

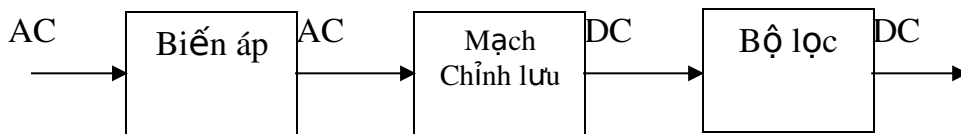
# BÀI 1: CÁC MẠCH CHỈNH LƯU

## I/ Khái quát

### 1/ Định nghĩa:

Bộ chỉnh lưu là bộ biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều, được ứng dụng làm nguồn cấp điện một chiều trong các mạch điện tử. Phần tử chỉnh lưu có thể là Diode hoặc SCR (chỉnh lưu có điều chỉnh).

### 2/ Sơ đồ khối



Biến áp: có nhiệm vụ tăng hoặc giảm điện áp xoay chiều ở ngõ vào để có điện áp một chiều thích hợp ở ngõ ra.

Mạch Chỉnh lưu: biến đổi dòng điện DC thành AC.

Bộ lọc: làm phẳng điện áp, dòng điện DC ở ngõ ra. (gồm các R,L,C)

### 3/ Thông số

Một mạch chỉnh lưu được đặc trưng bằng các thông số như sau:

Điện áp một chiều ngõ ra:  $V_{DC}$

Dòng điện một chiều ngõ ra:  $I_{DC}$

Điện áp hiệu dụng ngõ ra:  $V(rms)$

Dòng điện hiệu dụng ngõ ra:  $I_{rms}$

Công suất một chiều ngõ ra:  $P_{DC} = V_{DC} \times I_{DC}$

Công suất xoay chiều ngõ ra:  $P_{AC} = V(rms) \times I(rms)$

Hiệu suất bộ chỉnh lưu :  $= \frac{P_{DC}}{P_{AC}} \times 100\%$

Điện áp ngõ ra gồm 2 thành phần: thành phần DC và thành phần AC. Thành phần DC (hiệu dụng) ngõ ra là.

$$V_{AC} = \sqrt{V_{rms}^2 + V_{DC}^2}$$

Hệ số gợn sóng ngõ ra (Ripple Factor)

$$K_r = \frac{V_{AC}}{V_{DC}} = \sqrt{\frac{V_{rms}^2}{V_{DC}^2} - 1}$$

Hệ số sử dụng biến áp (Transformer utilization Factor)

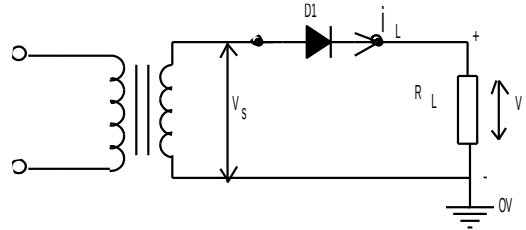
$$K_T = \frac{P_{DC}}{V_S \cdot I_S}$$

Với  $V_S, I_S$  lần lượt là điện áp và dòng điện hiệu dụng ở thứ cấp biến áp, hệ số  $K_T$  đặc trưng cho khả năng của biến áp cung cấp công suất nguồn cho bộ chỉnh lưu so với cung cấp nguồn AC thuần túy.

Một bộ chỉnh lưu lý tưởng khi:  $\eta = 100\%$ ,  $V_{AC} = 0$ ,  $K_r = 0$ ,  $K_T = 1$

## II/ Mạch chỉnh một bán kỳ

### 1/ Mạch điện



### 2/ Phân tích

Nếu  $V_S$  có bán kỳ dương thì Diode phân cực thuận nên dẫn điện dòng điện qua tải chính là dòng qua Diode. Trong bán kỳ âm Diode tắt không có dòng qua tải

Điện áp trung bình trên tải (giả sử Diode lý tưởng  $V_f = 0$ ,  $R_D = 0$ )

$$V_{DC} = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} V_M \sin t \cdot d(t) = \frac{V_M}{\pi} = 0.318 \cdot V_M$$

Với  $V_M$  là biên độ điện áp ngõ vào.

Gọi  $V$  là điện áp hiệu dụng ngõ vào thì:

$$V_{DC} = \frac{V \cdot \sqrt{2}}{\pi} = 0.45 \cdot V$$

Điện áp hiệu dụng ngõ ra:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^{\pi} V_M^2 \sin^2 t \cdot d(t)} = \frac{V_M}{2} = 0.707 \cdot V$$

Tương tự ta có dòng điện trung bình trên tải:

$$I_{DC} = \frac{I_M}{\pi} = \frac{V_M}{\pi R_L} = 0.45 \frac{V}{R_L}$$

Với  $I_M$  là dòng điện đỉnh trên tải.

### 3/ Nhận xét

Dòng điện qua tải chỉ có một bán kỳ, do đó khi phản hồi về cuộn sơ cấp sẽ gây méo dạng sóng

Dòng điện chạy qua máy biến thế là dòng điện một chiều, nên gây ra từ bão hoà, gây nóng máy biến thế, tổn hao công suất

Trường hợp tải có tụ lọc thì tụ sẽ nạp và tích điện khi diode dẫn và xả qua tải khi diode ngưng dẫn. Nếu tụ đủ lớn thì điện áp trên tải có giá trị sấp xỉ bằng biên độ điện áp xoay chiều

$$V_{DC} \text{ (có tụ lọc)} = V_m = \sqrt{2} V$$

Điện áp ngược trên diode bằng 2 lần giá trị biên độ

$$V_{ngược \text{ diode}} = 2V_{Max}$$

Khi chọn Diode cho mạch chỉnh lưu phải thỏa 2 thông số sau:

Dòng điện đỉnh Diode:

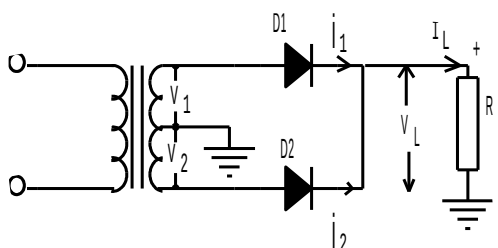
$$I_D > I_M = (1.5 \text{ - } 3)I_M$$

Điện áp ngược đỉnh Diode :

$$V_{ngược} > 2V_M \quad (2.5 \text{ - } 3)V_M$$

## III/ Mạch chỉnh lưu toàn sóng

### 1/ Mạch điện



### 2/ Phân tích

biến áp có chấu giữa làm điểm chung. điện áp ở 2 đầu ngược pha nhau so với điểm chung.

Trong bán kỳ đầu  $V_1$  dương,  $V_2$  âm.  $D_1$  dẫn,  $D_2$  tắt dòng  $i_1$  qua tải. Trong bán kỳ sau  $V_1$  âm  $V_2$  dương,  $D_1$  tắt,  $D_2$  dẫn, dòng  $i_2$  chảy qua tải. Dòng qua tải  $I_L$  chính là tổng 2 dòng điện  $i_1$  và  $i_2$ .

Điện áp trung bình trên tải:

$$V_{DC} = \frac{2}{2} V_M \sin^2 t.d( t) = \frac{2V_M}{2} = 0.9V$$

Điện áp hiệu dụng trên tải:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{2}{2} V_M^2 \sin^2 t.d( t)} = \frac{V_M}{\sqrt{2}} = V$$

Dòng điện trung bình trên tải:

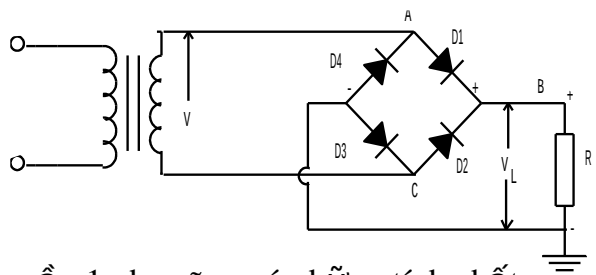
$$I_{DC} = \frac{2I_M}{2} = \frac{2V_M}{R_L} = 0.9 \frac{V}{R_L}$$

Từ các công thức trên ta thấy hệ số gợn sóng trong mạch chỉnh lưu toàn sóng thấp hơn chỉnh lưu 1 bán kỳ. Nên mạch lọc ở ngõ ra đơn giản hơn.

Cách chọn Diode cũng tương tự như mạch chỉnh lưu 1 bán kỳ.

#### IV Mạch chỉnh lưu cầu 1 pha.

##### 1/ Mạch điện.



##### 2/ Phân tích.

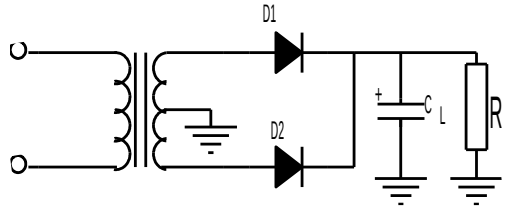
Mạch chỉnh lưu cầu 1 pha cũng có những tính chất giống như mạch chỉnh lưu toàn sóng nhưng không cần biến áp chấu giữa.

Trong bán kỳ đầu: A dương hơn C thì D<sub>1</sub>, D<sub>3</sub> dẫn D<sub>2</sub>, D<sub>4</sub> tắt dòng điện chảy từ A qua D<sub>1</sub> qua R<sub>L</sub> qua D<sub>3</sub> về C. trong bán kỳ sau, V<sub>AC</sub> âm, D<sub>1</sub> D<sub>3</sub> tắt, D<sub>2</sub> D<sub>4</sub> dẫn dòng điện chảy từ C qua D<sub>2</sub> qua tải qua D<sub>4</sub> về A. như vậy trong cả 2 bán kỳ dòng tải theo 1 chiều từ B đến GND. Gọi là mạch chỉnh lưu toàn sóng.

Các công thức áp dụng cho mạch điện chỉnh lưu cầu 1 pha đều đúng với mạch chỉnh lưu toàn sóng.

### 3/ Mạch lọc.

Để giảm độ gợn sóng ngõ ra ta dùng các mạch lọc, là các phần tử R, L, C được chọn có thời hằng thích hợp theo yêu cầu của dòng tải và độ gợn sóng cho phép. Mạch lọc đơn giản là dùng C và R. mạch điện chất lượng hơn cho điện áp ra không còn gợn sóng thì dùng L, C.



Mạch lọc đơn giản dùng một tụ điện

Khi  $D_1$  dẫn tụ  $C_L$  nạp đến giá trị đỉnh  $V_M$ , khi  $D_1$  tắt tụ xả dòng qua tải điệ áp trên C giảm cho đến khi bé hơn giá trị tức thời điện áp xoay chiều trên tải,  $D_2$  dẫn tụ C nạp đến điện áp đỉnh,  $D_2$  tắt, C lại xả dòng qua tải...

Với dạng sóng gợn sóng trên tải gần như hình tam giác. Có giá trị hiệu dụng được tính theo công thức :

$$V_{r(rms)} = \frac{V_r \cdot pp}{2\sqrt{3}}$$

Hệ số gợn sóng sau khi lọc  $K_r$  (hay )

$$K_r = \frac{V_{AC}}{V_{DC}} = \frac{V_r}{V_{DC}} = \frac{1}{4\sqrt{3} R_L f C} \quad (\text{F})$$

Giá trị tụ lọc được tính bằng công thức:

$$C = \frac{1}{4\sqrt{3} R_L f K_r} \quad (\text{F})$$

Với  $f = 50\text{Hz}$ , tụ tính bằng đơn vị F,  $R_L$  tính bằng đơn vị

Ta có thể đơn giản công thức trên thành :

$$C = \frac{2887}{R_L K_r} \quad (\text{F})$$

Điện áp một chiều trung bình ngõ ra được tính là:

$$V_{DC} = V_M - \frac{V_r \cdot PP}{2}$$

Bằng phép tính toán ta có

$$V_{DC} = \frac{4fR_L C}{4fR_L C + 1} V_M$$

Từ công thức tính giá trị tụ lọc và điện áp trung bình trên tải ta nhận thấy: khi tăng  $R_L$  hay  $C$  thì điện áp 1 chiều ngõ ra tăng và gợn sóng giảm. Các công thức trên cho phép ta tính được giá trị tụ lọc để đạt được điện áp DC ngõ ra và dòng tải theo yêu cầu với độ gợn sóng cho phép.

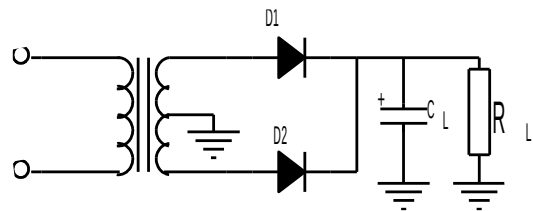
Ví dụ: Tính mạch chỉnh lưu toàn kỳ với:

$$U_1 = 220V$$

$$n_1 = 660 \text{ vòng}$$

$$n_2 = 36 \text{ vòng}$$

$$R_L = 8$$



Từ công thức:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow u_2 = \frac{u_1 n_2}{n_1} = \frac{220}{660} \cdot 36 = 12V$

Amp một chiều trên tải:  $V_L = \sqrt{2} V_{AC} = 1,414 \cdot 12 = 16,8V$

Dòng điện qua tải:  $I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{16,8}{8} = 2A$

$I_D = I_L = 2A$ . chọn  $I_{Dmax} = 1,5 \cdot 3I_L = 3 - 6A$

$V_{D(max)} = 2V_{max} = 2 \cdot 16,8 = 33,6V$ . Chọn  $V_{nguồn} = 2 \cdot 3V_D = 100V$

Chọn điện áp làm việc (WV) của tụ  $WV = (1,5 \cdot 2)V_C = 25V$

Từ công thức:  $C = \frac{1}{4\sqrt{3}R_L f'}$

Ta có:  $f' = 2f = 100Hz$

Đổi hệ số gợn sóng:  $\gamma = 2\% = 0,02$

$C = \frac{1}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 8 \cdot 100 \cdot 0,02} = \frac{1}{108,8} F = 0,00919 F \approx 9000 F$

Chọn  $C = 10.000 F/25V$

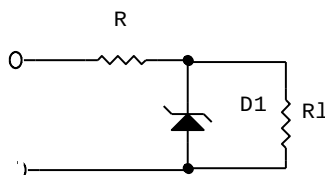
**Bài 2**

# MẠCH ỔN ÁP

Khi nói đến mạch ổn áp ta hiểu là điện áp đầu ra không đổi khi có sự biến động do điện thế vào, do dòng tải, do nhiệt độ v.v ... Nhờ đó làm tăng độ tin cậy của mạch.

**I. Mạch ổn áp song song :**

**1. Mạch ổn áp dùng diode Zener :**



Sơ đồ nguyên lý mạch ổn áp dùng Diode Zener

Hiệu quả ổn áp của Diode Zener được thể hiện tại đoạn đặc tuyến ứng với  $U < U_z$ , lúc này với lượng biến đổi dòng điện  $I$  khá lớn thì biến thiên  $U$  rất nhỏ.

Các diode Zener thường có điện trở động  $R_Z$  rất nhỏ nghĩa là chúng ổn áp tốt.

Nếu áp nguồn tăng thì điện trở đặc tính  $R_Z$  của Zener giảm dòng tăng mạnh qua Zener, lúc này áp chủ yếu rơi trên  $R$  dẫn đến tải được bảo vệ.

Nếu tải  $R_L$  giảm, thì dòng qua tải sẽ tăng dẫn đến điện trở  $R_Z$  tăng bởi dòng qua  $D_Z$  rất nhỏ, dòng nhỏ này qua  $R$  làm điện áp rơi trên  $R$  giảm. Vậy  $R_L$  giảm thì  $I_L$  tăng,  $V_{RL}$  giảm và  $R_Z$  tăng, kéo theo  $I_Z$  giảm,  $V_{RS}$  giảm nên  $V_{out}$  trở về giá trị cũ.

Khi thiết kế mạch này cần phải chú ý 2 vấn đề :

- Diode phải luôn làm việc ở vùng đánh thủng, nếu không sự ổn áp sẽ mất.
- Dòng chảy qua Zener không vượt quá chỉ số tới hạn của nó. Thông số này do nhà sản xuất cung cấp.

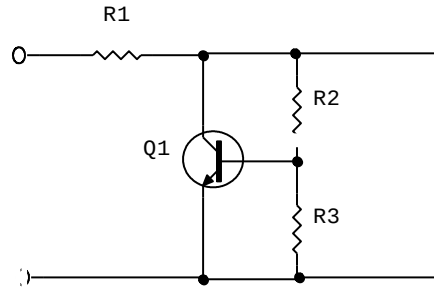
Do đó khi tính toán phải tính trong điều kiện mạch làm việc nặng nề nhất, đó là:

- Tính  $R$  khi điện áp vào nhỏ nhất và dòng tải lớn nhất.
- Tính diode zener khi điện áp vào lớn nhất và dòng tải nhỏ nhất.

Nhược điểm : Khi điện trở tải thay đổi đáng kể thì điện áp ra sẽ có sai số rất lớn. Ngoài ra thông số  $D_Z$  sẽ bị thay đổi do nhiệt độ. Hao phí công suất trên  $R$  và  $R_Z$  khá lớn khi điện áp ngõ vào tăng, và khi dòng tải bằng zêro thì công suất trên diode lớn nhất.

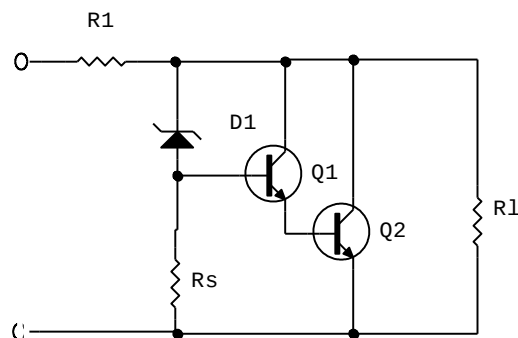
Dựa theo nguyên lý mắc mạch ổn áp song song với tải là rút bớt dòng, giữ điện áp ngõ ra. Ta có các mạch ổn áp cùng dạng như sau:

## 2. Mạch Ổn áp dùng Transistor mắc song song:



Nếu điện trở tăng, điện áp sẽ tăng làm tăng điện áp cực nền Q<sub>1</sub> dẫn mạch, dòng  $I_{CE}$  tăng lên tăng điện áp rơi trên  $R_1$  điện áp ngõ ra trở về giá trị cũ.

Mạch này được cải tiến bằng cách kết hợp 1 Zener



$V_Z$  giữ mức điện áp cực B và cực C của  $T_1$  bằng điện áp đánh thủng của nó. Do đó :

- Nếu  $R_L$  , áp ngõ ra tăng điện áp rơi trên  $R_D$  và  $R_S$  tăng và dòng qua  $D_Z$  tăng, áp tăng rơi chủ yếu trên  $R_S$   $T_1$  dẫn  $I_C$  của  $T_2$  tăng. Điện áp rơi trên  $R_1$  nên ngõ ra điện áp giữ nguyên.

- Nếu  $R_L$  , mạch hoạt động ngược lại, nhưng  $V_{CB}$  của  $T_1$  luôn bằng điện áp đánh thủng của  $D_Z$ . Điện áp ngõ ra giảm  $I_Z$  rất nhỏ điện áp trên  $R_S$  nhỏ, do đó qua  $T_1$  . Dòng nhỏ  $I_C$  chảy qua  $R_1$  nên giảm điện áp rơi trên nó và trả lại mức điện áp trên tải.

Khi không mắc tải vào, transistor phải chịu công suất do nguồn đưa đến. Khi có tải mạch ổn áp phải tiêu thụ 1 phần công suất tối thiểu để duy trì hoạt động của nó. Sự tỏa nhiệt trên  $R_1$  cần hao phí công suất lớn. Người ta cải tiến để đưa những mạch có ưu điểm hơn, như mạch ổn áp nối tiếp.



### 3. Mạch Ổn áp nối tiếp :

Ở đây mạch dùng thêm một transistor để khuếch đại dòng điện. Diode Zener phân cực nghịch trong vùng đánh thủng, dòng ngược này qua điện trở R, và R phải đủ nhỏ, để giữ Zener ở trong vùng đánh thủng. Vì vậy khi điện áp ngõ vào thay đổi,  $V_Z$  vẫn giữ nguyên điện áp  $V_Z$  cố định.

Theo định lý Kirchhoff :  $V_{BE} = V_Z - V_0$

$V_{OUT}$  thay đổi phải gây ra sự thay đổi  $V_{BE}$ , để duy trì sự cân bằng.

Nếu  $V_0$  giảm thì  $V_{BE}$  sẽ tăng, khi  $V_Z = \text{const}$

Nếu  $V_0$  tăng thì  $V_{BE}$  sẽ giảm

- Nếu điện trở tải giảm thì điện áp ngõ ra giảm, nghĩa là dưới mức tích cực làm cho  $V_{BE}$  tăng. Khi điện áp  $V_{BE}$  của transistor tăng thì Tr. dẫn mạnh làm điện trở mỗi nối EC sẽ giảm. Dòng chảy qua mỗi nối EC tăng làm giảm điện áp rơi trên transistor ( $V_{CE}$  giảm), và điện áp ngõ ra về giá trị cũ.

- Khi dòng tải giảm điện áp ngõ ra sẽ tăng,  $V_{BE}$  giảm, transistor dẫn yếu,  $V_{CE}$  tăng lên, điện áp ngõ ra trở về mức bình thường.

- Mạch này có ưu điểm là khi dòng tải nhỏ thì công suất tổn hao trên mạch cũng nhỏ, không như mạch ổn áp mắc song song.

Khi thiết kế mạch phải chú ý đến công suất của transistor.

Do đó khi tính toán phải tính trong điều kiện mạch làm việc nặng nề nhất, đó là:

- Tính giá trị R với điện áp vào nhỏ nhất và dòng tải lớn nhất. tính công suất thì với điện áp vào lớn nhất.

- Tính transistor khi điện áp vào lớn nhất và dòng tải lớn nhất.

**Ví dụ 1 :** thiết kế mạch ổn áp có điện áp vào là từ 10 đến 15V, điện áp ra là 5V, dòng cung cấp cho tải lớn nhất là 100mA.

Chọn Mạch như hình vẽ:

$V_{out} = 5V \quad V_z = V_{out} + 0,6 = 5,6V$

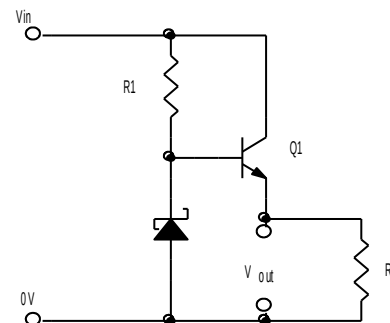
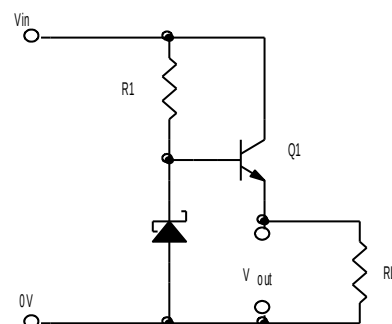
Chọn Dz có  $V_Z = 5,6V$

$I_{R1} = I_z + I_B = 10mA$  (vì dòng  $I_b$  nhỏ, chọn  $I_z$  trong vùng đánh thủng là 10mA)

$$R = \frac{V_{in} - V_Z}{I_R} = \frac{10 - 5,6}{10} = 0,44K$$

Chọn R = 470 hoặc 390

Tính công suất Tr.



$$V_{CE} = V_{IN\ max} - V_{out} = 15 - 5 = 10V$$

$$I_C = I_L = 100mA$$

$$P_{TT} = V_{CE} \cdot I_C = 10 \cdot 100 = 1000mW = 1\ W$$

Chọn Tr. Có

$$V_{Cemax} \quad (1,5 \text{ đến } 3) \quad V_{Ce} = 15V \text{ đến } 30V$$

$$I_{C\ max} \quad (1,5 \text{ đến } 3) \quad I_C = 150mA \text{ đến } 300mA$$

$$P_{max} \quad (1,5 \text{ đến } 3) \quad P_{TT} = 1,5\ W \text{ đến } 3W$$

Tra cứu tìm transistor Tương ứng như: D882 hoặc H1061 phải có phiên tỏa nhiệt cho transistor. Nếu điện áp vào thấp và ít thay đổi thì công suất transistor sẽ nhỏ lại

**Ví dụ 2:** thiết kế mạch Ổn áp có điện áp vào là từ 8 đến 10V, điện áp ra là 5V, dòng cung cấp cho tải lớn nhất là 100mA.

Chọn Mạch như hình vẽ trên

$$V_{out} = 5V \quad V_z = V_{out} + 0,6 = 5,6V$$

Chọn Dz có  $V_z = 5,6V$

$$I_{R1} = I_z + I_B = 10mA \text{ (vì dòng } I_b \text{ nhỏ, chọn } I_z \text{ trong vùng đánh thủng là } 10mA)$$

Chọn R = 220 hoặc 270

Tính công suất Tr.

$$V_{CE} = V_{IN\ max} - V_{out} = 10 - 5 = 5V$$

$$I_C = I_L = 100mA$$

$$P_{TT} = V_{CE} \cdot I_C = 5 \cdot 100 = 500mW$$

Chọn Tr. Có

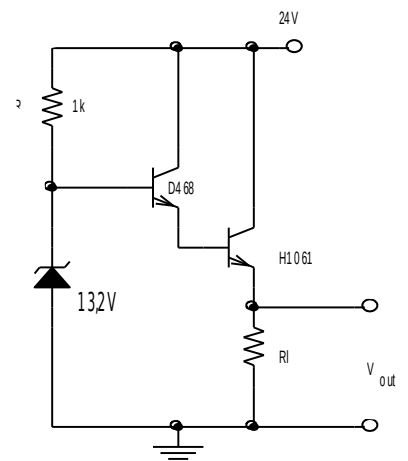
$$V_{Cemax} \quad (1,5 \text{ đến } 3) \quad V_{Ce} = 15V \text{ đến } 30V$$

$$I_{C\ max} \quad (1,5 \text{ đến } 3) \quad I_C = 150mA \text{ đến } 300mA$$

$$P_{max} \quad (1,5 \text{ đến } 3) \quad P_{TT} = 1W \text{ đến } 3W$$

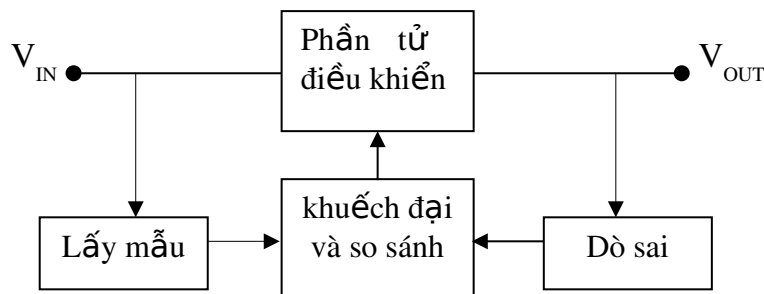
Tra cứu tìm transistor Tương ứng như: D882 hoặc D468.

Nếu cần cung cấp dòng tải lớn (vài Ampe) thì dùng hai transistor ghép darlington, như hình vẽ sau:



#### 4. Mạch Ổn áp hồi tiếp :

Để thỏa mãn các yêu cầu cao hơn về mạch Ổn áp, Ổn dòng cũng như công suất ra, người ta dùng các mạch Ổn áp có hồi tiếp.



#### Các thành phần của Ổn áp:

##### a/ Phần tử Lấy mẫu :

Là phần tử tạo điện áp chuẩn cấp cho mạch so sánh. Để có được sự Ổn định như yêu cầu, phần tử chuẩn phải Ổn định đối với mọi biến đổi của điện áp nguồn và các nhiệt độ tiếp xúc

##### b/ Phần tử dò sai :

Phần tử dò sai lấy ra một mức điện áp bằng điện áp chuẩn khi điện áp ra đúng. Khi có sự thay đổi ở điện áp ra làm cho điện áp hồi tiếp lớn hơn hay nhỏ hơn điện áp chuẩn. Hiệu số điện áp giữa điện áp chuẩn và điện áp mẫu dùng để điều khiển Ổn áp làm cho nó có đáp ứng thích hợp, làm cho điện áp ra đúng lại với yêu cầu

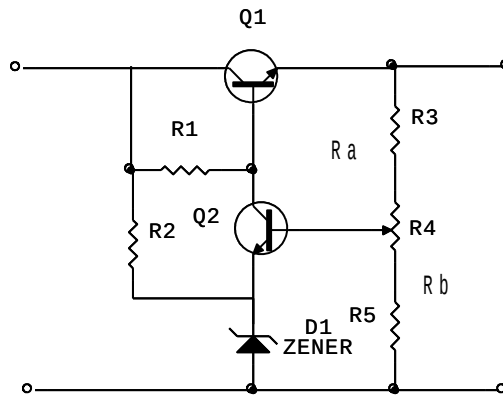
##### c/ So sánh và Khuếch đại :

So sánh điện áp hồi tiếp với điện áp chuẩn. Nó cũng khuếch đại tại mức sai biệt để lái mạch điều khiển để đưa điện áp ra về mức đặt trước

##### d/ Phần tử điều khiển :

Là phần tử sẽ thay đổi theo kiểu Ổn áp thiết kế. Người ta dựa vào phần tử này để phân loại Ổn áp nối tiếp, song song hay xung. Bất cứ sai biệt nào của phần tử điều khiển được bổ chính bằng hồi tiếp từ phần tử lấy mẫu.

Mạch Ổn áp điều chỉnh được :



- $R_a + R_b = R_3 + R_4 + R_5 = \text{const}$
- $V_{B2} = V_Z + V$  (1)
- Dz : thành phần chuẩn
- R2: phân cực cho Dz
- Q1: thành phần Ổn áp
- Q2: so sánh & khuếch đại
- R1: điện trở tải cho Q2
- R3,R4,R5: thành phần lấy mẫu

$$V_h = \frac{R_B}{R_A} V_O \quad (2)$$

từ (1) và (2) ta có:

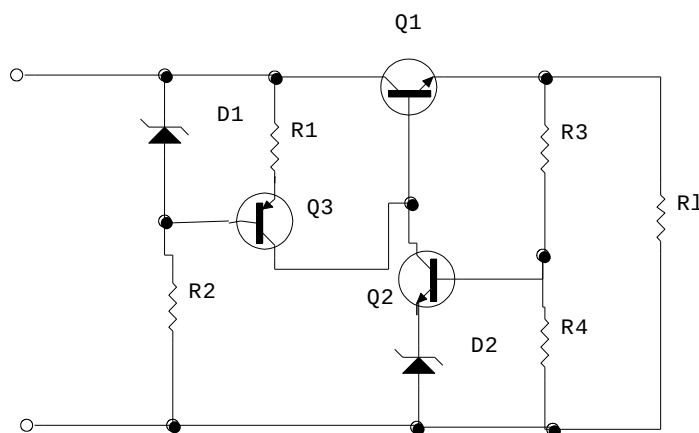
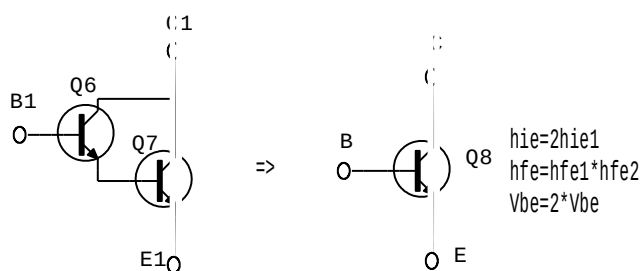
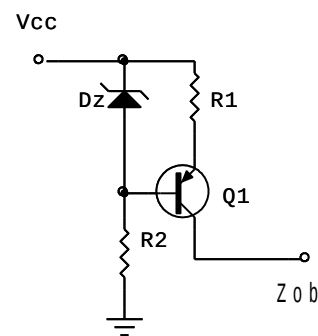
$$V_{B2} = \frac{R_B}{R_3 + R_4 + R_5} V_O$$

$$V_O = \frac{R_3 + R_4 + R_5}{R_B} V_Z + V$$

**Khái niệm nguồn dòng : (nguồn dòng không đổi)**

$$I_{C1} = \frac{V_Z - V_{BE1}}{R_1} \approx \frac{V_Z}{R_1} \approx \text{const}$$

**\* Khái niệm về mạch Darlington:**



Hình trên Transistor Q<sub>1</sub> là phần tử điều khiển, đồng thời làm nhiệm vụ khuếch đại công suất. Transistor Q<sub>1</sub> có thể mắc theo Darlington để tăng hệ số khuếch đại và công suất ra. Transistor Q<sub>2</sub> vừa là phần tử khuếch đại, vừa là phần tử so sánh. Nó được mắc theo kiểu E chung hồi tiếp âm về dòng điện trên Diode Zener ( D<sub>2</sub> ). Transistor Q<sub>3</sub> cùng D<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> tạo thành nguồn dòng, do đó dòng I<sub>C3</sub> không phụ thuộc vào điện áp vào V<sub>1</sub>. Ta có

$$I_{C3} = I_{E3} = \frac{V_{Z2} - V_{BE3}}{R_1} \approx \frac{V_{Z2}}{R_1} \approx \text{const}$$

Do β >> 1 ( hệ số khuếch đại dòng khi mắc B.C ); V<sub>BE3</sub> ≈ 0,7V.

