay một số diode thường mắc nối tiếp và được phân cực thuận hoặc dùng mạch ghép transistor có hồi tiếp âm điện áp và giữ cho điện áp ra không đổi. Mạch ghép này thường được dùng trong các tầng đẩy kéo.



#### 3.4. Ghép RC.

Đây là loại ghép được dùng rộng rãi trong các mạch rời rạc. Điện dung ghép ngăn mạch tín hiệu từ đầu ra tầng trước tới đầu vào tầng sau. Điện thế trên đầu ra tầng trước và trên

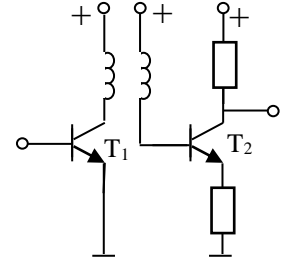


đầu vào tầng sau có thể chọn tùy ý, vì không có dòng một chiều qua tụ ghép.

Nhược điểm cơ bản nhất là mạch không truyền đạt được tín hiệu có tần số thấp và loại này gây ra di pha có thể ảnh hưởng đến tính ổn định của bộ khuếch đại. Nó ít được dùng trong các mạch tổ hợp, vì khó tích hợp được các tụ điện có điện dung lớn.

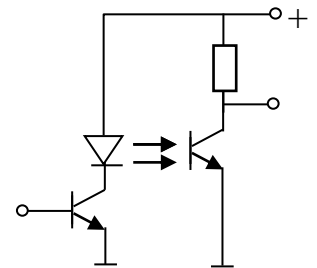
### 3.5. Ghép biến áp.

Đây là một loại ghép cổ nhất. Dùng ghép biến áp có thể cách ly được về điện giữa đầu ra và đầu vào và dễ phối hợp trở kháng. Tuy nhiên, mạch ghép biến áp có dải tần làm việc hẹp, có kích thước và trọng lượng lớn, không thể ghép một chiều và không thể tích hợp được. Vì lý do đó hiện nay nó rất ít được dùng.



### 3.6. Ghép điện quang.

Là một loại ghép điện tử theo kiểu ghép biến áp, nhưng nó có đặc tính tần số thuận lợi hơn ghép biến áp. Nó có thể truyền đạt được từ các tín hiệu một chiều đến các tín hiệu có tần số nằm trong phạm vi GHz. Mạch ghép có thể cách điện được tới vài kV. Nó được dùng chủ yếu để truyền đạt các tín hiệu số. Do phần tử ghép điện quang có sai số phi tuyến tương đối lớn nên độ chính xác của mạch ghép loại này có giới hạn.



## IV. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ TẦNG KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT.

*Tầng khuếch đại công suất có nhiệm vụ đưa ra công suất đủ lớn để kích thích cho tải. Công suất ra của nó cỡ 0,1W ÷ lớn hơn 100W. Công suất này được đưa đến tầng sau dưới dạng điện áp hoặc dòng điện có biên độ lớn. Khi khuếch đại tín hiệu lớn, các transistor không làm việc trong miền tuyến tính nữa, do đó không thể dùng sơ đồ tương đương tín hiệu nhỏ để xét bộ khuếch đại.*

### 1. Các tham số.

- Hệ số khuếch đại công suất  $K_P$ : là tỷ số giữa công suất ra và công suất vào.

$$K_P = \frac{P_r}{P_v}$$

- Hiệu suất  $\eta$ : là tỷ số giữa công suất ra và công suất nguồn cung cấp một chiều.

$$\eta = \frac{P_r}{P_0}$$

Hiệu suất càng lớn thì công suất tổn hao trên collector của transistor càng nhỏ.

Ngoài 2 tham số trên, trong bộ khuếch đại công suất người ta còn quan tâm đến trở kháng vào. Yêu cầu trở kháng vào lớn tương đương với dòng tín hiệu vào nhỏ, nghĩa là mạch phải có hệ số khuếch đại dòng điện lớn.