Mặt khác :

$$I_{C3} = I_{B1} + I_{C2} \approx \text{const}$$

Giả sử V<sub>2</sub> giảm, qua bộ phân áp R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> với điều kiện I<sub>R2</sub> >> I<sub>B2</sub>, ta có :

$$V_{B2} = V_{Z1} + V_{BE2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2$$

Nên  $V_{BE2}$  giảm theo, nhưng  $V_{Z1} = \text{const}$  nên  $V_{BE2}$  giảm theo làm  $I_{C2}$  giảm và  $I_{B1}$  tăng do  $I_{C3} = \text{const}$ , dẫn đến  $I_{CE1}$  giảm, làm điện áp ra  $V_2$  tăng trở lại vì  $V_2 = V_1 - V_{CE1}$ .

Điện áp ra được xác định :

$$V_2 = (V_{Z1} + V_{BE2}) \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

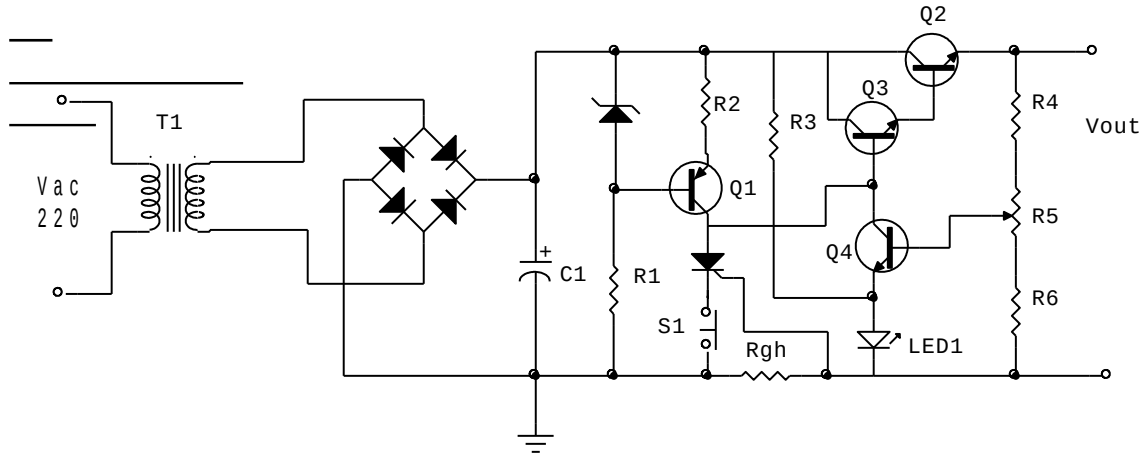
Trong đó  $V_{\text{chuẩn}} = V_{Z1} + V_{BE2}$

$$\text{Nên } V_2 = V_{\text{chuẩn}} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

Vậy nếu thay đổi tỷ số phân áp  $R_1/R_2$  thì sẽ thay đổi được điện áp ra, tức là tính ổn định tỷ số phân áp  $R_1, R_2$  có ảnh hưởng tới tính ổn định của điện áp ra. Vậy để thay đổi điện áp ra ta mắc thêm chiết áp  $R_P$  vào giữa  $R_1$  và  $R_2$  để thay đổi  $\frac{R_1}{R_2}$ .

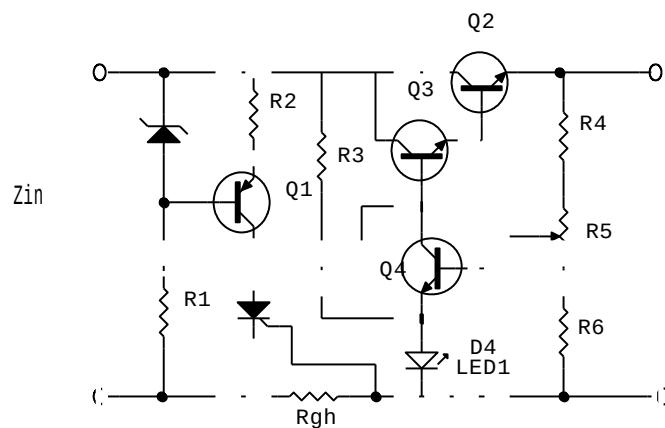
## THIẾT KẾ và TÍNH TOÁN

### SƠ ĐỒ MẠCH ỔN ÁP :



### Các số liệu ban đầu :

- $V_{out} = 1V - 12V$
- $I_{gh} = 1A$
- Có mạch bảo vệ quá dòng



### Nguyên lý hoạt động của mạch bảo vệ

Nếu dòng tải nhỏ hơn  $I_{gh}$  thì  $V_{Rgh} = R_{gh} \cdot I_{gh} < 0,6V \Rightarrow$  SCR không dẫn, mạch hoạt động bình thường.

Nếu dòng tải lớn hơn  $I_{gh}$  thì  $V_{Rgh} = R_{gh} \cdot I_{gh} > 0,6V \Rightarrow$  SCR dẫn  $\Rightarrow V_A = V_K = 0V$ ,  $Q_1$  và  $Q_2$  ngưng dẫn  $\Rightarrow V_o = 0V$ .

S là công tắc thường đóng. Nhấn S để RESET cắt SCR để đưa mạch hoạt động bình thường.

### THIẾT KẾ MẠCH :

Chọn  $V_{in\ max} = \frac{3}{2} V_{o\ max} \Rightarrow V_{i\ max} = 18V$

$V_{i\ min} > V_{o\ max}$

Chọn  $V_{DC} = 18V \rightarrow v_{ac} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{2}} = 12V$  (tại 220V)

$V_{i\ max} \quad V_{DC} + 10\% = 18 + 1,8 = 19,8V \quad 20V$  (khi 220V + 10%)

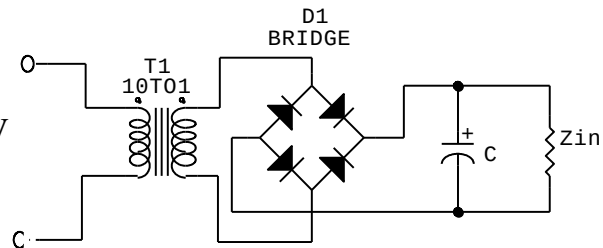
$V_{i\ min} \quad V_{DC} - 10\% = 18 - 1,8 = 16,2V \quad 16V$  (khi 220V - 10%)

### Vậy chọn biến thế :

**Sơ Cấp** : 220V

**Thứ Cấp** : 12V

**Dòng Thứ Cấp** : 3A



$$Z_{in} = \frac{V_{imin}}{I_{gh}} = \frac{16V}{1A} = 16$$

$$C = \frac{1}{4\sqrt{3} \cdot Z_{in} \cdot f} = \frac{1}{4\sqrt{3} \cdot 16 \cdot 100 \cdot 10\%} = 902 \text{ F}$$

với hệ số gợn sóng là 10%,  $f = 100 \text{ Hz}$

Vậy ta chọn  $C = 2200 \text{ F}/25V$

Ta chọn dòng qua  $R_4, R_5, R_6$

$$R_4 \quad R_5 \quad R_6 = \frac{V_o\ max}{I} = \frac{12V}{10mA} = 1,2k$$

mà  $I = \frac{1}{100} I_{gh} = \frac{1A}{100} = 10mA$



ta có :

$$V_{o\min} = 3V \frac{R_4 R_5 R_6}{R_5 R_6} V_{LED} \quad V$$

$$V_{o\max} = 12V \frac{R_4 R_5 R_6}{R_6} V_{LED} \quad V$$

với

$$I_{LED} = 10\text{mA}$$

$$V_{LED} = 1,9\text{V}$$

$$R_6 = R_5 \cdot 1,2\text{K} \frac{1,9\text{V} \cdot 0,6\text{V}}{3\text{V}} \cdot 1000$$

$$R_6 = 1,2\text{K} \frac{1,9\text{V} \cdot 0,6\text{V}}{12\text{V}} \cdot 250$$

$$R_6 = R_5 = R_4 = 1,2\text{K}$$

$$R_6 = R_5 = 1\text{k}$$

$$R_6 = 250$$

Ta chọn:  $R_5 = 1,5\text{K}$

Trên thực tế thay  $R_4$  và  $R_6$  là 2 biến trở khoảng  $1\text{K}$  để chỉnh  $V_{o\max}$  và  $V_{o\min}$  theo yêu cầu mong muốn.

Chỉnh  $V_{R_5}$  đạt max, chỉnh  $V_{R_6}$  để  $V_{o\max} = 12\text{V}$

Chỉnh  $V_{R_5}$  đạt min, chỉnh  $V_{R_4}$  để  $V_{o\min} = 1\text{V}$

$$\begin{aligned} R_4 &= V_{R_4} \cdot 500 \\ \text{Vậy: } R_5 &= V_{R_5} \cdot 1000 \\ R_6 &= V_{R_6} \cdot 500 \end{aligned}$$

$$\diamond I_{e2} = I_{gh} = 1\text{A} \Rightarrow I_{B2} = \frac{I_{E2}}{2} = \frac{1}{20} = 0,05\text{A} \quad (\text{chọn } \beta = 20)$$

$$\Rightarrow I_{B3} = \frac{I_{B2}}{3} = \frac{0,05}{40} = 1,25\text{mA} \quad (\text{chọn } \beta = 40)$$

$$\Rightarrow I_{B4} = \frac{I_{B3}}{4} = \frac{1,25\text{mA}}{50} = 0,025\text{mA} \quad (\text{chọn } \beta = 50)$$

$$I_{C1} = I_{B3} + I_{C4} = 2 \cdot 1,25\text{mA} = 2,5\text{mA}$$

Chọn  $V_{R2} = 1\text{V}$  và  $V_{CE1} = 1\text{V}$

$$R_2 = \frac{V_{R2}}{I_{C1}} = \frac{1\text{V}}{2,5\text{mA}} = 400$$

Chọn  $R_2 = 390$

$$\Rightarrow V_{Dz} = V_{R2} + V_{D1} = 1 + 0,6 = 1,6\text{V}$$

$$\Rightarrow V_{B1} = V_{i\min} - V_{Dz} = 16\text{V} - 1,6 = 14,4\text{V}$$

Ta có:  $I_{Dz} + I_{B1} = I_{R1}$ , giả sử:  $I_{Dz} \gg I_{B1} \Rightarrow I_{R1} = I_{Dz}$

Chọn  $I_{Dz} = 20\text{mA}$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{V_{i\min} - V_{Dz}}{I_{R1}} = \frac{(16 - 1,6)\text{V}}{20\text{mA}} = 720$$

Chọn  $R_1 = 820$

$I_{E3} = I_{LED} - I_{E4} = 10\text{mA} - 1,25\text{mA} = 8,75\text{mA}$

$$\Rightarrow R_3 = \frac{V_{i\min} - V_{LED}}{I_{R3}} = \frac{(16 - 1,9)\text{V}}{8,75\text{mA}} = 1,6\text{k}$$

Chọn  $R_3 = 1,5\text{k}$

$R_7$ : là R hạn dòng qua cổng G của SCR để tránh làm hư SCR

Chọn  $R_7 = 5,6\text{k}$

$$R_{gh} = \frac{0,6\text{V}}{I_{gh}} = \frac{0,6\text{V}}{1\text{A}} = 0,6$$

Chọn  $R_{gh} = 0,5$

Tính toán công suất của  $R_{gh}$ :

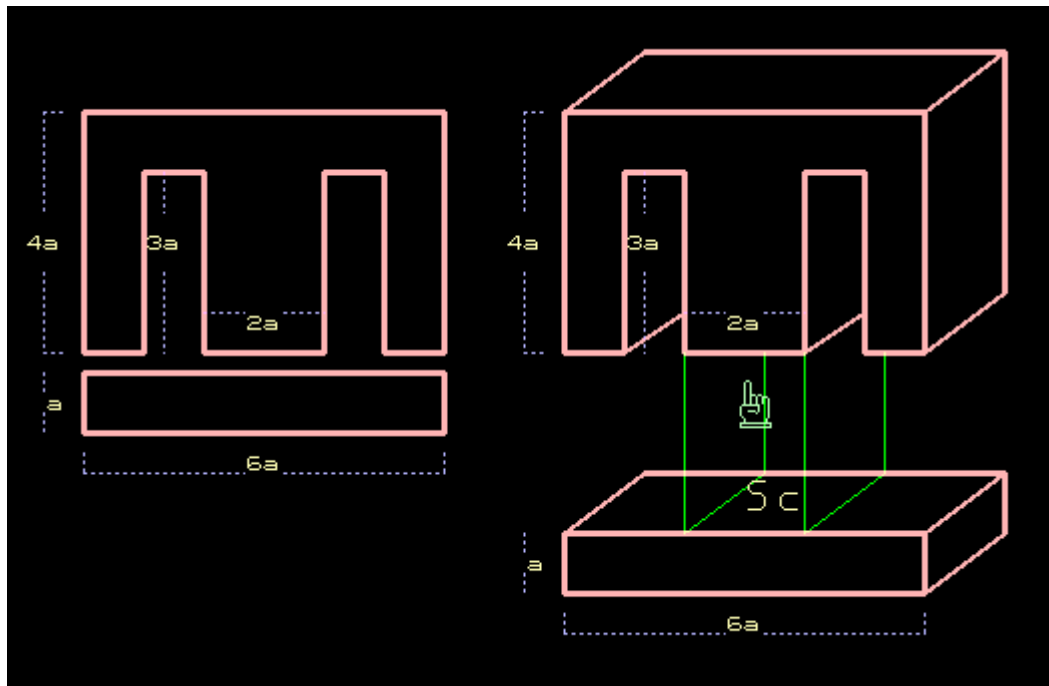
Ta có  $P_{Rgh} = I_{gh}^2 \cdot R_{gh} = 1^2 \cdot 0,5 = 0,5\text{W}$

$\Rightarrow$  để an toàn ta chọn 3W

Chọn BJT của mạch

	$I_{C\max}$	1A			$I_{C\max}$	3A	
$Q_2$	$V_{CE\max}$	$V_{i\max}$	20V	H1061	$V_{CE\max}$	50V	
	$P_{C\max}$	20W			$P_{C\max}$	25W	
$Q_3$	$V_{CE\max}$	40V			$V_{CE\max}$	40V	
$Q_4$	$I_{C\max}$	100mA	2SC1815	$Q_1$	$I_{C\max}$	100mA	2SA1015
	$P_{C\max}$	300mW			$P_{C\max}$	300mW	

THIẾT KẾ MÁY BIẾN ÁP



1. Tổng công suất ở cuộn thứ

$$P_2 = V_{21} \cdot I_{21} = 12V \cdot 3A = 36W$$

2. Lấy hiệu suất  $\eta = 0.85$

ta có công suất ở cuộn sơ là:

$$P_1 = P_2 / \eta = 36W / 0,85 = 42,35W$$

$$P_0 = (P_1 + P_2) / 2 = 40W$$

Dòng qua cuộn sơ cấp:

$$I_1 = P_1 / V_1 = 42,35 / 220 = 0,2A$$

3. Xác định tiết diện lòng dẫn từ:

$$\text{do } S_c = 1,5 \sqrt{P_0} = 1,5 \sqrt{40} \approx 9,5 \text{ cm}^2$$

(Vì  $P_0 = 40W \Rightarrow$  lấy  $k = 1,5$  theo bảng tra)

4. Số vòng ứng với 1 volt ở cuộn sơ :

Lấy  $B = 8000$  Gauss

$$N_0 = \frac{4,5 \cdot 10^5}{B \cdot S_c} = \frac{4,5 \cdot 10^5}{8000 \cdot 9,5} \quad N_0 = 6 \text{ vòng/volt}$$

$$N_0' = 1,05 \cdot N_0 = 6,2 \text{ vòng/volt}$$

5. Số vòng dây quấn ở các cuộn dây:

Ở sơ cấp:

$$N_1 = N_0 \cdot V_1 = 6 \cdot 220 = 1320 \text{ vòng}$$

Ở thứ cấp :

$$N_{21} = N_0' \cdot V_{21} = 6,2 \cdot 12 = 74,5 \text{ vòng}$$

$$d = 0,72\sqrt{I}$$

6. Chọn cỡ dây :

Ở cuộn sơ CẤP:

$$P_1 = I_1 \cdot V_1$$

$$\Rightarrow I_1 = P_1/V_1 = 42,35\text{W}/220\text{V}, I_1 = 0,2\text{A}$$

$$\Rightarrow d_1 = 0,72 \cdot \sqrt{0,2} = 0,322 \text{ mm}$$

Ở cuộn thứ cấp:  $d_2 = 0,72 \cdot \sqrt{I_2} = 0,72 \cdot \sqrt{3} = 1,25 \text{ mm}$

## Chương 2:

# KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ

## Bài 1: CÁC CHỈ TIÊU CƠ BẢN CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI

## I/. Khái niệm chung về tín hiệu.

### 1/. khái niệm

Trong cuộc sống hàng ngày, chúng ta muốn truyền đi tiếng nói, hình ảnh hoặc âm nhạc... gọi chung là tin tức. Người ta phải biến đổi chúng thành điện áp hoặc dòng điện. Dòng điện hay điện áp biến thiên tỉ lệ với lượng thông tin ban đầu ta gọi đó là tín hiệu.

Tín hiệu có hai dạng là tín hiệu Analog và tín hiệu Digital

#### Tín hiệu Analog.

Là tín hiệu biến thiên liên tục, trong một chu kỳ có thể chia thành vô số điểm có điện thế khác nhau, dạng đặc trưng nhất của tín hiệu Analog là tín hiệu hình sin, tín hiệu âm thanh... biểu thức của tín hiệu này có dạng:

$$S(t) = A \sin(\omega t + \phi) = A \cos(\omega t - \phi) \text{ (V)}$$

Trong đó:

A: biên độ

$$\omega = 2\pi f \text{ tần số góc}$$

$\phi$ : góc pha ban đầu của tín hiệu

f: tần số dòng điện (Hz), (Cycle)

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\omega} \text{ là chu kỳ (s)}$$

Theo khai triển chuỗi Fourier: một tín hiệu không tuần hoàn dạng bất kỳ nào cũng có thể coi là tổng của vô số thành phần hình sin gọi là sóng hài có 1 biên độ, 1 tần số và một góc pha nhất định. Thành phần hình sin quan trọng nhất có tần số  $f_0$  gọi là sóng hài bậc nhất (sóng cơ bản) và các thành phần hình sin khác có tần số  $2f_0, 3f_0, \dots, nf_0$  gọi là sóng hài bậc 2, bậc 3... bậc n. Đồ thị sóng hài biểu diễn biên độ sóng hài gọi là phổ tín hiệu. Tùy theo loại tín hiệu mà phổ của chúng là những vạch đứng rời rạc hoặc là những đường cong liên tục.

Ngoài tín hiệu tương tự ra, ta còn có những tín hiệu đột biến. Tồn tại một cách gián đoạn theo thời gian gọi là xung các dạng xung thường gặp như xung vuông, xung hình thang, xung tam giác...

### Tín hiệu Digital: (tín hiệu số)

là những tín hiệu biến thiên không liên tục theo thời gian, trong một chu kỳ chỉ tồn tại hai mức điện áp là mức cao kí hiệu là H và mức thấp kí hiệu là L tương ứng với hai mức trạng thái khác nhau ký hiệu là 1 và 0 (trong hệ logic dương).

## 2 Các thông số đặc trưng cho tín hiệu.

### a/ Độ dài (độ rộng).

Khi biểu diễn trong đồ thị thời gian khoảng thời gian tồn tại của tín hiệu kể từ lúc bắt đầu cho đến khi kết thúc được gọi là độ dài của tín hiệu. Nếu là tín hiệu tuần hoàn độ dài được tín tương ứng với thời gian tồn tại tín hiệu trong một chu kỳ.

### b/ Giá trị trung bình.

Nếu tín hiệu  $S_{(t)}$  xuất hiện tại thời điểm  $t_0$  có độ dài là  $T$  thì giá trị trung bình trong khoảng thời gian  $T$  được xác định:

$$S_{(t)} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} S(t) dt$$

### c/ Năng lượng của tín hiệu.

Thông thường  $S_{(t)}$  đại diện cho một điện áp hay một dòng điện vì vậy năng lượng của tín hiệu trong thời gian tồn tại của nó được xác định theo hệ thức:

$$E_S = \int_{t_0}^{t_0+T} S_{(t)}^2 dt$$

Công suất trung bình hay gọi là năng lượng trung bình trong một đơn vị thời gian sẽ là:

$$S_{(t)} = \frac{E_S}{T} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} S_{(t)}^2 dt$$

Căn bậc 2 của giá trị trung bình, bình phương được gọi là giá trị hiệu dụng của tín hiệu. (đơn vị RMS)

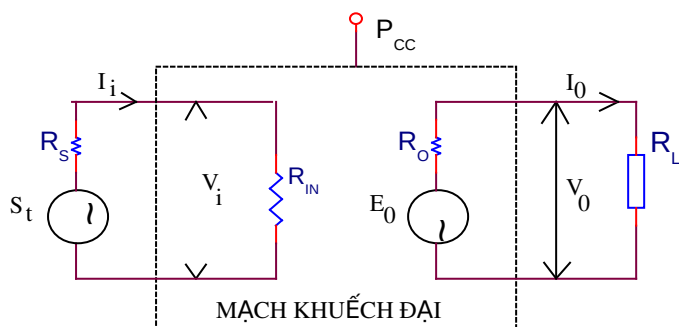
$$S = \sqrt{S_{(t)}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} S_{(t)}^2 dt}$$

vd:  $S_{(t)}$  là tín hiệu hình sin  $S_{(t)} = S_M \sin t$  có  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ , biên độ  $S_M$  thì áp dụng công thức trên ta có giá trị hiệu dụng là:  $S = \frac{S_M}{\sqrt{2}}$  (RMS).

## III. Các thông số của mạch khuếch đại.

### 1/. Khái niệm về mạch khuếch đại.

Khuếch đại: (Amplifier) nghĩa là quá trình biến đổi tín hiệu có công suất nhỏ thành ra tín hiệu có công suất lớn. Sự biến đổi được thực hiện là nhờ năng lượng của nguồn cung cấp, một mạch khuếch đại được đánh giá qua các công thức sau:



### Hệ số khuếch đại và hiệu suất:

Khả năng khuếch đại của 1 mạch được đánh giá bằng thông số gọi là độ lợi hay là độ lợi khuếch đại.

#### Độ lợi điện áp (A<sub>v</sub>)

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

Nếu A<sub>v</sub> tính theo đơn vị Decibel thì:  $A_v(\text{db}) = 20 \lg \frac{V_o}{V_i}$

#### Độ lợi dòng điện (A<sub>i</sub>)

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

Nếu A<sub>v</sub> tính theo đơn vị Decibel thì:  $A_i(\text{db}) = 20 \lg \frac{i_o}{i_i}$

#### Độ lợi công suất A<sub>p</sub>:

$$A_p = \frac{P_o}{P_i}$$

$$A_p(\text{db}) = 10 \cdot \lg \frac{P_o}{P_i}$$

Tổng trở vào:

$$R_i = \frac{V_i}{i_{in}}$$

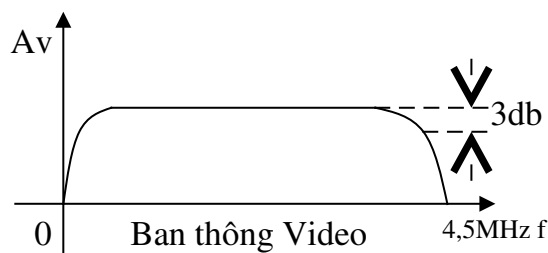
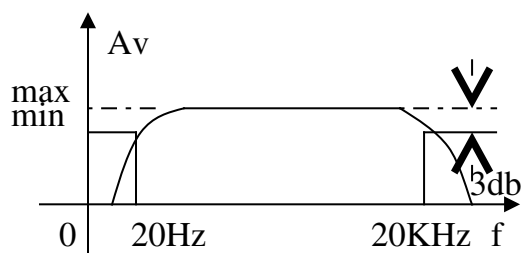
**Tổng trở ra:  $r_o$**

**Hiệu suất khuếch đại:**

$$= \frac{P_o}{P_{CC}}$$

## 2/ Đáp tuyến tần số:

Khi tần số tín hiệu thay đổi thì độ lợi khuếch đại sẽ thay đổi. Đồ thị nói lên quan hệ thay đổi của  $A_v$  theo tần số được gọi là đáp tuyến biên độ, tần số của bộ khuếch đại gọi tắt là đáp ứng tần số. Thông thường một mạch khuếch đại chỉ đáp ứng được 1 dãy tần số nào đó, ở tần số thấp và tần số cao thì  $A_v$  sẽ giảm so với tần số trung bình và khoản tần số mà  $A_v$  không bị suy giảm quá 3db được gọi là dãy thông hay còn gọi là band thông của bộ khuếch đại. Ví dụ với mạch khuếch đại âm tần band thông lí tưởng phải là 20Hz - 20KHz.



Đáp tuyến của mạch khuếch đại âm tần, do đó mạch khuếch đại âm tần không thể khuếch đại tín hiệu hình (Video) được vì band thông của tín hiệu hình từ 0Hz - 4.5MHz. mạch khuếch đại tín hiệu Video phải có các mạch bổ chính tần số thấp và cao.

Nếu gọi  $A_{vM}$  là độ lợi điện áp tại tần số trung bình.

$A_{vf}$  là độ lợi điện áp tại tần số nào đó thì

$$D_f = \frac{A_{vM}}{A_{vf}} \text{ Được gọi độ méo tần số tại tần số } f$$

## 3/ Méo phi tuyến.

Đối với bộ khuếch đại lí tưởng thì khi tín hiệu vào là hình sin thì tín hiệu ra cũng là hình sin. Các bộ khuếch đại trong thực tế khó lòng đảm bảo quan hệ tuyến tính này. Nghĩa là tín hiệu qua mạch khuếch đại không còn hoàn toàn là hình sin nữa hiện tượng này gọi là méo phi tuyến hay méo không đường thẳng.

Như đã giới thiệu ở phần I tín hiệu ngõ ra có thể xem là tổng vô số của thành phần hình sin có tần số:  $\omega, 2\omega, 3\omega, \dots, n\omega$ . biên độ tương ứng  $V_{1M}, V_{2M}, V_{3M}, \dots, V_{nM}$  (khai triển Fourier) mức độ sai dạng xuất hiện ở việc xuất hiện thêm các sóng hài bậc 2, bậc 3... bậc n. cho nên đặc trưng méo phi tuyến người ta dùng tỉ số:



$$\sqrt{\frac{V_{2M}^2 + V_{3M}^2 + \dots + V_{nM}^2}{V_{1M}^2}} \times 100\%$$

$$D = \sqrt{\frac{A_1^2}{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_n^2}} \times 100\%$$

$D < 1\%$ : Chất lượng cao

$D > 5\%$ : Chất lượng tồi

$D > 10\%$ : Không nhận ra âm thanh

D gọi là độ méo phi tuyến, D càng nhỏ chất lượng bộ khuếch đại càng cao, sở dĩ có hiện tượng méo dạng như trên là do trong bộ khuếch đại có chứa các phần tử phi tuyến như BJT, FET... đều có đặc tuyến là đường cong.

#### 4/. Dải động và tạp nhiễu.

Độ lợi của bộ khuếch đại không chỉ phụ thuộc vào tần số mà còn phụ thuộc vào biên độ và cường độ của tín hiệu vào. Nếu điện áp vào vượt quá giới hạn cho phép sẽ gây quá tải cho tầng khuếch đại, nếu điện áp vào quá nhỏ thì tạp nhiễu sẽ xuất hiện ở ngõ ra, tạp âm nhiễu này bao gồm tạp âm nhiệt của linh kiện thụ động và tạp âm nội của linh kiện phi tuyến như TST, BJT, FET... nếu không có tín hiệu vào thì ngõ ra sẽ có tạp âm riêng của tầng khuếch đại. Tỉ số của giá trị cực đại và cực tiểu của điện áp vào gọi là dải động của tín hiệu ( $D_s$ ).

$$D(s) = \frac{V_{in(max)}}{V_{in(min)}}$$

Như vậy bộ khuếch đại sẽ không thể khuếch đại điện áp nhỏ hơn giá trị cực tiểu của tín hiệu vào bởi vì điện áp nhỏ hơn  $V_{in(min)}$  thì tạp nhiễu của tầng Khuếch đại sẽ lấn áp. Do đó người ta đưa tỉ số  $\frac{S}{N}$  để đánh giá chất lượng của bộ khuếch đại  $\frac{S}{N}$  càng nhỏ thì càng tốt

S: Signal: Tín hiệu

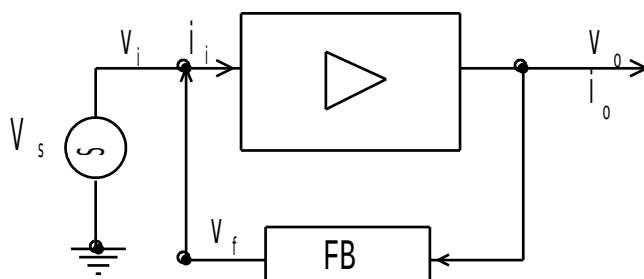
N: Noise: Nhiễu tạp âm

Bằng phương pháp toán học và lí thuyết mạch người ta chứng minh được tỉ số  $\frac{S}{N}$  của bộ khuếch đại nhiều tầng thì chỉ phụ thuộc vào độ nhiễu của tầng khuếch đại đầu tiên. do đó trong các thiết bị khuếch đại tầng khuếch đại đầu tiên được chọn linh kiện có hệ số nhiễu rất thấp phải là linh kiện đặc biệt. Ví dụ Anten Parabol bộ khuếch đại đầu tiên là cực kỳ quan trọng và đắt tiền.

### III- Mạch Khuếch Đại Hồi Tiếp

#### 1/ Định nghĩa

Mạch khuếch đại có hồi tiếp là mạch khuếch đại lấy một phần tín hiệu ở ngõ ra đưa trở về ngõ vào để điều chỉnh các thông số và chỉ tiêu của mạch khuếch đại.



FB : Feed back : hồi tiếp

$V_s$  : là điện áp của nguồn tín hiệu đưa vào

Có thể là dạng  $V_i$  hay  $I_i$ , tín hiệu ngõ ra là  $V_o$  hay  $I_o$  điện áp lấy ra sau mạch hồi tiếp là  $V_f$

Trường hợp mạch khuếch đại không có hồi tiếp còn gọi là mạch khuếch đại vòng hở thì độ lợi khuếch đại được định nghĩa là

$$A_{vo} = \frac{V_{out}}{V_s} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Mạch hồi tiếp FB có điện áp vào là  $V_o$ , điện áp ra là  $V_f$  người ta định nghĩa hệ số hồi tiếp là k

$$K = \frac{V_f}{V_o} \quad V_f = K.V_o$$

Trường hợp mạch khuếch đại có hồi tiếp thì độ khuếch đại có hồi tiếp được định nghĩa là

$$AV_f = \frac{V_o}{V_f}$$

Trong đó  $V_i = V_s + V_f$        $V_s = V_i - V_f$

Suy ra  $AV_f = \frac{V_o}{V_i - V_f}$

#### 2/ Phân loại:

a) Theo tác dụng khuếch đại.

Hồi tiếp dương : là mạch có tác dụng làm tăng hệ số khuếch đại, trường hợp này là  $AV_f > AV_o$

Hồi tiếp âm : là mạch có tác dụng làm giảm hệ số khuếch đại, trường hợp này ta có  $AV_f < AV_o$

b) Theo dạng tín hiệu.

Hồi tiếp áp : là lấy điện áp ra ( $V_o$ ) để tạo điện áp hồi tiếp ( $V_f$ ) đưa trở lại ngõ vào. (hồi tiếp áp sai lệch áp hoặc sai lệch dòng)

Hồi tiếp dòng : là lấy dòng điện ngõ ra  $i_o$  để tạo điện áp hồi tiếp  $V_f$  đưa trở lại ngõ vào (hồi tiếp dòng sai lệch áp hoặc sai lệch dòng)

c) Theo cách ghép.

– Hồi tiếp song song là khi điện áp nguồn tín hiệu  $V_s$  và điện áp hồi tiếp  $V_f$  ghép song song nhau. Hay nói cách khác: hồi tiếp song song là khi hai tín hiệu  $V_f$  và  $V_s$  cùng đưa vào một cực Transistor.

Trường hợp này ta có  $V_i = V_f + V_s$        $V_s = V_i - V_f$

\_ Hồi tiếp nối tiếp là khi hai điện áp nguồn tín hiệu  $V_s$  và điện áp nguồn hồi tiếp  $V_f$  ghép nối tiếp nhau. Nói cách khác là hai tín hiệu  $V_f$  và  $V_s$  đưa vào hai cực khác nhau của Transistor.

Trường hợp này ta có  $V_i = V_s - V_f$        $V_s = V_i + V_f$

Một mạch khuếch đại hồi tiếp thường có đủ 3 thành phần theo 3 cách phân loại trên.

**VD :** Mạch hồi tiếp âm dòng điện ghép nối tiếp

Mạch hồi tiếp âm dòng điện ghép song song

#### IV- Cách tính hệ số ổn định nhiệt

##### 1/. Khái niệm :

Như đã khảo sát ở phần linh kiện điện tử, các thông số của Transistor đều bị thay đổi theo nhiệt độ, trong đó có 3 thông số bị ảnh hưởng lớn nhất là dòng điện điện rỉ  $I_{cbo}$ , độ khuếch đại và điện áp phân cực mỗi nối BE ( $V_{BE}$ ).

Để tránh ảnh hưởng của nhiệt độ lên thông số của Transistor: có thể làm sai lệch điểm làm việc tĩnh Q người ta dùng nhiều cách phân cực cho Transistor, mỗi cách phân cực có tác dụng và hiệu quả ổn định nhiệt khác nhau. Để đặc trưng cho tác dụng và hiệu quả ổn định nhiệt, người ta định nghĩa hệ số ổn định nhiệt là S thì.

$$\bar{S} = \frac{I_c}{I_{CBO}} \quad S: \text{Stability} = \text{độ ổn định}$$

$\bar{S}$  : phủ định của S bằng độ bất ổn định nhiệt.  $\bar{S}$  càng nhỏ thì mạch càng ổn định về nhiệt độ, nghĩa là  $\bar{S}$  càng nhỏ thì độ bất ổn định nhiệt càng nhỏ.

Công thức tổng quát để tính là:

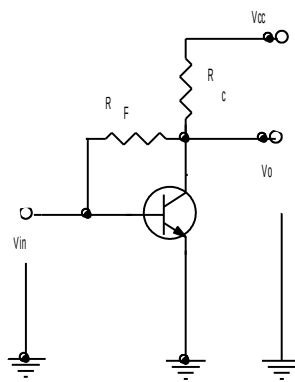
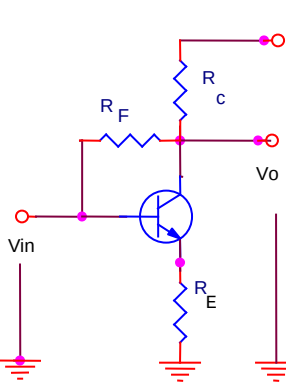
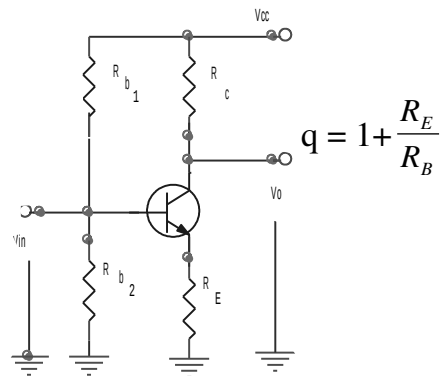
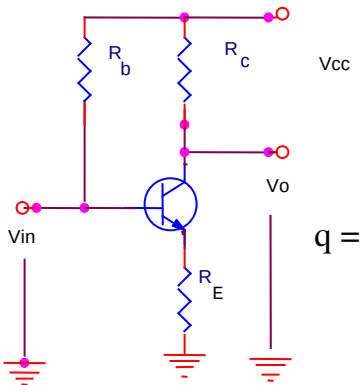
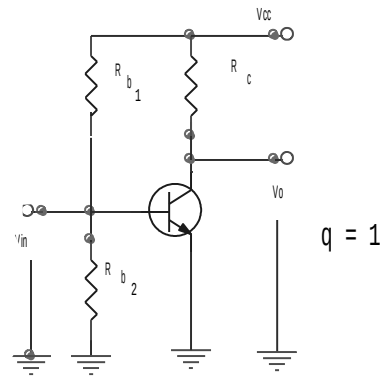
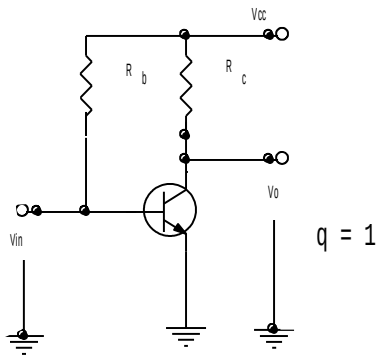
$$\bar{S} = \frac{q}{q}$$

trong đó q là hệ số tùy thuộc cách phân cực cho Transistor

là hệ số truyền dẫn dòng điện ráp kiểu B chung

$$I_c = \beta \cdot I_E = \frac{I_c}{I_E} = \frac{1}{1} = 0.95 \quad 0.99$$

Hệ số q được xác định theo cách phân cực trình bày trong bản thiết kế mẫu sau



2/.

Xét

trường hợp khi q = 1

$$\bar{S} = \frac{q}{q} = \frac{1}{1} = \frac{1}{1} = 1 = \text{rất lớn}$$

Đây là mạch có hệ số ổn định nhiệt kém nhất

+ xét trường hợp  $q = 1 + \frac{R_E}{R_B}$

$$\bar{S} = \frac{q}{q} = \frac{1 + \frac{R_E}{R_B}}{1 + \frac{R_E}{R_B}} = \frac{1 + \frac{R_E}{R_B}}{1 + \frac{R_E}{R_B}}$$

Nếu lớn thì 1- 0 do đó

$$\bar{S} = \frac{1}{\frac{R_E}{R_B}}$$

Thường thì  $R_E \ll R_B$  Nên  $\frac{R_E}{R_B} \ll 1$  Nên:

$$\bar{S} = \frac{1}{\frac{R_E}{R_B}} = \frac{R_B}{R_E} \quad \bar{S} = \frac{R_B}{R_E}$$

### Câu hỏi và bài tập

1/ Cho biết các thông số đặc trưng của tín hiệu có biểu thức  $S_{(t)}=1,4\sin 200t$  (v)

2/ Vì sao mạch khuếch đại âm thanh không thể dùng cho khuếch đại tín hiệu hình được ?

3/ Tại sao trong ampli (hay 1 thiết bị khuếch đại bất kỳ) tầng khuếch đại đầu tiên phải có hệ số nhiễu thấp. giải thích?

4/ Tại sao tỷ số  $\frac{S}{N}$  chỉ phụ thuộc vào tầng khuếch đại đầu tiên, trong bộ khuếch đại nhiều tầng?

**BÀI 2**

**MẠCH KHUẾCH ĐẠI DÙNG TRANSISTOR**

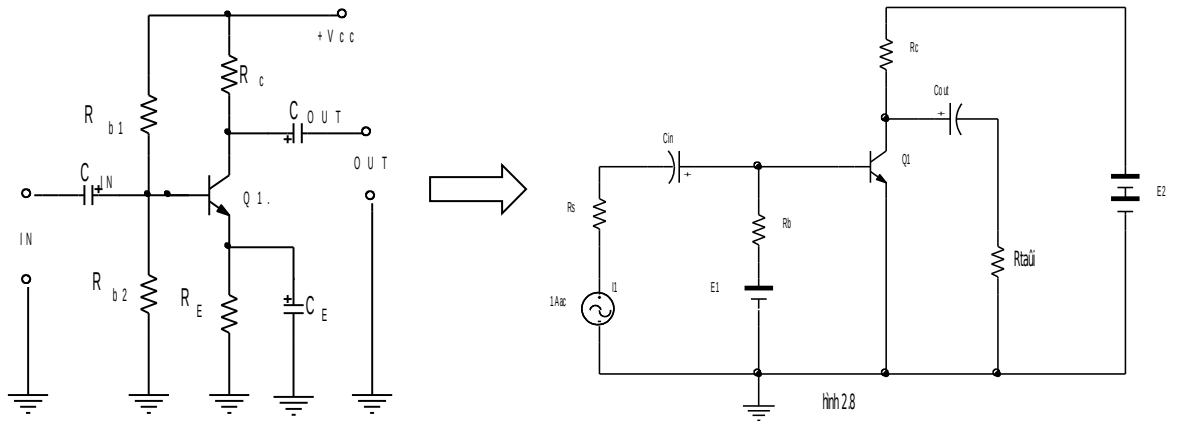
**I/ Tính Phân Cực Ban Đầu Của Transistor**

**1/ Phương pháp toán học**

a/. Điện áp phân cực ban đầu:

Với mạch điện sau: cho  $R_{B1} = 68K$ ;  $R_{B2} = 12K$ ;  $R_E = 0,5K$ ;  $R_C = 2,5K$ ;  $V_{CC} = 12V$ ;  $\beta = 100$ , tính điện áp phân cực ban đầu.

Theo biến đổi Thevenyl ta có mạch tương đương như hình 2.8



$$E_1 = V_{BB} \frac{R_{b2} \cdot V_{CC}}{R_{b1} + R_{b2}} = \frac{12000}{80000} \cdot 12 = 1,8V$$

$$R_B = \frac{R_{b1} R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} = \frac{68000 \cdot 12000}{80000} = 10000 = 10^4 \Omega$$

$$I_b = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + R_E} = \frac{1,8 - 0,6}{10000 + 500} = \frac{1,2}{10500} \approx 0,114 \cdot 10^{-4} A = 0,0114 mA$$

$$I_C = \beta \cdot I_b = 100 \times 0,114 \cdot 10^{-4} = 1,14 \cdot 10^{-3} A = 1,14 mA$$

$$V_E = I_E \cdot R_E = I_C \cdot R_E = 1,14 \cdot 10^{-3} \times 500 = 0,57 V$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 0,57 + 0,6 = 1,17 V$$

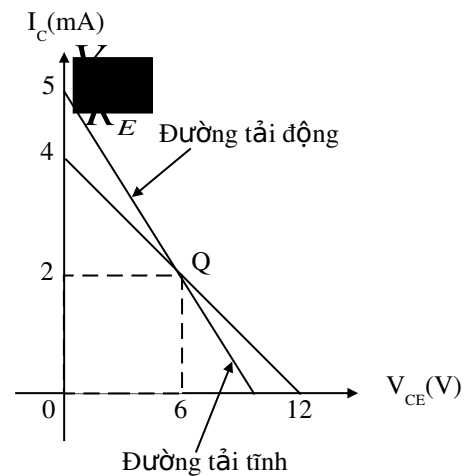
$$V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 12 - 1,14 \cdot 10^{-3} \times 2500 = 7,15 V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 7,15 - 0,57 = 6,58 V$$

b/. Đường tải tĩnh – Đường tải động:

$$I_{Cmax} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{2500} = 4,8 \cdot 10^{-3} A = 4,8 mA$$

$$I_{C(AC)} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{2500} = 4,8 \cdot 10^{-3} A = 4,8 mA$$



c/. Tổng trở ngõ vào:

$$R_L \quad h_{ie} \quad \frac{26^{mV}}{I_E} \quad \frac{26 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 100 \quad 1300 \quad 1,3K$$

## 2/ Phương pháp đồ thị

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$$

Đường tải tĩnh đi qua 2 điểm

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \quad \text{và} \quad V_{CE} = V_{CC}$$

## II/ Thiết kế mạch khuếch đại tuyến tính.

### 1/ Chọn kiểu mạch khuếch đại

$$V_{CC} = 9V$$

$$\beta = 100$$

$$r_i = h_{ie} = 2.5k$$

$$\bar{S} = 20$$

Tính  $I_E$ ,  $I_C$ ,  $R_E$ ,  $R_C$ ,  $R_B$

### 2/ Xác định điểm làm việc tĩnh của Transistor

$$\text{Ta có } h_{ie} = r_b + r_e \quad r_e = \frac{h_{ie}}{\beta} = \frac{2.5}{100} = 25$$

Mặt khác điện trở  $r_e$  còn được tính theo công thức

$$r_e = \frac{26mV}{I_E} \quad I_E = \frac{26mV}{r_e} = \frac{26mV}{25} = 1mA$$

$$I_C = I_E = 1mA.$$

Chọn  $R_E$  và  $R_C$  sao cho  $V_{CE} = 1/2V_{CC}$  và  $I_E \cdot R_E = 1/10V_{CC}$

### 3/ Tính giá trị R

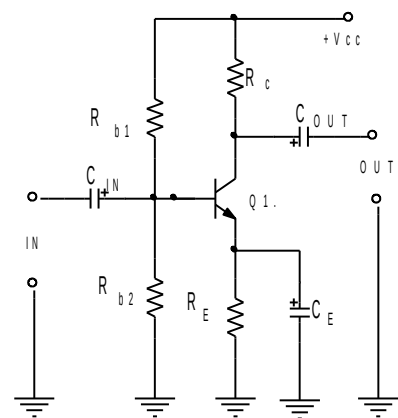
a/ Tính  $R_E$

$$\text{Chọn } I_E \cdot R_E = 1/10V_{CC} \quad R_E = \frac{V_{CC}}{10I_E} = 0.9k$$

Chọn  $R_E$  theo giá trị tiêu chuẩn là 1k

b/ Tính  $R_C$

$$\text{Chọn } R_C \text{ sao cho } V_{CE} = 1/2V_{CC} = 0.45V$$



Ta có  $V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - I_E R_E}{I_C} = \frac{9 - 4.5 - 1.1}{1} = 3.5k$$

Chọn  $R_C = 3.9k$

Khi chọn  $R_C$  và  $R_E$  theo chuẩn thì điện áp  $V_{CE}$  bị thay đổi chút ít trên đặt tuyến  $I_C$  và  $V_{CE}$

b/ Tính  $R_{b1}$  và  $R_{b2}$

để tính  $R_{b1}$  và  $R_{b2}$  thì đầu tiên phải tính trị số  $R_B$  và  $V_{BB}$  theo mạch điện được quy đổi theo định luật Thevenin.

Ta có công thức hệ số ổn định nhiệt

$$\bar{S} = \frac{R_B}{R_E} = 20 \quad R_B = 20R_E$$

$$R_B = 20 \cdot 1 = 20k$$

Theo mạch điện ở ngõ vào ta có:

$$V_{BB} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E$$

Trong đó  $I_E = 1mA$ ,  $I_B = \frac{I_C}{100} = \frac{1}{100} mA$

Thay vào ta có  $V_{BB} = 0.01 \times 20 + 0.6 + 1.1 = 1.8V$

Mặt khác  $V_{BB} = V_{CC} \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}$  và  $R_B = \frac{R_{b1} R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}$

Giải hệ 2 phương trình 2 ẩn số này ta được trị số  $R_{b1}$  và  $R_{b2}$  là:

$$R_{b1} = 100k$$

$$R_{b2} = 27k$$

#### 4/ nghiệm lại

trình tự nghiệm lại trên mạch điện giống như cách tính trạng thái 1 chiều theo phương pháp toán học và tính trên mạch điện đã thiết kế:

$$V_{BB} = V_{CC} \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} = 9 \frac{27}{100 + 27} = 1.9V$$

$$R_B = \frac{R_{b1} R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} = \frac{100 \times 27}{100 + 27} = 21.25k$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + R_E} = \frac{1.9 - 0.6}{21.25 + 100 \times 1} = 0.01mA$$

$$I_C = I_E = I_B = 100 \times 0.01 = 1mA$$

điện thế các chân Transistor là



$$V_E = I_E \cdot R_E = 1 \times 1 = 1V$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 1.6V$$

$$V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 9 - 1 \times 3.3 = 5.7V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 5.7 - 1 = 4.7V$$

Mạch điện đã có các giá trị R với trị số theo tiêu chuẩn.

### 5/ Nghiệm lại theo phương pháp đồ thị

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E} \quad \text{Nếu } V_{CE} = 0 \text{ thì } I_{C_{max}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = 2.1mA$$

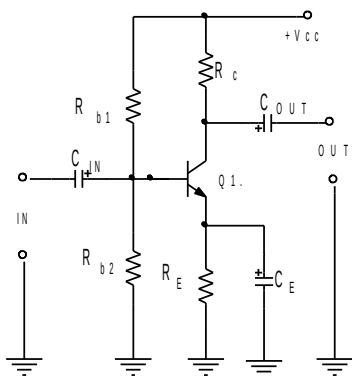
Nếu  $I_C = 0$  thì  $V_{CE} = V_{CC}$

Đường tải tĩnh là đường thẳng nối 2 điểm.  $V_{CE} = 9V$  và  $I_C = 2.1mA$

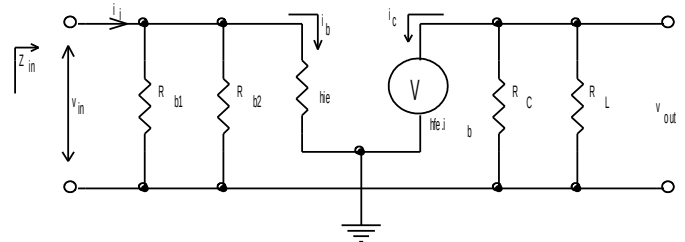
Điểm làm việc Q có tọa độ là  $V_{CE} = 4.7V$  và  $I_C = 1mA$ .

## III/ Tính các thông số ở trạng thái xoay chiều

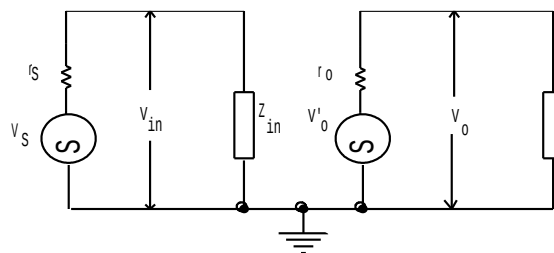
### 1/ Phân tích mạch khuếch đại bằng mạch tương đương



Mạch khuếch đại điển hình



Mạch tương đương theo thông số h



Mạch tương đương rút gọn

$h_{ie}$ : Tổng trở vào của Transistor theo E chung

$Z_i$ : Tổng trở vào của mạch khuếch đại

$$Z_i = R_{b1} // R_{b2} // h_{ie}$$

$R_o$ : Tổng trở ngõ ra của Transistor

$V'_o$ : Điện áp ngõ ra lúc không tải

$V_o$ : Điện áp ngõ ra lúc mạch có tải

$$Z_L = R_C // R_L$$

Từ 2 mạch tương đương ta tính được các thông số sau:

- Tổng trở ngõ vào:  $Z_i = R_{b1} // R_{b2} // h_{ie}$  với  $R_B = \frac{R_{b1} R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}$

$$Z_i = \frac{R_B \cdot h_{ie}}{R_B + h_{ie}}$$

- Điện áp tín hiệu vào:

$$V_i = V_S \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_S}$$

- Độ khuếch đại điện áp của Transistor:

- Tải của mạch là:  $Z_L = R_C // R_L$

$$Z_L = \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L}$$

- Hệ số khuếch đại của Transistor là:

$$AV = \frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_L}{Z_i}$$

- Hệ số khuếch đại toàn mạch là:

$$AV_S = AV \cdot \frac{V_i}{V_S} = \frac{Z_L}{Z_i} \cdot \frac{Z_i}{Z_i + r_S}$$

$$AV_S = \frac{Z_L}{Z_i + r_S}$$

Tổng trở ngõ ra:

Trong mạch tương đương 1 ta còn các quan hệ sau :

Điện áp ra khi có tải là:

$$V_o = V'_o \cdot \frac{R_L}{r_o + R_L} \quad (V'_o \text{ điện áp ra không tải})$$

$$\text{Suy ra} \quad V_o \cdot (r_o + R_L) = V'_o \cdot R_L$$

$$r_o = \frac{V'_o}{V_o} \cdot R_L - R_L$$

$$r_o = \left( \frac{V'_o}{V_o} - 1 \right) \cdot R_L$$

## 2/ Đường tải động:

Đối với tín hiệu xoay chiều các tụ điện liên lạc, tụ thoát ( $C_E$ ) được xem như nối tắt, nên cực E xem như nối mass. Phương trình đường tải động được viết lại là:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

Đường tải động là đường thẳng cắt trục  $I_C$  tại  $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$  và đi qua điểm làm việc tĩnh Q.

### 3/ Tính các thông số trường hợp có tụ $C_E$

Các thông số được tính theo công thức ở phần 1

Tổng trở vào của Transistor là

$$h_{ie} = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26}{1} \times 100 \times 2600 = 2.5k$$

Tổng trở của mạch khuếch đại:

$$Z_i = \frac{R_B \cdot h_{ie}}{R_B + h_{ie}} = \frac{21 \times 25}{21 + 25} = 2.2k$$

Độ khuếch đại điện áp  $A_i = 100$  (cho trước)

Độ khuếch đại riêng của Transistor

$$A_V = \frac{Z_L}{h_{ie}}$$

$$\text{Mà } Z_L = \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = \frac{3.3 \times 5}{3.3 + 5} = 2k$$

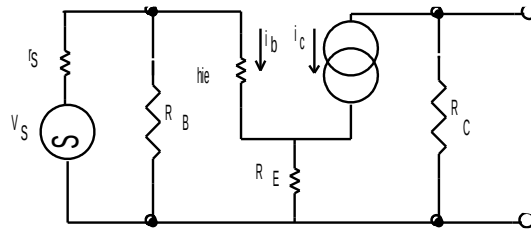
$$A_V = \frac{100 \times 2}{2.2} = -90 \text{ Lần}$$

Nếu nguồn tín hiệu vào là mass có nội trở nguồn là  $r_s = 600$  thì độ khuếch đại chung của mạch là:

$$A_{V_s} = \frac{Z_L}{Z_L + r_s} = 77 \text{ Lần}$$

#### 4/ Tính thông số trường hợp không có tụ $C_E$

Nếu không có tụ  $C_E$  thì cực E không được nối mass. Ở trạng thái xoay chiều mạch được vẽ lại như sau



Trường hợp này đường tải động cũng chính là đường tải tĩnh.

+ Các thông số được tính như sau:

Tổng trở vào của Transistor là.

$$r_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{i_b h_{ie}}{i_b} + R_E = h_{ie} + R_E$$

$$r_i = 2.5 + 100 \times 1 = 102.5k$$

Độ khuếch đại điện áp riêng của Transistor là:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{i_c \cdot R_C}{i_b \cdot r_i} = \frac{i_b \cdot R_C}{i_b h_{ie} R_E} = \frac{R_C}{h_{ie} R_E}$$

Do  $R_E \gg h_{ie}$  Nên

$$A_v = -\frac{R_C}{R_E} \quad \text{Và} \quad r_i = R_E$$

Như vậy

$$A_v = -\frac{3.3}{1} = -3.3 \text{ lần}$$

Độ khuếch đại điện áp khi không có tụ  $C_E$  bị giảm rất nhỏ. Nhưng tổng trở vào rất lớn.

## IV- KHUẾCH ĐẠI LIÊN TẦNG

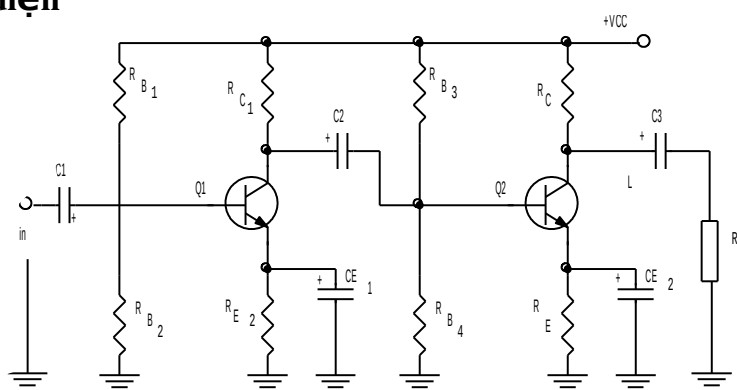
### 1- Khái niệm

Mỗi thiết bị điện tử thường dùng nhiều tầng khuếch đại nối tiếp nhau. Mỗi mạch khuếch đại có thể dùng 1 hay nhiều Transistor để thực hiện nhiều nhiệm vụ riêng được gọi là 1 tầng khuếch đại để ghép nối tiếp các tầng khuếch đại người ta thường dùng 1 trong 3 cách ghép là:

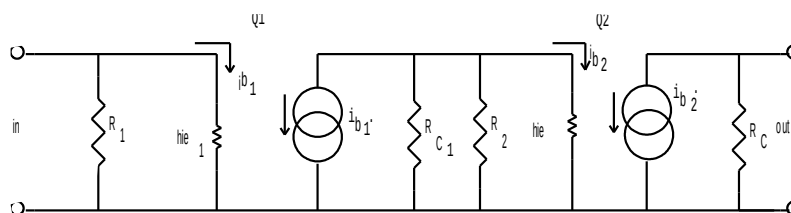
- Ghép bằng tụ liên lạc (R-C)
- Ghép bằng biến áp (liên lạc bằng biến thế)
- Ghép bằng nối trực tiếp (liên lạc thẳng)

### 2- Ghép tầng bằng tụ liên lạc.

#### a Mạch điện



#### B Mạch tương đương



$$R_1 = R_{b1} // R_{b2}$$

$$R_2 = R_{b3} // R_{b4}$$

$$h_{ie1} = \frac{r_{BE}}{Q_1}$$

$$h_{ie2} = \frac{r_{BE}}{Q_2}$$

Đây là mạch khuếch đại 2 tầng dùng Transistor mắc kiểu E chung được ghép liên tiếp nhau.

C<sub>1</sub> là tụ liên lạc từ nguồn tín hiệu vào Q<sub>1</sub>

C<sub>2</sub> là tụ liên lạc từ Q<sub>1</sub> sang Q<sub>2</sub>

C<sub>3</sub> là tụ liên lạc từ Q<sub>2</sub> sang tầng sau hay ra tải

Các tụ liên lạc có trị số tùy thuộc vào tần số của tín hiệu đối với âm tần thì thường có trị số từ 1 – 10 F.

Các tụ thoát  $C_E$  có trị số tùy thuộc vào điện trở R thường chọn từ 25 – 100 F.

Ôu trạng thái xoay chiều đối với các mạch khuếch đại âm tần thì tần số được quy ước là  $f = 1\text{kHz}$

Dung kháng của tụ liên lạc là:

$$X_{C1} = X_{C2} = X_{C3} = \frac{1}{2\pi f C_1}$$

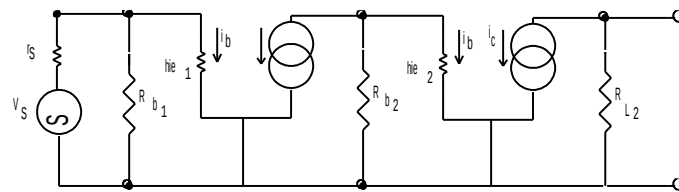
Chọn  $C_1 = 10 \text{ F}$

$$X_{C1} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6}} = 16$$

Chọn  $C_E = 100 \text{ F}$

$$X_{CE} = 1.6$$

Các tụ điện có dung kháng rất nhỏ so với các điện trở trong mạch, nên được xem như nối tắt mạch tương đương được đơn giản như sau.



$$R_{B1} = R_{b1} // R_{b2}$$

$$R_{L1} = R_{B1} // R_{B2} // h_{ie}$$

$$R_{L2} = R_{C2} // R_L$$

Trở trở vào chung của tầng khuếch đại thứ nhất  $R_{i1} = R_1 // h_{ie1}$

Trở trở vào chung của tầng khuếch đại thứ hai  $R_{i2} = R_2 // h_{ie2}$

Như vậy trở trở vào của tầng khuếch đại thứ hai là tải của mạch khuếch đại thứ nhất.

Do  $R_{i1} \gg h_{ie1}$  và  $R_2 \gg h_{ie2}$  nên

$$R_{i1} \approx h_{ie1} \text{ và } R_{i2} \approx h_{ie2}$$

Ta còn có  $R_{L1} = R_{C1} // R_{i2}$   $R_{C1} // h_{ie2}$  gọi là tải xoay chiều của  $Q_1$  và  $R_{L2}$  là tải xoay chiều của  $Q_2$ .

Ta có thể tính độ khuếch đại áp của từng tầng khuếch đại theo công thức:

$$AV = - \frac{R'_L}{h_{ie}}$$

+ Tầng 1 ta có:  $AV_1 = - \frac{R_{L1}}{h_{ie_1}} = - \frac{R_{C1} // h_{ie_2}}{h_{ie_1}}$

Do  $R_{C1} \gg h_{ie_2}$  nên  $R_{C1} // h_{ie_2} \approx h_{ie_2}$

$$AV_1 = - \frac{h_{ie_2}}{h_{ie_1}}$$

+ tầng 2 ta có:  $AV_2 = - \frac{R_{L2}}{h_{ie_2}} = - \frac{R_{L2}}{h_{ie_2}}$

+ Độ khuếch đại chung của 2 tầng khuếch đại là:  $AV_C$

$$AV_C = AV_1 \cdot AV_2 = \frac{h_{ie_2}}{h_{ie_1}} \cdot \frac{R_{L2}}{h_{ie_2}}$$

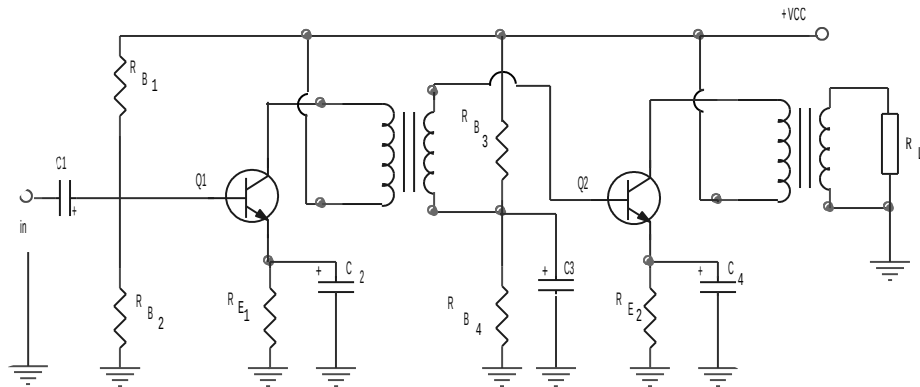
$$AV_C = - \frac{R_{L2}}{h_{ie_1}}$$

Như vậy độ khuếch đại chung của 2 tầng khuếch đại tỉ lệ với tích số  $A_1 A_2$  và tỉ số với tổng trở ra tầng cuối và tổng trở vào của tầng đầu

Cách ghép tầng dùng tụ liên lạc có ưu điểm là việc tính toán trạng thái một chiều cho các Transistor độc lập với nhau.

### 3- Ghép tầng bằng biến áp.

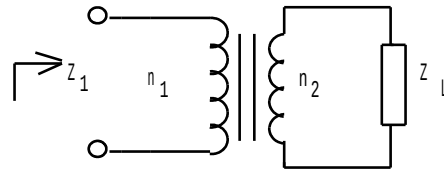
#### a- Mạch điện



Sơ đồ trên là 2 tầng khuếch đại dùng Transistor ghép kiểu E chung liên lạc bằng biến thế.

Biến áp T1 dùng để ghép nối 2 tầng khuếch đại có tỉ số vòng sơ cấp và thứ cấp là  $\frac{n_1}{n_2}$ .

Đối với biến áp tổng trở giữa cuộn sơ cấp và cuộn thứ được tính theo công thức:



$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad Z_1 = Z_2 \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

Tổng trở cuộn sơ cấp là  $Z_1$  được tính theo sự phản hồi của tổng trở từ cuộn thứ cấp.

Đối với biến áp T1 tải ở thứ cấp là tổng trở vào của Q2 ( $hie_2$ ) đối với biến thế T2 thì tải là  $R_L$ .

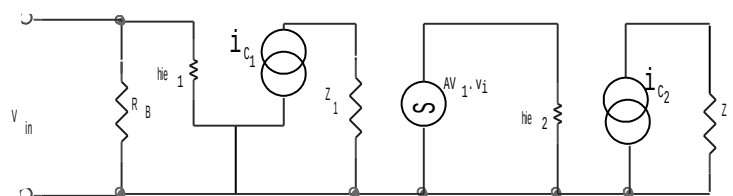
Tải của Q1 là tổng trở cuộn sơ biến thế T1 được quy đổi là

$$Z_1 = hie_2 \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

Tải của Q2 là tổng trở cuộn sơ biến thế T2 được quy đổi là

$$Z_2 = R_L \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

Mạch điện trên được chuyển thành mạch tương đương như sau:



$$R_B = R_{b1} // R_{b2}$$

$$Z_1 = hie_2 \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

$$Z_2 = R_L \frac{n_1^2}{n_2^2}$$



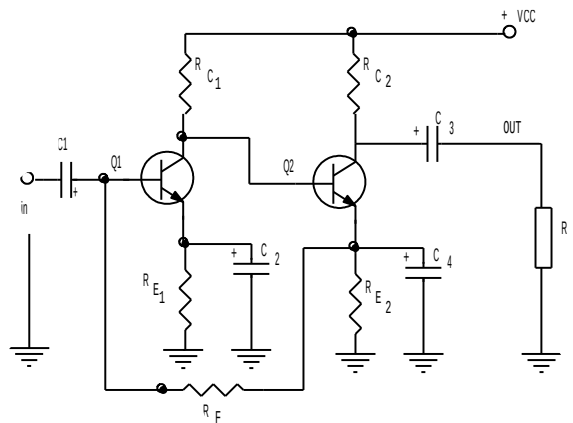
$$AV_{Q1} = \frac{Z_1}{hie_a}$$

$$AV_{Q2} = \frac{Z_2}{hie_2}$$

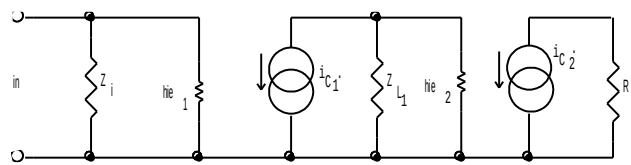
$$AV_{C1} = AV_1 \times AV_2$$

#### 4- Ghép trực tiếp

##### Mạch điện



##### Mạch tương đương



$$Z_i = R_B // hie_1$$

$$R_{L1} = R_{C1} // hie_2$$

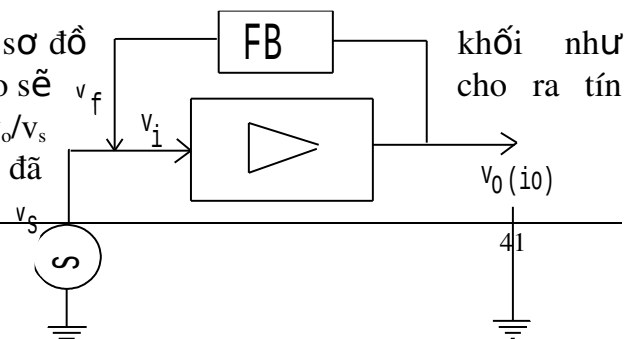
$$Z_L = R_{C2} // R_L$$

### Chương 3

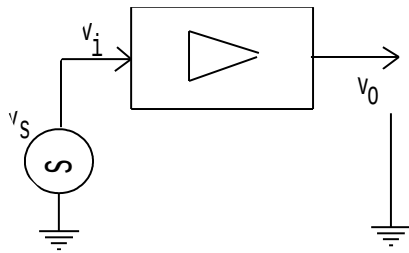
## MẠCH KHUẾCH ĐẠI HỒI TIẾP

#### I / Đại cương

Mạch khuếch đại có ký hiệu dạng sơ đồ hình vẽ, khi có tín hiệu điện áp  $v_s$  ở ngõ vào sẽ hiệu điện áp  $V_0$  ở ngõ ra. Tỷ số  $A_v = v_o/v_s$  được gọi là độ khuếch đại điện áp như đã



trình bày trong các chương trước. Mạch khuếch đại kiểu này còn gọi là khuếch đại vòng hở và để phân biệt với mạch khuếch đại hồi tiếp, độ khuếch đại điện áp của mạch khuếch đại vòng hở được ký hiệu là  $A_{v_o}$  (o : open = hở).