## 2. Chế độ công tác và định điểm làm việc cho tầng khuếch đại.

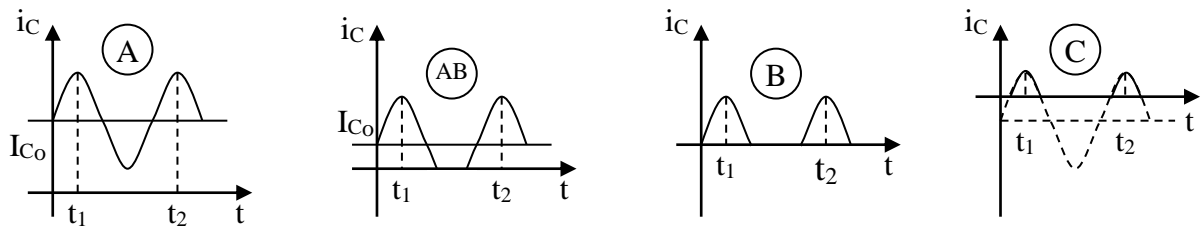
### 2.1. Chế độ công tác.

Tùy thuộc vào chế độ công tác của transistor, tầng khuếch đại công suất có thể làm việc ở các chế độ: A, AB, B và C. Với các chế độ khác nhau, góc cắt  $\theta$  cũng khác nhau.

- **Chế độ A:** Tín hiệu được khuếch đại gần như tuyến tính, thu được cả chu kỳ trên tải. Khi tín hiệu vào hình sin thì dòng tĩnh collector luôn luôn lớn hơn biên độ dòng điện ra. Vì vậy, hiệu suất của bộ khuếch đại chế độ A rất thấp ( $< 50\%$ ). Do đó, chế độ A chỉ được dùng trong trường hợp công suất ra nhỏ ( $P_r < 1W$ ).

**Chế độ AB:** Tín hiệu được khuếch đại hơn 1 nửa chu kỳ. Khi tín hiệu vào hình sin thì dòng tĩnh collector nhỏ hơn biên độ dòng điện ra. Vì vậy, hiệu suất của bộ khuếch đại chế độ AB có thể đạt hiệu suất cao hơn chế độ A ( $< 70\%$ ). Điểm làm việc nằm trên đặc tuyến tải gần khu vực tắt của transistor.

- **Chế độ B:** Tín hiệu được khuếch đại 1 nửa chu kỳ. Điểm làm việc tĩnh được xác định tại  $U_{BE} = 0$ . Chỉ một nửa chu kỳ âm (hoặc dương) của điện áp vào được transistor khuếch đại.
- **Chế độ C:** Tín hiệu được khuếch đại gần 1 nửa chu kỳ. Hiệu suất chế độ C khá cao ( $> 78\%$ ), nhưng méo rất lớn. Nó thường được dùng trong các bộ khuếch đại tần số cao và dùng với tải cộng hưởng để có thể lọc ra được hài bậc nhất như mong muốn. Chế độ C còn được dùng trong mạch logic và mạch khóa.



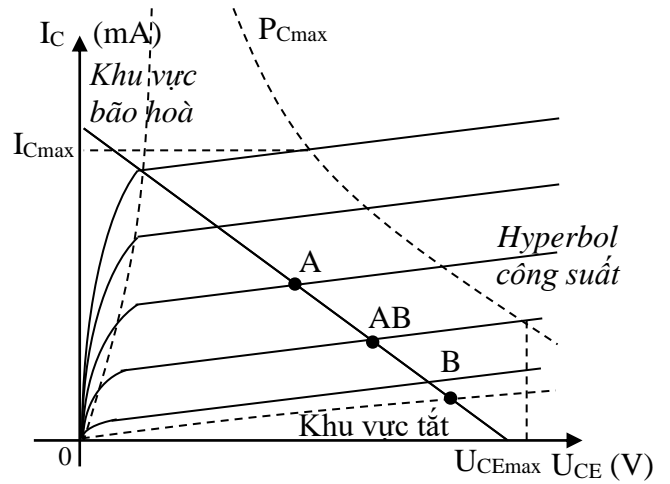
*Dạng dòng điện ra của transistor ứng với các chế độ công tác khác nhau khi điện áp vào hình sin*

### 2.2. Định điểm làm việc.

Điểm làm việc tĩnh được xác định trong khu vực cho phép trên đặc tuyến transistor. Khu vực đó được giới hạn bởi: hyperbol công suất, đường thẳng ứng với dòng collector cực đại, đường thẳng ứng với điện thế collector - emitter cực đại, đường cong phân cách với khu vực bão hòa và đường thẳng phân cách với khu vực tắt của transistor.