Mạch khuếch đại không hồi tiếp

Mạch khuếch đại có hồi tiếp

Ta có :

$$A_{v_o} = \frac{v_o}{v_i} \quad \frac{v_o}{v_s}$$

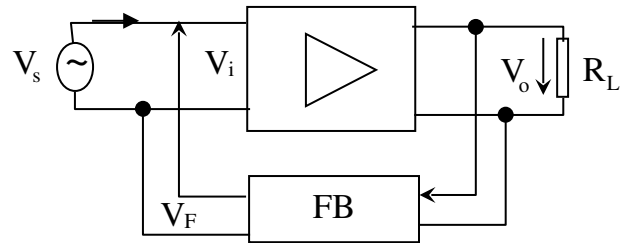
Mạch hồi tiếp là mạch lấy một phần năng lượng ở ngõ ra đưa về cung cấp lại cho ngõ vào để điều chỉnh lại các thông số và chỉ tiêu kỹ thuật của mạch khuếch đại. Mạch hồi tiếp trong sơ đồ khối được viết tắt bằng FB do “Feed Back “. Đối với mạch hồi tiếp, tín hiệu vào chính là tín hiệu ra của mạch khuếch đại - có thể là  $v_o$  hay  $i_o$  - tín hiệu ra của mạch hồi tiếp ký hiệu là  $v_f$  được đưa vào mạch khuếch đại chung với tín hiệu  $v_i$ . Tỉ số giữa tín hiệu ra và vào của mạch hồi tiếp được gọi là hệ số hồi tiếp ký hiệu là k

Ta có :

$$k = \frac{v_f}{v_o} \quad v_f = k.v_o$$

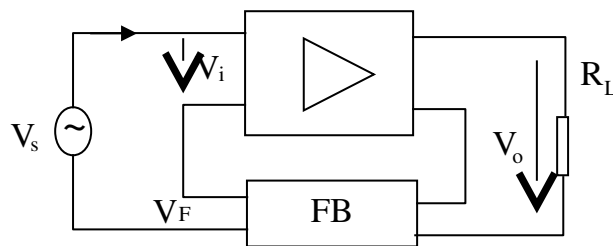
Mạch khuếch đại có đường hồi tiếp được gọi là mạch khuếch đại hồi tiếp (hay mạch khuếch đại vòng kín). Tỷ số giữa điện áp ra  $v_o$  và điện áp nguồn tín hiệu  $v_s$  bây giờ gọi là độ khuếch đại hồi tiếp ký hiệu là  $A_{VF}$  (F do Feed Back).

Ta có : 
$$A_{VF} = \frac{v_o}{v_s}$$



Nếu  $v_s$  và  $v_f$  đưa vào cùng một cực của Transistor nghĩa là hồi tiếp song song ta có:

$$v_i = v_s + v_f \qquad v_s = v_i - v_f \qquad A_{VF} = \frac{v_o}{v_i - v_f}$$



Nếu hồi tiếp nối tiếp thì  $v_s$  và  $v_f$  đưa vào hai cực của Transistor thì ta có :

$$v_i = v_s - v_f \qquad v_s = v_i + v_f \qquad A_{VF} = \frac{v_o}{v_i + v_f}$$

Tổng quát : 
$$A_{VF} = \frac{v_o}{v_i - v_f}$$

## II/ Phương pháp xác định loại hồi tiếp

### 1) Công thức tổng quát

Trong mạch khuếch đại vòng hở ta có

$$A_{v0} = \frac{v_o}{v_s} \quad \frac{v_o}{v_i}$$

(nội trở  $r_s$  thường nhỏ)

$$v_o = v_i \cdot A_{v0}$$

Trong mạch khuếch đại hồi tiếp nếu chỉ xét từ ngõ vào vi đến ngõ ra  $v_o$  thì độ khuếch đại chính là độ khuếch đại vòng hở  $A_{v0}$  và:

$$A_{v0} = \frac{v_o}{v_i} \quad v_o = v_i \cdot A_{v0}$$

Trường hợp xét từ nguồn  $v_s$  đến ngõ ra  $v_o$  bao gồm cả mạch hồi tiếp thì có độ khuếch đại hồi tiếp là.

$$A_{vF} = \frac{v_o}{v_s} \quad \text{và } v_s = v_i - v_f \quad \text{với } v_f = k \cdot v_o$$

$$\text{Suy ra: } A_{vF} = \frac{v_i A_{v0}}{v_i - v_f} = \frac{v_i A_{v0}}{v_i - k v_o} = \frac{v_i A_{v0}}{v_i - k A_{v0} v_i}$$

$$A_{vF} = \frac{A_{v0}}{1 - k A_{v0}}$$

Gọi mẫu số  $1 - k \cdot A_{v0}$  là thừa số hồi tiếp  $F$  ta có:

$$F = 1 - k A_{v0} \quad \text{và} \quad A_{vF} = \frac{A_{v0}}{F}$$

### 2) Trường hợp $F = 1 - k A_{v0}$ (hồi tiếp song song)

Trong phần I đã phân tích, nếu hồi tiếp song song thì ta có

$$v_i = v_s + v_f \quad v_s = v_i - v_f \quad A_{vF} = \frac{v_o}{v_i - v_f}$$

$$\text{suy ra: } A_{vF} = \frac{A_{v0}}{1 - k A_{v0}} \quad F = 1 - k \cdot A_{v0}$$

Ta có các trường hợp sau:

**a) nếu  $1 - k.A_{v0} > 1$      $A_{VF} < A_{v0}$**

Mạch hồi tiếp có tác dụng làm giảm độ khuếch đại nên là mạch hồi tiếp âm. Khi đó  $-k.A_{v0} > 0$      $k.A_{v0} < 0$  nghĩa là  $k.A_{v0}$  trái dấu.

**b) nếu  $F = 1 - k.A_{v0} > 1$      $A_{VF} > A_{v0}$**

Mạch hồi tiếp có tác dụng làm tăng độ khuếch đại nên là mạch hồi tiếp dương. Khi đó  $-k.A_{v0} < 0$      $k.A_{v0} > 0$  và điều này có nghĩa là  $k$  và  $A_{v0}$  cùng dấu.

**c) nếu mạch khuếch đại có  $-k.A_{v0} \gg 1$  thì**

$$A_{VF} = \frac{A_{v0}}{1 - k.A_{v0}} \approx \frac{A_{v0}}{-k.A_{v0}} = -\frac{1}{k}$$

Trường hợp độ khuếch đại hồi tiếp  $A_{VF}$  là nghịch đảo và ngược dấu với hệ số hồi tiếp  $k$ .

**d) Nếu  $F = 1 - k.A_{v0} = 0$      $k.A_{v0} = 1$**

Trường hợp này ta có:

$$A_{VF} = \frac{A_{v0}}{1 - k.A_{v0}}$$

$$k.A_{v0} = 1 \quad \frac{v_f}{v_0} \cdot \frac{v_0}{v_i} = 1 \quad \frac{v_f}{v_i} = 1$$

suy ra  $v_f = v_i$

lúc đó mạch tự tạo ra tín hiệu và trở thành mạch dao động.

**3) Trường hợp  $F = 1 + k.A_{v0}$  (hồi tiếp nối tiếp)**

Nếu hồi tiếp nối tiếp ta có:

$$v_i = v_s - v_f \quad v_s = v_f + v_i \quad A_{VF} = \frac{v_0}{v_i - v_f}$$

suy ra  $A_{VF} = F = 1 + k.A_{v0}$

Ta có các trường hợp sau:

**a) Nếu  $F = 1 + k.A_{v0} > 1$      $A_{VF} < A_{v0}$**

Mạch hồi tiếp có tác dụng làm giảm độ khuếch đại nên là mạch hồi tiếp âm. Khi đó  $k.A_{v0} > 0$ , nghĩa là  $k$  và  $A_{v0}$  cùng dấu.

**b) Nếu  $F = 1 + k.A_{v0} < 1$      $A_{VF} > A_{v0}$**

Mạch hồi tiếp có tác dụng làm tăng độ khuếch đại nên là mạch hồi tiếp dương. Khi đó  $k.A_{v0} < 0$ , nghĩa là  $k$  và  $A_{v0}$  trái dấu.

**c) Nếu mạch khuếch đại có  $k.A_{v0} \gg 1$  thì**

$$A_{VF} = \frac{A_{v0}}{1 - k.A_{v0}} \quad \frac{A_{v0}}{k.A_{v0}} \quad \frac{1}{k}$$

**d) Nếu  $F = 1 + k.A_{v0} = 0$      $k.A_{v0} = -1$**

Trường hợp này ta có:

$$A_{VF} = \frac{A_{v0}}{1 - k.A_{v0}}$$

$$k.A_{v0} = 1 \quad \frac{v_f}{v_0} \cdot \frac{v_0}{v_i} = 1 \quad \frac{v_f}{v_i} = 1$$

$$v_0 = v_f$$

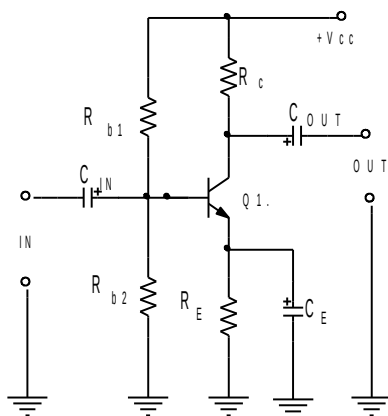
Lúc đó mạch tự tạo ra tín hiệu và trở thành mạch dao động.

**4) Bảng phân loại hồi tiếp theo thừa số hồi tiếp F**

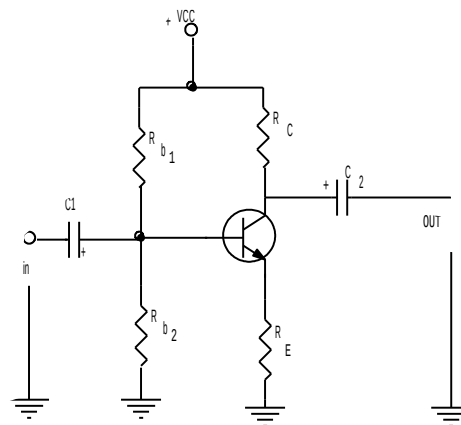
Hồi tiếp song song $A_{VF} = \frac{A_{v0}}{1 - k.A_{v0}}$	Hồi tiếp nối tiếp $A_{VF} = \frac{A_{v0}}{1 - k.A_{v0}}$
$F = 1 - k.A_{v0} > 1$ $k.A_{v0} < 0$ k và $A_{v0}$ trái dấu    hồi tiếp âm	$F = 1 + k.A_{v0} > 1$ $k.A_{v0} > 0$ k và $A_{v0}$ cùng dấu    hồi tiếp âm
$F = 1 - k.A_{v0} < 1$ $k.A_{v0} > 0$ k và $A_{v0}$ cùng dấu    hồi tiếp dương	$F = 1 + k.A_{v0} < 1$ $k.A_{v0} < 0$ k và $A_{v0}$ trái dấu    hồi tiếp dương
$-k.A_{v0} \gg 1$ k và $A_{v0}$ trái dấu hồi tiếp âm với $A_{VF} = -\frac{1}{k}$	$k.A_{v0} \gg 1$ k và $A_{v0}$ cùng dấu hồi tiếp âm với $A_{VF} = \frac{1}{k}$
$F = 1 - k.A_{v0} = 0$ $k.A_{v0} = 1$ $A_{VF}$ và trở thành mạch dao động	$F = 1 + k.A_{v0} = 0$ $k.A_{v0} = -1$ $A_{VF}$ và trở thành mạch dao động

### III/ Hồi tiếp âm dòng điện ghép nối tiếp

#### 1) Mạch điện:



Hình a



Hình b

#### 2) Nguyên lý:

Trong sơ đồ 2 mạch khuếch đại trên các tụ liên lạc  $C_1$ ,  $C_2$  và tụ điện phân dòng  $C_E$  được chọn có giá trị đủ lớn sao cho ở tần số tiêu biểu của tín hiệu nguồn  $v_s$  thì dung kháng  $X_C$  rất nhỏ nên được coi như nối tắt.

Thường chọn

$$C_1 = C_2 = 1 \text{ F} \quad 10 \text{ F} \text{ cho } f = 1\text{kHz}$$

$$C_E = 25 \text{ F} \quad 100 \text{ F} \text{ cho } f = 1\text{kHz}$$

Như vậy, tụ  $C_E$  trong mạch điện coi như nối tắt điện trở  $R_E$  xuống mass đối với tín hiệu xoay chiều. Đây chính là mạch khuếch đại kiểu E chung đã được phân tích. Độ khuếch đại điện áp của Transistor là:

$$A_{V0} = - \frac{R_C}{h_{ie}} \quad \text{vài trăm lần}$$

Trong mạch khuếch đại không dùng tụ  $C_E$  nên dòng điện tín hiệu ngõ ra là  $i_c$  đi qua  $R_E$  tạo nên điện áp xoay chiều  $v_e$  cũng chính là điện áp hồi tiếp  $v_f$ .

$$\text{Ta có: } v_f = v_e = i_e \cdot R_E$$

Như đã phân tích thì độ khuếch đại điện áp cũng chính là độ khuếch đại hồi tiếp:

$$A_V = A_{VF} = - \frac{R_C}{R_E}$$

Dùng lý thuyết hồi tiếp để phân tích ta có:

$$+ \text{ Hệ số hồi tiếp: } k = \frac{v_f}{v_o} = \frac{v_e}{v_c}$$

(dấu - do tín hiệu cực C và cực E đảo pha)

$$k = \frac{i_e \cdot R_E}{i_c \cdot R_C} = \frac{R_E}{R_C} \quad (\text{k là số âm})$$

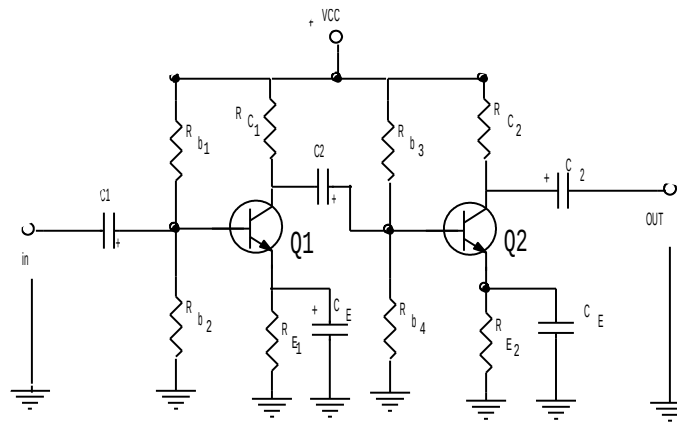
Trong bản phân loại hồi tiếp theo thừa số F ta có:

$$A_{VF} = \frac{A_{V0}}{1 - k \cdot A_{V0}}$$

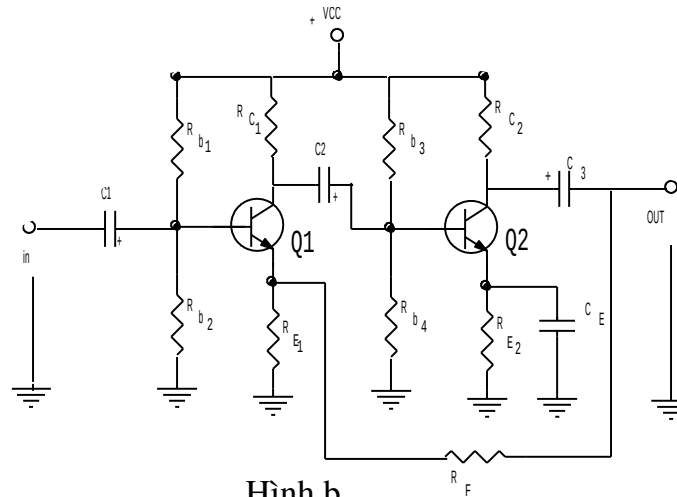
Do  $A_{V0}$  vài trăm lần nên  $k \cdot A_{V0} \gg 1$ , như vậy ta vẫn có kết quả giống như trên mạch tương đương nhưng cách tính đơn giản hơn nhiều.

## IV/ hồi tiếp âm điện áp ghép nối tiếp

### 1) mạch điện:



Hình a



Hình b

### 2) Nguyên lý:

Mạch điện hình a là mạch khuếch đại hai tầng không hồi tiếp. Độ khuếch đại chung của hai tầng là:

$$A_{V0} = A_{V01} \cdot A_{V02} = \frac{R_{C2}}{h_{ie1}} \quad (\text{rất lớn})$$

Trong mạch điện hình b điện trở  $R_{E1}$  và  $R_f$  được thêm vào cầu phân áp lấy điện áp ngõ ra  $v_0$  cho ra điện áp  $v_f$  trên  $R_{E1}$  để tạo sự hồi tiếp.

Điện áp hồi tiếp  $v_f$  lấy trên  $R_{E1}$  được tính bởi công thức:

$$V_f = v_0 \cdot \frac{R_{E1}}{R_{E1} + R_f}$$

Theo định nghĩa của mạch hồi tiếp ta có:

$$v_f = k \cdot v_0$$

suy ra hệ số hồi tiếp  $k$  của mạch là:



$$k = \frac{R_{E1}}{R_{E1} R_f} \text{ và } k > 0 \text{ (k là số dương)}$$

Trong bản phân loại hồi tiếp theo thừa số F ta có:

$$A_{VF} = \frac{A_{V0}}{1 + k.A_{V0}}$$

Do  $A_{V0}$  rất lớn (vài trăm lần) nên  $k.A_{V0} \gg 1$ , như vậy

$$A_{VF} = \frac{A_{V0}}{k.A_{V0}} \approx \frac{1}{k} = \frac{R_{E1} R_f}{R_{E1}} \text{ (} A_{VF} > A_{V0} \text{)}$$

Độ khuếch đại hồi tiếp sẽ phụ thuộc rất lớn vào điện trở  $R_f$ . Điện trở  $R_{E1}$  có phạm vi thay đổi không lớn lắm vì ảnh hưởng đến trạng thái phân cực một chiều của Transistor  $Q_1$ .

Ta có thể phân tích nguyên lý của mạch dựa vào góc pha của tín hiệu nguồn  $v_s, v_i, v_o$  và  $v_f$  như sau.

+ khi  $v_s$  có bán kỳ dương thì  $Q_1$  dẫn mạnh và cực  $C_{Q1}$  có bán kỳ âm ra đưa vào cực  $B_{Q2}$ .

+ khi  $Q_2$  nhận bán kỳ âm vào cực  $B_{Q2}$  thì  $Q_2$  dẫn yếu và cực  $C_{Q2}$  có bán kỳ dương ra,  $v_o$  có bán kỳ dương.

+ tín hiệu dương  $v_o$  tạo ra điện áp hồi tiếp  $v_f$  cũng là bán kỳ dương nên  $v_f$  và  $v_s$  cùng dấu.

Mạch hồi tiếp nối tiếp nên ta có:

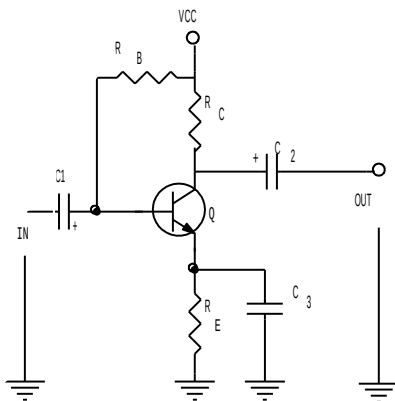
$$v_s = v_i + v_f$$

$$v_i = v_s - v_f$$

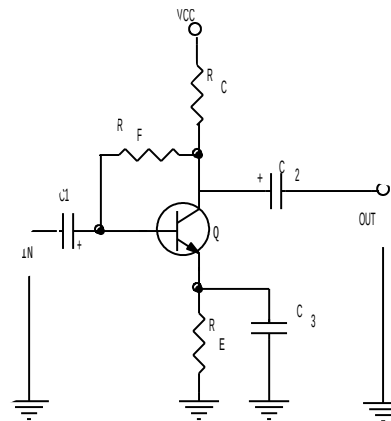
Do  $v_f$  và  $v_s$  cùng dấu nên  $v_i$  bị giảm biên độ sẽ làm giảm biên độ điện áp ra  $v_o$ , mạch hồi tiếp là loại hồi tiếp âm.

## V/ Hồi tiếp âm điện áp ghép song song

1) Mạch điện:



Hình a



Hình b

## 2) Nguyên lý

Mạch điện hình a là mạch khuếch đại cơ bản dùng 1 Transistor và không có hồi tiếp. Độ khuếch đại điện áp của mạch là.

$$A_{V0} = - \frac{R_C}{h_{ie}} \text{ (vài trăm lần)}$$

Mạch điện hình b có điện trở  $R_f$  thay điện trở  $R_B$  lấy điệ áp cực C (VC) để phân cực một chiều cho cực B đồng thời là điện trở hồi tiếp để lấy điện áp ra  $v_0$  đưa lại ngõ vào.

Điện trở  $R_f$  kết hợp với trở ngõ vào hie tạo thành cầu phân áp cho ra điện áp hồi tiếp  $v_f$  tính theo công thức.

$$v_f = v_0 \frac{hie}{hie + R_f}$$

Theo định nghĩa của mạch hồi tiếp ta có:

$$v_f = k.v_0$$

Suy ra hệ số hồi tiếp k là:

$$k = \frac{hie}{hie + R_f} \quad (k \text{ là hệ số dương})$$

Theo sơ đồ này điện áp vào  $v_s$  điện áp hồi tiếp  $v_f$  cùng được đưa vào cực B nên đây là mạch hồi tiếp ghép song song.

Ta có:

$$v_i = v_s + v_f \quad v_s = v_i - v_f$$

Trong bản phân loại hồi tiếp theo thừa số F ta có

$$A_{VF} = \frac{A_{VO}}{1 + k.A_{VO}}$$

Do  $A_{VO}$  rất lớn (vài trăm lần) nên  $k.A_{VO} \gg 1$  và như vậy.

$$A_{VF} = \frac{A_{VO}}{k.A_{VO}} = \frac{1}{k} = \frac{hie + R_f}{hie}$$

Độ khuếch đại hồi tiếp sẽ phụ thuộc rất lớn vào điện trở hồi tiếp  $R_f$  vì tổng trở ngõ vào hie đối với mỗi Transistor gần như không đổi.

Ta cũng có thể phân tích nguyên lý của mạch dựa vào góc pha của tín hiệu nguồn  $v_s$ ,  $v_i$ ,  $v_0$  và  $v_f$  như sau:

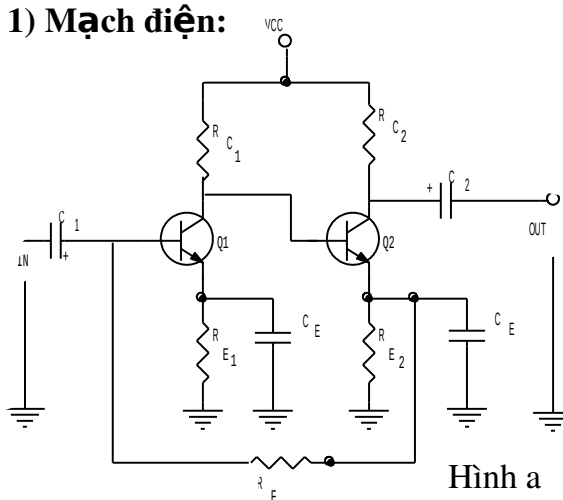
Khi  $v_s$  có bán kỳ dương thì ngõ ra  $v_0$  có bán kỳ âm do mạch khuếch đại đảo pha,  $v_0$  có tín hiệu bán kỳ âm.

Do hệ số k dương nên điện áp hồi tiếp  $v_f$  có bán kỳ âm.

Điện áp ngõ vào vi nhận 2 tín hiệu  $v_f$  và  $v_s$  là 2 tín hiệu đảo pha nên tín hiệu vào bị giảm nhỏ sẽ làm cho tín hiệu ra  $v_0$  bị giảm, mạch hồi tiếp là hồi tiếp âm.

## VI/ Hồi tiếp âm dòng điện ghép song song

### 1) Mạch điện:



Hình a

Hình b

### 2) Nguyên lý

Mạch điện hình a là mạch điện khuếch đại không hồi tiếp có 2 tầng. Độ khuếch đại điện áp chung cho 2 tầng là:

$$A_{V0} = A_{12} \frac{R_{C2}}{h_{ie1}} \quad (\text{rất lớn})$$

Trong đó  $A_{12}$  là độ khuếch đại dòng điện chung cho cả 2 tầng gọi là độ khuếch đại hở (không hồi tiếp)  $A_{I0}$ .

$$\text{Ta có } A_{I0} = A_{12} \quad A_{V0} = A_{I0} \frac{R_{C2}}{h_{ie1}}$$

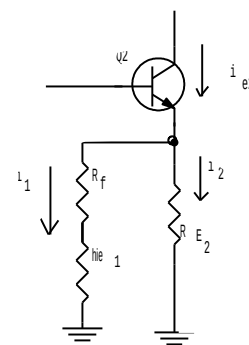
Mạch điện hình b dùng điện trở  $R_f$  lấy điện áp  $V_{E2}$  để phân cực cho cực  $B_1$  thay cho  $R_{B1}$  đồng thời lấy tín hiệu ra trên cực  $E_2$  để hồi tiếp về cực  $B_1$ . Tín hiệu điện áp trên cực  $E_2$  do dòng điện ra  $i_0 = i_{c2} - i_{e2}$  qua  $R_{E2}$  tạo ra nên gọi là mạch hồi tiếp dòng điện. Tín hiệu nguồn  $v_s$  và tín hiệu hồi tiếp  $v_f$  cùng đưa vào cực  $B$  nên đây là mạch hồi tiếp ghép song song.

Trong mạch hồi tiếp loại này chúng ta sẽ phân tích bằng độ khuếch đại dòng điện hở  $A_{I0}$  và độ khuếch đại dòng điện hồi tiếp  $A_{IF}$ .

Ta có:

$$A_{I0} = \frac{i_0}{i_i} = \frac{i_{c2}}{i_{c1}} \quad A_{12} \quad (\text{đã tính như trên})$$

Mạch hồi tiếp dòng điện bằng  $R_f$  có thể vẽ ra mạch tương đương như sau:



Ta có:

$$i_{e2} = i_1 + i_2$$

$$i_1(R_f + h_{ie1}) = i_2 \cdot R_{E2} = v_{e2}$$

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_f + h_{ie1}}{R_{E2}}$$

$$\frac{i_1}{i_1} \frac{i_2}{i_1} \frac{R_{E2}}{R_{E2}} \frac{R_f}{R_{E2}} \frac{hie_1}{R_{E2}} \frac{R_{E2}}{R_{E2}} \frac{R_f}{R_{E2}} \frac{hie_1}{R_{E2}}$$

$$\frac{i_{e2}}{i_1} \frac{R_{E2}}{R_{E2}} \frac{R_f}{R_{E2}} \frac{hie_1}{R_{E2}}$$

Do  $hie_1 \ll R_f$  nên  $\frac{i_{e2}}{i_1} \frac{R_{E2}}{R_{E2}} \frac{R_f}{R_{E2}}$

Suy ra  $\frac{i_1}{i_{e2}} \frac{R_{E2}}{R_{E2}} \frac{R_f}{R_f}$  mà  $i_1 = i_f$  và  $i_{e2} = i_0$  nên hệ số hồi tiếp Dòng điện là  $b_1$  được tính theo công thức:

$$k_i = \frac{i_f}{i_0} \frac{R_{E2}}{R_{E2}} \frac{R_f}{R_f}$$

Độ khuếch đại dòng điện hồi tiếp  $A_{IF}$  được tính theo công thức:

$$A_{IF} = \frac{1}{k} \frac{R_{E2}}{R_{E2}} \frac{R_f}{R_f}$$

Từ độ khuếch đại dòng điện hồi tiếp  $A_{IF}$  ta có thể tính độ khuếch đại điện áp hồi tiếp  $A_{VF}$  theo công thức.

$$A_{VF} = A_{IF} \frac{R_{C2}}{hie_2}$$

$$A_{VF} = \frac{R_{C2}}{R_{E2}} \frac{R_f}{R_{E2}} \frac{R_{C2}}{hie_1}$$

Như thế độ khuếch đại hồi tiếp phụ thuộc rất lớn vào  $R_f$  còn điện trở  $R_{e2}$  có phạm vi thay đổi không lớn lắm vì ảnh hưởng tới trạng thái phân cực một chiều.

Nếu dựa vào góc pha của tín hiệu để phân tích thì ta có:

Khi điện áp nguồn  $v_s$  có bán kỳ dương thì  $Q_1$  khuếch đại đảo pha cho ra bán kỳ âm, qua  $Q_2$  lại khuếch đại đảo pha cho ra bán kỳ dương ở ngõ ra  $v_0$ .

Tín hiệu hồi tiếp lấy trên cực  $E_2$  là tín hiệu đảo pha với tín hiệu  $C_2$  ở ngõ ra nên tín hiệu hồi tiếp sẽ là bán kỳ âm.

Tín hiệu hồi tiếp  $v_f$  có bán kỳ âm cũng đưa vào cực B với điện áp nguồn  $v_s$  nhưng ngược pha với  $v_s$  nên làm giảm biên độ của điện áp tín hiệu vào  $v_i$  và giảm điện áp tín hiệu ra  $v_0$ , mạch hồi tiếp là mạch hồi tiếp âm.

## VII/ Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến các thông số trong mạch

Trong chương này chỉ phân tích các mạch hồi tiếp âm dùng trong các mạch tuyến tính, các loại mạch hồi tiếp dương sẽ được phân tích trong chương mạch dao động.

Mạch hồi tiếp âm ngoài tác dụng làm ổn định độ khuếch đại điện áp còn làm thay đổi các thông số và chỉ tiêu kỹ thuật khác của mạch như tổng trở ngõ vào  $Z_i$ , tổng trở ngõ ra  $Z_o$ , độ rộng băng thông BW.

Để thấy tác dụng của hồi tiếp âm ảnh hưởng lên các thông số trên như thế nào, người ta thường dùng mạch tương đương để phân tích ở đây cho bản kết quả sau khi đã phân tích, tính toán. (phần phân tích tính toán rất dài)

Gọi  $Z_i, Z_o, A_{v0}, BW$  là các thông số của mạch khi không có hồi tiếp âm và gọi là  $Z_{if}, Z_{of}, A_{vF}, BW_F$  là các thông số của mạch khi có hồi tiếp âm ta có bảng kết quả sau:

Các thông số kỹ thuật	Hồi tiếp âm dòng điện nối tiếp	Hồi tiếp âm điện áp nối tiếp	Hồi tiếp âm điện áp song song	Hồi tiếp âm dòng điện song song
Tổng trở ngõ vào	$Z_{if} = Z_i.F$	$Z_{if} = Z_i.F$	$Z_{if} = \frac{Z_i}{F}$	$Z_{if} = \frac{Z_i}{F}$
Tổng trở ngõ ra	$Z_{of} = Z_o.F$	$Z_{of} = \frac{Z_o}{F}$	$Z_{of} = \frac{Z_o}{F}$	$Z_{of} = Z_o.F$
Độ khuếch đại điện áp	$A_{vF} = \frac{A_{v0}}{F}$	$A_{vF} = \frac{A_{v0}}{F}$	$A_{vF} = \frac{A_{v0}}{F}$	$A_{vF} = \frac{A_{v0}}{F}$
Ñoã rộng băng thông	$BW_F = BW.F$	$BW_F = BW.F$	$BW_F = BW.F$	$BW_F = BW.F$

Trong bốn kết quả trên  $F$  là hệ số hồi tiếp và  $F = 1 + k.A_{v0}$

Nhân xét:

Mạch hồi tiếp âm dòng điện nối tiếp làm tăng tổng trở ngõ vào và ngõ ra lên  $F$  lần.

Mạch hồi tiếp âm điện áp nối tiếp làm tăng tổng trở ngõ vào và giảm tổng trở ngõ ra  $F$  lần.

Mạch hồi tiếp âm điện áp song song làm giảm tổng trở ngõ vào và ngõ ra xuống  $F$  lần.

Mạch hồi tiếp âm dòng điện song song làm giảm tổng trở ngõ vào và làm tăng tổng trở ngõ ra lên  $F$  lần.

Tất cả các mạch hồi tiếp âm đều làm mở rộng băng thông lên  $F$  lần.

Các mạch hồi tiếp âm làm tăng tổng trở ngõ vào thông dụng cho tầng khuếch đại nào đó để tăng biên độ tín hiệu ngõ vào  $V_s$ . Các mạch hồi tiếp âm làm giảm tổng trở ngõ ra thông dụng để tăng công suất ngõ ra tăng khả năng cấp dòng cho tải.