Ở chế độ động (khi có tín hiệu vào), điểm làm việc có thể vượt ra ngoài hyperbol công suất (nếu vẫn đảm bảo được điều kiện công suất tổn hao nhỏ hơn công suất tổn hao cho phép), nhưng không được vượt quá các giới hạn khác.

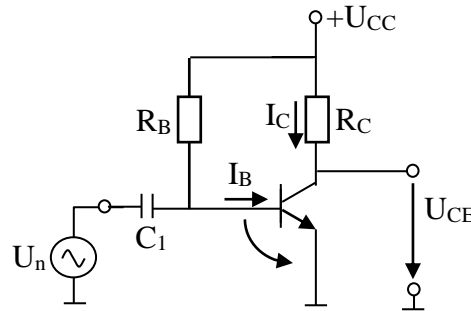
Dùng các biện pháp đã học để cung cấp và ổn định điểm làm việc cho tầng khuếch đại công suất. Tuy nhiên, ít khi dùng điện trở Emitor để ổn định chế độ công tác, vì trong tầng khuếch đại công suất, dòng lớn sẽ gây tổn hao lớn trên điện trở này.



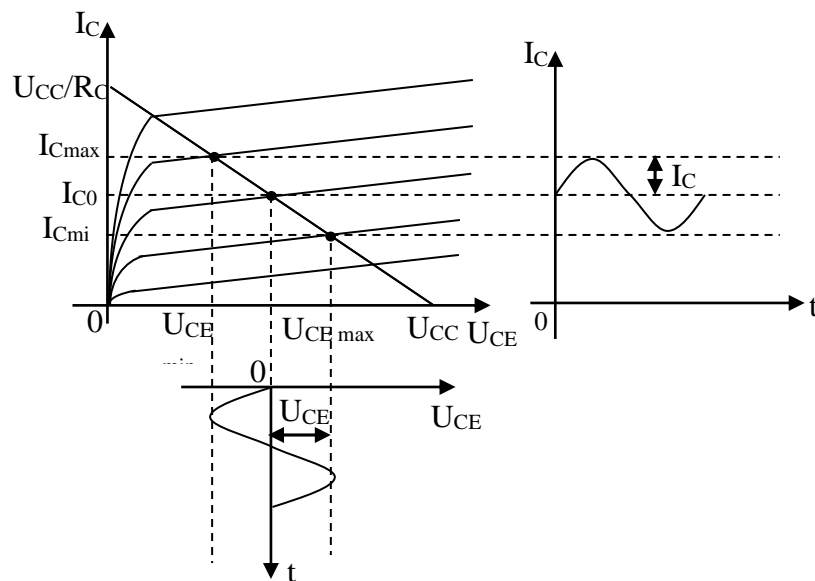
## V. TẦNG KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT.

### 1. Tầng khuếch đại công suất đơn.

Sơ đồ nguyên lý:



Dạng tín hiệu trên đặc tuyến ra:



Khi tín hiệu vào hình sin, công suất ra của tín hiệu được xác định:

$$P_r = \frac{\hat{U}_{CE} \hat{I}_C}{2} = \frac{\hat{I}_C^2 R_C}{2} = \frac{\hat{U}_{CE}^2}{2R_C}$$

Trong đó biên độ  $\hat{U}_{CE}$  và  $\hat{I}_C$ :

$$\hat{I}_C = \frac{I_{C \max} - I_{C \min}}{2} \quad \text{và} \quad \hat{U}_{CE} = \frac{U_{CE \max} - U_{CE \min}}{2}$$

$$\Rightarrow P_r = \frac{(U_{CE \max} - U_{CE \min})(I_{C \max} - I_{C \min})}{8}$$

Vậy khi vẽ được đường tải trên họ đặc tuyến ra, ta hoàn toàn có thể xác định được công suất ra lớn nhất khi có điều kiện sau:

$$U_{CE \max} - U_{CE \min} \approx U_{CC}$$

$$I_{C \max} - I_{C \min} \approx 2I_{C0}$$

$$\text{và } R_{Copt} = \frac{U_{CC}}{2I_{C0}} \quad (\text{Điện trở } R_C \text{ tối ưu}).$$

Lúc đó, công suất ra cực đại:

$$P_{r \max} \approx \frac{U_{CC}^2}{8R_C} \approx \frac{U_{CC} I_{C0}}{4} \quad \text{khi } R_{Copt} = \frac{U_{CC}}{2I_{C0}}$$

Ta nhận thấy rằng: đường tải càng nằm gần hyperbol công suất thì công suất ra càng lớn.