Ngoài các thông số kỹ thuật trên mạch hồi tiếp còn tác dụng giảm biên độ nhiễu, giảm nhiễu méo phi tuyến và méo tần số.

# KHUẾCH ĐẠI MỘT CHIỀU VÀ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

## I/ Khái niệm về tín hiệu tần số thấp biến thiên chậm.

Các mạch khuếch đại ghép R-C, biến áp mà ta khảo sát ở các chương trước được ứng dụng trong các mạch khuếch đại tín hiệu xoay chiều, tần số thấp nhất cũng trên 1 Hz. Trong thực tế còn có những tín hiệu có tần số dưới 1 Hz gọi là tín hiệu biến thiên chậm, như: tín hiệu cảm biến sự biến thiên của nhiệt độ, ánh sáng, độ ẩm, mức chất lỏng, phản ứng hoá học, dòng điện sinh học... Các tín hiệu biến thiên chậm được xem như tín hiệu một chiều (DC).

Bộ khuếch đại tín hiệu biến thiên chậm có đặc điểm như sau:

Tín hiệu có tần số rất thấp xem như tín hiệu DC.

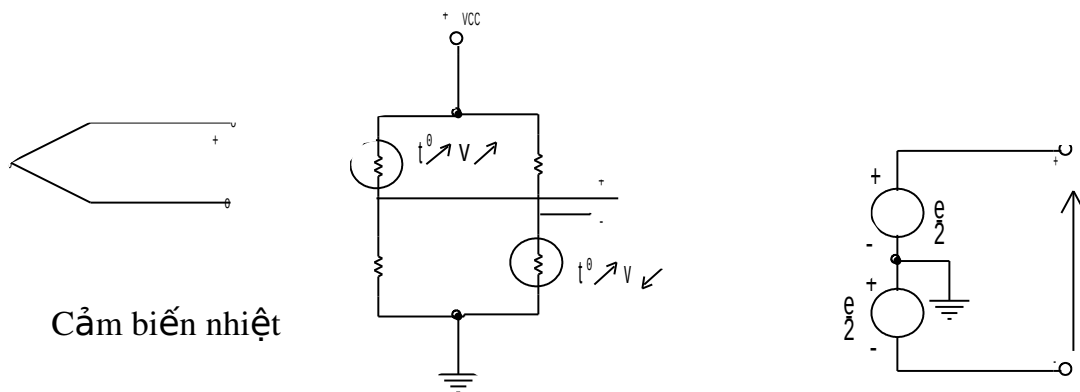
Có ngõ vào đối xứng.

Hệ số khuếch đại rất lớn (tín hiệu biến thiên chậm có biên độ rất bé vài  $\mu$  đến vài chục  $\mu$ ).

Khả năng chống nhiễu tốt.

Điện áp tính ở ngõ vào và ngõ ra bằng không để dễ chuẩn hoá.

Phân cực phải rất ổn định, không bị trôi theo nhiệt độ, nếu không sẽ bị sai số, đây là điều kiện rất quan trọng của mạch khuếch đại DC.

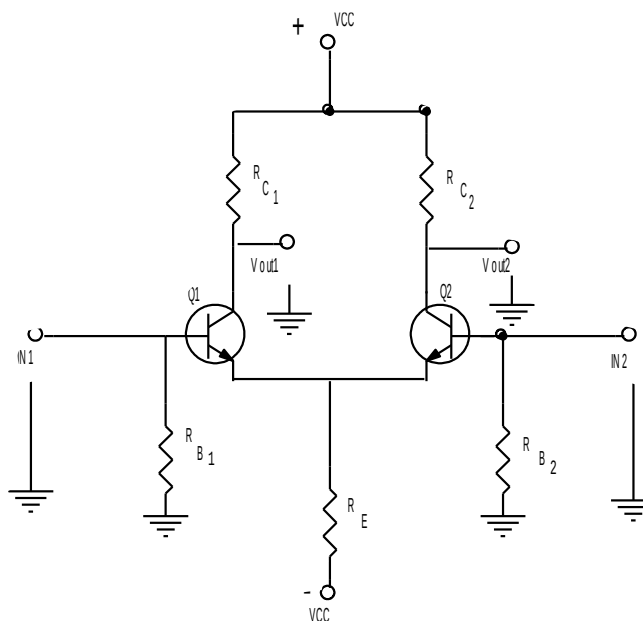


Mô hình mạch điện nguồn tín hiệu đối xứng

Với những đặc điểm trên nhất là về đặc điểm tần số, rõ ràng là khuếch đại R-C và ghép biến áp là không đáp ứng được với tín hiệu DC. Ta có thể dùng mạch khuếch đại ghép trực tiếp, nhưng cũng hạn chế số tầng khuếch đại vì tính toán phân cực khá phức tạp, hơn nữa khả năng ổn định phân cực và chống nhiễu sẽ kém khi số tầng khuếch đại càng tăng, hoặc không có ngõ vào đối xứng. Trong chương này ta sẽ khảo sát hai dạng mạch khuếch đại điện áp một chiều là khuếch đại vi sai và khuếch đại thuật toán, hoàn toàn đáp ứng được các đặc điểm trên.

## II/ Mạch khuếch đại vi sai (Differential Amplifier).

### 1) Dạng mạch cơ bản.



Khuếch đại vi sai là khuếch đại sự sai biệt tín hiệu 2 ngõ vào mạch có tính đối xứng, có 2 ngõ vào và 2 ngõ ra, ngõ vào có thể chọn không đối xứng  $v_{i1}$  và  $v_{i2}$  so với mass hay đối xứng  $v_i = v_{i1} - v_{i2}$ .

Tương tự ngõ ra có thể chọn không đối xứng  $v_{o1}$ ,  $v_{o2}$  so với mass hoặc không đối xứng  $v_o = v_{o1} - v_{o2}$ .

Hai cực E được nối chung với nhau và lấy nguồn âm ( $-V_{CC}$ ) để tạo điện thế phân cực ở ngõ vào 0v. hoặc cực E được phân cực bằng một nguồn dòng không đổi ( $I_K$ ) để có nội trở nguồn vô cùng lớn ( $R_E$ ).

Ta có ở trạng thái tĩnh  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ ,  $Q_1$  và  $Q_2$  hoàn toàn đối xứng.

$$I_{C1} + I_{C2} = I_E \quad I_{C1} = I_{C2} = 1/2 I_E$$

Vì  $I_B \ll I_C$  nên bỏ qua dòng  $I_B$

Tín hiệu vào bộ khuếch đại vi sai phân làm 2 dạng, tín hiệu vào vi sai và tín hiệu vào đồng pha.

Tín hiệu vào vi sai (Differential input signal).

Là hai tín hiệu vào ngược pha, đây là tín hiệu vào có ích cần được khuếch đại.

$$v_{i1} = -v_{i2} = \frac{v_{id}}{2}$$

Tín hiệu vào đồng pha: còn gọi là tín hiệu vào cách chung (Common Mode Signal). Chúng thường là các nhiễu, ví dụ các điện trường của tia lửa điện, điện áp trôi theo nhiệt độ, lượng biến động của nguồn cung cấp...

$$v_{i1} = v_{i2} = v_{ic}$$

#### 2) Tính trạng thái tĩnh (phân cực ban đầu)

Do mạch khuếch đại vi sai hoàn toàn đối xứng, ta chỉ cần tính toán một vế. Do dùng  $R_E$  cho  $Q_1$  và  $Q_2$  nên khi đưa về một vế,  $R_E$  được thay bằng  $2R_E$  như hình vẽ

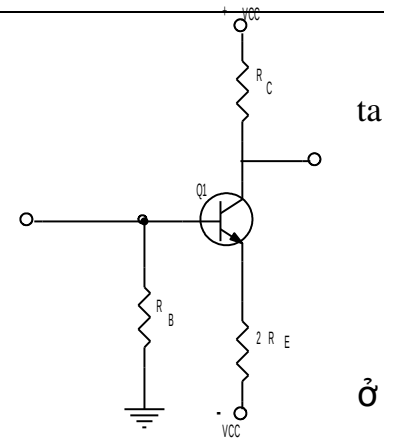
Từ hình vẽ ta viết được 2 phương trình vòng kín BE và CE có

$$I_B \cdot R_B + V_{BE} + 2 I_B R_E = -V_{CC}$$

$$I_C R_C + V_{CE} + 2 I_B R_E = V_{CC}$$

Và  $I_E = I_C = I_B$

Từ các phương trình trên suy ra giá trị dòng điện và điện áp trạng thái tĩnh. Ngược lại khi biết điện áp và dòng điện giúp ta tính được các điện trở phân cực.



**Bài tập 1:**

Cho biết:  $V_{CC} = 12V$ ,  $R_C = 2k$ ,  $R_E = 5k$ ,  $R_B = 50k$ ,  $Q_1 = Q_2$  có  $\beta = 100$  tính các giá trị dòng điện, điện áp trên các cực B, C, E của mạch.

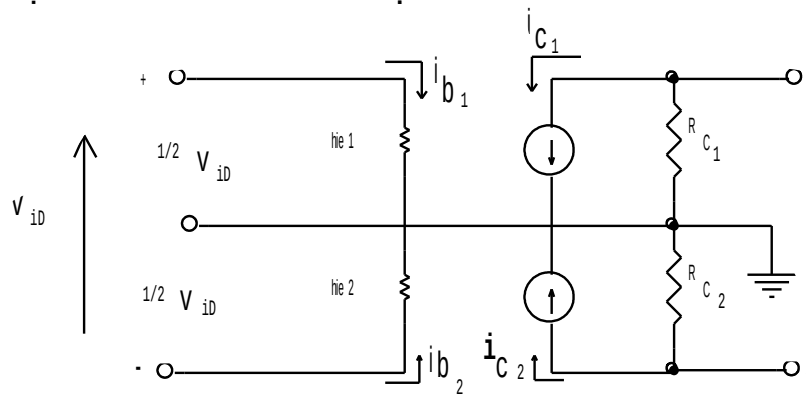
**Bài tập 2 :**

Cho biết:  $V_{CC} = 12V$  Transistor có  $\beta = 100$  tính  $R_B, R_E, R_C$  cho mạch có phân cực là:  $I_C = 1mA$ ,  $V_{CE} = 4V$ ,  $V_C = 0V$ .

**3) tính trạng thái xoay chiều.**

**a) Hệ số khuếch đại vi sai ( $A_{VD}$ )**

Nếu hai tín hiệu vào là vi sai (ngược pha)  $v_{i1} = -v_{i2}$ , giả sử  $Q_1$  có bán kỳ dương thì  $Q_2$  có bán kỳ âm nên  $Q_1$  dẫn mạnh  $I_{C1}$  tăng còn  $Q_2$  dẫn yếu  $I_{C2}$  giảm. Nên dòng điện qua  $R_E$  không thay đổi và điện áp trên  $R_E$  không đổi, như vậy về mặt xoay chiều xem như cực E được nối mass đối với tín hiệu vi sai. Từ đó ta có mạch tương đương.



$$A_{VD} = A_{VD1} = -A_{VD2} = -\frac{R_C}{2h_{ie}}$$

$$V_{O1} = -v_{i1} \frac{R_C}{2h_{ie1}}$$

$$V_{O2} = -v_{i2} \frac{R_C}{2h_{ie2}}$$

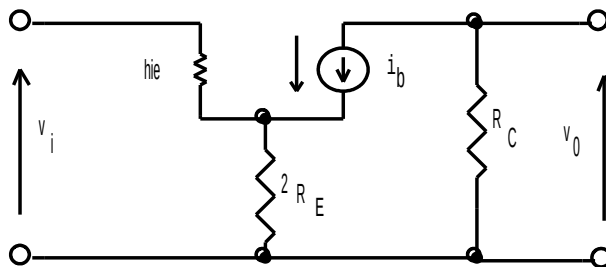


Hệ số khuếch đại của tầng khuếch đại vi sai bằng với hệ số khuếch đại của tầng E chung, hệ số  $\frac{1}{2}$  là do tín hiệu vào tầng khuếch đại vi sai chỉ bằng phân nửa biên độ so với tín hiệu vào của tầng khuếch đại đơn E chung.

Hai tín hiệu vào là ngược pha thì hai tín hiệu ra cũng ngược pha. Nếu lấy hai tín hiệu ngõ ra đưa ra 1 tải  $R_L$  không qua mass thì điện áp trên tải tăng gấp đôi  $V_{RL} = 2V_{out1} = 2V_{out2}$ .

**b) Hệ số khuếch đại đồng pha ( $A_{VC}$ ).**

Khi hai tín hiệu vào là đồng pha  $V_{i1} = V_{i2}$ . Giả sử  $v_{i1}$  có bán kỳ dương thì  $V_{i2}$  cũng có bán kỳ dương nên Q1, Q2 cùng dẫn mạnh, dòng  $I_{C1}$  và  $I_{C2}$  đều tăng, do đó dòng qua  $R_E$  sẽ gấp hai lần  $I_{C1}$  hoặc  $I_{C2}$ . Nên điện áp trên  $R_E$  tăng lên một lượng là  $v_{RE} = 2i_{c1}R_e = 2i_{c2}R_e$  ( $i_c$  là dòng AC). Trong trường hợp này  $R_E$  vẫn xuất hiện như điện trở hồi tiếp có giá trị bằng  $2R_E$ . Ta có mạch tương đương 1 vế như sau.



Hệ số khuếch đại trong trường hợp này là:

$$A_{VC} = A_{VC1} = A_{VC2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_C}{2R_E}$$

Điện áp ở ngõ ra.

$$V_{01} = V_{02} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_C}{R_E} \cdot v_{ic}$$

Nếu lấy hai tín hiệu ở ngõ ra đưa vào một tải  $R_L$  không qua mass thì điện áp trên tải sẽ bằng 0V ( $V_{Rc} = 0V$ ).

**c) Tỉ số nén đồng pha (CMRR).**

Để đánh giá mức độ triệt nhiễu tín hiệu đồng pha người ta đưa ra thông số CMRR (Common Mode Reject Ratio) được định nghĩa như sau:

$$CMRR = \frac{A_{VD}}{A_{VC}} \text{ Hay } CMRR = 20 \log \frac{A_{VD}}{A_{VC}}$$

$$CMRR = \frac{R_E}{hie}$$

Hệ số CMRR càng cao thì mạch có tính triệt nhiễu càng tốt. để tăng hệ số CMRR ta tăng  $R_E$ . Nhưng nếu tăng  $R_E$  lớn thì hie sẽ giảm vì  $I_E$  giảm. Do đó ta thay  $R_E$  bằng mạch cấp nguồn dòng không đổi. Mạch nguồn dòng tương đương như có nội trở vô cùng lớn, nghĩa là  $R_E$  thì mạch chống nhiễu rất tốt.

Nội trở nguồn dòng được xác định bằng công thức.

$$r_i = \frac{v}{i}$$

Vì dòng điện không thay đổi nên  $i = 0$

Suy ra:  $r_i$  tương đương  $R_E$

Mạch có CMRR = chống nhiễu tuyệt đối.

**d) Tổng trở vào, tổng trở ra:**

Từ mạch điện khuếch đại vi sai nhìn giữa 2 cực  $B_{Q1}$  và  $B_{Q2}$  ta có:

+ Tổng trở vào vi sai:

$$R_{iD} = 2h_{ie}$$

+ Tổng trở vào đồng pha:

$$R_{iC} = h_{ie} + 2R_E$$

+ Tổng trở ra giữa 1 trong 2 cực C và đất là

$$R_0 = R_C$$

**Bài tập 3:**

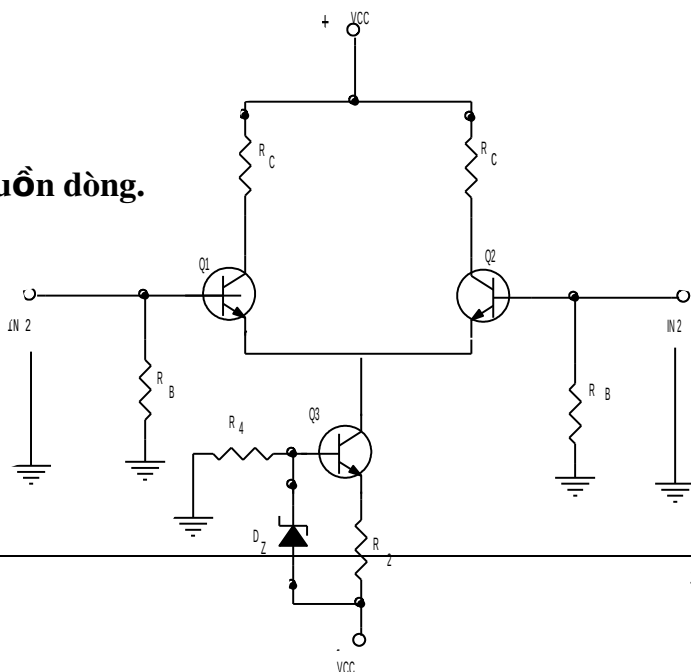
Từ Bài tập 2 tính.

- a) Hệ số khuếch đại vi sai  $A_{VD}$  và hệ số khuếch đại đồng pha  $A_{VC}$ ?
- b) Tổng trở vào vi sai  $R_{iD}$ , và tổng trở vào đồng pha  $R_{iC}$ , tổng trở ra.
- c) Tỷ số CMRR.

**Bài tập 4 :**

Tính toán mạch khuếch đại vi sai dùng Transistor loại pnp có các thông số như ví dụ 2.

**4) khuếch đại vi sai dùng nguồn dòng.**



Để thỏa mãn được phân cực DC và đồng thời tăng CMRR ta thay  $R_E$  bằng nguồn dòng dùng Transistor  $Q_3$ , cùng loại với  $Q_1, Q_2$ . Về mặt DC ta phân cực cho  $Q_3$  sao cho  $V_{CE/Q3} + V_{R2}$  bằng với áp trên  $R_E$ .

$$I_{C/Q3} = I_{C/Q1} + I_{C/Q2}$$

$$I_{C/Q3} = \frac{V_z - V_{BE}}{R_2} = \text{Const}$$

Về mặt AC thì điện trở tương đương giữa hai cực E-C của  $Q_3$  có giá trị rất lớn do đó tăng CMRR rất cao.

$$R_{EC/Q3} = r_i = \frac{v}{i}$$

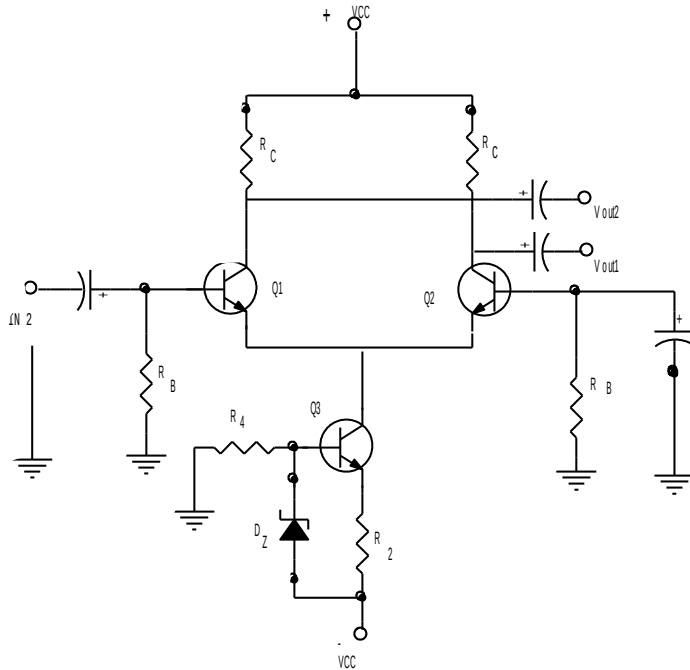
$$\text{Vì } i = 0$$

**Bài tập 5 :** Tính toán  $R_2$  và  $Dz$  sao cho mạch có các giá trị dòng điện và điện áp như bài tập 2.

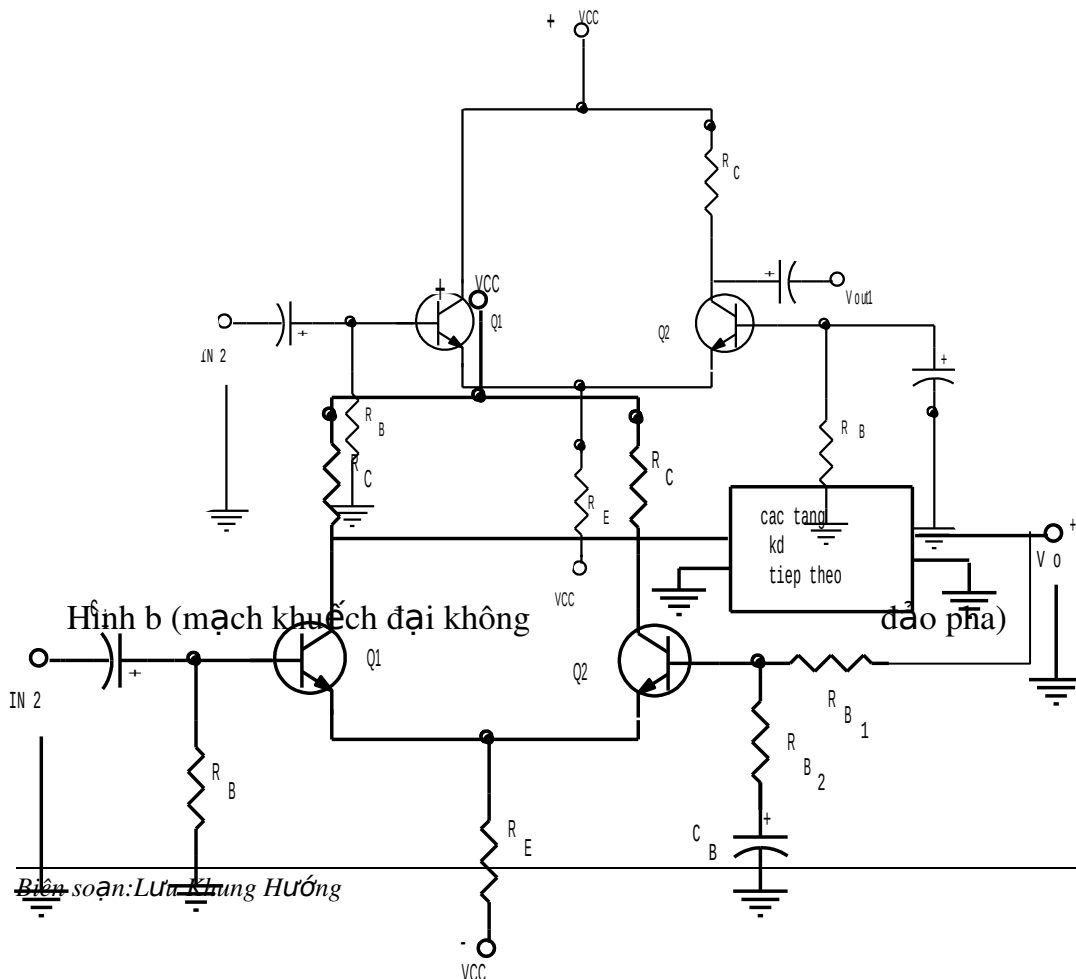
**Bài tập 6 :** Tính toán mạch khuếch đại vi sai dùng Transistor pnp như bài tập 5.

### III/ Các mạch ứng dụng của khuếch đại vi sai.

Ngoài ứng dụng của khuếch đại tín hiệu DC ngõ vào đối xứng do đặc tính ổn định phân cực và chống nhiễu tốt mạch khuếch đại vi sai còn được dùng rộng rãi trong khuếch đại AC, ngõ vào hoặc ngõ ra bất đối xứng như: khuếch đại đảo pha(a), khuếch đại đồng pha(b), khuếch đại hồi tiếp(c).



Hình a ( $V_{o1}$  và  $V_{o2}$  ngược pha nhau)



Hình b (mạch khuếch đại không

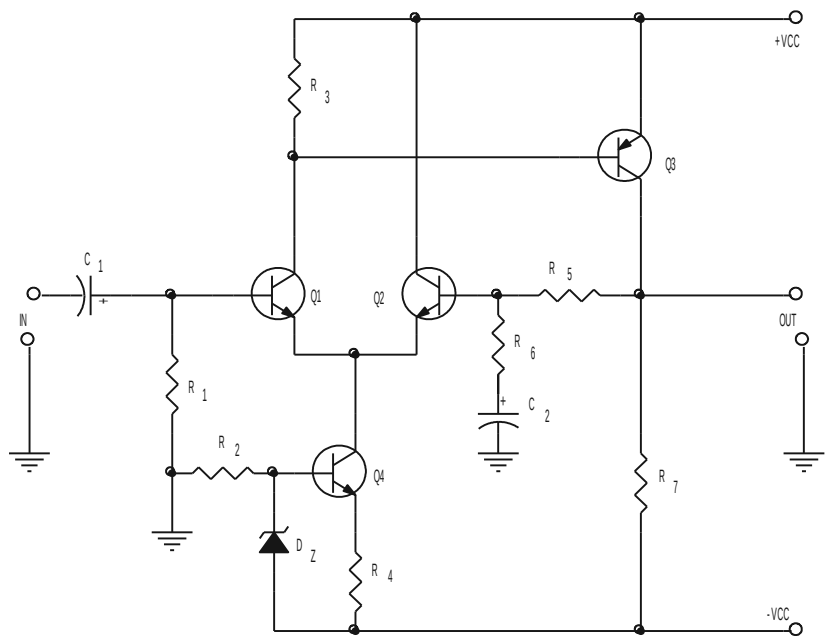
đảo pha)

Hình c (Mạch khuếch đại có hồi tiếp)

**BÀI TẬP 7**

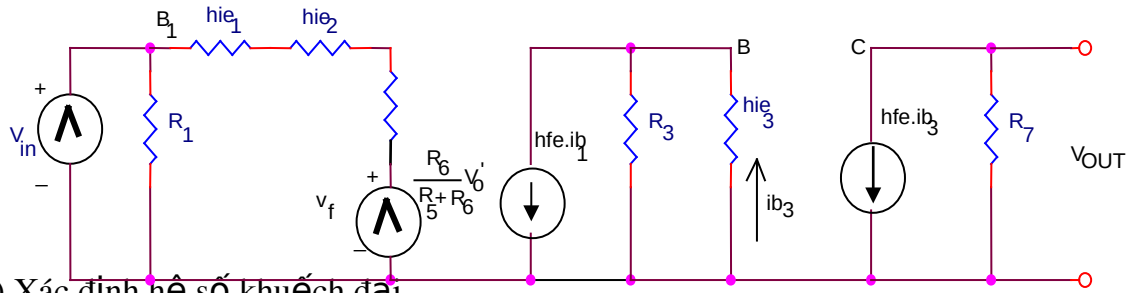
Cho mạch điện như hình vẽ :

- a) Vẽ mạch tương đương.
- b) Xác định công thức tính  $A_{v_f}$  theo thừa số hồi tiếp.
- c) Cho các Transistor có  $\beta = 100$ ,  $V_{BE} = 0.6V$ ,  
 $R_1 = R_5 = 50K$   
 $R_5 = R_7 = 1.5K$   
 $V_{CC} = 15V$ ;  $V_Z = 6V$   
 Tính  $R_4$  cho  $V_{C/Q3} = 0V$
- d) Tính điện thế cực B và E của  $Q_1$  và  $Q_2$



Giải

a) Mạch tương đương.



b) Xác định hệ số khuếch đại.

Ta có: tín hiệu đưa vào Q<sub>1</sub> và hồi tiếp về Q<sub>2</sub> nghĩa là hồi tiếp điện áp ghép nối tiếp.

- Điện áp hồi tiếp:  $V_f = V_{B/Q2} = \frac{R_6}{R_5 + R_6} V_o$

- Hệ số hồi tiếp:  $K = \frac{V_f}{V_o} = \frac{R_6}{R_5 + R_6}$

- Nếu không có tín hiệu hồi tiếp tức là  $R_6 = 0$  thì hệ số khuếch đại vòng hở là:  $A_{v0}$

$A_{v0} = A_{vQ1} \times A_{vQ3}$

$A_{v0} = \frac{R_3 // hie_3}{hie_1} \times \frac{R_7 // R_5}{hie_3}$

$A_{v0} = \frac{hie_3}{hie_1} \cdot \frac{R_7}{R_5 + R_7} = \frac{R_7}{hie_1}$

Vậy  $A_{v0}$  rất lớn đồng thời  $K$  và  $A_{v0}$  cùng dấu và  $K \cdot A_{v0} \gg 1$  nên theo bảng phân loại hồi tiếp F ta có.

$A_{v_f} = \frac{1}{K} = \frac{1}{\frac{R_6}{R_5 + R_6}} = \frac{R_5 + R_6}{R_6} = 1 + \frac{R_5}{R_6}$

Vậy:  $A_{v_f} = 1 + \frac{R_5}{R_6}$

c) Tính  $R_4, D_Z$  cho  $V_{C/Q3} = 0V$

$V_{C/Q3} = 0V \Rightarrow V_{R7} = 15V$

$I_{C/Q3} = I_{R7} = \frac{V_{R7}}{R_7} = \frac{15V}{1.5V} = 10mA$

$\Rightarrow I_{B/Q3} = \frac{I_C}{100} = \frac{10}{100} = 0.1mA$

$V_{BE/Q3} = V_{R3} = 0.6V \Rightarrow I_{R3} = \frac{0.6}{1.5} = 0.4mA$

$$I_{C/Q1} = I_{R3} + I_{B/Q3} = 0.4 + 0.1 = 0.5\text{mA}$$

$$I_{C/Q1} = I_{C/Q2} = 0.5\text{mA}$$

$$\Rightarrow I_{C/Q4} = I_{C/Q1} + I_{C/Q2} = 1\text{mA} = I_{R4}$$

$$I_{R4} = \frac{V_{R4}}{R_4} = \frac{V_Z - 0.6}{R_4} = 1\text{mA}$$

Chọn  $D_Z$  có  $V_Z = 6\text{V}$  và  $R_4 = 5.6\text{K}$

Ta có  $I_{R4} = 1\text{mA}$

d) Tính điện thế cực E và B của  $Q_1$  và  $Q_2$

$$V_{B/Q1} = V_{B/Q2} = -I_B \cdot R_B = \frac{0.5}{100} \cdot 50 = -0.25\text{V}$$

$$V_E = V_B - 0.6 = -0.25 - 0.6 = -0.85\text{V}$$

# KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

(Op –Amp: Operational Amplifier )

## I – Khái niệm :

Vi mạch khuếch đại thuật toán (IC – Op-Amp ) là vi mạch có hệ số khuếch đại rất lớn, dùng để thực hiện các phép tính cộng, trừ, nhân, chia, vi phân tích phân, hoặc để tạo ra các sóng sin, vuông, tam giác. Vi mạch có hệ số có 2 ngõ vào và 1 ngõ ra và hai chân cấp nguồn, có thể cấp nguồn đối xứng hoặc nguồn đơn. ( hình 1)

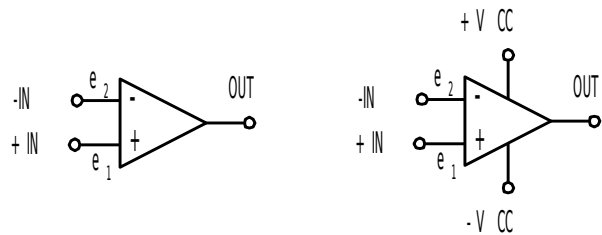
- Ngõ vào không đảo, ký hiệu là (+)ø hay  $V_{IN}^+$
- Ngõ vào đảo, ký hiệu là (-) hay  $V_{IN}^-$
- Ngõ ra, ký hiệu là OUT hay  $V_{OUT}$

**Hai ngõ vào được thiết kế dưới dạng vi sai. Điện áp ngõ ra là :**

$$V_{OUT} = A( V_{IN}^+ - V_{IN}^- )$$

Trong đó A là độ khuếch đại hay độ lợi của vi mạch. Nếu vi mạch không dùng hồi tiếp, được gọi là độ khuếch đại riêng hay độ lợi vòng hở :  $A = 50.000 : 200.000$

Các IC Op-Amp thông dụng là : 741 ; 062 ; 082 ; 4558 ; 064 ; 084 ; 324. hai chữ cái đứng đầu chỉ hãng sản xuất. Riêng hãng Hitachi chữ đứng đầu là HA17.... Ngoài ra, vi mạch 741 còn có thêm chân Off set null để chỉnh điện thế chân out đúng bằng 0V.



Hình 1: Ký hiệu OPAMP

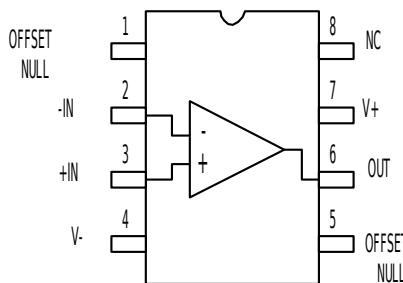
## Nguồn cung cấp :

Nếu dùng nguồn đối xứng  $V_{CC} = 6^V$  đến  $15^V$  và mass là 0V

Nếu dùng nguồn đơn 0V và  $V_{CC\phi} = 12v$  đến 30v

## II/. CÁC VI MẠCH THÔNG DỤNG :

### Sơ đồ chân Vi mạch 741 ( hình 2 ):



Hình 2: Sơ đồ chân OPAMP 741

- IN : Ngõ vào đảo

+ IN : Ngõ vào không đảo

OFFSET NULL : Chân dùng để chỉnh điểm 0 ở ngõ ra

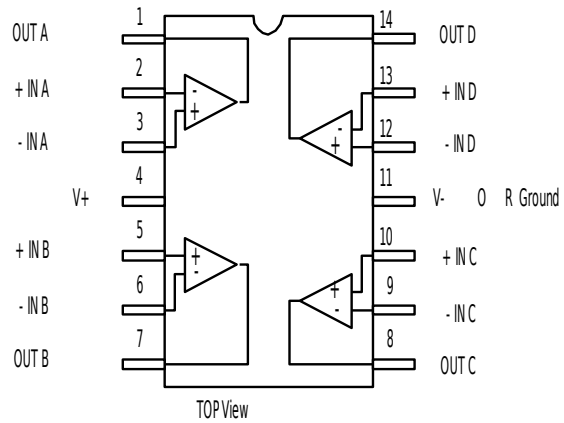
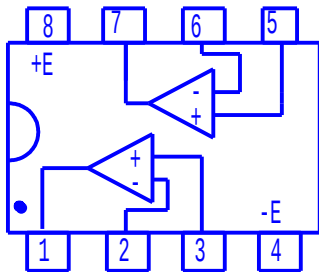
OUT : Ngõ ra

NC : Chân IC không nối với mạch điện bên trong ( No Connection )

### Vi mạch LM 324/224/124 ; 064 ; 084



Vi mạch 062 – 082 - 4558



Hình 3: Sơ đồ chân vi mạch LM 324/224/124

### III – CÁC MẠCH CƠ BẢN :

1 – Mạch khuếch đại đảo: ( hình 4 )

Trong đó  $R_1$  xác định tổng trở vào

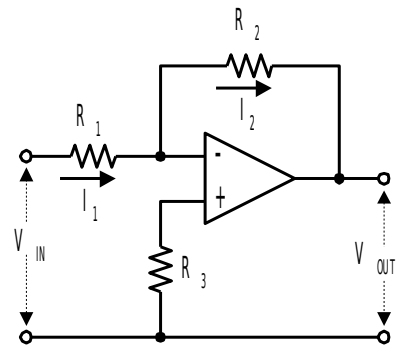
$R_2$  điện trở hồi tiếp âm xác định độ lợi

$R_3$  dùng để cân bằng tổng trở vào cho OPAMP

Trong đó, tỉ số  $\frac{R_2}{R_1}$  được gọi là độ lợi vòng kín

(  $A_V$  ) của mạch khuếch đại. Muốn thay đổi độ khuếch đại vì sai vòng kín cần chọn các giá trị  $R_1$  và  $R_2$  thích hợp.

Điều kiện tốt nhất nên chọn:  $R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_2}$



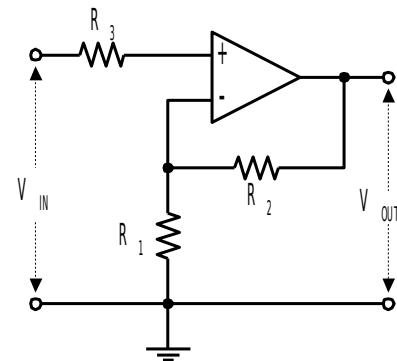
Hình 4: Mạch khuếch đại đảo dùng OPAMP

## 2 – Mạch khuếch đại không đảo :

Tín hiệu đưa đến ngõ vào không đảo, đường hồi tiếp lấy từ ngõ ra qua cầu phân áp  $R_1, R_2$  đưa đến ngõ vào đảo ( hình 5 ). Tín hiệu ra đồng pha với tín hiệu vào và được tính theo công thức:  $V_{out} = V_{in} \frac{R_1 + R_2}{R_1}$

Trong đó : độ lợi  $A_v = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$

$$R_3 = R_2 // R_1 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

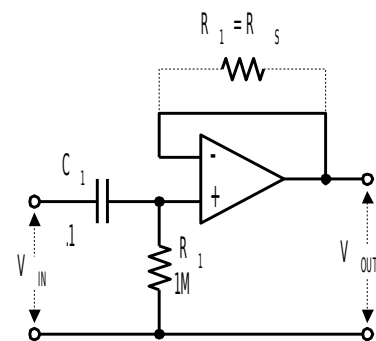


Hình 5: Mạch khuếch đại không đảo OPAMP

## 3 – Mạch đệm:

Mạch điện như hình 6 dùng hồi tiếp âm 100% nên độ lợi  $A_v = 1$

Tín hiệu vào đưa đến ngõ vào không đảo và đồng pha với tín hiệu ra. Mạch thường dùng để làm bộ biến đổi trở kháng từ lớn ra nhỏ



Hình 6: Mạch đệm OPAMP

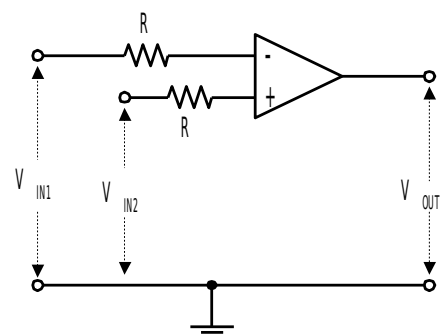
## 4 – Mạch so sánh:

Trong hình 7 là mạch so sánh dùng IC - OPAMP.

Khi điện áp ở ngõ vào đảo lớn hơn điện áp ở ngõ vào không đảo thì áp ra  $V_o = -V_{CC}$ , nếu cấp nguồn đối xứng. = 0V nếu cấp nguồn đơn.

Ngược lại khi điện áp ở ngõ vào không đảo lớn hơn điện áp ở ngõ vào đảo thì điện áp ra

$$V_o = +V_{CC},$$



Hình 7: Mạch so sánh OPAMP

### 5 – Mạch tích phân (intergrator) :

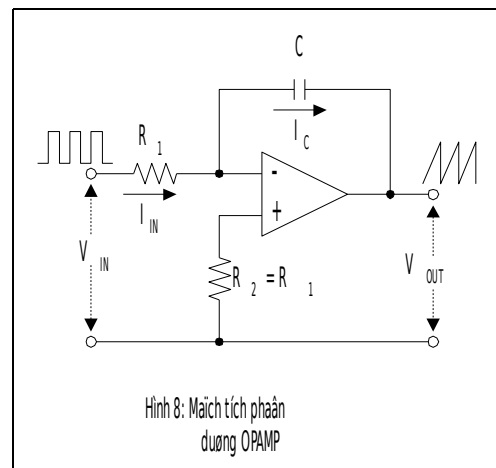
Mạch tích phân được mắc theo kiểu mạch đảo với tụ điện nằm trên đường bao hồi tiếp từ ngõ ra về đầu đảo ( hình 8 ).

Điện trở  $R_1$  vừa là phân áp và cũng là điện trở vào. Điện trở  $R_2$  mắc ở đầu không đảo để bù nhiệt OPAMP.  $R_2$  thường được chọn bằng  $R_1$

Mạch được ứng dụng để lấy tích phân trong tính toán hoặc làm mạch lọc thông thấp (low pass – filter) với tần số cắt được tính theo

$$f_L = \frac{1}{2 R_1 C}$$

Do sự nạp xả của tụ điện, nếu có dạng sóng vuông đặt ở ngõ vào thì sẽ cho xung tam giác trên đầu phân áp tại đầu đảo, và thông qua tụ hồi tiếp, tại ngõ ra cũng có xung tam giác. Độ rộng xung ra tùy thuộc vào cách chọn  $R_1 C_1$



Hình 8: Mạch tích phân dương OPAMP

### 6 – Mạch vi phân (Differentiator):

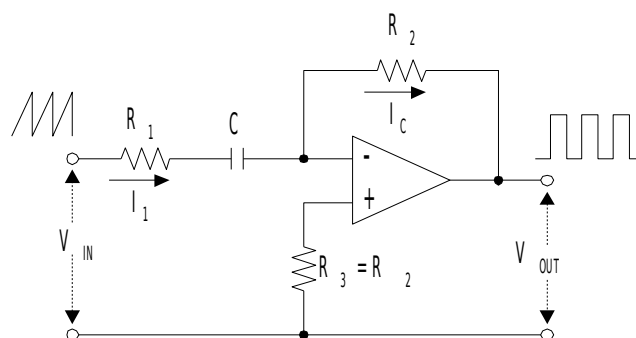
Mạch vi phân được lắp theo kiểu mạch đảo và mạch phân áp gồm  $C_1$  và  $R_2$  ( hình 9 ). Nhiệm vụ của  $C_1$  là truyền tín hiệu từ ngõ vào , còn  $R_2$  là điện trở hồi tiếp từ ngõ ra về đầu đảo. Điện trở để ổn định tổng trở vào. Điện trở ổn định nhiệt độ  $R_3$  thường có trị số bằng  $R_2$

Mạch vi phân dùng để lấy đạo hàm và làm mạch lọc thông cao (high pass – filter) với tần số cắt :

$$f_H = \frac{1}{2 R_1 C}$$

Nếu đưa đến ngõ vào xung vuông thì dòng qua tụ sẽ có dạng xung nhọn 2 đầu. Nếu đưa xung tam giác đến ngõ vào thì sẽ có xung vuông ở ngõ ra.

Mạch vi phân dùng để thu hẹp độ rộng xung tạo ra các xung nhọn để kích SCR, triac ...



Hình 9: Mạch vi phân dương OPAMP

## 7 – Mạch dao động :

Mạch dao động dùng OPAMP để tạo ra tín hiệu xung vuông ( hình 10 ). Sơ đồ có 2 mạch hồi tiếp từ ngõ ra về 2 ngõ vào.

Giả sử tụ C chưa nạp và OPAMP đang ở trạng thái bão hòa dương. Lúc này cầu phân áp  $R_1 \setminus R_2$  đưa điện áp dương hồi tiếp về ngõ IN+ với mức điện áp : (  $V_O = +V_{CC}$  )

$$V_{IN} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad V_A(V_{IN} = 0)$$

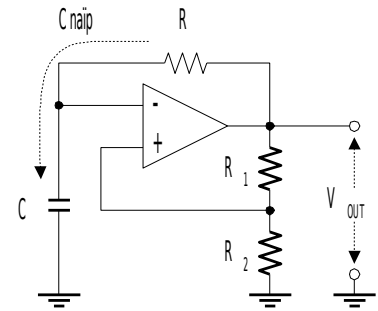
Trong khi đó, ở ngõ IN- có điện áp tăng dần từ C có  $V_{in-} < V_{in+}$  thì OPAMP vẫn ở trạng thái bão hòa dương. Khi tụ C nạp đến mức điện áp  $V_{in-} > V_{in+}$  thì OPAMP đổi thành trạng thái bão hòa âm, ngõ ra có  $V_O = -V_{CC}$ . Lúc này cầu phân áp  $R_1 \setminus R_2$  đưa điện áp âm về ngõ IN+ với mức điện áp là :

$$V_{IN} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad V_B(V_{IN} = 0)$$

Lúc đó, ở ngõ IN- vẫn đang còn mức điện áp dương, nên làm cho OPAMP chuyển sang trạng thái bão hòa âm nhanh cho cạnh xuống thẳng đứng. Tụ C bây giờ sẽ xả điện áp dương đã nạp qua R và tải ở ngõ ra xuống mass.

Khi tụ C đã xả hết điện áp dương sẽ nạp điện qua R để có điện áp âm do ngõ ra đang ở trạng thái bão hòa âm ( Chiều nạp điện bây giờ ngược với hình vẽ ).

Khi tụ C nạp điện áp âm đến mức  $V_{IN-} < V_{IN+}$  thì OPAMP lại đổi trạng thái thành bão hòa dương và ngõ ra lại có  $V_O = +V_{CC}$ . Mạch đã trở lại trạng thái ban đầu và hiện tượng trên cứ tiếp diễn liên tục tuần hoàn theo thời gian. Ở đầu ra ta nhận được dãy xung vuông. Muốn thay đổi độ rộng xung, ta thay đổi trị số tụ C và điện trở R.



Hình 10: Mạch dao động xung vuông tích thoát dương OPAMP

## 8 – Mạch Schmitt Trigger dùng OP – AMP:

### a) Mạch Schmitt Trigger đảo:

Trong hình 11 là sơ đồ mạch Schmitt Trigger đảo và quan hệ giữa điện áp vào với điện áp ra của mạch. Mạch hồi tiếp  $R_1 \setminus R_2$  tạo ra mức điện áp ngưỡng đưa về ngõ vào không đảo. Khi OPAMP bão hòa dương,  $V_O = +V_{CC}$  thì ngõ vào đảo có điện

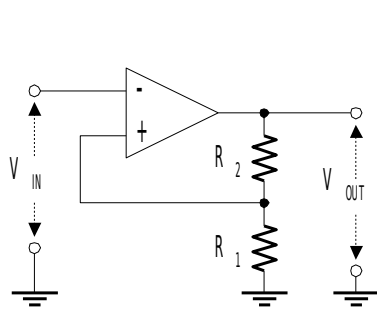
áp ngưỡng cao là :  $V_{TH} = V_{CC} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

Nếu điện áp ngõ vào  $V_i < V_{TH}^+$  thì OPAMP vẫn ở trạng thái bão hòa dương và điện áp ngõ ra ở mức cao  $V_O = V_{OH} = +V_{CC}$

Khi  $V_i$  tăng đến giá trị  $V_i > V_{TH}^+$  thì OPAMP đổi trạng thái thành bão hòa âm. Lúc đó ngõ ra có mức thấp là  $V_O = V_{OL} = -V_{CC}$

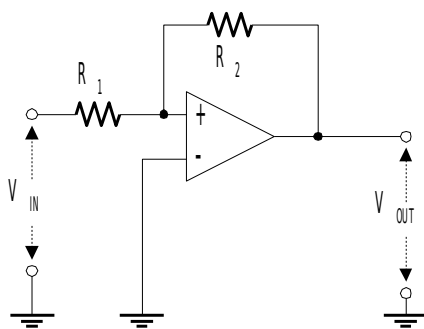
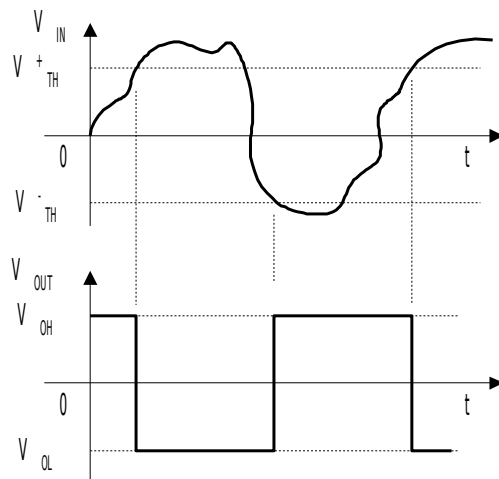
Mạch hồi tiếp lấy điện áp âm ở ngõ ra đưa vào ngõ vào không đảo tạo ra mức điện áp ngưỡng thấp  $V_{TH}^-$  theo công thức:  $V_{TH}^- = V_{CC} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

Khi  $V_i$  giảm trở lại xuống mức thấp  $V_{TH}^-$  ( $V_i < V_{TH}^-$ ) thì OPAMP lại đổi trạng thái thành bão hòa dương và ngõ ra lại có điện áp cao  $V_O = V_{OH} = +V_{CC}$

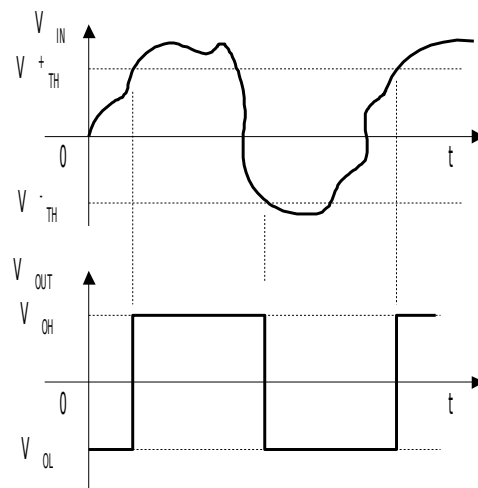


Hình 11: Mạch Schmitt Trigger đảo dùng OPAMP

b) 1



Hình 12: Mạch Schmitt Trigger không đảo dùng OPAMP



Trong hình 12 ta có thể nhận thấy mạch Schmitt Trigger không đảo và quan hệ giữa điện áp

vào với điện áp ra của mạch. Mạch hồi tiếp đem điện áp ngõ ra về ngõ vào không đảo qua  $R_2$ . Khi điện áp ngõ vào cao hơn mức ngưỡng cao  $V_{TH}^+$  thì OP – AMP bão hòa dương, ngõ ra có mức cao  $V_O = V_{OH} = +V_{CC}$

Điện áp ngưỡng mức cao được tính theo công thức:  $V_{TH}^+ = V_{OH} \frac{R_1}{R_2} + V_{CC} \frac{R_1}{R_2}$

Khi điện áp ngõ vào giảm xuống dưới mức ngưỡng thấp  $V_{TH}^-$  thì OP – AMP đổi thành trạng thái bão hòa âm, ngõ ra có mức thấp  $V_O = V_{OL} = -V_{CC}$

Điện áp ngưỡng mức thấp được tính theo công thức:  $V_{TH}^- = V_{OL} \frac{R_1}{R_2} + V_{CC} \frac{R_1}{R_2}$

OPAMP sẽ duy trì trạng thái bão hòa âm cho đến khi điện áp vào tăng cao hơn mức ngưỡng cao  $V_{TH}^+$  thì OP – AMP lại đổi trạng thái thành bão hòa dương.

**9 – Mạch khuếch đại vi sai ( mạch trừ – Subtractor ):**

Đặc điểm của mạch này là điện áp vi sai ở ngõ ra tỉ lệ với hiệu điện áp ở các ngõ vào nên còn được gọi là mạch trừ ( hình 13).

Điện áp ngõ ra được tính theo công thức:

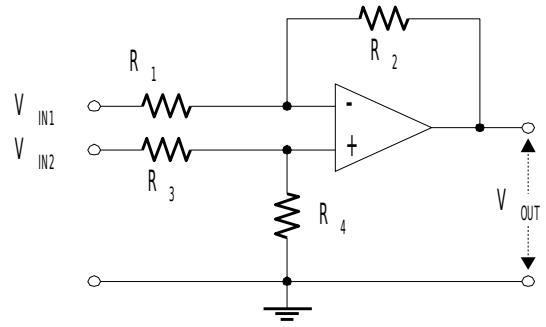
$$V_o = \frac{R_4}{R_3} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) V_{in2} - \frac{R_2}{R_1} V_{in1}$$

Nếu chọn  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$  thì:

$$V_o = V_{in2} - V_{in1}$$

Nếu chọn  $R_1 = R_3$  và  $R_2 = R_4$  thì công thức tính  $V_o$  có dạng:

$$A_{vd} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3}$$



Hình 13: Mạch khuếch đại vi sai dùng OPAMP

chương 5

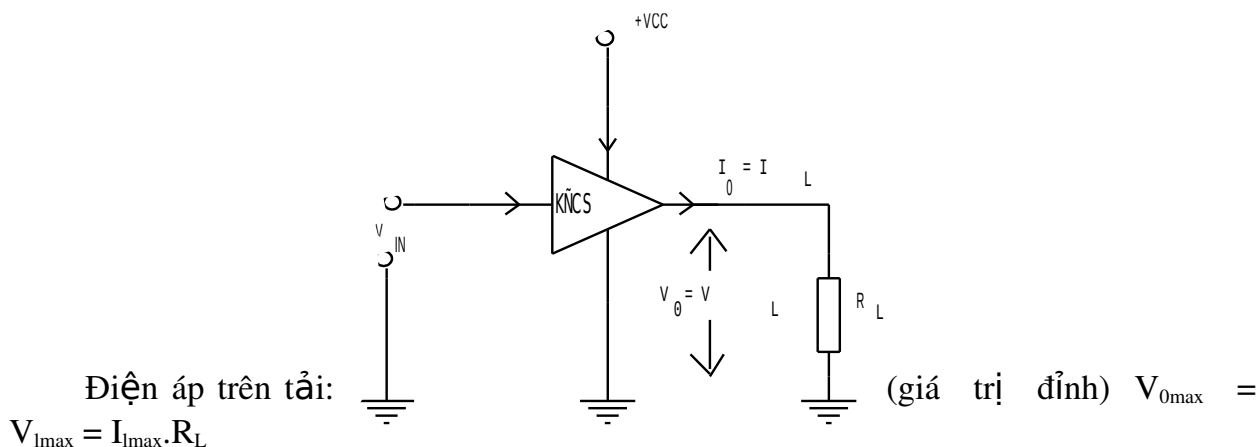
# KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

## I/ Khái Niệm:

Khuếch đại công suất là tầng cuối cùng của thiết bị khuếch đại. Là tầng khuếch đại tín hiệu lớn, vừa khuếch đại dòng điện vừa khuếch đại điện áp, cho ra công suất lớn đưa ra tải, tín hiệu phải có độ méo nhỏ (méo phi tuyến và méo tần số) đạt công suất mong muốn và có hiệu suất hợp lí (càng cao càng tốt).

Phần tử khuếch đại dùng trong tầng khuếch đại công suất có thể là BJT hoặc FET. Chúng phải có khả năng làm việc với điện áp và dòng điện tương đối lớn để đưa ra tải một tín hiệu xoay chiều có năng lượng lớn, thỏa mãn nhu cầu. Các Transistor này thường kèm với phần tản nhiệt, làm việc ở chế độ A, B hoặc AB. Việc ghép giữa tầng khuếch đại với tải có thể là ghép trực tiếp, ghép tụ hoặc ghép biến áp.

Mạch khuếch đại công suất được mô phỏng như sau:



Dòng điện ra tải cực đại là:

$$I_{Lmax} = \frac{V_{0max}}{R_L} = \frac{V_{Lmax}}{R_L}$$

Công suất hiệu dụng ra tải là  $P_L$ :

$$P_L = \frac{V_{0max} \cdot I_{Lmax}}{2}$$

$$\text{Hoặc } P_L = \frac{V_{Lmax}^2}{2R_L} = \frac{R_L \cdot I_{Lmax}^2}{2}$$

- công suất ra tải phải được lấy từ nguồn cung cấp ( $P_{CC}$ ).

Do đó  $P_{CC} > P_L$

Vì còn công suất tiêu hao trên Transistor khuếch đại là công suất tiêu tán ( $P_{TT}$ ).

$$P_{TT} = P_{CC} - P_L$$

Công suất cung cấp là  $P_{CC}$ :

$$P_{CC} = V_{CC} \cdot I_{CC}$$

Hiệu suất của mạch :

$$= \frac{P_L}{P_{CC}} \cdot 100\%$$

Do khuếch đại tín hiệu lớn nên điểm hoạt động của Transistor thay đổi rất lớn, làm các thông số Transistor thay đổi ( ). Nên tín hiệu ra không đồng dạng với tín hiệu vào. Hiện tượng này gọi là méo phi tuyến của khuếch đại công suất.

Để tín độ méo dạng áp dụng phân tích chuỗi Fourier

$$x(t) = \sum_{K=1}^{\infty} A_K \sin(K \omega_0 t + \phi_K)$$

Vì bất kỳ chuỗi tuần hoàn nào cũng có dạng chuỗi Fourier. Phân tích tín hiệu ra theo chuỗi tổng của nhiều hình sin khác nhau.

- Thành phần  $\omega_0$  là thành phần cơ bản ( $A_1$ )
- Thành phần  $K \omega_0$  là thành phần hài (bậc 2 đến  $n$ ) hài của sóng sin.
- Hệ số méo phi tuyến được định nghĩa như sau.

$$D = \sqrt{\frac{P_{\text{coba}}}{P_{\text{hai}} + P_{\text{coba}}}}$$

Tín hiệu trên tải gồm có sóng cơ bản cộng với sóng hài

$$P_L = P_{\text{cơ bản}} + P_{\text{hài}}$$

$P_{\text{cơ bản}}$  tỉ lệ với  $A_1^2$

$P_{\text{hài}}$  tỉ lệ với sóng hài bậc 2 đến bậc  $n$  ( $A_2^2 + A_n^2$ )

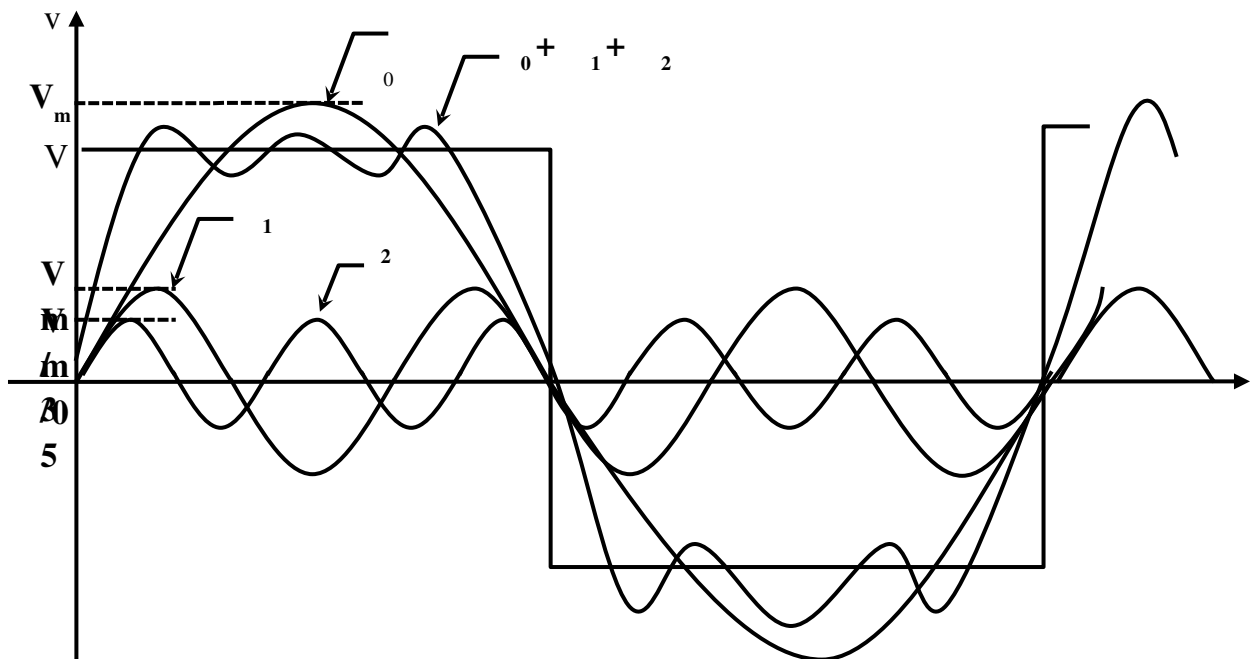
Do đó độ méo được tính là:

$$D = \sqrt{\frac{A_1^2}{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_n^2}}$$

Trước hết phải phân tích chuỗi Fourier để tính  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ . thực tế chỉ tính đến  $A_4, A_5$  là đủ, các hài cao hơn có công suất nhỏ.



Sóng hài biểu diễn như sau :



Máy có chất lượng cao thì độ méo phải nhỏ hơn 2%,

$D > 5\%$  là rất tồi

$D > 10\%$  không nhận dạng ra

Thông thường độ méo tỉ lệ với công suất ra tải, nếu công suất càng lớn (so với công suất cực đại) thì độ méo càng cao.

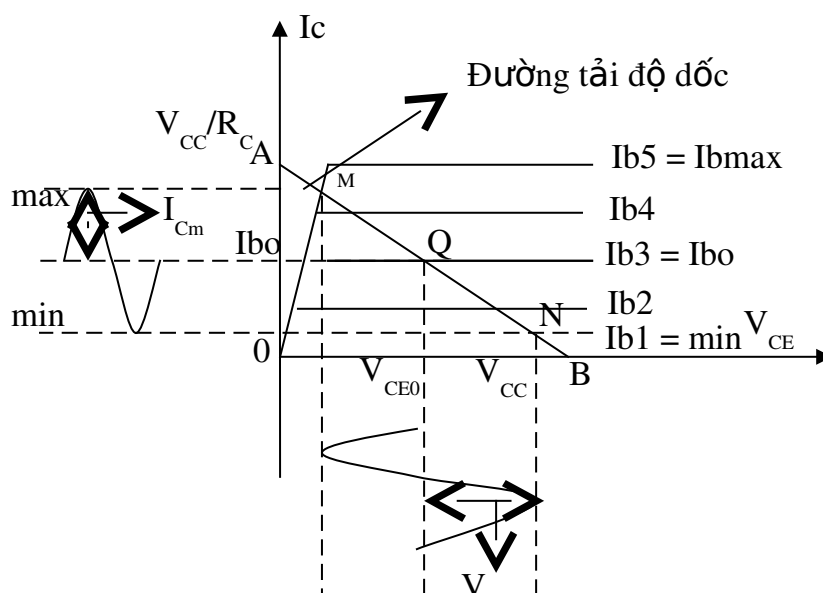
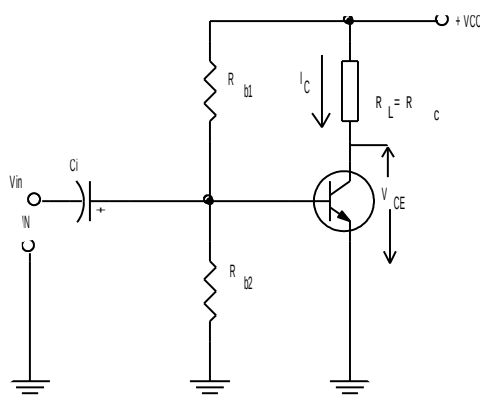
Vd:  $P_L = 50\% P_{max}$  thì  $D < 1\%$

$P_L = (60 - 70\%) P_{max}$  thì  $D > 2\%$

$P_L = (0.8 - 0.9) P_{max}$  thì  $D > 5\%$

## II/ Khuếch Đại Công Suất Chế Độ A

### 1/ Mạch KĐCS đơn tải trực tiếp.



Mạch KĐCS hạng A thường dùng cho tải có công suất nhỏ. Điểm làm việc tĩnh của mạch được xác định như đã khảo sát ở những chương trước.

Điện áp mỗi nối BE và CE có giá trị

$$V_{BE0} = \begin{cases} 0,6V(sI) \\ 0,2V(Ge) \end{cases}$$

$$V_{CE0} = \frac{1}{2} V_{CC} \quad \text{suy ra} \quad I_{C0} = \frac{V_{CC}}{2R_L}$$

Khi chưa có tín hiệu vào tầng KĐCS làm việc ở điểm tĩnh Q, thường chọn Q ở giữa đường tải xoay chiều để biên độ ra lớn nhất. Khi tín hiệu vào tầng dần thì điểm làm việc sẽ dịch hai bên điểm Q dọc trên đoạn thẳng MN. Vị trí điểm M và N do biên độ tín hiệu vào quyết định.

Như vậy dựa vào đồ thị, ta xác định được dòng điện  $I_{CM}$  và biên độ điện áp  $V_{CEmax}$  mà tầng KĐCS tạo ra ( $V_{CE}$  cũng chính là biên độ điện áp trên tải  $R_L$ ).

Từ đó tính được công suất tín hiệu hữu ích trên tải

$$P_L = \frac{1}{2} V_{CEm} \cdot I_{CM}$$

Còn công suất tăng KĐ tiêu thụ của nguồn cấp điện là

$$P_{CC} = V_{CC} \cdot I_{ctb} = V_{CC} \cdot I_{CQ} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

Trong đó  $I_{ctb}$  là giá trị trung bình của dòng qua cực C đã lấy bằng  $I_{CQ}$  vì giả thuyết dòng  $I_c$  có dạng hình sin đối xứng qua  $I_{CQ}$ .

Trong trường hợp lý tưởng (sử dụng toàn bộ đường tải xoay chiều từ A đến B) thì :

$$V_{CE(max)} = V_{CEQ} = \frac{1}{2} V_{CC}$$

$$I_{C(max)} = I_{CQ} = \frac{1}{2} \frac{V_{CC}}{R_L}$$

Công suất đưa ra tải sẽ đạt giá trị lớn nhất có thể

$$P_{L(max)} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} V_{CC} \right) \left( \frac{1}{2} \frac{V_{CC}}{R_L} \right) = \frac{V_{CC}^2}{8R_L}$$

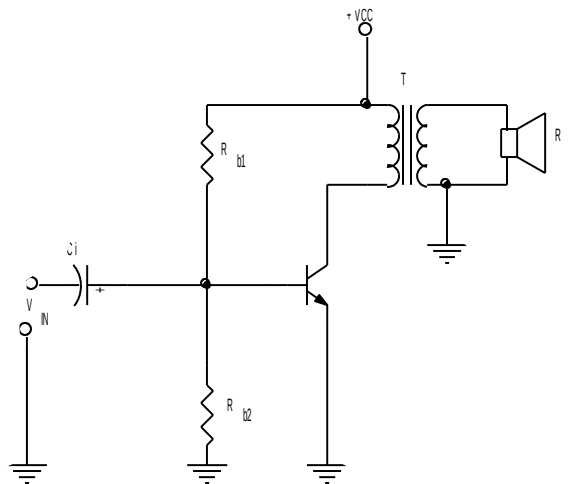
Tương ứng công suất tiêu tán trên BJT sẽ là

$$P_{tt} = P_{CC} - P_L = 75\% P_{CC}$$

Trên thực tế như trên đặc tuyến thì tín hiệu ra không thể ở dạng lý tưởng nên KĐCS đơn tải ghép trực tiếp có công suất bé hơn xác định và hiệu suất chỉ đạt 15-20%.