Công suất cung cấp cho mạch:

$$P_0 = U_{CC} I_{C0}$$

Khi tín hiệu vào hình sin thì trị số trung bình của điện áp colector - emitor và dòng colector không đổi. Vì vậy, công suất cung cấp một chiều không phụ thuộc vào mức tín hiệu vào và ra.

Hiệu suất cực đại của mạch:

$$\eta_{\max} = \frac{P_{r \max}}{P_0} 100\% \approx 25\%$$

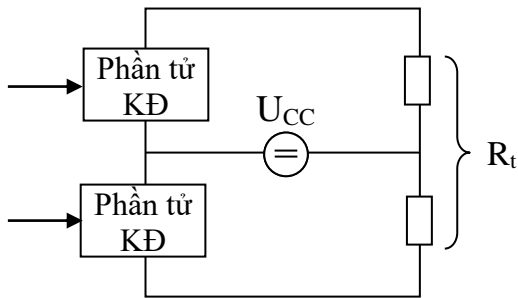
Khi ghép biến áp có thể tăng hiệu suất cực đại lên gấp đôi, vì có thể bỏ qua điện trở một chiều của biến áp, nghĩa là giảm điện áp nguồn cung cấp một chiều của mạch.

## 2. Tầng khuếch đại công suất đẩy kéo.

Để tăng công suất, hiệu suất và giảm méo phi tuyến, ta dùng tầng khuếch đại đẩy kéo. Tầng khuếch đại đẩy kéo là tầng gồm có hai phần tử tích cực mắc chung tải.

## 2.1. Tầng khuếch đại công suất kéo song song.

Sơ đồ cầu:



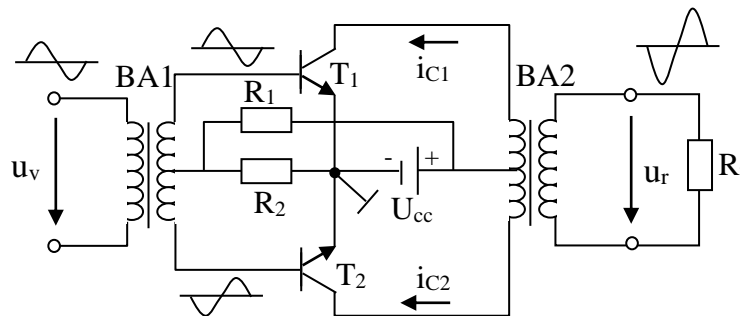
Các phần tử tích cực được mắc trong các nhánh bên trái của sơ đồ cầu. Trong các nhánh phải của cầu là điện trở tải, có điểm giữa nối với nguồn cung cấp mắc trong nhánh chéo của cầu. Do đó, các phần tử tích cực đấu song song về mặt một chiều.

Điện trở  $R_t$  có ý nghĩa khi hai nửa của nó

được liên hệ với nhau nhờ cảm ứng hoặc nhờ sự biến đổi năng lượng sao cho toàn bộ công suất được đưa hết ra một tải chung để tiêu thụ.

Vì vậy, trong sơ đồ này thường dùng mạch ghép biến áp với tải tiêu thụ. Trong đó, cuộn sơ cấp biến áp có điểm giữa nối với nguồn cung cấp, còn cuộn thứ cấp ghép với tải.

- Sơ đồ nguyên lý:



- Chức năng linh kiện:

- +  $T_1, T_2$ : Tầng khuếch đại công suất đẩy kéo song song.
- +  $R_1, R_2$ : Điện trở cầu phân áp, dùng để chọn điểm làm việc cho  $T_1, T_2$ .
- + BA1: Biến áp vào, dùng để tạo tín hiệu đảo pha vào  $T_1, T_2$ .
- + BA2: Biến áp ra, dùng để phối hợp tín hiệu ra trên tải.
- +  $R_t$ : Điện trở phụ tải.