$P_{tt}$  sẽ lớn nhất khi  $P_L = 0$  nghĩa là ở trạng thái tĩnh khi chọn Transistor. Cho tầng KĐCS. Cần phải thỏa điều kiện xấu nhất này

## 2/ Mạch KĐCS tải ghép biến áp



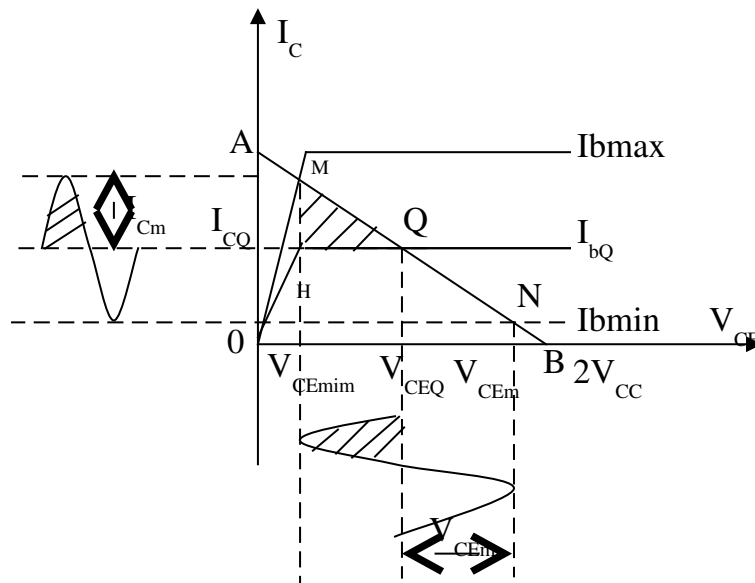
Đối với dòng điện một chiều  $I_c$ , điện trở cuộn sơ cấp biến thế ( $r_L$ ) rất nhỏ. Vì vậy đường tải một chiều có độ dốc  $\frac{1}{r_L}$  gần như thẳng đứng song song với trục  $I_c$

Hoành độ của điểm tĩnh Q có giá trị  $V_{CEQ} = V_{CC}$ . nghĩa là ghép biến áp tận dụng được điện áp nguồn .

Tải xoay chiều của transistor phản ánh về sơ cấp theo công thức  $R'_L = R_L \cdot \frac{n_1^2}{n_2^2}$

Bỏ qua  $r_L$  của cuộn dây biến áp và xem  $X_{L1} = L_1$  rất lớn do đó đường tải xoay chiều có độ dốc là  $tg = -\frac{1}{R'_L}$ .

Để tín hiệu có biên độ lớn nhất mà không bị méo ta chọn điểm Q nằm ở trung điểm đường tải xoay chiều . vì vậy hoành độ B có giá trị xấp xỉ  $2V_{CC}$ , còn tung độ A gần Bằng  $2I_{CQ}$  đặc tuyến BJT cắt đường tải xoay chiều tại M và N ứng với  $I_{bmax}$  và  $I_{bmin}$ . Từ đó xác định được biên độ điện áp ( $V_{CEmax}$ ) và biên độ dòng điện ( $I_{cmax}$ ) lấy ra trên sơ cấp biến áp như biểu thị trên hình vẽ.



Qua đặc tuyến ta nhận thấy:

$$V_{CEm} < V_{CEQ} \quad V_{CC}$$

$$I_{cm} = \frac{V_{CEm}}{R_l} < I_{CQ}$$

Công suất tín hiệu đưa ra trên sơ cấp biến áp:

$$P_{out} = \frac{1}{2} V_{CEm} \cdot I_{cm}$$

(bằng diện tích tam giác MQH trên đặc tuyến)

công suất tín hiệu nhận được trên tải ở thứ cấp:

$$P_L = \tau \cdot P_{out}$$

trong đó  $\tau$  là hiệu suất của biến áp ( $\tau = 0,8 \quad 0,9$ )

công suất của tầng KĐCS tiêu thụ của nguồn là ( $P_{CC}$ )

$$P_{CC} = V_{CC} \cdot I_{CQ}$$

Hiệu suất của tầng KĐCS ghép biến áp chế độ A là:

$$= \frac{P_{out}}{P_{CC}} = \frac{1}{2} \frac{V_{CEm} \cdot I_{cm}}{V_{CC} \cdot I_{CQ}}$$

Công suất tiêu tán trên Transistor công suất ( $P_{TT}$ )

$$P_{TT} = P_{CC} - P_{OUT}$$

Công suất này lớn nhất khi  $P_{out} = 0$  nghĩa là ở trạng thái tĩnh. Transistor dùng trong tầng KĐCS cần phải chịu đựng được trong trường hợp xấu nhất này.

Trong trường hợp lí tưởng tận dụng toàn bộ chiều dài đường tải từ A đến B và hiệu suất máy biến áp là 100% thì ta có:

$$V_{CEm} = V_{CEQ} = V_{CC}$$

$$I_{cm} = I_{CQ}$$

Công suất đưa ra tải sẽ cực đại:

$$P_L = \frac{1}{2} V_{CC} \cdot I_{CQ}$$

$$\text{Và } \eta = \frac{P_L}{P_{CC}} = 50\%$$

Như vậy ghép biến áp đạt hiệu suất cao hơn ghép trực tiếp. Tuy vậy ghép biến áp đòi hỏi Transistor khắc nghiệt hơn. Khi điểm làm việc nằm ở vị trí N trên đường tải, điện áp đặt vào giữa cực C và cực E mà Transistor phải chịu đựng gần gấp đôi điện áp nguồn.

$$V_{CEmax} = 2V_{CC}$$

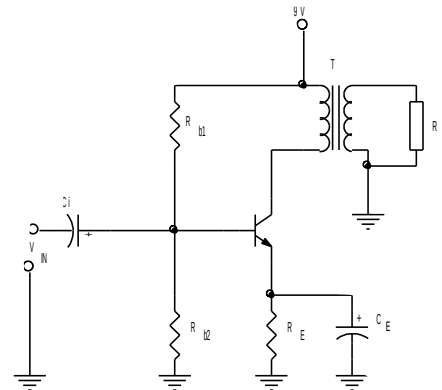
### BÀI TẬP

1/ Cho tầng KĐCS đơn ghép biến áp như hình vẽ biết  $V_{CC} = 9V$ ,  $R_E = 68 \Omega$ ,  $R_L = 6 \Omega$  hệ số biến áp  $N = \frac{n_1}{n_2} = 10$ ; BJT có dòng điện tĩnh là  $15mA$ ,  $\beta = 50$ ,  $V_{Cemin} = 1V$  hiệu suất biến áp là 90%

a/ Hãy xác định điện áp phân cực ban đầu

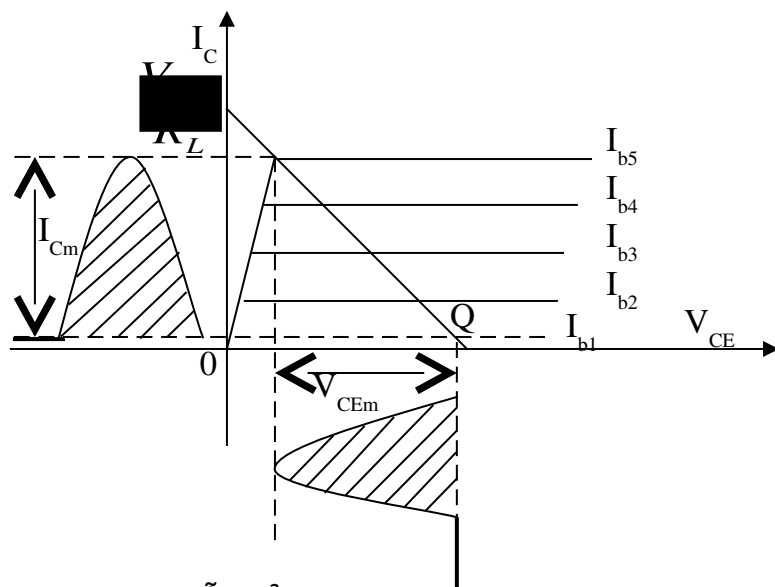
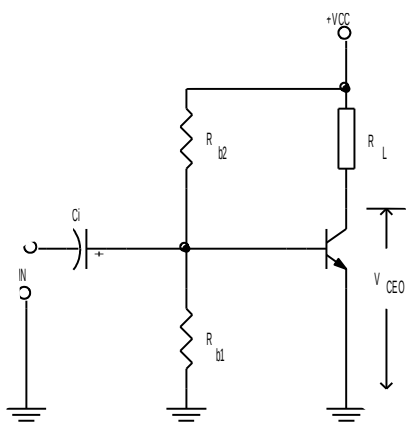
b/ Hãy xác định công suất ra tải

c/ Xác định  $R_{b1}$  và  $R_{b2}$  (chọn  $I_{Rb1} = 10I_{BQ}$ )



### III/ Khuếch Đại Công Suất Chế Độ AB

#### 1/ Mạch điện



#### a) Phân cực ban đầu:

- Điểm phân cực ban đầu nằm gần vùng ngưng dẫn của Transistor.

$$I_{b0} = 0, \quad I_{c0} = 0$$

$$V_{BE} = V_{BE0} = 0.5V$$

$$V_{CE0} = V_{CC}$$

#### b) Khi có tín hiệu vào:

Khi đặt tín hiệu sin vào thì ở bán kỳ dương  $I_B$  tăng lên,  $I_C$  tăng lên, còn có bán kỳ âm làm cho  $V_{BE} < V_{BE0}$  nên Transistor ngưng dẫn  $I_B = 0, I_C = 0$ .

Điểm Q chạy từ  $I_{b1}$  đến  $I_{b5}$  rồi về  $I_{b1}$  và đứng yên suốt bán kỳ âm

Độ méo: độ méo tối thiểu 50%.

#### c) Công suất và hiệu suất.

Công suất ra tải  $P_L$

$$P_L = R_L \cdot I_L^2 = R_L \cdot \frac{1}{2} \frac{I_{Cm}^2}{\sqrt{2}} = \frac{R_L \cdot I_{Cm}^2}{4}$$

Vì dòng điện qua tải chỉ có nửa hình sin

Công suất cung cấp từ nguồn  $P_{CC}$

$$P_{CC} = V_{CC} \cdot I_{CC} = V_{CC} \cdot I_{CTB}$$

$I_{CTB}$  là giá trị trung bình của  $I_C$  trong một chu kỳ

$$I_{CTB} = \frac{I_{Cm}}{2}$$

$$P_{CC} = \frac{V_{CC} \cdot I_{Cm}}{2} = \frac{R_L \cdot I_{Cm}^2}{2}$$

Giả thiết  $I_{C0} = 0$  và  $\frac{V_{CC}}{R_L} = I_{Cm}$

Ta có hiệu suất:

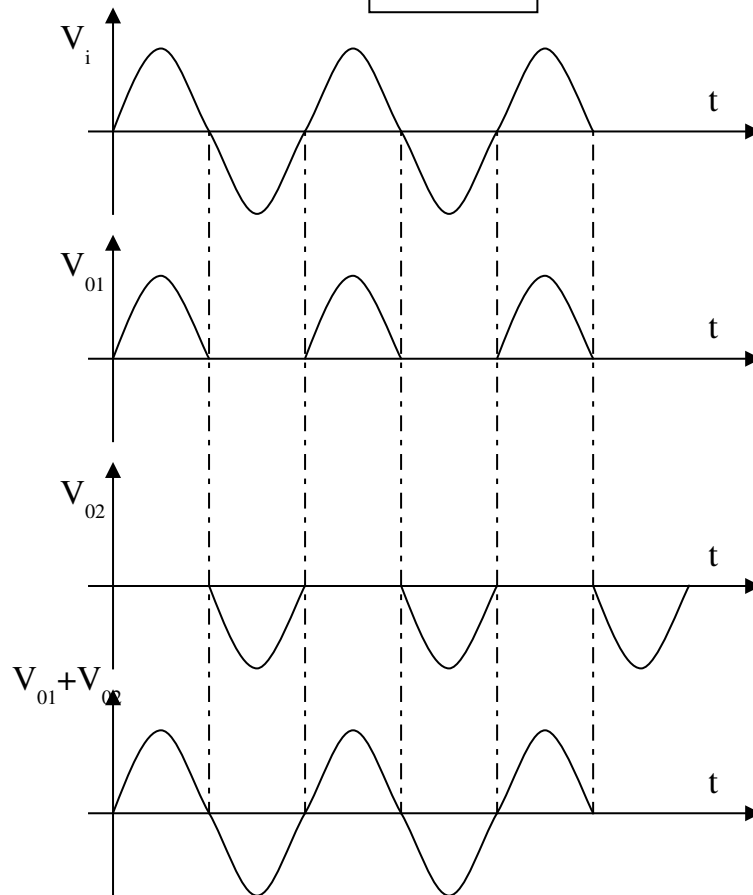
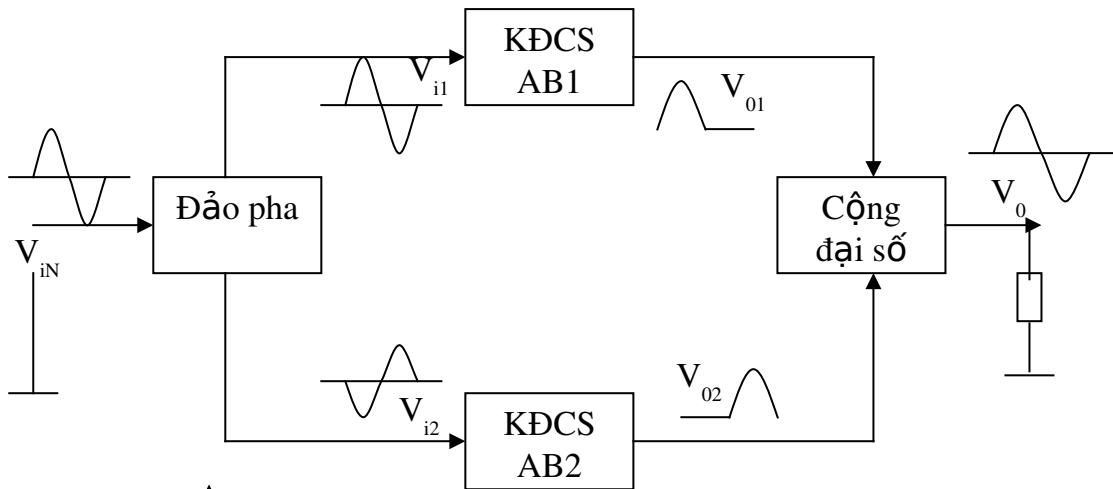
$$\begin{aligned} &= \frac{P_L}{P_{CC}} = \frac{R_L \cdot I_{Cm}^2}{4} \times \frac{1}{R_L \cdot I_{Cm}^2} = \frac{1}{4} \\ &= \frac{1}{4} \cdot 100\% = 78.5\% \end{aligned}$$

Hiệu suất khá cao là ưu điểm của khuếch đại chế độ AB nhưng méo quá lớn không chấp nhận được. Ôu âm tần không nghe được, ở khuếch đại cao tần chấp nhận được kể cả chế độ B hoặc C dùng cho máy phát cao tần. Để khắc phục nhược điểm của chế độ A và AB ta dùng kiểu khuếch đại kéo dãn.



**IV/ Mạch công suất kéo đẩy.**

**1) Sơ đồ khối.**



- Khối đảo pha: tạo ra hai tín hiệu bằng nhau nhưng ngược pha
- Khối KĐCS  $AB_1$ : khuếch đại tín hiệu nửa bán kỳ đầu
- Khối KĐCS  $AB_2$ : khuếch đại tín hiệu nửa chu kỳ sau
- Khối cộng đại số: cộng hai tín hiệu  $V_{01}$  và  $V_{02}$  để cho ra một tín hiệu có đủ hai nửa chu kỳ không bị méo.
- Về lý thuyết tín hiệu ra không bị méo dạng
- Hiệu suất cao  $\eta = 78.5\%$

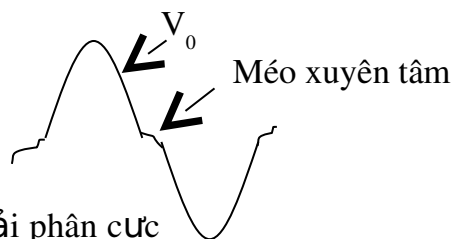
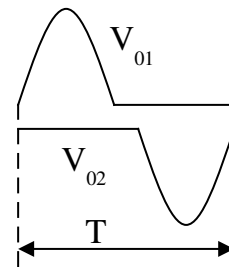
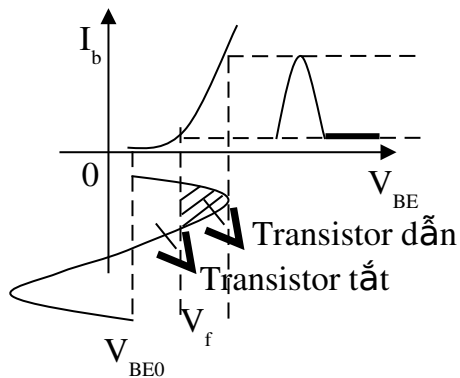
Tuy nhiên trong thực tế hiệu suất chỉ đạt 70 – 75% và sẽ có một số vấn đề phát sinh gây méo như:

+ Méo phi tuyến

- Mạch đảo pha tạo ra hai tín hiệu không bằng nhau
- Mạch KĐCS  $AB_1$  và  $AB_2$  không giống nhau
- Mạch cộng đại số không đối xứng

+ Méo giao điểm (méo xuyên tâm)

- Do phân cực ban đầu Transistor trong vùng ngưỡng dẫn ( $V_{BE} < V_f$ ) rơi vào chế độ B.

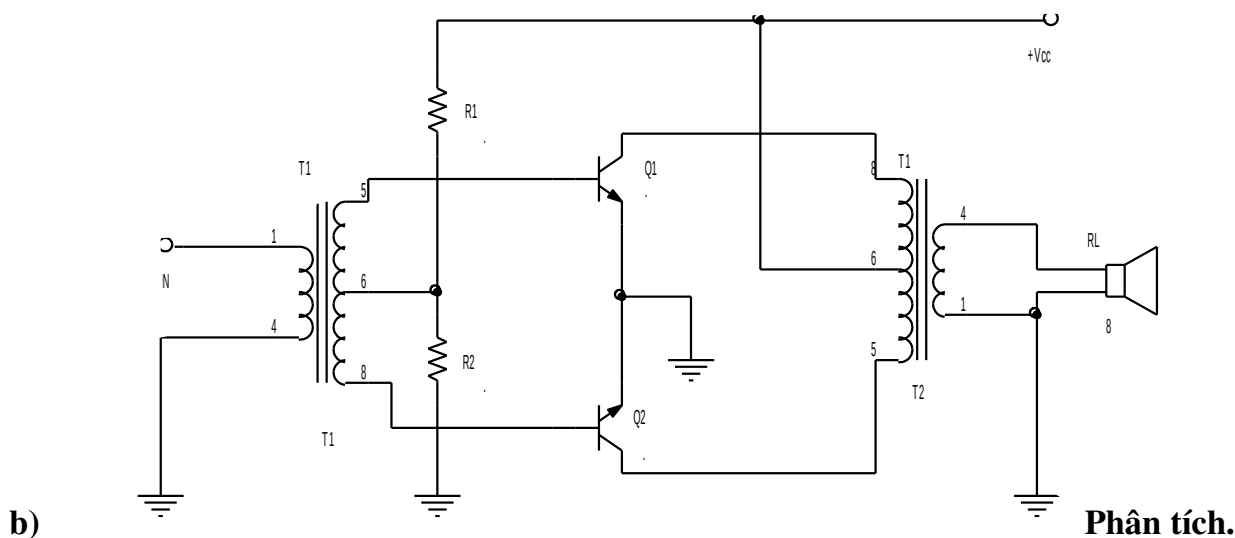


Để tránh méo xuyên tâm ta phải phân cực AB có  $V_{BE} = V$

Transistor chế độ

## 2) Mạch khuếch đại công suất kéo đẩy dùng biến áp

### a) Mạch điện.



T<sub>1</sub>: biến áp đảo pha, là khối đảo pha

Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>: hai bộ khuếch đại công suất chế độ AB<sub>1</sub> và AB<sub>2</sub>

Ở u nửa chu kỳ đầu Q<sub>1</sub> dẫn Q<sub>2</sub> ngưng có dòng I<sub>c1</sub>

Nửa chu kỳ sau Q<sub>1</sub> ngưng Q<sub>2</sub> dẫn có dòng I<sub>c2</sub>

T<sub>2</sub> biến thế ra có hai cuộn sơ cấp giống nhau

Hai dòng I<sub>c1</sub> và I<sub>c2</sub> là hai dòng điện nửa hình sin chạy ngược nhau trong biến thế T<sub>2</sub>, nên cảm ứng ra cuộn thứ hai nửa hình sin ngược nhau cho ta một hình sin đầy đủ không bị méo, T<sub>2</sub> gọi là khối cộng đại số.

### c) Ưu điểm nhược điểm.

#### + Ưu điểm:

- Hai vế đối xứng nhau nên tín hiệu ra không bị méo
- Thay đổi tổng trở vào và ra dễ dàng, phù hợp với nhiều tín hiệu vào và mọi loại loa.
- Tận dụng được điện áp nguồn

#### + Nhược điểm:

- Linh kiện cồng kềnh, nặng nề, khó chế tạo, đắt tiền.
- Hiệu suất thấp (tổn hao trên biến áp)
- Đáp ứng tần số không rộng (dãy tần số hoạt động hẹp) tần số thấp điện áp cảm ứng nhỏ, bão hòa từ, tần số cao cảm ứng lớn gây dao động tự kích. Phải dùng các tụ hồi tiếp âm chống dao động tự kích.

## V/. Khuếch Đại Công Suất OTL

### 1) Đặc điểm:

- Qua phân tích đặc điểm các hạng khuếch đại của transistor, để khuếch đại công suất (KĐCS) lớn có hiệu suất cao, không bị méo thì phải dùng KĐCS kéo đẩy. Nhưng mạch KĐCS dùng biến thế ra loa ít được thông dụng. Vì hai biến áp này có kích thước lớn, nặng nề, đắt tiền, khó chế tạo, và hiệu suất thấp, dải tần số làm việc không rộng (từ 100Hz đến 8KHz) nên chất lượng âm thanh kém. người ta lần lược cải tiến loại bỏ

hai biến thể này và mạch KĐCS này ta gọi là mạch KĐCS OTL (Output Transformer Less: không dùng biến áp ngõ ra). Mạch điện cơ bản như sau:

## 2) Phân tích:

- Để loại bỏ biến thể đảo pha và biến thể ra loa thì ta phải dùng một cặp Transistor bổ phụ: tức là hai Transistor có thông số giống hệt nhau nhưng khác loại,  $Q_1$  thuộc loại NPN,  $Q_2$  thuộc loại PNP

-  $Q_1, Q_2$  : Cặp bổ phụ (Complementary transistor)

- Để KĐCS kéo dài không bị méo thì  $Q_1, Q_2$  có cùng điều kiện làm việc, mỗi transistor làm việc với nửa nguồn, nên điện thế điểm giữa là nửa nguồn

$$V_M = \frac{1}{2} V_{CC} \text{ và}$$

$$V_{CE/Q1} = V_{CE/Q2} = \frac{1}{2} V_{CC}$$

-  $Q_1, Q_2$  được phân cực ở lớp AB nên có dòng điện tĩnh rất nhỏ.

$$V_{BE/Q1} = V_{BE/Q2} = 0.5V$$

-  $Q_3$  KĐCS nhỏ lớp A nên có dòng  $I_{C/Q3} = \frac{1}{2} I_{Cmax}$  và  $V_{CE/Q3} = \frac{1}{2} V_{CC}$ .

- Dòng  $I_{C/Q3}$  chảy qua  $D_1$  và  $R_4$  tạo điện áp 1V phân cực cho  $Q_1$  và  $Q_2$ . để đạt mức chính xác thì  $R_4$  được dùng biến trở ( $VR_2$ ) để hiệu chỉnh.

- Đồng thời điện thế cực  $C/Q_3$  phân cực cho cực B/ $Q_1Q_2$  có  $V_{CE/Q1} = V_{CE/Q2} = \frac{1}{2} V_{CC}$  nên phải điều chỉnh dòng  $I_{C/Q3}$  sao cho chính xác.

$$V_i V_{C/Q3} = V_{CC} - (I_C.R_3 + 1V)$$

-  $Q_3$  được phân cực bằng  $R_1, R_2$  do đó một trong hai điện trở này phải dùng bằng biến trở ( $VR_1$ ) để điều chỉnh điện thế điểm giữa bằng nửa nguồn.

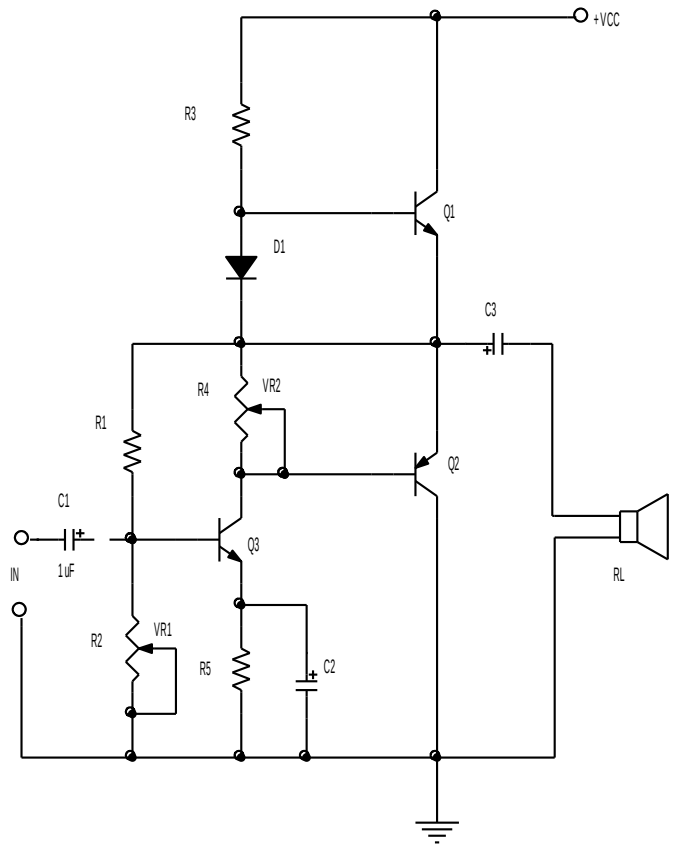
- Như vậy dòng  $I_{C/Q3}$  được xác định:

$$I_{C/Q3} = \frac{V_{CC} - V_{B/Q1}}{R_3}$$

-  $R_5, C_2$  thành phần bổ chỉnh nhiệt  $Q_3$

-  $D_1$  được kẹp vào phiến nhôm tỏa nhiệt của  $Q_1Q_2$  để bổ chỉnh nhiệt cho  $Q_1Q_2$ . khi nhiệt độ tăng thì điện áp trên diode giảm, làm giảm phân cực cho  $Q_1Q_2$ .

-  $R_1$  được lấy điện từ điểm giữa đưa về phân cực cho  $Q_3$  có tác dụng hồi tiếp âm ổn định điện thế điểm giữa khi nhiệt độ tăng (giảm hiện tượng điện áp trôi) khi nhiệt độ tăng làm  $Q_3$  dẫn mạnh, dòng  $I_{C/Q3}$  tăng làm điện thế cực  $C/Q_3$  giảm,



nên điện thế điểm giữa giảm. Qua  $R_1$  đưa về phân cực cho  $Q_3$  giảm nên  $Q_3$  dẫn yếu lại, làm dòng  $I_{C/Q3}$  giảm. Điện thế cực  $C_{/Q3}$  tăng lên trở lại, chống lại sự trôi theo nhiệt.

### 3) Xét trạng thái xoay chiều

- Ở trạng thái xoay chiều các tụ  $C_1, C_2, C_3$  được xem như nối tắt, do đó phải chọn  $C_1, C_2, C_3$  có giá trị thích hợp

Theo công thức  $\frac{1}{RC}$  min

- $C_1$  tụ liên lạc

$$C_1 = \frac{1}{\min R_{in}}$$

với  $R_{in} = r_{BE/Q3} =$  vài trăm đến vài K

$= 2 f$  với  $f_{\min} = 20\text{Hz}$  ta có:

$$C_1 = 1 \quad 10 \text{ F}$$

- $C_2$  : tụ thoát ; loại tín hiệu hồi tiếp âm ở cực  $E/Q_3$  xuống mass.

$$C_2 = \frac{1}{R_5 \cdot \min}$$
 với  $R_5 =$  vài chục đến trăm

$$C_2 = 100 \quad 220 \text{ F}$$

- $C_3$  : là tụ tách tín hiệu ra tải, với tải  $R_L = 4 \quad 16 \quad .$

Ta có :  $C_3 = \frac{1}{R_L \cdot \min} \quad 470 \text{ F}$

Ở trạng thái tĩnh thì điện áp trên tụ  $C_3$  sắp xỉ bằng  $1/2 V_{CC}$ .

-Diode  $D_1$  có điện trở động rất nhỏ và  $R_4$  có trị số nhỏ nên xem như cực  $B/Q_1$  và  $B/Q_2$  có tín hiệu như nhau

- $Q_3$  là KĐCS lớp A nên khuếch đại cả hai bán kỳ, mắc theo kiểu E chung nên khuếch đại đảo pha và có hệ số khuếch đại điện áp rất lớn.

-Khi cực  $C/Q_3$  có bán kỳ dương (tức  $V_{C/Q3}$  tăng) thì  $Q_1$  phân cực tăng ,  $Q_2$  phân cực giảm, nên  $Q_1$  dẫn mạnh,  $Q_2$  tắt (vì  $Q_2$  là loại pnp). Dòng điện  $I_{C/Q1}$  chảy từ nguồn qua  $Q_1$  nạp vào tụ  $C_3$  đi qua tải xuống mass, cho ra bán kỳ dương trên tải.

- Khi cực  $C/Q_3$  có bán kỳ âm (tức  $V_{C/Q3}$  giảm) thì  $Q_1$  phân cực giảm nên tắt,  $Q_2$  phân cực tăng nên dẫn mạnh (điện áp trên tụ  $C_3$  sắp xỉ nửa nguồn làm nguồn nuôi cho  $Q_2$ ). Dòng điện  $I_{C/Q2}$  do tụ  $C_3$  xả qua  $Q_2$  xuống mass và qua tải về cực âm của tụ (theo chiều từ mass lên ) nên cho ra bán kỳ âm trên tải.

- Như vậy trong mỗi chu kỳ tín hiệu hai Transistor luân phiên dẫn điện và cho ra tải đủ cả hai bán kỳ, do đó tín hiệu ra tải là tín hiệu hình sin không bị méo .