- Nguyên lý làm việc:

Giả sử, tín hiệu vào là tín hiệu hình sin.

+ Ở nửa chu kỳ dương, tín hiệu qua BA1. Ở đầu ra BA1, trên đầu vào  $T_1$  ta thu được nửa chu kỳ dương, còn trên đầu vào  $T_2$  ta thu được nửa chu kỳ âm. Do đó,  $T_1$  mở,  $T_2$  tắt. Khi  $T_1$  mở, có dòng  $i_{c1}$  chạy qua từ  $+U_{cc} \rightarrow$  nửa trên cuộn sơ cấp BA2  $\rightarrow T_1 \rightarrow -U_{cc}$ . Khi có dòng  $i_{c1}$  chạy qua nửa trên cuộn sơ cấp BA2  $\rightarrow$  cảm ứng sang cuộn thứ cấp BA2. Vì vậy, trên tải  $R_t$  ta thu được nửa chu kỳ âm.

+ Ở nửa chu kỳ âm, tín hiệu qua BA1. Ở đầu ra BA1, trên đầu vào  $T_1$  ta thu được nửa chu kỳ âm, còn trên đầu vào  $T_2$  ta thu được nửa chu kỳ dương. Do đó,  $T_1$  tắt,  $T_2$  mở. Khi  $T_2$  mở, có dòng  $i_{C2}$  chạy qua từ  $+U_{CC} \rightarrow$  nửa dưới cuộn sơ cấp BA2  $\rightarrow T_2 \rightarrow -U_{CC}$ . Khi có dòng  $i_{C2}$  chạy qua nửa dưới cuộn sơ cấp BA2  $\rightarrow$  cảm ứng sang cuộn thứ cấp BA2. Vì vậy, trên tải  $R_t$  ta thu được nửa chu kỳ dương.

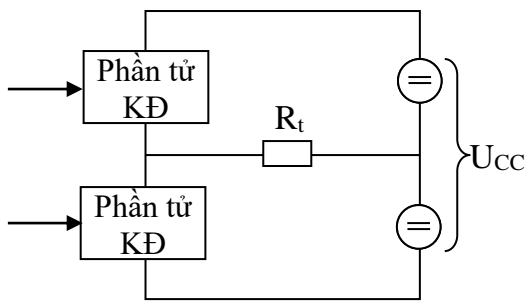
Mặc dù các transistor chỉ mở trong nửa chu kỳ nhưng do tính chất mở luân phiên của nó, nên trên tải ta thu được cả chu kỳ hình sin ở trên tải.

Ngày nay, bộ khuếch đại đẩy kéo song song chỉ còn được dùng trong những trường hợp yêu cầu phải cách điện một chiều đối với tải hoặc yêu cầu mạch cho hiệu suất cao trong khi nguồn cung cấp nhỏ. Sơ đồ đẩy kéo song song có một số nhược

điểm đáng kể do biến áp gây ra như kích thước lớn, giá thành cao, dải tần làm việc hẹp và không thể thực hiện được dưới dạng mạch tích hợp.

## 2.2. Tầng khuếch đại công suất kéo nối tiếp.

Sơ đồ cầu:



Các phần tử tích cực được mắc trong các nhánh bên trái của sơ đồ cầu. Nguồn cung cấp có điểm giữa nối với tải, tải nằm trong nhánh chéo của cầu. Do đó, các phần tử tích cực đầu nối tiếp về mặt một chiều.

Trong sơ đồ này, không cần dùng mạch ghép biến áp.

### a. Tầng KĐCS suất kéo nối tiếp dùng transistor cùng loại.

- Sơ đồ nguyên lý:

Để tạo tín hiệu ngược pha đưa vào bazơ hai transistor  $T_1$  và  $T_2$ , dùng tầng khuếch đại đảo pha  $T_3$ . Thay cho nguồn cung cấp có điểm giữa nối đất, người ta dùng nguồn đối xứng  $\pm U_{CC}$ .

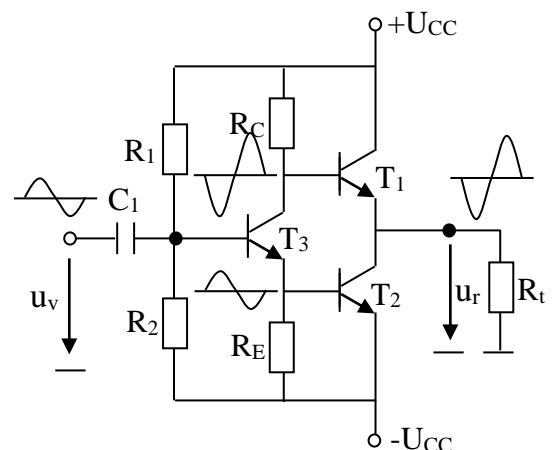
- Chức năng linh kiện:

+  $T_1, T_2$ : Tầng KĐCS đẩy kéo nối tiếp dùng transistor cùng loại.

$T_1$ : mắc theo kiểu CC.

$T_2$ : mắc theo kiểu EC.

+  $T_3$ : Ngoài nhiệm vụ khuếch đại đảo pha, còn làm nhiệm vụ định điểm làm việc cho  $T_1$  và  $T_2$  nhờ điện áp tĩnh trên collector và emitter của nó.



- +  $R_1, R_2$ : Điện trở cầu phân áp, dùng để chọn điểm làm việc cho  $T_3$ .
- +  $R_C$ : Vừa là điện trở chọn điểm làm việc cho  $T_1$  và  $T_2$ , vừa là điện trở tải của  $T_3$ .
- +  $R_E$ : Vừa là điện trở chọn điểm làm việc cho  $T_1$  và  $T_2$ , vừa là điện trở hồi tiếp âm dòng điện dùng để ổn định điểm làm việc cho  $T_3$ .
- +  $C_1$ : Tụ liên lạc đầu vào, dùng để cho tín hiệu xoay chiều đi qua và ngăn sự ảnh hưởng của nguồn một chiều đến nguồn tín hiệu đầu vào.
- +  $R_t$ : Điện trở phụ tải.

- Nguyên lý làm việc:

Điểm làm việc của  $T_3$  được chọn sao cho khi không có tín hiệu vào, điện thế điểm giữa của  $T_1, T_2$  bằng 0. Lúc này sụt áp trên điện trở tải  $R_t$  cũng bằng 0.

Giả sử, tín hiệu vào là tín hiệu hình sin.

+ Ở nửa chu kỳ dương, tín hiệu qua  $C_1 \rightarrow$  cực B của  $T_3$ . Trên cực C của  $T_3$ , tín hiệu được khuếch đại lớn lên và đảo pha, ta thu được nửa chu kỳ âm. Trên cực E của  $T_3$ , tín hiệu không được khuếch đại và ta thu được nửa chu kỳ dương. Do đó,  $T_1$  tắt,  $T_2$  mở. Khi  $T_2$  mở, xuất hiện dòng điện qua tải từ mass  $\rightarrow R_t \rightarrow T_2 \rightarrow -U_{CC}$ . Vì vậy, trên tải  $R_t$  ta thu được nửa chu kỳ âm.

+ Ở nửa chu kỳ âm, tín hiệu qua  $C_1 \rightarrow$  cực B của  $T_3$ . Trên cực C của  $T_3$ , tín hiệu được khuếch đại lớn lên và đảo pha, ta thu được nửa chu kỳ dương. Trên cực E của  $T_3$ , tín hiệu không được khuếch đại và ta thu được nửa chu kỳ âm. Do đó,  $T_1$  mở,  $T_2$  tắt. Khi  $T_1$  mở, xuất hiện dòng điện qua tải từ  $+U_{CC} \rightarrow T_1 \rightarrow R_t \rightarrow$  mass. Vì vậy, trên tải  $R_t$  ta thu được nửa chu kỳ dương.