Khi hoạt động mỗi Transistor chỉ được phân cực  $1/2 V_{CC}$  nên ta có : (giả thuyết điểm hoạt động của Transistor dịch chuyển toàn bộ chiều dài đường tải )

$$\text{Dòng điện ra cực đại } I_{L\max} = I_{C\max} = \frac{V_{CC}}{2R_L}$$

$$\text{Điện áp trên tải cực đại } V_{L\max} = V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$$

Công suất ra loa lớn nhất (giá trị hiệu dụng )

$$P_{\text{out(max)}} = V_L \cdot I_L = \frac{V_{CC}}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{CC}}{2\sqrt{2}R_L} = \frac{V_{CC}^2}{8R_L}$$

Công suất của nguồn cung cấp là :

$$P_{CC} = V_{CC} \cdot I_{CC}$$

Trong đó  $I_{CC}$  là dòng trung bình của dòng điện nửa hình sin và có giá trị là

$$I_{CC} = I_{TB} = \frac{I_{C\max}}{2} = \frac{V_{CC}}{2R_L}$$

$$\text{Vậy } P_{CC} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

- Hiệu suất của mạch là

$$\frac{P_{\text{out}}}{P_{CC}} \cdot 100\% = \frac{\frac{V_{CC}^2}{8R_L}}{\frac{V_{CC}^2}{2R_L}} \cdot 100\% = \frac{1}{4} \cdot 100\%$$

$$= 78.5\%$$

- Công suất tiêu tán:

Ở trạng thái tĩnh 2 Transistor  $Q_1$   $Q_2$  dẫn điện rất yếu, nên được xem như không tiêu hao công suất. Khi khuếch đại tín hiệu thì 2 Tr. Bị đốt nóng với công suất tiêu tán là:

$$P_{\text{tt}} = P_{CC} - P_{\text{out}}$$

$$P_{\text{tt}} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} - \frac{V_{CC}^2}{8R_L}$$

Thực ra công suất này chỉ đúng khi ngõ ra có công suất cực đại, thực tế thì tín hiệu ra tải lớn nhất chỉ bằng  $0.8 \sim 0.9V_{CE}$ .

$$V_{\text{out max}} = V_{CEm} = (0.8 \sim 0.85) \frac{V_{CC}}{2}$$

Nên công suất đốt nóng sẽ phụ thuộc vào hàm  $V_{CE}$

$$P_{\text{tt}} = V_{CC} \frac{V_{CEm}}{2R_L} - \frac{V_{CEm}^2}{8R_L}$$

Để tính được công suất tiêu tán cực đại ta lấy đạo hàm, hàm số  $P_{tt}$  theo  $V_{CE}$ , và cho đạo hàm bằng không. Ta sẽ tìm được tại giá trị.

$$V_{CEm} = \frac{2}{3} V_{CE} = 0.64 \frac{V_{CC}}{2} \text{ Thì công suất tiêu tán trên 2 Tr. Đạt cực đại}$$

Thay  $I_{cm} = \frac{V_{CEm}}{2R_L}$  Vào ta sẽ có:

$$P_{tt(max)} = \frac{0.2 \frac{V_{CC}^2}{2}}{R_L}$$

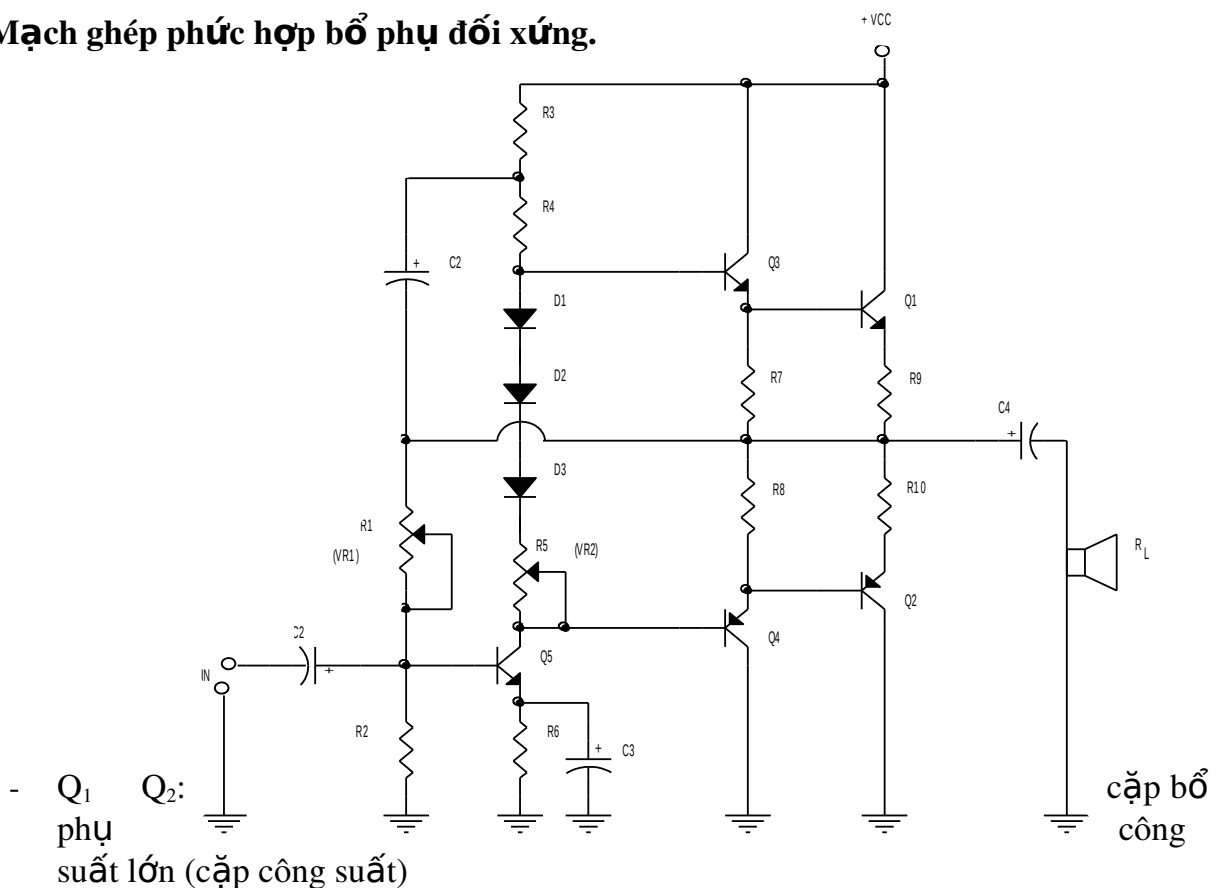
Hoặc mỗi Tr. Có công suất đốt nóng là:

$$P_{tt(max)} = \frac{0.1 \frac{V_{CC}^2}{2}}{R_L} = 0.1 \frac{V_{CC}^2}{4R_L}$$

Khi chọn Transistor (Tr.) công suất phải đạt được yêu cầu khắc nghiệt này.

Để tăng công suất cho tải thì ta phải tăng nguồn cung cấp và ghép phức hợp (Darlington) cho 2 Tr. công suất  $Q_1 Q_2$  như sau:

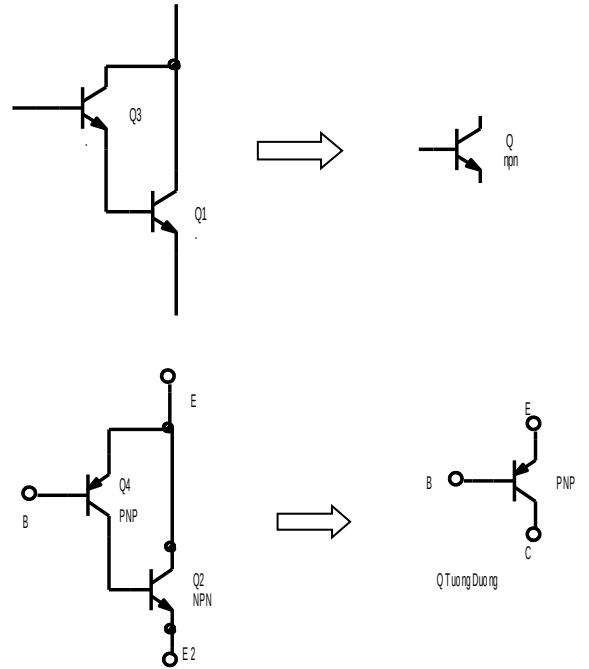
#### 4 Mạch ghép phức hợp bổ phụ đối xứng.



- $Q_1 Q_2$ : phụ suất lớn (cấp công suất)
- $Q_3 Q_4$ : cấp bổ phụ công suất nhỏ (cấp Driver)
- $Q_1 Q_3$ : ghép Darlington;  $Q_2 Q_4$ : ghép Darlington, nhằm tăng hệ số khuếch đại dòng điện. hệ số khuếch đại dòng điện chung(  $\beta_c$  ) là:

$$c = 3 \quad 1 = 2 \quad 4$$

- $D_1, D_2, D_3, R_5$  tạo điện áp 2V phân cực cho 4 Tr công suất ( $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ )
- $C_2$  tụ bootstrap: hồi tiếp dương tăng tải xoay chiều cho  $Q_5$ , tăng hệ số khuếch đại cho mạch, sửa méo biên độ (bán kỳ dương và bán kỳ âm bằng nhau)

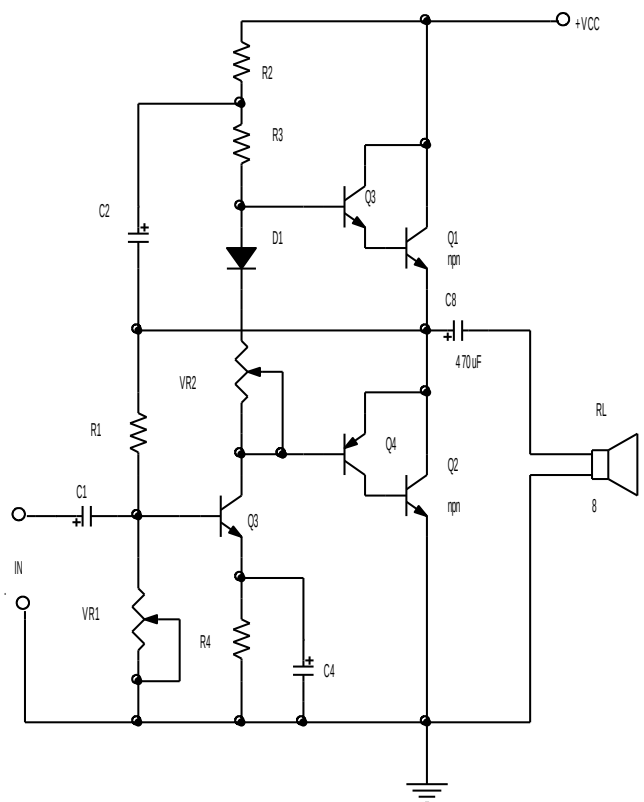


**5/. Mạch ghép phức hợp không đối xứng. (bổ phụ giả - Quasicomplementary Transistor).**

Vào những thập niên trước 70 việc tìm hai transistor bổ phụ đối xứng là rất khó khăn, do đó ta ghép Darlington hai transistor khác loại ( $Q_2, Q_4$ ) như hình vẽ sau cho ta một transistor tương đương PNP và có chung bằng nhau như hai transistor cùng loại ghép Darlington ( $Q_1$  và  $Q_3$ )

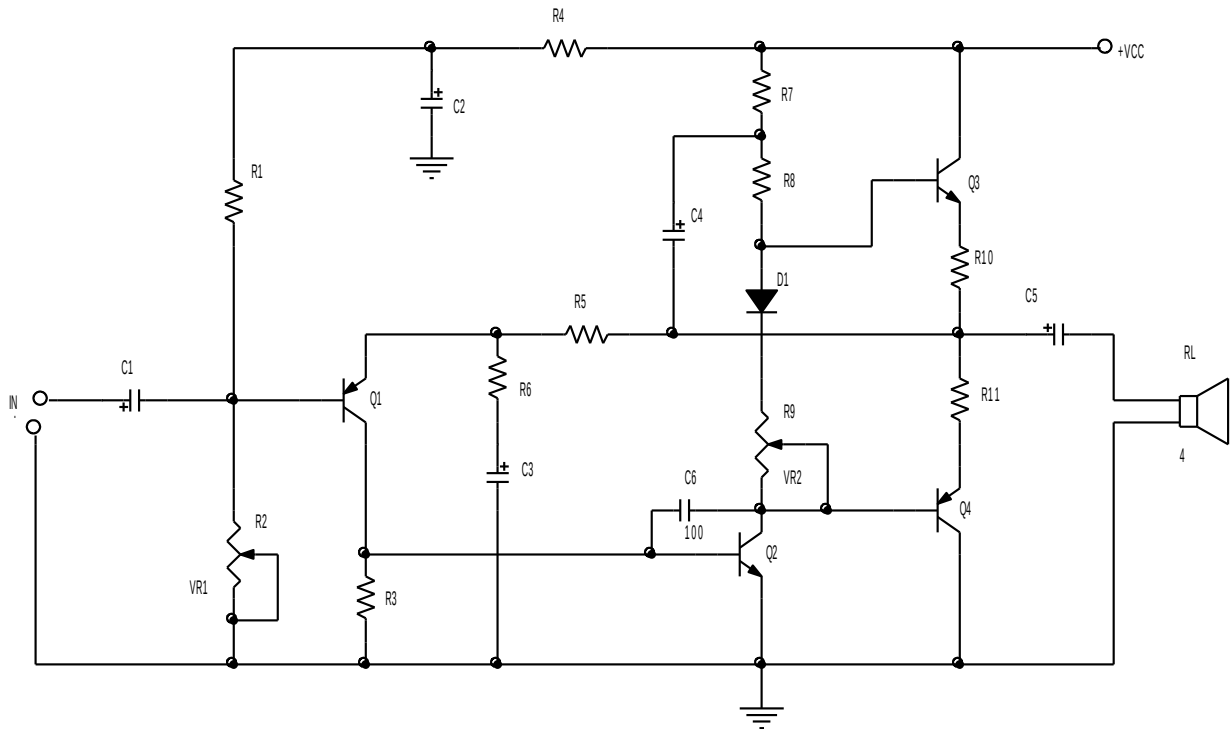
- $Q_1, Q_2$ : hai Tr. công suất lớn cùng loại; bằng nhau
- $Q_3, Q_4$ : cặp bổ phụ công suất nhỏ có cùng hệ số khuếch đại
- $Q_1, Q_3$ : ghép Darlington cùng loại tương đương Tr. npn có  $\beta = \beta_1 \beta_3$
- $Q_2, Q_4$ : ghép Darlington khác loại tương đương Tr. pnp có  $\beta = \beta_2 \beta_4$
- Như vậy  $\beta_1 \beta_3 = \beta_2 \beta_4$  do đó hai transistor tương đương mới bổ phụ nhau.

Mạch Ampli cụ thể như hình vẽ trang 45 và Ampli SanSui 5000A





## VI. Phân tích Ampli OTL



### 1/. Đặc điểm chung

Đây là mạch KĐCS OTL hoàn hảo có hồi tiếp âm từ ngõ ra đưa về cực E/Q<sub>1</sub> qua R<sub>5</sub> để giảm méo phi tuyến và méo tần số, ổn định nhiệt.

R<sub>5</sub> vừa hồi tiếp một chiều (DC) vừa hồi tiếp xoay chiều (AC). Hồi tiếp DC để ổn định nhiệt, ổn định điện thế điểm giữa bằng nửa nguồn. Hồi tiếp AC để ổn định hệ số khuếch đại, chống méo tần số và méo phi tuyến.

R<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>: mạch phân thế hồi tiếp âm (AC) xác định độ lợi

$$\text{Điện áp hồi tiếp là : } v_f = v_{OUT} \cdot \frac{R_6}{R_6 + R_5}$$

$$\text{Hệ số hồi tiếp là : } K_f = \frac{v_f}{v_{OUT}} = \frac{R_6}{R_6 + R_5}$$

$$\text{Hệ số khuếch đại có hồi tiếp là : } A_{v_f} = \frac{1}{K_f} = \frac{R_6 + R_5}{R_6} + 1$$





Vậy  $Av_0$  rất lớn đồng thời  $K$  và  $Av_0$  cùng dấu và  $K.Av_0 \gg 1$  nên theo bảng phân loại hồi tiếp F ta có.

$$Av_f = \frac{1}{K} \cdot \frac{1}{\frac{R_5}{R_6} + 1} \cdot \frac{R_5}{R_6} = \frac{R_5}{R_6}$$

Vậy:

$Av_f = 1 + \frac{R_5}{R_6}$
------------------------------

c) Tính  $R_4, D_Z$  cho  $V_{C/Q3} = 0V$

$$V_{C/Q3} = 0V \Rightarrow V_{R7} = 15V$$

$$I_{C/Q3} = I_{R7} = \frac{V_{R7}}{R_7} = \frac{15V}{1.5V} = 10mA$$

$$\Rightarrow I_{B/Q3} = \frac{I_C}{100} = \frac{10}{100} = 0.1mA$$

$$V_{BE/Q3} = V_{R3} = 0.6V \Rightarrow I_{R3} = \frac{0.6}{1.5} = 0.4mA$$

$$I_{C/Q1} = I_{R3} + I_{B/Q3} = 0.4 + 0.1 = 0.5mA$$

$$I_{C/Q1} = I_{C/Q2} = 0.5mA$$

$$\Rightarrow I_{C/Q4} = I_{C/Q1} + I_{C/Q2} = 1mA = I_{R4}$$

$$I_{R4} = \frac{V_{R4}}{R_4} = \frac{V_Z}{R_4} = \frac{0.6}{R_4} = 1mA$$

Chọn  $D_Z$  có  $V_Z = 6V$  và  $R_4 = 5.6K$

Ta có  $I_{R4} = 1mA$

d) Tính điện thế cực E và B của  $Q_1$  và  $Q_2$

$$V_{B/Q1} = V_{B/Q2} = -I_B \cdot R_B = \frac{0.5}{100} \cdot 50 = 0.25V$$

$$V_E = V_B - 0.6 = -0.25 - 0.6 = -0.85V.$$

### BÀI TẬP 3

Thiết kế mạch khuếch đại công suất OCL

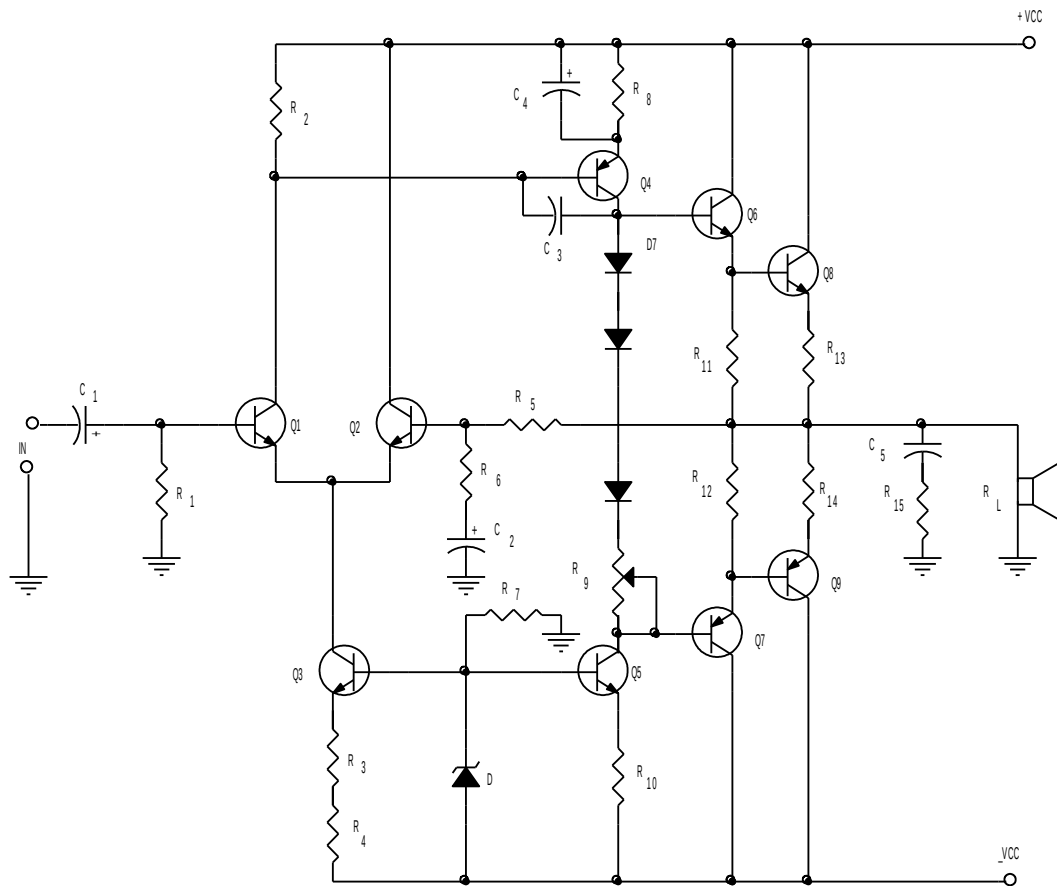
Thiết kế kỹ thuật:

Yêu cầu: công suất ra hiệu dụng 100W,  $R_L = 8 \cdot 2$  loa stereo 200W

Band thông 20Hz - 20KHz

Tín hiệu vào  $v_i = 0\text{db} = 0.775\text{V}$

Tổng trở vào:  $Z_{in} = 50\text{K}$



1) Xác định nguồn cung cấp:

$$P_{Lmax} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} \Rightarrow V_{CC} = \sqrt{2P_{Lmax} \cdot R_L} = \sqrt{2 \cdot 100 \cdot 8} = 40\text{V}$$

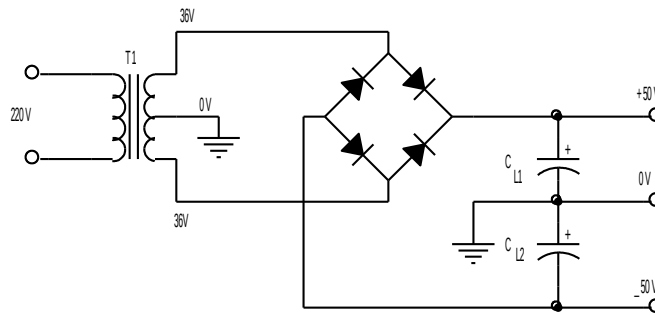
Để tín hiệu ra cực đại không bị méo thì chọn hệ số sử dụng nguồn là 80%,  $\eta = 0.8$ , vậy nguồn cung cấp thực sự là

$$V_{CC} = \frac{V_{CC}'}{0.8} = \frac{40}{0.8} = 50\text{V}$$

$\Rightarrow V_{CC} = 50\text{V} \Rightarrow$  Biến thế có điện thế ra là

$$V_{AC} = \frac{V_{DC}}{1.4} = \frac{50}{1.4} = 36\text{V}$$

Bộ nắn điện



- Dòng qua tải tối đa là  $I_{Lmax}$

$$I_{Lmax} = \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{50}{8} = 6.25A$$

- Dòng điện trung bình qua tải là  $I_{TB}$

$$I_{TB} = \frac{I_{Lmax}}{3.14} = \frac{6.25}{3.14} = 2A$$

- Nếu biến thế cung cấp cho Ampli Stereo 2 kênh 100W thì  $I_{TB} = 4A$ .

- Chọn Diode chỉnh lưu có  $I_{max} = (1.5 \text{ - } 3)I_{TB}$   $I_{Lmax}$ ,  $V_{ngược} = 2V_{max}$

chọn Diode có  $I_{max} = 8A$ ,  $V_{ngược max} = 100V$

- Xác định tụ lọc nguồn:  $C_{L1} = C_{L2}$  vì đối xứng

$$C_L = \frac{1}{4\sqrt{3}R'_L f} (F) = \frac{2887}{R'_L} (F)$$

$$\text{Với } R'_L = \frac{V_{CC}}{I_{TB}} = \frac{50V}{4A} = 12.5$$

= 2% = 0.02 Hệ số gợn sóng chọn từ (1% - 4%).

$$\text{Vậy } C_L = \frac{2887}{12.5 \cdot 0.02} = 11548 F$$

Chọn  $C_{L1} = C_{L2} = 12000 F/63V$

- Công suất cung cấp của biến thế (S)

$$S = V \cdot I_{TB} = 72.4 = 288V.A$$

Chọn biến thế 36,0,36/4A.

+ Tính  $Q_8, Q_9$

$$I_{C-max} = I_{Lmax} = 6.25A$$

$$V_{CE-max} = 2V_{CC} = 100V$$

$$P_{C-max} = 0.1 \frac{V_{CC}^2}{R_L} = 0.1 \frac{50^2}{8} = 32W$$

60

$Q_8, Q_9$  là cặp bổ phụ đối xứng chọn

$$I_{C-max} = (1.5 \text{ - } 2)I_{Lmax} \text{ Chọn } 10A \text{ - } 12A$$

$$V_{ce-max} > 100V \text{ Chọn } 120V \text{ - } 100V$$

$$P_{max} = (2 \text{ - } 3)P_C \text{ Chọn } 60W \text{ - } 100W$$

Tra cứu ta có C5200 và A1943: 15A, 200V, 150W, >60.

Hoặc C3281 và A1302 :15A; 200V; 150W; >60

+ Xác định  $R_{13}, R_{14}$

Dòng qua tải đều qua  $R_{13}, R_{14}$  nên chọn  $R_L = 20.R_{13}$

$$\Rightarrow R_{13} = R_{14} = 0.22 \quad 0.39 \quad ; \quad \text{Chọn } 0.33$$

Công suất tiêu tán của điện trở

$$P_{R13} = P_{R14} = RI_{TB}^2 = 0.33 \times 2^2 = 1.32W$$

Chọn  $R_{13} = R_{14} = 0.33 \quad /_{3W}$

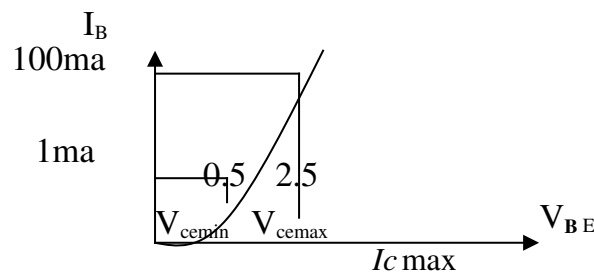
+ Xác định  $R_{11}, R_{12}$

Để dòng xoay chiều đổ toàn bộ vào chân B của  $Q_8$  thì ta phải chọn  $R_{11}$  rất lớn so với trở kháng vào của  $Q_8$

$$R_{11} \gg Z_{B8A}$$

$$Z_{B8A} = r_{be8} + \beta R_{13}$$

Tìm  $r_{be8}$ :



Ta có:  $Q_8$  có  $I_{C-max} = 6.25A \quad I_{B-max} = \frac{I_{C-max}}{\beta} = 100ma$

$$I_{C-min} = 50ma$$

$I_{C-min}$  dòng điện tĩnh tùy chọn lớp AB = 50ma

$$I_{Bmin} = \frac{I_{Cmin}}{\beta} = \frac{50}{60} = 1ma$$

$$r_{be8} = \frac{V_{BE}}{I_B} = \frac{V_{Be\ max} - V_{Be\ min}}{I_{B\ max} - I_{B\ min}} = \frac{2.5 - 0.5}{100 - 1} = \frac{2}{0.1} = 20$$

$$Z_{B8A} = 20 + 60 \times 0.33 = 40$$

Chọn  $R_{11} = 10 \times Z_{B8A} = 10 \times 40 = 400$

Chọn  $R_{11} = R_{12} = 390$

+ Chọn Transistor  $Q_6, Q_7$ :

Công suất tiêu tán:

$$P_{C-maxQ6} = 0.1 \frac{V_{CC}^2}{R_{LQ6}} = 0.1 \frac{50^2}{520} = 0.48W$$

$$\text{Với } R_{LQ6} = R_{11} // Z_{B8A} + \beta R_L = 390 // 40 + 60 \times 8 = 520$$

$$V_{CE-maxQ6} > 2V_{CC}$$

$$I_{C-maxQ6} = I_{BQ8-max} + I_{R11-max} = \frac{I_{CQ8\ max}}{\beta} + \frac{V_{R11\ max}}{R_{11}} = \frac{I_{CQ8\ max}}{\beta} + \frac{V_{BEQ8\ max}}{R_{11}} = \frac{R_{13}.I_{CQ8\ max}}{R_{11}}$$

$$=100\text{ma} + \frac{2.5 \cdot 0.33 \cdot 6.25}{390} = 100\text{ma}$$

Chọn Q<sub>6</sub>, Q<sub>7</sub> sao cho:

$$V_{CE-\text{max}} \quad 120 \text{ V}$$

$$I_{C-\text{max}} > 0.5\text{A} \text{ (lớn hơn 5 lần)}$$

$$P_{C-\text{max}} \quad 2.5 \text{ W ( 5 lần)}$$

$$80 \quad 120$$

$$F_T \quad 10 \text{ MHz}$$

Chọn Q<sub>6</sub> Q<sub>7</sub>: C2344 và A1011 (200V, 2A, 20W, β=180)

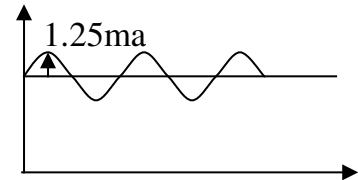
Hoặc D1138 và B861 (200V, 3A, 30W, β=180)

+ Chọn Transistor Q<sub>5</sub> Q<sub>4</sub>:

chọn Q<sub>6</sub> có nhỏ nhất là β<sub>6</sub> = 80

$$I_{BQ6} = \frac{I_{C \text{ max } Q6}}{\beta} = \frac{100}{80} = 1.25\text{ma}$$

Phải chọn dòng I<sub>CQ4</sub> = (4 - 5)I<sub>BQ6max</sub> vì dòng tín hiệu chống chất lên dòng phân cực ban đầu



$$I_{CQ4} = 5 \times 1.25 = 6.25\text{ma}$$

Nếu chọn I<sub>CQ4</sub> lớn quá thì hai transistor Q<sub>4</sub>, Q<sub>5</sub> rất nóng

Chọn D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> và có 4V :

Dòng tĩnh qua Q<sub>6</sub> là :

$$I_{CQ6} = \frac{I_{CQ8 \text{ min}}}{\beta} = \frac{V_{Ce \text{ min}}}{R_{11}} = \frac{I_{C \text{ min } Q8} \cdot R_{13}}{R_{11}}$$

$$= \frac{50}{60} = \frac{0.5 \cdot 50 \cdot 0.33 \cdot 10^{-3}}{0.39} = 3\text{ma}$$

Chọn dòng qua D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> = 3ma và qua R<sub>9</sub> = 3ma.

$$R_9 = \frac{2V}{3\text{ma}} = \frac{2 \cdot 0.7}{3} = 500$$

Chọn biến trở loại 470 hoặc 500

Chọn D<sub>1</sub> D<sub>4</sub>: 1N4148, 1N4007

$$I_{BQ6} = \frac{I_{CQ6}}{\beta} = \frac{1}{80} = 100 \text{ a}$$

Chọn Diode Zener:

Chọn D<sub>Z</sub> = 4.7V/5ma 10ma

Chọn R<sub>7</sub> :

$$R_7 = \frac{V_{CC} - V_Z}{I_Z} = \frac{50 - 4.7}{5} = 8.2\text{K}$$

Công suất trên R<sub>7</sub>

$$P_{R6} = V \cdot I = (50 - 4.7) \cdot 5 = 0.2\text{W}$$

Chọn R<sub>7</sub> = 8.2K / 1W

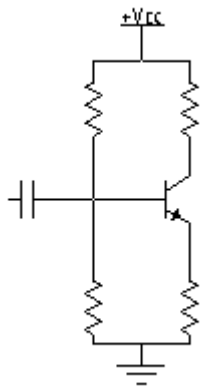
Chọn R<sub>10</sub>:

$$R_{10} = \frac{V_Z - V}{I_{CQ5}} = \frac{4.7 - 0.7}{6.25} = 0.64\text{K}$$



Chọn  $R_{10} = 680$

+ Tính  $R_8$ : Điều kiện Maxswing



Điều kiện Maxswing là:

$$I_{CQ} = \frac{I_{C \max}}{2} = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{2(R_C + R_E)}$$

$$V_{CEQ} = \frac{V_{CC}}{2}$$

$$V_{CC} = V_{CEQ1} + (R_1 + R_2) \cdot I_{CQ1} \quad (1)$$

$$I_{CQ1} = \frac{V_{CC} - V_{CEQ1}}{R_1 + R_2} = \frac{V_{CEQ1}}{R_1 + R_2} \cdot \frac{V_{CC}}{V_{CEQ1}} \quad (2)$$

+ Tính  $R_8$ :

Chọn  $V_{R8} = 1V$  (Để biên độ ra đạt giá trị cao nhất)

$$R_8 = \frac{V_{R8}}{I_{CQ4}} = \frac{1}{6.25} = 160$$

Suy ra sụt áp tại mỗi nối B-E =  $1.5V = 1 + 0.5$

+ Chọn  $Q_4$ :

Công suất tiêu tán trên  $Q_4$ :

$$P_{CQ4} = V_{CEQ4} \cdot I_{CQ4} = 48 \cdot 6.25 = 300 \text{ mW}$$

$$V_{CE-\max} > 100V = 120V$$

$$I_{C-\max} = I_{CQ4} = 6.25 \text{ ma}$$

Vậy ta chọn  $Q_4, Q_5$  gần giống  $Q_6, Q_7$

+ Thiết kế mạch khuếch đại vi sai:

thiết kế dòng tĩnh  $1 \text{ ma}$  ( $1 - 2 \text{ ma}$ ) vì lớn quá sẽ bị nhiễu (gây tiếng xì ở loa)

$$I_{CQ1} = I_{CQ2} = 1 \text{ ma}$$

$$I_{CQ3} = 2 \text{ ma}$$

$$\text{Ta có: } R_3 + R_4 = \frac{V_Z - V}{I_{CQ3}} = \frac{4.7 - 0.7}{2} = 2K$$

$$\text{Chọn } R_3 = 1K$$

$$R_4 \text{ là biến trở } 2K$$

$$R_2 = \frac{V_{R8}}{I_{CQ1}} = \frac{0.7}{1 \cdot 10^{-3}} = 700 \Omega = 0.7K$$

$$\text{Chọn } R_2 = 1.5K$$

+ Chọn  $R_1$  và  $R_5$ :

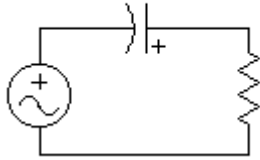
$$R_1 = Z_i = 50K \quad \text{chọn } R_1 = 51K = R_5$$

$$A_{vf} = 1 + \frac{R_5}{R_6} \cdot \frac{V_0}{V_i} = 1 + \frac{40}{0.775\sqrt{2}} = 36.5 \approx 37$$

$$\frac{R_5}{R_6} = 36 \quad R_6 = \frac{R_5}{36} = \frac{51}{36} = 1.4K$$

Chọn  $R_6 = 1.2K$

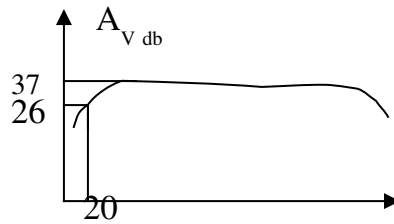
+Tính  $C_1$  : tụ liên lạc



$$\omega = \frac{1}{RC} \quad C_1 = \frac{1}{2 \cdot f_L R_1} = \frac{1}{2 \cdot 20 \cdot 51} = 0.15 \text{ F}$$

Chọn  $C_1 = 1 \text{ F}$ .

+Tính  $C_2$  :



$$A_{v/3db} = 0.707 \cdot 37 = 26 = 1 + \frac{R_5}{R_6 + Z_{C2}}$$

$$\frac{R_5}{R_6 + Z_{C2}} = 26 - 1 = 25 \quad R_5 = 25R_6 + 25Z_{C2}$$

$$Z_{C2} = \frac{R_5 - 25R_6}{25} = \frac{51 - 25 \cdot 1.2}{25} = 1K$$

$$Z_{C2} = \frac{1}{C_2 \cdot 2 \cdot f_L} \quad C_2 = \frac{1}{2 \cdot f_L Z_{C2}} = \frac{1}{2 \cdot 20 \cdot 1000} = 100 \text{ F}$$

Chọn  $C_2 = 100 \text{ F} - 220 \text{ F}$

+ Tính  $C_4$

$$\text{Ta có : } Z_{C4} = R_8 \quad C_4 = \frac{1}{2 \cdot f_L R_8} = \frac{1}{2 \cdot 20 \cdot 160} = 50 \text{ F}$$

Chọn  $C_4 = 100 \text{ F}$