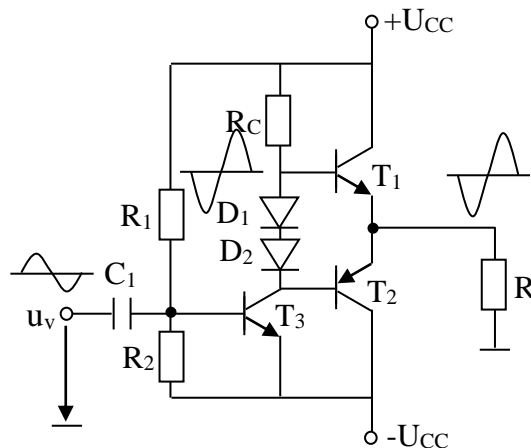
Mặc dù các transistor  $T_1, T_2$  chỉ mở trong nửa chu kỳ nhưng do tính chất mở luân phiên của nó, nên trên tải ta thu được cả chu kỳ hình sin ở trên tải.

Trong kỹ thuật tích hợp không thực hiện được điều đó, vì với sơ đồ trên thường gặp khó khăn trong việc chọn  $R_E$  để thỏa mãn yêu cầu về độ méo và công suất ra. Để khắc phục phần nào khó khăn đó, người ta thay điện trở  $R_E$  bởi một diode D. Diode D làm nhiệm vụ hạn chế điện áp  $U_{BE}$  của  $T_2$ , nhờ đó khắc phục được hiện tượng quá tải của  $T_2$ .

### b. Tầng KĐCS suất kéo nối tiếp dùng transistor khác loại (transistor bù).

➤ Tầng KĐCS đẩy kéo nối tiếp dùng transistor khác loại và hai nguồn cung cấp đối xứng (cung cấp song song):

- Sơ đồ nguyên lý:





- Chức năng linh kiện:

+  $T_1, T_2$ : Tầng KĐCS đẩy kéo nối tiếp dùng transistor khác loại và mắc theo kiểu CC.

+  $T_3$ : Tầng kích mắc theo kiểu EC.

+  $C_1$ : Tụ liên lạc đầu vào, dùng để cho tín hiệu xoay chiều đi qua và ngăn sự ảnh hưởng của nguồn một chiều đến nguồn tín hiệu đầu vào.

+  $R_1, R_2$ : Điện trở cầu phân áp, dùng để chọn điểm làm việc cho  $T_3$ .

+  $R_C$ : Vừa là điện trở chọn điểm làm việc cho  $T_1$  và  $T_2$ , vừa là điện trở tải của  $T_3$ .

+  $D_1, D_2$ : Vừa là định thiên cho  $T_1, T_2$ , vừa là tải của  $T_3$ . Đồng thời bảo vệ tiếp giáp  $J_E$  của  $T_1$  và  $T_2$ .

+  $R_t$ : Điện trở phụ tải.

- Nguyên lý làm việc:

Điểm làm việc của  $T_3$  được chọn sao cho khi không có tín hiệu vào, điện thế emitor của  $T_1, T_2$  bằng 0. Lúc này sụt áp trên điện trở tải  $R_t$  cũng bằng 0.

Giả sử, tín hiệu vào là tín hiệu hình sin.

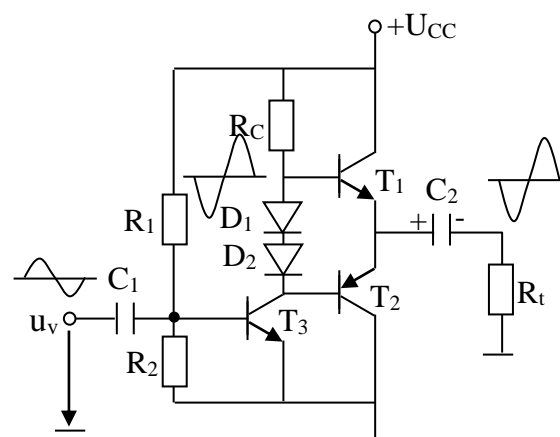
+ Ở nửa chu kỳ dương, tín hiệu qua tụ điện  $C_1$  đến cực B của  $T_3$ . Trên đầu ra của  $T_3$  tín hiệu được khuếch đại lớn lên và đảo pha, ta thu được nửa chu kỳ âm. Do đó,  $T_1$  tắt,  $T_2$  mở. Khi đó  $T_2$  mở, xuất hiện dòng điện qua tải từ mass  $\rightarrow R_t \rightarrow T_2 \rightarrow -U_{cc}$ . Vì vậy, trên tải  $R_t$  ta thu được nửa chu kỳ âm.

+ Ở nửa chu kỳ âm, tín hiệu qua tụ điện  $C_1$  đến cực B của  $T_3$ . Trên đầu ra của  $T_3$  tín hiệu được khuếch đại lớn lên và đảo pha, ta thu được nửa chu kỳ dương. Do đó,  $T_1$  mở,  $T_2$  tắt. Khi đó  $T_1$  mở, xuất hiện dòng điện qua tải từ  $+U_{cc} \rightarrow T_1 \rightarrow R_t \rightarrow$  mass. Vì vậy, trên tải  $R_t$  ta thu được nửa chu kỳ dương.

Mặc dù các transistor  $T_1, T_2$  chỉ mở trong nửa chu kỳ nhưng do tính chất mở luân phiên của nó, nên trên tải ta thu được cả chu kỳ hình sin ở trên tải.

➤ Tầng KĐCS đẩy kéo nối tiếp dùng transistor khác loại và một nguồn cung cấp đơn cực (cung cấp nối tiếp):

- Sơ đồ nguyên lý:



- Chức năng linh kiện:

+  $T_1, T_2$ : Tầng KĐCS đẩy kéo nối tiếp dùng transistor khác loại và mắc theo kiểu CC.

+  $T_3$ : Tầng kích mắc theo kiểu EC.

+  $C_1$ : Tụ liên lạc đầu vào, dùng để cho tín hiệu xoay chiều đi qua và ngăn sự ảnh hưởng của nguồn một chiều đến nguồn tín hiệu đầu vào.

+  $C_2$ : Tụ liên lạc đầu ra, dùng để cho tín hiệu xoay chiều đi ra tải và ngăn sự ảnh hưởng của nguồn một chiều đến phụ tải.

+  $R_1, R_2$ : Điện trở cầu phân áp, dùng để chọn điểm làm việc cho  $T_3$ .

+  $R_C$ : Vừa là điện trở chọn điểm làm việc cho  $T_1$  và  $T_2$ , vừa là điện trở tải của  $T_3$ .

+  $D_1, D_2$ : Vừa là định thiên cho  $T_1, T_2$ , vừa là tải của  $T_3$ . Đồng thời bảo vệ tiếp giáp  $J_E$  của  $T_1$  và  $T_2$ .

+  $R_t$ : Điện trở phụ tải.

- Nguyên lý làm việc:

Điểm làm việc của  $T_3$  được chọn sao cho khi không có tín hiệu vào, điện thế emitor của  $T_1, T_2$  bằng  $U_{cc}/2$ .

Giả sử, tín hiệu vào là tín hiệu hình sin.

+ Ở nửa chu kỳ dương, tín hiệu qua tụ điện  $C_1$  đến cực B của  $T_3$ . Trên đầu ra của  $T_3$  tín hiệu được khuếch đại lớn lên và đảo pha, ta thu được nửa chu kỳ âm. Do đó,  $T_1$  tắt,  $T_2$  mở. Khi  $T_2$  mở, tụ điện  $C_2$  đóng vai trò như nguồn một chiều và phóng điện theo đường từ  $+C_2 \rightarrow T_2 \rightarrow \text{mass} \rightarrow R_t \rightarrow -C_2$ . Vì vậy, trên tải  $R_t$  ta thu được nửa chu kỳ âm.

+ Ở nửa chu kỳ âm, tín hiệu qua tụ điện  $C_1$  đến cực B của  $T_3$ . Trên đầu ra của  $T_3$  tín hiệu được khuếch đại lớn lên và đảo pha, ta thu được nửa chu kỳ dương. Do đó,  $T_1$  mở,  $T_2$  tắt. Khi  $T_1$  mở, tụ điện  $C_2$  nạp điện theo đường từ  $+U_{cc} \rightarrow T_1 \rightarrow C_2 \rightarrow R_t \rightarrow \text{mass}$ . Vì vậy, trên tải  $R_t$  ta thu được nửa chu kỳ dương.

Mặc dù các transistor  $T_1, T_2$  chỉ mở trong nửa chu kỳ nhưng do tính chất mở luân phiên của nó, nên trên tải ta thu được cả chu kỳ hình sin ở trên tải.